T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HATAY İLİ YÜZEY AKIŞ POTANSİYELİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Mehmet Akif KESKİNKILIÇ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
HAZİRAN-2015

T.C.

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HATAY İLİ YÜZEY AKIŞ POTANSİYELİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Mehmet Akif KESKİNKILIÇ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
HAZİRAN-2015

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HATAY İLİ YÜZEY AKIŞ POTANSİYELİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Mehmet Akif KESKİNKILIÇ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Ahmet İRVEM danışmanlığında hazırlanan bu tez 18/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ahmet İRVEM
Başkan

Yrd. Doç Dr. Zekai GÜMÜŞ
Üye

Yrd. Doç. Dr. Hasan GÜZEL
Üye

Kod No: 848

Doç. Dr. Okan ŞENER
Enstitü Müdür V.

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.

18/06/2015

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Mehmet Akif KESKİNKILIÇ

ÖZET

HATAY İLİ YÜZEY AKIŞ POTANSİYELİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Hidrolojik çalışmalarda, yağmurlar ve kar erimeleri ortaya çıkan yüzey akışların bilinmesi çok önemlidir. Bir havza için yüzey drenaj sistemlerinin planlanmasında yüzey akışın bilinmesi gereklidir. Günümüzde yüzeysel akışların oluşturduğu akım verilerini elde etmede akım gözlem istasyonları kullanılmaktadır. Akım gözlem istasyonlarına sahip olmayan veya yeterli akım kaydı olmayan alt havzalarda akım verileri temin edilememektedir. Türkiye'de bir çok alt havzada yüzey akış verilerini temin etmek kolay olamamaktadır, bu yüzden amprik olarak tahmin edilmektedir. Bu amaçla, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileriyle yağış-akış çalışmaları gün geçtikçe artış göstermektedir. Çalışmada yağış-akış modeli olarak USDA (United States Department of Agriculture) tarafından geliştirilen SCS-CN (Soil Conservation Service - Curve Number) yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, SCS-CN yöntemi, Asi havzasında uygulanmıştır. Yüzey akışın tahmininde, arazi kullanımı ve bitki örtüsü, toprak grupları ve farklı yinelenme yıllarına göre yağış verileri yöntemin girdi verileri olarak kullanılmıştır. Sonuçta, çalışma alanında, akım ölçümü olmayan alt havzalar için yüzey akış hacmi hesaplanmış ve haritalanmıştır, aynı zamanda çalışma alanında bulunan herhangi bir akarsu kesiti için yüzey akışın hesaplanabileceği bir veri tabanı hazırlanmıştır.

2015, 45 sayfa

Anahtar kelimeler: SCS yöntemi, Coğrafi bilgi sistemleri, Asi havzası, Yüzey akış

ABSTRACT

DETERMINING SURFACE RUNOFF POTENTIAL USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR HATAY PROVINCE

Determination of direct runoff and peak discharge which occur from rainfall and snowmelt is very important in hydrological applications. For determining design discharge for surface drainage systems, it is necessary to determine direct runoff for the corresponding basins. To measure the discharge which feeds from surface runoff and natural resources, gauge stations have been used. It is very difficult to get the discharge data in river which it does not have gauge station or enough recorded data. In Turkey, suitable data to determine the runoff of a basin are not easy to find. Therefore, runoff are usually determined amprically.

Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing arise as efficient tools in rainfall-runoff analysis to estimate direct runoff and peak discharge. Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) method, which was developed by United States Department of Agriculture (USDA), is one of the methods used widely in rainfall-runoff modelling. In this study, this method was applied to Orantes river basin in Hatay.

Landuse/landcover, hydrological soil groups data and precipitation data which have fifferent reoccurence intervals have been used as input data in SCS-CN method for runoff estimation. Finally, runoff volume for the ungauged sub basins calculated and mapped using GIS. Also, data base maps were prepared to calculate runoff in any cross section of streams in the study area.

2015, 45 pages

Key words: SCS method, Geographical information systems, Asi river basin, Surface runoff

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT II
ŞEKİLLER DİZİNİ III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
1.GİRİŞ 1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL ve YÖNTEM 5
3.1. Materyal 5
3.1.1. Çalışma Alanı 5
3.1.2. İklim Özellikleri 6
3.1.3. Toprak Özellikleri 6
3.1.4. Çalışma alanı su kaynakları 8
3.1.5. Yağış verileri 9
3.1.6. Harita verileri 9
3.2.Yöntem 10
3.2.1. Yağıştan yüzey akışın hesaplanması 10
3.2.1.1. CN Değerlerinin Belirlenmesi 11
3.2.2. Yüzey Akış Denklem Parametrelerinin Elde Edilmesi 13
3.2.2.1. Çalışma Alanı Toprakları 13
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 17
4.1. Toprak Grupları Haritası 17
4.2. Çalışma Alanı Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Haritası 17
4.3. Çalışma alanı eş yükseklik haritası 19
4.4. Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Haritası 20
4.5. Çalışma Alanı Akış Yönleri (Bakı) Haritası 21
4.6. Çalışma Alanı Drenaj Ağı Haritası 22
4.7. Çalışma Alanında Alt Havzaların Belirlenmesi 23
4.8. Alt Havza Eğri Numarası 25
4.9. Su Birikim Haritası (Flow Accumulation) 26
4.10. Yağış Gözlem İstasyonları ve Yağış Verileri 26
4.11. Yağışların alansal dağılımı 28
4.12. Farklı yinelenme yıllarına göre çalışma alanı yüzey akış miktarları 29
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 31
KAYNAKLAR 33
TEŞEKKÜR 35
ÖZGEÇMİŞ 36
EKLER 37
Ek-1. Ortalama Yıllık Yağışların Alansal Dağılımı 37
Ek-2. İki Yıl Yinelemeli 24 Saatlik Maksimum Yağışların Alansal Dağılımı 37
Ek-3. On Yıl Yinelemeli 24 Saatlik Maksimum Yağışların Alansal Dağılımı 38
Ek-4. Yirmibeş Yıl Yinelemeli 24 Saatlik Maksimum Yağışların Alansal Dağılımı 38
Ek-5. Elli Yıl Yinelemeli 24 Saatlik Maksimum Yağışların Alansal Dağılımı 39
Ek-6. Yüz Yıl Yinelemeli 24 Saatlik Maksimum Yağışların Alansal Dağılımı 39
Ek-7. İki Yıl Yinelemeli 24 Saat Maksimum Yağışların Oluşturduğu Yüzey Akışların Alansal Dağılımı ve Grafiksel Gösterimi 40

Ek-8. On Yıl Yinelemeli 24 Saat Maksimum Yağışların Oluşturduğu Yüzey Akışların Alansal Dağılımı ve Grafiksel Gösterimi 41
Ek-9.Yirmi Beş Yinelemeli 24 Saat Maksimum Yağışların Oluşturduğu Yüzey Akışların Alansal Dağılımı ve Grafiksel Gösterimi 42
Ek-10. Elli Yıl Yinelemeli 24 Saat Maksimum Yağışların Oluşturduğu Yüzey Akışların Alansal Dağılımı ve Grafiksel Gösterimi 43
Ek-11.Yüz Yıl Yinelemeli 24 Saat Maksimum Yağışların Oluşturduğu Yüzey Akışların Alansal Dağılımı ve Grafiksel Gösterimi 44
Ek-11.Uzun Yıllık Ortalama Yağışların Oluşturduğu Yüzey Akışların Alansal Dağılımı ve Grafiksel Gösterimi 45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma Alanı. 5
Şekil 3.2. Çalışma Akış Şeması 10
Şekil 4.1. Çalışma alanı arazi kullanını ve bitki örtüsü haritası. 17
Şekil 4.2. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası 19
Şekil 4.3. Çalışma alanının küçük bir bölgesi için eş yükseklik eğrileri haritası 20
Şekil 4.4. Sayısal Yükseklik Haritası 20
Şekil 4.5. Çalışma alanı sayısal yükseklik haritası 21
Şekil 4.6. Çalışma alanı su akış yönleri haritası 22
Şekil 4.7. Çalışma alanı drenaj ağı haritası 23
Şekil 4.8. Çalışma alanı alt havzalarını gösteren harita 24
Şekil 4.9. Çalışma alanı alt havzaları haritası 24
Şekil 4.10. Çalışma alanı CN numaraları 25
Şekil 4.11. Su birikim haritası algoritması 26
Şekil 4.12. Çalışma alanı yağış gözlem istasyonları konumları 27
Şekil 4.13. Beş Yıl Yinelemeli 24 Saatlik Maksimum Yağışların Alansal Dağılımı 28
Şekil 4.14. Beş yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı 29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Asi Havzası topraklarının mevcut kullanma durumları 7
Çizelge 3.2. Asi havzası topraklarının kullanmaya uygunluk sınıfları..... 7
Çizelge 3.3. Asi Havzası su kaynakları ve özellikleri 9
Çizelge 3.4. Değişik koşullar için yüzey akış eğri numaraları 15
Çizelge 3.5. SCS metodu için YÖN durumu sınıflandırması..... 16
Çizelge 4.1. Hatay ili için farklı yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağış değerleri..... 28
Çizelge 4.2. Beş yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışın oluşturduğu yüzey akışın alansal değeri 30
Çizelge 4.3. Farklı yinelenme yıllarına göre yüzey akış miktarları..... 30

1. GİRİŞ

Taşkınlar, büyük debi, büyük hızlar ve yüksek su seviyeleri ile karakterize edildiğinden, akarsular üzerinde inşa edilecek tüm yapılar için bu taşkın karakteristiklerinin bilinmesi ve bu karakteristiklere göre önlemlerin alınması gereklidir.

Yerüstü su kaynakları potansiyelinin belirlenmesinde, taşkın koruma yapılarının projelenmesi ve drenaj sistemlerinin planlanmasında çalışılan havzalarda yüzey akışların hacimleri ile debilerinin bilinmesi gerekir. Bir havzada taşkın karakteristikleri havzada yağıştan oluşan yüzey akış ile doğrudan ilişkilidir.

Bir havzada yüzey akışın hacmi ile debisi, yağıştan oluşacak yüzey akış hidrografının analiz edilmesi veya bu amaç için geliştirilmiş amprik yöntemlerden dolaylı olarak bulunur.

Hidrolojik çalışmalarda özellikle taşkın alanlarının belirlenmesi ve gerekli önlemlerin öncelikle alınabilmesi için yüzey akış potansiyelinin bilinmesi gereklidir. Ayrıca, drenaj sistemlerinin etkin şekilde projelenmesinde yüzey akış bilgisine ihtiyaç vardır. Su bütçesi yönteminde buharlaşma ve yüzey akış bilinirse toprağa sızan su miktarı kolayca hesaplanabilmekte ve bu bilgiler ışığında yeraltı su beslenmesi ile ilgili fikir sahibi olunabilmektedir.

Bir havzada yağıştan oluşan yüzey akışı belirlemede, genellikle Amerikan Toprak Koruma Servisinin (SCS) geliştirdiği, SCS yöntemi olarak bilinen eğri numarası (CN) kullanılmaktadır. Ölçümü yapılamayan akarsuların akım verileri ise bir takım modellerle sağlanabilmektedir. Yağış-akış modeli olarak adlandırılan bu modellerden biri olan SCS CN (Curve Number) (SCS, 1987), ampirik bir model olup, yağış sonrası sızmayla kayba uğrayan suların fazlasının hesaplanması olarak adlandırılır ve küçük havzalarda ortaya çıkan su hacimlerinin tahmininde kullanılmaktadır (Mockus, 1949; McCuen, 1982; Mishra ve Singh, 1999).

Eğri numarasının belirlenmesinde toprak hidrolojik koşulları, arazi kullanımı ve bitki örtüsü durumu göz önüne alınmaktadır. AGNPS (Young ve ark., 1987), EPIC (Williams ve ark., 1995) ve SWAT (Arnould ve ark. 1997) gibi bir çok havza modellerinde yüzey akışı belirlemede SCS-CN yöntemi kullanılmaktadır.

CBS bu yöntemin kullanımını basitleştirmiş, özellikle CBS teknolojilerindeki ilerleme ve sayısal yükseklik modellerindeki artan kalite ile hidroloji, su kaynakları ve çevre ile ilgili araştırmalarda uygulamaları artırmıştır (Moore ve ark., 1991).

SCS yöntemi yüzey akış hesaplamada doğru sonuçlar vermesi nedeniyle çok sayıda araştırmacı tarafından yüzey akış hesaplamalarında kullanılmıştır (Rao *et. al.*,1996; Sharma *et al.* 2001; Chandramohan and Durbude, 2001; Sharma and Kumar, 2002).

Asi havzasında, geçmiş yıllarda büyük taşkınlar meydana gelmiş ve çok büyük ekonomik zararlara neden olmuştur. Özellikle tarım arazilerinde meydana gelen taşkınlar, önemli derecede mal ve can kaybına neden olabilmektedir. Taşkınların etkileri uzun süre geçmemekte, toprağa biyolojik ve fiziksel zarar vermekte bu gibi nedenlerden tarımla uğraşan çevreninde zararı büyük olmaktadır. Taşkınlar sadece tarım arazilerinde olmamakta, şehirlerde bulunan dere yataklarının taşmasıyla da çok sayıda can kaybına ve yüksek miktarda ekonomik zarara neden olmaktadır.

Taşkınların etkisini azaltmak için planlanan drenaj kanallarının doğru bir şekilde boyutlandırılması, yüzey akışın farklı yinelenme yıllarına diğer bir değişle farklı olasılıklara göre bilinmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle taşkının konumu, can ve mal kaybına neden olma ihtimali varsa drenaj projelerinin en az 100 yıl yinelenmeli yüzey akış değerlerine göre projelenmesi gerekir.

Bu çalışmanın amacı, meydana gelen ve gelebilecek taşkınların anlaşılması ve yüzey drenaj kriterlerinin belirlenmesi açısından Hatay ili sınırları içerisinde kalan Asi havzası için yüzey akış hesaplamada kullanılabilecek bir veri tabanının CBS ile oluşturulmasıdır. Ayrıca, oluşturulan veri tabanından çalışma alanı alt havzaları ve tüm alan için yüzey akış potansiyelinin, farklı yinelenmeli yağış verilerine göre tahmini ve yüzey akış potansiyeli haritasının elde edilmesidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Usul ve Küpçü (1997), Edirne'de Kumdere havzasında yaptıkları çalışmada, havzayı temsil eden CN değerlerini CBS kullanarak belirlemişler ve SCS yöntemi ile havzanın birim hidrografını geliştirmişlerdir, havzanın yıllık yüzey akışını 8 mm bulmuşlardır.

Baga (1999), Güneybatı Anadolu'da Akdeniz kıyısındaki Çayboğazı havzasında sayısal modeller ve CBS kullanarak taşkın analizi yapmıştır. Çalışmasında, yüzey akışı Eğri numarası kullanarak belirlemiş ve çalışma alanı CN değerlerini gösteren haritayı hazırlamışlardır. CN değerlerinin 25 ile 91 arasında değiştiğini açıklamışlardır.

Weng (2001) Çin'in güneyinde Zhujian deltasında yapmış olduğu çalışmasında uydu fotografları, CBS ve Uzaktan algılama teknikleri ile arazi kullanımında ve bitki örtüsündeki değişimin yüzey akışa etkisini araştırmıştır. Yüzey akış hesaplamalarında SCS tekniğini kullanılarak yapılan bu çalışmanın sonucunda, 1989-1997 yılları arasında yerleşim alanlarındaki artışın, yıllık yüzey akış derinliğini 8.1 mm artırdığını açıklamışlardır. Yüzey akış derinliğindeki bu artışın akış katsayısını artırmasıyla bölgedeki taşkın riskinin aynı şekilde artacağını ifade etmişlerdir.

