



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERBÜZEK DERESİ YAĞIŞ HAVZASININ SWMM
(STORM WATER MANAGEMENT MODEL)
PROGRAMI KULLANILARAK MODELLENMESİ**

HUREM DUTAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2016

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERBÜZEK DERESİ YAĞIŞ HAVZASININ SWMM
(STORM WATER MANAGEMENT MODEL)
PROGRAMI KULLANILARAK MODELLENMESİ**

HUREM DUTAL

**Bu tez,
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2016

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Hurem DUTAL tarafından hazırlanan “Terbüzek Deresi Yağış Havzasının Swmm (Storm Water Management Model) Programı Kullanılarak Modellenmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 15/08/2016 tarihinde oy birliği ile Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS (DANIŞMAN)

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Yrd. Doç. Dr. Turgay DİNDAROĞLU (ÜYE)

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL (ÜYE)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Bingöl Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağa eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

HUREM DUTAL

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Hurem DUTAL tarafından hazırlanan “TERBÜZEK DERESİ YAĞIŞ HAVZASININ SWMM (STORM WATER MANAGEMENT MODEL) PROGRAMI KULLANILARAK MODELLENMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 15/08/2016 tarihinde oy birliği ile Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Bu Tez KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje no: 2015/3-1 YLS

TERBÜZEK DERESİ YAĞIŞ HAVZASININ SWMM (STORM WATER MANAGEMENT MODEL) PROGRAMI KULLANILARAK MODELLENMESİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

HUREM DUTAL

ÖZET

Günümüzde artan nüfus ve sanayileşmeyle birlikte suya olan talep giderek artmaktadır. Su sıkıntısı çeken bir ülke olarak, Türkiye su kaynaklarını etkin ve verimli kullanmak zorundadır. Bunun için yağış havzalarında yapılacak çalışmaların hidrolojik etkilerinin mutlaka hesaba katılması gerekmektedir. Bu çalışmada Türkiye' nin Akdeniz Bölgesi' nde yer alan Kahramanmaraş iline 90 km uzaklıktaki Terbüzek Deresi Yağış Havzası' nın Environmental Protection Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM) (Çevre Koruma Kuruluşu Yağmur Suyu Yönetim Modeli) bilgisayar programı kullanılarak hidrolojik modeli oluşturulmuştur. Ardından bazı iklim ve arazi kullanım değişikliği senaryoları kullanılarak akım miktarı değişimleri hakkında geleceğe yönelik tahminler yapılmıştır. İklim değişikliği senaryolarından elde edilen sonuçlara göre; en iyi senaryo göz önünde bulundurulduğunda çalışma alanında mart ayında 10 mm' lik yağışlarda meydana gelecek değişimler; 2016-2040 periyodunda dere akımında ortalama % 2,97, 2040-2070 periyodunda % 6,71 ve 2070-2090 periyodunda % 2,97 azalmaya neden olmuştur. En kötü senaryoya göre ise (MPI-ESM-MR nin RCP 8.5) çalışma alanında nisan ayında 10 mm' lik yağışlarda meydana gelecek değişimler; 2016-2040 periyodunda dere akımında ortalama % 78,5, 2040-2070 periyodunda % 99,48 ve 2070-2090 periyodunda en az % 99,74 azalmaya neden olmuştur. Arazi kullanımı değişikliği senaryolarına göre; orman alanlarının % 60 oranında tarım, mera ve yerleşim alanlarına dönüşmesi halinde mart ayında günlük ortalama 10 mm' lik bir yağıştan sonra günlük ortalama dere akımlarında sırasıyla % 12,55, % 6,64 ve % 30,30 oranında artışlar meydana gelmiştir. Kabaca oluşturulan arazi yetenek sınıflarına uyulduğunda mart ayında 10 mm' lik ortalama günlük yağıştan sonra oluşan ortalama akım miktarında % 14,15 azalma olurken; 20 mm' lik yağış için azalma oranı % 5,11 olmuştur.

Anahtar kelimeler: SWMM, hidrolojik modelleme, dere akımı, iklim değişikliği, arazi kullanımı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos / 2016

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS

Sayfa sayısı :145

**MODELING TERBUZEK STREAM WATERSHED USING SWMM (STORM
WATER MANAGEMENT MODEL) SOFTWARE
(M.Sc. THESIS)**

HUREM DUTAL

ABSTRACT

Nowadays, there is gradually increasing for demand of water due to increasing population and industry. As a country suffering from water scarcity, Turkey has to use their water resources effective and efficiently. Because of this, there is definitely necessity to calculate hydrological influence of practices which will be performed in watersheds. In this study, Terbüzek stream watershed located in Kahramanmaras city of Mediterranean Region of Turkey, was modelled with using the computer programme, Environmental Protection Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM) and the changes of flow amount in future were estimated by utilizing some climate and land use change scenerios. According to climate change scenerios, when the best scenario (RCP 4.5 of GFDL-ESM2M) is considered, changes in 10 mm precipitation in March caused to decrease approximately % 2,97 in stream flow in period of 2016-2040, % 6,71 in period of 2040-2070 and % 2,97 in period of 2070-2090 in study area. According to the worst scenerio (RCP 8.5 of MPI-ESM-MR), changes in 10 mm precipitation in April caused to decrease approximately % 78,5 in stream flow in period of 2016-2040, % 99,48 in period of 2040-2070 and % 99,74 in period of 2070-2090 in study area. According to land use change scenerios, in case of converting % 60 of forests into agriculture, rangeland and settlements, after average daily 10 mm precipitation in March, increasings of % 12,55, % 6,64 and % 30,30 were monitored in average daily stream flow, respectively. According to land capability classes, average flow amount following 10 mm average daily precipitation decreased % 14,15 in March, decreasing range was % 5,11 for 20 mm precipitation.

Key Words: SWMM, hydrological modelling, stream flow, climate change, land use

University of Kahramanmaras Sutçu Imam
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Forest Engineering, August/2016

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS

Page number: 145

TEŞEKKÜR

“Terbüzek Deresi Yağış Havzasının SWMM (Storm Water Management Model) Programı Kullanılarak Modellenmesi” adlı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun seçiminde ve çalışmaların yürütülmesinde görüş ve düşünceleriyle yol gösteren, tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mahmut REİS’ e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yine çalışmam esnasında bilgi ve birikimlerinden faydalandığım Sayın Doç. Dr. Fatih SİVRİKAYA ve Sayın Doç. Dr. Hakan OĞUZ ’ a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez jürisinde yer alan ve değerli katkılar sağlayan Sayın Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Turgay DİNDAROĞLU’ na çok teşekkür ederim.

Araştırmanın gerçekleştirilmesinde maddi destek sağlayan Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım ve laboratuvar analizlerim süresince desteklerini esirgemeyen Orman Yüksek Mühendisi Bülent ABİZ, Arş. Gör. Nurşen BOLAT ve Orman Yüksek Mühendisi Yasin VERMEZ’ e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Faik CEYLAN, Arş. Gör. Kıvanç YÜKSEL, Arş. Gör. Ömer BOLAT, Arş. Gör. Arif OKUMUŞ ve Orm. Müh. Zeynep KAYRAK’ a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana emeği geçen tüm hocalarıma, hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim anneme, babama ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunar, çalışmamın ilgililere faydalı olmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE METOD	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Araştırma alanının genel tanıtımı	12
3.1.1.1. Coğrafik konum	12
3.1.1.2. İklim	13
3.1.1.3. Jeolojik yapı	13
3.1.1.4. Anakayalar ve genel toprak verme özellikleri	14
3.1.1.5. Büyük toprak grupları ve genel toprak özellikleri	15
3.1.1.6. Bitki örtüsü	16
3.1.1.7. Sosyal ve ekonomik durum	16
3.1.2. Çalışmada kullanılan veriler	16
3.1.2.1. Altlık olarak kullanılan haritalar	16
3.1.2.2. Hidrolojik ve iklimsel veriler	17
3.1.2.3. İklim değişikliği ve ceyhan havzasına ilişkin sıcaklık ve yağış projeksiyonları	18
3.2. Metot	23
3.2.1. Modelleme ve EPA SWMM	23
3.2.1.1. Model kavramı	23
3.2.1.2. EPA SWMM	26
3.2.2. Ana havza, alt havzalar ve akarsu ağının belirlenmesi	36
3.2.2.1. Alt havzalar üzerindeki işlemler	37
3.2.3. Havzanın fizyografik özelliklerinin belirlenmesi	41
3.2.3.1. Havzanın şekli	41
3.2.3.2. Havzanın ortalama eğimi	43
3.2.3.3. Havzanın ortalama yüksekliği	43
3.2.3.4. Havzanın bakı durumu	43
3.2.3.5. Arazi kullanma şekli	43
3.2.4. Ana dere ve yan derelere ait pürüzlülük katsayısının belirlenmesi	43

3.2.5. Araziye yapılan çalışmalar	45
3.2.5.1. Toprak örneklerinin alınması	45
3.2.5.2. Dere en kesitlerinin belirlenmesi	46
3.2.6. Laboratuvar çalışmaları	47
3.2.6.1. Tekstür tayini	48
3.2.6.2. Tane yoğunluğu.....	49
3.2.6.3. Hacim ağırlığı	49
3.2.6.4. Gözenek hacmi.....	50
3.2.6.5. Permeabilite	50
3.2.6.6. Maksimum su tutma kapasitesi	52
3.2.6.7. pH.....	52
3.2.6.8. Elektriksel İletkenlik	52
3.2.6.9. Ateşte Kayıp.....	52
3.2.6.10. Dispersiyon oranı	53
3.2.7. Verilerin modele girilmesi, kalibrasyon ve validasyon süreci	53
3.2.8. Çalışmada kullanılan senaryolar	54
3.2.8.1. İklim değişikliği senaryoları	54
3.2.8.2. Arazi kullanım değişikliği senaryoları.....	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	56
4.1. Ana Havza, Alt Havzalar ve Akarsu Ağı.....	56
4.2. Havzanın fizyografik özellikleri	62
4.2.1. Havzanın şekli	62
4.2.1.3. Uzunlaşma oranı	62
4.2.1.4. Havzanın drenaj durumu.....	62
4.2.2. Havzanın ortalama yüksekliği	65
4.2.3. Havzanın ortalama eğimi.....	65
4.2.4. Havzanın bakı durumu	67
4.2.5. Arazi kullanma şekli	68
4.3. Araştırma Alanı Topraklarına Ait Bazı Özelliklerin Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi	69
4.3.1. Üst toprak kademesinde (0-20 cm).....	69
4.3.1.1. Kum, toz ve kil oranları	69
4.3.1.2. Tane yoğunluğu.....	70
4.3.1.3. Hacim ağırlığı	71
4.3.1.4. Gözenek hacmi.....	72
4.3.1.5. Permeabilite	73
4.3.1.6. Su tutma kapasitesi	74
4.3.1.7. pH.....	75
4.3.1.8. Elektriksel iletkenlik	76
4.3.1.9. Ateşte kayıp.....	77
4.3.1.10. Dispersiyon oranı	79
4.3.2. Alt toprak kademesinde(20-50 cm).....	82
4.3.2.1. Kum, toz ve kil oranları	82
4.3.2.2. Tane yoğunluğu.....	82
4.3.2.3. Hacim ağırlığı	83
4.3.2.4. Gözenek hacmi.....	84
4.3.2.5. Permeabilite	85
4.3.2.6. Su tutma kapasitesi	86

4.3.2.7. pH.....	86
4.3.2.8. Elektriksel iletkenlik	87
4.3.2.9. Ateşte kayıp.....	88
4.3.2. 10. Dispersiyon oranı	88
4.4. Ana dere ve kuru derelere ilişkin bulgular.....	92
4.5. Kalibrasyon ve validasyon sürecine ilişkin bulgular	94
4.6. İklim değişikliği senaryolarına ilişkin bulgular	97
4.7. Arazi kullanım değişikliği senaryolarına ilişkin bulgular	101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	112
KAYNAKLAR	116
EKLER	127
ÖZGEÇMİŞ	144



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu.....	12
Şekil 3.2. Çalışma alanının iklim diyagramı	13
Şekil 3.3. Çalışma alanı, akım istasyonu ve meteoroloji istasyonunun konumları	18
Şekil 3.4. Swmm programına ait örnek bir çalışma sayfası (rossman ve ark., 2004).....	27
Şekil 3.5. Yüzey akışının kavramsal görüntüsü (rossman, 2010).....	32
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan akış şeması.....	35
Şekil 3.7. Arazi çalışmalarından bir görünüm	46
Şekil 3.8. Terbüzek deresi üzerinde en kesit ölçümü	47
Şekil 3.9. Toprak örneklerinin kurutulması	47
Şekil 3.10. Tekstür tayini deneyinden bir görünüm	49
Şekil 3.11. Hacim ağırlığı toprak örneklerinin suyla doygun hale getirilmesi	50
Şekil 3.12. Permeabilite deney düzeneği	51
Şekil 3.13. Hidrolik iletkenliğin belirlenmesi için kullanılan düzeneğin şematik görünümü .	51
Şekil 4.1. Terbüzek deresi yağış havzası sayısal yükseklik modeli	56
Şekil 4.2. Terbüzek deresi yağış havzası akım yönü haritası	57
Şekil 4.3. Terbüzek deresi yağış havzası akım birikimi haritası	58
Şekil 4.4. Terbüzek deresi yağış havzası dere ağı haritası	58
Şekil 4.5. Terbüzek deresi yağış havzası alt havzalar haritası.....	59
Şekil 4.6. Terbüzek deresi yağış havzası'nda alt havzaların sınırları.....	60
Şekil 4.7. Alt havzalardan oluşan ana havza alanı haritası.....	60
Şekil 4.8. Swmm' de kullanılan bileşenlerin coğrafi konumları	61
Şekil 4.9. Terbüzek deresi yağış havzası dere sınıfları haritası.....	63
Şekil 4.10. Swmm programına veri sağlanan dere sınıfları haritası.....	64
Şekil 4.11. Terbüzek deresi yağış havzası yükselti haritası.....	65
Şekil 4.12. Terbüzek deresi yağış havzası eğim sınıfları haritası.....	66

Şekil 4.13. Terbüzek deresi yağış havzası bakı haritası	67
Şekil 4.14. Terbüzek deresi yağış havzası arazi kullanım durumu haritası.....	68
Şekil 4.15. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ..	70
Şekil 4.16. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama tane yoğunluğu değerlerinin değişimi.....	71
Şekil 4.17. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama hacim ağırlığı değerlerinin değişimi	72
Şekil 4.18. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama gözenek hacmi değerlerinin değişimi	73
Şekil 4.19. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi.....	74
Şekil 4.20. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama su tutma kapasitesi oranlarının değişimi	75
Şekil 4.21. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ph değerlerinin değişimi.....	76
Şekil 4.22. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi.....	77
Şekil 4.23. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ateşte kayıp oranlarının değişimi	78
Şekil 4.24. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi	79
Şekil 4.25. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi	82
Şekil 4.26. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama tane yoğunluğu değerlerinin değişimi.....	83
Şekil 4.27. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama hacim ağırlığı değerlerinin değişimi	83
Şekil 4.28. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama gözenek hacmi değerlerinin değişimi	84
Şekil 4.29. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi.....	85
Şekil 4.30. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama su tutma kapasitesi oranlarının değişimi	86
Şekil 4.31. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ph değerlerinin değişimi.....	87

Şekil 4.32. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi.....	87
Şekil 4.33. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ateşte kayıp oranlarının değişimi	88
Şekil 4.34. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi	89
Şekil 4.35. Ana dereye ait en kesit	92
Şekil 4.36. Ana dereye ait bazı görüntüler	93
Şekil 4.37. Ana dereye ait bazı görüntüler	94
Şekil 4.38. Çalışma alanının swmm programında oluşturulan modeli	95
Şekil 4.39. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşmesi halinde mart ve nisan aylarında 10 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim	102
Şekil 4.40. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşmesi halinde mart ve nisan aylarında 20 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim	103
Şekil 4.41. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşmesi halinde mart ve nisan aylarında 10 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim	104
Şekil 4.42. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşmesi halinde mart ve nisan aylarında 20 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim	105
Şekil 4.43. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi halinde mart ve nisan aylarında 10 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim	107
Şekil 4.44. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi halinde mart ve nisan aylarında 20 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim	107
Şekil 4.45. Arazi kullanım değişikliği sonucu dere akımında meydana gelen değişim	108
Şekil 4.46. Terbüzek deresi yağış havzası arazi kabiliyet sınıfları haritası.....	109

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1.	Rcp senaryoları için 2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO ₂ konsantrasyonları ppm. (Meinshausen Ve Ark., 2011; Ipcc, 2007).....	21
Çizelge 3.2.	Rcp tipleri ve özellikleri (Moss Ve Ark., 2008).....	21
Çizelge 3.3.	Ceyhan havzası için iklim modellerine ait projeksiyonlar	22
Çizelge 3.4.	Çalışmada kullanılan arazi kullanım şekilleri ve özellikleri	38
Çizelge 3.5.	Etm+ solar spektral ışınımlar (Nasa, 2011).....	40
Çizelge 3.6.	Dünya-güneş mesafesi (gökbilimsel birim ile) (Nasa, 2011).....	40
Çizelge 3.7.	Görsel tahmin yöntemi için kullanılan kanal özelliklerine göre parametre değişen parametre değerleri	44
Çizelge 3.8.	Kanallar için pürüzlülük katsayısı (Asce, 1982)	44
Çizelge 3.9.	Middleton tarafından ortaya konulan dispersiyon oranı (Lutz, 1947).....	53
Çizelge 3.10.	Kalibrasyon ve validasyon işlemlerinde kullanılan yağışlara ilişkin değerler	54
Çizelge 3.11.	Arazi kabiliyet sınıflarında dikkate alınan özellikler	55
Çizelge 4.1.	Terbüzek deresi yağış havzasında dere sınıflarının durumu	63
Çizelge 4 .2.	Terbüzek deresi yağış havzası'nda eğim sınıflarının alansal ve oransal dağılımı	66
Çizelge 4.3.	Terbüzek deresi yağış havzasında bakı sınıflarının alansal ve oransal dağılımı	68
Çizelge 4.4.	Terbüzek deresi yağış havzası arazi kullanım durumunun alansal ve oransal dağılımı	69
Çizelge 4.5.	Terbüzek deresi yağış havzasına ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin varyans analizi.....	80
Çizelge 4.6.	Terbüzek deresi yağış havzası'na ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin korelasyon analizi	81
Çizelge 4.7.	Araştırma alanı alt topraklarında bazı toprak özelliklerine ait varyans analizi	90
Çizelge 4.8.	Terbüzek deresi yağış havzası'na ait toprakların 20-50 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin korelasyon analizi	91

Sayfa No

Çizelge 4.9. Ana dereye ait en kesit değerleri	92
Çizelge 4.10. Ana dere pürüzlülük katsayısına ait parametre değerleri	93
Çizelge 4.11. Alt havzalar için kalibre edilen parametreler (United States Geological Survey Water-Supply Paper)	95
Çizelge 4.12. Topraktaki sızma için kalibre edilen parametreler (U.S. Environmental Protection Agency, 1983)	96
Çizelge 4.13. Yan dereler için kalibre edilen parametreler (Asce, 1982).....	96
Çizelge 4.14. Model kullanılarak elde edilen değerler ve hata payları	97
Çizelge 4.15. 10 mm' lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar	97
Çizelge 4.16. 20 mm' lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar	98
Çizelge 4.17. 10 mm' lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar	98
Çizelge 4.18. 20 mm' lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar	99
Çizelge 4.19. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Mart Ayında) (Dönüşüm Sırası: Önce 3kapalı Sonra 2 Ve 1 Kapalı Meşcereler)	102
Çizelge 4.20. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Nisan ayında) (Dönüşüm Sırası: Önce 3kapalı Sonra 2 Ve 1 Kapalı Meşcereler)	102
Çizelge 4.21. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Mart Ayı) (Dönüşüm Sırası: Önce 3kapalı Sonra 2 Ve 1 Kapalı Meşcereler)	104
Çizelge 4.22. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Nisan Ayı) (Dönüşüm Sırası: Önce 3kapalı Sonra 2 Ve 1 Kapalı Meşcereler)	104
Çizelge 4.23. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Mart Ayı) (Dönüşüm Sırası: Önce 3kapalı Sonra 2 Ve 1 Kapalı Meşcereler)	106
Çizelge 4.24. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Nisan Ayı) (Dönüşüm Sırası: Önce 3kapalı Sonra 2 Ve 1 Kapalı Meşcereler)	106
Çizelge 4.25. Çalışma alanının arazi kabiliyet sınıflamasına göre alansal dağılımı	109
Çizelge 4.26. Arazi yetenek sınıflandırmasından sonraki akım değerleri	110
Çizelge 4.27. Arazi yetenek sınıflandırmasında kayalık alanların ormana dönüşmesi halinde elde edilen akım değerleri	111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- SWMM : Storm Water Management Model
- US EPA : United State Environment Protection Agency
- AB : Avrupa Birliği
- SÇD : Su Çerçeve Direktifi
- °C: Santigrad Derece
- CREAMS : Chemicals, Run off, and Erosion from Agricultural Management
- AGNPS : AGricultural Non-Point Source
- ANSWERS : Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation
- HSPF : Hydrological Simulation Program-Fortran
- SWAT : Soil Water Assesment Tool
- BASINS : Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources
- DWSM : The Dynamic Watershed Simulation Model
- MIKE SHE : MIKE Système Hydrologique Européen
- PRMS : The Precipitation-Runoff Modelling System
- ha : Hectar
- km : Kilometre
- DSİ : Devlet Su İşleri
- MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- IPCC : Intergovernmental Panel On Climate Change
- HadGEM2 : Hadley Küresel Çevre Modeli
- MPI-ESM-MR : MaxPlank Meteoroloji Enstitüsü Küresel Modeli
- GFDL : Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
- NOAA : Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
- RCP : Representative Concentration Pethway
- CO₂ : Karbondioksit
- DEM : Digital Elevation Model

TIN : Tringular Irregular Network

OT : Orman Toprağı

OT-T : Orman Toprağı, Taşlık

T : Taşlık

Oc : Maden Ocağı

İs : İskan Alanı

Z : Tarım Alanı



1. GİRİŞ

Su, sürdürülebilir bir yaşam için gerekli olan ekosistemin fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerinde önemli bir role sahiptir. Ayrıca ekosistemlerin verimliliği, biyolojik çeşitliliği ve tür kompozisyonu üzerinde etkili olan temel bir faktördür. Hiç kuşkusuz, insan hayatının da vazgeçilmez bir parçasıdır. Örneğin; içme suyu, tarım, su ürünleri, endüstri ve hidroelektrik santrallerinin sürekliliği direkt olarak su kaynaklarına bağlıdır (Erika ve Beilicci, 2014).

Ancak son zamanlarda, hızla artan nüfus ile birlikte doğaya zarar veren insan faaliyetleri de hissedilir oranda artmıştır. Kentleşme, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler ve diğer insan aktiviteleri suyun hızlı bir şekilde kirletilmesine, tüketilmesine ve suya olan talebin artmasına neden olmuştur (Lenzi ve Di Luzio, 1997).

Özellikle endüstri alanında meydana gelen gelişmeler ile insanoğlunun daha çok kazanma isteği küresel ısınma sorununu ortaya çıkarmıştır. Küresel ısınma atmosferde bir takım değişikliklere neden olmuştur (atmosferin ısınması, su döngüsünün hızlanması, evapotranspirasyonun artması, vb.). Bu değişiklikler dünyanın çeşitli bölgelerinde iklimsel özelliklerde meydana getirdiği değişimlerle etkisini göstermeye başlamıştır (IPCC, 2014). Su, bu değişimden etkilenen kaynaklar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Suyun küresel iklim değişikliğinden etkileneceği, çeşitli senaryolar altında gerçekleştirilen çalışmalarla ortaya konulmuştur. IPCC raporlarına göre sıcaklıklardaki değişimlerle birlikte yağış değerlerinde de değişiklikler gözlemlenmiştir. Akdeniz, Güney Afrika ve Asya bölgelerinde yağışlarda azalma eğilimine rastlanırken, Güney-Kuzey Amerika ve Kuzey Avrupa'da artış eğilimi görülmüştür. Genel olarak yağış frekanslarının önemli ölçüde değişkenlik gösterebileceği ortaya konulmuştur (IPCC, 2007). Bu gelişmeler sonucu tüm dünya genelinde taşkın ve kuraklık olaylarının frekansında bir artış görülmesi beklenmektedir. Kısaca ifade edecek olursak su kaynakları bu değişimden önemli ölçüde etkilenecektir (Okkan, 2013). Bu etki dünyanın bazı yerlerinde sel ve taşkın (aşırı su) bazı yerlerinde ise kuraklık (su kıtlığı) şeklinde hissedilecek ve dünyadaki tüm canlıların yaşamını etkileyecektir. Dünyadaki suyun ana kaynağının atmosferik yağışlar olduğu düşünüldüğünde bu durumun ortaya çıkması hiç de şaşırtıcı değildir.

Dünyadaki bu gelişmeler (doğaya zarar verecek düzeyde endüstri faaliyetleri, küresel ısınma, vb.) su kaynaklarının uluslararası politikadaki önemini daha da artırmaktadır. Zira dünyanın değişik bölgelerinde suya olan talep hızla artmakta ve

özellikle sınır aşan sular (herhangi bir ülkeden doğup başka bir ülkeden geçen) ülkeler arasında bazı politik sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum ülkelerin kendi gıda güvenliğini güvence altına almak, ekonomik kalkınma için gerekli olan enerjiyi üretmek ve bölgede politik bir güce sahip olmak için su kaynaklarını kendilerinin yönetmek istemesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü su artık herkesin kolayca ulaşım istediği kadar kullanabileceği sınırsız bir kaynak değildir. Günümüzde su, çok önemli politik bir güçtür (Zeitoun, 2007; Christopher, 2013; Zeitoun ve Warner, 2006).

Türkiye'nin toplam yüzölçümü 783.562 km²'dir. Türkiye üç tarafı su ile çevrili bir ülke olsa da tatlı su varlığı açısından zengin bir ülke değildir. Türkiye ılıman, yarı-kurak ve aşırı sıcaklıkların yaşandığı bir iklim kuşağındadır. Türkiye genelinde yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 643 mm olup, dünya ortalamasının (800 mm) altındadır. Bu miktar, yılda ortalama 501 km³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 km³'ü toprak ve su yüzeyi ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 km³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 km³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklüklerdeki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 km³'lük suyun 28 km³'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden gelen yıllık ortalama 7 km³ su bulunmaktadır. Böylece Türkiye'nin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 km³ olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 km³ de dikkate alındığında, toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 km³ olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 km³, komşu ülkelerden gelen akarsulardan 3 km³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 km³'tür. 14 km³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte Türkiye'nin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama 112 km³'tür (DSİ, 2009; Muluk ve ark., 2013).

Türkiye'nin artmakta olan nüfusunun su kaynakları üzerinde iki farklı etkisi olmaktadır: nüfus artışı ile birlikte gıda talebinin ve dolayısıyla suya olan talebin artması ve bu sebeple, kişi başına düşen su miktarında düşüş olmasıdır. DSİ istatistiklerine göre yıllık kişi başı su miktarı yaklaşık 1.519 m³ civarındadır. 2030 yılında nüfusun 100 milyon olacağı düşünüldüğünde kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.120 m³ civarına düşecektir (DSİ, 2009).

Günümüzde belediyelerin evsel kullanım için kişi başı günlük su çekimi TÜİK 2010 verilerine göre yaklaşık 217 m³'tür. Avrupa Birliği üyesi ülkelerde bu oran ortalama 150 m³ kişi/gün/litre civarındadır ve alınan önlemler ile daha da azalmaktadır (EEA 2009).

Su kıtlığı veya stres durumunu tanımlamak için kullanılan Falkenmark indeksine göre su kıtlık/stres durumu, ülke veya bölgede kişi başına düşen su miktarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Falkenmark ve Lindh, 1976):

- 1.700 m³'ten fazla olması durumunda su sorunu olmayan,
- 1.700-1.000 m³ arasında su sıkıntısı olan,
- 1.000-500 m³ arasında su kıtlığı olan,
- 500 m³'ten az olması durumunda ise mutlak su kıtlığı olan.

Bu sınıflandırmaya göre Türkiye günümüzde su sıkıntısı olan bir ülke konumundadır ve yakın gelecekte su kıtlığı olan bir ülke statüsünde olma riski vardır (Muluk ve ark., 2013).

İklim değişikliği nedeniyle, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Güney Avrupa ve Akdeniz kuşağında 2090'lı yıllarla birlikte ortalama sıcaklıklarda 3.0 - 3.5 °C mertebesine varan artışlar, toplam yağışlarda ise % 15 - % 30 oranında azalmalar öngörülmektedir (Christensen ve ark., 2007). Bu değişimlerin mevcut su potansiyellerinde önemli azalmalara yol açacağı düşünülmektedir. Buna göre Ege bölgesinde % 25 - % 50, Akdeniz bölgesinde ise % 50'nin üzerinde mevcut su potansiyelinde azalmalar görülebilecektir (Lehner ve ark., 2001).

Dünyadaki araştırmalara paralel olarak Türkiye'de de meteorolojik gözlemlere ve akış gözlemlerine ait eğilim yapıları ve mevsimsel değişkenlikler pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Okkan, 2013). Genelde yağış ve sıcaklık gözlemleri üzerinde gerçekleştirilen bu analizler ile Türkiye'nin batı ve güney-batı yaz mevsimi ortalama sıcaklıklarında anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Ayrıca yıllık maksimum sıcaklık dizilerindeki değişimler de genelde artış yönündedir. Özellikle güney, batı, doğu ve güneydoğu bölgelerinde anlamlı artış eğilimleri etkindir. Yıllık minimum sıcaklıklardaki artışlar da, değerlendirilen istasyonların genelinde anlamlı düzeydedir.

Yağışlar ele alındığında ise Türkiye' deki yağışlar alansal ve zamansal olarak büyük farklılık göstermektedir. Ayrıca, Türkiye' deki yağışlarda mevsimsellik oldukça kuvvetlidir. Yıllık toplam yağışın, yaklaşık % 40'ı kış, % 27'si ilkbahar, % 10'u yaz ve % 23'ü sonbahar mevsiminde gerçekleşmektedir. Yeraltı ve yerüstü su kaynakları için, kış ve bahar dönemlerindeki yağışın miktarı ve şekli oldukça önemlidir.

Yapılan incelemelerde ortalama yağışlarda 29 mm/100 yıl oranında azalış eğilimi göze çarpmaktadır. Türkiye genelinde, 1941-1970 döneminde ortalama 659 mm olan yıllık

toplam yağış, 1971-2000 döneminde 635 mm'ye düşmüştür. 1980-2006 döneminde ise 627 mm olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak incelendiğinde ise, yağışlardaki azalma eğilimleri özellikle kış mevsiminde belirgin olarak görülmektedir. Buna karşılık, sonbahar yağışları artış eğilimi sergilemektedir. Kış yağışlarında gözlenen azalmanın, Akdeniz alçak basınçının sıklığında gözlenen azalma ve yüksek basınç şartlarında gözlenen artışlar ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Okkan, 2013).

Türkiye'nin 2753 km'lik sınırının 605 km'si nehirlerden oluşmaktadır. Bugüne kadar sorun teşkil eden veya sorun teşkil edebilecek durumda olan akarsulardan Dicle, Fırat ve Asi Nehirleri hariç diğer akarsuların rejimleri, ilgili devletlerle Türkiye arasında değişik tarihlerde imzalanan anlaşmalar veya diğer hukuksal düzenlemelerle bir esasa bağlanmış ve büyük ölçüde çözüme kavuşturulmuştur. Türkiye'nin ciddi su meselesi yaşadığı ülkeler Suriye ve Irak'tır. Türkiye'nin Irak ile Dicle ve Fırat nehirleri konusunda; Suriye ile Dicle, Fırat ve Asi nehirleri konusunda anlaşmazlıkları bulunmaktadır (Dursun, 2006).

Su kaynakları üzerinde baskı oluşturan bu olaylar devam ederken, insanoğlu durumun her geçen gün daha kötüye gittiğini geç de olsa kavrayabilmiş (tıpkı dünyada tehlike altında bulunan ve korunması gereken türler, iklim değişikliği, kuraklık, çölleşme konularında olduğu gibi) ve bu konuda bazı adımlar atmaya karar vermiştir.

Kısacası yaptığı hataları fark etmiş ve bir takım yasal düzenlemelerle su kaynaklarının sürdürülebilirliğini güvence altına almaya çalışmıştır. AB su çerçeve direktifi bunlardan en sonucusu ve en kapsamlısıdır. Su kaynaklarının herkesi ilgilendirdiği (water is everyone's business) ve kullanan öder prensibi sözleşmenin en çarpıcı ilkelerini oluşturmaktadır. Bu ilkelerle su ulusal bir kaynak olmaktan çıkmış ve kullanan öder prensibi ile gereksiz su tüketiminin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Sözleşmede su kaynaklarının korunması, akılcı, etkin ve sürdürülebilir bir su yönetimine dikkat çekilmiştir. Bu hedefe ulaşma yolunda da havza bazlı yönetim anlayışı kabul edilmiştir (SÇD, 2000).

Her bir havza su üreten bir fabrika olarak düşünülebilir. Ancak söz konusu bu fabrikaların su üretme süreçleri her bir havzanın kendi karakteristik özelliklerinden dolayı farklılıklar göstermektedir. Bu durum su kaynakları yönetiminde havzayı esas alan araştırma, değerlendirme ve karar verme gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Ancak havza sistemi içerisinde meydana gelen karmaşık süreçler ve havza sisteminin dinamik yapısı

sistemin tam olarak anlaşılmasını aşırı derecede güçleştirmektedir (Vaughn ve ark., 2009). Bununla birlikte bilgisayar ve programlama alanındaki gelişmeler, ekosistemde meydana gelen olayları belirli kabuller altında sistematize etmeye imkan sağlamıştır. Havza modelleri havzada meydana gelen süreçleri matematiksel olarak temsil ederler. Modeller doğal süreçlerde bir değişim olması durumunda havza sisteminde meydana gelecek değişikliklerin ortaya konulmasına yardımcı olarak herhangi bir mühendislik projesi veya yönetim uygulamasının olası etkilerinin değerlendirilmesine olanak sağladıkları için bu tür uygulamaların temel bileşeni olmuşlardır (Vaughn ve ark., 2009). Hidrolojik çalışmalarda model uygulamaları havzada meydana gelen doğal süreçlerin anlaşılması için vazgeçilmez bir araç olmuştur. Bu modellerin hidrolojik modelleme ve su kaynakları çalışmalarında birçok uygulama alanı mevcuttur. Modeller, dere akımı miktarı ve kalitesinin analiz edilmesinde, sel tahminlerinde, yeraltı suyunun geliştirilmesi ve korunmasında, su dağıtım sistemlerinde, su kullanımında, iklim ve arazi kullanımı değişikliğinin etkilerini inceleyen çalışmalarda, ekolojide ve bir dizi su yönetim faaliyetlerinde her geçen gün daha da artarak kullanılmaktadır (Singh ve Woolhiser, 2002; Dhama ve Pandey, 2013). Özellikle iklim değişikliğinin hidrolojik süreç dinamikleri üzerindeki en büyük tehlikelerden biri olduğu yüzyılımızda hidrolojik süreçlerin modellenmesi su kaynakları yönetimi için önemli bir faaliyettir (Erika ve Beilicci, 2014). Havza sistemini ve farklı yönetim senaryolarının hidrolojik etkilerini simüle etmek amacıyla bilgisayar temelli birçok model geliştirilmiştir (Dhama ve Pandey, 2013).

Chemicals, Run off, and Erosion from Agricultural Management (CREAMS) (Knisel 1980), Agricultural Non-Point Source (AGNPS) (Young ve ark., 1989), Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation (ANSWERS) (Beasley ve Huggins 1980), Hydrological Simulation Program-Fortran (HSPF) (Bicknell ve ark., 1997), and Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Arnold ve ark., 1998), Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources (BASINS) (USEPA, 2007), The Dynamic Watershed Simulation Model (DWSM) (Borah ve ark., 2002), MIKE Système Hydrologique Européen (MIKE SHE) model (Refsgaard ve Storm, 1995) ve The Precipitation-Runoff Modelling System (PRMS) (Leavesley ve Stannard, 1995) bu modellerden bazılarını oluşturmaktadır.

Yağış sonucu oluşan yüzeysel akışın modellenmesinde kullanılan modellerden bir tanesi de Environmental Protection Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM) (Çevre Koruma Kuruluşu Yağmur Suyu Yönetim Modeli) (Rossmann, 2004) dir.

EPA SWMM, su miktarı ve su kalitesi modellemesinde kullanılan literatürde kabul görmüş bir programdır (Gülbaz, 2010).

Türkiye yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı sularını akılcı, etkin ve sürdürülebilir bir su yönetimi anlayışı ile yürütmek zorundadır. Bu çalışmada iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesi beklenen Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Kahramanmaraş ili sınırları içerisinde bulunan Terbüzek deresi yağış havzası SWMM ile hidrolojik açıdan modellenmiştir. Çalışmanın asıl amacı, havzada günlük belirli bir yağıştan sonra meydana gelecek günlük ortalama debi miktarının iklim değişikliği ve arazi kullanım değişikliğine vereceği tepkilerin belirlenmesidir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Orman alanlarının azalması, kentleşme ve diğer arazi kullanımı aktivitelerinin bir havza içerisindeki sezonsal ve yıllık hidrolojik süreçleri etkilediğini gösteren bir çok çalışma yapılmıştır (Karvonen ve ark., 1999).

Campbell ve Sullivan (2002) Alabama eyaletindeki Jackson County’de bulunan Stephens Gap mağarasına yüzeysel sulardan gelen akım miktarını simule etmek için SWMM programını kullanmış ve karstik alanlarda yüzeysel sulardaki kayıpların SWMM ile yeterli derecede tahmin edilebileceği sonucuna varmıştır.

Costa ve ark. (2003) Güneydoğu Amazon’da 1949 ile 1998 arasında meydana gelen arazi kullanım değişikliğinin dere akımları üzerine etkilerini araştırmıştır. Tarım alanlarının % 30’dan % 49’a çıkmasıyla birlikte yıllık ortalama dere akımlarının % 24 arttığını ve yıllık ortalama evapotranspirasyonun % 3.4 azaldığını belirtmişlerdir.

Wissmar ve ark. (2004) 1991-1998 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri’nde bir akarsu havzasında orman alanlarındaki azalmanın dere akımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. % 3 ila 20 oranında orman alanını kaybeden ve % 4 ila 27 oranında geçirimsiz alan kazanan alanlarda dere akımlarında % 4 ila 14 arasında bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Temprano ve ark. (2005) İspanya’nın Santander şehrinde bir kanalizasyon sisteminde yağmurlu havalardaki kirletici miktarını tahmin etmek amacıyla SWMM programını kullanmış ve modelin ölçülmüş verilerle doğru bir şekilde kalibre edildiği zaman tahmin kapasitesinin çok iyi olduğunu belirtmiştir.

Camorani ve ark. (2005) İtalya’nın kuzeyinde bulunan Bologna şehri yakınlarındaki Po Nehri havzasında arazi kullanımı değişikliklerinin sel rejimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. SWMM kullanarak 1995, 1980 ve 1992 yıllarına ait arazi kullanımı senaryosuna göre yüzeysel akış modeli oluşturmuşlardır. Arazi kullanım değişikliği ile birlikte havzanın sele olan duyarlılığının arttığını ve yağışlar arası zamanın azalmasına bağlı olarak da duyarlılığın artma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir.

Yue ve Hashino (2005) 1953 – 1994 yılları arasında Japonya’da ormanlardaki büyümenin dere akımlarına olan etkisini araştırmışlardır. Büyümeyle birlikte yıllık maksimum günlük akım, yıllık minimum beş günlük akım ve yıllık toplam yüzeysel akışta sırasıyla % 55.8, % 75.8 ve % 39.6 oranında bir azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Zhang ve Schilling (2006) Misisipi Nehri'nde 1940'tan bu yana meydana gelen arazi kullanım değişikliğinin nehrin baz akımı üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Yıllık bitki örtüsünün sezonluk bitki örtüsüne dönüşmesinin evapotranspirasyonu azaltırken, yer altı suyuna olan akışı artırdığını ve böylece nehirdeki taban suyu akımını ve normal akımı artırdığını gözlemlemişlerdir.

Thanapakpawin ve ark. (2006) DHSVM modelini kullanarak Tayland'da bir nehir havzasında meydana gelebilecek arazi kullanım değişikliğinin havza hidrolojisini nasıl etkileyeceğini araştırmışlardır. 1989 ve 2000 yılları arasında orman alanlarının tarım alanlarına ve tarım alanlarının orman alanlarına dönüşeceğini varsayan iki senaryo kullanmışlardır. Senaryo sonuçlarına göre, tarım alanlarının genişlemesi kurak zamanlardaki akımı yaklaşık % 4, nemli zamanlardaki akımı çok az oranda artırmıştır. Diğer taraftan tarım alanlarının orman alanlarına dönüşmesi durumunda hem kurak hem de nemli zamanlardaki dere akımı azalmıştır.

Notter ve ark. (2007) Kenya' da orta büyüklükteki bir havzada dere akımlarını tahmin etmek için NRM3 yarı dağıtılmış grid temelli su dengesi modelini kullanmıştır. Modelde kullandıkları senaryo simülasyonunun sonuçlarına göre, orman alanlarının tarım ve mera alanlarına dönüştürülmesi yıllık yüzeysel akış miktarında sırasıyla % 11 ve % 59 artışa sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Hood ve ark. (2007) SWMM programını kullanarak Estonya'nın Tallin şehrinde yüzeysel akış ve yüzeysel akıyla taşınan kirletici madde miktarını belirlemiş ve Baltık Denizi'ne 2004 yılında 153 ton askıda katı madde taşıdığı sonucuna varmıştır.

Jank ve ark. (2007) şehirlerdeki gelişmenin hidrolojik etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla gelişmeden önceki ve sonraki durumları karşılaştırmak için SWMM kullanmışlardır. SWMM programını Kore'deki 4 farklı alan üzerinde uygulamışlardır. Sonuç olarak SWMM nin asıl olarak kentsel havzaları modellemek için geliştirilmiş olmasına karşın doğal havzalarda da iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2008) değişik arazi kullanımı ve iklim değişikliği senaryolarını analiz etmek için SWAT modelini kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, tüm meraların orman alanlarına dönüştürülmesi halinde yıllık ortalama dere akımı % 2.3 ve mera alanlarının % 25'inin orman alanlarına dönüşmesi halinde yıllık ortalama akım % 0.01 azalırken, tüm orman alanlarının mera alanlarına dönüşmesi halinde yıllık ortalama dere akımı % 3.4 artmıştır.

Costa-Cabral ve ark. (2008) Çin de bir nehir havzasında arazi kullanımının hidrolojik süreçler üzerindeki etkisini simule etmek için VIC hidrolojik modelini kullanmışlardır. Orman alanlarındaki intersepsiyon ve evapotranspirasyon tarım ve mera alanlarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Zawilski ve Sakson (2008) askıda katı madde taşınımının modellenmesinde SWMM programının kullanılmasının uygunluğunu analiz etmiş ve SWMM'nin bu tip çalışmalar için kullanılabilir olduğunu belirtmiştir.

Phi (2008) iklim değişikliği ve nüfus artışıyla paralel olarak kentleşme sonucu Ho Chi Minh City şehrinde belirli senaryolar altında ortaya çıkması muhtemel sel ve taşkın olayları ve şehrin bu olaylara ne kadar hazır olduğunu sorgulamış ve alınması gereken önlemleri belirtmiştir.

Uygur (2009) yüksek lisans tezinde MIKE 11 modelinin NAM modülünü kullanarak İstanbul Orta dere havzalarının simülasyon modelini oluşturmuştur. Modelin küçük havzalar için kullanılabilir olduğunu ancak büyük havzalarda daha iyi sonuçlar verebileceğini belirtmiştir.

Alfars (2009) yüksek lisans tezinde SWMM programını kullanarak Büyükçekmece havzası ve Büyükçekmece gölünü modellemiştir. SWMM programından aldığı çıktıları Matlab ile oluşturulan hidrolojik öteleme modeline entegre etmiştir. Daha sonra 2000 ile 2010 yılları arasında Büyük Çekmece Gölü'ndeki su seviyesi değişimlerini incelemiştir. Sonuç olarak Büyükçekmece Gölü' nün su seviyesinde en fazla değişiklik 2009 yılında iken en az değişikliğin 2002 yılında olduğunu belirtmiştir.

Güzel (2010) SWAT modelini kullanarak Köyceğiz dalyan havzasını hidrolojik olarak modellemiştir. Çalışmasında modelin nasıl kullanıldığını gerekli verilerin nasıl elde edildiğini ve verilerin nasıl hazırlandığını göstermiştir. Yağış ve sonrasında oluşan akış arasında benzerlik olduğunu, yaz aylarında yağışın azalmasıyla akışında azaldığını belirtmiştir.