Zhan et al.(2004) yaptıkları çalışmalarında, ABD Kansas eyaleti Lyon ve Osage kentinde bulunan havzalarda ESRI ArcGIS programının CN ve yüzey akış modülünü (ArcCN-Runoff) kullanarak, 100 km^2 alana sahip toplam havza alanı için yüzey akış hacmini yaklaşık olarak $3.71*10^6$ m^3 olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, eğri numarasını alansal olarak haritalamada ve yüzey akışı hesaplamada yüzey akış modülünün etkili bir modül olduğunu, haritalama ve hesaplamaların kısa sürede yapılabildiğini rapor etmişlerdir.

Özdemir (2007), yaptığı çalışmada yağış-akış modeli olarak USDA (United States Department of Agriculture) tarafından geliştirilen SCS (Soil Conservation Service) Curve Number metodunu kullanmıştır. Bu metot için gerekli olan parametrelerden arazi kullanımı/örtüsü verisi Spot XS (2005) uydu görüntüsünden, hidrolojik toprak grupları (HTG) verisi sahaya ait 1:25000 ölçekli toprak verilerinden üretilmiş olup, veriler ILWIS 3.3 CBS yazılımında değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan yağış verileri, Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarının 1975-2003 yılları arası günlük yağış verilerinden temin edilmiştir. Sonuç olarak modelle elde

edilen akım verileriyle yağış değerleri ve havzadaki tek akım ölçüm istasyonuna ait akım verileri karşılaştırılmış olup aralarındaki korelasyonlar yüksek çıkmıştır.

Apaydın (2007), yaptığı çalışmada, ABD Toprak Koruma Kurumu tarafından geliştirilen Eğri Numarası (SCS-CN) yöntemini, yağış-akış-kayıp ilişkisinin analizinde kullanmıştır. Yöntemden, süzülme ve toprağın arazi kapasitesi değerlerini kullanılarak yeraltı suyu besleniminin tahminine çalışmıştır. Ankara'nın Beypazarı ilçesindeki akiferin yağıştan beslenimi, Eğri Numarası (CN) yöntemi ve toprak örneklerinde laboratuvarda yapılan deneylerden elde edilen arazi kapasitesi değerlerini kullanarak hesaplamıştır. Çalışma sonucunda, yarı kurak bir bölgede bulunan çalışma alanında yeraltı suyu besleniminin düzensiz olduğunu ve beslenimde yağışın miktarından çok yağış şekli, şiddeti ve yıl içindeki dağılımının etkin olduğunu açıklamıştır. Yapılan çalışma sonucunda, 32.5 km^2 yüzey alanına sahip akiferin yeraltısuyu beslenimi ortalama olarak (1986-2000) $4.9x10^6$ m^3/yıl hesaplanmıştır.

Stewart et al. (2012) Amerika'nın güneybatısında bulunan 16 havzada, CN belirlemek amacıyla, 1284 yağış verisini kullanarak yaptıkları çalışmada, yağış ve yüzey akış verilerini, kısmi ve yıllık seri olarak kullanmışlar, verilerin iki faklı şekilde kullanımının, CN üzerine etkisinin önemli olmadığını ifade etmişlerdir. Arizona'da CN değerlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada ise yarı kurak bölgede bulunan 30 alt havzadan 21'inde yağış-yüzey akış verilerinden hesapladıkları CN değerlerini USDA tablolarında verilen CN değerlerinden yüksek bulmuşlardır.

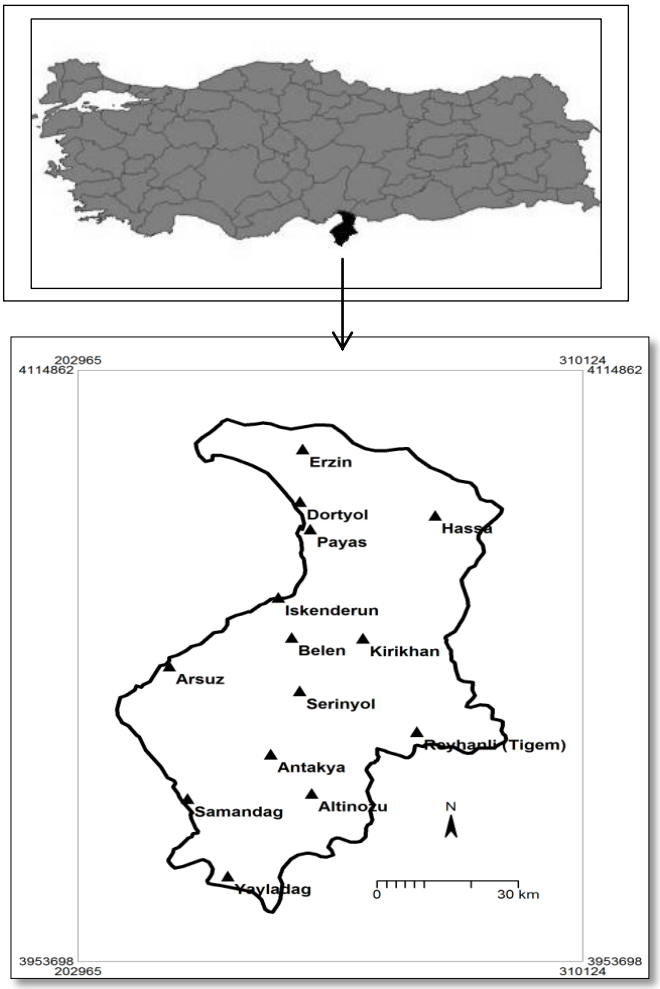
Nagarajan et al. (2012) SCS-CN yöntemini kullanarak uzaktan algılama ve CBS tekniği ile yüzey akış derinliğinin simülasyonu amacıyla yaptıkları çalışmada, SCS-CN yönteminin Hindistan'da akım ölçümü olmayan havzalarda kullanımının uygunluğunu araştırmışlardır. Manimuktha alt havzasında ölçülen günlük yüzey akış verilerinden aylık ve yıllık yüzey akış değerlerini elde etmişler, uzaktan algılama ile toprak, arazi kullanımı ve sayısal topografik haritaları oluşturmuşlardır. 1980-2009 yılları arasında seçilen yağış verileri ile SCS-CN yöntemiyle tahmin ettikleri yüzey akış değerlerini havzada günlük ölçülen yüzey akış değerleri ile kıyasladıklarında, SCS-CN yönteminin ölçümü olmayan havzaların yüzey akışını belirlemede etkili bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Asi havzasının Hatay il sınırları içerisinde kalan alanda yürütülmüştür. Çalışma alanı Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

Havza, Anadolu'nun güneyinde Asi Nehri ile sularını Akdeniz'e boşaltan alanı kapsamaktadır. Kuzeyde Amanos dağları, doğu ve güneyden Suriye sınırı ve batıdan Kösürük ve Kartal dağları ile Akdeniz tarafından kuşatılmıştır. Havza alanı yaklaşık olarak 764 978 hektardır. Havzanın Türkiye alanına oranı %0,99 kadardır.

3.1.2. İklim Özellikleri

Asi Havzasının iklim özelliklerini, iklimsel verilerdeki farklılıklar nedeniyle, Dörtyol-Hassa çizgisiyle, kuzey ve güney bölümü olarak ikiye ayırarak incelemek daha yararlı olmaktadır.

Güney bölümünde, yağış yaz aylarında yok denecek kadar azdır. Yıllık yağış toplamı 1200 mm (Antakya) ile 568 mm (Kırıkhan) arasında değişmekte olup güney bölgesinin yağış ortalaması 858 mm kadardır. Yağışın en düşük olduğu aylar genellikle temmuz ve ağustos aylarıdır. Bazı yıllarda haziran, temmuz ve ağustos aylarında hiç yağışın olmadığı görülmüştür. Yağışın en yüksek olduğu aylar ise aralık ve ocak aylarıdır. Kuzey bölümünde de yaz aylarında yağış yok denecek kadar azdır. Yıllık yağış toplamı 551 mm (Kilis) ile 844 mm (İslahiye) arasında değişmekte olup kuzey bölgesinin yağış ortalaması 720 mm kadardır. Yağışın en yüksek olduğu aylar ise yaz aylarıdır. Haziran-eylül ayları arasında hiç yağış alınmayan aylar oldukça sıktır.

Aylık ortalama sıcaklıklar 7,4 °C (Kırıkhan) ile 29,7 °C (Kırıkhan) arasında değişmektedir. Bölgenin ortalama sıcaklığı 19 °C'dir. Yıllık toplam buharlaşma 1307 mm (Dörtyol) ile 1877 mm (Antakya) arasında değişmektedir.

Aylık ortalama sıcaklıklar 5 °C (İslahiye) ile 27,8 °C (Kilis) arasında değişmektedir. Bölgenin ortalama sıcaklığı 17.4°Cdir. Yıllık toplam buharlaşma 1486 mm (Kilis) ile 1855 mm (Yumurtalık) arasında değişmektedir.

3.1.3. Toprak Özellikleri

Çalışma alanı büyük toprak grupları ve yayılış alanları ile ilgili olarak genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Kırmızı Kahverengi topraklar: 53997 ha alan ile havzanın % 7,06'sını oluştururlar ve daha çok Musabey'in doğusunda yaygındırlar.

- Organik topraklar: 2 395 ha yüz ölçümü ile havzada % 0,31 lik yer kaplarlar.

- Kahverengi Orman toprakları: Yüzölçümleri 115472 ha olan bu toprakların havzaya oranı % 15,09 dur. Dörtyol 'un kuzeyi, Altınözü dolayları, İskenderun'un güneyi ve Samandağı-Antakya arasında yaygındırlar.

- Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları: 263491 ha alan ile havzanın % 34, 44 ünü oluştururlar. Hassa Dörtyol arası, Musabey çevresi ile Kışlak'ın güneyinde bulunurlar.

- Kırmızı Akdeniz toprakları: 56282 ha yüzölçümü ile havzada % 7,36 yer tutarlar. Havzanın kuzeydoğu ve doğusunda, Reyhanlının kuzeyi ve doğusu ile Şenköy, Kışlak dolaylarında yaygındırlar.

- Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprakları: 3044 ha yüzölçümü ile havzada % 0,40 alan kaplarlar.

- Bazalt toprakları: 54310 ha olan yüz ölçümlerinin havzaya oranı % 7,10 dur. Havzanın kuzeydoğusunda, Yalankoz çevrelerinde yaygındır.

- Alüviyal topraklar: Havzada % 12,95'e karşılık, 99059 ha alan kaplarlar. Amik gölü çevresi, Arsuz 'un kuzeyi ve İskenderun'un çevresinde yaygındırlar.

- Kolüviyal topraklar: 98860 ha olan yüzölçümleri ile, havzanın % 12,92 sini oluştururlar. Özellikle Reyhanlı dolaylarında, İslahiye'nin güneyinde, Kışlak'ın güneyi ve Dörtyol'un batısında yaygındırlar.

Çalışma alanı topraklarının mevcut kullanma durumları Çizelge 3.1 de, kullanmaya uygunluk sınıfları ise Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Asi Havzası topraklarının mevcut kullanma durumları

Arazilerin kullanma biçimi	Alanı (ha)
1. Tarım alanı	372 784
a) Nadaslı kuru tarım alanı	61 688
b) Nadassız kuru tarım alanı	153 311
c) Sulu tarım	81 338
d) Bağ-bahçe	38 825
e) Diğer ürünler	37 622
2. Çayır ve otlaklar	80 117
a) Çayır	-
b)Otlak	80 117
3. Orman ve Fundalıklar	293 829
a) Orman alanı	196 315
b) Funda alanı	97 514
4. Diğer alanlar	18 248

Çizelge 3.2. Asi havzası topraklarının kullanmaya uygunluk sınıfları

Sınıfı	Alanı (ha)	Sınıfı	Alanı (ha)
I	99 394	V	801
II	61 391	VI	63 808
III	57 844	VII	399 100
IV	65 193	Toplam	463 709
Toplam	283 822		
Genel Toplam	764 978	VIII	17 447

3.1.4. Çalışma Alanı Su Kaynakları

En önemli su kaynaklarından biri Asi nehridir. Suriye'de doğan ve Lübnan Dağları'ndan inen akarsularla beslenen Asi Nehri'nin Türkiye sınırları içerisindeki uzunluğu yaklaşık olarak 97 km dir. Kuzeye doğru 22 km boyunca Suriye ile sınırımızı çizdikten sonra, Amik Ovası'ndan yurda girer. Geniş bir yay ile Antakya'ya geçer ve güneybatı yönünde ilerleyerek Samandağ'dan Akdeniz'e dökülür. Güzergahı üzerinde bulunan Amik Ovası bataklıklarla kaplıdır. Bu çevredeki suların kanallarla Asi Nehrine bağlanarak, bataklıkların kurutulması işi yıllardır sürdürülmektedir. Ovanın düzlüğü ve kotun elverişsizliği, çalışmaları zorlaştırmaktadır. Asi Nehri taşkın dönemlerinde çok hızlı kabarıp, geniş alanları suları altında bıraktığı için bu adı almıştır. Kimi yıllarda ise tümüyle kurur.

Sediment veriminin km^2 den yılda 21 ton oluşu, Asi Nehri'ni alüvyon yükünün düşüklüğü yönünden Meriç Nehri'nin ardından ikinci sıraya yerleştirmiştir. Her iki akarsuyun sınırlarımız dışından doğması ilginçtir. Baraj yapımının ve havzada aşınımın önlenmesinin, toprakların yitirmesini azaltmada ne denli önem taşıdığı açıkça görülmektedir. Nehrin yılda taşıdığı sediment miktarının 141 bin ton olmasına karşın, bir kolu olan Afrin deresinde bu değer 469 bin tona ulaşır.

Asi Nehri'nden motopomplarla alınan sular, çevre arazilerin sulanmasında kullanılmaktadır. Asi Nehri, Antakya'nın atık sularını Akdeniz'e taşınmaktadır. En önemli kolu, Amik gölünü besleyen Karasu'dur. Asi Nehri yıllık ortalama 2 996 milyon m^3 su akıtmakta olup, ortalama akımı 86,05 m^3/sn dir. Bu kesitte en düşük akım ağustos ayında 9,48 m^3/sn olmaktadır.

Asi Nehri ve kollarının aylık su kalite değerleri T_2A_1 ile T_3A_1 sınıfları arasında değişim göstermektedir. Havza sularında, bitkiler için zararlı olabilecek ölçüde bor saptanmamıştır. Asi havzası su kaynakları ve özellikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Asi Havzası su kaynakları ve özellikleri

1. Su Potansiyeli a) 10^6 m3/yıl b) m^3/sn	 1170 37,1
2. Toplam alan (ha)	764 978
3. Sulanabilir alan (ha)	158 300
4. a) Sulanmakta olan alan (ha ve %) b) Sulanması planlanan alan (ha ve %)	25 725 - 16,3 99 865 - 63,1
5. Ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli a) Mw b) Gwh/yıl	 3 15

3.1.5. Yağış Verileri

Asi havzası ve civarında Meteoroloji Genel Müdürlüğü yağış istasyonlarının farklı yinelenme yılları için noktasal yağış değerleri, bu çalışmada yağış verisi olarak kullanılmıştır. Yağış verileri, DSİ Genel Müdürlüğünün, Meteoroloji Genel Müdürlüğünde elde ettiği ve Hatay ve Osmaniye İlleri Sel Afeti Rehebilitasyon (HOSAR) projesinde kullandığı, noktasal yağış verileri ile doğruluğu ayrıca kontrol edilmiştir. Noktasal yağış verilerinin alansal hale getirilmesinde ters uzaklık interpolasyon tekniği CBS ile kullanılmıştır.