Öztürk (2010) Bartın yağış havzasındaki arazi kullanımı değişimlerinin havza hidrolojisine etkisini değerlendirmiştir. Çalışmasında MIKE SHE modelini kullanmıştır. Farklı senaryolar altında modeli çalıştırarak sonuçları değerlendirmiştir. Tarımdan ormana dönüşüm senaryosunda en düşük ortalama debiye ve en fazla evapotranspirasyon değerine ulaşmıştır.

Gülbaz (2010) İstanbul ili sınırlarında yer alan Sazlıdere havzasını hidrolojik olarak modellemiştir. Kentleşmenin giderek arttığı havzada değişik senaryolar altında mevcut kanal sisteminin yetersiz kalacağı sonucuna varmıştır. Artan nüfusla birlikte havzada toplanan su miktarının % 5.5 arttığını mevcut dere kesitlerinin bu yükü taşıyamayacağını ve yağışa bağlı olarak taşkın riskinin % 8.3 arttığını belirtmiştir.

Souza ve ark. (2011) içerisinde kırsal ve şehirsel alanlar bulunan Capivara havzasındaki kentleşme sürecinin hidrolojik etkilerini değerlendirmek için SWMM modelini kullanmışlardır. SWMM modelinin kentleşme süreci altındaki havzalarda hidrolojik etkilerin değerlendirilmesi için uygun bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Karakoak (2011) SWMM programı ile Kayseri Harikalar Diyarı Su-Kay Parkı'nı modelleyerek 3 yıl boyunca yüzeysel akışa geçecek su miktarını belirlemiş ve bu suyun çeşitli amaçlar için kullanılabilir olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca 3 yılın sonunda toplanacak su miktarının 38300 m³ olduğunu ve bu suyun Su-Kay Parkı'nın % 48 ini doldurabileceğini belirtmiştir.

Pitman (2011) yüksek lisans tezinde yapay olarak kurulmuş sulak alanlara gelen yağmur suyu akışını ve hacmini tahmin etmek amacıyla bir benzetim modeli oluşturmak istemiştir. Bu amacına ulaşmak için hem erişimi kolay hem de hidrolojistler arasında popüler bir model olan Protection Agency's Stormwater Management Model (SWMM) ni kullanmıştır. SWMM nin bir kez daha doğruluğunu kanıtladığını, farklı yağış olaylarını kolaylıkla modellediğini ve hem havza yönetimi hem de şehir planlama çalışmaları için uygun olduğunu belirtmiştir.

Kaptan (2011) Göksu nehri havzasında yapmış olduğu çalışmasında SWMM programı kullanarak bu havzayı modellemiş ve böylece ağdaş metodolojiye uyarak yağış akış modellemesinin ArcGIS ve SWMM programları kullanılarak nasıl yapıldığını ortaya koymuştur.

Ndlovu (2013) Broklyn, Tshwane'da meydana gelen arazi kullanım değişikliğinin hidrolojik süreçler üzerine etkisini araştırdığı yüksek lisans tezinde, arazi kullanımının yüzeysel akış üzerindeki etkisinin havzaya göre değiştiğini, çünkü infiltrasyon parametreleri ve yağmur deseninin havzadan havzaya değiştiğini belirtmiştir.

Wu ve ark. (2013) Polk county, Iowa'da SWMM programını kullanarak 5 havzayı modellemişlerdir. Ardından belirli senaryolar altında meydana gelecek durumları değerlendirmişlerdir. Senaryo olarak iklim değişikliği ve arazi kullanım değişikliğini

durumlarını kullanmışlardır. İklim değişikliği projeksiyonunda yalnızca yağış parametresini ele alırken, arazi kullanımı projeksiyonunu sadece geçirimsiz alanlardaki artışı ele almışlardır. Araştırma sonucunda hem iklim hem de arazi kullanımında meydana gelebilecek olumsuz değişikliklerin havza hidrolojisine çok büyük etkilerinin olacağını, yağışlarda % 18 oranında bir artış meydana gelmesi halinde pik akımlarda % 20.8 oranında bir artış meydana geleceğini belirtmişlerdir.

Küçükdoğan (2013) SWMM programını kullanarak Marmara bölgesindeki mera alanlarından yüzeysel akışın neden olduğu antibiyotik taşınım riskini ortaya koymuştur. Ardından elde ettiği verilerle bölgenin risk haritasını oluşturmuş ve Marmara Bölgesi'ndeki antibiyotik taşınımının makul seviyelerde olduğu sonucuna varmıştır.

Akdoğan (2014) Marmara Bölgesi'ndeki kirletici taşınımını modelleyerek arazi kullanım değişimlerinin besleyici ve ağır metal kirlilik yüklerine etkisini belirlemiştir. Artan yağış ve geçirimsizliğin yüzeysel akış oluşumunu arttırdığını ve kirlilik yüklerine katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur.

Dindaroğlu (2014) coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri, doğal kaynakların bazı özelliklerinin tespitinde zaman, iş gücü ve yüksek maliyet gerektiren süreçleri ortadan kaldırarak doğru sonuçlar elde etmemizi sağlayan önemli araçlar olduğunu belirtmiştir.

Moynihan ve Vasconcelos (2014) Pittsview, Alabama'da bulunan kırsal bir havzada yüzey ve yeraltı suyu arasındaki etkileşimini modellemede SWMM'nin yeteneğini değerlendirmişlerdir. Havzayı topografyaya bağlı olarak 7 alt havzaya bölerek gerekli verileri modele girmişlerdir. Model verilerinin çoğunu coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla elde etmişlerdir. SWMM modelinin toplam akış hacmi ve akış süresi eğrisini iyi derecede üretebilme yeteneğine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmalarla birlikte şehirlerdeki yüzeysel akışın modellenmesi ve alınacak önlemlerden (Best Management Practices) sonra yüzeysel akışın nasıl değişeceğini gösteren birçok çalışma (Gambi ve ark., 2011; Aad ve ark., 2010; El-Sharif ve Hansen, 2001) mevcuttur.

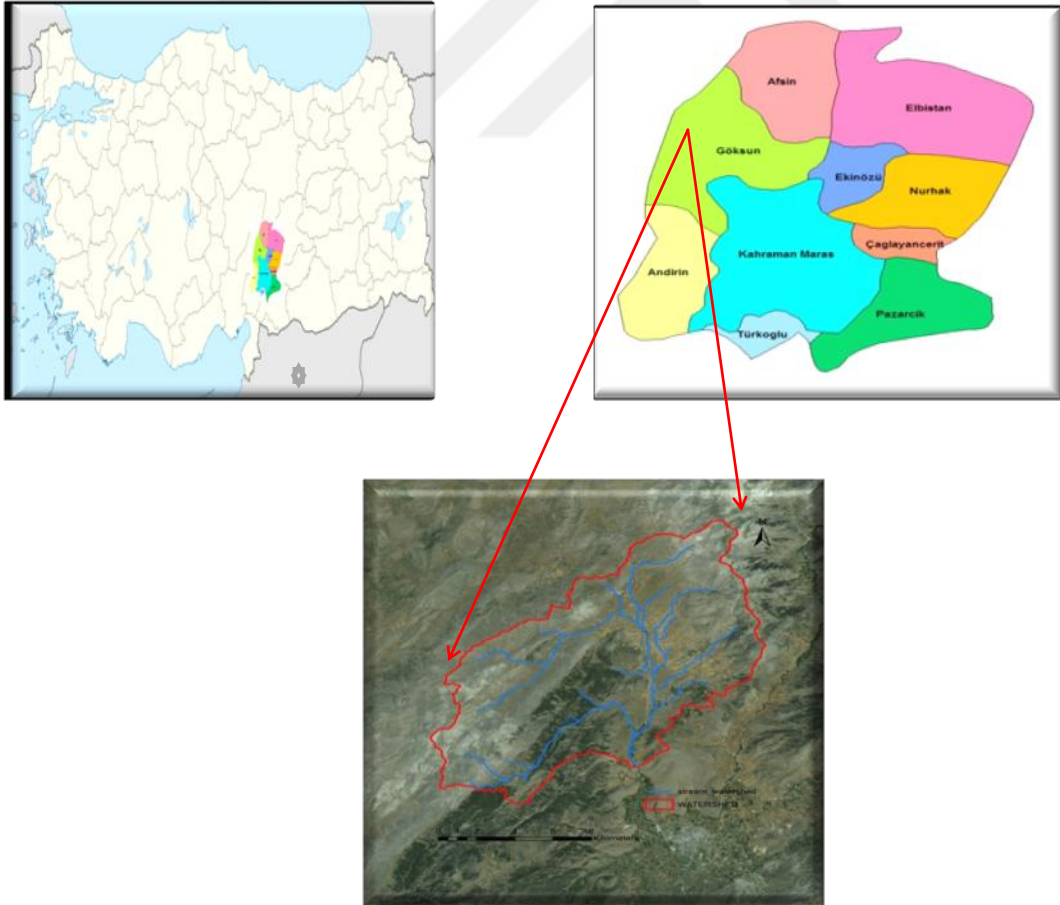
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının genel tanıtımı

3.1.1.1. Coğrafi konum

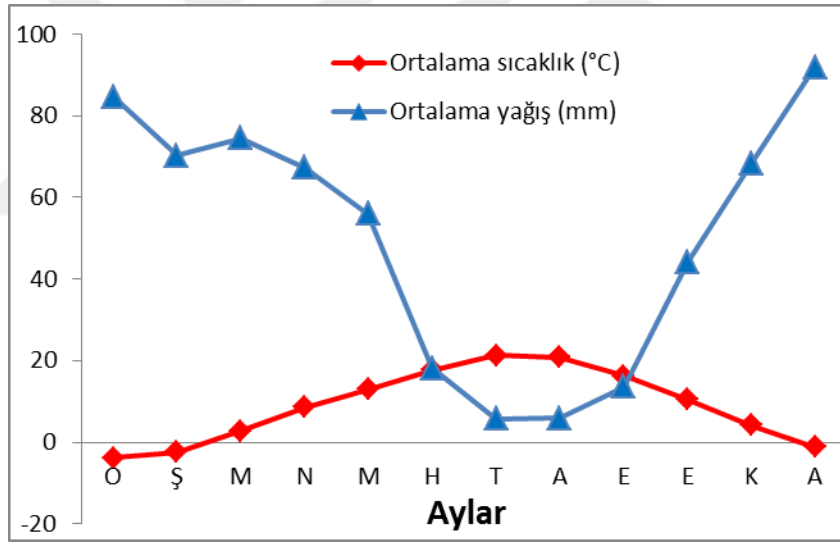
Terbüzek deresi yağış havzası $36^{\circ} 20' 32''$ - $36^{\circ} 32' 24''$ doğu boylamları ile $38^{\circ} 13' 50''$ - $38^{\circ} 02' 30''$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havzanın çıkış noktası Kahramanmaraş iline 95 km uzaklıkta bulunmaktadır ve havza alanı Göksun ilçesinin Mehmetbey, Keklikoluk ve civar köyleri içine alan bölgeyi kapsamaktadır (Şekil 3.1). Havzanın alanı yaklaşık 19696 ha'dır. Çalışma alanında Beşiktaş, Kabak, Kabaardıç, Samur, Değirmen, Taşlı, Kışla, Kayyücesi, Yuvaca, Meşelik, Işım, Tuzkayası, Küçükay, Aytepe, Mürsel, Küçük Mürsel, Gümbece ile birlikte irili ufaklı birçok tepe yer almaktadır. Çalışma alanının yüksekliği 1367 m ile 2759 m arasında değişmektedir.



Şekil 3.1. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu

3.1.1.2. İklim

Çalışma alanı Akdeniz, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinin sınır kavşağında yer almaktadır. Çalışma alanı makro ölçekte Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Ancak yükseklik, kıydan uzaklık ve dağ sıralarının varlığı Akdeniz ikliminin bozulmasına ve yörede karasal iklim koşullarının hakim olmasına neden olmuştur. Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 613 mm' dir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 8.81 °C, maksimum sıcaklığı 36.8 °C (Temmuz ayında), minimum sıcaklığı -8.9 °C (Ocak ayında)'dir. En fazla yağış kış ve ilkbahar mevsimlerinde, en az yağış ise yaz mevsiminde düşmektedir (Şekil 3.2). Literatürde en fazla kullanılan yöntemlerden biri olan thornthwaite yöntemine göre çalışma alanının iklim tipi (C2 B'3 s2 b'3) yarı nemli, 1. Dereceden mezotermal, yazın çok kuvvetli su açığı olan ve denizel koşullara yakın iklim tipidir (Karabulut ve ark., 2008; Gürbüz, 1999).



Şekil 3.2. Çalışma alanının İklim diyagramı

3.1.1.3. Jeolojik yapı

Çalışma alanında yer alan anakaya grupları dönem olarak Dogger, Karbonifer ve Kuvaterner dönemlerine aittir.

Dogger

Jüra devrinin üç alt sisteminden biridir ve orta jüra olarak bilinir. Jüra devrinin killi dizilerini oluşturmaktadır ve bu nedenle esmer jüra olarak da adlandırılmaktadır. Jüra devrinin özellikleri tortul havzalarda oldukça belirgindir. Triyas ile Tebeşir devirleri

arasında yer almaktadır. Jüranın son katıyla tebeşirin birinci katını bir araya getiren eski bir kireç şeridinin varlığı karakteristik bir özelliktir (<http://www.yardimcikaynaklar.com/jura-devri-nedir/>).

Karbonifer

Paleozoyik döneme ait bu devirde genel olarak bol fosilli kireçtaşları ve ender olarak da yeşil kumtaşı ara katkıları bulunabilir.

Kuvaterner

2,588 milyon yıl önce ile günümüz periyodunda düzenli aralıklarla meydana gelen küresel ölçekteki önemli iklim değişiklikleri ve neden olduğu doğal ortam değişiklikleri ile insan faktörü delillerine dayandırılarak gerçekleştirilen jeolojik zaman sınıflaması içindeki periyottur (Turoğlu, 1984). Kuvaterner, çalışma alanında alüvyon, alüvyon yelpazesi, yamaç molozu şeklindedir.

3.1.1.4. Anakayalar ve genel toprak verme özellikleri

Kireçtaşı anakayası toprak özellikleri

Kalsit ve aragonitin bir araya gelmesi ile oluşan şekilsiz bir sediment kayacıdır. Çatlaklı bir yapı gösterir. Verimlilikleri toprak derinliğine bağlıdır. Kireç taşlarının katık maddesi genellikle toz ve kil olduğundan bu taşların ayrışmaları sonucunda balçık ve ağır balçık topraklar meydana gelir. Başta Toroslar olmak üzere ülkemizde çok geniş alan kaplarlar (Anonim, 1987).

Mikaşist anakayası toprak özellikleri

İçerisinde mika ve kuvars bulunur. Mika siyah mika olursa (daha çabuk ayrışır) koyu renkli, beyaz mika olursa açık renkli mikaşistler oluşur. Orta bünyeli toprakları verirler. Yatay tabakalı mikaşistlerde sığ topraklar dikey ve eğik tabakalı mikaşistlerde ise derin topraklar oluşur. Su tutma kapasitesi orta-iyi, drenajı ortadır. Besin maddelerince zengin toprakları verirler. Genellikle verimli toprakları meydana getirirler (Anonim, 1987).

Mermer anakayası toprak özellikleri

Kalkerin metamorfize olmuş halidir. Kristalize kalker de denir. Mermerin taneleri, birbirine aralıksız ve doğrultusuz sokulmuş kalsit taneleri durumundadırlar. İçinde kalsitten başka demir ve kuvars gibi minerallerde bulunur. Sert ve ayrışması zor bir kayadır (Anonim, 1987).

3.1.1.5. Büyük toprak grupları ve genel toprak özellikleri

Çalışma alanında bulunan büyük toprak grupları aşağıda kısaca belirtilmiştir.

Kireçsiz kahverengi orman toprakları (N) (yeni sınıflandırmaya göre Inceptisol)

Toprak profili içerisinde horizonların dağılımı A-B-C şeklindedir. Bazı durumlarda profil içerisinde B horizonuna rastlanmayabilir. A horizonun gelişimi oldukça iyidir. A horizonu gözenekli ve klastik bir yapıdadır. B horizonundaki gelişim, A horizonu kadar belirgin değildir ve zayıftır. Genel olarak bu horizonta kil birikimi oldukça azdır veya hiç olmayabilir. Bu topraklarda üstte koyu renkli bir kat ve altta bundan biraz farklı bir kat bulunur. Topraklar kireçsizdir ve reaksiyon asit, nötr veya kalemidir. Doğal verimlilikleri fazla değildir (Anonim, 2013; Anonim, 2005).

Kireçsiz kahverengi topraklar (U) (yeni sınıflandırmaya göre Alfisol)

A-B-C profilli topraklardır. A horizonu kahverengi kırmızımsı kahverengi, grimsi kahverengi olup yumuşak kıvamda veya biraz sıktır. B horizonu daha ağır bünyeli, daha sert, kahverengi veya kırmızımsı kahverengidir. B horizonun normal olarak kireci yıkanmıştır. Fakat reaksiyon nötr veya baziktir. A'dan B'ye geçiş kademelidir. Kireçsiz kahverengi topraklarda asit ana madde üzerinde olduğu kadar, kireçtaşı üzerinde de oluşabilir. Doğal bitki örtüsü çalı ve otlar ile karışık orman veya fundalıktır. Doğal drenajları iyidir (Anonim, 2013; Anonim, 2005).

Kolüvyal topraklar (K) (yeni sınıflandırmaya göre Entisol)

Dik eğimlerin eteklerinde yerçekimi, toprak kayması, yüzey akışı veya yan dereler ile kısa mesafelerden taşınarak biriktirilmiş ve kollüvyum denen materyal üzerinde oluşmuş bu topraklar gençtir ve karakteristikleri daha çok çevredeki yukarı arazi topraklarının kine benzemektedir. Yağış ve akışın şiddetine ve eğim derecesine göre değişik parça büyüklüklerini içeren katlar ihtiva ederler. Bu katlar alüvyal topraklardaki gibi birbirine paralel değildir. Dik yamaçların eteklerinde ve vadi boğazlarında bulunanlar daha çok, az topraklı kaba taş ve molozları içerirler. Yüzey akışının hızının azaldığı oranda parçaların çapları küçülmektedir. Drenajları iyidir. Topraklar ara sıra taşkına maruz kalır. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü iklime bağlıdır. Tarım altında olanlar sulandıklarında iyi verim verirler (Anonim, 2013; Anonim, 2005).

Alüvyal topraklar (A) (yeni sınıflandırmaya göre Entisol)

Genellikle taze tortul depozitler üzerinde oluşan bu genç topraklarda katmanlar bulunmaz veya bulunsa bile, çok zayıf gelişmiştir; buna karşılık, değişik özellikte mineral katlar bulunur. Bu topraklar çoğunlukla taban suyunun etkisi altındadır. Tarım bakımından çok önemli olan bu topraklar, iklimin elverdiği bütün kültür bitkilerini yetiştirmeğe elverişlidir. Verim çok yüksekten çok düşüğe kadar değişebilir (Anonim, 2013; Anonim, 2005).

3.1.1.6. Bitki örtüsü

Çalışma alanı, Türkiye'nin 3 büyük flora bölgesinden biri olan Akdeniz kesiminde yer almaktadır (Anşin, 1983). Araştırma alanlarında odunsu, otsu ve çalı formunda bitki örtüsü mevcuttur. Araştırma alanlarında hakim orman ağaçları türleri ise Toros Sediri (*Cedrus libani*) Ardıç (*Juniperus*), Toros Gökmar (*Abies cilicica*) Meşe (*Quercus*) türleri ve Karaçam (*Pinus nigra*) dır. Ayrıca Alıç (*Crateagus*) türleri, Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia*), ısırgan (*Urtica dioica*), böğürtlen (*Rubus fruticosus*), Kuşburnu (*Rosa canina*) alandaki diğer türleri oluşturmaktadır.

3.1.1.7. Sosyal ve ekonomik durum

Çalışma alanı içerisinde Mehmetbey, Mahmutbey, Tahirbey, Mürsel, Keklikoluk, Soğukpınar, Taşoluk ve Bozhüyük köyleri yer almaktadır. Çalışma alanında bulunan köylerin tarıma elverişli alanları son derece azdır. Halk daha çok hayvancılık ve orman işçiliği ile geçimini sağlamaktadır. Tarım ürünü olarak buğday, üzüm, elma yetiştirilmektedir. Geçmiş yıllarda usulsüz otlama ve tarla açma suretiyle ormanlara zarar veren halkın son zamanlarda doğaya zarar veren bu faaliyetlerinde azalmalar görülmüştür.

3.1.2. Çalışmada kullanılan veriler

3.1.2.1. Altlık olarak kullanılan haritalar

Çalışmanın temelini oluşturan ve çalışma için gerekli olan verilerden birçoğunu elde etmek amacıyla altlık olarak kullanılan haritalar aşağıda sıralanmıştır;

1. 1/25000 ölçekli eş yükselti haritaları
2. 1/25000 ölçekli topografik haritalar
3. 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları
4. 1/25000 ölçekli büyük toprak grupları haritaları

3.1.2.2. Hidrolojik ve iklimsel veriler

Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu Göksun meteoroloji istasyonudur. Bu istasyona ait 1974-2011 yıllarını kapsayan yağış, sıcaklık, rüzgar hızı ve buharlaşma verileri çalışmanın iklimsel verilerini içermektedir.

Modelin kalibrasyonu için kullanılacak olan akım verisi Kahramanmaraş DSİ Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Terbüzek deresine ait mevcut akım verilerinde kayıp yıllar yer almaktadır. Günümüze en yakın olan akım verileri 2010-2011 ve 2011-2012 su yıllarına ait verilerden oluşmaktadır. Bu nedenle çalışmada bu verilerden yararlanılmıştır.

Çalışmada kullanılan yağış ve akım verileri analiz edildiğinde meteoroloji istasyonunda kaydedilen tüm yağışların dere akımını etkilemediği fark edilmiştir. Yağış verilerinde gözlenen aşırı yağışların dere akımına yapabileceği etkiyi tam olarak göstermediği belirlenirken, görece daha küçük miktarlarda yağın yağışların dere akımını etkilediği belirlenmiştir.

Bu durum meteoroloji istasyonunun bulunduğu Göksun ilçe merkezine düşen bazı yağışların çalışma alanına ya aynı miktarda düşmediğine ya da hiç düşmediğine atfedilmiştir (Şekil 3.3). Bundan dolayı kalibrasyon ve validasyon aşamalarında uzun yılları kapsayan yağış-akış verilerinin kullanımının yanlış sonuçlar doğuracağı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle yağış ve akım verileri incelenerek düşen yağışın akımı gerçekten etkilediği durumlar belirlenip, kalibrasyon ve validasyon verisi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Çalışma alanı, akım istasyonu ve meteoroloji istasyonunun konumları

3.1.2.3. İklim değişikliği ve ceihan havzasına ilişkin sıcaklık ve yağış projeksiyonları

İklim değişikliği, herhangi bir bölgenin uzun yıllar iklim ortalamasında meydana gelen istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler olarak tanımlanmıştır. İklim koşullarında meydana gelen bu anlamlı değişimlerin nedeni dış zorlamalar ve çeşitli etmenlerdir. Dış zorlamalar, insan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı ve aerosolleri kapsarken, volkanik patlamalar, yerkabuğundaki tektonik hareketler ve dünya ve güneş arasındaki astronomik ilişkiler iklim değişikliğinin diğer dış etmenlerini oluşturmaktadır (Türkeş, 2012).

İklim değişikliğinin etkileri tüm dünyada gözlemlenmektedir. Dünyanın bazı bölgelerinde yağış miktarlarının artmasıyla birlikte sel ve taşkın olaylarının sayısında artış meydana gelirken, bazı bölgelerinde ise aşırı kurak koşulların etkisiyle birçok can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Türkiye iklim değişikliği ile birlikte hem sel ve taşkınların hem de kurak koşulların ekstrem boyutlarda meydana gelme potansiyeli olan coğrafi bir konuma sahiptir. İklim değişikliği ile birlikte Türkiye'nin kuzey sahillerinde yağışlardaki artış ile sel ve taşkın olaylarında artış beklenirken, güney sahillerinde yağışlardaki azalmaya bağlı olarak kurak koşulların şiddeti ve frekansında artışlar beklenmektedir (Türkeş, 2012).

Terbüzek deresi yağış havzası, Türkiye’de iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesi beklenen Akdeniz Bölgesi’nde yer almaktadır. İklim değişikliği ile birlikte havzadaki hidrolojik süreçlerde yaşanacak değişikliklerin dere akımları ve yüzeysel akış üzerindeki etkilerinin bilinmesi iklim değişikliğine uyum sürecinde önemli katkılar sağlayacaktır. Çalışma alanında bu etkilerin sayısal değerlerini elde etmek amacıyla MGM’nin IPCC’nin çeşitli senaryolar altında kullandığı küresel iklim modellerinden bazılarının RegCM-4.3.4. atmosferik dinamik ölçek küçültme modelini kullanarak oluşturduğu yağış ve sıcaklık projeksiyonlarından yararlanılmıştır. Bu projeksiyonlar RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları temelinde 3 adet küresel iklim modelinin (HadGEM2-ES, MPI-ESMMR ve GFDL-ESM2M) verileri kullanılarak Türkiye ve çevresine ait 20 km çözünürlüğe sahip bölgesel iklim modellerinin sonuçlarını içermektedir. Referans dönem olarak 1971-2000 verileri kullanılmış ve 2100 yılına kadar olan dönemi kapsayan projeksiyonlar üretilmiştir (Anonim, 2015).

Gelecek iklimin tahmin edilmesinde kullanılan en önemli araçlar iklim modelleridir. Küresel iklim modelleri okyanuslardaki, atmosferdeki, kriyosferdeki ve arazi yüzeyindeki fiziksel süreçleri temsil etmektedirler. Yükselen sera gazı salınımlarına iklim sisteminin tepkisini göstermek amacıyla kullanılan en gelişmiş araçlardır. Küresel iklim modelleri birbirinden farklı parametreler içerdiğinden aynı zaman aralığı, aynı başlangıç koşullarında, aynı emisyon senaryosu altında farklı sonuçlar vermektedirler. Her bir model kendine has karmaşık sistemleri barındırmaktadır. Bütün karmaşıklıklarına rağmen gelecek iklimin tahmin edilmesinde en önemli araç iklimin modellenmesidir. Modeller sayesinde güncel koşullar dikkate alınarak, belli fiziksel denklemler ile bu koşulların değişimi hesaplanmaya ve belli bir süre sonraki iklim koşullarının genel çerçevesi çizilmeye çalışılmaktadır (Anonim, 2015).

Çalışmada kullanılan iklim modellerinin genel özelliklerinden kısaca bahsetmek gerekirse Hadley Küresel Çevre Modeli İngiltere Meteoroloji Servisi’ne bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley merkezi tarafından geliştirilen 2. nesil küresel bir modeldir. HadGEM2 serisi modelleri birleştirilmiş atmosfer okyanus yapılandırması ile içerisinde dinamik vejetasyon, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının bulunduğu bir kara-sistem yapılandırması da içermektedir. HadGEM2 serisi IPCC 5. raporu hazırlıklarında kullanılan modellerden bir tanesidir. HadGEM2-ES, HadGEM2 serisinin en kapsamlı sürümüdür. Troposfer, arazi yüzeyi, hidroloji, aerosoller, okyanus ve deniz buzu, kara karbon döngüsü, okyanus biyokimyası ve kimya bileşenlerine sahiptir. MaxPlanck Meteoroloji Enstitüsü

Küresel Modeli (MPI-ESM-MR) merkezi Almanya Hamburg'da bulunan Enstitü tarafından sürdürülen beş yıllık çalışmaların sonucunda, Avrupa Merkezi Hamburg Modeli (ECHAM5) atmosfer modeli ile MPIOM okyanus genel sirkülasyon modelleri kullanılarak geliştirilmiş yeni nesil Yer Sistemi Modelidir. MPI-ESM enerji, momentum, su ve karbondioksit gibi önemli iz gazlar arasındaki alışverişi değerlendirerek; atmosfer, okyanus ve kara yüzeyini model içerisinde kullanmaktadır. Bu model, CMIP5 bünyesindeki küresel bazlı karşılaştırmalı model hesaplamalarında tercih edilen Genel Sirkülasyon Modellerinden bir tanesidir. Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı Küresel Modeli (GFDL-ESM2M) Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen küresel bir Yeryüzü Sistem Modeli'dir. GFDL dünyadaki madde döngüleri (karbon, su vb.) ile insan aktivitelerinin iklim sistemleri üzerine etkileşimini bir arada inceleyen birleştirilmiş bir küresel iklim modelidir. Modelin arazi bileşeni yağış ve buharlaşma, akarsu, göl, ırmak, ve yüzeysel akışının yanı sıra dinamik karbon ve diğer elementlerin birikimlerinin simülasyonunu oluşturabilmek için karasal ekoloji bileşenini de içermektedir (Anonim, 2015).

İşınmsal (Radyatif) zorlama ve bu zorlamalara iklim sisteminin tepkisi ile ilgili seçeneklerin temel olarak yer aldığı insan kaynaklı (antropojenik) iklim değişikliği senaryoları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) çalışmalarının en önemli bileşenlerinden birisidir (Anonim, 2015).

IPCC'nin yeni nesil konsantrasyon senaryolarında iklim modelleri, sosyo ekonomik ve emisyon modelleri eş zamanlı çalışmakta ve böylece zaman açısından ciddi bir kazanım sağlamaktadır. Bu yeni yaklaşımla geliştirilen yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak adlandırılmıştır (Çizelge 3.1). Aynı toplantıda belirlenen özellikler bakımından literatür taranmış ve işınmsal zorlama seviyeleri ve rotaları için 4 adet RCP tipi tanımlanmıştır. Bunlar işınmsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP3- PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5'dir (Anonim, 2015).

Çizelge 3.1. RCP senaryoları için 2100 Yılında Yaklaşık Eşdeğer CO₂ Konsantrasyonları ppm. Eşdeğer Karbondioksit Konsantrasyonları Diğer Sera Gazları Ve Aeresolleri İçermektedir (Meinshausen ve ark., 2011; IPCC, 2007).

RCP	2100 yılında yaklaşık eşdeğer CO ₂ konsantrasyonları (ppm)
8.5	>1370
6.0	850
4.5	650
2.6	490

RCP 2.6 ve RCP8.5 için 2100 sonrasında sabit CO₂ emisyon ve konsantrasyon seviyeleri öngörürken, RCP4.5 ve RCP6.0; 2150'ye kadar kademeli şekilde CO₂ emisyon ve konsantrasyonların sabitleneceğini öngörmektedir (Çizelge 3.2). RCP8.5 CO₂ konsantrasyonunun 2000 ppm civarında 2250 de ancak sabitleneceğini öngörmektedir ve bu seviye endüstri öncesi seviyenin neredeyse 7 katı kadardır. RCP3-PD(RCP2.6) ise, 2070'ten sonra emisyonların azalmaya başlayacağını, buna bağlı olarak konsantrasyonlarında 2300'e kadar zaman içerisinde azalarak 360 ppm seviyesini yakalayacağını öngörmektedir (Anonim, 2015).

Çizelge 3.1. RCP Tipleri ve özellikleri (Moss ve ark., 2008)

RCPs	Işınımsal Zorlama	Zaman	Işınımsal Zorlama Değişimi	Toplam Konsantrasyon (CO ₂ Eşdeğeri)	Emisyonlar (KYOTO Prokolü Sera Gazları)
RCP 8.5	>8.5 W/m ²	2100'de	yükselme	~1370 ppm (2100'de)	2100' e kadar artış devam ediyor
RCP 6.0	6.0 w/m ²	2100 sonrası	hedefi geçmeden stabilizasyon	~850 ppm (2100'de)	yüzyılın son çeyreğinde düşüş
RCP 4.5	4.5W/m ²	2100 öncesi	hedefi geçmeden stabilizasyon	~650 ppm (2100'de)	yüzyılın ortalarından itibaren düşüş
RCP3-PD/RCP2.6	3.0/ W/m ²	2100 öncesi	3.0 W/m ² ' e ulaşmadan zirve ve düşüş	zirve ~490 ppm ve düşüş (2100'de)	yüzyılın ilk çeyreğinde düşüş

Türkiye için bölgesel iklim projeksiyonları

Bu kısımda MGM'nin Türkiye ve bölgesi için ürettiği iklim projeksiyonları paylaşılacaktır. Projeksiyonlar RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre üretilmiştir. Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikayelerdir (Gregory ve Duran, 2001). Kullanılan senaryolar, IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda da en fazla tercih edilen senaryolardır. 20 km çözünürlükte üretilen projeksiyonlar için 1971-2000 dönemi referans periyodu olarak ve projeksiyonlar için 2016-2099 yılları seçilmiştir. 2016-2099 projeksiyon aralığı dönemler halinde; 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 olacak şekilde çalışılmıştır. Raporda sonuçlar hem bölgesel olarak hem de havza ölçeğinde verilmiştir. Bu çalışma da havza ölçekli değerlendirmeler göz önüne alınmıştır. Terbüzek deresi yağış havzası Türkiye'nin 26 büyük havzasından biri olan Ceyhan havzası sınırları içinde yer almaktadır. Bu nedenle MGM'nin iklim projeksiyonu raporunda Ceyhan havzası için yapılan projeksiyonlar göz önünde bulundurulmuştur. Bu çalışmada, MGM'nin raporunda Ceyhan havzası için yapılan projeksiyonlar çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Ceyhan havzası için iklim modellerine ait projeksiyonlar (Anonim, 2015)

HadGEM2-ES					
RCP4.5			RCP8.0		
Periyot	Sıcaklık artışı (°C)	Yağıştaki azalma (%)	Periyot	Sıcaklık artışı (°C)	Yağıştaki azalma (%)
2016-2040	1.5-2	5-10	2016-2040	3-3.5	0-5
2040-2070	2.5-3.5	15-20	2040-2070	4-4.5	20-25
2070-2090	2.5-3.5	15-20	2070-2090	5-5.5	20-25
MPI-ESM-MR					
RCP4.5			RCP8.0		
Periyot	Sıcaklık artışı (°C)	Yağıştaki azalma (%)	Periyot	Sıcaklık artışı (°C)	Yağıştaki azalma (%)
2016-2040	0.5-1	15-20	2016-2040	1.5-2	10-15
2040-2070	1-1.5	15-20	2040-2070	2-2.5	20-25
2070-2090	1-1.5	15-20	2070-2090	4-4.5	>30
GFDL-ESM2M					
RCP4.5			RCP8.0		
Periyot	Sıcaklık artışı (°C)	Yağıştaki azalma (%)	Periyot	Sıcaklık artışı (°C)	Yağıştaki azalma (%)
2016-2040	1.5-2	0-5	2016-2040	1.5-2	0-5
2040-2070	1.5-2	10-15	2040-2070	3-3.5	10-15
2070-2090	1.5-2	0-5	2070-2090	3.5-4	15-20

3.2. Metot

3.2.1. Modelleme ve EPA SWMM

3.2.1.1. Model kavramı

Modeller, dünyadaki karmaşık olayların ve durumların basitleştirilmiş halleridir. Karmaşık sistemlerin sadece temel özelliklerini içerdiklerinden dolayı sistemin daha iyi ve kolayca anlaşılmasına imkân tanımaktadırlar (Jajarmizadeh ve ark., 2012). Hidrolojik modellerle yağış, akış, buharlaşma, evapotranspirasyon vb. gibi bileşenlerden oluşan hidrolojik çevrim daha net bir şekilde irdelenmekte ve anlaşılabilir. Böylece su kaynakları yönetiminde karşılaşılan sorunlara hidrolojik modeller yardımı ile çözüm üretilebilmektedir (Pike, 1995; Bayat, 2011).

Günümüzde, Hidrolojik modeller, su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi ve yönetimi, sel riski ile su kalitesi, hidroekoloji ve iklim arasındaki ilişkileri ortaya koymak için kullanılan önemli ve gerekli araçlardır (Pechlivanidis ve ark., 2011; Gayathri ve ark.,2015).

Hidrolojik modelleme tarihi rasyonel yöntemle başlamış ve günümüzde dağıtılmış fiziksel temelli modellere kadar gelmiştir. Modelleme konusundaki çalışmalar bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak artış göstermiştir (Pike, 1995). Bilgisayar modelleri hidroloji alanında 1960'lı yılların ortalarında Crawford ve Linsley (1966) tarafından geliştirilen Stanford Watershed Model ile kullanılmaya başlanmıştır. Yağmurun akışa geçen miktarını ve kalitesini modelleyerek simülasyonunu yapabilen yazılımlar da 1970'li yılların başlarında Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından hazırlanarak kullanılmaya başlanmıştır (Zoppou, 1999).

Hidrolojik model uygulamaları araştırılan probleme bağlı olarak değişik amaçlara hizmet ederler. Singh ve Woolhiser (2002) bu amaçları aşağıdaki şekilde özetlemiştir;

1. noktasal ölçümlerin zamansal ve mekansal enterpolasyonu,
2. hidrolojik bir sistemin temellerinin daha iyi anlaşılması ve iklim ve arazi örtüsü gibi değişimlerin su kaynakları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi,
3. havzalar üzerinde alınan ve alınacak kararların (yer altı suyu yönetimi, sulak alan restorasyonları, sulama suyu yönetimi, dere akımı restorasyonu, su kalitesi

değerlendirmeleri, sel riski ve yönetimi vb.) değerlendirilmesi için yeni modellerin geliştirilmesi veya eski modellerin revize edilmesi.

Ormancılıkta hidrolojik modellemelerde uygulanabilecek bazı örnekler aşağıda belirtilmiştir (Pike, 1995).

- Tomruk üretiminden sonra pik akımlarda meydana gelecek maksimum değişikliklerin belirlenmesi,
- Dere akımlarındaki değişikliklerden önce havzanın ne kadarının üretime açılabileceğinin belirlenmesi,
- Bir havzada meydana gelen su üretimi ve pik akımların doğru bir şekilde tahmin edilmesi,
- Basit yağış akış ilişkilerinin türetilmesi,
- Orman tahripinin bölgesel bir havzanın sel rejimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi,
- Yol, köprü vb. altyapı çalışmalarının dizaynı için pik akımların hesaplanması,
- Kentsel havzalarda orman planlanmasının su üretimi, pik akımlar ve pike ulaşım zamanı üzerindeki uzun süreli etkilerinin belirlenmesi,
- Tomruk üretiminin yaz sonlarında oluşan düşük akımlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi,
- Doğal yangınların su üretimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi,
- İklim değişikliğinin bir havzanın hidrolojik rejiminin değişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi örnek olarak gösterilebilir.

Hidrolojik modeller bir havzaya düşen yağıştan oluşan yüzeysel akışı hesaplamaktadırlar. Daha sonra yüzeysel akış havza çıkışına doğru yönlendirilmektedir. Artık yağış, bitki örtüsü tarafından tutulan su (intersepsiyon), yüzey depresyonlarında depolanan su, evapotranspirasyon ve toprağa sızan suyun toplam yağıştan çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Hidrolojik bir modelin çıktısı genellikle havza çıkışındaki akımın zaman içindeki değişimini gösteren bir hidrograftır. Bir hidrograftan pik akımın büyüklüğü ve pik akıma erişim süresi belirlenebilir. Akıma geçen suyun havza yüzeyindeki yüksekliği (yüzeysel akış yüksekliği) ve sel düzlüklerinin sınırları hidrolojik bir modelle belirlenemez. Bu bilgilerin elde edilmesi için hidrolik bir modele ihtiyaç vardır. Başarılı bir hidrolik model uygulaması için hidrolojik bir modelden elde edilen çıktılar ve akım yollarının geometrik en kesitlerini içeren detaylı bilgiler gerekmektedir (Bengtson ve Padmanabhan, 1999).

Hidrolojik model tipleri

İstatistiksel modellerde giriş verisi (input) olarak kullanılan parametreler arasındaki ilişkiler istatistiksel analizler yardımıyla belirlenmektedir. İstatistiksel modeller, ikili kütle eğrisi analizi, regresyon ve sel frekans analizi gibi basit istatistik analizleri içerebilir. Bir havzada dere akımı ile zaman ve yağış arasındaki ilişkinin regresyon analizi ile ortaya konulması istatistiksel bir modele örnek olarak verilebilir (Vining ve ark., 1983). Bu modeller bir havzanın hidrolojik tepkilerindeki değişikliklerin belirlenmesi için kullanılabilirler. Ancak bu değişimde etkili olan faktörlerin belirlenmesinde oldukça zayıf kalmaktadırlar.

Deterministik modeller havza içerisindeki hidrolojik süreçlerin davranışlarını hidrolojik döngünün değişik süreçleri arasındaki ilişkiler gözetilerek oluşturulmuş matematiksel ifadeler yardımıyla belirlemektedir. Genellikle bu modellerden elde edilmek istenen çıktı dere akımlarıdır. Bu modeller, mevcut veriler ve model çıktılarının karşılaştırılmasıyla kalibre edilirler veya doğrulanmaktadırlar. Başka bir ifadeyle deterministik modeller ölçülebilir ve belirsizlik içermeyen modellerdir. Deterministik modeller toplu (lumped) ve dağıtılmış (distributed) olarak ikiye ayrılabilir. Lumped modeller, havzayı, hidrolojik süreçleri ve giriş verilerini tanımlayan parametrelerin konumsal olarak değişimini hesaba katmazlar. Örneğin, bir havzadaki eğim değerleri konumsal olarak farklılık göstermektedir. Lumped modeller havzanın herhangi bir alanı için o alanın gerçek eğim değeri yerine tüm havza alanının ortalama eğim değerini hesaba katmaktadırlar (Rosso, 1992).

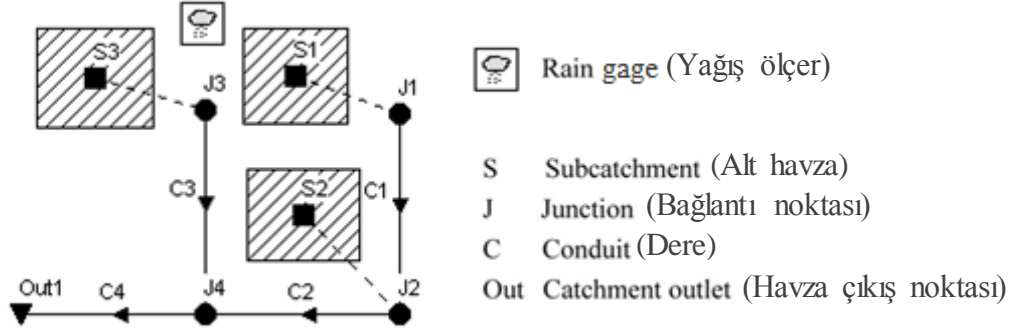
Distributed modeller hidrolojik süreçleri ve havza karakteristiklerini ifade eden parametrelerin konumsal olarak değişimlerini göz önüne almaktadırlar. Bir havzayı alt havzalara bölmek yerine benzer boyutlardaki hücrelere bölmekte ve hidrolojik süreçleri ve akış yönlerini her bir hücrenin değerini hesaba katarak belirlemektedirler. Pratikte, tamamiyle distributed modellerin kullanımı bazı verilerin lumped olarak elde edilmek zorunda kalındığından dolayı mümkün değildir. Lumped modellere göre daha fazla sayıda veri gerektirmektedirler. Çoğu kez havza karakteristikleri ve bazı veriler tek bir değerle temsil edilebilirken (lumped), sadece yağış akış süreci (distributed) dağıtılmış yolla temsil edilebilmektedir. Bunlar yarı dağıtılmış modeller olarak düşünülmektedir. Örneğin SWMM yarı dağıtılmış bir modeldir (Pike, 1995; Bengtson ve Padmanabhan, 1999).

Modelleme için sadece tek bir yağış akış olayını kullanabilen modeller olay bazlı modeller olarak sınıflandırılmaktadırlar. Zaman aralığı olarak saatleri hatta dakikaları kullanırlar. Sadece tek bir pik akımı olan detaylı bir yüzeysel akış hidrografi üretmek için idealdirler. Bu modellerin en büyük özelliği toprağa sızan yağışı göz ardı ederek hidrolojik sürecin ileri aşamalarında hesaba katmazlar. Yer altı sularından akarsulara ulaşan temel akım bileşenini içerebilmelerine rağmen, bu modeller genellikle doğrudan toprağa sızan suyun oluşturduğu yüzey altı ve yeraltı suyu akışını modellemezler. Bununla birlikte evaporasyon, transpirasyon ve toprak nemindeki değişiklikleri de modellemezler. Bunun nedeni tek bir yağış olayından oluşan yüzeysel akışın göreceli olarak daha kısa süre devam etmesi ve bu kısa süre içinde bu parametrelerin yüzeysel akışta çok önemli bir değişikliğe neden olamayacağıdır.

Sürekli modeller genellikle aylar hatta yıllar süren uzun periyotlarda meydana gelmiş yağış akış olaylarından oluşan akımları modellemek için kullanılmaktadırlar. Yüzey altı akışı yeraltı suyu akışı ve evapotranspirasyonu hesaplarda kullanılmaktadırlar. Bir havzaya düşen tüm yağışı hesaba kattıkları için su dengesi modelleri olarak da isimlendirilebilmektedirler (Bengtson ve Padmanabhan, 1999).

3.2.1.2. EPA SWMM

EPA Storm Water Management Model (SWMM) kısa veya uzun dönemli yağışlar sonucu oluşan yüzeysel akışın miktarını ve kalitesini modellemek için kullanılan dinamik bir yağış-akış simülasyon modelidir. SWMM'nin yüzeysel akış modülü, hesaplamalarını yağışları toplayan alt havzalar üzerinden gerçekleştirir ve yüzeysel akış ve kirlilik yükünü belirlemektedir. SWMM'nin akış modülü yüzeysel akışla oluşan suları borular veya kanallar aracılığıyla çıkış noktasına taşımaktadır (Şekil 3.4). SWMM her bir alt havzada oluşan yüzeysel akışın miktarını ve kalitesini ve her bir boru veya kanaldaki suyun akım oranını, akım derinliğini ve kalitesini çoklu zaman dilimlerinden oluşan simülasyon periyotları boyunca hesaplayabilmektedir.



Şekil 3.4. SWMM programına ait örnek bir çalışma sayfası (Rossman ve ark., 2004)

SWMM ilk olarak 1971 yılında geliştirilmiş ve o günden beri birkaç yeni versiyonu üretilmiştir. Program yüzeysel akışla ilgili planlama, analiz ve tasarımlar, kanalizasyon sistemleri ve kentsel ve kırsal alanlardaki diğer drenaj sistemlerine yönelik çalışmalar için tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir.

SWMM yüzeysel akışı meydana getiren çeşitli hidrolojik süreçleri göz önünde bulundurmaktadır. Bunlar;

1. Yağışın zamana bağlı olarak değişimi
2. Yüzeysel suyun buharlaşması
3. Kar birikimi ve erimesi
4. Yağmurun depresyon depolarında tutulması
5. Yağmurun toprağın içine sızması
6. Toprağa sızmış olan suyun yer altı suyuna sızması (perkolasyon)
7. Yüzeysel akış
8. Yüzeysel akışın doğrusal olmayan hareketidir.

Tüm bu süreçlerdeki konumsal değişkenlik, çalışma alanını her biri kendi geçirimli ve geçirimsiz alanına sahip daha küçük ve homojen alt havzalara bölünerek sağlanmaktadır. SWMM boru ve kanallar boyunca su akış sürecini yönetebilen hidrolik modelleme yeteneğine de sahiptir.

Geliştirildiğinden bu yana SWMM tüm dünyada atık su sistemlerini ve yağmursuyu çalışmalarını kapsayan binlerce çalışmada kullanılmıştır. Başlıca kullanım alanları;

1. Sel kontrolü çalışmaları için drenaj sistemlerinin dizaynı
2. Doğal kanal sistemlerinin sel düzlüklerinin haritalanması
3. Kanalizasyon sistemlerindeki taşkınları en aza indirmek için kontrol stratejilerinin dizaynı
4. İç akış ve infiltrasyonun kanalizasyon sistemleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi
5. En iyi yönetim uygulamalarının etkinliğinin değerlendirilmesi

SWMM birkaç temel çevresel faktör arasındaki su akışını modelleyen bir drenaj sistemi tasarlamaktadır. Bu çevresel faktörlerin her biri bir modülle yönetilmektedir. Bu modüller ve temsil edildikleri objeler şunlardır;

1. İklim modülü, yağmurun yer yüzeyi faktörüne düşmesi ve kirleticilerin yer yüzeyinde depolanması. SWMM yüzeye düşen yağmuru temsil etmek için modeldeki *Rain Gage* objesini kullanmaktadır.
2. Yer yüzeyi modülü, bir veya daha çok *Subcatchment* objesi ile temsil edilir. Bu modül yağışlı yağmur veya kar halinde iklim modülünden alır ve bu yağışın bir kısmını infiltrasyona uğratarak yeraltı suyu modülüne bir kısmını ise yüzeysel akış olarak transport modülüne göndermektedir.
3. Yeraltı suyu modülü, yer yüzeyi modülünden infiltrasyon aracılığıyla aldığı yağışın bir kısmını taşınım modülüne iletmektedir.
4. Taşınım modülü su taşıma elementlerinin tamamını içermektedir. Sular bu modüle yüzeysel akış, yüzey altı akışı veya kullanıcı tanımlı hidrograflardan gelebilmektedir. Program içerisinde transport modülünün bileşenleri *Node* ve *Link* objeleri ile temsil edilmektedir.

SWMM de yüzeysel akış modeli için kullanılan objeler;

Rain Gages

Rain Gage objesi çalışma alanında bulunan bir veya daha çok alt havza için yağış verisi sağlamaktadır. Yağmur verisi model kullanılarak kullanıcı tanımlı bir zaman serisi olarak veya uygun formatta hazırlanıp modele yüklenerek tanımlanabilir. Bu obje için gerekli veriler;

1. Yağmur verisinin tipi (yoğunluk, miktar veya kümülatif miktar)

2. Kayıt zaman aralığı (saatlik, 15 dakikalık veya günlük)
3. Yağmur verisinin kaynağı (modele girilmiş bir zaman serisi veya dışardan veri dosyası tanımlama)
4. Yağmur verisi kaynağının adı

Alt Havzalar

Subcatchments objesi topografik özelliklere ve yüzeysel akışı tek bir çıkış noktasına yönlendiren drenaj sistemi elementlerine sahip hidrolojik birimlerdir. Çalışma alanını uygun sayıda alt havzaya bölmekten ve her bir alt havza için bir boşaltım noktası tanımlamaktan kullanıcı sorumludur. Boşaltım noktası bir drenaj sisteminin bir bağlantı noktası (*node*) veya başka bir alt havza olabilir.

Alt havzalar geçirimli ve geçirimsiz alanlara bölünebilir. Yüzeysel akış geçirimli alandaki üst toprağa sızabilirken geçirimsiz alanda sızma meydana gelmez. Geçirimsiz alanlar da depresyon depolaması olan ve olmayan alanlara bölünebilmektedir. Yüzeysel akış alt havza içindeki bir alt alandan bir diğer alt alana veya direkt olarak alt havzanın boşaltım noktasına yönlendirilebilmektedir.

Bir alt havzanın geçirimli alanlarında meydana gelen infiltrasyon olayı 3 değişik modelle tanımlanabilir;

1. Horton sızma modeli
2. Green-Ampt sızma modeli
3. Eğri numarası sızma modeli

Alt havza objesi için gerekli veriler;

1. Alt havzaya bir *rain gage* atanması
2. Bir boşaltım noktası tanımlanması
3. Geçirimsizlik yüzdesi
4. Eğim
5. Yüzeysel akışın akım genişliği
4. Geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler için manning yüzey pürüzlülük katsayısı

5. Geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler için depresyon depolaması
6. Depresyon depolamasının olmadığı geçirimsiz yüzey yüzdesi

Bağlantı noktaları (Junction nodes)

Junction nodes objeleri kanalları veya boruları birbirine bağlamaktadır. Doğal kanalların ve bir kanalizasyon sistemindeki boru sisteminin bağlantı noktalarını temsil etmektedirler. Bağlantı noktalarına dışarıdan bir akış girebilmektedir. Eğer drenaj sistemindeki bağlantı elemanları tamamen suyla dolu ise sisteme gelen bu fazla su basınçla engellenebilmektedir. Böyle bir durumda bu fazla su sistemden tamamen kaybolabilir veya bağlantı noktası üzerinde bir göllenme oluşturup bir müddet sonra bağlantı noktasından içeri alınabilmektedir.

Bağlantı noktalarının temel parametreleri;

1. Buldukları zeminin yüksekliği
2. Yüzeyden itibaren yükseklikleri

Çıkış noktaları (Outfall nodes)

Outfall nodes objeleri drenaj sisteminin son noktalarıdır.

Bu objeler için gerekli parametreler;

1. Buldukları yükseklik

Bağlantı elemanları (Conduits)

Conduits objeleri suyu bir noktadan diğerine taşıyan borular veya kanallardan oluşur. Bu elemanların şekilleri modele elle girilebilmekte veya model içinde hazır olarak bulunan şekillerden biri kullanılabilir.

SWMM akım oranı, en kesit alanı, hidrolik yarıçap ve eğim arasındaki ilişkiyi ifade etmek için Manning eşitliğini (Denklem 3.1) kullanmaktadır.

$$Q = A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} / n \quad (3.1)$$

Burada;

Q: Akım oranı

A: En kesit alanı

R: Hidrolik yarıçap

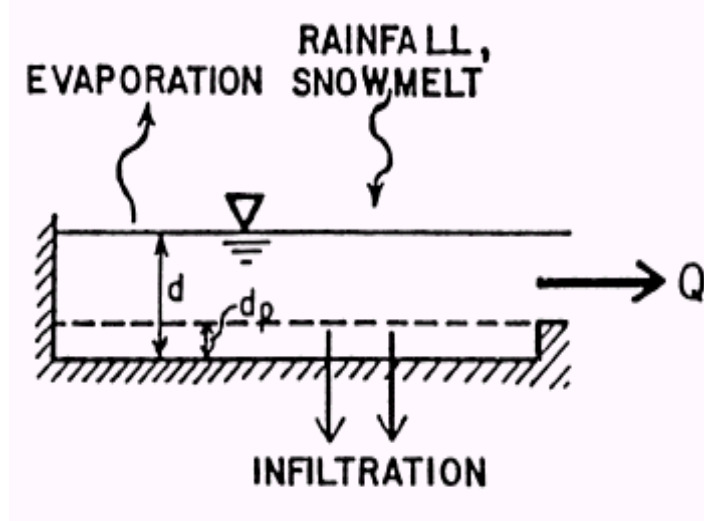
S: Bağlantı elemanının eğimi

N: Manning pürüzlülük katsayısı

Bağlantı elemanları için gerekli parametreler;

1. Başlangıç ve bitiş noktalarının adları
2. Başlangıç ve bitiş noktasında bağlantı noktalarından yükseklikleri
3. Uzunluk
4. Manning pürüzlülük katsayısı
5. En kesit şekilleri

SWMM fiziksel temelli bir simülasyon modelidir. Kütle ve momentum yasalarını göz önünde bulundurmaktadır. SWMM tarafından kullanılan yüzeysel akış kavramsal şeması şekil 3.5’ de gösterilmektedir. Her bir alt havza yüzeyine lineer olmayan bir rezervuar gibi davranılmaktadır. Buradaki akışı, yağış veya başka bir alt havzadan gelen akış oluşturmaktadır. Bu akışın infiltrasyon, buharlaşma ve yüzeysel akışı içeren birçok çıkış noktası bulunmaktadır. Bu rezervuarın kapasitesi maksimum depresyon depolaması kadardır. Yüzeysel akış, sadece rezervuardaki su derinliğinin maksimum depresyon depolamasını aştığında gerçekleşir ve Manning eşitliği ile hesaplanmaktadır. Alt havza üzerindeki suyun derinliği, alt havzadaki su dengesi eşitliği zamana bağlı olarak çözülerek sürekli olarak yenilenmektedir.



Şekil 3.5. Yüzey akışının kavramsal görüntüsü (Rossman, 2010)

İnfiltrasyon toprak yüzeyindeki suyun geçirimli alt havza parçalarındaki doymamış üst toprağın içerisine sızması sürecidir. SWMM infiltrasyonun modellenmesi için 3 seçenek sunmaktadır;

Horton eşitliği

Bu metot yağmur olayları boyunca infiltrasyonun maksimum bir başlangıç düzeyinden minimum bir düzeye doğru üssel olarak azaldığını gösteren deneysel gözlemlere dayanmaktadır. Bu metot için gerekli parametreler; maksimum ve minimum infiltrasyon oranları, azalma sabiti ve doymun haldeki toprağın tamamen kuruması için geçen süredir.

Green-Ampt metodu

Bu metot üst toprak kuru olsa bile alt toprağın her zaman bir neme sahip olduğunu ve bu nemli kısım ile üstteki kuru kısmı ayıran keskin bir hattın olduğunu varsaymaktadır. Kısacası toprağın yağıştan önce bir başlangıç nemine sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu metot için gerekli parametreler toprağın başlangıç nemi eksikliği, toprağın hidrolik iletkenliği ve ıslak yüzeyler arasındaki emilme oranıdır.

Eğri numarası metodu

Bu yaklaşım yüzeysel akışı tahmin etmek için NRCS (SCS) Curve Number'dan yararlanmıştır. Bu yaklaşımda bir toprağın infiltrasyon kapasitesinin toprağın eğri numarasından bulunabileceği varsayılmaktadır. Bir yağış esnasında, bu kapasite toplam

yağmurun bir fonksiyonu olarak azalmaktadır. Bu metot için gerekli parametreler eğri numarası ve doymun haldeki bir toprağın tamamen kuruması için geçen süredir.

Bu çalışmada sızma modeli olarak Horton eşitliği sızma modeli seçilmiştir.

Akış iletimi

SWMM de bir bağlantı elemanının içerisindeki akışın zamana bağlı olarak değişmesi yani sabit olmaması kütle ve momentum eşitliği ilkelerine bağlı olarak şekillenmektedir. SWMM kullanıcılara bu eşitliklerin çözümü için aşağıdaki seçenekleri sunmaktadır ve bunların hepsi akım ile akım derinliği ve yatak eğimini ilişkilendirmek için Manning eşitliğini kullanmaktadır.

Sabit akış iletimi

Sabit akış iletimi yöntemi en basit akış iletimi yöntemidir. Zamana bağlı olarak akımın değişmediğini yani sabit kaldığını varsaymaktadır. Bu yüzden akımı bir bağlantı elemanının başlangıcı ve sonu arasında iletirken akımda bir azalma veya akımın şeklinde bir değişiklik görülmez. Akım ile akım alanını (veya derinliği) ilişkilendirmek için kullanılan normal akım eşitliğini kullanmaktadır. Bu akım iletimi tipi kanallardaki depolamayı, su birikintisi(durgun su) etkisini, giriş/çıkış kayıplarını, geriye akış veya basınçlı akışı hesaba katamaz. Bu metot sadece her bir bağlantı noktasının tek bir çıkış noktasına sahip olduğu dallantılı (dendritic) iletim sistemleriyle kullanılabilir. Bu tip iletim şekli kullanılan zaman aralıklarına duyarlı değildir ve aslında sadece uzun dönemli simülasyonları kullanan ön değerlendirme analizleri için uygundur.

Kinematik dalga iletimi

Bu iletim yöntemi her bir bağlantı elemanı için momentum eşitliğinin basitleştirilmiş bir formuyla birlikte süreklilik eşitliğini de çözmektedir. Momentum eşitliğinin çözülmesi için su yüzeyi eğiminin bağlantı elemanının eğimine eşit olması gerekmektedir.

Bir bağlantı elemanında taşınabilecek maksimum akım tam dolu normal akım değeridir. Bir bağlantı elemanına taşıyabileceği bu maksimum değerden fazla miktarda bir akım gelirse bu akımın fazlalık kısmı ya sistemden kaybolur ya da bağlantı elemanının girişinde göllenmeye tabi tutularak sistem uygun olduğunda içeri alınmaktadır.

Kinematik dalga iletimi bir bağlantı elemanı içindeki akışın akım ve alanının konumsal ve zamansal değişimine izin vermektedir. Akış kanal boyunca iletildiği için bu durum çıkış hidrografında azalma ve gecikmeye neden olmaktadır. Ancak bu iletim tipi

durgun su etkisi, giriş/çıkış kayıpları, ters akış veya basınçlı akış olaylarını hesaplayamaz ve sadece dallantılı sistemlerde kullanılabilir. 10-15 dk.'nın üzerindeki zaman aralıklarında kullanılabilir. Bu durumların sistem üzerinde çok fazla bir etkiye sahip olmayacağı düşünülyorsa, bu metot özellikle uzun dönemli simülasyonlar için doğru ve etkili bir akım iletim metodu olabilir.

Dinamik dalga akım iletimi

Dinamik dalga metodu bir boyutlu Saint venan akım eşitliklerinin tamamını çözmektedir. Böylece teorik olarak en doğru sonuçları üretmektedir. Bu eşitlikler bağlantı elemanları için süreklilik ve momentum eşitlikleri ve bağlantı noktaları için hacim sürekliliği eşitliğidir.

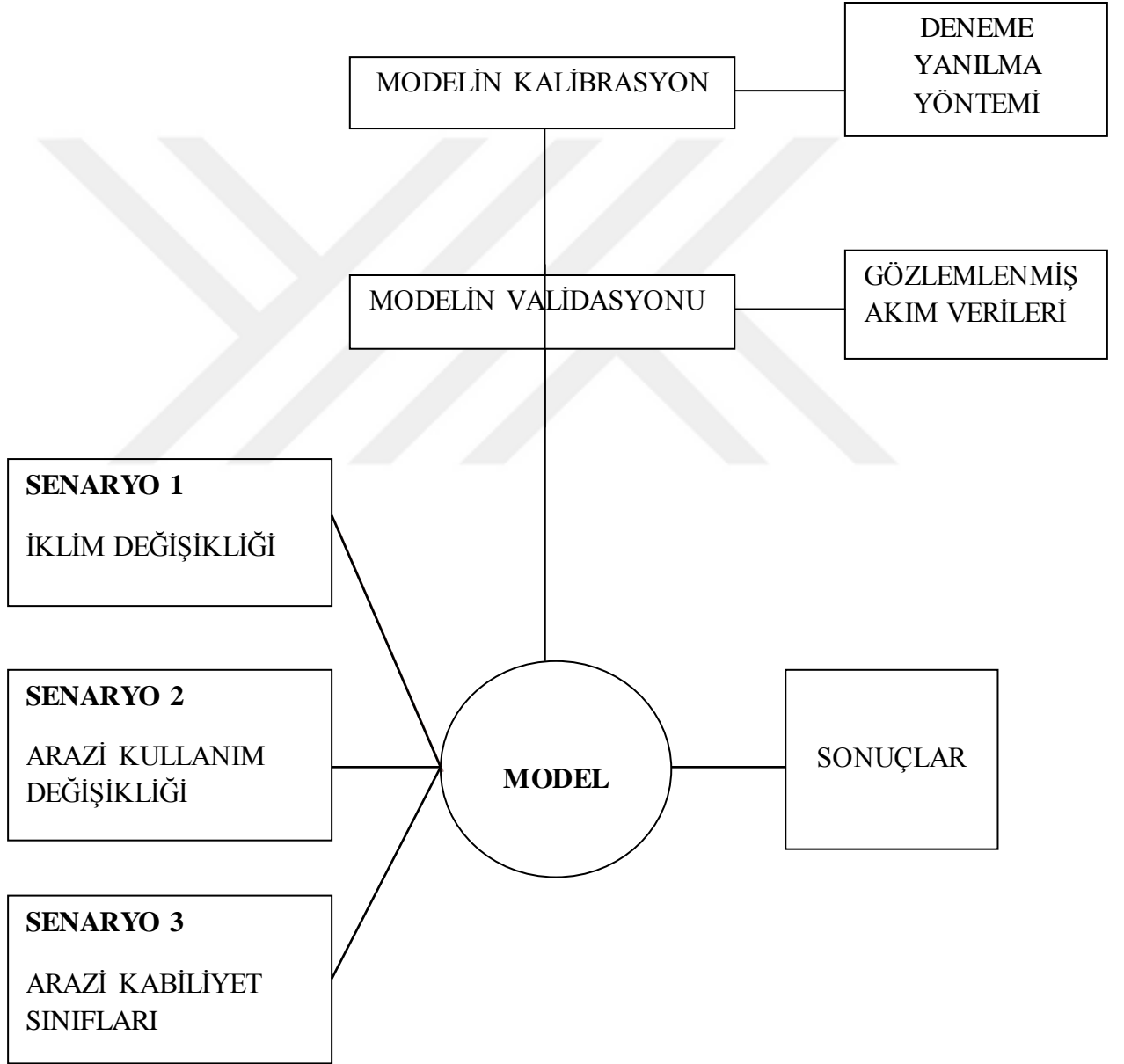
Bu akım iletim metodu ile kapalı bir iletim elemanı tam olarak dolduğunda oluşan basınçlı akım modellenmektedir. Bir bağlantı noktasındaki su miktarı bağlantı noktasının kapasitesini aştığında sel oluşmaktadır ve fazla su ya sistemden kaybolmakta ya da bağlantı noktasında biriktirilerek sistem uygun olduğunda sisteme alınmaktadır.

Dinamik dalga metodu kanal depolaması, durgun su, giriş/çıkış kayıpları, ters akış veya basınçlı akımı hesaba katabilmektedir. Çünkü bu metot, hem bağlantı noktalarındaki su seviyesi hem de bağlantı elemanlarındaki akım çözümlerini içermektedir. Bu metot özellikle su birikintilerinin veya regülatör sistemlerinin olduğu drenaj ağları olmak üzere herhangi bir drenaj sistemi için uygulanabilir (Rossman, 2010).

Bu çalışmada yüzeysel akış ve debi hesaplarının yapılması için dinamik dalga akım modeli seçilmiştir.

Bu çalışmada SWMM programında kullanılan veriler ve akış şeması şekil 3.6' da gösterilmiştir.

GEREKLİ PARAMETRELER										
Meteorolojik veri		Alt havzalar				Dereler			Bağlantı noktaları	Dere boşaltım noktası
Yağış	Buharlaşma	Alan	Eğim	Akış yönü genişliği	Geçirimsiz alan yüzdesi	Uzunluk	En kesit profili	Pürüzlülük katsayısı	Yükseklik	Yükseklik



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan akış şeması

3.2.2. Ana havza, alt havzalar ve akarsu ağının belirlenmesi

Hidrolojik modellemenin ilk aşaması çalışma alanının sınırlarının belirlenmesidir. Bu çalışmada ana havzanın sınırı, alt havza sınırları ve akarsu ağı ArcGIS 10.0 programı içerisinde yer alan “*Archydro tool*” yardımıyla belirlenmiştir. *Archydro* kullanılarak ana havza, alt havzalar ve akarsu ağının belirlenmesi için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Adım: Çalışma alanını içerisine alan 6 adet 1/25000 ölçekli eşyüksekti haritaları yardımıyla *DEM (Digital Elevation Model)* oluşturulmuştur. Bunun için ilk önce 6 adet eşyüksekti eğrisi “*Merge*” komutu yardımıyla birleştirilmiştir. Ardından bu veri kullanılarak 3D “*Analyze tool*” altında yer alan “*Create tin*” komutu yardımıyla *TIN (Tringular Irregular Network)* verisi oluşturulmuştur. Son olarak “*Conversion tool*” altında bulunan “*TIN to Raster*” komutu yardımıyla *DEM* verisi elde edilmiştir.
2. Adım: *DEM* verisinde olması muhtemel hataları düzeltmek için “*Archydro tool*” da bulunan “*Fill*” komutu kullanılmıştır.
3. Adım: “*Archydro tool*” da bulunan “*Flow direction*” komutu kullanılarak akışa geçen suların akış yönleri belirlenmiştir. Bunun için 2. Adım da elde edilen “*Fill*” verisi kullanılmıştır.
4. Adım: Akışa geçen suların birikme yerlerinin belirlenmesi için “*Archydro tool*” da bulunan “*Flow accumulation*” komutu kullanılmıştır.
5. Adım: “*Archydro tool*” da bulunan ve “*Flow accumulation*” verisini kullanan “*Stream definition*” komutu kullanılarak akarsu ağı oluşturulmuştur.
6. Adım: “*Archydro tool*” da bulunan “*Stream segmentation*” komutu yardımıyla akarsu parçaları belirlenmiştir.
7. Adım: Alt havzaların belirlenmesi için “*Archydro tool*” da bulunan “*Catchment grid delineation*” komutu kullanılmıştır.
8. Adım: Akarsu çıkış noktası veya dökülme noktası (pour), nokta katmanı olarak belirlenmiştir. Nokta katmanı akım ölçümlerinin yapıldığı istasyonun koordinatlarını içermektedir.
9. Adım: Belirlediğimiz çıkış noktası “*Snap pour point*” komutunu kullanılarak akımın en yüksek olduğu nokta yani çıkış noktası olarak sisteme tanıtılmıştır.
10. Adım: Belirlediğimiz çıkış noktasına sahip ana havzayı oluşturmak için “*Watershed*” komutu kullanılmıştır. Böylece çalışma alanı ve içindeki alt havzalar belirlenmiştir.

3.2.2.1. Alt havzalar üzerindeki işlemler

Çalışma alanındaki alt havzaların alanları oldukça büyük olduğundan dolayı model duyarlılığını artırmak amacıyla alt havzalar da daha küçük parçalara ayrılmıştır. Bu işlem yapılırken suyun akış yönüne (Akım yönü haritası yardımıyla) ve alanların kare ya da dikdörtgen şeklinde bölünmesine dikkat edilmiştir (Kaptan, 2008; Alfars, 2011; Gülbaz, 2010; Küçükdoğan, 2013). Bu küçük parçaların her biri, EPA SWMM programında bir alt havzayı temsil etmektedir. Bu nedenle gerekli hesaplamalar bu küçük parçalar üzerinden yapılmıştır. Her bir parçanın akım yönü genişliği, ortalama eğimi, geçirimsiz alan yüzdesi hesaplanmıştır.

Akım yönü genişliği

Hood ve ark. (2007) akım yönü genişliğini bulmak için denklem 3.2 kullanılmıştır.

$$W = 0.5 * \sqrt{\text{area}}, \quad (3.2)$$

Burada;

W= genişlik (m)

area = alt havzanın alanı (m²).

Ancak bu çalışmada, bu formülün kullanılmasının hata payını artıracakı düşünüldüğünden her bir parçanın akım yönü genişliği, her bir parçanın ağırlık merkezinden geçen ve suyun akış yönüne dik olan doğru parçasının uzunluğunun ArcGIS 10.0 programında hesaplanması ile belirlenmiştir.

Her bir parçanın ortalama eğimi

Ana havza için oluşturulan raster formatlı eğim haritası kullanılmıştır. Her bir parçaya ait ortalama eğiminin bulunması için arcgis 10.0 programında bulunan “zonal statistic” komutu kullanılmıştır.

Her bir parçanın geçirimsiz alan yüzdesi

Her bir parçanın geçirimsiz alan yüzdesi Akdoğan (2014)’m belirttiği şekilde hesaplanmıştır. Bunun için ilk olarak ana havzada yer alan arazi kullanım şekilleri çizelge 3.4 deki gibi niteliklerine göre yeniden sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmanın amacı modelin gerçekçiliğini artırmaktır.

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan arazi kullanım şekilleri ve özellikleri

Sınıflar	Orman			Mera		Tarım	Kayalık	Yerleşim
Alt sınıflar	1	2	3	1	2	1	1	1
İçeriği	1 kapalı ve diğer meşcereler	2 kapalı meşcereler	3 kapalı meşcereler	OT alanları (NDVI<%25)	OT alanları (NDVI>%25)	Ziraat alanları	OT-T, T ve Oc alanları	İskân ve diğer alanlar
Akış katsayısı	0,25 ³	0,2 ³	0,15 ³	0,5 ²	0,4 ²	0,4 ¹	0,9 ²	0,3 ¹

¹ASCE (1960); ²Balcı ve Öztan (1987); ³MDOT (2006)

Orman, tarım, kayalık ve yerleşim alanlarının niteliklerine göre sınıflandırması direkt olarak amenajman planı kullanılarak yapılırken; mera alanlarının sınıflandırılmasında sadece konumsal özellikleri için amenajman planı kullanılmıştır. Meraların niteliksel olarak sınıflandırılması için 2013, 2014 ve 2015 yıllarının vejetasyon dönemi aylarına ait mevcut ve bulutluluk oranı düşük Landsat 8 ve Landsat 7 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerine ait NDVI değerleri, atmosferik düzeltmeleri yapılan gerekli bantlar kullanılarak hesaplanmıştır. Ardından hesaplanan NDVI değerleri sınıflandırılmış ve çalışma alanının mera durumu belirlenmiştir. Tüm işlemler ArcGIS 10.0 bilgisayar programında yapılmıştır. Hesaplamalar için gerekli formüller ve kullanılan veriler Denklem 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7 ile Çizelge 3.5 ve 3.6'da gösterilmiştir.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (3.3)$$

NDVI= Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi

NIR= Yakın kızılötesi bant

RED= Kırmızı bant

Yakın kızılötesi ve kırmızı bantlar Landsat 8 uydusunda sırasıyla 5. ve 4. Banda karşılık gelirken; Landsat 7 uydusunda sırasıyla 4. ve 3. banda karşılık gelmektedir. Landsat 8 ve Landsat 7 uydu görüntülerinin atmosferik düzeltmeleri için kullanılan yöntemler;

Landsat8 için (USGS, 2016);

$$\rho\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (3.4)$$

Burada;

$\rho\lambda'$ = Güneş açısına göre düzeltme yapılmamış atmosferik reflektans

M_ρ = reflektans için banta özel çarpım faktörü

A_ρ = reflektans için banta özel ekleme faktörü

Q_{cal} = kalibre edilmiş standart uydu görüntüsünün piksel değerleri

$$\rho\lambda = \rho\lambda' / \cos(\theta_{SZ}) = \rho\lambda' / \sin(\theta_{SE}) \quad (3.5)$$

(kaynak: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)

Burada;

$\rho\lambda$ = Güneş açısına göre düzeltme yapılmış atmosferik reflektans

θ_{SZ} = bölgesel solar zenit açısı

θ_{SE} = bölgesel güneş yüksekliği açısı

Landsat 7 için;

$$L_\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (3.6)$$

Burada;

L_λ = uydu görüntüsünün radyans olarak piksel değerleri

M_ρ = radyans için banta özel çarpım faktörü

A_ρ = radyans için banta özel ekleme faktörü

Q_{cal} = kalibre edilmiş standart uydu görüntüsünün piksel değerleri

$$\rho\lambda = (\pi * L_\lambda * d^2) / (ESUN_\lambda * \cos(\theta_S)) \quad (3.7)$$

Burada;

$p\lambda$ = uydu görüntüsünün reflektans değerleri

L_λ = uydu görüntüsünün radyans olarak piksel değerleri

d = Dünya-Güneş mesafesi (gökbilimsel birim ile)

ESUN $_\lambda$ = ortalama güneş atmosfer dışı ışınımı

θ_S = solar zenit açısı

Çizelge 3.4. ETM+ Solar Spektral Işımlar (NASA, 2011)

Band	vat/(metrekare * μm)
1	1970
2	1842
3	1547
4	1044
5	225.7
7	82.06
8	1369

Çizelge 3.5. Dünya-Güneş mesafesi (gökbilimsel birim ile) (NASA, 2011)

Yılın Günler i	Mesaf e	Yılın Günler i	Mesaf e	Yılın Günler i	Mesaf e	Yılın Günler i	Mesaf e	Yılın Günler i	Mesaf e
1	0,983	74	0,994	152	1,014	227	1,013	305	0,993
15	0,984	91	0,999	166	1,016	242	1,01	319	0,989
32	0,985	106	1,004	182	1,017	258	1,006	335	0,986
46	0,988	121	1,008	196	1,016	274	1,001	349	0,984
60	0,991	135	1,011	213	1,015	288	0,997	365	0,983

Daha sonra her bir parçanın içine giren arazi kullanım şekillerinin alanı ArcGIS 10.0 programında belirlenmiştir. Son aşamada ise literatürden elde edilen her bir arazi kullanımına ait yüzeysel akış katsayıları yardımıyla her bir alt havza parçasının geçirimsiz alan yüzdesi denklem 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$IM = ((A_1 * Y_1) + (A_2 * Y_2) + (A_3 * Y_3) + \dots + (A_n * Y_n)) / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) \quad (3.8)$$

Burada;

IM: geçirimsiz alan yüzdesi

A: arazi kullanım şekli alanı

Y: yüzeysel akış katsayısı

N: arazi kullanım şekli

3.2.3. Havzanın fizyografik özelliklerinin belirlenmesi

3.2.3.1. Havzanın şekli

Bir yağış havzasının şekli değişik faktörleri göz önünde bulunduran farklı yöntemlerle belirlenebilir. Bu farklı yöntemler içerisinde en kullanışlı ve pratik olanlardan bazıları aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Hızal, 1984).

a) Form faktörü

Havzaya düşen yağışın derelere ulaşma hızı ve zamanını etkileyen bir havza karakteristiği olup aşağıdaki şekilde hesaplanır (Denklem 3.9):

$$F = b/L \quad (3.9)$$

F= Form faktörü

b= Havzanın ortalama genişliği (km)

L= Havzanın uzunluğu (km)

b) Dairesellik oranı

Havzanın şeklini saptamada kullanılan dairesellik oranı (Rc) havza alanının (Ah), havzanın çevre uzunluğuna sahip bulunan bir dairenin alanına bölünmesiyle elde edilmiştir.

c) Uzunlaşma oranı:

Havza şeklinin dar veya geniş oluşunu gösteren bu parametre, havza alanına eşit alana sahip bir dairenin yarıçapının, havzanın maksimum uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmiştir.

d) Havzanın drenaj durumu

Bir havzanın drenaj durumu ya da drenaj kapasitesi, o havzadaki doğal drenaj kanallarını oluşturan ana mecraya ve ona bağlı bulunan çok çeşitli ve değişik derecelerdeki yan kolların veya derelerin havzaya düşen yağış sularını boşaltabilme yeteneği veya kapasitesidir (Hızal, 1984). Derelerin sayısı, uzunluğu ve sıraları: Bir havzanın drenaj durumundaki en etkili faktörlerden birisi derelerin toplam sayısıdır. Bunu saptayabilmek için derelere sıra numarası vererek sıralamak gerekir. Burada, birinci sıradaki dereler yan kolları bulunmayan derelerdir. İkinci sıradaki dereler ise yan kolları birinci sıradaki derelerden oluşan derelerdir. Bu şekilde belirlenen derelerin uzunlukları ise Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanılmış ve uzunlukları da öznitelik tablosunda oluşturulmuştur. Dere sayısı belirlenirken hem devamlı hem de periyodik dereler dikkate alınmıştır.

e) Dere sıklığı

Dere sıklığı, bir havzadaki birim alana düşen dere sayısını ifade eder (Denklem 3.10).

$$D_s = N_s / A \quad (3.10)$$

Burada; D_s = Dere sıklığı

A = Havzanın alanı (km^2)

N_s = Havzadaki her sınıftan toplam dere sayısıdır.

f) Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu, havzada bulunan bütün derelerin toplam uzunluğunun havzanın alanına bölünmesiyle elde edilir (Denklem 3.11) (Hızal, 1984).

$$D_y = L / A \quad (3.11)$$

Burada;

D_y = Drenaj yoğunluğu

L= Derelerin uzunlukları (km)

A= Havzanın alanı (km²)

3.2.3.2. Havzanın ortalama eğimi

ArcGIS programı yardımıyla bulunmuştur. Alt havzaların daha küçük parçalara ayrılmasıyla elde edilen havza parçalarının alan-eğim özellikleri kullanılarak elde edilmiştir.

3.2.3.3. Havzanın ortalama yüksekliği

ArcGIS programı yardımıyla oluşturulan DEM üzerinden elde edilmiştir.

3.2.3.4. Havzanın bakı durumu

Havzanın bakı haritası, ArcGIS programı yardımıyla oluşturulan DEM üzerinden elde edilmiştir.

3.2.3.5. Arazi kullanma şekli

Çalışma alanındaki arazi kullanım şekilleri 2011 yılında yenilenen amenajman planında yer almaktadır. Bu çalışmada amenajman planından yararlanılmıştır.

3.2.4. Ana dere ve yan derelere ait pürüzlülük katsayısının belirlenmesi

EPA SWMM programında derelerdeki pürüzlülük katsayısı olarak Manning pürüzlülük katsayısı kullanılmaktadır. Bu çalışmada ana derelerdeki Manning pürüzlülük katsayısı görsel tahmin yöntemlerinden biri olan Cowen (1956) formülüne göre belirlenmiştir. Chow (1959)'da verilen çizelge (çizelge 3.7) yardımıyla görsel tahmin için kullanılan formül (Denklem 3.12) aşağıdaki gibidir (Phillips ve Tadayon, 2006).

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5 \quad (3.12)$$

Burada;

n: pürüzlülük katsayısı

n₀: kanalı oluşturan malzeme türü

n₁: düzensizlik derecesi

n₂: kanal boyutu ve şeklindeki değişim

n₃: kanalda bulunan engel faktörü

n₄: bitki örtüsü

m₅: kanalın mendereslenme (kıvrım) düzeyi

Yan derelerdeki pürüzlülük katsayı ise ASCE, 1982 de verilen çizelgeden yararlanılarak belirlenmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.6. Görsel tahmin yöntemi için kullanılan kanal özelliklerine göre parametre değişen parametre değerleri

Malzeme	n ₀	Düzensizlik derecesi	n ₁	Enine kesit dağılımı	n ₂
Toprak zemin	0,02	Pürüzsüz	0	Aşamalı	0
Kayaç	0,025	Düşük	0,01	Bazen	0,005
İnce çakıl	0,024	Ortalama (makul)	0,01	Sıkça	.010- .015
Kaba çakıl	0,028	İleri derece	0,02		
Kanal Tıkanıklıkları	n ₃	Bitki Örtüsü	n ₄	Mendereslilik Derecesi	m ₅
Önemsiz	0	Düşük	.005- .010	Yok	1
Az	.010- .015	Orta	.010- .025	Az	1
Kayda değer	.020- .030	Yüksek	.025- .050	Kayda değer	1,2
Önemli miktarda	.040- .060	Oldukça Yüksek	.050- .100	Önemli miktarda	1,3

Çizelge 3.7. Kanallar için pürüzlülük katsayısı (ASCE, 1982)

Kanal tipi	Manning n
Kaplamalı Kanallar	
- Asfalt	0.013 - 0.017
- Tuğla	0.012 - 0.018
- Beton	0.011 - 0.020
- Taş Dolgu	0.020 - 0.035
- Bitki Örtüsü	0.030 - 0.40
Kazılmış	
- Toprak, Düz ve Üniform	0.020 - 0.030
- Toprak, Kıvrımlı, Hafif Üniform	0.025 - 0.040
- Kaya	0.030 - 0.045
- Korunmamış Kötü Durumda	0.050 - 0.140
Doğal Kanallar	
- Hemen Hemen Düzenli Kesitli	0.030 - 0.070
-Göllenmeler Bulunan Düzensiz Kesitli	0.040 - 0.100

3.2.5. Arazide yapılan çalışmalar

3.2.5.1. Toprak örneklerinin alınması

Çalışma alanının sınırları ArcGIS 10.0 programı yardımıyla belirlendikten sonra, çalışma alanının içinde yer aldığı Göksun Merkez Orman İşletme Şefliği'nden temin edilen sayısallaştırılmış meşcere haritası çakıştırılmıştır. Ardından orman, mera ve tarım arazilerinden sırasıyla 11, 7 ve 12 adet olmak üzere toplam 30 adet toprak profili noktası belirlenmiştir. Örnek sayılarının eşit olmamasının nedeni, çalışma alanında arazi kullanım tiplerinin alan olarak homojen dağılmamış olmasıdır. Her bir profil noktasında 0-20 cm ve 20-50 cm derinlik kademesinden strüktürü bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.7). Bu bağlamda toplam 60 adet strüktürü bozulmuş toprak örneği ve 60 adet strüktürü bozulmamış hacim ağırlığı silindir örneği alınmıştır. Strüktürü bozulmuş toprak örneklerinden yaklaşık 1 kg alınarak naylon poşetlere konulmuştur. Ardından örneğe ait bilgiler bir kağıda yazılarak toprak örneği ile birlikte ikinci bir poşet içine konulmuştur. Hacim ağırlığı örnekleri için kullanılan daraları önceden belirlenmiş, ağız kesimleri keskin ve üzerleri numaralanmış olan çelik silindirelerle örnekler alınırken, çakma esnasında içindeki toprağın sıkıştırılmamasına ve silindirin sarsılarak doğal strüktürün bozulmamasına özen gösterilmiştir. Silindirler, 630-650 cm³ toprağı alacak şekilde istenilen derinliğe kadar çakıldıktan sonra kenarları ve tabanı keskin bir bıçakla fazlalıklardan temizlenerek bütün yüzeyleri temizlenmiş, örnekler iç içe geçmiş iki poşete konulmuş, örneğe ait bilgilerin yazılı olduğu kağıt iki poşetin arasına yerleştirilmiştir (Sevim, 1956).



Şekil 3.7. Arazi çalışmalarından bir görünüm

Toprak örnekleri alınırken; ölü örtü ve su birikiminin olabileceği çukurlardan, insan ve hayvanlar tarafından tahrip edilmiş alanlardan, toprak akması olan alanlardan, ölü örtüsü taşınarak çıplaklaşmış kayalık alanlardan, kaçınılmıştır. Tarım arazilerinde ise uzun yıllar benzer tarımsal ürünlerin ekilmiş veya dikilmiş olmasına dikkat edilmiştir (Stell ve Torrie, 1994).

3.2.5.2. Dere en kesitlerinin belirlenmesi

Ana dere en kesitini belirlemek amacıyla ucuna 10 cm aralıklarla işaretlenmiş misina takılan 5 m uzunluğunda balıkçı oltası kullanılmıştır (Şekil 3.8). Ölçekli misinanın birer adet en kesit başlangıcı ve bitişinde olmak üzere 1 m aralıklarla derenin içine daldırılması suretiyle dere en kesiti belirlenmiştir. Bu değerler SWMM programına aktarılırken ölçüm değerlerinin programa girilme sırasının akış yönünün sol kenarından başlaması gerekmektedir. Yani ilk olarak akış yönünün sol kenarından ölçülen değerden başlanarak sırasıyla diğer en kesit değerleri programa girilmelidir. Yan derelere (kuru dereler) ait en kesit ölçümlerinde 5m uzunluğunda şerit metre kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Terbüzek deresi üzerinde en kesit ölçümü

3.2.6. Laboratuvar çalışmaları

Araziden usulüne uygun olarak alınan toprak örneklerini hava kurusu hale getirmek için her bir toprak örneği laboratuvarda gazete kâğıtlarının üstüne serilerek kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.9). İleriki aşamalarda kolaylık sağlaması açısından topraklar serilirken içinde bulunan topaklaşmış parçalar el ile parçalanmıştır. Hava kurusu hale gelen topraklar porselen havanlarda dövüldükten sonra 2 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Böylece topraklar analizler için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.9. Toprak örneklerinin kurutulması

3.2.6.1. Tekstür tayini

Toprakların kum toz ve kil oranlarının belirlendiği tekstür analizi Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Şekil 3.10). Analizde 2 mm' lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprak örnekleri kullanılmıştır. Analiz için ağır topraklardan 50 gr' lık, hafif topraklardan 100 gr' lık örnekler alınmıştır (Bouyoucos,1936; Reis 1997). Daha sonra bu örnekler 400 ml'lik beherlere konularak üzerlerine 200 ml saf su ve dispersleştirmeyi kolaylaştırmak için 10 ml 0.008 NaOH çözeltisi (Uluslararası Toprak Cemiyetinin, toprakların dispersleştirilmesi için uygun gördüğü miktar) (Baver, 1956) veya 10 ml %5'lik kalgon çözeltisi eklenerek iyice karıştırılmış ve 24 saat süre ile dispersleşmeye bırakılmıştır. Bir gün sonra süspansiyon, mekanik karıştırıcıya (mikser) aktarılarak 5 dakika süre ile karıştırılmış ve hidrometre silindire aktarılmıştır. Karıştırma kabındaki tüm toprak parçalarını hidrometre silindire aktarmak için, içinde saf su bulunan bir piset kullanılmıştır. Ardından hidrometre silindirindeki su seviyesi 1000 ml olana kadar saf su ilave edilmiştir. Silindirdeki karışım delikli mekanik karıştırıcı çubuğuyla 20 kez aşağı-yukarı hareketlerle karıştırılmıştır. Hemen sonrasında ise hidrometre dikkatli bir şekilde silindire konulmuş ve uluslararası toprak cemiyetinin tanımlamasına uygun olarak ilk okuma 4 dakika 48 saniye (4'48") de, ikinci okuma ise 120 dakika (120') sonunda yapılmıştır. Aynı zamanda iki okuma esnasında da termometre ile sıcaklık değerleri ölçülerek çizelgelere kaydedilmiştir. Daha sonra okunan hidrometre değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılmıştır. İlk okuma sonunda (kil + toz) miktarı, ikinci okumada (kil) miktarı ve bunların yardımıyla da kum ve toz fraksiyonlarının miktarları bulunmuştur (Irmak, 1972; Gülçur, 1974; Balcı, 1996).