3.1.6. Harita Verileri

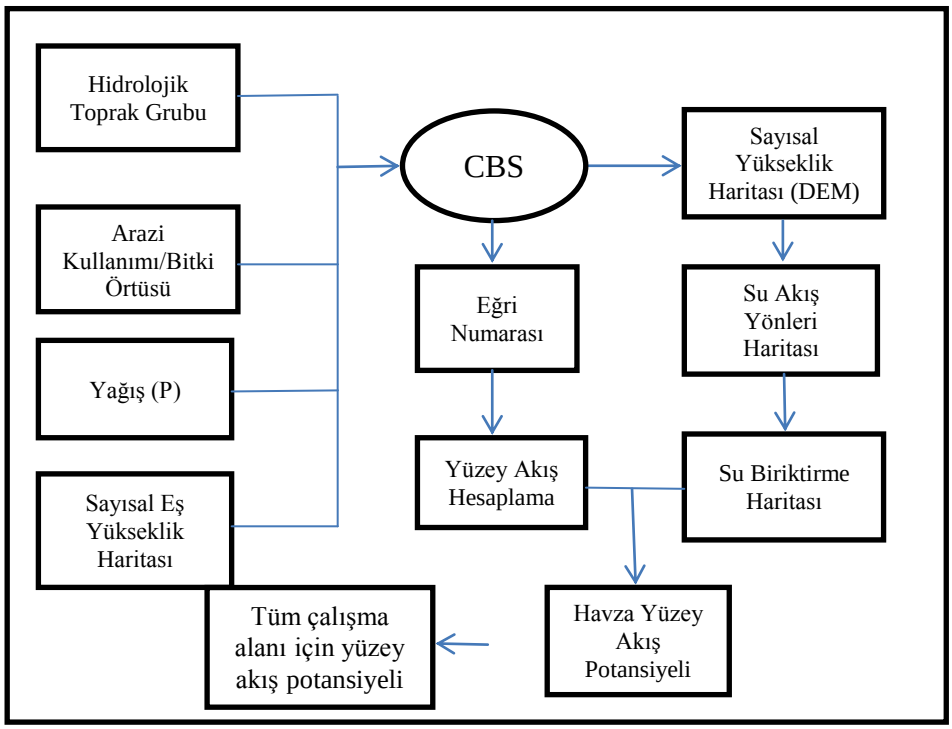
Kullanılacak haritalardan arazi kullanım ve toprak özelliklerini veren harita FAO büyük toprak grupları ve arazi kullanımı haritalarından elde edilen bilgilerin ve eski adıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün (İl Özel İdaresi) hazırladığı Hatay ili arazi varlığı kitabından yararlanılmıştır. Ayrıca, Hatay il sınırları içerisinde kalan alanın uydu fotoğrafından yararlanılmıştır.

Harita verileri olarak, İnternetten STRM topografik haritalar, haritaların sayısallaştırma ve hesaplama işlemlerinde ILWIS 3.6 CBS paket programı kullanılmıştır.

Çalışmada, FAO tarafından sınıflandırılmış, büyük toprak gruplarını gösteren harita, arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası, sayısal yükseklik haritası veri olarak kullanılmıştır. Kullanılan bu haritalardan, CBS ile bakı, su birikim, akış yönleri, akarsu dereceleri, CN değerlerini veren haritalar oluşturulmuş ve yüzey akış hesaplamalarında kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Asi havzasında Coğrafi bilgi sistemi ile yüzey akış potansiyelini belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmanın akış şeması Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma akış şeması

3.2.1. Yağıştan Yüzey Akışın Hesaplanması

Bu çalışmada, yağıştan yüzey akışın hesaplanmasında SCS-CN yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemi kullanmanın çok sayıda avantajları vardır (Mishra and Singh 2003a; Ponce and Hawkins, 1996). Bu avantajlar aşağıda sıralanmıştır:

- Bir fırtına yağış miktarından, doğrudan yüzey akışını tahmin etmede basit ve kavramsal bir yöntemdir ve doğruluğu ampirik verilerle desteklenmektedir.
- Akım ölçümü olmayan havzalara uygulanması ve kullanımı kolaydır.
- Yöntem sadece CN değerinin bilinmesini gerektirir.
- CN değeri havza karakteristiklerinin bir fonksiyonudur, bu nedenle farklı karakteristiklerdeki havzalara uygulanabilir.

Bununla birlikte bu yöntemin sınırlamaları ise:

- Yağıştan önceki toprak nem durumundaki değişim ile ilgili bilgiler tam olarak ölçülemeyebilir. Fakat bu değerin bilinmesiyle üç farklı koşul için, CN değerlerinin belirlenmesi gerekir.

- Yöntemin yüzey akışın başlaması bitmesi yani zaman ile ilgili kavramlar içermez ve yağışın şiddeti ile dağılımını gözardı eder

- Küçük havzalara uygulanması önerilir. 250 km^2'den büyük havzalarda dikkatli uygulanması gerekir.

3.2.1.1. CN Değerlerinin Belirlenmesi

Çalışmada STRM yükseklik verisi kullanılarak, Asi havzası sayısal yükseklik haritası elde edilmiş, sayısal yükseklik haritasından, su akış yönleri, su birikim haritaları, akarsu dereceleri ve bu derecelere göre çalışma alanında alt havza sınırları belirlenmiş ve haritalanmıştır. FAO'nun Arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritasından CN değerleri belirlemede ArcSWAT yazılımı kullanılmıştır. FAO harita bilgileri bu yazılıma aktarılarak CN eğri numaraları her toprak grubu ve arazi kullanımına göre belirlenerek haritalanmıştır.

Asi havzasında bulunan yağış gözlem istasyonlarının konumları ve ortalama yıllık yağışların haritaları geliştirilmiş ve bu yağış verileri ile ILWIS CBS programında interpolasyonla Asi havzası yıllık ortalama yağış dağılımı haritaları elde edilmiştir. Yağış dağılımı haritası ile CN değerlerini gösteren haritalar, harita hesaplama menüsü kullanılarak alt havzalarda yüzey yakışlar hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$I_a = S_i + S_{dp} \tag{3.1}$$

Burada, I_a = Başlangıç kayıpları, S_i= Yüzeyde hiç akım başlamadan önceki toplam tutulan miktar ve S_{dp} = Çukurlarda depolanan kayıplardır.

SCS yönteminde yağış akış ilişkisi geliştirilirken, yağış üç kısma ayrılır: doğrudan akım (Q), süzülen miktar (F) ve başlangıç kayıpları (I_a). P,Q, I_a ve F arasında aşağıdaki gibi bir ilişki olduğu kabul edilir (Usul, 2008),

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \tag{3.2}$$

Süzülen miktar ise şöyle verilir.

$$F = (P - I_a) - Q \tag{3.3}$$

Denklem 3.3 denklem 3.2 ’de yerine konursa şu ilişki bulunur,

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S} \tag{3.4}$$

Burada, Q = Yüzey akışa geçen su miktarı (mm), P= Yağış (mm), I_a = Başlangıç kayıpları, S = Su tutma potansiyelidir.

Denklem (3.1)’de verilen başlangıç kayıpları (I_a), bitki ve toprak yüzeylerinde tutulan ve çukurlarda biriken su ile infiltrasyon miktarının toplamına eşittir. Genelde ilk tutma, maksimum su tutma miktarının diğer bir deyişle, su tutma potansiyelinin %20 si kadar alınır. Bu durumda ilk tutma 0.2 olarak alınırsa denklem (3.4) aşağıda verildiği gibi yazılır (Okman, 2005),

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \tag{3.5}$$

Burada, Q = Yüzey akışa geçen su miktarı (mm), P = Yağış (mm), S = Su tutma potansiyelidir.

Denklem (3.5) kullanılarak belli bir P yağışından meydana gelecek akımı bulmak için bilinmeyen S’nin tahmin edilmesi gerekir. Bu amaçla, eğri numarası (CN) geliştirilmiştir.

Başlangıç kayıpları, bitki örtüsü ve arazi kullanımına göre değişir. Bu durum aşağıda verilen ilişkiden yararlanılarak 0-100 arasında sayılar ile belirtilmiştir. Bu sayılar yüzey akış eğri numarası (CN) olarak adlandırılır.

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \tag{3.6}$$

Burada, CN = Eğri numarası, S = Su tutma potansiyelidir.

Denklem (3.6) kullanılarak, su tutma potansiyelini veren aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \tag{3.7}$$

Denklem (3.6) ve Denlem (3.7) birleştirilirse aşağıdaki şekli alır (Tülücü, 2002),

$$Q = \frac{\left[P - \left(\frac{5080}{CN} - 50.8\right)\right]^2}{\left[P + \left(\frac{20320}{CN} - 203.2\right)\right]} \tag{3.8}$$

Ampirik analizler, CN değerinin, toprak grubu, yüzey örtüsü ve önceki nem durumunun bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Bütün bu bilgilere dayanarak büyük havzalar alt havzalara ayrılıp daha homojen durumlar yaratılabilir. CN değeri her alt havza için tahmin edilebilir ve bunlar araziye göre ağırlıklı ortalaması alınarak bütün havza için tek bir CN değeride bulunabilir (Tülücü, 2002).

3.2.2. Yüzey Akış Denklem Parametrelerinin Elde Edilmesi

Yüzey akış denklem parametreleri; çalışma alanı toprakları, bitki örtüsü ve arazi kullanımı ile yağmurdan önceki nem durumudur (YÖN). Bu parametrelerin belirlenmesi ile ilgili detaylar alt başlıklar halinde verilmiştir.

3.2.2.1. Çalışma Alanı Toprakları:

Çalışma alanındaki mevcut toprakların en önemli özelliği infiltrasyon kapasiteleridir. Yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip topraklar az infiltrasyon kapasitesine sahip olandan daha az yüzey akış meydana getirir. İnfiltrasyon hızını değiştirecek çok sayıda etmen vardır. Bunlar, toprağın tekstürü gibi fiziksel karakteristikleri, toprağın başlangıçtaki nem durumu, yüzey akımı, yüzeydeki su derinliği ve doygun tabakanın kalınlığı ve bitki örtüsü olarak sıralanabilir (Usul, 2008).

Yağmur süresi boyunca toprağa sızan su, yüzey akış miktarına önemli derecede etki eder. Toprak yüzeyinden sızan su, toprağın nem açığı ve geçirgenliğine bağlı olarak derine doğru hareket eder. Toprak içerisinde geçirimliliği düşük olan katman bulunması halinde derine sızan su miktarı azalır. Bu nedenle, topraklar infiltrasyon hızı ve su geçirgenliğine göre hidrolojik olarak, A, B, C, ve D olmak üzere dört ana gruba

ayrılmıştır. Bu gruplar için eğri numaraları farklı şekilde belirlenmiştir. Toprakların hidrolojik bakımdan gruplara ayrılmasında göz önüne alınan ölçüler aşağıda açıklanmıştır.

A grubu (Düşük yüzey akış potansiyeline sahip topraklar): Tamamen ıslandıkları durumda infiltrasyon hızı yüksek ve geçirgenliği fazla olan topraklardır, dolayısıyla hidrolojik bakımdan düşük yüzey akış potansiyelini belirtirler. Genellikle kumlu, az kil ve silt içeren topraklar bu gruba girer. Bu gruptaki toprakların geçirgenliği 11.4 - 7.8 mm/saat arasındadır.

B grubu (Orta dereceden düşük yüzey akış potansiyeli olan topraklar): Tamamen ıslandıkları durumda infiltrasyon hızı ve geçirgenliği orta derecede olan topraklar bu gruba girer. İnce ve kaba tanelerin karışımından meydana gelen bu topraklar orta derecede yüzey akış potansiyeline sahiptir. Bu gruptaki toprakların geçirgenliği 3.8 - 7.6 mm/saat arasındadır.

C grubu (Orta dereceden yüksek yüzey akış potansiyeli olan topraklar): Tamamen ıslandıkları durumda infiltrasyon hızı ve geçirgenliği orta dereceden daha az olan topraklar bu gruba girer. Oldukça önemli derecede kil içeren bu topraklar orta derecede yüksek yüzey akış potansiyeline sahiptir. Bu gruptaki toprakların geçirgenliği 1.3–3.8 mm/saat arasındadır.

D grubu (Yüksek yüzey akış potansiyeli olan topraklar): Bu gruba giren topraklar, tamamen ıslandıkları durumda düşük infiltrasyon hızı gösterir ve geçirgenliği çok düşük olan topraklardır. Fazla miktarda kil içeren ve yüzeye yakın geçirimsiz bir katmanı bulunan bu topraklar yüksek yüzey akış potansiyeline sahiptir. Bu gruptaki toprakların geçirgenliği 1.3 mm/saat ’den azdır.

SCS yönteminde göz önüne alınan yüzey akış eğri numaraları, toprağın kullanma durumu, bitki ekim şekli, hidrolojik koşul ve hidrolojik toprak gruplarına göre Çizelge 3.4.’de verilmiştir (Tülücü, 2002).

Çizelge 3.4. Değişik koşullar için yüzey akış eğri numaraları

Arazi kullanma şekli veya örtü durumu	Ekim şekli	Hidrolojik koşul	Hidrolojik toprak grubu			
			A	B	C	D
Nadas	Sürülmüş	-	77	86	91	94
Sıra bitkisi	Sıra	Kötü	72	81	88	91
	Sıra	İyi	67	78	85	89
	Kontur	Kötü	70	79	84	88
	Kontur	İyi	65	75	82	85
	Teras	Kötü	66	74	80	82
	Teras	İyi	62	71	78	81
Küçük taneli bitki	Sıra	Kötü	65	76	84	88
	Sıra	İyi	63	75	83	87
	Kontur	Kötü	63	74	82	85
	Kontur	İyi	61	73	81	84
	Teras	Kötü	61	72	79	82
	Teras	İyi	59	70	78	81
Kapalı tohumlu bakliye veya çayır	Sıra	Kötü	66	77	85	89
	Sıra	İyi	58	72	81	85
	Kontur	Kötü	64	75	83	85
	Kontur	İyi	55	69	78	83
	Teras	Kötü	63	73	80	83
	Teras	İyi	51	67	76	80
Devamlı çayır		Kötü	68	79	86	83
		Orta	49	69	79	84
		İyi	39	61	74	80
	Kontur	Kötü	47	67	81	88
	Kontur	Orta	25	59	75	83
	Kontur	İyi	6	35	70	79
Devamlı mer'a		İyi	30	58	71	78
Orman		Kötü	45	66	77	83
		Orta	36	60	73	79
		İyi	25	55	70	77
Çiftlik, yerleşim alanı			54	74	82	86
Sert zeminli yollar			74	84	90	92

Havza Bitki Örtüsü: Toprak yüzeyi özellikleri infiltrasyona önemli derecede etki eder. Özellikle bitki örtüsünün varlığı, infiltrasyon miktarını artırır. Bitki örtüsü tipi ve yoğunluğunun infiltrasyona dolayısıyla yüzey akışa etki dereceleri farklı olacağından bu özellikler, bitki örtüsü haritalarından elde edilen verilerden tahmin edilmiştir.

Yağmurdan Önceki Nem Durumu: Çizelge 3.4'de tahmin edilen CN değerleri normal koşullar içindir, yağıştan önce toprağın kuru veya ıslak olması yüzey akışa geçen miktarı etkileyeceğinden CN değerinin düzeltilmesi gerekir. Yağmurdan önceki nem durumunun (YÖN) düzeltilebilmesi için yağış kayıtlarına ihtiyaç vardır.

Eğer havzada toprak nem durumları normal olarak benzer arazilerin ortalamasından daha ıslak veya daha kuru ise Çizelge 3.4'de verilen sınırlara göre YÖN

düzeltilir. Çizelge 3.5.'de YÖN-II ortalama koşul, YÖN-III ıslak koşul ve YÖN-I' de kuru koşul için verilmektedir.

Çizelge 3.5. SCS metodu için YÖN durumu sınıflandırması (McCuen, 1998).

YÖN	5 gün önceki toplam yağış (mm)	
	Durgun mevsim	Büyüme mevsimi
I*	<13	<36
II	13-28	36-53
III**	>28	>53

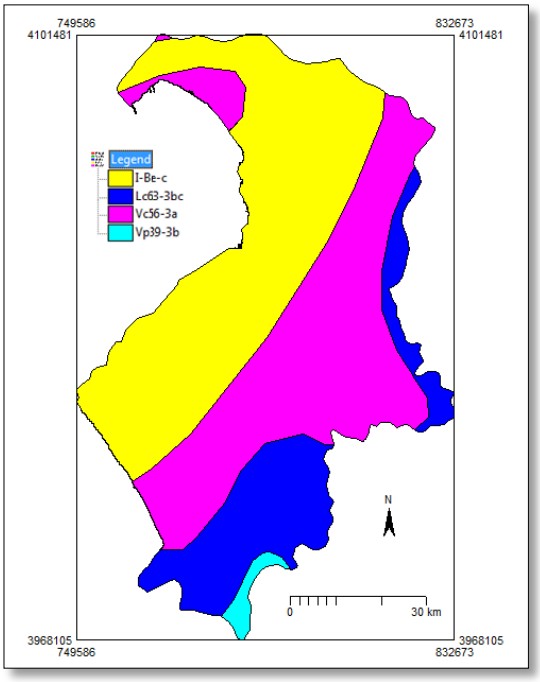
*Durum I: Toprak kuru, fakat solma noktasına kadar değil (yeterli işleme yapılmış).

**Durum III: Doygun toprak (şiddetli yağmur veya son 5 günde düşük sıcaklık ve hafif yağmur).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Grupları Haritası

Asi havzasının Hatay ili sınırları içerisinde bulunan çalışma alanı toprak grupları FAO toprak sınıflamasına göre FAO Global Soil Map of the World (Food Agriculture Organization 2007)'den alınmış ve ILWIS CBS yazılımına aktarılmıştır. Toprak gruplarını gösteren harita Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı büyük toprak grupları haritası

4.2. Çalışma Alanı Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü Haritası

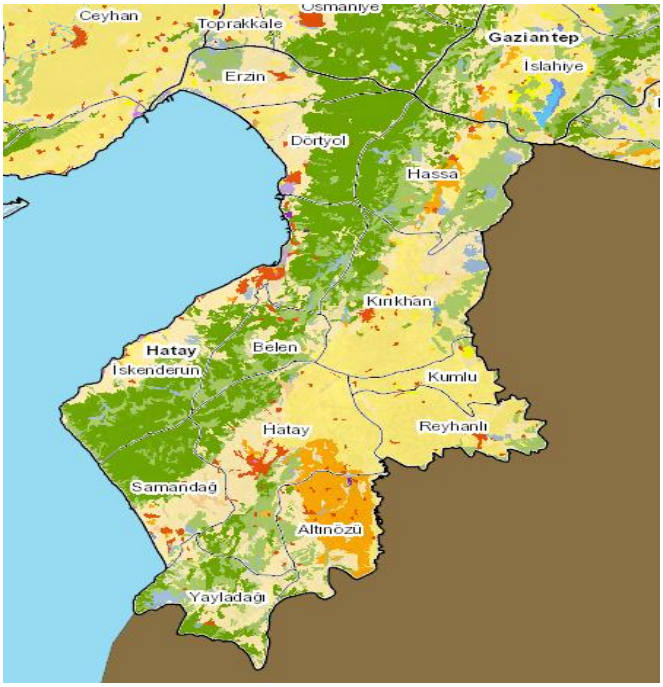
Arazi örtüsü terimi sıkça arazi kullanımı tanımı ile birlikte kullanılır. Fakat bu iki terim eşanlamlı değildir. Arazi örtüsü yeryüzünü kaplayan bitki örtüsü ve insan yapımı yapıları ifade eder. Arazi kullanımı ise araziye ilişkin insan aktivitelerini ifade eder.

Arazi örtüsü terimi, dünya üzerinde varolan özelliklerin çeşidi ile ilgilidir. Tarım alanları, göller, ağaçlar ve otoyolların hepsi arazi örtüsü çeşitlerine örnektir. Arazi kullanımı terimi ise belirli arazi parçası ile ilgili insan aktivitesi ve ekonomik fonksiyonu ile ilişkilidir. Bu çalışmada, image 2006 projesi ile elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu projede, Avrupa Çevre Ajansı 5 adet temel, 44 adet alt arazi kullanımı sınıfı belirlemiş ve Avrupa Birliği arazi örtüsünü bu sınıflar çerçevesinde

şekillendirmiştir. Bu sınıflandırma sistemi, yapay bölgeler, su kütleleri, tarımsal alanlar, orman ve doğal alanlar ve sulak alanlar olmak üzere 5 temel sınıftan oluşturulmuştur.

Image 2006 projesinin; Avrupa Birliği üyesi devletler ve bunlara komşu olan devletlerle birlikte toplam 38 ülkede yürütülmesi planlanmıştır. Ülkemizin de içinde bulunduğu bu proje için, Bakanlığımızca yürütülen Ulusal Arazi Örtüsü projesi kapsamında kullanılan uydu görüntüleri ve haritalarının gerekli düzeltme ve iyileştirme işlemlerinin yapılması, ülke bütünü dikkate alınarak mozaik hale getirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır.

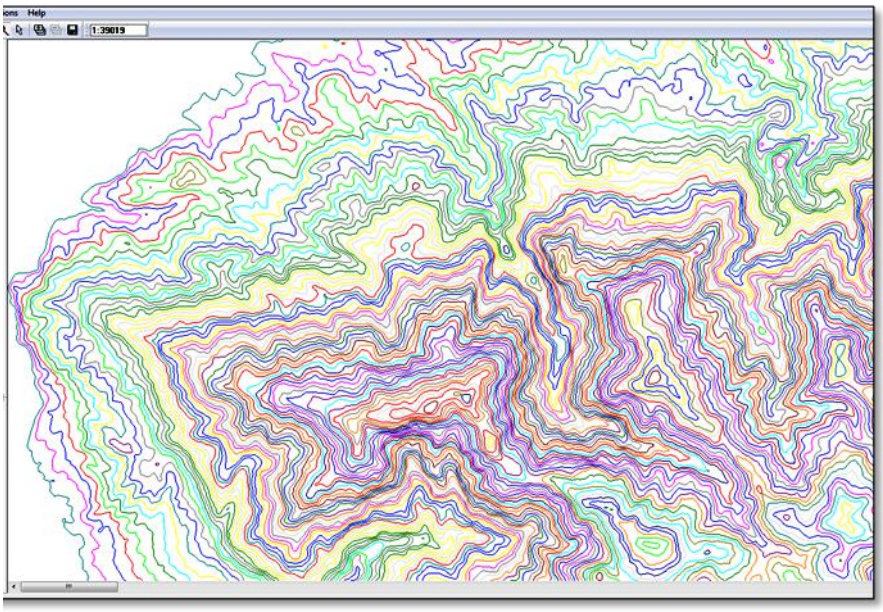
Mozaikleme işlemine başlanmadan önce, Bakanlık bünyesinde bulunan uydu görüntüleri tasnif edilerek kapladığı alanların çıkartılabilmesi için görüntü indeksleri hazırlanmış ve uydu görüntülerinin projeksiyon düzeltmeleri yapılmıştır. Bu aşamadan sonra 2000 - 2006 görüntüleri, Çevre Düzeni Planı görüntüleri ve topoğrafik haritalar kendi içerisinde mozaiklenmiştir. Proje, 2006 yılına ait Türkiye'yi kapsayan 20 m çözünürlüklü SPOT4-5 ve IRS görüntülerinin, Çevre Düzeni Planları Kapsamında Çevre ve Orman Bakanlığı bünyesinde bulunan Quickbird, Ikonos, Landsat, IRS, SPOT görüntülerinin, 1/100.000 ve 1/25.000'lik topoğrafik haritaların tasnif edilmesi, projeksiyon düzeltmelerinin yapılması, görüntü indekslerinin oluşturulması ve mozaiklenmesi işlerini kapsamaktadır. Bu sayede 7000' e yakın görüntü mozaiklenerek ve çevre düzeni planları kapsamında kullanıma hazırlanmıştır. Bu haritadan, 2006 yılına ait çalışma alanı arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası

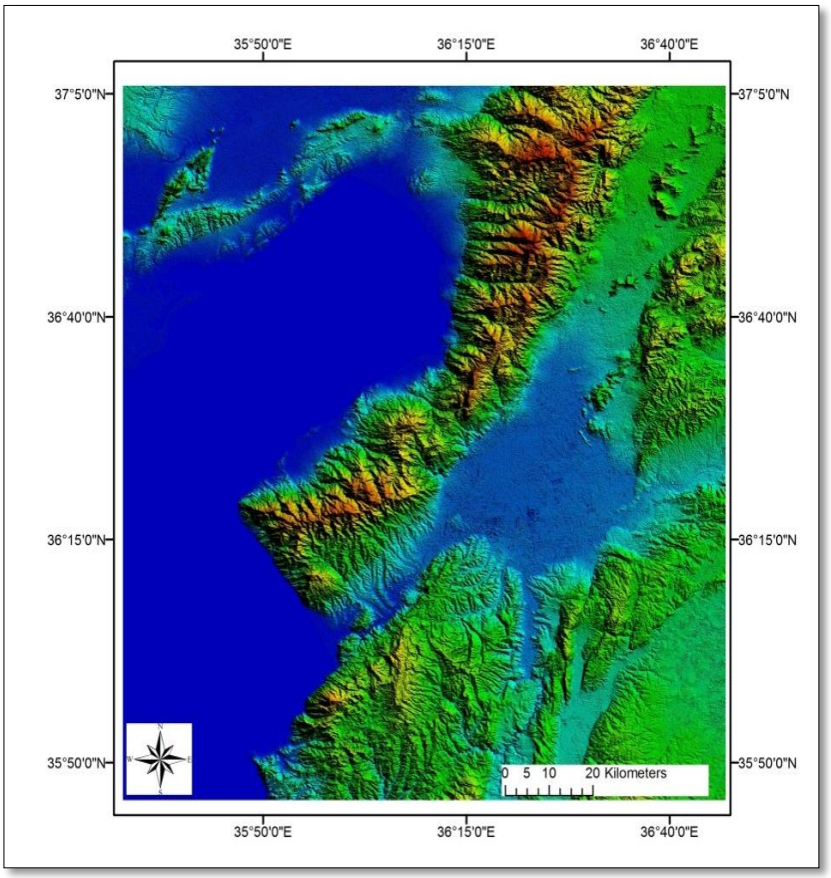
4.3. Çalışma Alanı Eş Yükseklik Haritası

Çalışma alanı sınırları içerisinde kalan bölgeye ait topografik bilgiler ve uydu görüntüleri koordinatları ile birlikte internet ortamından (NASA-Aster Global Digital Elevation Map) alınarak ILWIS CBS yazılımına aktarılmıştır. Eş yükselti eğrilerinin her 10 metrede bir geçtiği sayısal harita çalışma alanının küçük bir bölgesi için Şekil 4.3.'de verilmiştir.



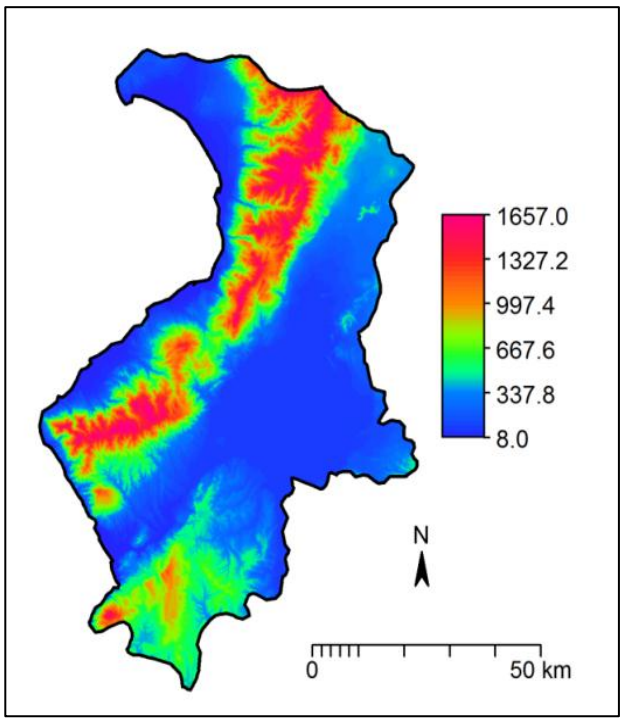
Şekil 4.3. Çalışma alanının küçük bir bölgesi için eş yükseklik eğrileri haritası

4.4. Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Haritası



Şekil 4.4. Sayısal Yükseklik Haritası

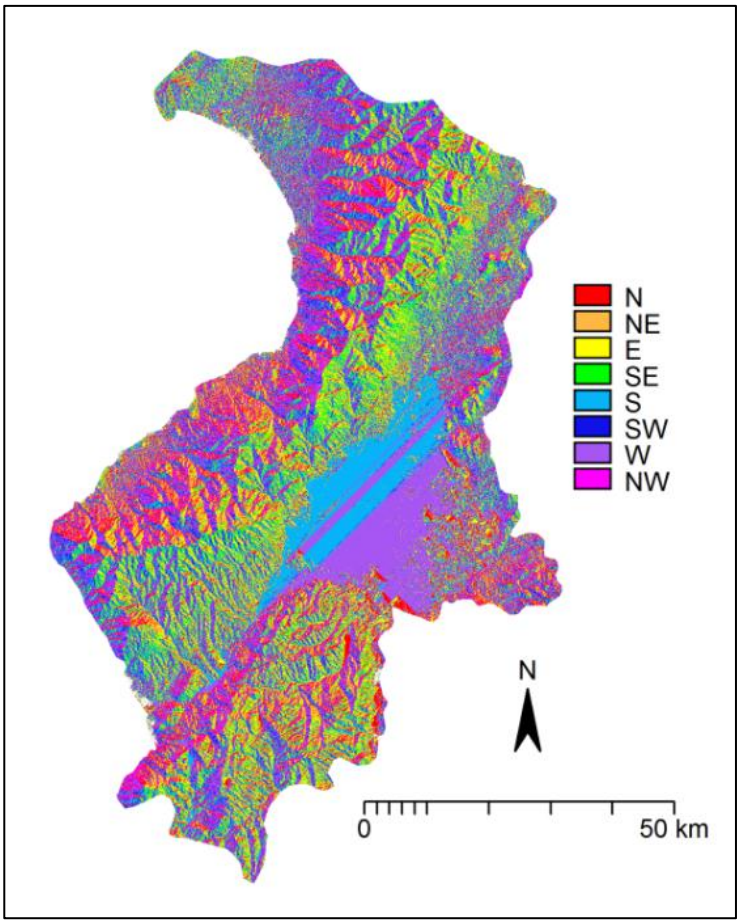
Şekil 4.3.'de gösterilen sayısal eş yükseklik haritası CBS ile interpolasyon sonucu vektör haritadan hücre tabanlı (raster) haritaya dönüştürülerek, sayısal yükseklik haritası (DEM) elde edilmiş ve Şekil 4.4.'de verilmiştir. Bu haritadan, çalışma alanı sınırları ILWIS CBS yazılımında tanımlanarak çalışma alanının sayısal yükseklik haritası elde edilmiş ve Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Çalışma alanı sayısal yükseklik haritası