Şekil 3.10. Tekstür tayini deneyinden bir görünüm

3.2.6.2. Tane yoğunluğu

Bu işlem için balon joje fırın kurusu olarak ve 20 °C de işaret çizgisine kadar doldurularak tartılmış ve hassas ağırlıkları bulunmuştur. İki milimetrelik elekten geçirilmiş 20 gr fırın kurusu ince toprak balon jojeye aktarılarak üzerine saf su ilave edilerek birkaç defa çalkalanmıştır. Daha sonra ağzına takılan lastik boru yardımı ile vakum uygulanmış ve bu işlem kabarcıklar kayboluncaya kadar devam etmiştir. İşlem sonunda balon jojelerin iç kenarları da yıkanmak suretiyle saf su eklenmiş ve bu sırada sıcaklık kontrolü yapılarak 20 °C de işaret çizgisine tamamlanmıştır. Saf su ile doldurulmuş ağırlık ile toprak doldurulmuş ağırlık arasındaki farktan toprağın hacmi ve ağırlık, hacim bağıntısından da tane yoğunluğu hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1975).

3.2.6.3. Hacim ağırlığı

Toprak örneklerinin hacim ağırlığı değerleri, silindir yöntemiyle araziden alınan doğal yapısı bozulmamış toprak örneklerinin fırın kurusu ağırlığının örnekleme silindirinin hacmine oranlanmasıyla tespit edilmiştir (Özyuvacı, 1976; Gülçur, 1974).

3.2.6.4. Gözenek hacmi

Araştırma alanı toprak örneklerinin gözenek hacmi, hacim ağırlığı ve tane yoğunluğu arasındaki ilişkiye dayanan aşağıdaki formül (Denklem 3.13) kullanılarak hesaplanmıştır (Öztaş, 1980).

$$E = ((Pr - Pa) / Pr) \times 100 \quad (3.13)$$

E= toplam gözenek hacmi (%)

Pr= Tane yoğunluğu (gr/cm³)

Pa=Hacim ağırlığı (gr/cm³)

3.2.6.5. Permeabilite

Toprakların permeabilite tayini için, hacim ağırlığı toprak örnekleri plastik leğenlerin içerisinde (içerisinde hava kalmaması için) alttan tedricen ıslanacak şekilde 24 saat süre ile bekletilerek, su ile doymun hale getirilmiştir (Şekil 3.11).



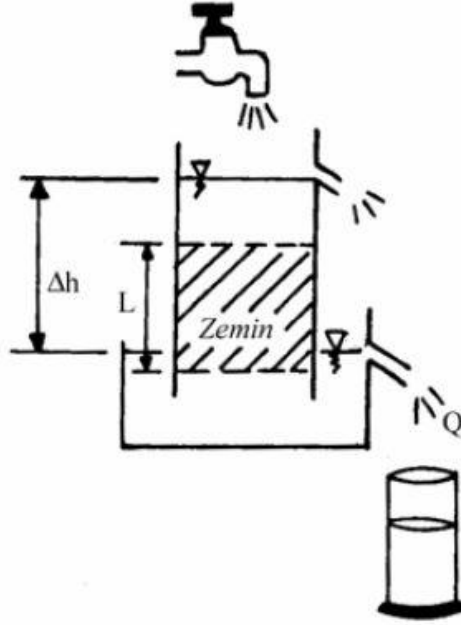
Şekil 3.11. Hacim ağırlığı toprak örneklerinin suyla doymun hale getirilmesi

Hacim ağırlığı örnekleri su ile doymun hale geldikten sonra deney düzeneğinde örnek üzerindeki hidrolik yük deney süresince sabit tutularak, belirli bir zaman diliminde örnek içerisinden geçen su miktarı ölçülmüştür (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Permeabilite deney düzeneği

Daha sonra Darcy kanununa göre (Şekil 3.13), aşağıdaki formül (Denklem 3.14) kullanılarak toprak örneklerinin permeabilite katsayıları hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1978).



Şekil 3.13. Hidrolik iletkenliğin belirlenmesi için kullanılan düzeneğin şematik görünümü

$$K = Q \cdot L / H \cdot A \cdot T \quad (3.14)$$

Burada;

K: Permeabilite katsayısı

A: Toprak örneğinin kesit alanı (cm²)

L: Toprak örneğinin yüksekliği (cm)

H: Hidrostatik basınç yapan su sütunu yüksekliği (cm)

Q: belli bir zamanda geçen suyun miktarı (cm/saat)

T: zaman

3.2.6.6. Maksimum su tutma kapasitesi

Permeabilite deneyinde kullanılan su ile doymuş hacim ağırlığı silindir örnekleri, bir müddet eğimli bir yerde serbest drenaja tabi tutulduktan sonra tartılmış ve doymuş haldeki ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra örnekler 24 saat süre ile 105 °C'de kurutularak tartılmış ve fırın kuru ağırlıkları bulunmuştur. Bu iki ağırlık arasındaki farktan, ağırlık yüzdesi olarak maksimum su tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Özyuvacı, 1975).

3.2.6.7. pH

Toprak örneklerinin pH'sı 1/2.5 oranında toprak-saf su karışımında Checker by HANNA pH metresi ile ölçülmüştür (Gülçur, 1974).

3.2.6.8. Elektriksel İletkenlik

Toprak örnekleri 1:2,5 oranında toprak-saf su karışımında WTW Multiline F/Set-3 cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Gülçur, 1974).

3.2.6.9. Ateşte Kayıp

Ateşte kayıp miktarı, yakma fırında 700-800 °C'ye kadar kurutularak darası alınmış krozelere kullanılarak, 2 mm elekten geçirilmiş 10 gr toprak örneği üzerinde tayin edilmiştir. Önce krozelere konularak 24 saat süre ile kurutma fırında 105°C' de bekletilerek mutlak kuru ağırlıkları tespit edilen örnekler, daha sonra yakma fırında 2 saat süre ile yakılarak içerisindeki organik maddeler ile kolloidlere ve kil minerallerine bağlı su bertaraf edilmiştir. Yakma sürecinde örnekler, tam bir yanma için birkaç kez

karıştırılmıştır. Süre sonunda örnekler soğutularak tartılmış ve iki ağırlık arasındaki farktan ağırlık yüzdesi olarak ateşte kayıp miktarı hesaplanmıştır (Sevim, 1956).

3.2.6.10. Dispersiyon oranı

Dispersiyon oranı değeri yağışın etkisi ile toprak strüktüründe meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir. Bu çalışmada dispersiyon oranının belirlenmesinde Middleton' un dispersiyon oranı dikkate alınmıştır. Buna göre dispersiyon oranı, sadece saf suda çalkalanarak elde edilen toprak solüsyonundan elde edilen (toz + kil) miktarının, saf su ve kimyasal ayrıştırıcılarla birlikte karıştırılarak elde edilen toprak solüsyonundan elde edilen (toz + kil) miktarına oranlanmasıyla bulunur (Özyuvacı, 1971; Balcı 1996). Analizler mekanik analizde olduğu gibi 2 mm'lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprak örneklerinden 50 veya 100 gr'lık örnekler alınarak 400 ml'lik beherlere konulmuştur. Her bir beher üzerindeki toprak örneğinin üzerine 200 ml saf su ilave edilmiş ve 24 saat bekletilmiştir. Süre sonunda beherdeki materyal pisetle iyice yıkanarak hidrometre silindire aktarılmış ve saf su eklenerek 1000 ml'ye tamamlanmıştır (Özyuvacı, 1971; Öztan, 1980). Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre yapılan okumalar ve sıcaklık düzeltmeleri sonucunda kum, toz ve kil fraksiyonlarının miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerden toz ve kil fraksiyonlarının toplamı aynı örneğin mekanik analizi ile elde edilmiş (toz + kil) miktarına bölünmek suretiyle dispersiyon oranı tayin edilmiştir (Lutz, 1947). Bu şekilde tayin edilen dispersiyon oranı Middleton tarafından ortaya konan aşağıdaki ıskalaya (Çizelge 3.9) göre değerlendirilmektedir (Lutz, 1947).

Çizelge 3.8. Middleton tarafından ortaya konulan dispersiyon oranı (Lutz, 1947)

Erodobilité İndeksi	Erozyona karşı dayanıklı Topraklar	Erozyona karşı dayanıksız Topraklar
Dispersiyon Oranı	<15	>15

3.2.7. Verilerin modele girilmesi, kalibrasyon ve validasyon süreci

Verileri modele girmeden önce çalışma alanı sınırlarına giren dereleri, althavzaları, birleşim noktalarını ve akım ölçüm noktasının konumsal özelliklerini gösteren harita ArcGIS10.0 programında oluşturulmuştur. Ardından bu harita jpeg formatında kaydedilmiş ve SWMM programında altlık olarak kullanılmıştır. SWMM programında kullanılan bu

harita herhangi bir veri içermemekte, sadece SWMM de oluşturulan drenaj elemanlarının çizilmesi için görsel açıdan fayda sağlamaktadır. Drenaj elemanlarının çiziminin ardından, coğrafi bilgi sistemleriyle elde edilen veriler, iklimsel veriler ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen verilerin tümü SWMM programında girilmesi gereken yerlere el ile girilmiştir.

Modelin kalibrasyonu çalışmanın en uzun aşamalarından birini oluşturmaktadır. EPA SWMM bilgisayar modelinin otomatik kalibrasyon seçeneğine sahip olmaması kalibrasyon işleminin deneme yanılma yöntemi ile yapılmasını zorunlu kılmakta ve bu durum kalibrasyon sürecinde uzun süreler harcanmasına neden olmaktadır. Modelin kalibrasyonu literatürde ve programın kullanma klavuzunda yer alan veriler ışığında gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon işlemi DSİ den alınan günlük ortalama akım verileri ile modelden elde edilen ortalama akım verilerinin karşılaştırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon için 9 Mart 2011 ve 29 Nisan 2011 yıllarında havzaya düşen yağış ve bu yağışların dere akımında meydana getirdiği ortalama artış verileri kullanılmıştır. Validasyon aşamasında ise 21 Mart 2011 tarihinde havzaya düşen yağış ve bu yağış sonucu dere akımında meydana gelen değişiklik dikkate alınmıştır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.9. Kalibrasyon ve validasyon işlemlerinde kullanılan yağışlara ilişkin değerler

Yağış zamanı	Yağış miktarı (mm/gün)	Dere akımında meydana getirdiği artış (cm ³ / sn)	Kullanıldığı aşama
09.03.2011	7,3	1,31	Kalibrasyon
29.04.2011	11,6	0,74	Kalibrasyon
21.03.2011	20	3,46	Validasyon

3.2.8. Çalışmada kullanılan senaryolar

3.2.8.1. İklim değişikliği senaryoları

MGM raporundaki projeksiyonlar ışığında SWMM programı çalıştırılarak havzada meydana gelen yüzeysel akış ve dere akımındaki değişimler değerlendirilmiştir. Yüzeysel akış ve dere akımındaki değişimleri değerlendirmek amacıyla yağış miktarı olarak 10 mm ve 20 mm seçilmiştir. Yani 10 mm ve 20 mm lik yağışlarda meydana gelebilecek değişimlerin etkileri değerlendirilmiştir. Bu yağış miktarlarının seçilmesinin nedeni Göksun'da uzun dönem ortalamalarına göre yağış şiddetlerinin 84,5 günü (% 81)10 mm' nin altındaki az şiddetli, 15,8 günü (% 15,1) 10-25 mm arasında, 4 günü (% 3,5) 25-50 mm

arasında, 0,4 günü (% 0,4) ise 50 m'nin üzerindeki yağışlardan oluşmasıdır (Karabulut ve ark., 2008). Yağışlarda meydana gelen % 5, % 10, % 15, % 20, % 25, % 30, % 35 ve % 50 oranındaki değişimlerin etkileri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler mart ve nisan ayları için ayrı ayrı yapılmıştır. Karabulut ve ark. (2008) Göksun istasyonuna ait yağış trendinde özellikle ilkbahar yağışlarında azalmalar görüldüğünü bildirmiştir. Bu nedenle değerlendirmelerin ilkbahar ayları için yapılması kararlaştırılmıştır. Ancak mayıs ayında meydana gelen yağışların çok az olduğu görüldüğünden değerlendirmeler sadece mart ve nisan ayıyla sınırlanmıştır.

3.2.8.2. Arazi kullanım değişikliği senaryoları

Çalışmada kullanılan arazi kullanım değişikliği senaryolarının birincisi orman alanlarının mera, tarım ve yerleşim alanlarına dönüşmesi şeklindedir. Burada orman alanlarının % 60, % 80 ve % 100 ünün diğer kullanım alanlarına dönüşmesi durumları değerlendirilmiştir.

İkinci senaryo olarak ise kabaca oluşturulan arazi kabiliyet sınıfları haritası kullanılmıştır. Bu haritadaki arazi kullanım sınıfları ve özellikleri çizelge 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Arazi kabiliyet sınıflarında dikkate alınan özellikler

Arazi Kullanım Şekli	Atandığı alanın özellikleri	Atanan akış katsayısı
Orman	Diğer arazi kullanım tipleri belirlendikten sonra geriye kalan alanlar	0,15 ¹ (orman alanlarının tamamı 3 kapalı)
Mera	2000 m nin üzerinde bulunan ve amenajman planına göre "OT"(Orman toprağı) alanları	0,30 ² (mera alanlarının durumu iyi mera)
Tarım	Eğimi %20 den küçük, 1467 m nin altında ve amenajman planına göre "Z"(Ziraat) alanları	0,4 ³
Kayalık	Amenajman planına göre "T"(Taşlık), "OT-T"(Orman toprağı taşlık) ve "Oc"(maden ocağı) alanları	0,9 ²
Yerleşim	Amenajman planına göre "İs"(İskan) alanları	0,3 ³

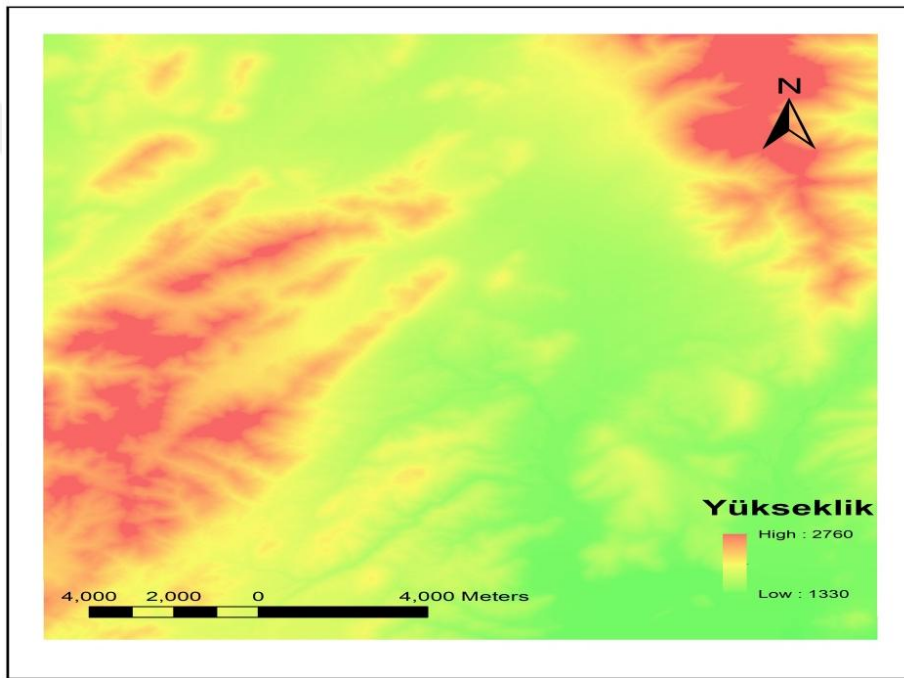
¹MDOT (2006); ²Balcı ve Öztan (1987); ³ASCE (1960)

Bu senaryoların gerçekleştirilmesi için gerekli veriler arcgis 10.0 bilgisayar programı ve excel paket programı kullanılarak elde edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

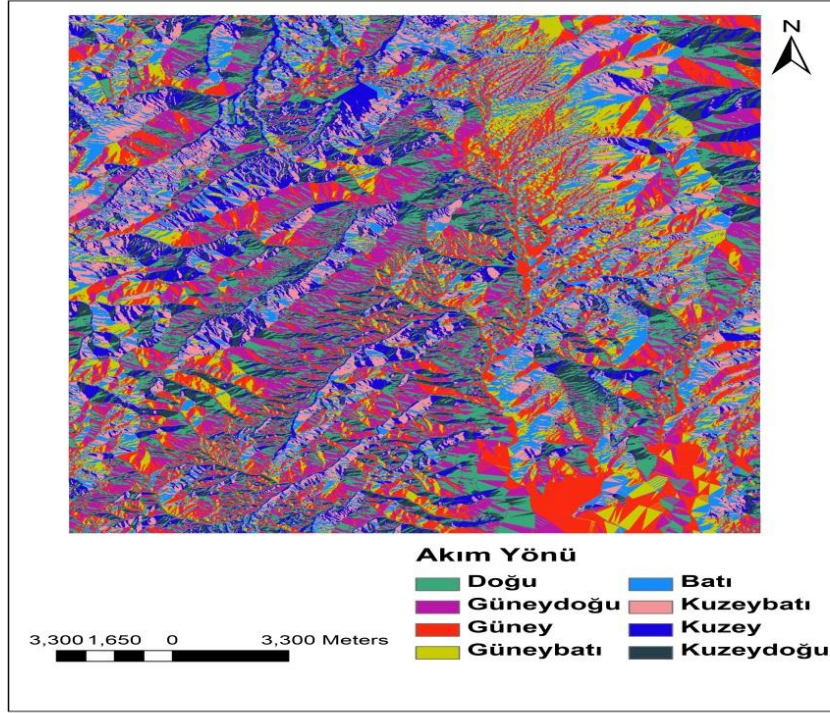
4.1. Ana Havza, Alt Havzalar ve Akarsu Ağı

Ana havza ve alt havza sınırları ile akarsu ağının belirlenmesi için gerekli olan temel veri dem verisidir (Şekil 4.1). Digital elevation model (DEM) dünya yüzeyinin şeklini ifade eden dijital veri olarak tanımlanabilir. DEM verisindeki her bir piksel yükseklik ve koordinat bilgilerini içermektedir (Küçükdoğan, 2013). DEM verisi elde edildikten sonra havza sınırlarının belirlenmesi için yapılacak işlem dem verisindeki hataların düzeltilmesi ve akım yönlerinin belirlenmesidir.



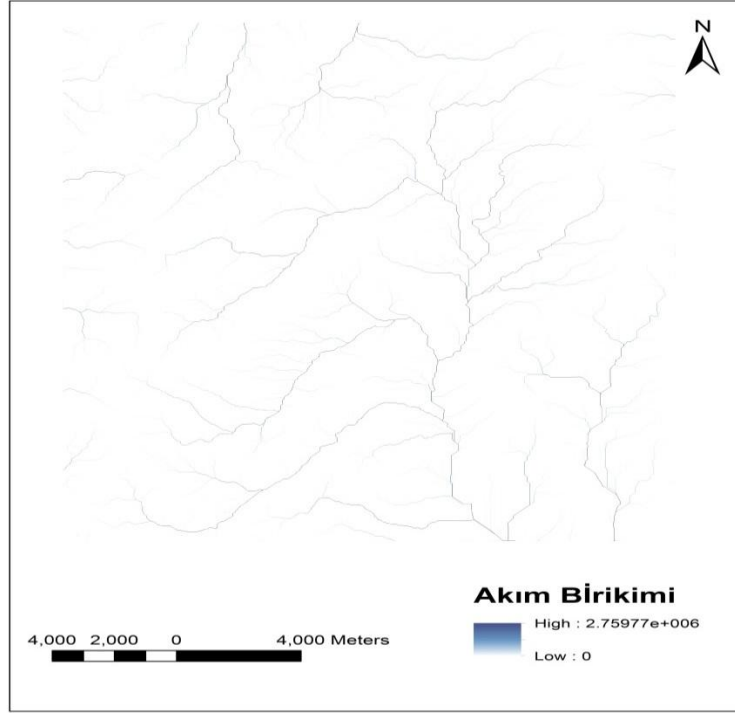
Şekil 4.1. Terbüzek Deresi Yağış Havzası sayısal yükseklik modeli

Havza içindeki herhangi bir yerdeki suyun hangi yöne doğru hareket edeceğini gösteren akım yönü haritası şekil 4.2’de gösterilmiştir.

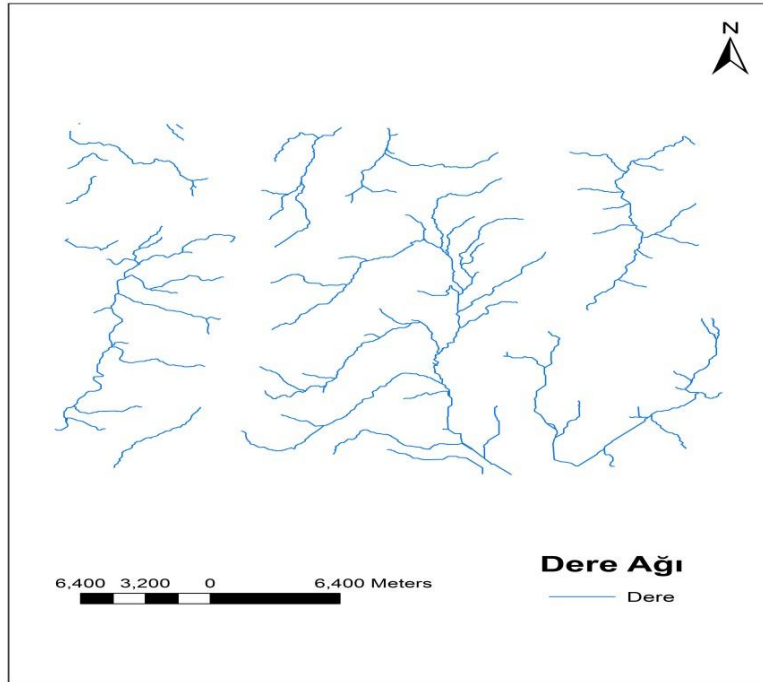


Şekil 4.2. Terbüzek Deresi Yağış Havzası akım yönü haritası

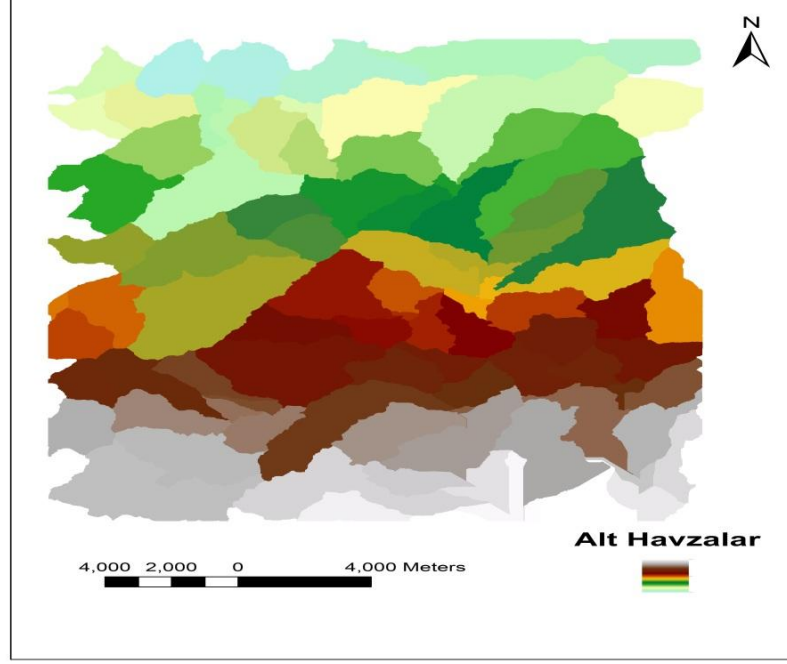
Akım yönü haritası kullanılarak oluşturulan akım birikim haritası şekil 4.3'de gösterilmiştir. Havzada akım yönü boyunca akışa geçen suların toplandığı yerleri temsil eden akım birikimi verisi aynı zamanda havzadaki dere ağı da temsil etmektedir. Terbüzek deresi ve kuru derelerden oluşan dere ağı şekil 4.4'de gösterilmiştir. Çalışma alanını da içine alan alt havzalar şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Terbüzek Deresi Yağış Havzası akım birikimi haritası

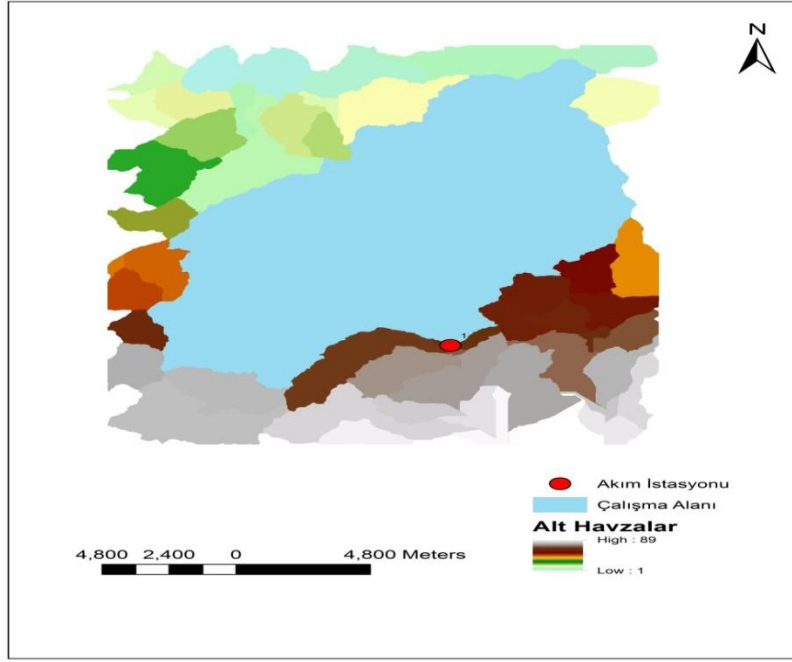


Şekil 4.4. Terbüzek Deresi Yağış Havzası dere ağı haritası



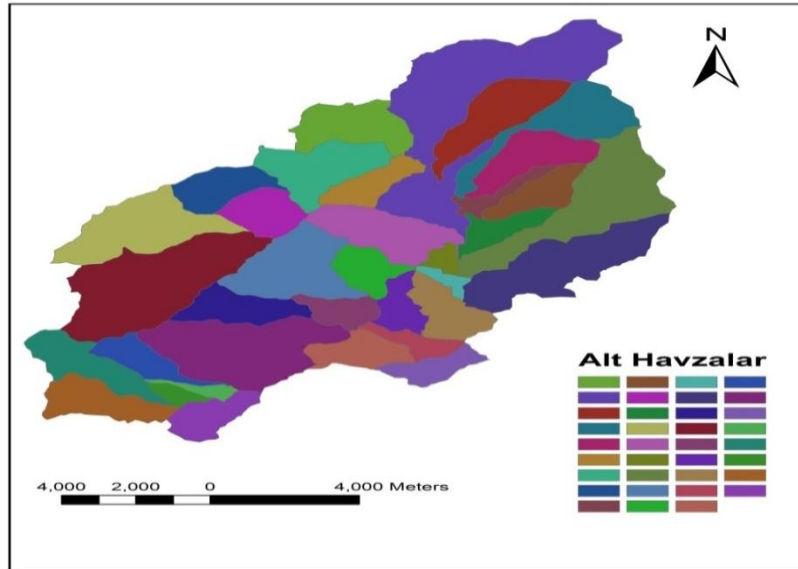
Şekil 4.5. Terbüzek Deresi Yağış Havzası alt havzalar haritası

Bu haritada çalışma alanı ve etrafındaki diğer havzalar birlikte gösterilmektedir. Elde edilen bu harita raster formatından vektör formatına dönüştürülerek her bir alt havzanın sınırları belirlenmiştir (Şekil 4.6). Bir sonraki aşamada çalışma alanına ait çıkış noktasını belirledikten sonra çalışma alanının sınırları program tarafından otomatik olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Terbüzek Deresi Yağış Havzası'nda alt havzaların sınırları

Ardından çalışma alanı sınırları raster formatından vektör formatına dönüştürülerek alt havza katmanını ile çakıştırılmıştır. Böylece alt havzalardan oluşan ana havza alanı şekil 4.7' daki gibi belirlenmiştir.

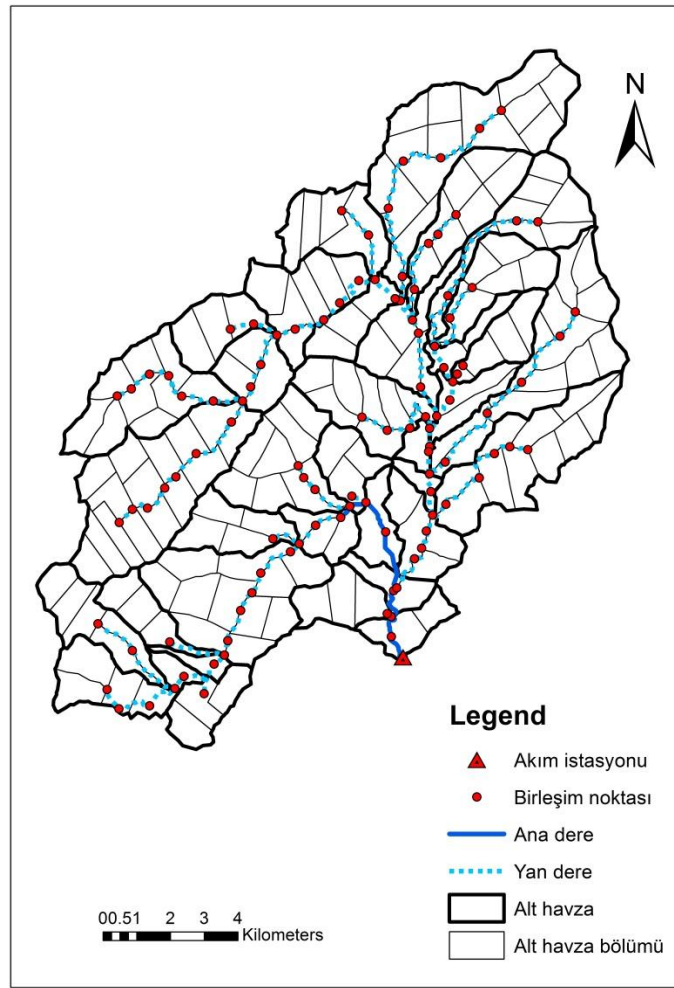


Şekil 4.7. Alt Havzalardan Oluşan Ana Havza Alanı Haritası

Elde edilen bu harita üzerinden her bir alt havzanın alanı belirlenmiştir. Buna göre ana havzanın toplam alanı ve çevre uzunluğu sırasıyla 19696,0354 ha ve 74,048 km olarak

bulunmuştur. Havzanın alanı çeşitli havza amenajmanı uğraşlarında en çok kullanılan ve değişik hesaplamalara projeksiyonlara temel teşkil eden bir havza unsurudur. Özellikle hidrolojik değerlendirmelerde havzaya düşen yağış miktarının hesabı ve yağış-akış arasındaki ilişkilerde alan daima ön planda gelir (Özyuvacı,1976).

Modelin doğruluğunu artırmak amacıyla alt havzaların daha küçük parçalara bölünmesi yapılan önceki çalışmalarda tavsiye edilmektedir. Bu nedenle coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak alt havzalar daha küçük parçalara ayrılmıştır. SWMM programında hidrolojik modelleme için gerekli olan bileşenlerin coğrafi konumları ve gerekli özellikleri CBS ile elde edilmiştir. Her bir bileşenin coğrafi konumu şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8. SWMM’ de kullanılan bileşenlerin coğrafi konumları

4.2. Havzanın fizyografik özellikleri

4.2.1. Havzanın şekli

4.2.1.1. Form faktörü

Havzaya düşen yağışın derelere ulaşma hızı ve zamanını etkileyen bir havza karakteristiği olup aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$F = 18 / 14 = 1,3$ olarak belirlenmiştir.

Ortalama genişlik (b) havza uzunluğuna eşit olduğunda form faktörü 1'e eşittir. Araştırma alanlarının genişliği havza uzunluğundan daha büyük olduğu için form faktörü 1'den büyük çıkmıştır. Bu sonuçlara göre havzadaki şiddetli yağışların pike ulaşma süresi aynı alana sahip dar havzalara göre daha uzundur. Çünkü suların toplanma zamanı daha uzun zaman almaktadır.

4.2.1.2. Dairesellik oranı

Terbüzek deresi yağış havzasının dairesellik oranı;

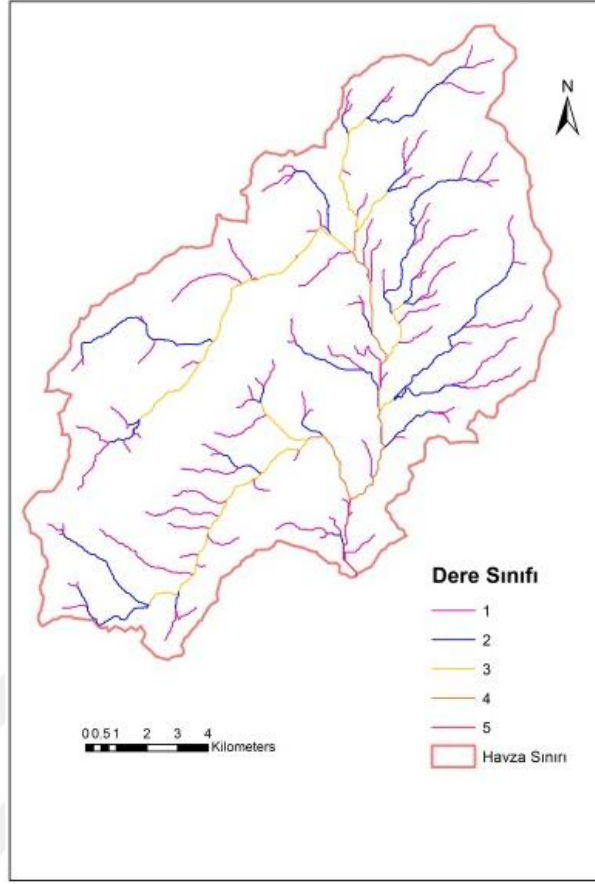
$R_c = 19696,0354 / 45692,5525 = 0,43$ olarak bulunmuştur. Jeolojik yapı bakımından homojenlik gösteren havzalarda bu oran 0,6-0,7 arasında değişmekte ve havza şekilleri arasında büyük bir benzerlik görülmektedir. Buna karşılık, heterojen bir jeolojik yapıya sahip olan havzalarda bu oran 0,4-0,5 arasında değişebilmektedir (Hızal, 1984; Özhan, 2004).

4.2.1.3. Uzunlaşma oranı

Terbüzek deresi yağış havzasının uzunlaşma oranı; $8,1 / 14 = 0,58$ olarak bulunmuştur. Bu değer havza şeklinin dar veya geniş olduğunu gösteren bir parametredir. Çok değişik iklim ve jeolojik özellikler gösteren bölgelerde bu oranın 0,6-1,0 arasında değiştiği, bu oranın 1,0 olmasının alçak topoğrafyayı temsil ettiği ancak 0,6-0,8 arasındaki değerlerin genellikle dik ve sarp bir topoğrafik durumu ifade ettikleri ifade edilmektedir (Balcı ve Özyuvacı, 1988).

4.2.1.4. Havzanın drenaj durumu

Havzanın drenajını sağlayan derelerin sıraları ve durumu aşağıdaki şekil 4.58'de gösterilmiştir. Bu şekilden de görülebildiği gibi araştırma alanlarında üç sınıf dere bulunmaktadır (Şekil 4.9). Terbüzek deresinde 1137 adet dere sayısı vardır (Çizelge 4.1).



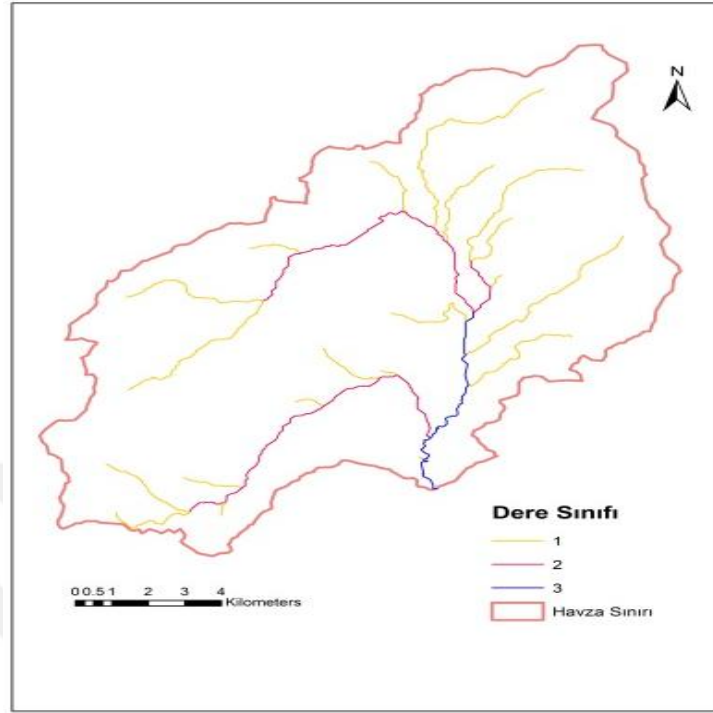
Şekil 4.9. Terbüzek Deresi Yağış Havzası dere sınıfları haritası

Çizelge 4.1. Terbüzek deresi yağış havzasında dere sınıflarının durumu

Dere Sınıfları	Adedi
1 Sıra No	530
2 Sıra No	356
3 Sıra No	60
4 Sıra No	112
5 Sıra No	79
Toplam	1137

Bu şekilde belirlenen derelerin uzunlukları ise Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yararlanılmış ve uzunluklarını da öznitelik tablosunda oluşturulmuştur. Dere sayısı belirlenirken hem devamlı hem de periyodik dereler dikkate alınmıştır. SWMM bilgisayar programında

buradaki derelerin tamamı göz önünde bulundurulmamıştır. SWMM programına veri sağlanan dere sınıfları şekil 4.10' de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. SWMM programına veri sağlanan dere sınıfları haritası

4.2.1.5. Dere sıklığı ve drenaj yoğunluğu

Terbüzek deresi yağış havzasının dere sıklığı;

$D_s = 1137 / 196,96 = 5,77$ olarak bulunmuştur. Dere sıklığı bir indeks olarak tek başına havzanın drenaj durumunu göstermekte yeterli olmamaktadır. Çünkü alanları ve dere sıklıkları aynı olan iki havzanın drenaj durumu birbirinden farklı olabilmektedir.

Terbüzek deresi yağış havzasının drenaj yoğunluğu;

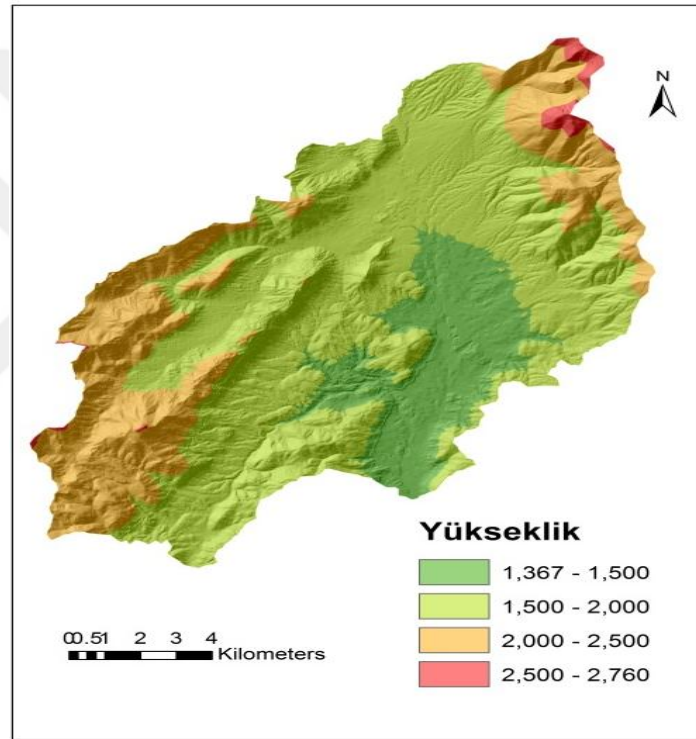
$$D_y = 212,92 / 196,96 = 1,08$$

Drenaj yoğunluğu havzadaki birim alana isabet eden ortalama dere uzunluğunu ifade etmektedir. Genel olarak küçük drenaj yoğunluğu değerleri reliyefin alçak olduğu ve arazinin sık bir vejetasyonla kaplı bulunduğu havzalarda ve alt toprağın çok dayanıklı veya geçirgen olduğu bölgelerde görülmektedir. Buna karşılık büyük drenaj yoğunluğu değerleri ise daha ziyade dağlık ve vejetasyonun seyrek olduğu ve alt toprağın da dayanıksız veya geçirgenliğinin az olduğu yerlerde söz konusudur. Bir havzanın dere sıklığı ve drenaj yoğunluğu ne kadar yüksekse, o havzada mevcut dere ve akarsu şebekesinin yağış sularını boşaltma yeterliliği de o derece yüksektir (Balcı, 1978).

4.2.2. Havzanın ortalama yüksekliği

Terbüzek Deresi Yağış havzasının ortalama yüksekliği 1798 m olarak belirlenmiştir. Terbüzek Deresi yağış havzasının sayısal yükseklik haritasına göre en düşük noktası 1367 m ve en yüksek noktası 2760 m'dir. Havzanın en yüksek kesimlerinde kış periyodunda kar birikimi olduğu görülmektedir.

İlkbahar ayının başlarında karlar eridiği zaman yüzeysel akış olayı görülmektedir. Havzanın ortalama yüksekliği Türkiye'nin ortalama yüksekliğinden (1132 m) daha fazladır (Şekil 4.11). Havza bu niteliği ile dağlık ve engebeli arazi yapısına sahiptir (Reis ve ark., 2011).



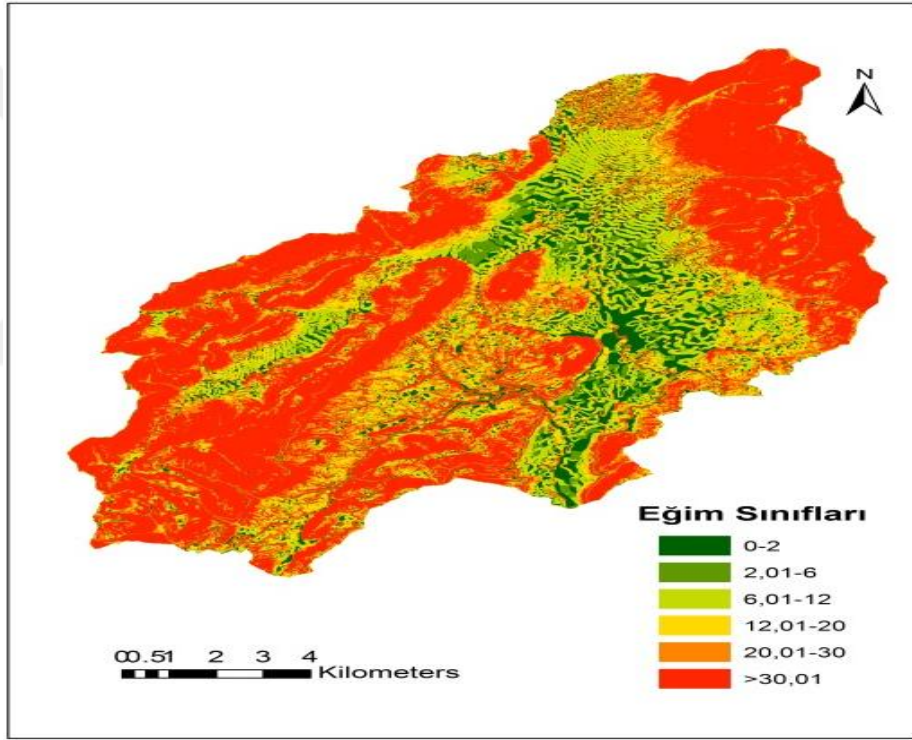
Şekil 4.11. Terbüzek Deresi Yağış Havzası yükselti haritası

4.2.3. Havzanın ortalama eğimi

Topoğrafya öğelerinden eğim, havza amenajmanında gerek hidrolojik gerekse su erozyonu bakımından büyük önem taşır. Havzanın ortalama eğimi ise yüzeysel akışın oluşmasında ve dolayısıyla dere akımına ait hidrografın şekli ve pik akım oluşumunda önemli bir etkidir. Havzanın ortalama eğimi % 29.26 olarak bulunmuştur. Havzanın eğim sınıflarını gösteren harita şekil 4.12'da, her bir sınıfa isabet eden alan ve oran ise çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Terbüzek Deresi Yağış Havzası'nda Eğim Sınıflarının Alansal Ve Oransal Dağılımı

Eğim Sınıfları	Alan (ha)	Oran (%)
Düz (0-2)	1706	8.66
Hafif (2-6)	895	4.54
Orta(6-12)	2130	10.81
Dik(12-20)	2644	13.42
Çok Dik(20-30)	3026	15.36
Sarp(>30)	9295	47.19
Toplam	19696	100.00

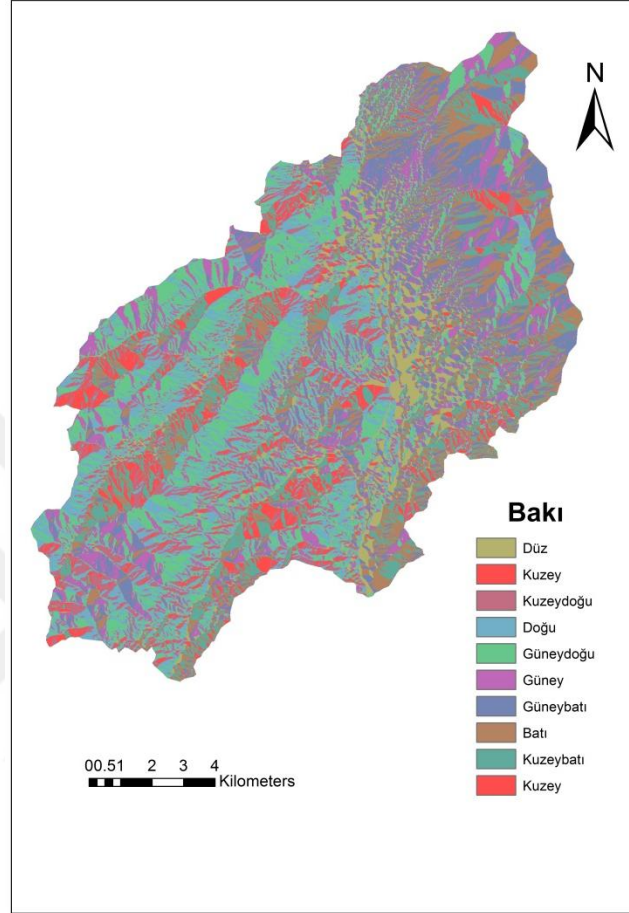


Şekil 4.12. Terbüzek Deresi Yağış Havzası eğim sınıfları haritası

Araştırma alanının eğim haritasına göre yapılan değerlendirmede, havzanın sadece % 13.21'ini düz ve hafif eğime sahipken, % 62.56'sını çok dik ve sarp eğime sahiptir. Havzanın bu kadar eğimli olması, erozyon ve sedimentasyon problemini de artırmaktadır.