4.5. Çalışma Alanı Akış Yönleri (Bakı) Haritası

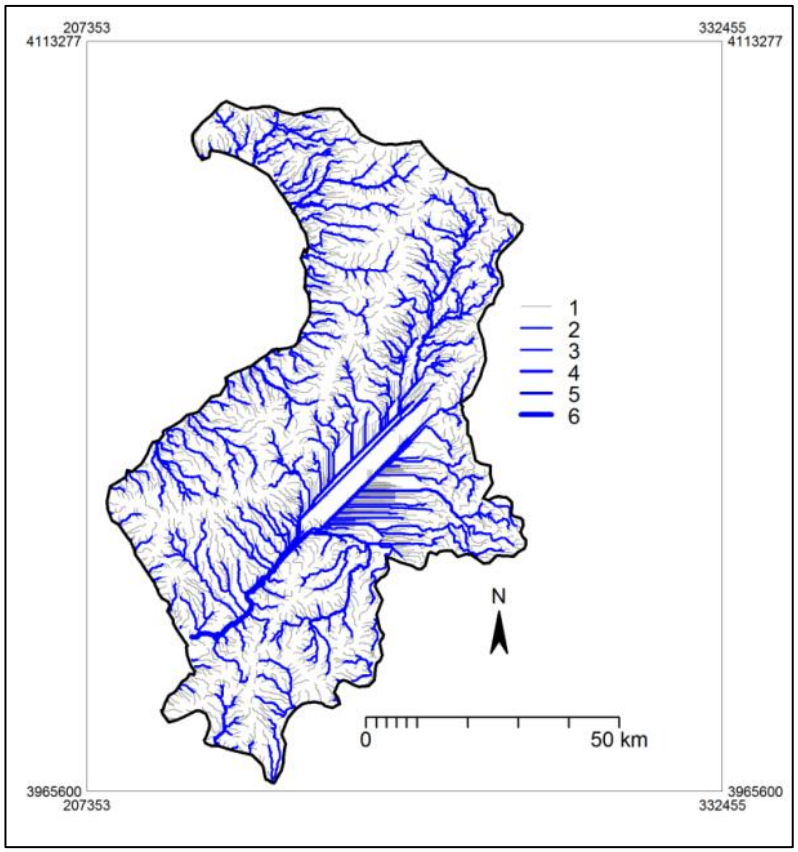
ILWIS, Hydro-processing menüsünden Sayısal yükseklik haritası girdi harita olarak tanımlanmış ve akış yönlerini verecek şekilde gerekli işlemler yapılarak, çalışma alanı su akış yönlerini gösteren bakı haritası elde edilmiştir. Şekil 4.6'da verilen bakı haritasında, N-Kuzey, S-Güney, E-Doğu ve W-Batı yönlerini göstermektedir.



Şekil 4.6. Çalışma alanı su akış yönleri haritası

4.6. Çalışma Alanı Drenaj Ağı Haritası

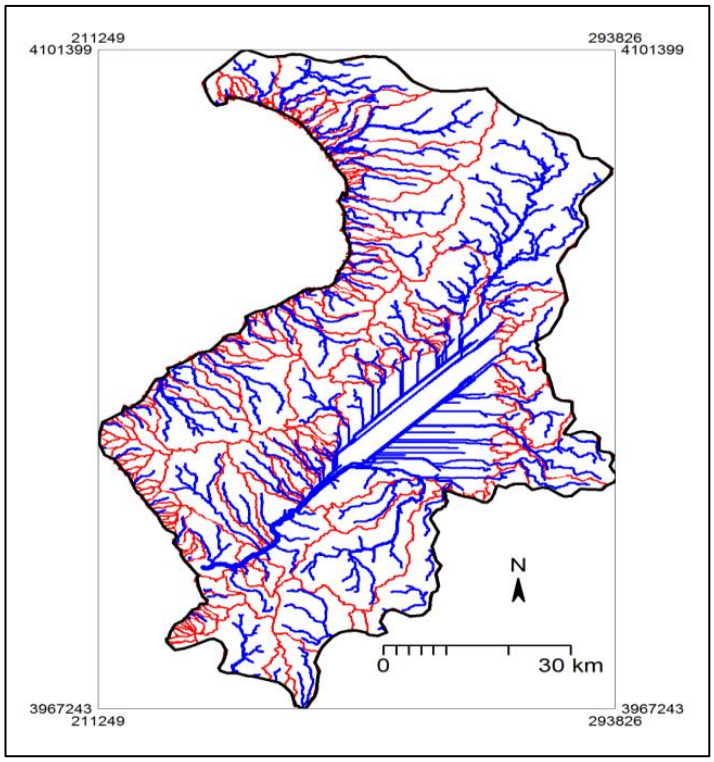
Drenaj ağının belirlenmesinde**,** ILWIS CBS yazılımı Hydro-processing menüsünden Sayısal yükseklik haritasından elde edilen su birikim (flow accumulation) haritası kullanılarak çalışma alanı drenaj ağı belirlenmiş ve Şekil 4.7'de verilmiştir.



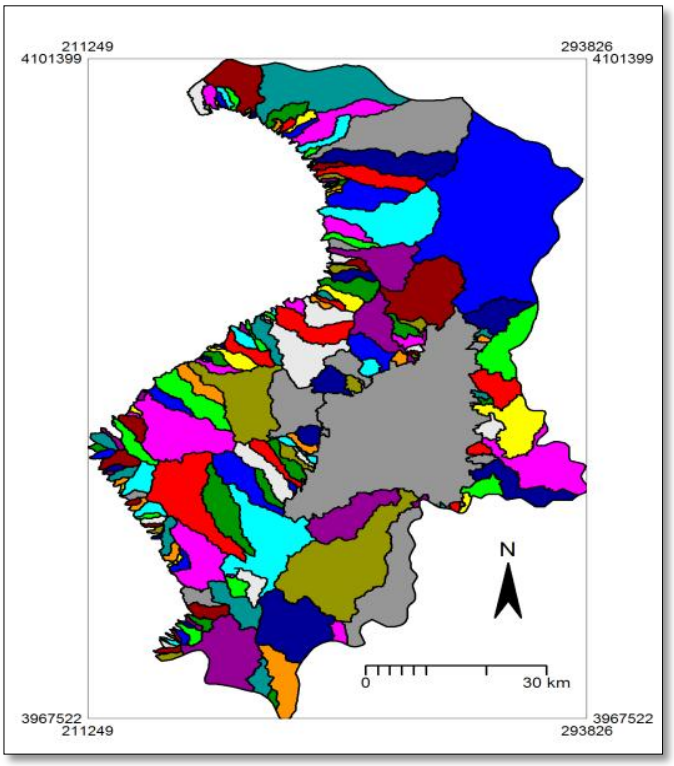
Şekil 4.7. Çalışma alanı drenaj ağı haritası

4.7. Çalışma Alanında Alt Havzaların Belirlenmesi

Alt havzaların belirlenmesinde drenaj ağı haritası kullanılmıştır. Alt havzaların belirlenmesinde su akış yollarının Amik ovasına ve Akdeniz yönüne göre havza çıkış noktaları belirlenerek ILWIS CBS yazılımı, Hydro-Processing menüsünde Catchment Extraction (havza oluşturma) alt menüsü seçilerek yapılmıştır. Girdi haritalar olarak, DEM, su akış yönleri ve akarsu derecesi haritaları ile daha önceden tanımlanan çıkış (outlet) nokta haritası kullanılmıştır. Su akış yönleri ve alt havza sınırlarını gösteren harita Şekil 4.8'de görülmektedir. Haritadaki kırmızı çizgiler alt havzaların sınırlarını göstermektedir.



Şekil 4.8. Çalışma alanı alt havza sınırlarını gösteren harita



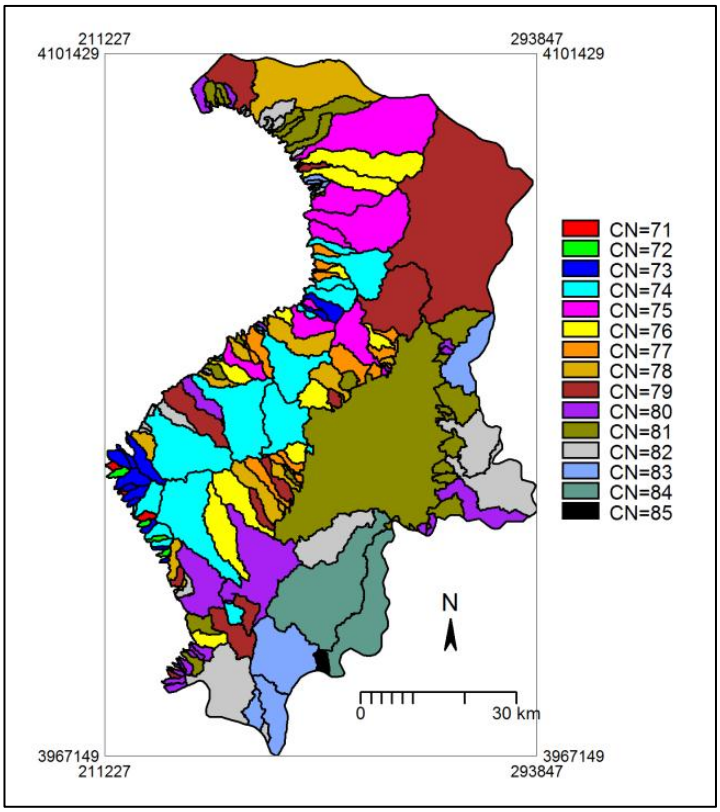
Şekil 4.9. Çalışma alanı alt havzaları

Şekil 4.8.'de görülen havza sınırları poligon harita şekline getirilerek, alt havzaları gösteren harita elde edilmiş ve Şekil 4.9.'da verilmiştir. Bu işlem sonucunda toplam 156 alt havza belirlenmiştir.

4.8. Alt Havza Eğri Numarası

Çalışma alanı, toprak özellikleri, arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritaları, ArcGIS SWAT yazılımına aktarılarak her alt havza için ağırlıklı ortalama Eğri Numaraları (CN) SCS yönteminde dikkate alınan kriterlere göre hesaplanmıştır. Bu alt havzaların eğri numaralarını gösteren harita Şekil 4.10.'de verilmiştir.

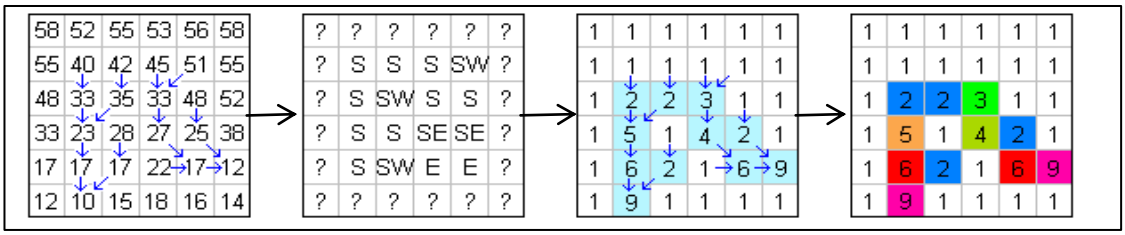
Çalışma alanı alt havzalarında ortalama eğri numaraları 71 ile 85 arasında değiştiği görülmüştür. Dağlık kesimde bulunan alt havzalarda, orman varlığının, ovaya göre yüzey akışı azaltıcı etkisi nedeniyle, eğri numaralarının küçük, tarımsal faaliyetlerin yapıldığı düz alanlarda ise daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Çalışma alanı CN numaraları

4.9. Su Birikim Haritası (Flow Accumulation)

Su birikim haritası elde edilirken, DEM haritasından yüksek kotlardan düşük kotlu hücrelere doğru su akış yönleri belirlenmektedir. Akış yönlerini veren harita daha sonra akış boyunca hücre sayıları toplanarak su birikim haritası (Flow Accumulation) elde edilmektedir. Elde edilen su birikim haritasının, ILWIS yazılımında kullanılan algoritması Şekil 4.11.'de verilmiştir.

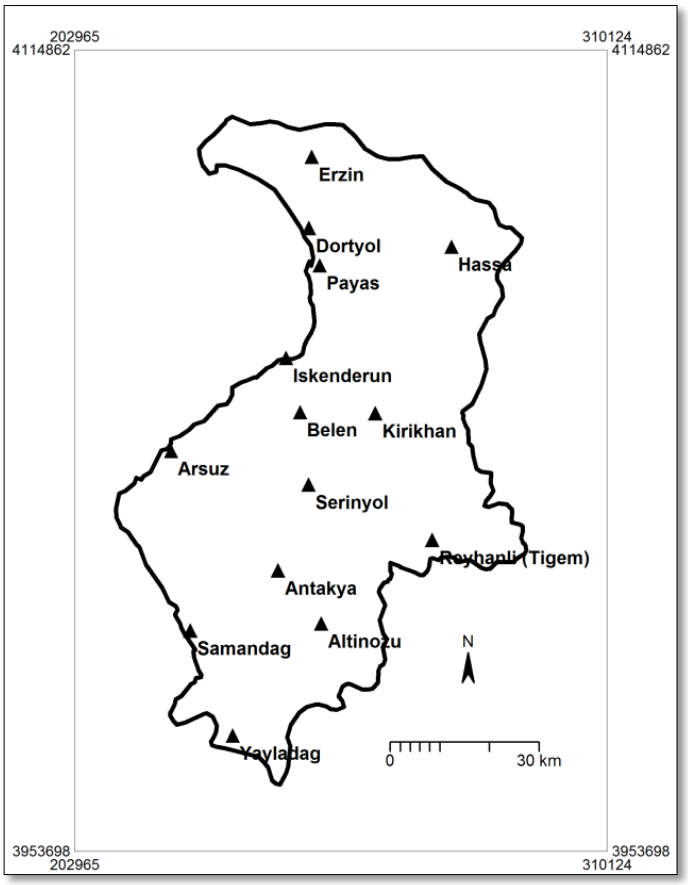


Şekil 4.11. Su birikim haritası algoritması

Çalışma alanı su birikim haritası, alt havzalarda yüzey akış sularının hangi hücrelerden geldiğini ve bu hücre sayılarının toplamını veren bir algoritmadır. Hücre bazında oluşan yüzey akışlar bir akarsu kesiti için toplandığında, havza için toplam yüzey akış hesaplanabilmektedir. Böylece, oluşturulan yüzey akış haritası bir veri tabanı olarak kullanılarak, çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan herhangi bir havza içerisinde bütün akarsu kesitleri için yüzey akış miktarları kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Böylece, bu çalışma ile her akarsu kesitinde yüzey akışın hesaplanabileceği bir veri tabanı oluşturulmuştur.

4.10. Yağış Gözlem İstasyonları ve Yağış Verileri

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 14 Yağış Gözlem İstasyonu (YGİ) belirlenmiştir. Yağış istasyonlarının konum ve koordinat bilgileri ILWIS CBS yazılımına aktarılmış ve YGİ'lerin konumlarını gösteren harita Şekil 4.12.'de verilmiştir.



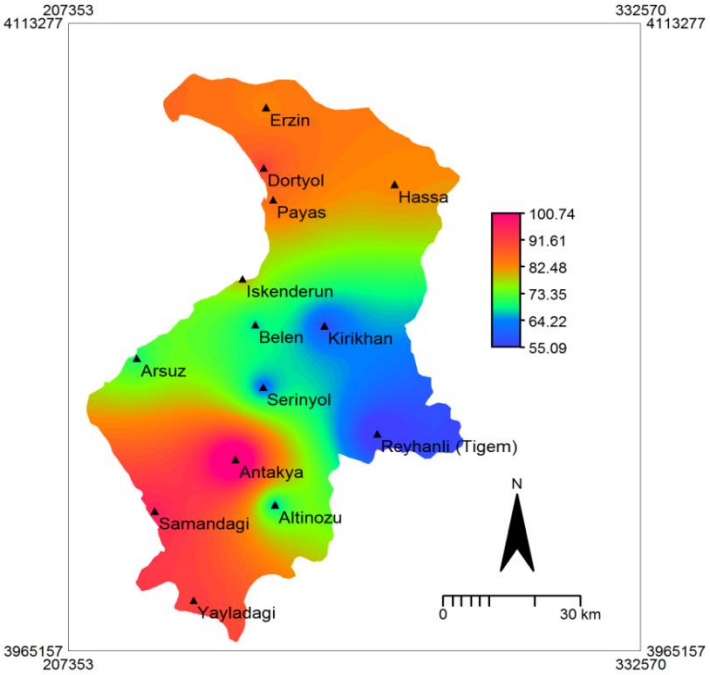
Şekil 4.12. Çalışma alanı yağış gözlem istasyonları konumları

İstasyonlara ait noktasal yağış verileri, farklı yinelenme yılları için Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Yağış istasyonlarının konum ve koordinat bilgileri ve noktasal yağış verileri ILWIS CBS yazılımına aktarılmıştır. Farklı yinelenme yıllarına sahip yağış verileri ile öznitelik haritaları (attribute map) ayrı ayrı oluşturularak ters uzaklık interpolasyon yöntemi ile farklı yinelenme yılları için yağış dağılım haritaları elde edilmiştir.

Çizelge 4.1. Hatay ili için farklı yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağış değerleri

İstasyon		UDF	Yağış yinelenmeleri (mm)					
No	**Adı**		P_2	P_5	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{100}
8976	Altınözü	LP3	57.66	64.52	67.80	71.02	72.94	74.55
1955	Arsuz	LP3	54.66	69.67	78.20	87.73	94.09	99.98
8820	Belen	LN3	47.74	66.59	80.11	98.24	112.42	127.17
962	Dörtyol	LN3	70.16	92.91	109.25	131.18	148.34	166.20
8414	Erzin	G2P	64.94	82.69	93.70	106.86	116.15	125.08
8541	Hassa	LP3	57.95	82.65	101.02	126.51	147.28	169.57
984	Antakya	LP3	85.89	127.82	161.57	211.99	255.59	304.93
370	İskenderun	G2P	56.65	81.03	98.07	119.94	136.22	152.45
8822	Kırıkhan	LP3	43.23	56.03	64.43	75.00	82.85	90.74
8654	Payas	G2P	66.16	86.35	100.29	118.04	131.19	144.24
986	Samandağ	LN3	68.40	96.46	118.34	149.55	175.23	203.00
1961	Reyhanlı	LP3	36.70	48.40	58.70	75.10	90.10	106.90
8907	Serinyol	LP3	46.47	60.04	70.40	85.10	97.30	110.61
8987	Yayladağı	G	75.58	91.38	101.85	115.07	124.88	134.62

4.11. Yağışların Alansal Dağılımı

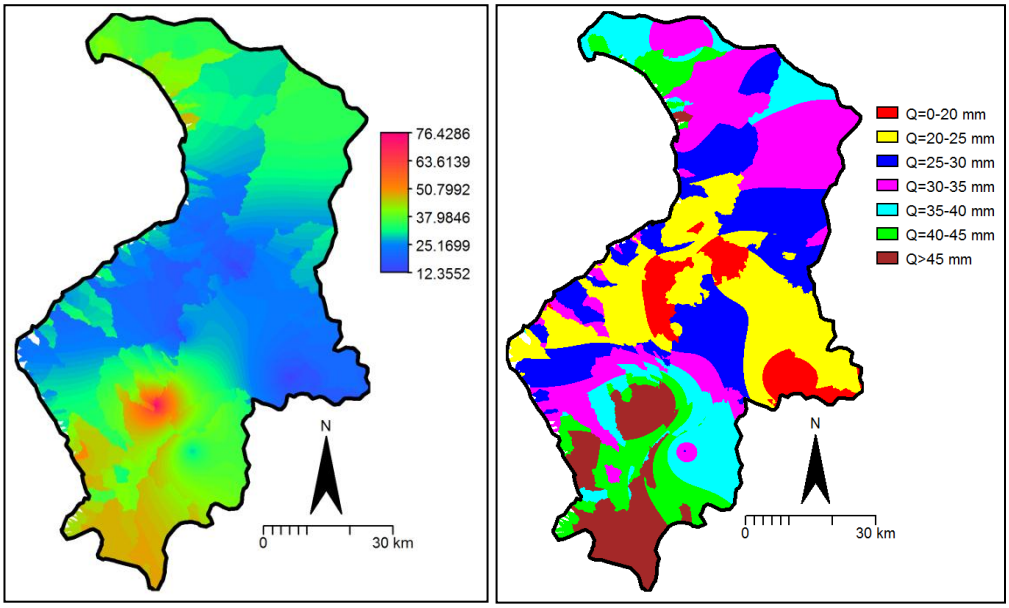


Şekil 4.13. Beş yıl yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağışların alansal dağılımı

Çizelge 4.1.'de verilen farklı yinelenmeli noktasal yağış değerleri, ters uzaklık interpolasyon yöntemi kullanılarak CBS ile alansal yağış dağılımı haritaları elde edilmiştir. Beş yıllık yağışlar kullanılarak elde edilen alansal yağış dağılımı haritası Şekil 4.13'de verilmiştir. Benzer şekilde, farklı yinelenme yılları için de alansal yağış dağılım haritaları oluşturulmuş Ek 1.'den Ek 6.'ya kadar verilmiştir. Bu haritalar yüzey akış hesaplamalarında kullanılan Denklem (3.5)'de yağış (P) değeri olarak kullanılmıştır.

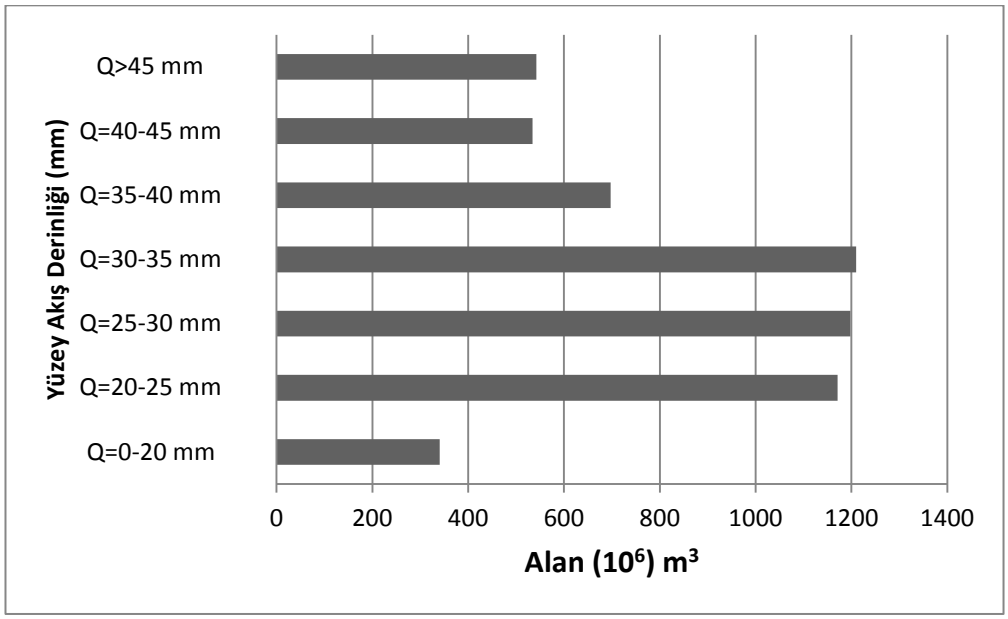
4.12. Farklı Yinelenme Yıllarına Göre Çalışma Alanı Yüzey Akış Miktarları

Maksimum 24 saatlik 5 yıl yinelenmeli yağışların oluşturduğu yüzey akış haritası Ortalama koşul (YÖN-II) CN değerlerine göre hesaplanmış ve Şekil 4.14.(a)'de verilmiştir. Bu harita üzerinde yüzey akış değerleri 5 mm aralıklarda sınıflandırılarak Şekil 4.14.(b)'de verilmiştir. En yüksek yüzey akış potansiyelinin çalışma alanının Güneyinde 45 mm civarında hesaplanmıştır. Çalışma alanı orta kısımlarında yüzey akış potansiyeli kuzey ve güney kısımlara göre nispeten düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.14. Beş yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı

Çizelge 4.2. Beş yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışın oluşturduğu yüzey akışın alansal değeri



Yüzey akış miktarları tüm çalışma alanı için farklı yinelenme yıllarına göre yüzey akış derinlikleri ile alanların çarpımı sonucu elde edilmiş ve Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı yinelenme yıllarına göre yüzey akış miktarları

Yinelenme Yılları	Farklı Yinelenme Yıllarına Göre Yüzey Akış (m^3)
2 yıl	$103.4*10^6$
5 yıl	$179.6*10^6$
10 yıl	$240.8*10^6$
25 yıl	$330.0*10^6$
50 yıl	$405.0*10^6$
100 yıl	$487.3*10^6$

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizde akım gözlem istasyonları sayısındaki yetersizlik nedeniyle yüzey akış genellikle amprik yöntemlerle tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Amprik yöntemler kullanılarak, akım gözlem istasyonu olmayan akarsuların havzalarında yağış-akış analizleriyle ortaya çıkacak akım değerleri hakkında tahmini değerler elde edilebilmektedir. Bu analizlerde, Uzaktan Algılama önemli bir veri kaynağı olurken, CBS, verilerin işlenmesi, depolanmasında ve özellikle SCS-CN metodunun uygulanmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Yüzey akış potansiyelinin belirlenmesinde, alansal yağış dağılım haritaları ve eğri numaraları haritaları ILWIS yazılımda harita hesaplama menüsü ile Denklem 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır. Yağıştan yüzey akışın hesaplanmasında 24 saatlik maksimum yağışların 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl yinelemeli değerleri kullanılmıştır. Sonuçta, 24 saatlik maksimum yağışların farklı yineleme yılları için yüzey akış derinlikleri SCS-CN yöntemi ile normal koşullar için (YÖN-II) hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler ile çalışma alanında yüzey akış derinliğini gösteren haritalar CBS kullanılarak elde edilmiştir.

Yüzey akış haritaları her hücrede yağıştan meydana gelecek akış değerlerini vermektedir. Tüm hücrelerdeki yüzey akışların toplamı, Asi havzası yüzey akış potansiyelini vermiştir. Aynı zamanda, çalışma alanı alt havzalarında yüzey akışın hesaplanması için veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı kullanılarak, çalışma alanı sınırları içerisinde drenaj sistemi planlanacak bir bölge için yüzey akış değerleri dolayısıyla drenaj katsayısı veri tabanından kolayca elde edilebilecektir.

Gelecekteki çalışmalarda çalışma alanı için su bütçesi hesaplamalarında bu çalışmada elde edilen yüzey akış, yağış değerleri ile buharlaşma hesaplamaları yapılarak yeraltı suyu beslenme durumu ve emniyetli verim konusunda yeni çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışmada, SCS-CN yönteminde CN değerleri, YÖN-II yani normal koşullar için belirlenmiştir. Veri tabanı kullanılırken yağış öncesi duruma göre CN değerlerinin düzeltilmesi gerekmektedir. Ayrıca, YÖN durumunu belirleyen sınıflar ve bunlara ait yağış değerleri bölgeden bölgeye değişiklik gösterebileceğinden, çalışılan bölgenin toprak nemliliğini belirleyen yağış miktarlarının sınır olarak kullanılması, daha tutarlı sonuçların elde edilmesine yardımcı olacaktır.

Bunun yanında çalışmada, yağış-akış analizlerinde sadece 24 saatlik maksimum yağışlar kullanılmış olup, yağışların yanında kar erimeleri ve kaynaklarla akıma dahil olan su miktarları dikkate alınmamıştır. Yağışların yanında bu değerlerin de dikkate alınması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Apaydın A. (2007) Yeraltısuyu besleniminin eğri numarası (SCS-CN) yöntemi ile hesaplanması: Çakıloba-Karadoruk akifer sisteminde (Beypazarı-Ankara) örnek uygulama, Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 28 (3), 159-172.

Arnold, J. G., Williams, J.R., Srinivasan, R., King, K.W., (1996). SWAT: Soil and Water Assessment Tool. USDA-ARS, Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Temple, TX.

Baga İ. (1999). Coupling of Numerical Modeling and GIS in Flood Analysis, Çaybogazi Stream Case. Msc Thesis. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı. Ankara.

Chandrmohan, T. and Durbude , D.G. (2001). Estimation of runoff using small watershed models, *Hydrology Journal.* 24 (2):45-53.

Kadıoğlu, M., (2008). Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi ; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 251276, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.

McCuen, R.H. (1982) A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods, Prentice-Hall, Englewood Cliffs,

Mockus, V. (1949) Estimation of Total (and Peak Rates of) Sufrace Runoff for Individual Storms. Exhibits A, Appendix B, Interim Survey Report, Grand (Neosho) River Watershed. US Department of Agriculture, Washington, DC.

Moore, I., D., Grayson, R.B., ve Ladson, A.R., 1991. Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications, Hydrological Processes 5 (1): 3 30.

Munsuz N., Ünver İ., Çaycı G., (1999). Türkiye Suları, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, Yayın No: 1505, Ankara.

Nagarajan, N. and Poongothai, S. (2012). "Spatial Mapping of Runoff from a Watershed Using SCS-CN Method with Remote Sensing and GIS." J. Hydrol. Eng., 17(11), 1268–1277.

NJ. Mishra, S.K., and Singh, V.,P. (1999) "Another look at SCS-CN method". Journal of Hydrological Engineering, ASCE 4: 257-264.

Nurunnisa Usul, Okan Küpçü, (1997). Using GIS in Obtaining Basin Hydrologic Parameters to Use in SCS Synthetic Unit Hydrograph Method, ESRI International User Conference, ESRI Conference proceedings, San Diego, California.

Okman, C., (2005). Hidroloji (2. Baskı), Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, Genel Yayın No: 1544, Ders Kitapları Yayın No:497, Ankara.

Özcan, O., 2007. Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Bilişim Enstitüsü, İstanbul.

Özdemir H. (2007). SCS-CN Yağış-Akış Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir) Coğrafi Bilimler Dergisi, 2007, 5 (2), 1-12.

Ponce, V.M., and Hawkins, R.H. (1996). ''Runoff curve number: has it reached maturity?.'' J. Hydrol. Eng. ASCE., 1(1), 11–19.

Rao, K.V., Bhattacharya, A.K. and Mishra, K. (1996). Runoff estimation by curve number method- case studies, *Journal of Soil and Water Conservation.* 40:1-7.

Sahu, R.K., Mishra, S.K., and Eldho, T.I. (2010). ‘‘An improved AMC-coupled runoff curve number model.’’ J. Hydrol. Proc., 24(20), 2834–2839.

SCS, (1987). National Engineering Handbook NEH- Section 4: Hydrology. Chapter 4, Soil Conservation Service, USDA, Washington.

Sharma, D. and Kumar, V. (2002). Application of SCS model with GIS data base for estimation of runoff in an arid watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*: 30 (2) :141-145.