4.2.4. Havzanın bakı durumu

Araştırma alanları genel olarak güney bakı grubu (Güney, Güneydoğu, Güneybatı) içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Terbüzek Deresi Yağış Havzası bakı haritası

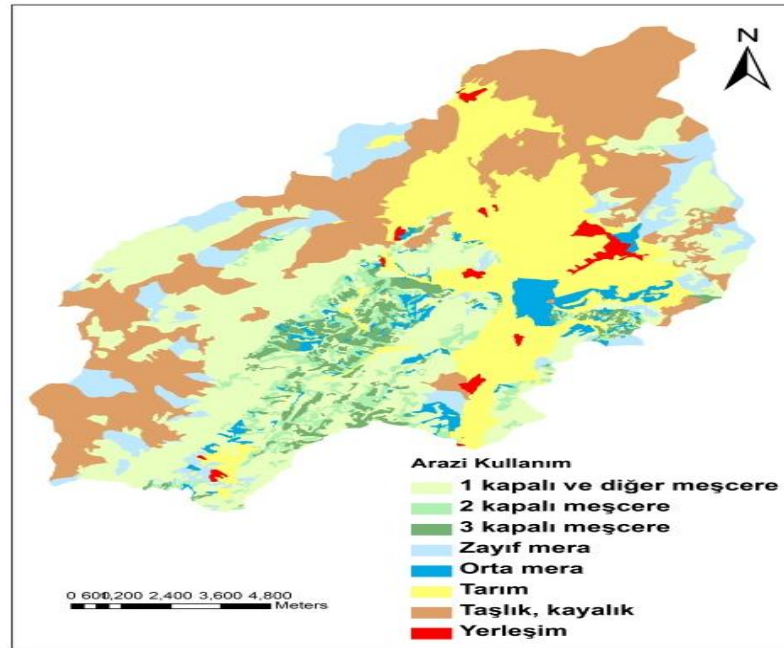
Araştırma alanlarının genel bakı durumu ve bu bakılara karşılık gelen alanlar aşağıdaki Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Terbüzek Deresi Yağış Havzasında bakı sınıflarının alansal ve oransal dağılımı

Bakı	Alan (ha)	Oran (%)
Düz	1277	6.5
Kuzey	631	3.2
Kuzeydoğu	1559	7.9
Doğu	2633	13.4
Güneydoğu	3570	18.1
Güney	2393	12.1
Güneybatı	2511	12.7
Batı	2323	11.8
Kuzeybatı	2077	10.5
Kuzey	722	3.7
Toplam	19696	100.0

4.2.5. Arazi kullanma şekli

Orman amenajman planı ve uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen arazi kullanım haritası şekil 4.14' de, her bir arazi kullanımının alansal ve oransal dağılımı ise çizelge 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Terbüzek Deresi Yağış Havzası arazi kullanım durumu haritası

Çizelge 4.4. Terbüzek Deresi Yağış Havzası arazi kullanım durumunun alansal ve oransal dağılımı

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Oran (%)
1 kapalı ve diğer meşcere	5856	29.73
2 kapalı meşcere	910	4.62
3 kapalı meşcere	743	3.77
Zayıf mera	1627	8.26
Orta mera	670	3.4
Tarım	3939	20
Taşlık, kayalık	5735	29.12
Yerleşim	216	1.1
Toplam	19696	100

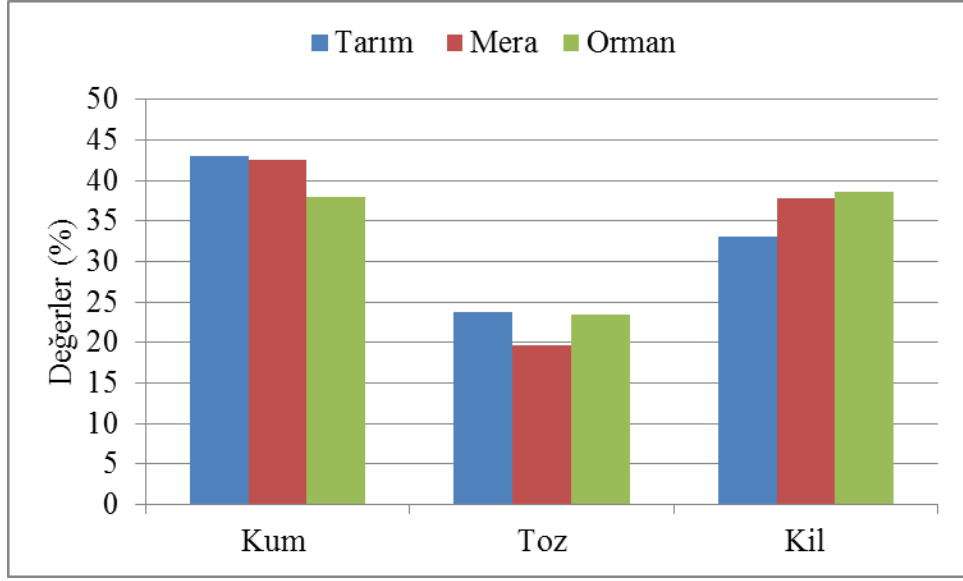
Terbüzek Deresi Yağış Havzasının % 38.13'ü orman, % 11,66'sı mera, % 20'si tarım, % 29.12'si taşlık, kayalık ve % 1.10'u yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Orman alanlarının büyük bir kısmının 1 kapalı ve diğer meşcerelerden oluşmaktadır. Çalışma alanında yer alan meraların ise çoğunluğu bozuk mera durumundadır.

4.3. Araştırma Alanı Topraklarına Ait Bazı Özelliklerin Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Olarak Değişimi

4.3.1. Üst toprak kademesinde (0-20 cm)

4.3.1.1. Kum, toz ve kil oranları

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama kum yüzdeleri tarım topraklarında % 43.08, mera topraklarında % 42.56 ve orman topraklarında % 37.99; ortalama toz yüzdeleri tarım topraklarında % 23.78, mera topraklarında % 19.57 ve orman topraklarında % 23.46; ortalama kil yüzdeleri ise tarım topraklarında % 35.14, mera topraklarında % 37.87 ve orman topraklarında % 38.55'dir (Şekil 4.15).

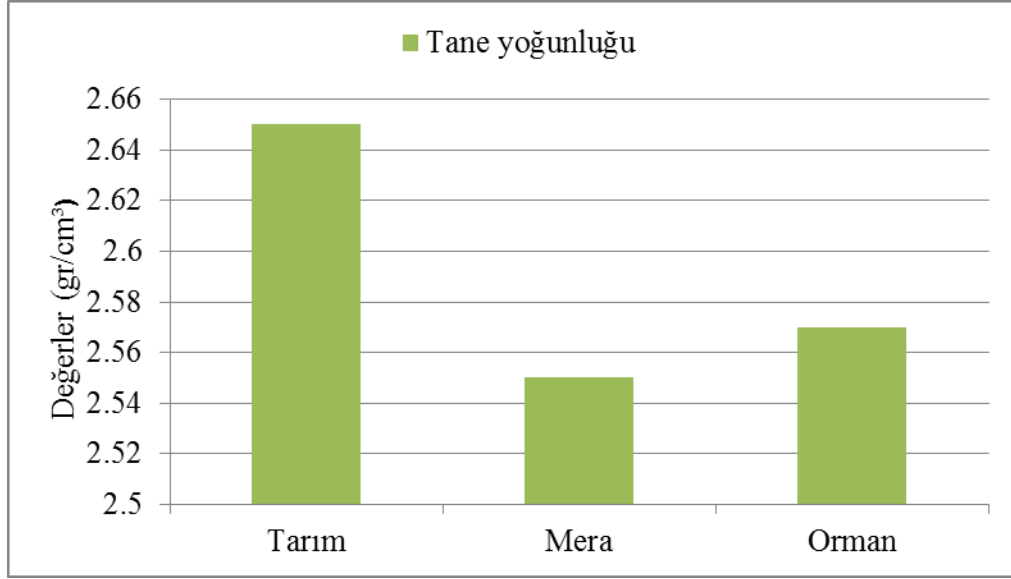


Şekil 4.15. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile kum, toz ve kil değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Yapılan korelasyon analizi sonucunda kum değerleri ile kil ve su tutma kapasitesi değerleri arasında negatif yönde kuvvetli, kum değerleri ile dispersiyon oranı değerleri arasında pozitif yönde kuvvetli ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Ayrıca, kil değerleri ile su tutma kapasitesi arasında pozitif yönde kuvvetli ve dispersiyon oranı ile negatif yönde kuvvetli ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

4.3.1.2. Tane yoğunluğu

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama tane yoğunluğu değerleri tarım topraklarında 2.65 gr/cm³, mera topraklarında 2.55 gr/cm³ ve orman topraklarında 2.57 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.16).

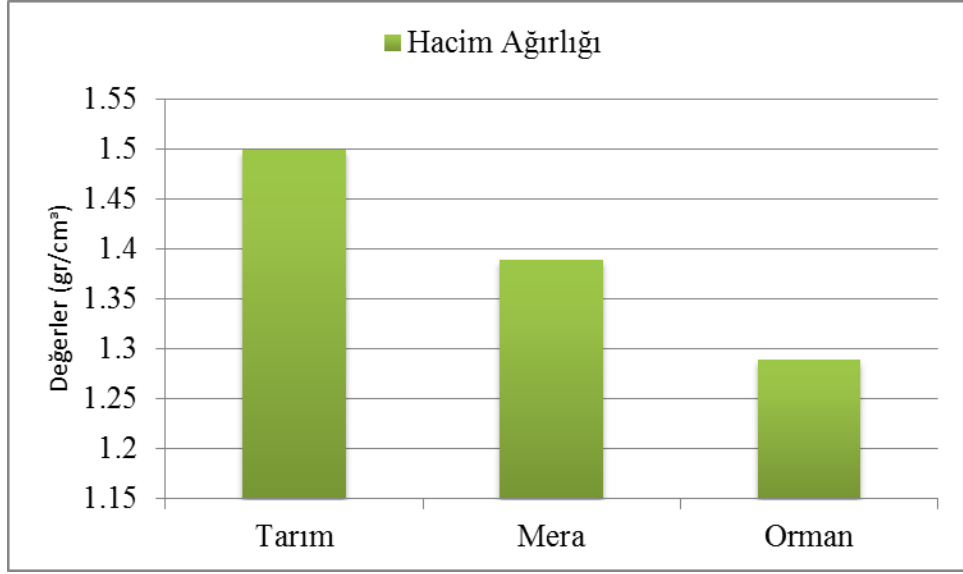


Şekil 4.16. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama tane yoğunluğu değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile tane yoğunluğu değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Tane yoğunluğunun tarım topraklarında diğer arazi kullanım şekillerine göre daha yüksek değerler almış olması toprakların organik madde miktarını ifade eden ateşte kayıp miktarının azlığına bağlı olduğu düşünülmektedir. Nitekim Özyuvacı (1978) yaptığı çalışmasında araştırma sahası topraklarının hacim ağırlığı, tane yoğunluğu ve gözenek hacmi değerleri arasındaki farklılıkların litojenik etkenler yanında organik madde içeriğine bağlı olarak değiştiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde, Bozali (2003), tane yoğunluğunun tarım topraklarında yüksek olmasının sebebini, organik madde miktarının azlığına bağlı olabileceğini belirtmiştir.

4.3.1.3. Hacim ağırlığı

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama hacim ağırlığı değerleri tarım topraklarında 1.5 gr/cm³, mera topraklarında 1.39 gr/cm³ ve orman topraklarında 1.29 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.17).

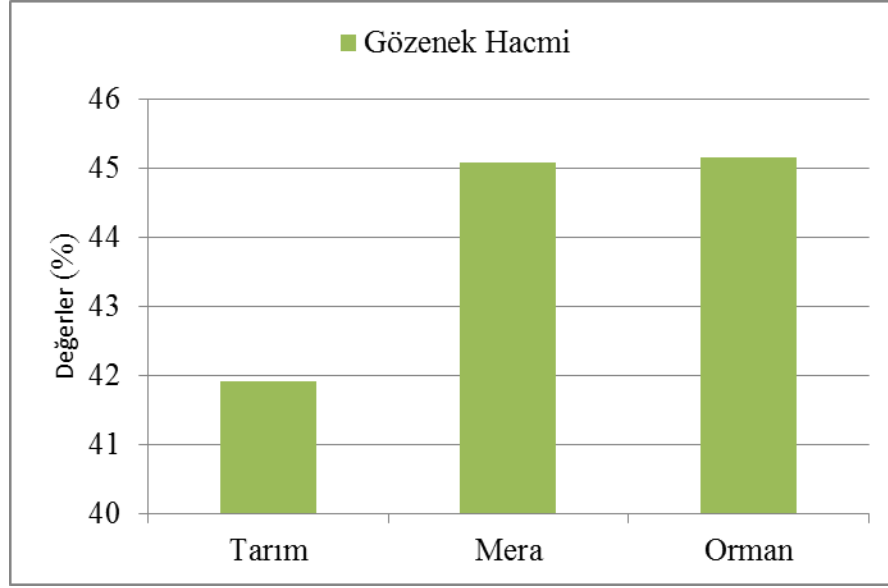


Şekil 4.17. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama hacim ağırlığı değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile hacim ağırlığı değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Yapılan korelasyon analizi sonucunda hacim ağırlığı değerleri ile gözenek hacmi değerleri arasında negatif yönde kuvvetli ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Hacim ağırlığı orman topraklarında en düşük değerini, tarım topraklarında ise en yüksek değerini almıştır. Bozali (2003) hacim ağırlığı değerlerinin diğer arazi kullanım şekilleri ile karşılaştırıldığında tarım alanlarında daha yüksek olmasına sebep olarak tarım alanlarının organik madde ve kök miktarı açısından daha düşük değerlere sahip olmasını göstermiştir. Ayrıca bu toprakların işlenmesi nedeniyle boşluk hacimlerinin azalacağını ve dolayısıyla hacim ağırlığının artacağını belirtmiştir.

4.3.1.4. Gözenek hacmi

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama gözenek hacmi değerleri tarım topraklarında % 41.91, mera topraklarında % 45.09 ve orman topraklarında % 45.16 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.18).

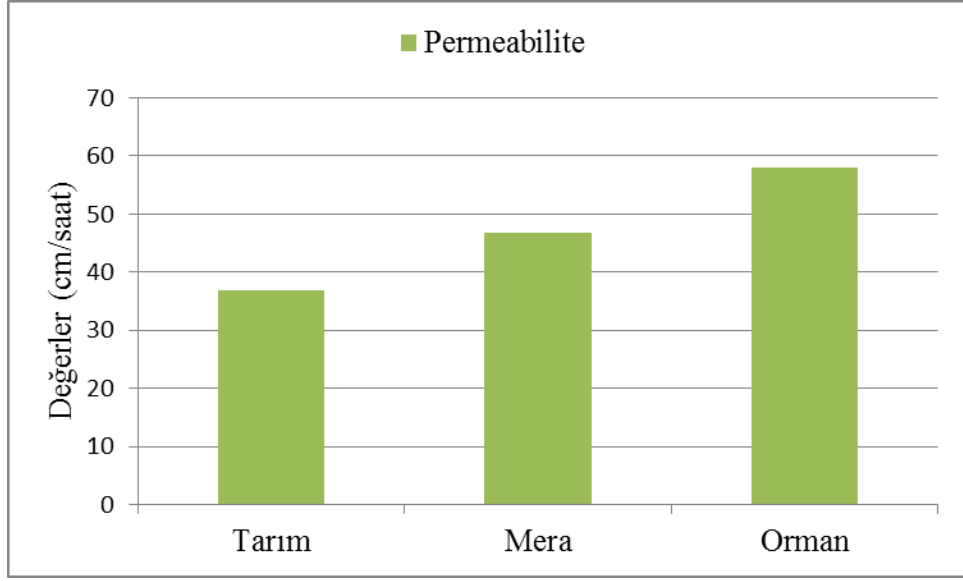


Şekil 4.18. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama gözenek hacmi değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile gözenek hacmi değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Orman topraklarında ateşte kayıp değerlerinin daha yüksek olması, ölü örtünün daha fazla bulunması ve organik madde ve ölü örtünün toprağa granüler yapı kazandırması, ağaçların kökleri vasıtasıyla toprak içinde boşluklar ortaya çıkarması ve toprak canlılarının yaşamına olanak sağlaması gibi nedenlerden dolayı gözenek hacmi değerlerinin orman topraklarında daha yüksek çıkmasını sağlamıştır. Nitekim Özyuvacı (1978) orman topraklarında hacim ağırlığı ve tane yoğunluğu değerlerinin düşük olduğu için gözenek hacmi değerlerinin büyük olduğunu ve özellikle hacim ağırlığı azaldıkça yani birim hacim kapsamına giren mineral toprak kitlesi azaldıkça gözenek hacminin de artmakta olduğunu ifade etmektedir. Balcı (1969) İç Anadolu' da yaptığı jeolojik yapı, topoğrafya ve toprak derinliğinin erodibilite ile ilgili toprak özelliklerinin toprak özellikleri üzerindeki etkilerini incelediği bir araştırmada gözenek hacmi ile hacim ağırlığı değerleri arasında çok yüksek ve anlamlı negatif korelasyonun olduğunu belirtmiştir.

4.3.1.5. Permeabilite

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama permeabilite değerleri tarım topraklarında 36.95 cm/saat, mera topraklarında 46.88 cm/saat ve orman topraklarında 57.96 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19).

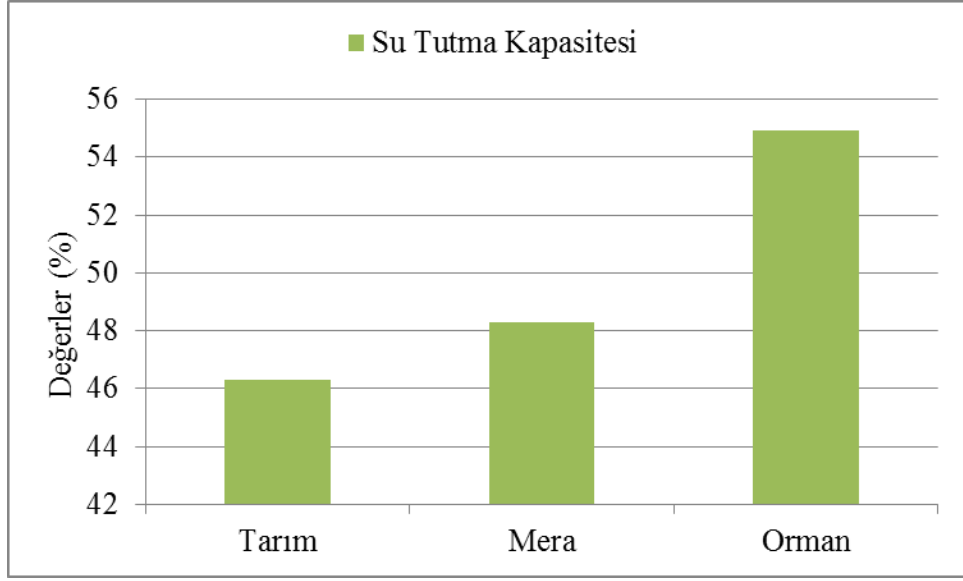


Şekil 4.19. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile permeabilite değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Ortalama permeabilite değerleri en yüksek değerini orman topraklarında almıştır. Bunu sırasıyla mera ve tarım toprakları izlemiştir. Orman topraklarının organik maddece zengin olmaları, iyi bir strüktür yapısına sahip olmaları ve kökleri ile boşluk hacmini artırmalarından dolayı daha geçirgen koşullara sahiptir. Nitekim Kantarcı (1987) üst toprağın daha kumlu, organik maddece zengin, iri gözenekli ve kırıntılı içyapıda oluşunun toprağın geçirgenliğinin yüksek olmasını sağladığını belirtmektedir.

4.3.1.6. Su tutma kapasitesi

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama su tutma kapasitesi değerleri tarım topraklarında % 46.31, mera topraklarında % 48.28 cm/saat ve orman topraklarında % 54.92 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.20).

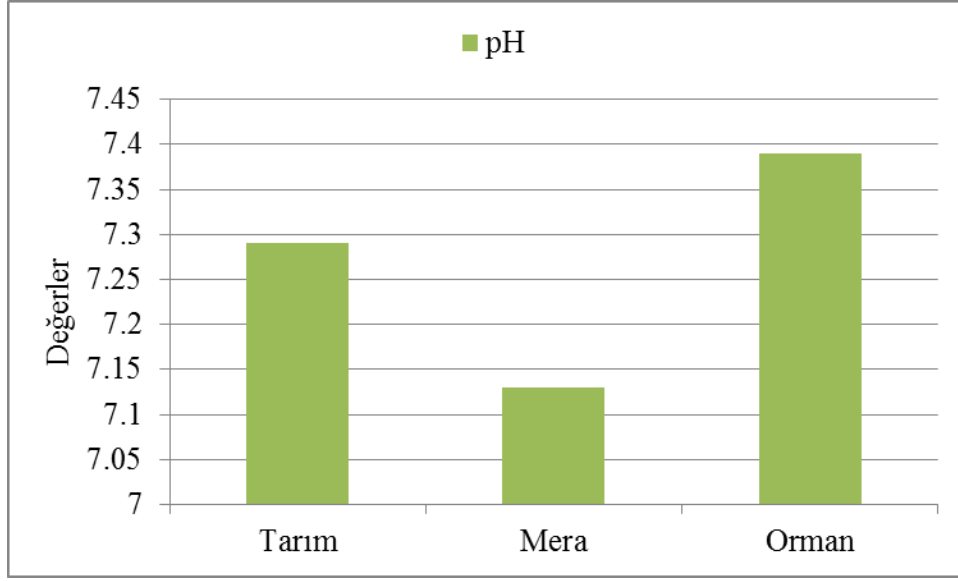


Şekil 4.20. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama su tutma kapasitesi oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile su tutma kapasitesi değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Ortalama su tutma kapasitesi değerleri en yüksek değerini orman topraklarında alırken, bunu sırasıyla mera ve tarım toprakları izlemiştir. Tarım topraklarında su tutma kapasitelerinin düşük olması yüksek kum değerlerinden kaynaklanmaktadır. Nitekim, yapılan korelasyon analizi sonucunda su tutma kapasitesi değerleri ile kum değerleri arasında negatif yönde kuvvetli, su tutma kapasitesi değerleri ile kil değerleri arasında pozitif yönde kuvvetli ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Benzer şekilde, Aydın (2000) yaptığı yüksek lisans çalışmasında tarım topraklarında su tutma kapasitelerinin orman ve mera topraklarına göre düşük olmasında toprakların hacim ağırlığı değerleri ile tane yoğunluğu değerlerinin etkili olduğunu belirtmiştir.

4.3.1.7. pH

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama pH değerleri tarım topraklarında 7.29, mera topraklarında 7.13 ve orman topraklarında 7.39 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21).

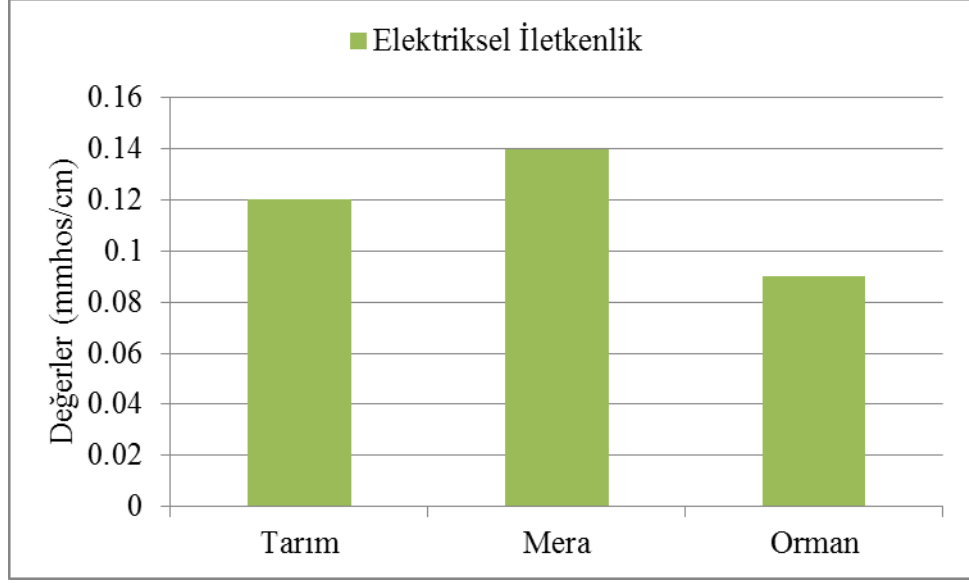


Şekil 4.21. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama pH değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile pH değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5).

4.3.1.8. Elektriksel iletkenlik

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama elektriksel iletkenlik değerleri tarım topraklarında 0.12 mmhos/cm, mera topraklarında 0.14 mmhos/cm ve orman topraklarında 0.09 mmhos/cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.22).

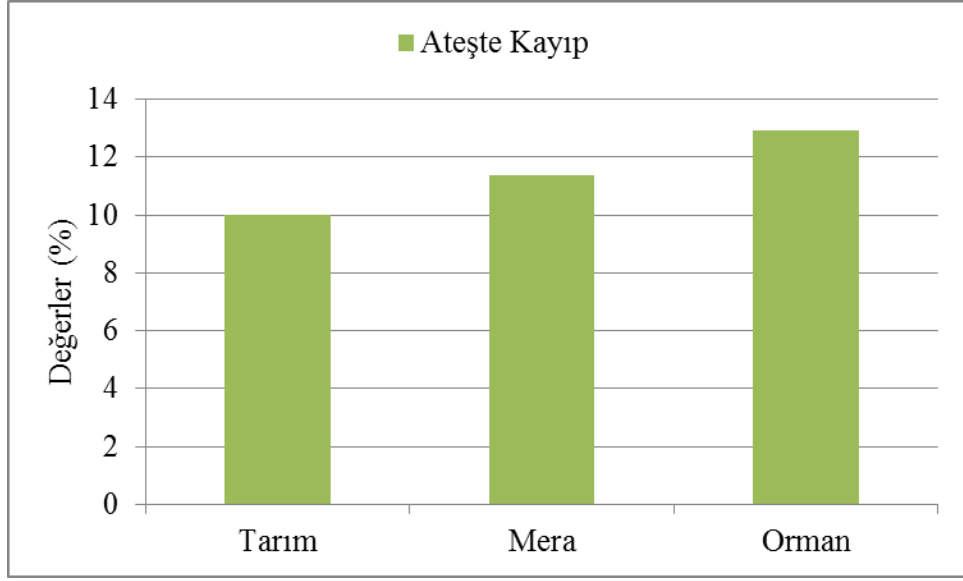


Şekil 4.22. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile elektriksel iletkenlik değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Demir ve ark., (2012) Uğrak Havzası'nda yaptıkları çalışmada benzer şekilde en yüksek elektriksel değerini mera topraklarında en düşük elektriksel değerini orman topraklarında tespit etmiştir.

4.3.1.9. Ateşte kayıp

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama ateşte kayıp değerleri tarım topraklarında % 9.99, mera topraklarında % 11.37 ve orman topraklarında % 12.93 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.23).

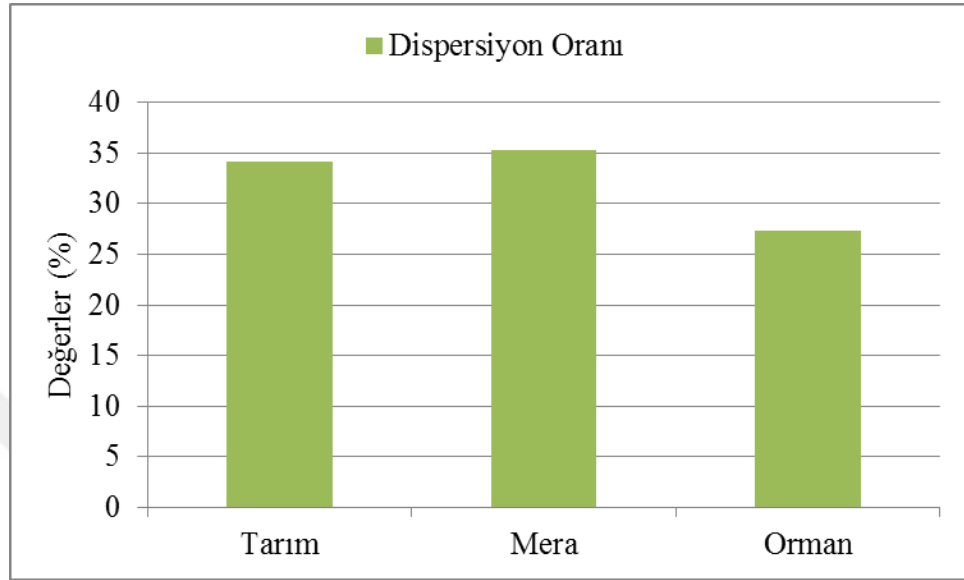


Şekil 4.23. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ateşte kayıp oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile ateşte kayıp değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). Karagül (1994) belirttiği üzere, orman toprakları sahip oldukları ölü örtü ve humus nedeni ile daha fazla organik madde içerdiğinden daha yüksek ateşte kayıp değerleri vermektedir. Tarım toprakları da orman ve mera topraklarına nazaran daha az organik madde değerlerine sahip olduklarından en düşük ateşte kayıp değerlerini almıştır. Benzer şekilde, Aydın (2000) Giresun Yağlıdere yağış havzasında yaptığı yüksek lisans çalışmasında orman topraklarının ateşte kayıp değerlerini tarım ve mera topraklarına göre daha yüksek bulmuştur.

4.3.1.10. Dispersiyon oranı

Araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde ortalama dispersiyon oranı değerleri tarım topraklarında % 34.16, mera topraklarında % 35.29 ve orman topraklarında % 27.30 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Araştırma alanı üst topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile dispersiyon oranı değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5). Elde edilen değerlere göre dispersiyon oranlarının araştırma alanındaki bütün toprak gruplarında 15'den büyük olduğu dolayısıyla toprakların erozyona duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bozali (2003), arazi kullanım yoğunluğu arttıkça erozyon eğiliminin de arttığını belirtmiştir. Orman topraklarındaki dispersiyon oranı değerlerinin tarım ve mera topraklarında daha düşük olmasının nedeni toprak erozyonuna duyarlılığı artırdığı bilinen tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı değerlerinin düşük olmasına bağlıdır (Aydın, 2000). Özyuvacı (1976) belirttiği üzere dispersiyon oranının tarım topraklarında yüksek olmasının nedeni olarak, tarım topraklarının sürekli işlenmesi nedeniyle strüktürlerin bozulmuş olması söylenebilir.

Çizelge 4.5. Terbüzek deresi yağış havzasına ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin varyans analizi

Bazı Toprak Özellikleri	Arazi Kullanım Şekilleri	N	Ortalama	Standart Sapma	F	Önem Seviyesi
Kum (%)	Mera	7	42,56	15,85	0,40278	0,672
	Tarım	12	43,08	13,24		
	Orman	11	37,99	14,89		
Kil (%)	Mera	7	37,87	17,68	0,522	0,599
	Tarım	12	33,14	11,11		
	Orman	11	38,55	13,23		
Toz (%)	Mera	7	19,57	3,47	0,6	0,556
	Tarım	12	23,78	10,31		
	Orman	11	23,46	8,69		
Tane yoğunluğu (gr/cm ³)	Mera	7	2,55	0,07	2,414	0,108
	Tarım	12	2,65	0,12		
	Orman	11	2,57	0,12		
Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Mera	7	1,40	0,11	2,058	0,147
	Tarım	12	1,51	0,15		
	Orman	11	1,39	0,18		
Gözenek Hacmi (%)	Mera	7	45,09	5,67	0,647	0,532
	Tarım	12	41,92	7,04		
	Orman	11	45,16	9,05		
Permeabilite (cm/saat)	Mera	7	57,96	10,67	1,281	0,294
	Tarım	12	36,95	18,00		
	Orman	11	46,88	40,82		
Su tutma Kapasitesi (%)	Mera	7	48,28	15,14	0,897	0,419
	Tarım	12	46,31	13,77		
	Orman	11	54,92	18,19		
pH	Mera	7	7,14	0,56	1,358	0,274
	Tarım	12	7,30	0,22		
	Orman	11	7,40	0,22		
Elektriksel iletkenlik (mmhos/cm)	Mera	7	0,13	0,05	1,302	0,289
	Tarım	12	0,12	0,06		
	Orman	11	0,09	0,05		
Ateşte Kayıp (%)	Mera	7	11,37	1,87	3,72	0,037
	Tarım	12	9,99	3,06		
	Orman	11	12,94	2,39		
Dispersiyon Oranı (%)	Mera	7	35,29	12,13	1,434	0,256
	Tarım	12	34,17	11,08		
	Orman	11	27,30	11,39		

Çizelge 4.6. Terbüzek Deresi Yağış Havzası'na ait toprakların 0-20 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin korelasyon analizi

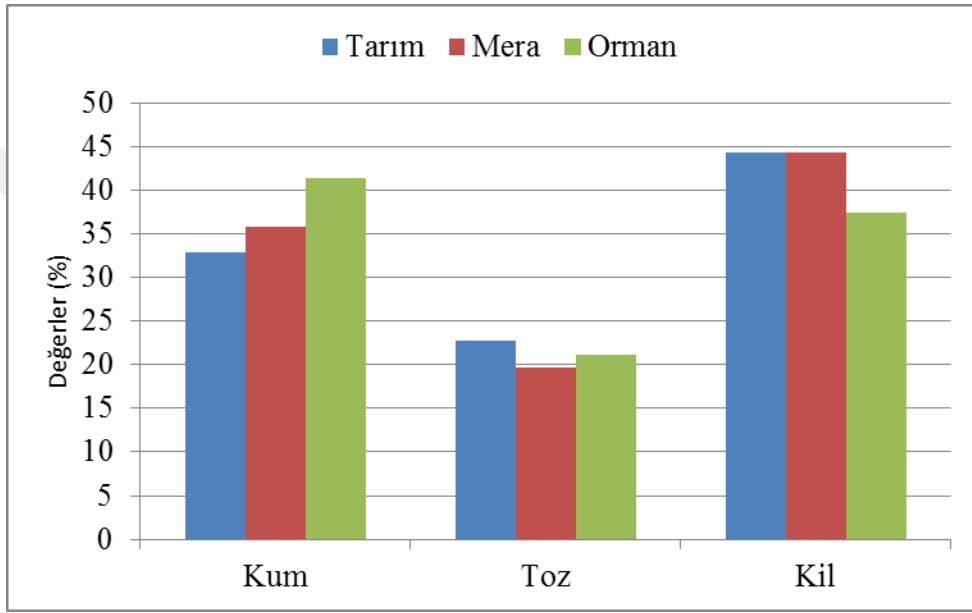
		Arazi Kullanım Şekli	Kum	Kil	Toz	Tane yoğunluğu	Hacim ağırlığı	Gözenek hacmi	Permeabilite	Su tutma kapasitesi	Ph	Elektriksel iletkenlik	Ateşte kayıp	Dispersiyon oranı
Arazi kullanım şekli	Pearson Correlation	1	-0,1393	0,04679	0,15899	0,00051	-0,0634	0,03396	-0,1138	0,18704	0,29949	-0,2949	0,27009	-0,2848
Kum	Pearson Correlation		1	-0,8116**	-0,392*	0,10443	-0,2288	0,10449	-0,3114	-0,9778*	-0,0613	-0,1031	-0,0642	0,9542**
Kil	Pearson Correlation			1	-0,2192	-0,103	0,28792	-0,1664	0,34157	0,74786**	-0,0811	0,1711	0,07109	-0,802**
Toz	Pearson Correlation				1	-0,0122	-0,0712	0,08759	-0,0179	0,45535*	0,23001	-0,0973	-0,0048	-0,3306
Tane yoğunluğu	Pearson Correlation					1	0,02361	0,17575	-0,1065	-0,124	-0,1326	-0,1525	-0,193	0,04031
Hacim ağırlığı	Pearson Correlation						1	-0,7225**	0,3564	0,14322	0,13259	0,03586	-0,173	-0,2083
Gözenek hacmi	Pearson Correlation							1	-0,3891*	-0,0364	-0,0228	0,10453	0,07751	0,12543
Permeabilite	Pearson Correlation								1	0,32296	-0,0654	0,24254	0,18883	-0,327
Su tutma kapasitesi	Pearson Correlation									1	0,0736	0,04488	0,10806	-0,9352**
Ph	Pearson Correlation										1	0,04085	-0,1156	-0,1
Elektriksel iletkenlik	Pearson Correlation											1	0,16891	-0,0805
Ateşte kayıp	Pearson Correlation												1	-0,1283
Dispersiyon oranı	Pearson Correlation													1

** % 99 güven düzeyi, * % 95 güven düzeyi

4.3.2. Alt toprak kademesinde(20-50 cm)

4.3.2.1. Kum, toz ve kil oranları

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama kum yüzdeleri tarım topraklarında % 32.96, mera topraklarında % 35.9, orman topraklarında % 41.5; ortalama toz yüzdeleri tarım topraklarında % 22.72, mera topraklarında % 19.73, orman topraklarında % 21.14; ortalama kil yüzdeleri ise tarım topraklarında % 44.32, mera topraklarında % 44.37 ve orman topraklarında % 37.41'dir (Şekil 4.25).

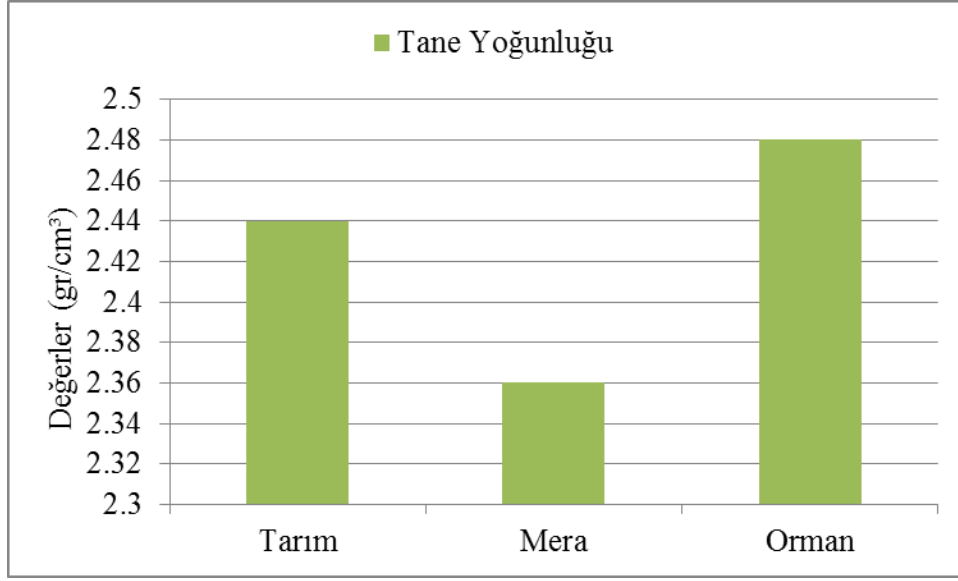


Şekil 4.25. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama kum, toz ve kil oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile kum, toz ve kil değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7). Yapılan korelasyon analizi sonucunda kum değerleri ile kil değerleri arasında negatif yönde kuvvetli ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

4.3.2.2. Tane yoğunluğu

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama tane yoğunluğu değerleri tarım topraklarında 2.44 gr/cm³, mera topraklarında 2.36 gr/cm³ ve orman topraklarında 2.48 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.26).

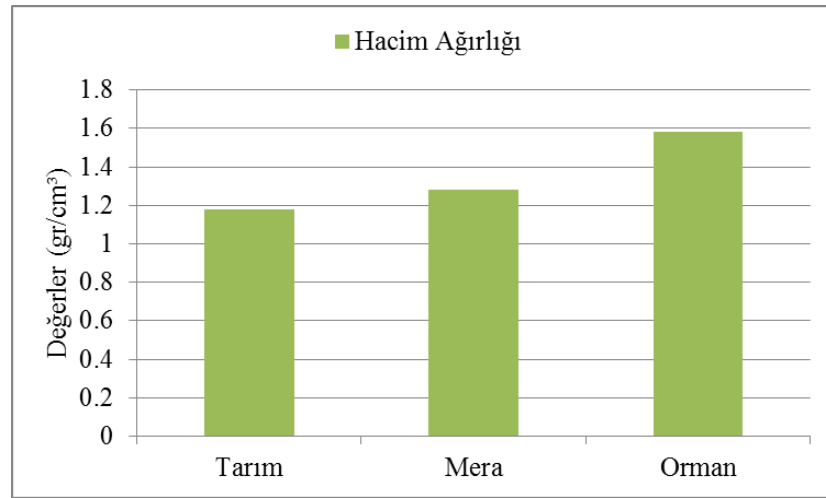


Şekil 4.26. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama tane yoğunluğu değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile tane yoğunluğu değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7).

4.3.2.3. Hacim ağırlığı

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama hacim ağırlığı değerleri tarım topraklarında 1.18 gr/cm³, mera topraklarında 1.28 gr/cm³ ve orman topraklarında 1.58 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.27).

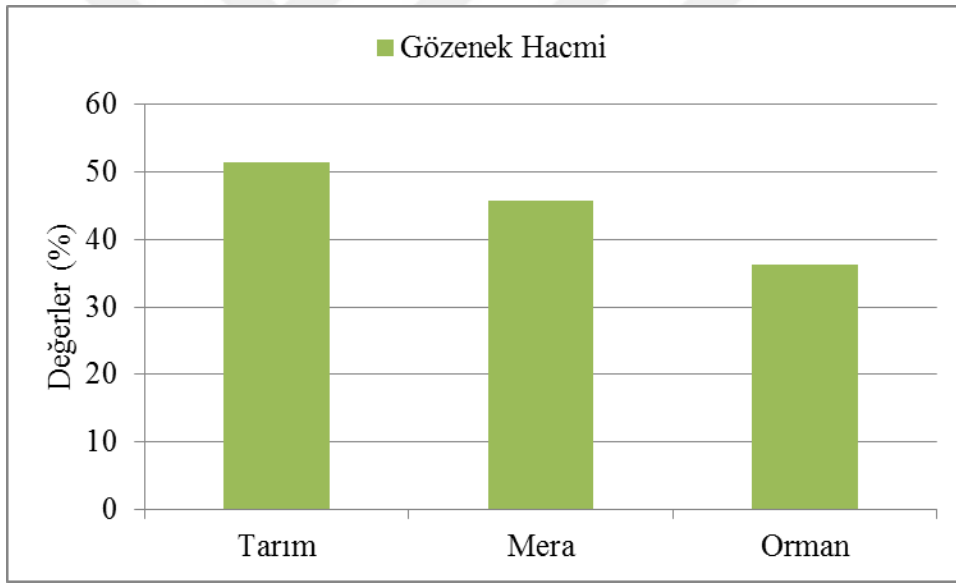


Şekil 4.27. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama hacim ağırlığı değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile hacim ağırlığı değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7). Yapılan korelasyon analizine göre, hacim ağırlığı değerleri ile gözenek hacmi ve permeabilite değerleri arasında negatif yönde kuvvetli bir ilişki belirlenirken, hacim ağırlığı değerleri ve su tutma kapasitesi değerleri arasında negatif yönde, ateşte kayıp değerleri ile pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

4.3.2.4. Gözenek hacmi

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama gözenek hacmi değerleri tarım topraklarında % 51.5, mera topraklarında % 45.7 ve orman topraklarında % 36.23 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.28).

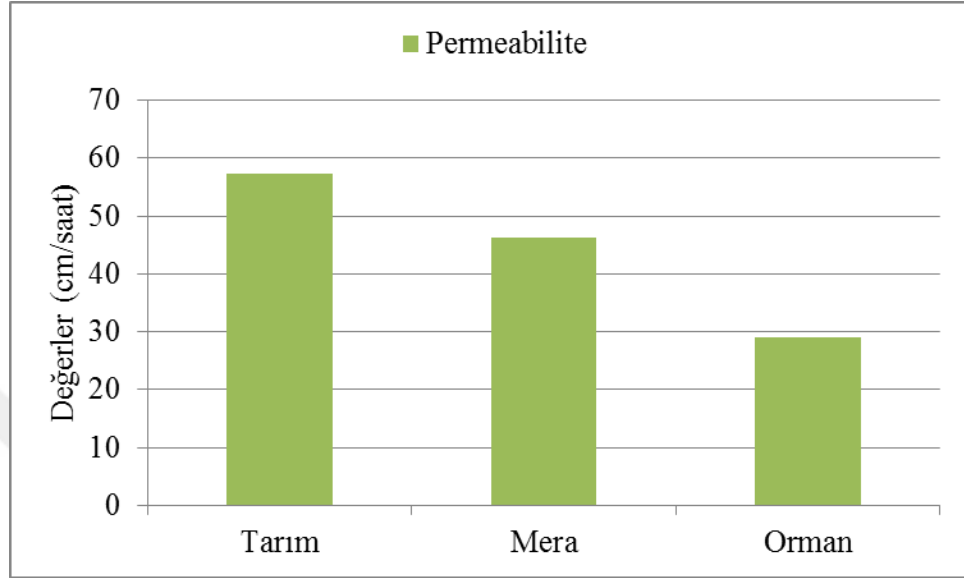


Şekil 4.28. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama gözenek hacmi değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile gözenek hacmi değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7). Yapılan korelasyon analizi sonucunda gözenek hacmi değerleri ile permeabilite değerleri arasında pozitif yönde kuvvetli, gözenek hacmi değerleri ile ateşte kayıp değerleri arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

4.3.2.5. Permeabilite

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama permeabilite değerleri tarım topraklarında 57.26 cm/saat, mera topraklarında 46.18 cm/saat ve orman topraklarında 29.06 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.29).

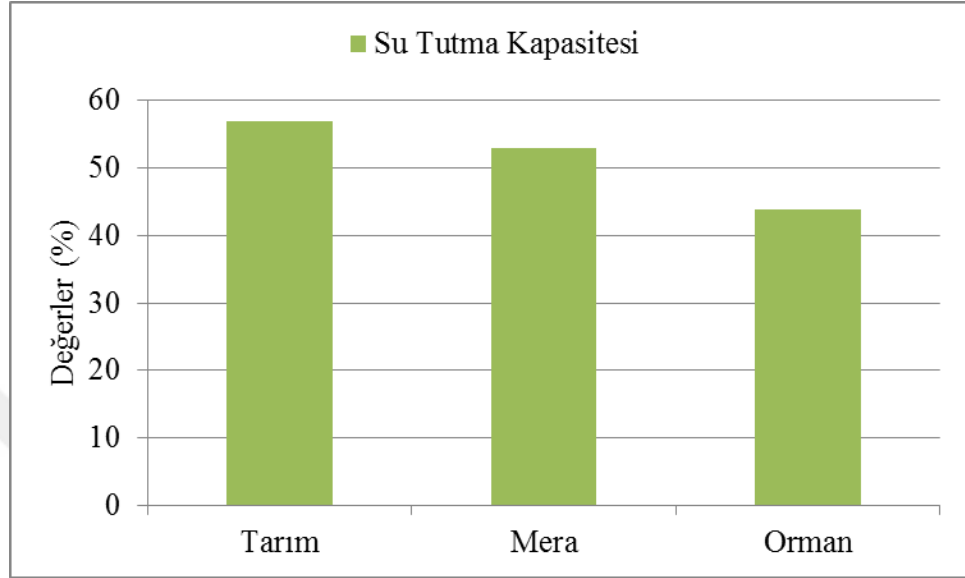


Şekil 4.29. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile permeabilite değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7). Yapılan korelasyon analizi sonucunda permeabilite değerleri ile ateşte kayıp değerleri arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Toprakların permeabilite değerleri genel olarak toprak tekstürü ile yakından ilgilidir. Orman topraklarının, mera ve tarım topraklarına göre daha düşük permeabilite değerine sahip olmasının temel nedeni ortalama kil değerinin mera ve tarım topraklarına göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Toprakların kil taneciklerinin suyu bünyesine aldıktan sonra şişmesi nedeniyle mikro boşluklarının tıkanması, toprakların su geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Özhan, 2004). Permeabilite toprakların tekstürü, strüktürü ve hacim ağırlığının bir fonksiyonu olarak toprak içerisine giren suyun oranı olarak kabul edilir. Yüksek permeabiliteye sahip olan topraklarda suyun toprağa girişi hızlı olduğundan yüzeysel akış ve buna bağlı olarak toprak erozyonu azalmaktadır (O'Green ve ark., 2006).

4.3.2.6. Su tutma kapasitesi

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama su tutma kapasitesi değerleri tarım topraklarında % 56.83, mera topraklarında 53.00 cm/saat ve orman topraklarında 43.80 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4.30).

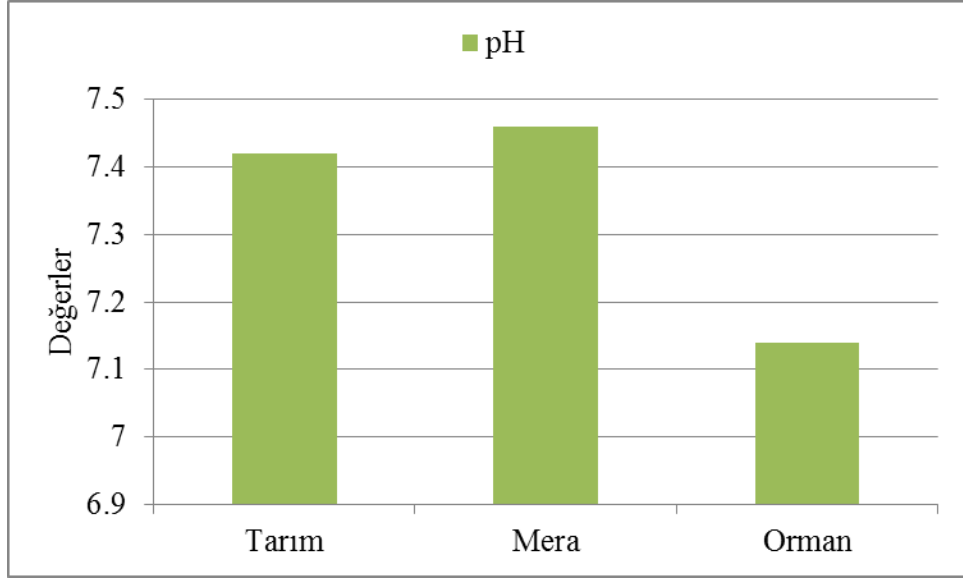


Şekil 4.30. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama su tutma kapasitesi oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile su tutma kapasitesi değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Yapılan korelasyon analizi sonucunda su tutma kapasitesi değerleri ile dispersiyon oranı değerleri arasında negatif yönde ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

4.3.2.7. pH

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama pH değerleri tarım topraklarında 7.42, mera topraklarında 7.46 ve orman topraklarında 7.14 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.31).

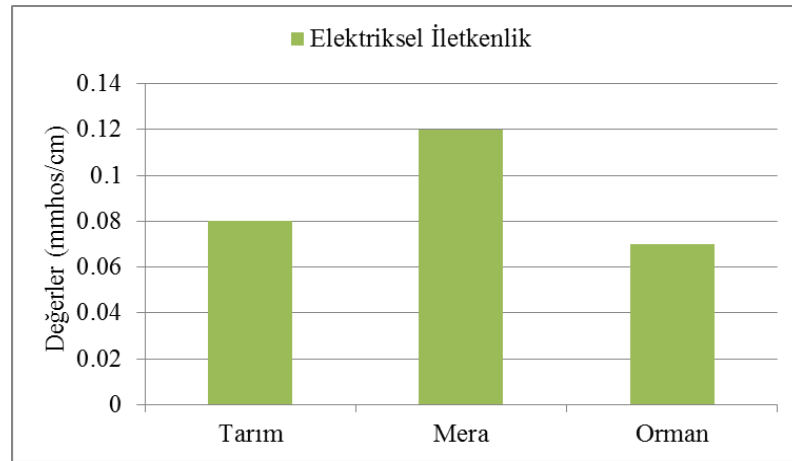


Şekil 4.31. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama pH değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile pH değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7).

4.3.2.8. Elektriksel İletkenlik

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama elektriksel iletkenlik değerleri tarım topraklarında 0.08 mmhos/cm, mera topraklarında 0.12 mmhos/cm ve orman topraklarında 0.07 mmhos/cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.32).

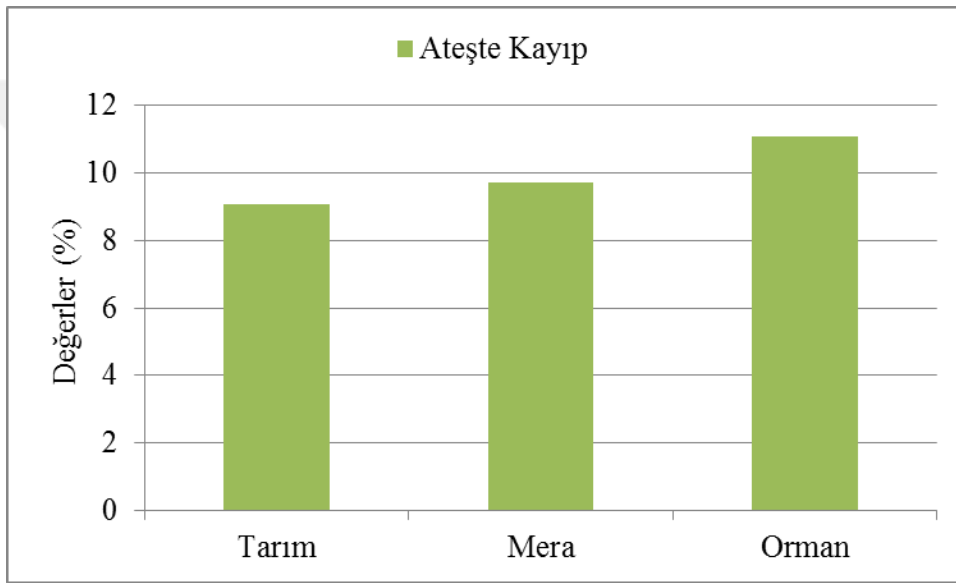


Şekil 4.32. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile elektriksel iletkenlik değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 4.7).

4.3.2.9. Ateşte kayıp

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama ateşte kayıp değerleri tarım topraklarında % 9.09, mera topraklarında % 9.72 ve orman topraklarında % 11.06 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.33).

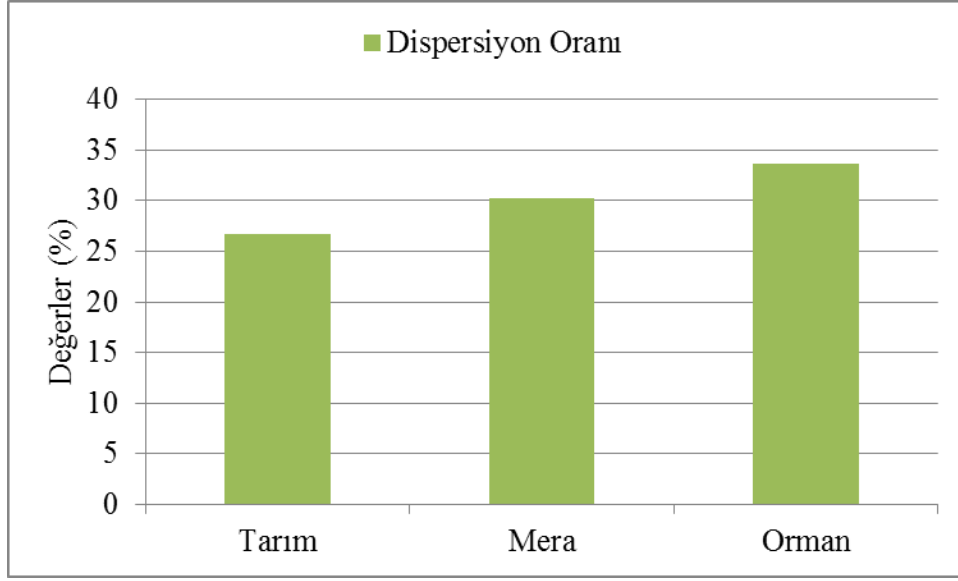


Şekil 4.33. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama ateşte kayıp oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile ateşte kayıp değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

4.3.2.10. Dispersiyon oranı

Araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde ortalama dispersiyon değerleri tarım topraklarında % 26.76, mera topraklarında % 30.19 ve orman topraklarında % 33.65 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Araştırma alanı alt topraklarında farklı arazi kullanım şekillerine göre ortalama dispersiyon oranlarının değişimi

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının 20-50 cm derinlik kademesinde arazi kullanım şekilleri ile dispersiyon oranı değerleri arasında istatistikî anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Dispersiyon oranları orman, tarım ve mera topraklarının tamamında %15'den büyük çıkmış ve topraklar erozyona dayanıksız bulunmuştur. Bir diğer ifadeyle tüm arazi kullanım şekilleri altında gelişen topraklarda erozyona duyarlılık yüksektir. Abız (2014), Kahramanmaraş Halfalı Deresi Yağış Havzası'nda yaptığı araştırmada, farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların erozyon eğilimlerini incelemiş ve genel olarak toprakların erozyona karşı duyarlı olduklarını belirlemiştir. Benzer şekilde, Karagül (1994) Trabzon Söğütlüdere Yağış Havzası'nda yaptığı araştırmada, erozyon eğilim indeksi olarak kullanılan dispersiyon oranı sonuçlarını araştırma havzasında sınır değer olan 15'ten büyük bulmuştur.

Çizelge 4.7. araştırma alanı alt topraklarında bazı toprak özelliklerine ait varyans analizi

Bazı Toprak Özellikleri	Arazi Kullanım Şekilleri	N	Ortalama	Standart Sapma	F	Önem Düzeyi
Kum (%)	Mera	7	35,90	16,37	0,877	0,427
	Tarım	12	32,96	14,66		
	Orman	11	41,45	15,81		
Kil (%)	Mera	7	44,37	16,51	0,704	0,504
	Tarım	12	44,32	15,82		
	Orman	11	37,41	14,25		
Toz (%)	Mera	7	19,73	4,09	1,143	0,334
	Tarım	12	22,72	5,42		
	Orman	11	21,14	2,48		
Tane yoğunluğu (gr/cm ³)	Mera	7	2,36	0,07	1,984	0,157
	Tarım	12	2,45	0,17		
	Orman	11	2,48	0,05		
Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Mera	7	1,28	0,06	174,697	0
	Tarım	12	1,18	0,05		
	Orman	11	1,58	0,05		
Gözenek Hacmi (%)	Mera	7	45,70	3,50	55,645	0
	Tarım	12	51,50	4,28		
	Orman	11	36,24	2,30		
Permeabilite (cm/saat)	Mera	7	46,18	9,54	31,836	0
	Tarım	12	57,26	8,71		
	Orman	11	29,06	7,54		
Su tutma Kapasitesi (%)	Mera	7	53,00	12,69	6,618	0,005
	Tarım	12	56,83	6,94		
	Orman	11	43,80	7,46		
Ph	Mera	7	7,46	0,16	1,342	0,278
	Tarım	12	7,42	0,52		
	Orman	11	7,15	0,52		
Elektriksel iletkenlik (mmhos/cm)	Mera	7	0,12	0,04	1,836	0,179
	Tarım	12	0,08	0,03		
	Orman	11	0,09	0,05		
Ateşte Kayıp (%)	Mera	7	9,72	0,23	5,672	0,009
	Tarım	12	9,09	1,61		
	Orman	11	11,06	1,59		
Dispersiyon Oranı (%)	Mera	7	30,19	6,22	2,617	0,091
	Tarım	12	26,76	7,42		
	Orman	11	33,65	7,53		

Çizelge 4.8. Terbüzek Deresi Yağış Havzası'na ait toprakların 20-50 cm derinliğindeki bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin arazi kullanım şekillerine göre değişiminin korelasyon analizi

		Arazi Kullanım Şekli	Kum	Kil	Toz	Tane yoğunluğu	Hacim ağırlığı	Gözenek hacmi	Permeabilite	Su tutma kapasitesi	Ph	Elektriksel iletkenlik	Ateşte kayıp	Dispersiyon oranı
Arazi kullanım şekli	Pearson Correlation	1	0,1661539	-0,1929507	0,0900656	0,3422336	0,7069471**	-0,5814919**	0,5352014*	-0,4061882*	-0,276355	-0,1806247	0,3749919*	0,2247185
Kum	Pearson Correlation		1	-0,9615291**	0,1744473	0,1834934	0,2691872	-0,2027356	-0,1841148	-0,3255536	-0,1838327	-0,0051473	0,10175	0,3187097
Kil	Pearson Correlation			1	0,1027546	-0,2099064	-0,2332442	0,1607649	0,1663504	0,3023469	0,1724155	-0,0004788	-0,067969	-0,2529546
Toz	Pearson Correlation				1	0,088013	-0,138778	0,1579591	0,0705385	0,0951216	0,0477828	0,0205247	-0,1245585	-0,2473238
Tane yoğunluğu	Pearson Correlation					1	0,1488266	0,1898976	-0,0502384	-0,3487942	0,0863638	-0,0675054	0,0467093	0,4141393*
Hacim ağırlığı	Pearson Correlation						1	-0,9418724**	0,8101534*	-0,5188667**	-0,2297247	0,1064295	0,5530941**	0,3878851*
Gözenek hacmi	Pearson Correlation							1	0,7841741*	0,4000313**	0,2594372	-0,1255227	-0,5351142**	-0,2482953
Permeabilite	Pearson Correlation								1	0,4246188**	0,2256014	-0,1732818	0,5718476**	-0,3415337
Su tutma kapasitesi	Pearson Correlation									1	0,0684382	0,1626594	-0,3319128	0,6686338*
Ph	Pearson Correlation										1	-0,1234043	-0,2435656	-0,035555
Elektriksel iletkenlik	Pearson Correlation											1	0,0851872	-0,1827926
Ateşte kayıp	Pearson Correlation												1	0,4048682*
Dispersiyon oranı	Pearson Correlation													1

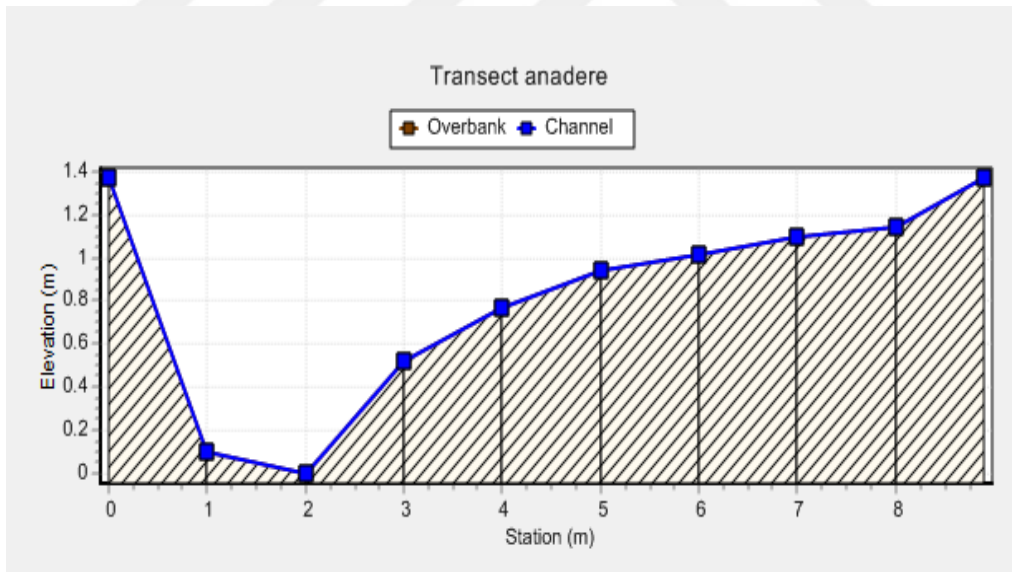
** . % 99 güven düzeyi, * . % 95 güven düzeyi

4.4. Ana dere ve kuru derelere ilişkin bulgular

Ana dereye ait ortalama genişlik 8,9 m olarak bulunmuştur. Ana dereye ait en kesit değerleri çizelge 4.9’ da gösterilmiştir. Bu değerler kullanılarak oluşturulan en kesit biçimi şekil 4.35’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Ana dereye ait en kesit değerleri

En kesit noktası (m)	Dere tabanından yükseklik (m)
1	1,27
2	1,37
3	1,15
4	0,90
5	0,73
6	0,66
7	0,57
8	0,53



Şekil 4.35. Ana dereye ait en kesit

Ana dereye ait pürüzlülük katsayısı ise 0,055 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan parametrelere ilişkin değerler çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Ana dere pürüzlülük katsayısına ait parametre değerleri

Parametre	Kullanılan değer
n0	0,025
n1	0,010
n2	0,005
n3	0,010
n4	0,005
m5	1,00

Arazi çalışmaları sonucu kuru dereler ait ortalama taban genişliği ve dere yüksekliği değerleri sırasıyla 3 m ve 35 cm olarak belirlenmiştir. Ana derenin toplam uzunluğu 6888,94 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4.36, 4.37). Kuru derelere ait pürüzlülük katsayı için ilk olarak çizelge 4.10'da göz önünde bulundurularak ortalama değer olan 0.050 değeri kullanılmıştır. Daha sonra bu değer kalibrasyon aşamasında değiştirilmiştir (Çizelge 4. 10).



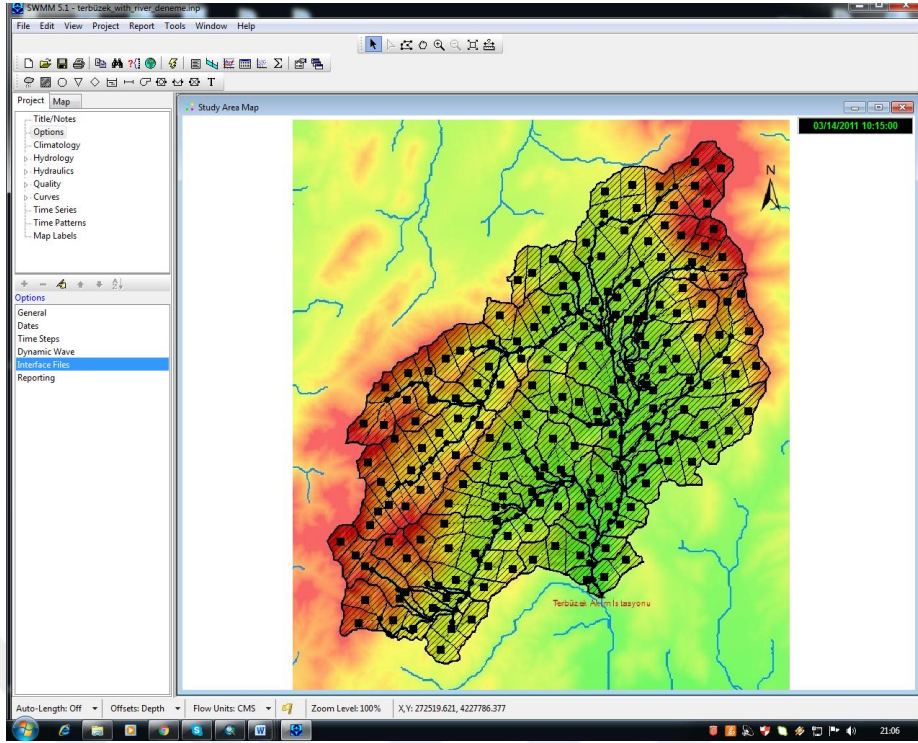
Şekil 4.36. Ana dereye ait bazı görüntüler



Şekil 4.37. Ana dereye ait bazı görüntüler

4.5. Kalibrasyon ve validasyon sürecine ilişkin bulgular

Çalışmanın kalibrasyon aşamasından önce EPA SWMM bilgisayar programında tanımlanması gereken “Manning sürtünme katsayıları”, “hidrolik iletkenlik”, “azalma sabiti”, “zeminin kurumması için geçen zaman” ve yan derelere ait pürüzlülük katsayısı değerleri literatürdeki aralıklarna uygun olarak seçilerek modele girilmiştir (Şekil 4.38) . Maksimum sızma hızı ve yüzeyde tutulan su miktarları için ise modeldeki başlangıç verileri kullanılmıştır. Daha sonra girilen tüm değerler, model ile elde edilen değerler gerçekte ölçülen akım değerleri ile mümkün olduğunca birbirine yakın değerler verene kadar değiştirilmiştir. Kalibrasyon aşamasında kullanılan değerlere ilişkin bilgiler çizelge 4.11, 4.12 ve 4.13 de gösterilmiştir.



Şekil 4.38. Çalışma alanının SWMM programında oluşturulan modeli

Çizelge 4.11. Alt havzalar için kalibre edilen parametreler (United States Geological Survey Water-Supply Paper)

	Literatürdeki aralığı	İlk seçilen değer	Kalibrasyondan sonraki değer
N-impervious (geçirimsiz yüzeyler için pürüzlülük katsayısı)	0.002–0.019	0,010	0,009
N-pervious (geçirimli yüzeyler için pürüzlülük katsayısı)	0.002–0.019	0,010	0,006
D store-impervious (geçirimsiz yüzeyler için tutulan su yüksekliği)	-	1,30 mm	0,4mm
D store-pervious (geçirimli yüzey için tutulan su yüksekliği)	-	2 mm	0,6 mm

Çizelge 4.12. Topraktaki sızma için kalibre edilen parametreler (U.S. Environmental Protection Agency, 1983)

	Literatürdeki aralığı	İlk seçilen değer	Kalibrasyondan sonraki değer
Maksimum sızma hızı	-	120mm/sa	0,7 mm/sa
Minimum sızma hızı	0.254–120 mm/sa	1mm/sa	0,5 mm/sa
Azalma sabiti	2–7 (1/gün)	4(1/gün)	6(1/gün)
Zeminin kuruması için gereken zaman	2–14 gün	11 gün	14 gün

Çizelge 4.13. Yan dereler için kalibre edilen parametreler (ASCE, 1982)

	Literatürdeki aralığı	İlk seçilen değer	Kalibrasyondan sonraki değer
Roughness (n)	0.030 - 0.070	0,05	0,042
(Manning sürtünme katsayısı)			

Kalibrasyon aşamasında model sonuçları ile gerçekte gözlenen değerleri birbirine yaklaştırmak için birçok deneme yapılmıştır. Bu bağlamda geçirimli ve geçirimsiz yüzey pürüzlülük katsayı, yüzeyde tutulan suyun yüksekliği, maksimum ve minimum infiltrasyon değerlerinin diğer parametrelere göre daha etkin olduğu görülmüştür. Örneğin yüzeyde tutulan suyun yüksekliğinin artması ile yüzeysel akış azalacağından dolayı model sonucunda elde edilen debi azalmaktadır. Bununla birlikte geçirimli ve geçirimsiz alan yüzey pürüzlülük katsayısının küçülmesi elde edilecek debinin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca horton sızma metodunda kullanılan hidrolik iletkenliğin artmasıyla model sonucunda elde edilecek olan debi değerlerinin azaldığı görülmüştür. Model sonucu elde edilen değerler ile gerçekte gözlemlenmiş akım değerleri çizelge 4.14’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Model kullanılarak elde edilen değerler ve hata payları

Yağış zamanı	Yağış miktarı (mm/gün)	Dere akımında meydana getirdiği artış (cm ³ / sn)	Model kullanılarak elde edilen değer (cm ³ / sn)	Hata payı (%)
09.03.2011	7,3	1,310	1,304	0,46
29.04.2011	11,6	0,740	0,751	1,49
21.03.2011	20	3,460	3,481	0,61

Çizelge 4.14’ de görüleceği üzere kalibrasyon sonucunda gerçekte ölçülen verilere oldukça yakın değerlere ulaşılmıştır. Elde edilen değerler % 5’ lik hata payı sınırları içerisinde kalmaktadır.

4.6. İklim değişikliği senaryolarına ilişkin bulgular

Mart ayında 10 mm’lik bir yağış sonucu havzada meydana gelen akım artışı 1,505 cm³/sn’dir. Bu yağış miktarında meydana gelen değişmelere bağlı olarak akımda meydana gelen değişimler çizelge 4.15’ de verilmiştir.

Çizelge 4.15. 10 mm’lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar

Yağıştaki azalma (%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki azalma(%)
%5	1,459	%2,97
%10	1.42	%5,58
%15	1,387	%7,84
%20	1,353	%10,10
%25	1.318	%12,43
%30	1.282	%14,82
%35	1.244	%17,34
%50	1,015	%32,56

Mart ayında 20 mm’lik bir yağış sonucu havzada meydana gelen akım artışı 3,481 cm³/sn’ dir. Bu yağış miktarında meydana gelen değişmelere bağlı olarak akımda meydana gelen değişimler çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. 20 mm'lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar

Yağıştaki azalma (%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki azalma(%)
%5	3,335	%4,19
%10	3,186	%8,47
%15	3,006	%13,65
%20	2,768	%20,48
%25	2,528	%27,38
%30	2,260	%35,08
%35	1,987	%42,92
%50	1,505	%56,77

Nisan ayında 10 mm'lik bir yağış sonucu havzada meydana gelen akım artışı 0,386 cm³/sn' dir. Bu yağış miktarında meydana gelen değişmelere bağlı olarak akımda meydana gelen değişimler çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. 10 mm'lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar

Yağıştaki azalma (%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki azalma(%)
5%	0,27	30,05%
10%	0,149	61,40%
15%	0,017	95,60%
20%	0,002	99,48%
25%	0,002	99,48%
30%	0,001	99,74%
35%	0,001	99,74%
50%	0	100%

Nisan ayında 20 mm'lik bir yağış sonucu havzada meydana gelen akım artışı 1,796 cm³/sn' dir. Bu yağış miktarında meydana gelen değişmelere bağlı olarak akımda meydana gelen değişimler çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. 20 mm'lik yağıştaki azalmalar sonucu akımda oluşan azalmalar

Yağıştaki azalma (%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki azalma(%)
%5	1,639	%8,74
%10	1,505	%16,20
%15	1,419	%20,99
%20	1,351	%24,78
%25	1,280	%28,73
%30	1,199	%33,24
%35	1,010	%43,76
%50	0,386	%78,51

Mart ayında 10 mm ve 20 mm'lik yağışlar sonucunda oluşan akım değerlerinin nisan ayına oranla daha fazla olmasının nedeni nisan ayıyla birlikte çalışma alanında buharlaşma sürecinin aktif hale gelmesidir. Bu çalışmada kullanılan değerlerin günlük ortalama değerleri yansıttığı düşünüldüğünde, buharlaşmanın akım üzerinde etkili olan önemli bir faktör haline gelmektedir.

Genel olarak bakıldığında yağışlarda meydana gelen azalmaların dere akımlarında önemli değişikliklere yol açtığı görülmektedir. Mesela, Şen (2013) Türkiye'nin güney havzaları da iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceğini ve bu havzalarda yağışların azalması neticesinde dere akımlarının önemli oranda azalacağını belirtmiştir. Rowe (1994) dere akımlarının iklim değişikliğine duyarlı olduğunu belirterek yağışlardaki % 20 artışın dere akımlarda 2 kattan fazla artışa neden olabilecekten; % 20 azalmanın dere akımlarını yarıya indirebileceğini belirtmiştir.

Çalışmada kullanılan İklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurulduğunda ise en iyi senaryoya göre (GFDL-ESM2M' nin RCP 4.5) çalışma alanında mart ayında 10 mm' lik yağışlarda meydana gelecek değişimlerin; 2016-2040 periyodunda dere akımında ortalama % 2,97, 2040-2070 periyodunda % 6,71 ve 2070-2090 periyodunda % 2,97 azalmaya neden olacağı sonucuna varılmıştır. Aynı değerlendirme Nisan ayı için yapıldığında 2016-2040, 2040-2070 ve 2070-2090 periyotlarında sırasıyla % 30.05, %78.5 ve %30.05 oranında azalmalar yaşanacağı sonucuna ulaşılmıştır.

En kötü senaryoya göre ise (MPI-ESM-MR' nin RCP 8.5) çalışma alanında mart ayında 10 mm' lik yağışlarda meydana gelecek değişimlerin; 2016-2040 periyodunda dere akımında ortalama % 6.71, 2040-2070 periyodunda % 11.27 ve 2070-2090 periyodunda en az %14.82 azalmaya neden olacağı sonucuna varılmıştır. Nisan ayı değerlerine bakıldığında 2016-2040, 2040-2070 ve 2070-2090 periyotlarında sırasıyla % 78.5, %99.48 ve en az %99.74 oranında azalmalar yaşanacağı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma alanı içerisinde Türkiye' yi de alan iklim simülasyonlarına dayalı çalışmalarda, yağışlardaki azalmanın büyüklüğünün (% 5-% 25) Türkiye'nin batı sahilleri için 21. yüzyılın ilk yarısında büyük ölçüde tutarlı olduğunu göstermiştir (Hemming ve ark., 2010.) Bir diğer çalışmada ise tahmini yıllık su akımına ilişkin yapılan simülasyonda, Fırat Nehri'nde, havzadaki yağış eksikliği sebebiyle 21. yüzyılın sonunda % 30-% 70 oranında azalma hesaplanmıştır (Kitoh ve ark., 2008.) Buna ek olarak, iklim değişikliğinin olası etkilerini saptamak amacıyla Seyhan Nehri Havzası'nda yapılan detaylı bir hidrolojik çalışma yürütülmüştür (Fujihara ve ark., 2008). Bu çalışmada iki farklı küresel iklim modelinin yağış ve evapotranspirasyon (buharlaştırma ve su kaybı) değişkenleri kullanılarak hesaplanan yıllık su akımında, tüm havzada % 50 ile % 60 arasında azalmalar görülmüştür.

Dokuz Eylül Üniversitesine bağlı Su Kaynakları Yönetimi ve Su Kaynaklı Doğal Afetlerin Kontrolü Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUMER) tarafından, İklim Değişikliğinin Büyük Menderes ve Gediz Nehir Havzalarına Olası Etkileri'ne ilişkin yapılan çalışmaya göre A2 ve B2 senaryoları göz önünde bulundurulduğunda, 2030 yılında yüzey sularında % 20 azalma beklenirken, 2050 ve 2100 yıllarında akımlardaki azalma oranının sırasıyla % 35 ve % 50'nin üzerinde olacağı belirtilmiştir (Silkin, 2014).

İklim değişikliğinin dere akımlarına etkisinin farklılıklar göstereceği önceki bölümlerde anlatılmış ve bu değişimin çalışma alanının aksine bazı bölgelerde akımlarda artışlara neden olacağı belirtilmiştir. Örneğin; Neukum ve Azzam (2012) A1B senaryosunu dikkate alarak yaptıkları projeksiyonda ilkbahar akımlarında % 40, yaz akımlarında % 60 ve kış mevsiminin başlarında % 80'e varan artışlar olacağını belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada Kim ve ark. (2013) RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre iklim değişikliğinin dere akımları üzerindeki etkilerini tahmin etmişler ve dere akımlarının ilkbahar ve kış mevsimlerinde RCP4.5 senaryosu altında sırasıyla % 15-35 ve % 31-50 ; RCP8.5 senaryosu altında ilkbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla % 29-64 ve % 28-59 oranında artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada dere akımlarında sonbahar ve yaz mevsimlerinde sırasıyla % 42 ve % 34'lere varan azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Bununla birlikte Azari ve ark. (2016) CSIRO2 iklim modelini A2 senaryosu altında çalıştırdıklarında yıllık dere akımlarında 2040–2069 periyodunda % 14.2 azalma olacağı sonucuna ulaşırken; HadCM3 iklim modelini B1 senaryosu altında çalıştırdıklarında dere akımlarında % 28 artış olacağı sonucuna ulaşmışlardır. Aynı şekilde Jha (2003) iklim değişikliğine bağlı olarak çalışma alanında yıllık ortalama dere akımlarının % 50 oranında arttığını ve en yüksek artışların ilkbahar ve yaz mevsimlerinde görüldüğünü belirtmiştir.

Bu durumlar göz önüne alındığında iklim değişikliğinin dere akımları üzerindeki etkisinin bir hayli fazla olacağı görülmektedir.

Tüm bu bilgiler özelinde ve iklim değişikliğine ilişkin literatür genelinde gerek kullanılan iklim modelleri ve senaryoları gerekse çalışılan alanın kendine özgü topografik ve iklimsel özellikleri nedeniyle birbirinden farklı değerlerde sonuçlara ulaşılmıştır. Bu durum iklim değişikliğinin etkilerinin bölgelere göre değişmesinden ileri gelmektedir. Bu bölgesel değişim kıtalar arasında kendini gösterebildiği gibi havza ölçeğinde de gösterebilmektedir. Bu nedenle iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkisi incelenirken Roosmalen ve ark. (2006)'da belirttiği gibi iklim değişikliğinin etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda havza bazlı çalışmaların yapılması daha doğru bir yaklaşım olarak görülmektedir. Çünkü iklim değişikliği projeksiyonlarında kullanılan meteorolojik veriler havzadan havzaya değişebilmekte ve her havza aynı iklim değişikliği şartlarına farklı tepkiler gösterebilmektedir.

4.7. Arazi kullanım değişikliği senaryolarına ilişkin bulgular

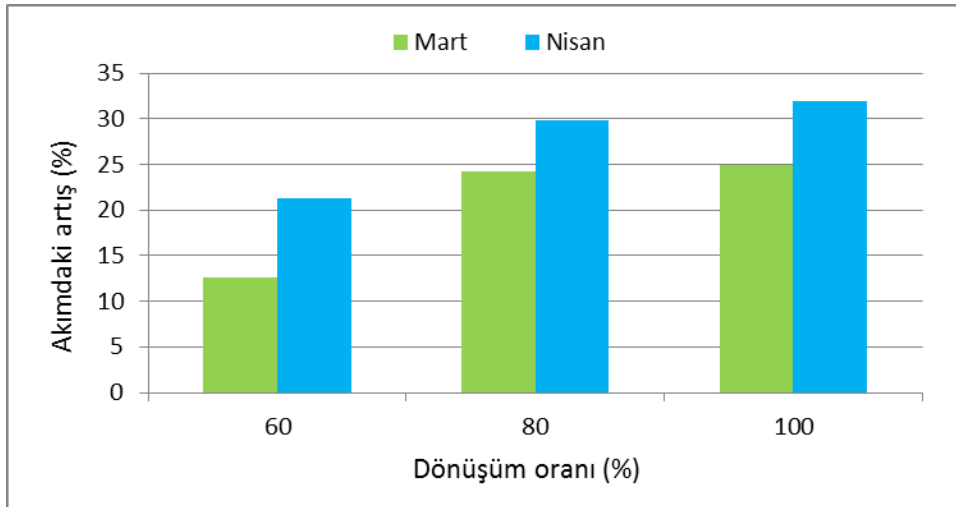
Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşmesi durumunda Mart ve Nisan aylarında 10 mm ve 20 mm' lik yağışların oluşturacağı akım miktarları ve mevcut arazi kullanımına göre akımdaki değişim yüzdeleri çizelge 4.19, 4.20 ve şekil 4.39, 4.40' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Mart ayında) (dönüşüm sırası: önce 3 kapalı sonra 2 ve 1 kapalı meşcereler)

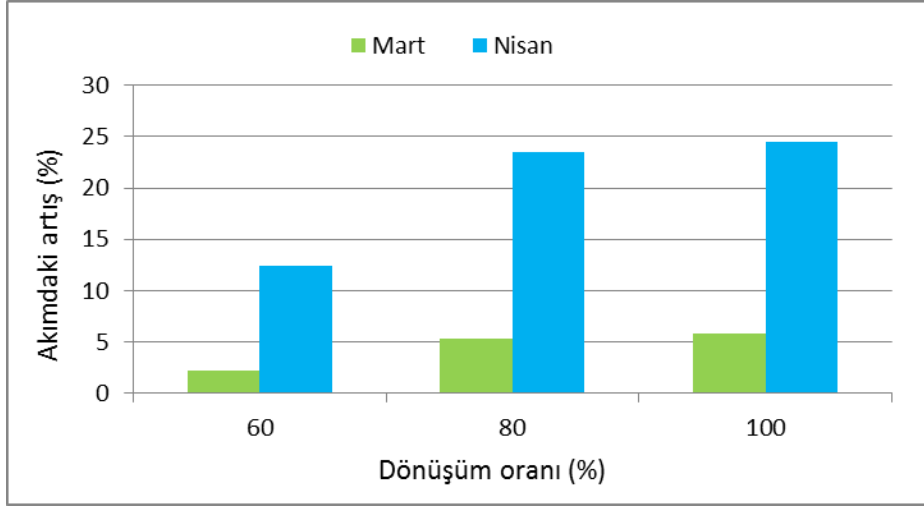
Yağış miktarı (mm)	Dönüşüm oranı(%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki artış (%)
10	60	1,694	12,55
20	60	3,559	2,24
10	80	1,87	24,25
20	80	3,665	5,29
10	100	1,881	24,98
20	100	3,683	5,8

Çizelge 4.20. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Nisan ayında) (dönüşüm sırası: önce 3 kapalı sonra 2 ve 1 kapalı meşcereler)

Yağış miktarı (mm)	Dönüşüm oranı(%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki artış (%)
10	60	0,468	21,24
20	60	2,019	12,42
10	80	0,501	29,79
20	80	2,219	23,55
10	100	0,509	31,87
20	100	2,236	24,5



Şekil 4.39. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşmesi halinde Mart ve Nisan aylarında 10 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim



Şekil 4.40. Orman alanlarının tarım alanlarına dönüşmesi halinde Mart ve Nisan aylarında 20 mm' lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim

Tarım alanlarının hem üzerinde yetiştirilen bitkilerin sezonluk olması hem de işlenmeleri sonucu toprak yapılarının değişmesi nedeniyle orman alanlarına nazaran su verimine daha fazla katkıda bulunurlar. Genellikle tarım alanlarında kil oranı ve buharlaşma miktarının orman alanlarına göre düşük olması su verimini etkilemektedir. Luijten ve ark. (2000) orman, çalılık, tarım ve mera alanlarının yer aldığı bir havzanın tamamen tarım alanına dönüşmesi durumunda su üretiminin yaklaşık % 5 arttığını; havzanın tamamen orman alanı olması durumunda ortalama dere akımını miktarının yaklaşık olarak % 15 azaldığını; havza alanının tamamen çıplak araziye dönüşmesi halinde ise ortalama dere akımının yaklaşık % 49 arttığını belirtmiştir. Zhang ve Schilling (2006) Mississippi nehir havzasında çok yıllık bitkilerin sezonsal bitkilere dönüşmesi halinde yer altı suyu, baz akım ve dere akımının arttığını belirtmiştir. Öztürk (2010) bir havzada tarım alanlarının su üretimini artırırken orman alanlarının su üretimini azalttığını söylemiştir. Değişik arazi kullanım değişimi simülasyonlarının yapıldığı çalışmada günlük ortalama akım değerlerinin en düşük olduğu senaryonun tarım alanlarının orman alanlarına dönüştürüldüğü senaryo olduğunu belirtmiştir. Ayrıca senaryolar sonucu ulaşılan farklılıkları yaz ve kış mevsiminde yaprak alan indeksi ve kök derinliği değerlerinde meydana gelen değişime bağlamıştır.