Sharma, T., Satya Kiran, P.V., Singh, T.P., Trivedi, A.V. and Navalgund, R.R.(2001). Hydrologic response of a watershed to land use changes: A remote sensing and GIS approach. *Int.J. of Remote Sensing*: 22 (11): 2095-2108

Stewart, D., Canfield, E., and Hawkins, R. (2012). Curve Number Determination Methods and Uncertainty in Hydrologic Soil Groups from Semiarid Watershed Data, J. Hydrol. Eng., 17(11), 1180–1187.

Tülücü, (2002). Hidroloji, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, Genel Yayın No: 139, Ders Kitapları Yayın No: A-44, Adana.

Weng Q.(2001) Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS, Environmental Management, Volume 28 (6),737-748.

Williams, J.R., (1995). The EPIC model. In: Singh, V.P. (Ed.), Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, HighlandsRanch, CO, pp. 909–1000.

Zhan, X., Huang M. L.,(2004) ArcCN-Runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, Environmental Modelling & Software Vol.19 (10), 875–879.

Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D.D., Anderson, W.P., (1987). AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model: A Watershed Analysis Tool. USDA Conservation Report 35. USDA-ARS, Washington, DC.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamın araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ahmet İRVEM'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen, Güneyli Tarım çalışanlarına ve Ziraat Mühendisi Ahmet RÜSTEM'e teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

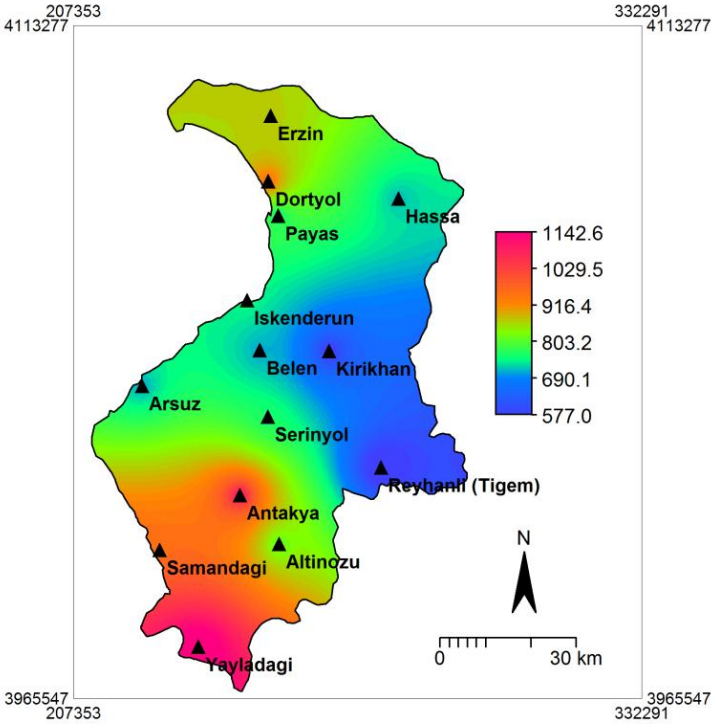
Ayrıca bu yüksek lisans tez çalışmasını annem ve babama ithaf ediyorum.

ÖZGEÇMİŞ

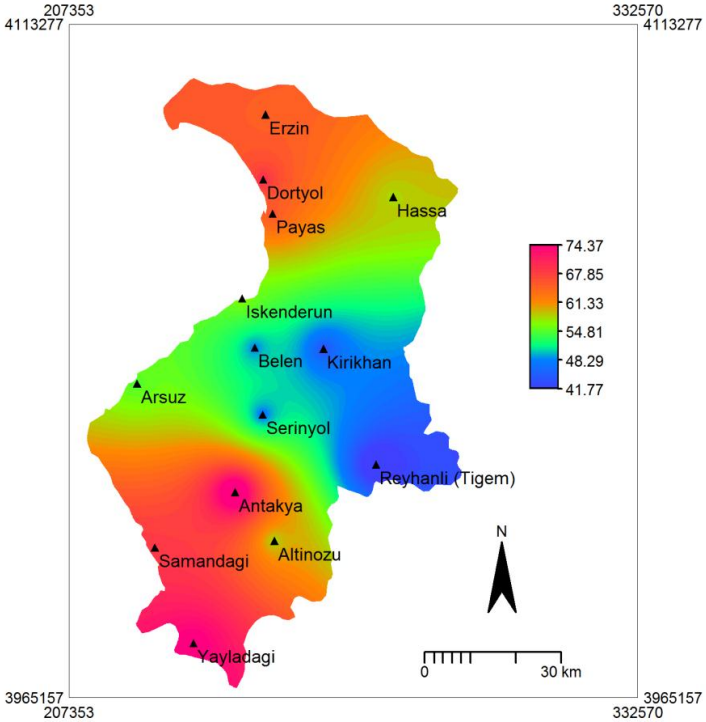
Yazar, 1988 yılında Adana'da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Liseyi Adana'da tamamladı. 2007 yılında kazandığı Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Mühendisliği bölümününden 2011 yılında Tarımsal Yapılar ve Sulama alt programında tamamlayarak Ziraat Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim dalında Yüksek lisans öğrenimine başladı. 2012 yılında Yüksek lisans eğitimine Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalına yatay geçiş yaparak devam etti. 2011 yılında işe başladığı Güneyli Tarım Sulama Sistemleri firmasında halen proje mühendisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER.

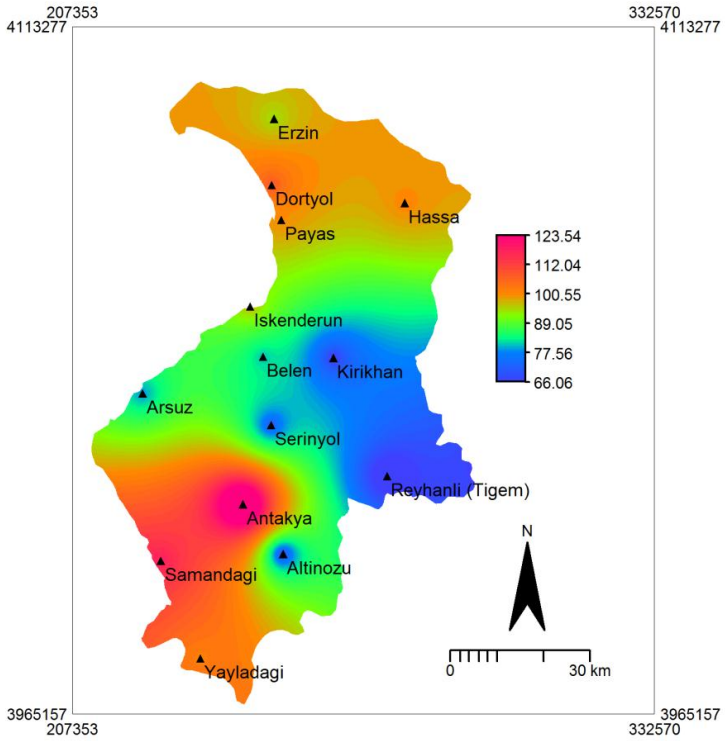
Ek 1. Ortalama yıllık yağışların alansal dağılımı



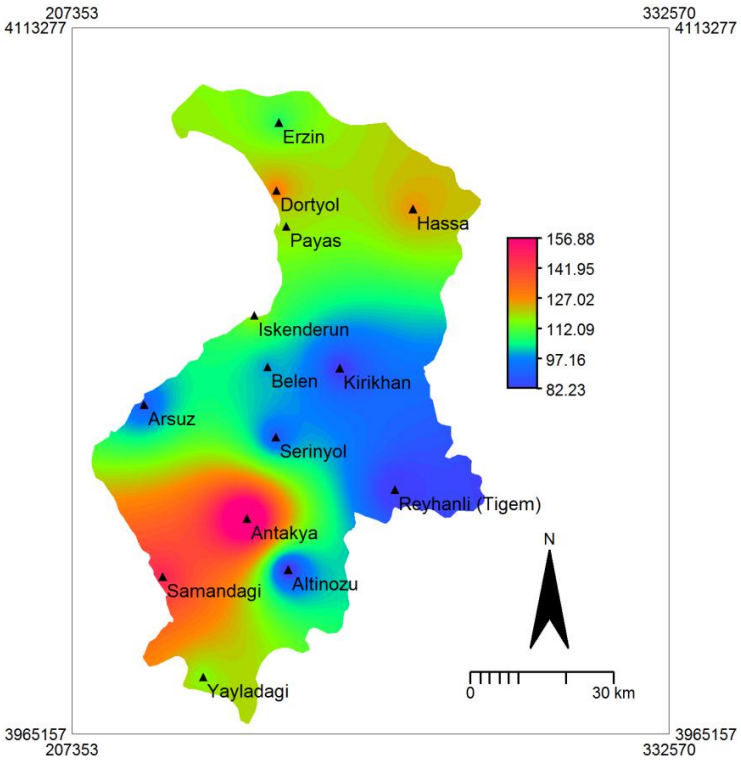
Ek 2. İki yıl yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağışların alansal dağılımı



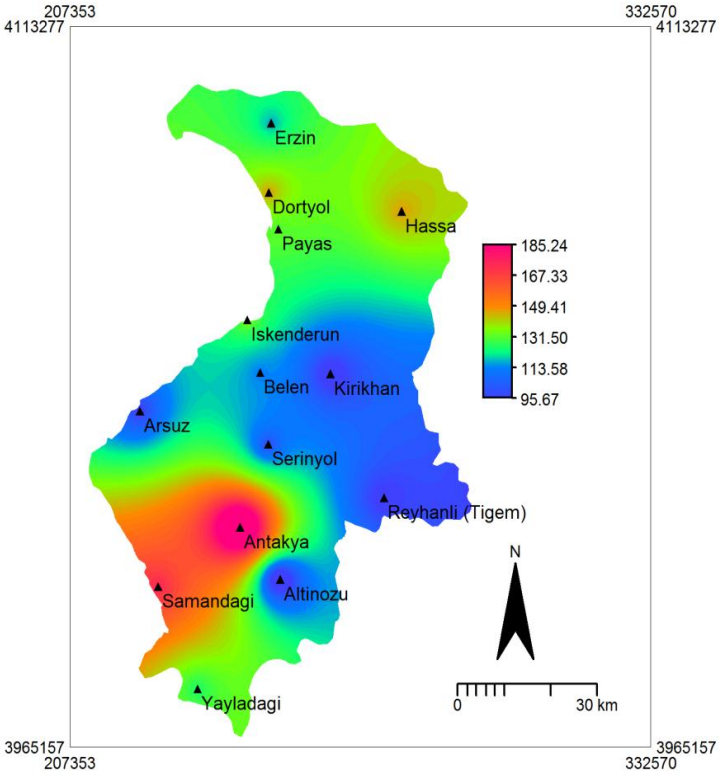
Ek 3. On yıl yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağışların alansal dağılımı



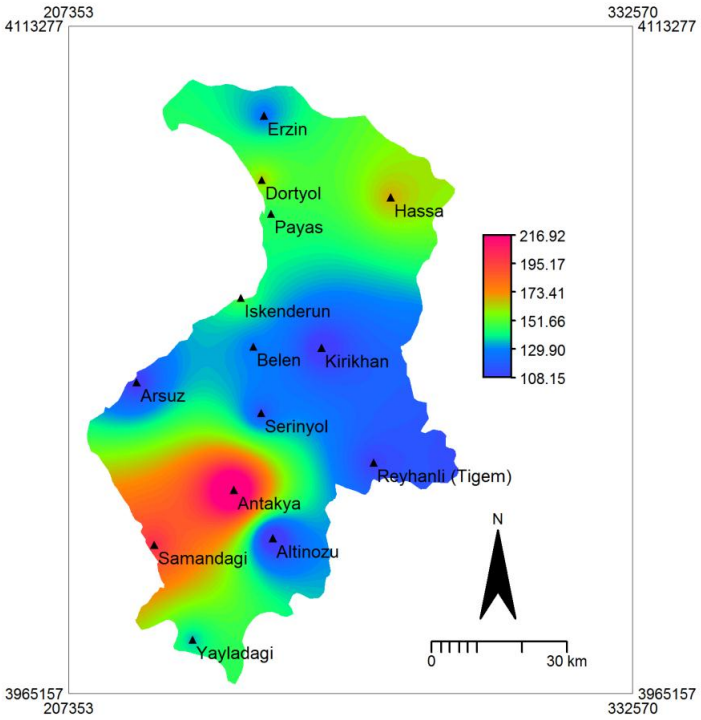
Ek 4. Yirmibeş yıl yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağışların alansal dağılımı



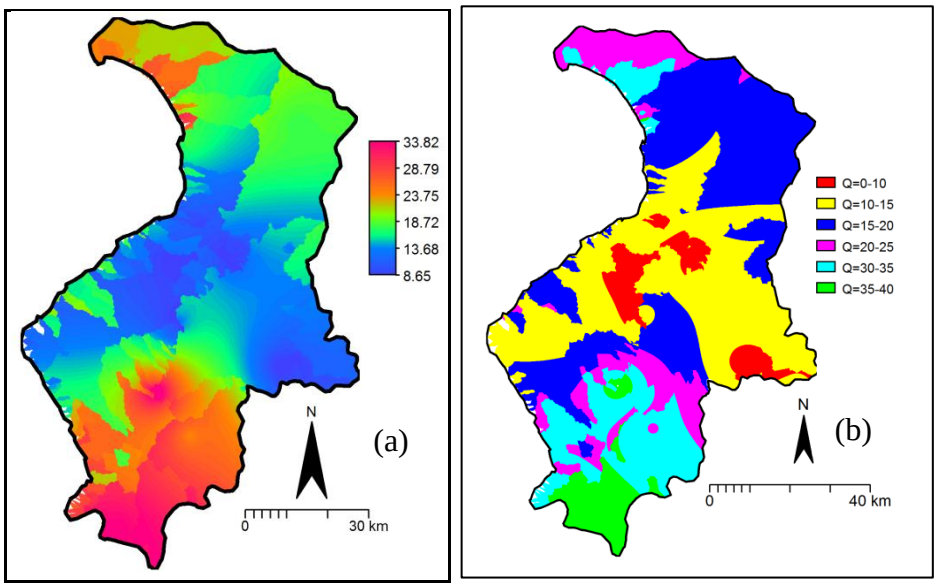
Ek 5. Elli yıl yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağışların alansal dağılımı