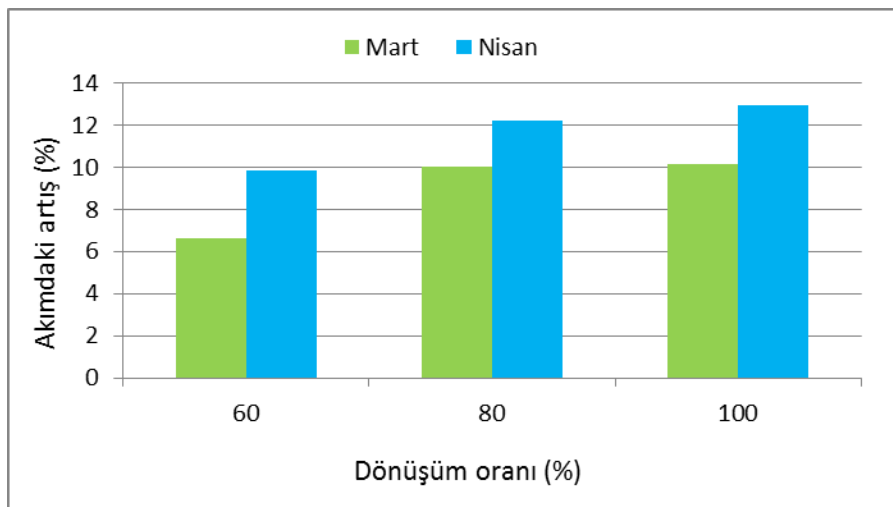
Orman alanlarının mera alanlarına dönüşmesi durumunda Mart ve Nisan aylarında 10 mm ve 20 mm'lik yağışların oluşturacağı akım miktarları ve mevcut arazi kullanımına göre akımdaki değişim yüzdeleri çizelge 4.21, 4.22 ve şekil 4.41, 4.42'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Mart ayı)
(dönüşüm sırası: önce 3 kapalı sonra 2 ve 1 kapalı meşcereler)

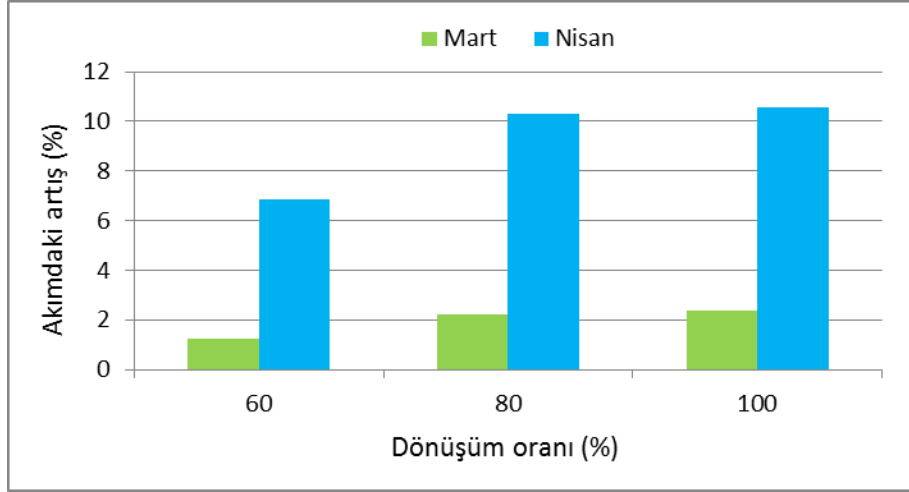
Yağış miktarı (mm)	Dönüşüm oranı(%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki artış (%)
10	60	1,605	6,64
20	60	3,524	1,24
10	80	1,656	10,03
20	80	3,558	2,21
10	100	1,658	10,17
20	100	3,563	2,36

Çizelge 4.22. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Nisan ayı)
(dönüşüm sırası: önce 3 kapalı sonra 2 ve 1 kapalı meşcereler)

Yağış miktarı (mm)	Dönüşüm oranı(%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki artış (%)
10	60	0,424	9,84
20	60	1,919	6,85
10	80	0,433	12,18
20	80	1,981	10,3
10	100	0,436	12,95
20	100	1,986	10,58



Şekil 4.41. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşmesi halinde Mart ve Nisan aylarında 10 mm'lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim



Şekil 4.42. Orman alanlarının mera alanlarına dönüşmesi halinde Mart ve Nisan aylarında 20 mm'lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim

Akımdaki en az artış miktarının orman alanlarının mera alanlarına dönüşümü senaryosunda görülmesi mera alanlarının toprak ve bitki örtüsü özelliklerinden dolayı yüzeysel akış oranının tarım ve yerleşim alanlarına göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Chaves ve ark. (2008) orman yoğun bir havzada yağmur esnasında bitkilerin yaprakları tarafından tutulmayı toprağa ulaşan su miktarı, yer altı suyu ve toprak suyunun dere akımının sırasıyla % 57, % 24 ve % 19 unu oluştururken bu havzadaki ormanların kesilip mera alanlarına dönüştürülmesi halinde yukarıdaki değerlerin sırasıyla % 60, % 35 ve % 5 olarak değiştiğini ifade etmiştir. Mera ve tarım arazileri genellikle otsu bitki türlerinden oluşmaları bakımından benzerlik gösterse bile mera alanları yüzeysel akışın azaltılmasında tarım arazilerine göre daha etkililer. Buytaert ve ark. (2007) ağaçlandırma yapılmış doğal bir mera alanındaki su üretiminin doğal mera alanına göre % 50 azaldığını; tarım alanına dönüştürülmüş bir mera alanındaki su üretiminin doğal mera alanıyla benzerlik gösterdiğini belirtmiştir. Ancak tarım alanına dönüştürülmüş havzada dere akımı ve baz akımdaki tepki süresinin doğal mera alanlarına göre daha hızlı olduğunu söylemiştir.

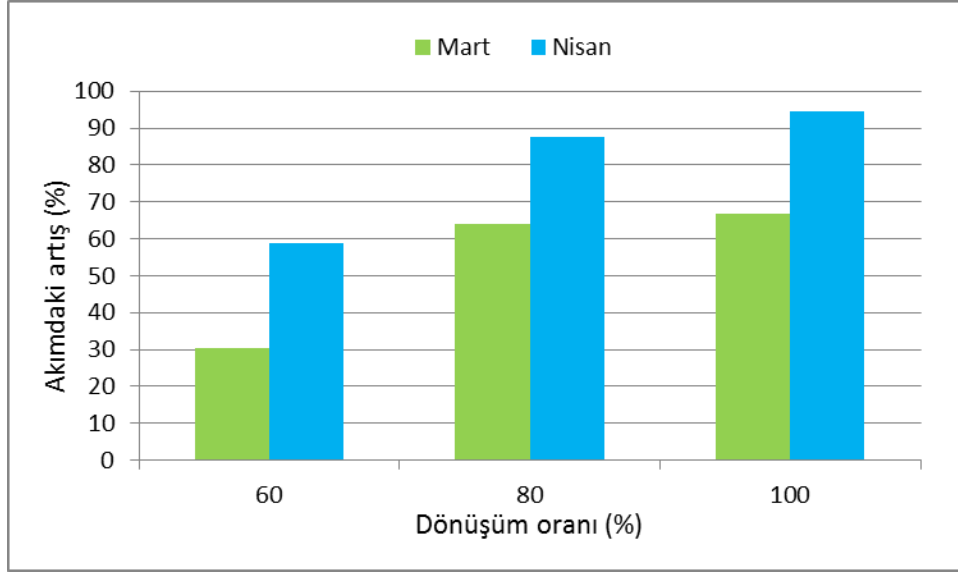
Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi durumunda Mart ve Nisan aylarında 10 mm ve 20 mm'lik yağışların oluşturacağı akım miktarları ve mevcut arazi kullanımına göre akımdaki değişim yüzdeleri çizelge 4.23, 4.24 ve şekil 4.43, 4.44'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Mart ayı)
(dönüşüm sırası: önce 3 kapalı sonra 2 ve 1 kapalı meşcereler)

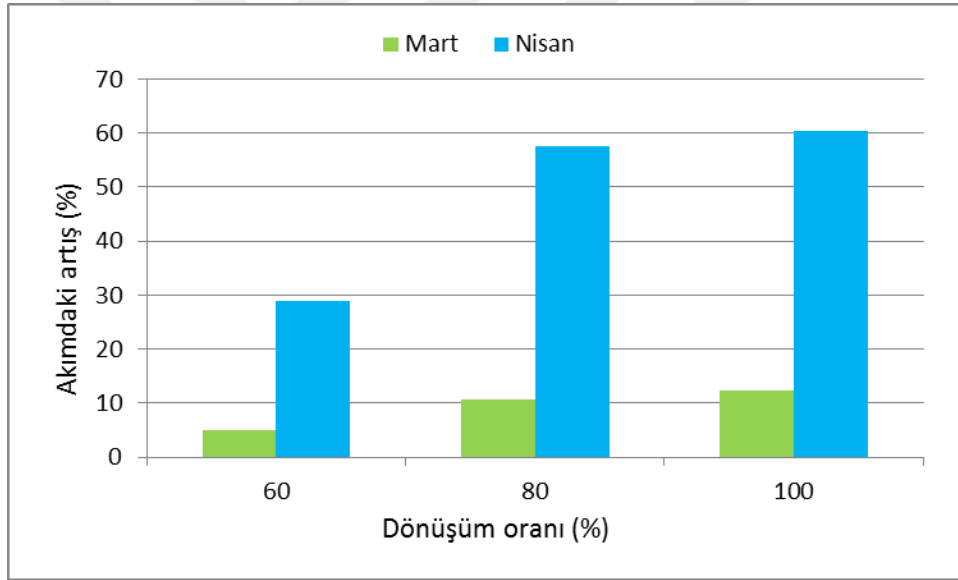
Yağış miktarı (mm)	Dönüşüm oranı(%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki artış (%)
10	60	1,961	30,3
20	60	3,652	4,91
10	80	2,471	64,19
20	80	3,856	10,77
10	100	2,509	66,71
20	100	3,907	12,24

Çizelge 4.24. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşümünün akıma etkisi (Nisan ayı)
(dönüşüm sırası: önce 3 kapalı sonra 2 ve 1 kapalı meşcereler)

Yağış miktarı (mm)	Dönüşüm oranı(%)	Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki artış (%)
10	60	0,613	58,81
20	60	2,315	28,9
10	80	0,724	87,56
20	80	2,832	57,63
10	100	0,751	94,56
20	100	2,881	60,41



Şekil 4.43. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi halinde Mart ve Nisan aylarında 10 mm'lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim

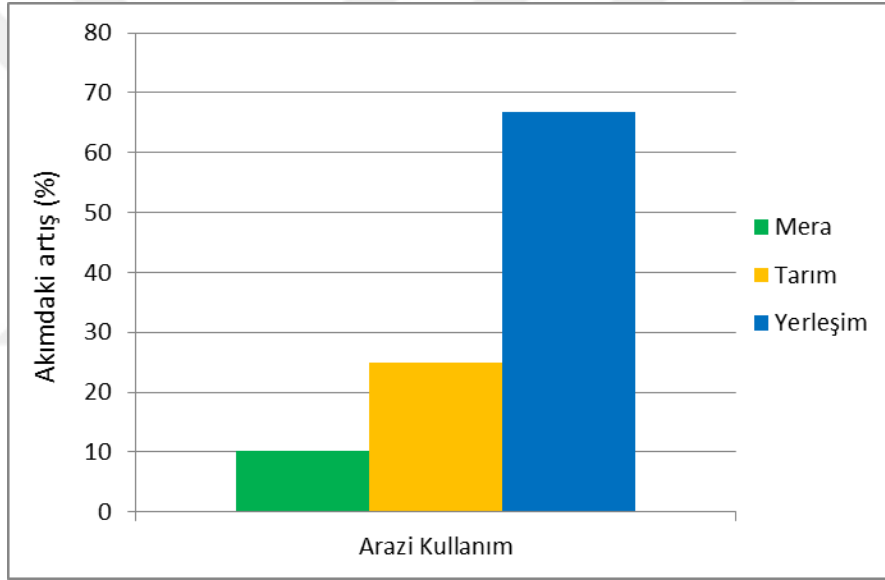


Şekil 4.44. Orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi halinde Mart ve Nisan aylarında 20 mm'lik yağış sonucu oluşan akımdaki değişim

Yerleşim alanlarındaki geçirimsiz yüzeylerin fazla olması akım miktarında büyük artışlara neden olan temel faktördür. Yer yüzeyine düşen yağışların çok büyük bir kısmının direkt olarak akışa geçmesi dere akımlarında meydana gelen artışın derecesini bir hayli artırmaktadır. Wissmar ve ark. (2004) % 3-24 oranında ormanlık alanı yok olan ve geçirimsiz alanı % 4-27 oranında artan bir havzada dere akımlarının eskiye oranla daha fazla olduğunu belirtmiştir. Aynı şekilde Gülbaz (2010) yaptığı çalışmasında yerleşim

alanlarının % 60, % 80 ve % 100 oranında artmasıyla yüzeysel akışa geçen suyun %19–32 arasında arttığını belirtmiştir.

Arazi kullanım senaryolarına göre; dere akımında en fazla artış orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi durumunda meydana gelirken, bu durumu sırasıyla orman alanlarının tarım ve mera alanlarına dönüşmesi durumları izlemiştir. Aşağıda orman alanlarının % 100 oranında diğer kullanım alanlarına dönüşmesi halinde Mart ayında 10 mm'lik bir yağış sonucu oluşacak dere akımında meydana gelecek değişimler görülmektedir (Şekil 4.45). Yüksel ve ark. (2008) herhangi bir havza içerisindeki arazi kullanım şekillerinin yağışların yeryüzeyine düşen miktarını ve şiddetini etkilediğini ve böylece yüzeysel akış miktarı üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir.

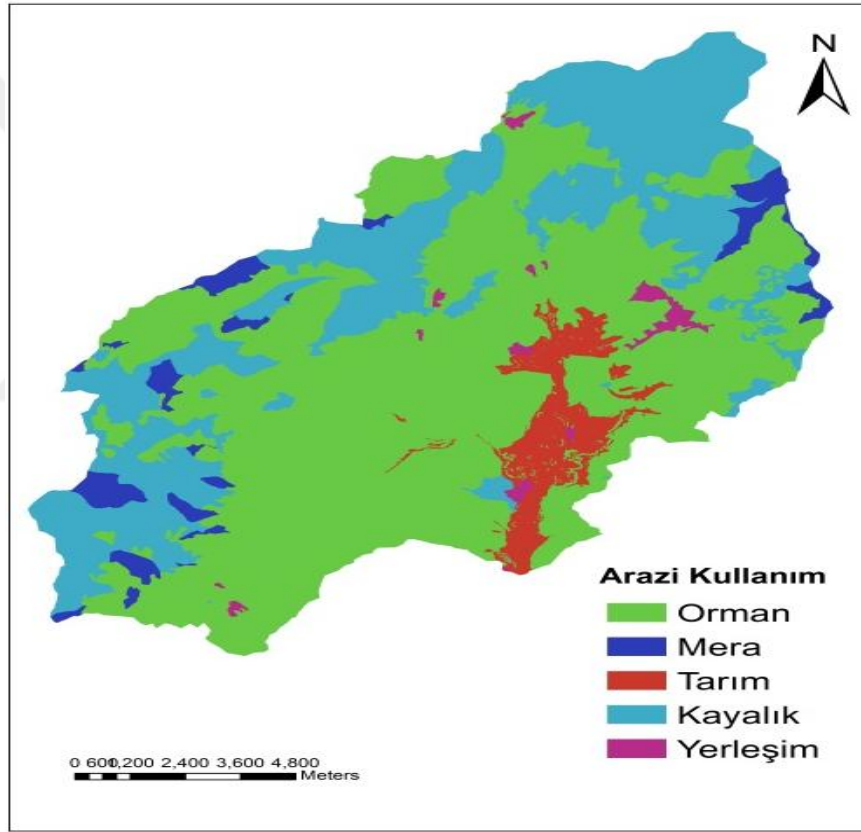


Şekil 4.45. Arazi kullanım değişikliği sonucu dere akımında meydana gelen değişim

Bazı kriterler göz önüne alınarak kabaca oluşturulan arazi kabiliyet sınıfları haritası şekil 4.46' de gösterilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre alanın % 61'i orman, % 4'ü mera, % 5'i tarım, % 29'u kayalık ve % 1'i yerleşim alanlarından oluşmaktadır (Çizelge 4.25).

Çizelge 4. 25. Çalışma alanının Arazi kabiliyet sınıflamasına göre alansal dağılımı

Arazi Kullanım Sınıfı	Alan (ha)	Oran (%)
Orman	11956	61
Mera	784	4
Tarım	999	5
Kayalık	5741	29
Yerleşim	216	1
Toplam	19696	100



Şekil 4.46. Terbüzek Deresi Yağış Havzası arazi kabiliyet sınıfları haritası

Son olarak kabaca yapılan arazi yetenek sınıfları haritası göz önünde bulundurularak oluşturulan model sonuçları ile güncel arazi kullanım koşulları sonucu meydana gelen akım değerleri çizelge 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Arazi yetenek sınıflandırmasından sonraki akım değerleri

Yağış miktarı (mm)	Güncel akım (cm ³ /sn)	Model sonucu (cm ³ /sn)	Akımdaki Azalma (%)
10 mm (mart)	1,505	1,292	14,15
20 mm (mart)	3,4814	3,303	5,11
10 mm (nisan)	0,386	0,277	28,24
20 mm (nisan)	1,796	1,488	17,15

Bir havzada arazi kabiliyet sınıflarına uyularak yüzeysel akış ve dolayısıyla erozyon miktarı tehlike sınırlarının altına çekilebilir. Zira tarım alanlarının az eğimli alanlarda bulunması, orman alanlarının eğimin görece daha büyük alanlarda bulunması ve meraların tarım ve ormancılık açısından elverişli olmayan alanları bitki örtüsüyle kaplaması akım miktarlarını optimum seviyelere çekerek havza ekosisteminin sudan en etkin ve verimli şekilde yararlanmasına imkan sağlayacaktır. Burada en önemli katkıyı şüphesiz orman alanları oluşturmaktadır. Yue ve Hashino (2005) ormanlardaki büyümeyle birlikte yıllık maksimum günlük akımlarda, yıllık minimum 5 günlük akımlarda ve yıllık toplam yüzeysel akışlarda sırasıyla % 55.8, 75.8 ve % 39.6 oranında azalmalar olduğu belirtmişlerdir.

Çalışma alanında bu değişimle birlikte akım miktarında meydana gelen değişimin görece az olması alanın % 29'unun kayalık ve eğimin fazla olmasına atfedilmiştir. Bu nedenle çalışma alanındaki kayalık alanların ormana dönüşmesi durumu kabul edilerek model tekrar çalıştırılmış ve çizelge 4.27'deki değerlere ulaşılmıştır. Teknik olarak kayalık alanların orman alanlarına dönüştürülmesi mümkün değildir. Bu senaryonun amacı sadece orman alanlarının akım üzerindeki etkilerinin daha iyi bir şekilde ortaya konulmasıdır.

Çizelge 4.27. Arazi yetenek sınıflandırmasında kayalık alanların ormana dönüşmesi halinde elde edilen akım değerleri

Yağış miktarı (mm)	Güncel akım (cm ³ /sn)	Model sonucu (cm ³ /sn)	Akımdaki Azalma (%)	Kayalık alanların ormana dönüşüm durumunda	Kayalık alanların ormana dönüşüm durumunda
				Akım miktarı(cm ³ /sn)	Akımdaki Azalma (%)
10 mm (mart)	1,505	1,292	14,15	1,05	30,23
20 mm (mart)	3,4814	3,303	5,11	3,252	6,57
10 mm (nisan)	0,386	0,277	28,24	0,207	46,37
20 mm (nisan)	1,796	1,488	17,15	1,409	21,55

Ayrıca arazi kullanım değişikliği senaryoları sonucu elde edilen tüm tablolarda 10 mm' lik yağışların 20 mm'lik yağışlara nazaran arazi kullanımı değişikliğine daha duyarlı oldukları görülmüştür. Bu durum yüksek miktardaki yağışlar sonucu oluşan akımların arazi kullanımı değişikliğinden pek fazla etkilenmediğini göstermektedir. Bunun nedeni toprağın suyla doymuş hale geldikten sonraki zaman diliminde havzaya düşen yağışın miktarı olabilir. 10 mm'lik yağışlar sonucu oluşan akım değerlerinin arazi kullanım değişikliğine verdiği tepki, %84 oranında 10 mm'den küçük yağışlar görülen çalışma alanı açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmalarda sunulan değerler aynı yönde olmasına rağmen miktar olarak farklılıklar göstermektedir. Bu durum yine her bir havzanın kendine has özelliklerine bağlı olarak aynı durumlar karşısında farklı değerler verebileceğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Terbüzek Deresi Yağış Havzası'nın Environmental Protection Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM) (Çevre Koruma Kuruluşu Yağmur Suyu Yönetim Modeli) bilgisayar programı kullanılarak hidrolojik modeli oluşturulmuş, havzaya ait dere akımı ve yağış verileri kullanılarak hidrolojik modelin kalibrasyonu ve doğrulaması sağlanmış ve geleceğe yönelik akım miktarı hakkında tahminlerde bulunulmuştur. Yapılan analizler ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Havzada iklim değişikliği nedeniyle herhangi bir yağıştan sonra dere akımında meydana gelebilecek değişiklikler incelenmiştir. Yağış verisi olarak havzada en fazla görülen günlük ortalama yağış miktarı değerleri göz önünde bulundurularak 10 mm ve 20 mm seçilmiştir. İklim değişikliğinin etkilerinin incelenmesi için MGM'nin Türkiye için oluşturduğu yağış projeksiyonlarından yararlanılmıştır. Bu projeksiyonlara göre en iyi senaryo göz önünde bulundurulduğunda çalışma alanında mart ayında 10 mm'lik yağışlarda meydana gelecek değişimlerin; 2016-2040 periyodunda dere akımında ortalama % 2.97, 2040-2070 periyodunda % 6.71 ve 2070-2090 periyodunda % 2.97 azalmaya neden olacağı sonucuna varılmıştır. Aynı değerlendirme Nisan ayı için yapıldığında 2016-2040, 2040-2070 ve 2070-2090 periyotlarında sırasıyla % 30.05, % 78.5 ve % 30.05 oranında azalmalar yaşanacağı sonucuna ulaşılmıştır. En kötü senaryoya göre ise (MPI-ESM-MR nin RCP 8.5) çalışma alanında mart ayında 10 mm lik yağışlarda meydana gelecek değişimlerin; 2016-2040 periyodunda dere akımında ortalama %6,71, 2040-2070 periyodunda % 11,27 ve 2070-2090 periyodunda en az % 14.82 azalmaya neden olacağı sonucuna varılmıştır. Nisan ayı değerlerine bakıldığında 2016-2040, 2040-2070 ve 2070-2090 periyotlarında sırasıyla % 78.5, % 99.48 ve en az % 99.74 oranında azalmalar yaşanacağı sonucuna ulaşılmıştır.

2. Havzada arazi kullanım değişikliği nedeniyle herhangi bir yağıştan sonra dere akımında meydana gelebilecek değişiklikler incelenmiştir. Çalışma alanındaki Orman alanları % 60, % 80 ve % 100 oranında tarım, mera ve yerleşim alanlarına dönüştürüldüğünde akımlardaki değişimlerin arttığı görülmüştür. En fazla artışın olduğu senaryo orman alanlarının yerleşim alanlarına dönüştürülmesi durumu iken en az artış orman alanlarının mera alanlarına dönüştürülmesi sonucuna ulaşılmıştır. Orman alanlarının % 60 oranında tarım, mera ve yerleşim alanlarına dönüştürüldüğünde mart ayında günlük

ortalama 10 mm'lik bir yağıştan sonra günlük ortalama dere akımlarında sırasıyla % 12.55, % 6.64 ve % 30.30 oranında artışların olduğu görülmüştür.

3. Kaba değerlendirmeler ile oluşturulan arazi yetenek sınıfları haritası göz önünde bulundurularak yapılan simülasyon çalışmasında ortalama dere akımlarındaki değişim incelenmiştir. Havzada mart ayında 10 mm'lik ortalama günlük yağıştan sonra oluşan ortalama akım miktarında % 14.15 azalma olurken; 20 mm'lik yağış için bu değer % 5.11 olduğu sonucuna varılmıştır.

4. Toprak analizi sonuçlarına göre; üst toprak kademesinde en yüksek ortalama kil yüzdesi, gözenek hacmi, permeabilite, su tutma kapasitesi, pH ve ateşte kayıp değerleri orman topraklarında bulunmuştur. En yüksek ortalama kum yüzdesi, ortalama toz yüzdesi, tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı değerleri tarım topraklarında bulunmuştur. En yüksek ortalama elektriksel iletkenlik ve dispersiyon oranı değerleri mera topraklarında bulunmuştur. En düşük ortalama kum yüzdesi, hacim ağırlığı, elektriksel iletkenlik ve dispersiyon oranı değerleri orman topraklarında bulunmuştur. En düşük ortalama kil yüzdesi, gözenek hacmi, permeabilite, su tutma kapasitesi ve ateşte kayıp değerleri tarım topraklarında bulunmuştur. En düşük ortalama toz, tane yoğunluğu ve pH değerleri mera topraklarında bulunmuştur.

5. Toprak analizi sonuçlarına göre; alt toprak kademesinde en yüksek ortalama kum yüzdesi, tane yoğunluğu, hacim ağırlığı, ateşte kayıp ve dispersiyon oranı değerleri orman topraklarında bulunmuştur. En yüksek ortalama toz yüzdesi, gözenek hacmi, permeabilite ve su tutma kapasitesi değerleri tarım topraklarında bulunmuştur. En yüksek ortalama kil yüzdesi, pH ve elektriksel iletkenlik değerleri mera topraklarında bulunmuştur. En düşük ortalama kil yüzdesi, gözenek hacmi, permeabilite, su tutma kapasitesi, pH ve elektriksel iletkenlik değerleri orman topraklarında bulunmuştur. En düşük ortalama kum yüzdesi, hacim ağırlığı, ateşte kayıp ve dispersiyon oranı değerleri tarım topraklarında bulunmuştur. En düşük ortalama toz yüzdesi ve tane yoğunluğu değerleri mera topraklarında bulunmuştur.

“Bir havzada dere akımının sürekliliğini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi yeraltı sularıdır. Yeraltı sularındaki azalma dere akımlarını direkt olarak etkilemektedir. Küresel iklim değişikliği ve arazi kullanımında meydana gelen değişimler yeraltı sularının beslenmesini önemli ölçüde etkilemektedir. İklim değişikliği ile yüzey sularında meydana gelen azalmalar insanoğlunu her geçen gün yeraltı sularını daha fazla kullanmaya

itmektedir. Bu durum herhangi bir havzaya düşen yağışın mümkün olduğunca az kısmının yüzeysel akışa geçmesi çoğunluğunun havza içerisinde tutularak yeraltı sularını beslemesiyle bir nebze olsa dengelenebilir. Yüzeysel akışın en aza indirilmesi toprak ve vejetasyon özellikleri nedeniyle erozyona duyarlı olan alanlardaki toprak kaybını da azaltacaktır. Bu nedenle burada sunulan öneriler bir havzaya düşen yağışın en az miktarda yüzeysel akışa geçmesi için yapılması gerekenler şeklindedir.

Bu ve diğer çalışmalarda da görüldüğü üzere orman alanları iklim değişikliğinin etkilerini sadece karbon tutarak değil aynı zamanda havzaya düşen yağışın büyük bir kısmını tutarak yer altı sularını besleyerek azaltma ve iklim değişikliğine uyum sürecinde çok önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle burada yapılacak en önemli öneri orman alanlarının artırılması ve mevcut ormanların iyileştirilmesidir.

Orman alanlarının yanı sıra mera alanlarının ıslah edilmesi, aşırı ve kontrolsüz otlatılmaması yağışın büyük bir kısmının infiltre olmasını ve havza içerisinde kalmasını sağlayacaktır.

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte gıda güvenliği konusu tüm dünyada önem kazanmıştır. Bu durum artan nüfusu beslemek için daha fazla tarımsal üretimin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Dünyanın çoğu bölgesinde verim artırmaya yönelik önlemlerin alınması yerine orman alanları tarım alanlarına dönüştürülmektedir. Bu durumun önüne geçmek amacıyla modern tarım uygulamalarına geçilmeli, iklim değişikliğine dayanıklı türler belirlenmeli ve verim artırmaya yönelik çalışmalara gereken önem verilmelidir.

Su hasadına yönelik çalışmalar dünyanın bazı bölgelerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemle elde edilen sular genelde içme suyu hariç diğer su kullanım alanlarında kullanılmaktadır. Bu faaliyetlerde kullanılan su miktarı düşünüldüğünde içme suyu miktarında büyük tasarruflar sağlanacaktır. Bu durum ise hem maddi hem de ekolojik olarak olumlu sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle su hasadı konusu tüm dünya geneline yayılmalı, toplum bu konuda bilinçlendirilmelidir.

Arazi kabiliyet sınıflarına uyulması havzalardan optimal şekilde yararlanmayı mümkün kılacak ve dolayısıyla yüzeysel akışın ve erozyonun azalmasını sağlayacaktır.

Son olarak toplum iklim değişikliği ve arazi kullanımı konularında bilgilendirilmelidir. Bu durum toplumda bu konularda bir farkındalık yaratacak ve suyun daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlayacaktır.

Model kullanımında ise herbir arazi kullanım tipi için kullanılacak akış katsayılarının herbir havza için deneysel olarak elde edilmesi modelin doğruluğunu arttıracaktır. Bu nedenle akış katsayılarının elde edilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Modelde kullanılan iklim verileri direkt olarak meteoroloji istasyonlarından temin edilecekse akım verileri ile yağış verileri arasındaki ilişki mutlaka kontrol edilmelidir. Çünkü meteoroloji istasyonunun bulunduğu bölgeye düşen yağışın tamamı veya bir kısmı modellenen havzaya düşmemiş olabilir.

Modelde kullanılan haritaların çözünürlüğünün artması daha gerçekçi sonuçlar elde etmek açısından önemlidir. Bu nedenle model kullanılırken yüksek çözünürlüklü haritalar tercih edilmelidir.



KAYNAKLAR

- Abız, B. 2014. Kahramanmaraş Halfalı Deresi Yağış Havzasında Uzaktan Algılama Teknikleri ve RUSLE Yöntemiyle Erozyon Risk Haritasının Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 108s.
- Abi Aad, M.P., Suidan, M.T., Shuster, W.D. 2010. "Modeling Techniques of Best Management Practices: Rain Barrels and Rain Gardens Using EPA SWMM- 5." *Journal of Hydrologic Engineering* 15 (6): 434-443.
- Akdoğan, Z. 2014. Modeling Contaminant Transport In The Marmara Region And Analyzing The Associated Parametric Sensitivity. Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi. Çevre Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 92s.
- Alfars, Y. 2009. Büyükçekmece Gölü Hidrolojik Modeli. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 87s.
- Anonim, 1987. Ağaçlandırma Toprak Muhafaza Mera Islahı Suni Gençleştirme ve Enerji Ormanı Tesisi Uygulama Projeleri İle İlgili Etüd Ve Proje Düzenleme Esasları Dispozisyonları Ve Yararlanılacak Bilgiler.Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ağaçlandırma Ve Silvikültür Daire Başkanlığı, Tamim No: 4125, Ankara.
- Anonim, 2005. Toprak Ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı. Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2013. Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi Çevresel Etki Değerlendirmesi Başvuru Dosyası.
- Anonim, 2015. Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği Tr2015-Cc. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Anşın, R. 1983. Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Bu Bölgelerde Yayılan Asal Vejetasyon Tipleri, *K.Ü. Orman Fakültesi Derg.*, 6, 2, s.318-339, Kastamonu.
- Arnold, G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. 1998. 'Large Area Hydrologic Modeling and Assessment. Part I. Model Development,' *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 34, pp. 73-89.
- ASCE, 1982. Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York, NY.
- Aydın, M. 2000. Giresun Yağlıdere Yağış Havzasında Farklı Ana Materyaller Üzerinde Gelişen Toprakların Erozyon Eğilim Değerleri Ve Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.

- Azari, M., Moradi, H. R., Saghafian, B., Faramarzi, M. 2016. Climate change impacts on streamflow and sediment yield in the North of Iran, *Hydrological Sciences Journal*, 61:1, 123-133, DOI: 10.1080/02626667.2014.967695
- Balcı, A.N. 1969. İç Anadolu'da, Jeolojik Yapı, Topografik Durum (Bakı) ve Toprak Derinliği Faktörlerinin Erodibilite İle İlgili Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri. (Araştırma ve Teksir baskısı olarak D.S.İ. Genel Müdürlüğüne sunulmuştur.)
- Balcı, N. 1978. Toprak Koruması (Ders Notları), İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul
- Balcı, N. 1996. Toprak Koruması. Üniversite Yayın No. 3947, Orman Fakültesi Yayın No. 439, İstanbul.
- Balcı, N., Özyuvacı, N. 1988. Havza Amenajmanı II. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul
- Baver, L.D. 1956. Soil Physics, John Wiley And Sons Inc., New York.
- Bayat, M. M. 2011. Hidrolojik Model Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Celal Bayar Üniversitesi. Manisa.
- Beasley, D.B., Huggins, L.F. 1980. 'ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Simulation) - User's Manual,' Department of Agricultural Engineering, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Bengtson, M. L., Padmanabhan, G. 1999. A Review Of Models For Investigating The Influence Of Wetlands On Flooding. North Dakota Water Resources Research Institute North Dakota State University Fargo, North Dakota.
- Bicknell, B.R., Imhoff, J.C., Kittle, J.L., Jr., Donigan, A.S., Jr., Johanson, R.C. 1997. Hydrological Simulation Program--Fortran, User's manual for version 11: U.S. Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory, Athens, Ga., EPA/600/R-97/080, 755 p.
- Borah, D., Xia, R., Bera, M., 2002. Chapter 5: DWSM—A Dynamic Watershed Simulation Model. In Mathematical Models of Small Watershed Hydrology and Applications, Singh V. P., Frevert D.K. (Eds), Water Resources Publications, Highlands Ranch, CO, 113–166.
- Bouyoucos, G.J. 1936. Direction For Making Mechanical Analysis Of Soils By The Hydrometer Method, *Soil Science*, 42 S:225-229.
- Bozali, N. 2003. K.Maraş Sır Barajı Derin Dere Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Hidrolojik Özellikleri ile Erozyon Eğilimleri Üzerine Araştırmalar, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Buytaert, W., Iniguez, V., De Bievre, B., 2007. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean Paramo. *Forest Ecology and Management*, 251, 22-30. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Camorani, G., Castellarin, A., Brath, A. 2005. Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems. *Physics and Chemistry of the Earth*, 30, 561-574.
- Campbell, C. W., Sullivan, S. M. 2002. Simulating time-varying cave flow and water levels using the Storm Water Management Model. *Engineering Geology*, 65, 133–139.
- Chaves, J., Neill, C., Germer, S., Neto, S.G., Krusche, A., Elsenbeer, H. 2008. Land management impacts on runoff sources in small Amazon watersheds. *Hydrological Processes*, 22, 1766-1775.
- Chow, V.T. 1959, Open-channel hydraulics: New York, McGraw-Hill, 680 p.
- Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A. 2007. Regional climate projections. In Solomon S, Qin D, Manning M ve ark. (eds) Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Christopher, M. 2013. *Water wars: The Brahmaputra River and Sino-Indian relations*. Case study. Newport, RI: US Naval War College, Center on Irregular Warfare and Armed Groups.
- Costa, M.H., Botta, A., Cardille, J.A. 2003. Effect of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, 283, 206-217.
- Costa-Cabral, M.C., Richey, J.E., Goteti, G., Lettenmaier, D.P., Feldkötter, C., Snidvongs, A. 2008. Landscape Structure And Use, Climate And Water Movement in The Mekong River Basin. *Hydrological Processes*, 22, 1731-1746.
- Cowen, W.L. 1956. Estimating Hydraulic Roughness Coefficients: *Agricultural Engineering*, v. 37, no. 7, p. 473–475.
- Crawford, N. H., Linsley, R. K. 1966. Digital Simulation In Hydrology. In: Contemporary Hydrology, Wilby, R. (Ed.). John Wiley And Sons, England, Pp: 157-158.
- Demir, S., Kılıç, K., Aydın, M. 2012. Farklı Kullanım Altındaki Toprakların Kıvam Limitleriyle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişki. *Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 63-71.
- Dhami, B. S., Pandey, A. 2013. Comparative Review of Recently Developed Hydrologic Models. *Journal of Indian Water Resources Society*, 33, 34–42.
- Dindaroğlu, T., Canbolat, M.Y., 2014. Kuzgun Baraj Gölü Havzasında CORINE Yöntemi ile Arazi Kullanım Sınıflarının Tespiti ve Erozyon Riskinin Değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Cilt: 15, Sayı:1, Sayfa: 33-47.
- DSI, 2009. Turkey Water Report. Ankara. Erişim: [http://www.dsi.gov.tr/english/pdf_files/TurkeyWaterReport.pdf].

- Dursun, A. 2006. Sınırşan Sular Fırat Ve Dicle Nehirlerinin, Türkiye, Suriye Ve Irak İlişkileri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Isparta. 187s.
- EEA-European Environmental Agency, 2009. Water Resources Across Europe — Confronting Water Scarcity And Drought.
- El-Sharif, A., Hansen, D. 2001. Application of SWMM to the Flooding Problem in Truro, Nova Scotia , *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, 26:4, 439-459, DOI: 10.4296/cwrj2604439
- Erika, B., Beilicci, R. 2014. Hydrological Processes Modelling Using Advanced Hydroinformatic Tools, 322–329.
- Falkenmark, M., Lindh, G. 1976. How Can We Cope With The Water Resources Situation By The Year 2015? *Ambio* 3 114–22.
- Fujihara Y., Tanaka, K., Watanabe, T., Nagano, T., Kojiri, T. 2008. Assessing The Impacts Of Climate Change On The Water Resources Of The Seyhan River Basin In Turkey: Use Of Dynamically Downscaled Data For Hydrologic Simulations, *J. of Hydro.*, 353, 33– 48
- Gambi, G., Maglionico, M.Vetondelli, S. 2011. Water Management in Local Development Plans: The Case Of The Old Fruit And Vegetable Market In Bologna. *Elsevier. Procedia Engineering* 21 (2011) 1110 – 1117. Doi:10.1016/J.Proeng.2011.11.2118.
- Gayathri, K. D., Ganasri B. P., Dwarakish G. S. 2015. A Review On Hydrological Models. *Elsevier, Aquatic Procedia* 4 (2015) 1001 – 1007.
- Gregory, W.L., Duran, A. 2001. Scenarios and Acceptance of Forecasts. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, Edited by J. Scott Armstrong. *Springer Science- Business Media, inc.* New York.
- Gülbaz, S. 2010. Sazlıdere Havzası'nın Hidrolojik Modellemesi ve Su Kalitesi Tahmini. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 108s.
- Gülçur, F. 1974. Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Analiz Metodları, İ.Ü. Orman Fakültesi. Yayayınları. No: 201, İstanbul.
- Gürbüz, M. 1999. Dibeğ Dağlarında Kar Suyuna Bağlı Olarak Yapılan Yaylacılık. *Türk Coğrafya Dergisi*. Sayı: 34, S. 661-667, İstanbul.
- Güzel, Ç. 2010. Application Of Swat Model In A Watershed In Turkey. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Bilim Ve Teknoloji Enstitüsü. İstanbul. 177s.
- Hemming D., Buontempo, C., Burke, E., Collins, M., Kaye, N. 2010. How Uncertain Are Climate Model Projections Of Water Availability Indicators Across The Middle East, *Phil. Trans. R. S°C. A*, 368, 5117-5135.

- Hızal, A. 1984. Havza Fotoğrafları Yorumlamasının Havza Amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) Çalışmalarında Uygulanma Olanaklarının Araştırılması. İ.Ü. Yayın No: 3144, O.F. Yayın No: 341, İstanbul, 190s.
- Hood, M., Reihan, A., & Loigu, E. (2007). Modeling Urban Stormwater Runoff Pollution in
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: The scientific basic. contribution of working group i to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Summary for policy makers.
- IPCC, 2014. Climate Change : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Irmak, A. 1972. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi., Orman Fak. Yay. No:184, İstanbul.
- Jajarmizadeh, M., Harun, S., Salarpour, M. 2012. A Review On Theoretical Consideration And Types Of Models İn Hydrology. *Journal Of Environmental Science And Technology* 5 (5): 249-261,2012.
- Jang, S., Cho, M., Yoon, J., Yoon, Y., Kim, S., Kim, G., Aksoy, H. 2007. Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. *Desalination*, 212(1-3), 344–356. <http://doi.org/10.1016/j.desal.2007.05.005>
- Kantarıcı, M. D. 1987. Toprak İlimi, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın NO: 3444, Orman Fakültesi Yayın No: 387, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 370 s.
- Kaptan, S. 2013. The Use Of Geographical Information Systems In Catchment Hydrology Modeling: A Case Study From The Göksu River. Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi. Çevre Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 78s.
- Karabulut, M., Saryıldız, F., Korkmaz, H., Gürbüz, M. 2008. Göksun'da Yağış ve Sıcaklıkların Trend Analizleri. 100. Yılında Göksun Sempozyumu. Göksun, Kahramanmaraş.
- Karagül, R. 1994. Trabzon Söğütüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şartları Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ile Erozyon Eğiliminin Araştırılması. Doktora Tezi, Trabzon, (yayınlanmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi. Trabzon, s.165.
- Karakoçak, B. B. 2011. An Integrated Approach To Water Management In Kayseri: Rain Water Collection And Storage Design For Kayseri Harikalar Diyarı Water-Ski Park. Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi. Çevre Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 82s.
- Karvonen T., Koivusalo H., Jauhainen M., Palko J., Weppling K. 1999. A Hydrological Model For Predicting Runoff From Different Land Use Areas, *Journal of Hydrology*, 217, 253-265.

- Kim, J., Choi, J., Choi, C., Park, S. 2013. Impacts Of Changes In Climate And Land Use/Land Cover Under Ippc Rcp Scenarios On Streamflow In The Hoeya River Basin, Korea. *Science Of The Total Environment* 452-453 (2013) 181–195.
- Kitoh, A., Yatagai, A., Alpert, P. 2008. First Super-High-Resolution Model Projection That The Ancient Fertile Crescent Will Disappear In This Century. *Hydrol. Res. Lett.*, 2, 1–4.
- Knisel, W.G. 1980. ‘CREAMS: A Fieldscale Model for Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems,’ USDA, Science and Education Administration, Conservation Report No. 26, Washington, D.C.
- Küçükdoğan, A. 2013. Modeling Antibiotic Transport And Mapping The Environmental Risk In The Marmara Region By Using Geographical Information Systems (Gis). Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi. Çevre Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 94s.
- Leavesley, G., Stannard, L., 1995. Chapter 9: The Precipitation-Runoff Modeling System—PRMS. In *Computer Models of Watershed Hydrology*, Singh, V.P. (Ed), Water Resources Publications, Highlands Ranch, CO, 281–310.
- Lehner, B., Henrichs, T., Döll, P., Alcamo, J. 2001. EuroWasser – Modelbased assessment of European water resources and hydrology in the face of global change. *Kassel World Water Series*, 5, 124 pp. Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany.
- Lenzi, M.A., Di Luzio, M., 1997. Surface Runoff, Soil Erosion And Water Quality Modeling In The Alpone Catchment Using AGNPS Integrated With a Geographic Information System. *European Journal of Agronomy*, 6, 1-14.
- Luijten, J.C., Jones, J.W., Knapp, E.B. 2000. Dynamic Modelling of Strategic Water Availability in the Cabuyal River, Colombia: The Impact Of Land Cover Change On The Hydrological Balance. *Advances in Environmental Monitoring and Modelling*, 1, 36-60.
- Lutzh, J.H., Chandler, F.R. 1947. *Forest Soils*, John Wiley Ve Sons Inc., New York.
- Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K. et al. 2011. *Climatic Change* 109: 213. doi:10.1007/s10584-011-0156-z.
- Moss, R. H., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J. F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakicenovic, B. O’Neill, R. Pichs, K. Riahi, S. Rose, P. Runci, R. Stouffer, D. van Vuuren, J. Weyant, T. Wilbanks, J. P. van Ypersele, and M. Zurek, 2008. *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 132 pp. The report is available at www.ipcc.ch (“New Scenarios”) or the AIMES web site: www.imes.ucar.edu.
- Moynihan, K. P., Vasconcelos, J. G. 2014. SWMM Modeling of a Rural Watershed in the Lower Coastal Plains of the United States, 1–12.

<http://doi.org/10.14796/JWMM.C372>.

Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.

NASA, 2011. http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_prod/prog_sect11_3.html

Ndlovu, H. H. 2013. Modelling The Effects Of Land-Use Change On Existing Stormwater Infrastructure: A Case Study Of Tshwane. The Degree Of Magister Technologiae. Tshwane University Of Technology. Magister Technologiae: Engineering: Civil, Tshwane.

Neukum, C., Azzam R. 2011. Impact Of Climate Change On Groundwater Recharge In A Small Catchment In The Black Forest, Germany. *Hydrogeology Journal* 20: 547–560.

Notter, B., MacMillan, L., Viviroli, D., Weingartner, R., Liniger, H.P. 2007. Impacts of Environmental Change On Water Resources In The Mt. Kenya Region. *Journal of Hydrology*, 343, 266-278.

O’Green, A. T., R. Elkins, and D. Lewis., 2006. Erodibility of Agricultural Soils, with Examples in Lake and Mendocino Counties. Oakland: *University of California Division of Agriculture and Natural Resources*, Publication 8194.

Okkan, U. 2013. İklim değişikliğinin akarsu akışları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi.

Orman Fakültesi Yayın No: 481, İstanbul, 384s.

Özhan, S. 2004. Havza Amenajmanı Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anan Bilim Dalı Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481. İstanbul.

Özhan, S. 2004. Havza Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, İ.Ü. Rektörlük Yayın No: 4510.

Özhan, Y. 1980. Meryemana Deresi Havzasındaki Mera Ve Orman Arazisindeki Otlatmanın Değişik Etmenlerle İlişkili Olarak Fiziksel Ve Hidrolojik Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri, Trabzon.

Öztürk, M. 2010. An Integrated Land Use-Hydrological Model For The *Bartın* Spring Watershed-*Bartın*. Doktora Tezi. Boğaziçi Üniversitesi. Çevre Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 183s.

Özyuvacı, N. 1971. Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tesbitinde Kullanılan Bazı Önemli İndeksler, *İ.Ü. Orman Fak. Derg.* B, 21, 1 S.190-207.

Özyuvacı, N. 1975. Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tahmini Açısından Yapılan Bazı Değerlendirmeler. Tübitak V. Bilim Kongresi, Tarım Ve Ormancılık Araştırma Grubu Tebliği Ormancılık Sektörünü, 29 Eylül-2 Ekim, İzmir, S.123-134.

- Özyuvacı, N. 1976. Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2082, Orman Fakültesi Yayın No: 221, 247s., İstanbul.
- Özyuvacı, N. 1978. Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, İ.Ü. Orman Fak. Yayınları. No. 233, İstanbul.
- Özyuvacı, N.1976. Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri. İ.Ü.Orman Fak. Yay. No:221, İstanbul.
- Pechlivanidis, I.G., Mcintyre, N.R., Wheater, H.S. 2011. Catchment Scale Hydrological Modelling: A Review Of Model Types, Calibration Approaches And Uncertainty Analysis Methods In The Context Of Recent Developments In Technology And Applications. *Global Nest Journal*, Vol 13, No 3, Pp 193-214.
- Phi, H. L. 2008. Impacts of Climate Changes and Urbanisation on Urban Inundation in Ho Chi Minh City. 11th International Conference on Urban Drainage, 1–7.
- Phillips, J.V., Tadayon, S. 2006. Selection Of Manning's Roughness Coefficient For Natural And Constructed Vegetated And Non-Vegetated Channels, And Vegetation Maintenance Plan Guidelines For Vegetated Channels In Central Arizona: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006–5108, 41 p.
- Pike, R. G. 1995. Current Limitations Of Hydrologic Modeling In B.C.: An Examination Of The Hspf, Topmodel, Ubcwm And Dhsvm Hydrologic Simulation Models, B.C. Data Resources And Hydrologic-Wildfire Impact Modeling, Master Of Science Thesis, Department Of Geography. University Of Victoria. Victoria. 143s.
- Pittman, J. 2011. Urban Hydrology Modeling With Epa's Stormwater Management Model (Swmm) And Analysis Of Water Quality In A Newly Constructed Stormwater Wetland. Master Of Science Thesis. Villanova University. Water Resources Engineering And Environmental Engineering. Villanova. 83s.
- Refsgaard, J., Storm, B. 1995. Chapter 23: MIKE SHE. In Computer Models of Watershed Hydrology, Singh, V. P. (Ed), Water Resources Publications, Highlands Ranch, CO, 809–846.
- Reis M. 1997. Trabzon-Araklı-Karadere Yağış Havzası Orman İçi Meralarının Bazı Fiziksel Ve Hidrolojik Özellikleri İle Vejetasyon Yapısı Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış). Ktü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Sayı: 1, 22-30.
- Reis, M., Savacı, G., Baltacı, E. 2011. Kahramanmaraş İli Keklik Deresi Yağış Havzasında Geotekstil (Silt Fence) Kullanılarak Erozyon İle Kaybolan Toprak Miktarının Belirlenmesi. *Ksü Doğa Bil. Der.*, I. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş Özel Sayı.
- Roosmalen L. V., Christensen, B. S. B., Sonnenborg, T. O. 2006. Regional Differences in Climate Change Impacts on Groundwater and Stream Discharge in Denmark. *Vadose Zone J.* 6:554–571 doi:10.2136/vzj2006.0093.

- Rossmann, L., A. 2004. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. National Risk Management Research Laboratory, United States Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH. November.
- Rossmann, L. A. 2010. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. National Risk Management Research Laboratory Office Of Research And Development U.S. Environmental Protection Agency. Epa/600/R-05/040.
- Rosso, R. 1992. An Introduction to Spatially Distributed Modeling of Basin Response. p.3-30. In *Advances in Distributed Hydrology*. Rosso, R., A. Peano, I. Becchi and G. Bemporad, G. (eds.) . Water Resources Publications. Colorado.
- Rowe, C. M., Kuivinen, K. C., Flores-Mendoza, F. 1994. "Sensitivity of Streamflow to Climate Change: A Case Study for Nebraska". *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*. Paper 154.
- SÇD, 2000. 23 Ekim 2000 Tarihli Avrupa Parlamentosu Ve Konseyinin 2000/60/EC Sayılı Direktifi.
- Sevim, M. 1956. Belgrad Ormanı Bazı Meşçerelerinde Üst Toprağın Fizik Ve Şimik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 6, 1 S.114-126.
- Silkin, H. 2014. İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi. Orman Ve Su İşleri Uzmanlık Tezi. Ankara. 171s.
- Singh V.P., Woolhiser, David A. 2002. "Mathematical Modeling of Watershed Hydrology". *Journal of Hydrological Engineering*, 270-292.
- Souza, R., Marques, D. M., Silveira, A. 2011. Using SWMM As A Tool For Hydrologic Impact Assessment In A Small Urban-Rural Basin Within High Resolution GIS. 12th International Conference on Urban Drainage, (September), 10-15.
- Steel, G.D.R., Torrie, J.A. 1994. Principles And Procedures Of Statistics, Mc. Graw- Hill Book Company Inc., New York, London.
- Şen, Ö.L., 2013. IPCC' nin Son Raporu Işığında Türkiye'de İklim Değişikliği, Olası Etkileri Ve Çözüm Önerileri.
Tallinn , Estonia, 2(January 2004), 1-8.
- Temprano, J., Arango, Ó., Cagiao, J., Suárez, J., Tejero, I. 2007. Stormwater Quality Calibration By SWMM: A case study in Northern Spain. *Water SA*, 32(1), 55-63. <http://doi.org/10.4314/wsa.v32i1.5240>
- Thanapakpawin, P., Richey, J., Thomas, D., Rodda, S., Campbell, B., Logsdon, M., 2006. Effects Of Landuse Change On The Hydrologic Regime Of The Mae Chaem River Basin, NW Thailand. *Journal of Hydrology*, 234, 215-230.
- Turoğlu, H. 1984. Yenilenen Kuaterner Kronostratigrafisi (Updated Quaternary Chronostratigraphy). *Türk Coğrafya Dergisi*, 85-90.

- Türkeş, M. 2012. Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4(2), 1-32.
- U.S. EPA, 2007. Better Assessment Science Integrating point and Nonpoint Sources BASINS 4.0, User’s Manual, EPA-823-C-07-001.
- USGS, 2016. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Lsds-1574 Version 2.0. Department Of The Interior U.S. Geological Survey.
- Uygun, B. 2009. Ortadere Araştırma Havzalarının Mike-She Hidroloji Yazılımı İle Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. 69s.
- Vaughn, E. J. C., Mirchi, A., Watkins, D., Madani, K. 2009. Modeling for Watershed Planning , Management , and decision Making. Control.
- Vining, R. C., L. J. Brun, J. W. Enz, J. L. Richardson. 1983. “An Analysis of Stream Flow Variability in Three Rivers in North Dakota.” In: Proceedings of the Fifth Conference on Hydrometeorology, American Meteorology Society, Tulsa, Oklahoma, Oct. 17-19. Pp. 50-51.
- Wang, S., Kang, S., Zhang, L., Li, F., 2008. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. *Hydrological Processes*, 22, 2502-2510.
- Wissmar, R.C., Timm, R.K., Logsdon, M.G., 2004. Effects Of Changing Forest And İmpervious And Covers On Discharge Characteristics Of Watersheds. *Environmental Management*, 34, 91-98.
- Wu, J. Y., Thompson, J. R., Kolka, R. K., Franz, K. J., Stewart, T. W. 2013. Using the Storm Water Management Model To Predict Urban Headwater Stream Hydrological Response To Climate And Land Cover Change. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(12), 4743–4758. <http://doi.org/10.5194/hess-17-4743-2013>.
- Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D.D., and Anderson, W.P. 1989. ‘AGNPS: A Non-Point-Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds,’ *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 44, pp. 168:173.
- Yue, S., Hashino, M., 2005. Statistical İnterpretation Of The İmpact Of Forest Growth On Stream Flow Of The Sameura Basin, Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 104, 369-384.
- Yüksel, A., Gündoğan, R. ve Akay, A.E., 2008. “Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaraş, Turkey”, *Sensors* 8, s.4851-4865.
- Zawilski, M., Sakson, G. 2008. Modelling of detention-sedimentation basins for stormwater treatment using SWMM software, 1–10.

- Zeitoun, M. 2007. The Conflict vs. Cooperation Paradox: Fighting Over Or Sharing Of Palestinian – Israeli Groundwater. *Water International*, Volume 32, Number 1, Pg. 105-120.
- Zeitoun, M., Warner, J. 2006. Hydro-Hegemony – A Framework For Analysis Of Trans-Boundary Water Conflicts. *Water Policy* 8 (2006) 435–460. Doi: 10.2166/Wp.2006.054.
- Zhang, Y.K., Schilling, K.E. 2006. Increasing Stream Flow And Baseflow In Mississippi River Since The 1940s: Effect Of Land Use Change. *Journal of Hydrology*, 324, 412-422.
- Zoppou, C., 1999. Review of stormwater models, CSIRO land and water technical report, 52/99, Canberra, Australia.



EKLER

Ek Çizelge 1. Çalışmada kullanılan yağış serisi

Göksun Meteoroloji İstasyonu				
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları				
İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2010	10	1	9.0
17866	2010	10	2	0
17866	2010	10	3	11.6
17866	2010	10	4	0
17866	2010	10	5	0
17866	2010	10	6	0
17866	2010	10	7	0
17866	2010	10	8	2.0
17866	2010	10	9	9.2
17866	2010	10	10	4.6
17866	2010	10	11	0
17866	2010	10	12	0
17866	2010	10	13	0
17866	2010	10	14	4.4
17866	2010	10	15	4.5
17866	2010	10	16	7.1
17866	2010	10	17	0.1
17866	2010	10	18	0
17866	2010	10	19	0
17866	2010	10	20	0
17866	2010	10	21	0.2
17866	2010	10	22	0
17866	2010	10	23	0
17866	2010	10	24	0
17866	2010	10	25	0
17866	2010	10	26	0
17866	2010	10	27	0
17866	2010	10	28	0
17866	2010	10	29	5.4
17866	2010	10	30	17.5
17866	2010	10	31	0
17866	2010	11	1	0
17866	2010	11	2	0
17866	2010	11	3	0
17866	2010	11	4	0
17866	2010	11	5	0
17866	2010	11	6	0
17866	2010	11	7	0
17866	2010	11	8	0
17866	2010	11	9	0

Göksun Meteoroloji İstasyonu				
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları				
İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2010	11	11	0
17866	2010	11	12	0
17866	2010	11	13	0
17866	2010	11	14	0
17866	2010	11	15	0
17866	2010	11	16	0
17866	2010	11	17	0
17866	2010	11	18	0
17866	2010	11	19	0
17866	2010	11	20	0
17866	2010	11	21	0
17866	2010	11	22	0
17866	2010	11	23	0
17866	2010	11	24	0
17866	2010	11	25	0.4
17866	2010	11	26	0
17866	2010	11	27	0
17866	2010	11	28	0
17866	2010	11	29	0
17866	2010	11	30	0
17866	2010	12	1	0
17866	2010	12	2	0
17866	2010	12	3	0
17866	2010	12	4	0
17866	2010	12	5	0
17866	2010	12	6	0
17866	2010	12	7	0
17866	2010	12	8	0
17866	2010	12	9	0
17866	2010	12	10	0
17866	2010	12	11	29.2
17866	2010	12	12	61.6
17866	2010	12	13	12.5
17866	2010	12	14	8.9
17866	2010	12	15	21.3
17866	2010	12	16	1.1
17866	2010	12	17	0.2
17866	2010	12	18	33.9
17866	2010	12	19	2.6
17866	2010	12	20	0.0
17866	2010	12	21	0

Göksun Meteoroloji İstasyonu				
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları				
İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2010	12	22	0
17866	2010	12	23	0
17866	2010	12	24	0
17866	2010	12	25	0
17866	2010	12	26	0
17866	2010	12	27	0
17866	2010	12	28	0
17866	2010	12	29	0
17866	2010	12	30	0
17866	2010	12	31	4.3
17866	2011	1	1	4.5
17866	2011	1	2	0
17866	2011	1	3	0.0
17866	2011	1	4	0.9
17866	2011	1	5	0.3
17866	2011	1	6	0
17866	2011	1	7	1.6
17866	2011	1	8	27.0
17866	2011	1	9	1.5
17866	2011	1	10	0
17866	2011	1	11	0
17866	2011	1	12	0
17866	2011	1	13	0
17866	2011	1	14	0
17866	2011	1	15	0
17866	2011	1	16	0
17866	2011	1	17	0
17866	2011	1	18	0
17866	2011	1	19	0
17866	2011	1	20	0
17866	2011	1	21	0
17866	2011	1	22	0
17866	2011	1	23	0
17866	2011	1	24	0
17866	2011	1	25	0.3
17866	2011	1	26	15.4
17866	2011	1	27	0.6
17866	2011	1	28	1.8
17866	2011	1	29	2.1
17866	2011	1	30	11.6
17866	2011	1	31	5.8
17866	2011	2	1	0
17866	2011	2	2	0
17866	2011	2	3	0

Göksun Meteoroloji İstasyonu
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları

İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2011	2	4	0
17866	2011	2	5	0
17866	2011	2	6	0
17866	2011	2	7	0
17866	2011	2	8	0
17866	2011	2	9	0
17866	2011	2	10	0
17866	2011	2	11	0
17866	2011	2	12	0
17866	2011	2	13	0
17866	2011	2	14	0
17866	2011	2	15	0.5
17866	2011	2	16	1.3
17866	2011	2	17	0
17866	2011	2	18	0
17866	2011	2	19	0
17866	2011	2	20	6.6
17866	2011	2	21	5.3
17866	2011	2	22	0
17866	2011	2	23	3.0
17866	2011	2	24	3.0
17866	2011	2	25	3.5
17866	2011	2	26	17.0
17866	2011	2	27	0
17866	2011	2	28	7.6
17866	2011	3	1	0
17866	2011	3	2	0.0
17866	2011	3	3	0
17866	2011	3	4	0.0
17866	2011	3	5	0.0
17866	2011	3	6	0
17866	2011	3	7	3.6
17866	2011	3	8	11.9
17866	2011	3	9	7.3
17866	2011	3	10	31.2
17866	2011	3	11	4.5
17866	2011	3	12	0.0
17866	2011	3	13	0.0
17866	2011	3	14	0.0
17866	2011	3	15	0
17866	2011	3	16	0

Göksun Meteoroloji İstasyonu				
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları				
İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2011	3	17	0
17866	2011	3	18	0
17866	2011	3	19	0
17866	2011	3	20	0
17866	2011	3	21	20.0
17866	2011	3	22	18.2
17866	2011	3	23	0
17866	2011	3	24	0
17866	2011	3	25	0
17866	2011	3	26	0.0
17866	2011	3	27	0.0
17866	2011	3	28	0
17866	2011	3	29	0
17866	2011	3	30	0.0
17866	2011	3	31	0.0
17866	2011	4	1	0.0
17866	2011	4	2	0
17866	2011	4	3	5.0
17866	2011	4	4	0
17866	2011	4	5	0.0
17866	2011	4	6	1.0
17866	2011	4	7	0.2
17866	2011	4	8	0.0
17866	2011	4	9	0.8
17866	2011	4	10	14.9
17866	2011	4	11	8.0
17866	2011	4	12	26.9
17866	2011	4	13	0.5
17866	2011	4	14	0.0
17866	2011	4	15	0
17866	2011	4	16	0
17866	2011	4	17	0.5
17866	2011	4	18	0
17866	2011	4	19	1.4
17866	2011	4	20	2.0
17866	2011	4	21	0.7
17866	2011	4	22	0
17866	2011	4	23	12.6
17866	2011	4	24	4.8
17866	2011	4	25	7.6
17866	2011	4	26	1.4

Göksun Meteoroloji İstasyonu
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları

İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2011	4	27	0.0
17866	2011	4	28	0
17866	2011	4	29	11.6
17866	2011	4	30	13.0
17866	2011	5	1	0.3
17866	2011	5	2	4.2
17866	2011	5	3	2.9
17866	2011	5	4	0
17866	2011	5	5	0
17866	2011	5	6	6.3
17866	2011	5	7	2.6
17866	2011	5	8	0
17866	2011	5	9	0
17866	2011	5	10	0
17866	2011	5	11	0.1
17866	2011	5	12	0
17866	2011	5	13	14.8
17866	2011	5	14	1.5
17866	2011	5	15	2.1
17866	2011	5	16	0.2
17866	2011	5	17	2.8
17866	2011	5	18	0
17866	2011	5	19	2.4
17866	2011	5	20	6.0
17866	2011	5	21	2.0
17866	2011	5	22	0
17866	2011	5	23	0
17866	2011	5	24	0
17866	2011	5	25	0
17866	2011	5	26	0
17866	2011	5	27	0
17866	2011	5	28	0
17866	2011	5	29	3.4
17866	2011	5	30	3.1
17866	2011	5	31	0
17866	2011	6	1	5.5
17866	2011	6	2	4.8
17866	2011	6	3	0
17866	2011	6	4	0
17866	2011	6	5	0
17866	2011	6	6	5.3

Göksun Meteoroloji İstasyonu
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları

İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2011	6	7	0
17866	2011	6	8	0.0
17866	2011	6	9	0.0
17866	2011	6	10	0.0
17866	2011	6	11	0.1
17866	2011	6	12	0
17866	2011	6	13	13.3
17866	2011	6	14	1.2
17866	2011	6	15	6.2
17866	2011	6	16	1.9
17866	2011	6	17	0
17866	2011	6	18	0.1
17866	2011	6	19	0.0
17866	2011	6	20	1.0
17866	2011	6	21	0
17866	2011	6	22	0
17866	2011	6	23	0
17866	2011	6	24	0
17866	2011	6	25	0
17866	2011	6	26	0
17866	2011	6	27	0
17866	2011	6	28	0
17866	2011	6	29	0
17866	2011	6	30	0
17866	2011	7	1	0
17866	2011	7	2	0
17866	2011	7	3	0
17866	2011	7	4	0
17866	2011	7	5	0
17866	2011	7	6	0
17866	2011	7	7	0
17866	2011	7	8	0
17866	2011	7	9	0
17866	2011	7	10	0
17866	2011	7	11	0
17866	2011	7	12	0
17866	2011	7	13	0
17866	2011	7	14	0
17866	2011	7	15	0
17866	2011	7	16	0
17866	2011	7	17	0

Göksun Meteoroloji İstasyonu				
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları				
İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2011	7	18	0
17866	2011	7	19	0
17866	2011	7	20	0
17866	2011	7	21	0
17866	2011	7	22	0.1
17866	2011	7	23	0
17866	2011	7	24	0
17866	2011	7	25	0
17866	2011	7	26	0
17866	2011	7	27	0
17866	2011	7	28	0
17866	2011	7	29	0
17866	2011	7	30	0
17866	2011	7	31	0
17866	2011	8	1	0
17866	2011	8	2	0
17866	2011	8	3	0
17866	2011	8	4	0
17866	2011	8	5	0.0
17866	2011	8	6	0
17866	2011	8	7	0
17866	2011	8	8	0
17866	2011	8	9	0
17866	2011	8	10	0
17866	2011	8	11	0
17866	2011	8	12	0
17866	2011	8	13	0
17866	2011	8	14	0
17866	2011	8	15	0.3
17866	2011	8	16	0
17866	2011	8	17	0
17866	2011	8	18	0
17866	2011	8	19	0
17866	2011	8	20	0
17866	2011	8	21	0.2
17866	2011	8	22	0
17866	2011	8	23	0
17866	2011	8	24	0
17866	2011	8	25	0
17866	2011	8	26	0
17866	2011	8	27	0

Göksun Meteoroloji İstasyonu
2010-2011 Su Yılına Ait Günlük Toplam Yağış Miktarları

İstasyon no	Ölçüm yılı	Ölçüm ayı	Ölçüm günü	Yağış miktarı (mm)
17866	2011	8	28	0
17866	2011	8	29	0
17866	2011	8	30	0
17866	2011	8	31	0
17866	2011	9	1	0
17866	2011	9	2	0
17866	2011	9	3	0
17866	2011	9	4	0
17866	2011	9	5	0.1
17866	2011	9	6	0
17866	2011	9	7	0
17866	2011	9	8	0
17866	2011	9	9	0
17866	2011	9	10	0
17866	2011	9	11	0
17866	2011	9	12	0
17866	2011	9	13	0
17866	2011	9	14	0
17866	2011	9	15	0
17866	2011	9	16	0.0
17866	2011	9	17	0.0
17866	2011	9	18	0
17866	2011	9	19	0
17866	2011	9	20	0.0
17866	2011	9	21	0
17866	2011	9	22	0.0
17866	2011	9	23	0
17866	2011	9	24	8.8
17866	2011	9	25	0
17866	2011	9	26	0.0
17866	2011	9	27	0
17866	2011	9	28	0.0
17866	2011	9	29	0.0
17866	2011	9	30	0.0

Ek Çizelge 2. Çalışmada kullanılan akım verisi

20. Ceyhan Havzası

E20A029 TÖRBÜZEK D. MEHMETBEY

YERİ : PINARBAŞI (KAYSERİ) -GÖKSUN (KAHRAMANMARAŞ) YOLU ÜZERİNDEKİ GÖKSUNA GİRMEYEN 5
RM. MESAFEDEKİ MEHMETBEY KÖYÜNE GÖKSUN İSTİFRAHİNDE 500 M. UZAKLIKTA BULUNAN TÖRBÜZEK KARA YOLU
KÖRÜSÜNÜN 30 M SOLUNDADIR. (PAFTA L36-C3)
36°28'1" Doğu - 38°4'7" Kuzey

YAĞIŞ ALANI : 194,80 km² **YAKLAŞIK KOT** : 1364 m

GÖZLEM SÜRESİ : 17.09.2010 - 30.09.2011

ORTALAMA AKIMLAR : Gözlem süresinde NaN m³/sn. (1 Yıllık) 2011 Su yılında 2.559 m³/sn.

ANLIK EN ÇOK VE EN AZ AKIMLAR:

2011 Su yılında anlık en çok akım : 9.580 m³/sn 21.03.2011
2011 Su yılında anlık en az akım : 0.748 m³/sn 08.12.2010
Gözlem süresinde anlık en çok akım : 9.580 m³/sn 21.03.2011
Gözlem süresinde anlık en az akım : 0.748 m³/sn 08.12.2010

İstasyon için kullanılmış anahtar bulunmamaktadır.

Akımlar 01 Ekim 2010 'den 30 Eylül 2011' a kadar m³/sn olarak

Gün	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
01	1.36	1.26	0.894	0.967	1.04	3.48	4.28	6.10	4.73	3.14	2.01	1.58
02	1.36	1.26	0.894	0.894	1.04	3.14	4.50	6.38	4.73	2.97	2.01	1.58
03	1.47	1.26	0.894	0.894	1.04	2.80	4.73	6.38	4.73	2.97	2.01	1.58
04	1.47	1.26	0.894	0.967	1.04	2.63	4.96	6.38	4.73	2.97	2.01	1.58
05	1.47	1.15	0.894	0.967	1.04	2.46	5.19	6.66	4.50	2.97	2.01	1.58
06	1.47	1.15	0.894	0.967	0.894	2.29	5.19	6.66	4.50	2.97	2.01	1.58
07	1.47	1.04	0.821	0.967	0.894	2.46	5.19	6.66	4.50	2.80	2.01	1.58
08	1.47	1.04	0.821	0.967	0.894	2.97	5.19	6.38	4.28	2.80	2.01	1.58
09	1.47	1.04	0.821	0.967	0.894	4.28	5.19	6.38	4.28	2.80	2.01	1.58
10	1.47	1.04	0.821	0.894	0.894	3.48	5.64	6.38	4.05	2.80	2.01	1.47
11	1.47	0.967	0.967	0.894	0.894	3.14	5.64	6.38	4.05	2.80	1.90	1.47
12	1.47	0.967	0.967	0.967	0.894	2.80	5.87	6.38	4.05	2.80	1.90	1.47
13	1.36	0.967	0.894	0.967	0.894	2.63	5.64	6.38	4.05	2.80	1.90	1.47
14	1.36	0.967	0.967	0.967	0.894	2.46	5.64	6.10	4.05	2.80	1.90	1.47
15	1.47	0.967	0.967	0.967	0.967	2.46	5.42	6.10	4.05	2.63	1.90	1.47
16	1.36	0.967	0.967	0.894	0.967	2.46	5.42	6.10	4.05	2.63	1.90	1.47
17	1.36	0.894	1.04	0.894	0.967	2.63	5.19	5.87	4.05	2.63	1.90	1.47
18	1.36	0.894	1.15	0.967	1.04	2.80	5.42	5.87	3.82	2.63	1.90	1.47
19	1.26	0.894	1.04	0.967	1.15	3.14	5.64	5.64	3.82	2.63	1.90	1.47
20	1.26	0.894	1.04	0.967	1.47	3.48	5.64	5.64	3.65	2.63	1.90	1.47

Ek Çizelge 3. Çalışma alanındaki alt havzalara ait alan dağılımı ve geçirimsizlik yüzdeleri

Alt havza	Orman			Mera		Tarım	Taşlık	Yerleşim	Toplam alan	Geçirimsiz alan yüzdesi (%)
	1 kapalı ve diğer meşcereler (ha)	2 kapalı meşcereler (ha)	3 kapalı meşcereler (ha)	1(zayıf)	2(orta)					
1	0	0	0	0	0	0	140,5	0	140,5	90
2	0	0	0	0	0	0	103,9	0	103,9	90
3	0	0	0	0	0	0	106,6	0	106,6	90
4	0	0	0	0	0	0	108,9	0	108,9	90
5	0	0	0	0	0	0	138,8	0	138,8	90
6	0	0	0	0	0	0	118,7	0	118,7	90
7	0	0	0	0	0	0	109,2	0	109,2	90
8	0	0	0	0	0	4,8	94,3	0	99,1	88
9	0	0	0	0	0	6	90,7	0	96,7	87
10	0	0	0	0	0	47,7	33,6	19,8	101,1	55
11	0	0	0	0	0	133	19,4	0	152,3	46
12	0	0	0	0	0	39,1	67,5	0	106,6	72
13	0	0	0	0	0	131,9	4	0	135,9	41
14	0	0	0	0	0	64,2	1,6	0	65,8	41
15	0	0	0	0	0	32,5	85,7	0	118,3	76
16	0	0	0	0	0	0	92,5	0	92,5	90
17	0	0	0	0	0	0	122,8	0	122,8	90
18	0	0	0	0	0	37,8	69,5	0	107,3	72
19	0	0	0	0	0	13	94,5	0	107,5	84
20	0	0	0	0	0	2	86,2	0	88,2	89
21	0	0	0	0	0	18,7	75,3	0	94	80
22	0	0	0	0	0	52,9	35,2	1	89,1	60
23	1,6	0	0	0	0	0	79,7	0	81,3	89
24	29,8	0	0	0	0	0	52,2	0	82,1	66
25	35,1	0	0	0	0	7,6	41,2	0	83,9	58
26	54,9	0	0	28,3	0	0	50,1	0	133,4	55
27	8,6	2,7	0	48	0	0	27	0	86,2	59
28	34,3	2,7	0	0	0	0	36,4	0	73,4	57
29	0	0	0	0	0	66,7	8,6	0	75,3	46
30	0	0	0	0	0	72,9	13,2	0	86,1	48

Alt havza	Orman			Mera		Tarım (ha)	Taşlık , kayalık (ha)	Yerleşim (ha)	Toplam alan (ha)	Geçirimsiz alan yüzdesi (%)
	1 kapalı ve diğer meşcereler (ha)	2 kapalı meşcereler (ha)	3 kapalı meşcereler(ha)	1(zayıf) (ha)	2(orta) (ha)					
31	0	0	0	0,7	0	0	114,1	0	114,8	90
32	0	0	0	0	0	16,7	84,2	0	100,8	82
33	9,7	0	0	1,5	0	14,3	66,4	0	91,9	75
34	0	0	0	0	0	58,8	16,1	0	74,9	51
35	0	0	0	0	0	48,2	0	0	48,2	40
36	0	0	0	0,5	0	116,7	0	0	117,2	40
37	11,3	0	0	17,6	0	52,1	4,5	0	85,6	43
38	0	0	0	0	0	85,9	0	0	85,9	40
39	31,3	0	0	5,7	9,6	0,6	66,3	0	113,4	66
40	17,9	0	0	3,4	18,2	29,5	18,8	23,8	111,5	44
41	0	0	0	0	0	72	0	20,5	92,5	38
42	0	0	0	0	0	27,2	0	0	27,2	40
43	0	0	0	0	1,5	129,6	0	16,2	147,4	39
44	0	0	0	0	52,3	48,6	0	25,3	126,2	38
45	74,9	0	0	25,2	0	0	0	0	100,2	31
46	31,6	0	0	69,9	0	0	0,8	0	102,3	43
47	71,1	7,1	0	18,1	0	0	17,1	0	113,3	38
48	33	0	0	57,4	0	0	0,5	0	90,9	41
49	60,8	2,8	0	0,7	0	7,8	74,7	0	146,9	59
50	41	0	0	57,3	0	0	10,2	0	108,5	44
51	58,2	0	0	0,1	0	0	39,1	0	97,4	51
52	20,7	0	0	0	0,1	52,4	5,8	8,1	87,1	39
53	8,5	0	0	39,3	9,1	22,9	0,2	14,3	94,3	41
54	2,2	0	0	0	0	125,6	2,7	0	130,5	41
55	0	0	0	0	56,7	42,3	0	0,1	99,1	40
56	2	1,6	1,3	0	65,9	36,2	2,9	0	109,8	40
57	59,6	0	0	10,2	0	13,1	13,2	0	96,1	39
58	62,1	1,7	1,9	11,1	0	0,4	23,9	0	101,1	43
59	6,8	0,9	11,9	17,7	0,2	32,1	27	0	96,5	51
60	0	0	0	0	30,2	70,7	0	0	100,9	40


Alt havza	Orman			Mera		Tarım (ha)	Taşlık, kayalık (ha)	Yerleşim (ha)	Toplam alan (ha)	Geçirimsiz alan yüzdesi (%)
	1 kapalı ve diğer meşcereler (ha)	2 kapalı meşcereler (ha)	3 kapalı meşcereler(ha)	1(zayıf) (ha)	2(orta) (ha)					
61	25,7	0,1	0	14,8	12,1	28,6	22,8	0	104,1	49
62	0,1	0	0	0	28,6	65	0	0	93,6	40
63	27,1	11,8	35,9	32,4	14,9	8,7	0	0	130,8	31
64	24,2	8,7	28,4	10,7	23,8	30,6	0	0	126,6	31
65	3,1	7,5	5,8	0	21,2	56,1	0	3	96,7	36
66	63,7	0,1	0	5,5	7,2	75,5	0	0	152	34
67	11,3	9,4	1,2	8,9	0	65,4	0,8	0	97,1	37
68	25,2	17,2	0	0	5,1	37,8	0	0	85,4	32
69	0	0	0	0	0	119,1	0	10,2	129,3	39
70	37	15,1	0	0	0	62	0	0	114	32
71	22,5	0,2	0	2,7	0	59	0	4,9	89,1	36
72	31	5,1	1,3	0,6	10,7	52,7	0	0	101,5	34
73	8,7	0	0	9,7	3,8	40,9	0	2,4	65,5	39
74	28	0	0	0,8	0	50,8	0	13	92,6	34
75	46,2	3	0	0	1,3	39,9	0,5	0	91	32
76	56,3	0	27,8	7,5	1,4	34,7	0	0	127,7	29
77	79,8	4,8	0	0	9,3	6,3	10,7	0,5	111,4	33
78	20,2	7,5	34,9	0	6,8	22,7	0	2,9	94,9	26
79	56,6	5,1	2,2	0	0,1	7,8	28,7	1,1	101,7	44
80	0	0	0	0	0,6	74,7	0	0	75,4	40
81	33,2	4,9	0	10,6	2,6	49,9	0	0	101,2	35
82	58,2	3,7	0	0	7,5	32,5	35,8	0	137,6	46
83	0,9	0	0	0	0	106,8	2,2	5,5	115,4	40
84	0	0	0	0	0	76,2	20,2	1,5	97,8	50
85	2	0	0	0,6	0	106,7	0	0	109,3	40
86	10,2	1,6	3,1	0,1	0,5	82,4	4,4	0	102,2	40
87	6	0	1,8	0	8,9	21,4	64,6	10,2	113	67
88	0	0	0	0	0	85,1	19,1	0	104,2	49
89	0	0	0	1,3	0	44	88,2	0	133,4	73
90	0	0	0	0,2	0	4,5	94,2	0	98,9	88
91	0	0	0	0,4	0	2	83,4	0	85,7	89

Alt havza	Orman			Mera		Tarım (ha)	Taşlık , kayalık (ha)	Yerleşim (ha)	Toplam alan (ha)	Geçirimsiz alan yüzdesi (%)
	1 kapalı ve diğer meşcereler (ha)	2 kapalı meşcereler (ha)	3 kapalı meşcereler(ha)	1(zayıf) (ha)	2(orta) (ha)					
92	0	0	0	25,6	0	0,4	83,6	0	109,6	80
93	0	0	0	1,4	0	0	151,4	0	152,9	90
94	0	0	0	108	0	0	2,6	0	110,6	51
95	0	0	0	90,3	0	7,6	1,1	0	99	50
96	0	0	0	73,6	0	21,2	8,3	0	103,1	51
97	0	0	0	5,1	0	46,1	70,4	0	121,6	69
98	0	0	0	0	0	70,2	87	0	157,2	68
99	79,4	6	0	0	0	2,3	0	0	87,7	25
100	36,9	0,2	0	0	0	66,5	0	0	103,6	35
101	14,8	12,3	0	0	15,6	30,1	0,5	1,6	74,9	34
102	25,4	15,6	0	0,1	0	59,6	0	0	100,7	33
103	29	0	0	31,8	0	6,9	27,2	5,9	100,9	52
104	87	4,1	0,1	0	7	3,6	30,3	3,7	135,9	41
105	52,9	24,2	0	0	0	49	0,3	5,2	131,6	30
106	35,2	0	0	27	40,9	4,4	0	0	107,6	38
107	84,8	31,5	14,3	0	2,3	0	0	0	132,9	23
108	40,2	25,1	50,5	0	0,7	0	0	0	116,5	20
109	71,9	19,8	9,4	0	18,5	0,1	0	0	119,8	26
110	57,5	5,3	1,7	0	17,5	0	0	0	82	28
111	23,6	41,9	38,9	0	16,8	0	0	0	121,2	22
112	52,8	50,8	9,4	0	2,4	4,2	0,5	0	120,1	23
113	63,7	26,8	21,5	0	0	9,7	0	0	121,6	23
114	104,5	0	1,5	0	0	0,4	0	0	106,4	25
115	39,3	40,3	15,5	0	9,7	4,9	0	0	109,7	24
116	22,4	9,1	34,1	0	5,5	4	0	0	75,3	22
117	9,9	32,5	55,3	0	3,4	6,4	0	0	107,5	20
118	14,8	8,5	46,9	0	27,1	8,2	0	0	105,5	25
119	54,8	12,4	27,5	0	9,5	0,7	0,8	0	105,7	24
120	74,6	11,6	15,4	0	0	0	0	0	101,6	23
121	102	0,2	11,3	0,2	0	0	11,1	0	124,6	30
122	71,1	18,3	22,5	0	0,1	0,4	0	0	112,4	22

Alt havza	Orman			Mera		Tarım (ha)	Taşlık, kayalık (ha)	Yerleşim (ha)	Toplam alan (ha)	Geçirimsiz alan yüzdesi (%)
	1 kapalı ve diğer meşcereler (ha)	2 kapalı meşcereler (ha)	3 kapalı meşcereler(ha)	1(zayıf) (ha)	2(orta) (ha)					
123	32,2	32,6	26,5	0	7,7	0,5	0	0	99,4	22
124	14,2	29,8	18,9	0	1,7	17,3	0	0	81,9	24
125	64,9	4,8	4,2	0	0	2,7	0	0	76,5	25
126	63,6	17,2	3,7	0	13,7	1,4	0	0	99,6	26
127	72,8	22,3	20,2	0	1	3	0	0	119,3	23
128	62,9	19	19,3	0	1,2	0,5	0	0	103	22
129	57,8	24,5	18,8	0	0	0	0	0	101,1	22
130	37,6	30,3	31,2	0	0,6	0	0	0	99,7	20
131	44,9	31,3	20,7	0	0	0	0	0	97	21
132	89,4	14,1	1,5	0	24,3	0,1	0	0	129,5	27
133	127	0	0	8,8	0,2	0	0	0	136	27
134	91,3	30,4	11,8	0	5	0	0	0	138,5	24
135	68,9	40,6	16,5	0	4,6	3,6	0	0	134,2	23
136	69,9	15,8	0	17,1	0	0	31,2	0	134,1	43
137	17,3	0	0	42	0	0	45,2	0	104,5	63
138	0	0	0	0,9	0	0	100,2	0	101,1	90
139	12,7	0	0	4,5	0	0	88	0	105,2	80
140	82,6	0,5	0	2,4	2,1	4,3	25,8	0	117,6	41
141	34,8	8,5	2,4	2,8	6,7	35,4	0,5	0	91	32
142	35,3	0	0	28,5	3,6	30,2	0,3	2,4	100,2	37
143	95,1	4,2	0	7,4	0	0,3	0	0	107	27
144	41,2	5,5	0	21,1	0	37,2	0	13,3	118,3	35
145	78,1	11	5,9	6,8	4,6	10,1	0	0	116,5	27
146	50	16,8	8,2	22,1	2,4	1,9	0	0	101,5	29
147	89,8	0	0	13,9	0	0	0	0	103,7	28
148	48,1	0	0	16,8	0	0	56	0	120,9	59
149	66,2	0	0	2,4	0	0	96,8	0	165,4	63
150	31,5	0	0	65,1	0,3	0	13,2	0	110,1	48
151	42,8	0	0	0,4	1,3	0	66,4	0	110,8	64
152	13,7	0	0	0	0	0	87,1	0	100,9	81
153	0	0	0	0,6	0	0	99,6	0	100,2	90

Alt havza	Orman			Mera		Tarım (ha)	Taşlık, kayalık (ha)	Yerleşim (ha)	Toplam alan (ha)	Geçirimsiz alan yüzdesi (%)
	1 kapalı ve diğer meşcereler (ha)	2 kapalı meşcereler (ha)	3 kapalı meşcereler (ha)	1(zayıf) (ha)	2(orta) (ha)					
154	0	0	0	0,9	0	0	100,1	0	101	90
155	0	0	0	94,4	0	0	6,6	0	101	53
156	6,6	0	0	26,9	0	0	72,4	0	105,8	76
157	15,4	0	0	0	0	0	84,1	0	99,5	80
159	21,6	0	0	0	0	0	73,5	0	95,1	75
160	12	0	0	37,8	0	0	50,8	0	100,6	67
161	53,7	0	0	5,7	0	0	52,4	0	111,7	57
162	35,3	0	0	28,4	0	0	43	0	106,7	58
163	67,8	0	0	2,4	0	0	32,3	0	102,5	46
164	69,9	0	0	22,1	0	0	8,6	0	100,6	36
165	84,1	0	0	0	0	0	20	0	104,1	38
166	93,6	0	0	0	0	0	19,9	0	113,5	36
167	92,9	0	0	0	0	0	38,2	0	131,1	44
168	98,1	0	0	0	0	0	8,3	0	106,3	30
169	43,7	0	0	0,6	0	0	132,2	0	176,6	74
170	49,1	4,6	0	48,5	1,7	0	4	0	107,9	39
171	77,9	17	0	1,5	0	0	9,3	0	105,7	30
172	42,9	0	0	8,5	0	0	70,2	0	121,6	64
173	50,9	0	0	25,4	0	0	60,6	0	136,9	58
174	60,1	0	0	53,2	0	0	39,1	0	152,4	50
175	64,8	0	0	42,5	0	0	0,5	0	107,8	35
176	49,4	7,1	0	45,3	0	0	0,6	0	102,4	36
177	25,3	0	0	0,8	0	0	76,9	0	102,9	74
178	2,2	0	0	21,4	0	0	58,1	0	81,7	78
179	84,3	0	0	0,1	0	0	18,7	0	103,1	37
180	98	0	0	0,7	0	0	0	0	98,7	25
181	96,6	0	0	1,4	0	0	0	0	98	25
182	40,3	0	0	0,1	0	0	76,7	0	117,2	68
183	33,9	0	0	12,2	0	0	76,1	0	122,1	68
184	24,2	0	0	0	0	0	76,6	0	100,8	74
185	32,5	0	0	0	0	0	66,5	0	98,9	69
Toplam (ha)	5856,4	909,8	743,1	1626,9	670,2	3939,3	5734,1	216,3	19696	

Ek Çizelge 4. Göksun meteoroloji istasyonuna ait bazı verilerin uzun yıllık ortalama değerleri

	T.C.													
	ÇEVRE ve ORMAN BAKANLIĞI													
	DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ													
Enlem	38.01													
Boylam	36.3													
Yükselik	1344	17866-GOKSUN										1975 - 2009		
Parametre	Rasat S. (YIL)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	35	-3.9	-2.5	2.6	8.5	12.9	17.6	21.2	20.7	16.0	10.3	3.8	-1.1	
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	35	84.7	72.2	75.1	69.9	60.1	16.9	6.5	4.9	12.9	47.8	74.5	87.8	
Ortalama Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	35				8.0	97.2	163.8	213.8	195.7	134.8	30.6			
Ortalama Rüzgar Hızı (m_sec)	35	1.4	1.7	2.0	2.3	1.8	2.1	2.1	1.8	1.5	1.4	1.6	1.5	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Hurem DUTAL
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.03.1988 Giresun
Medeni hali : Bekar
Telefon : 05070828761
Faks : -
e-posta : huremdutal@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	KTÜ/ Orman Mühendisliği Bölümü	2012
Lise	Espiye Çok Programlı Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-	KSÜ	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Reis, M., Tat, S., Duta, H., Şen N. 2014. Kurak ve Yarıkurak Alanlarda Bazı Alt Toprak Özelliklerinin Toprak Erodibilitesi Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, (Yayın No:1316081)
2. Reis, M., Duta, H., Kayrak, Z. 2015. Determining Future Precipitation Probability For Kahramanmaraş City Using Markov Chain Approach.. 14TH International Scientific Conference of the Romanian-German University of Sibiu, 349-357. (Tam metin bildiri)(Yayın No:2127900).
3. Reis, M., Duta, H. 2016.Markov Zinciri Modeli Kullanılarak Kahramanmaraş İli İçin Gelecekteki Hidrolojik Kuraklık Olasılıklarının Belirlenmesi. Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi, 2016, 16 (1): 34-43.

Hobiler

Futbol, Müzik, Sinema