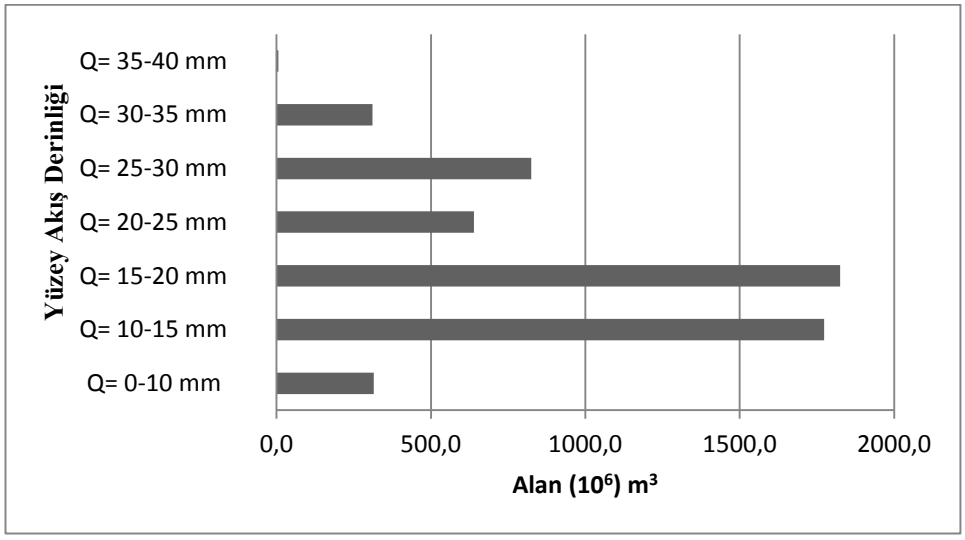


Ek 6. Yüz yıl yinelenmeli 24 saatlik maksimum yağışların alansal dağılımı

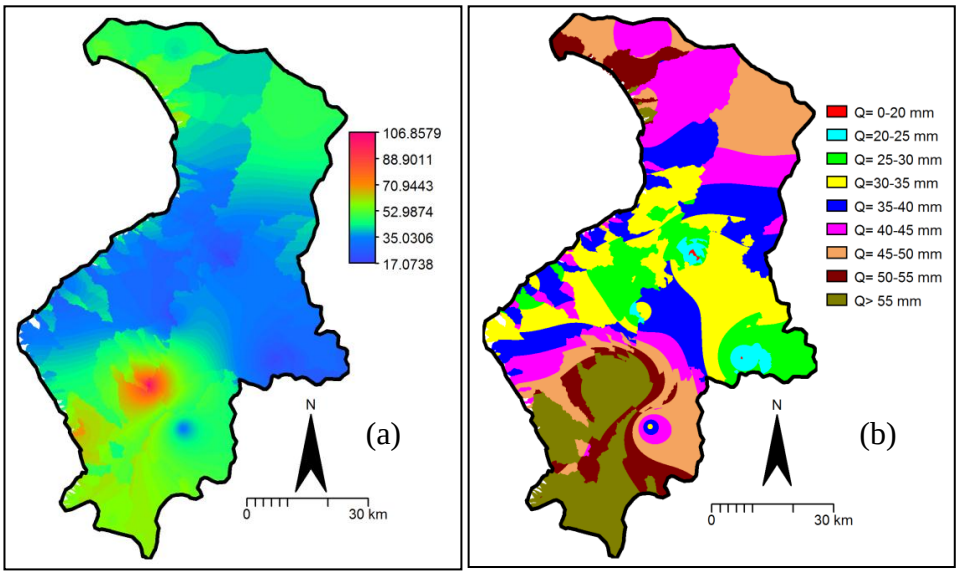


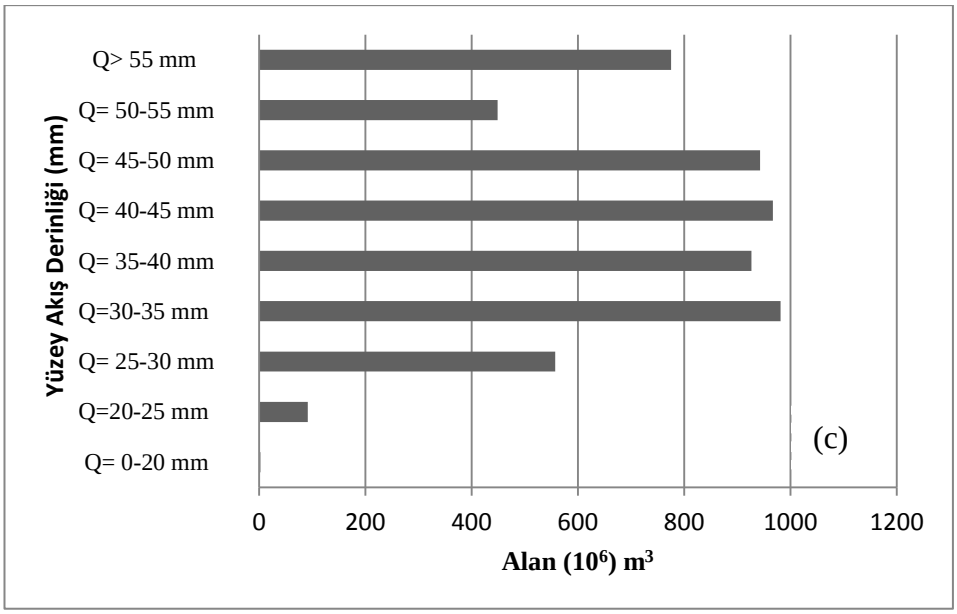
Ek 7. İki yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı ve grafiksel gösterimi



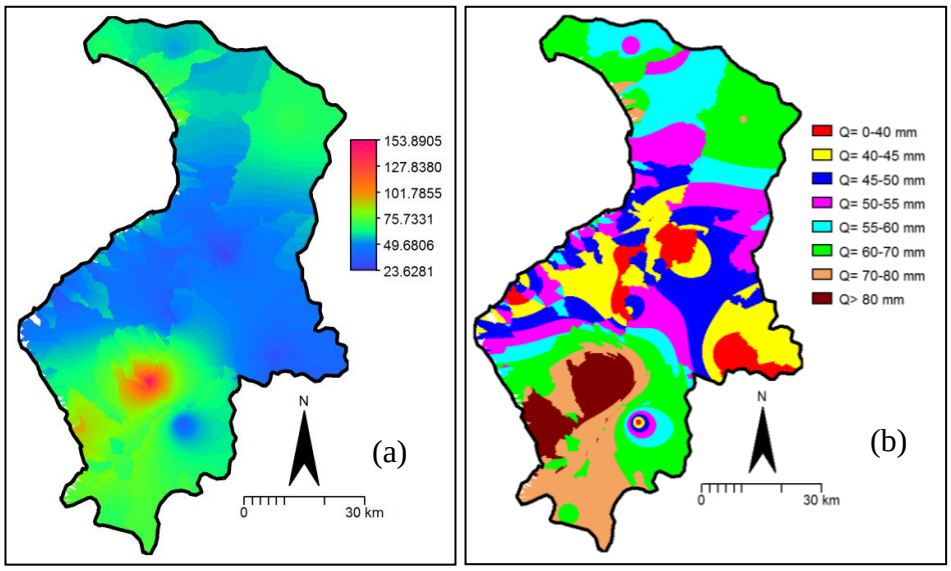


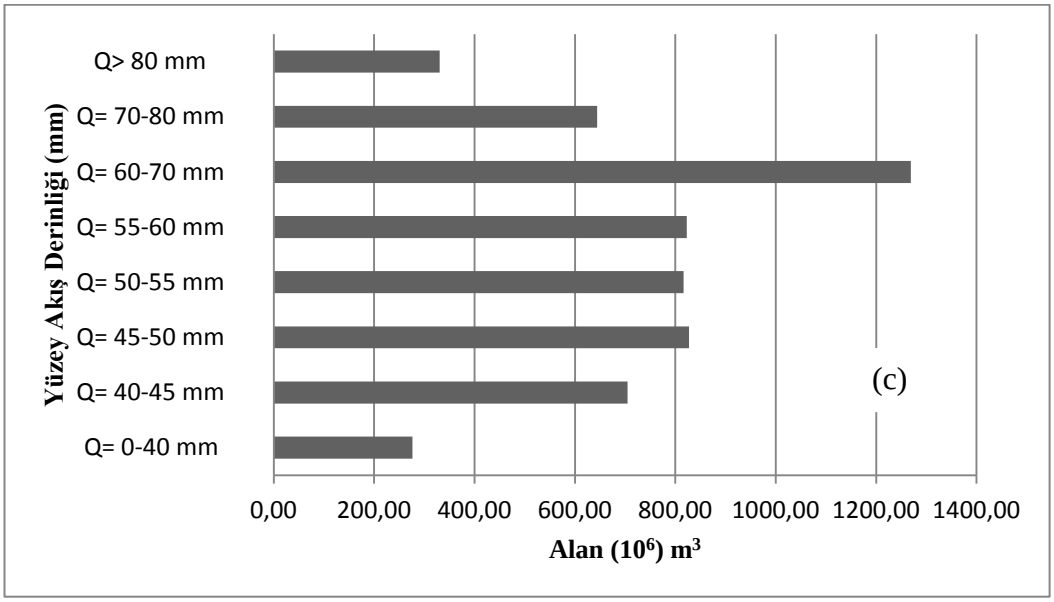
Ek 8. On yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağlımı(a,b) ve grafiksel gösterimi (c)



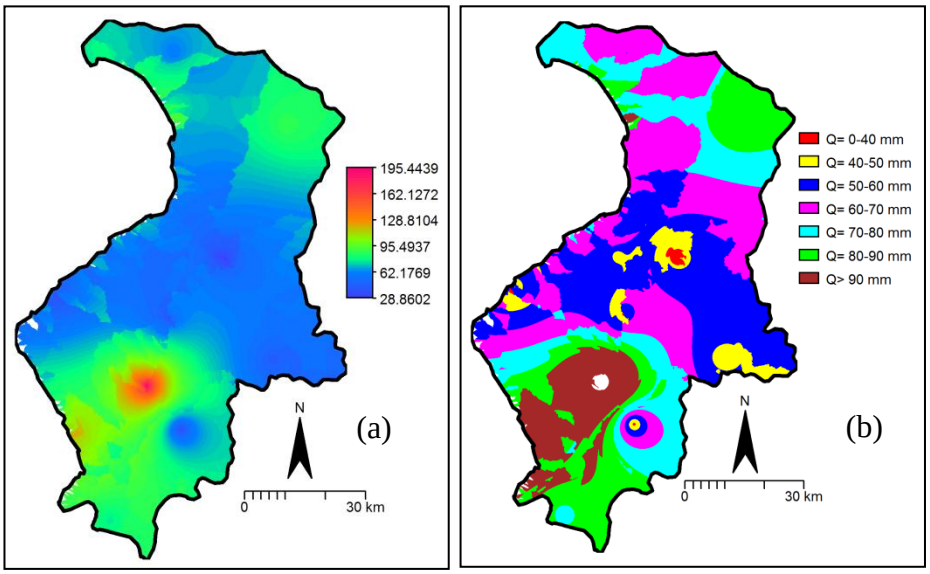


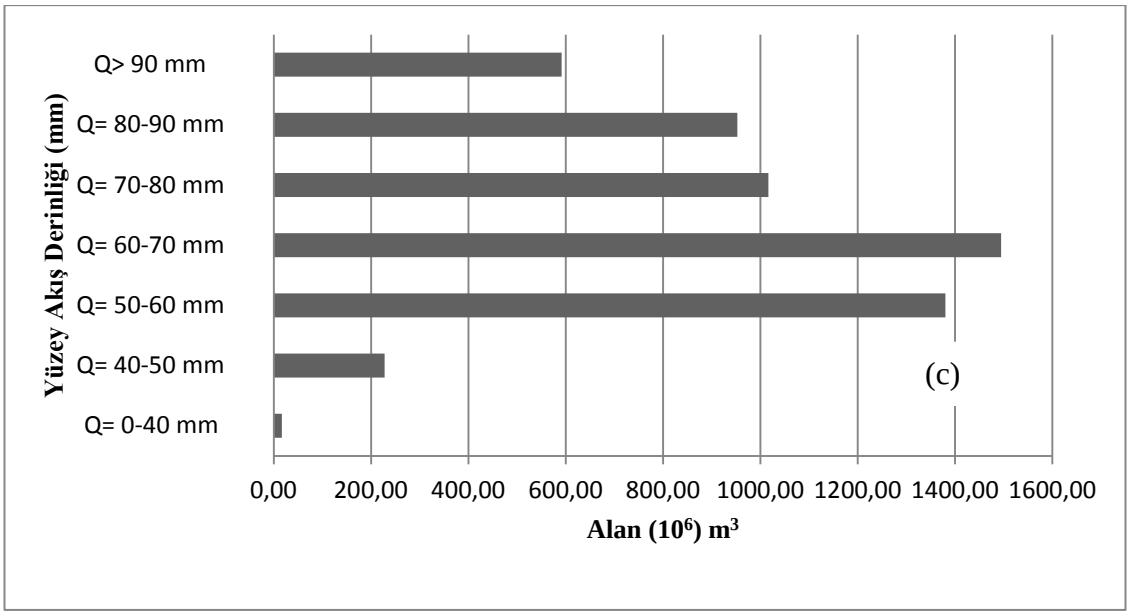
Ek 9. Yirmi beş yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı(a,b) ve grafiksel gösterimi(c)



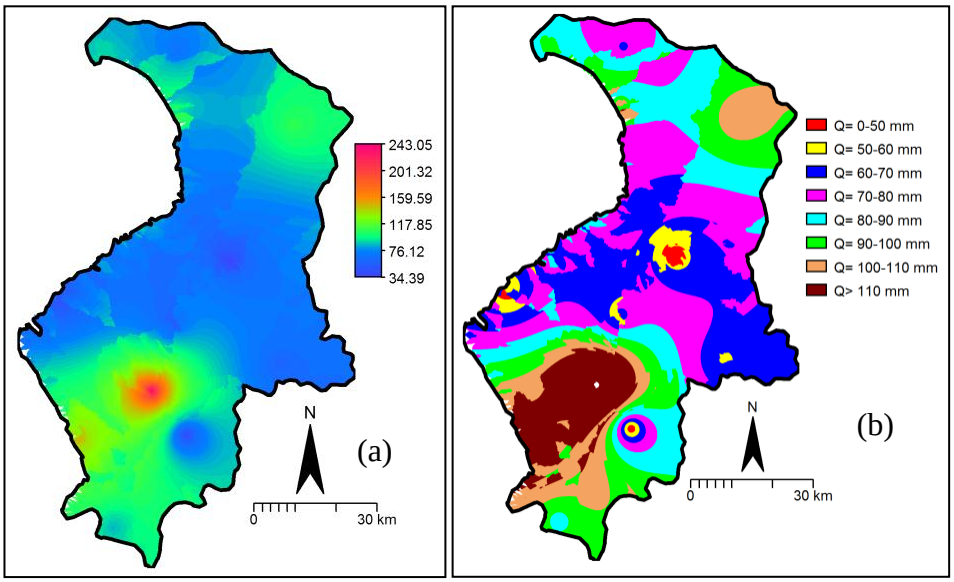


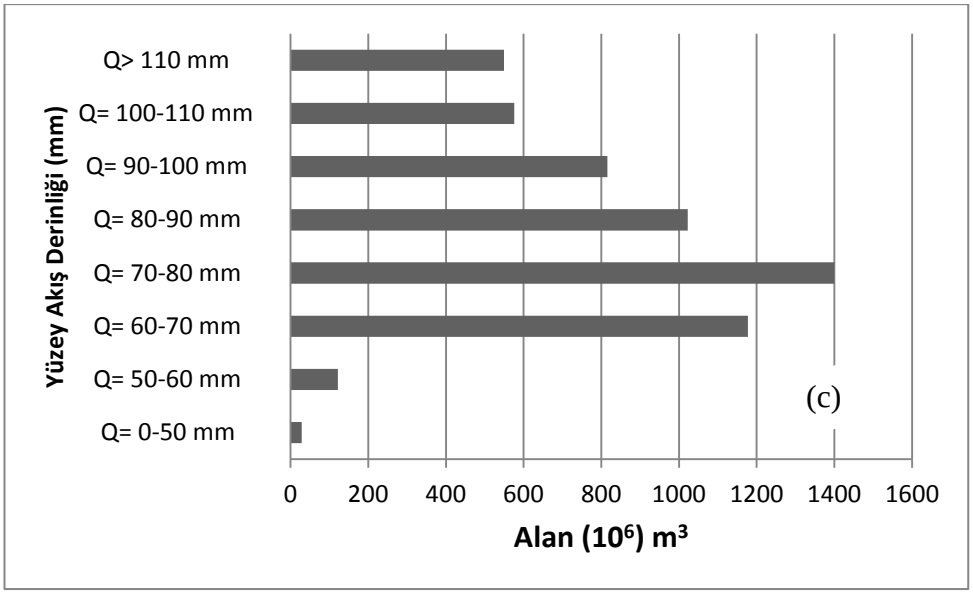
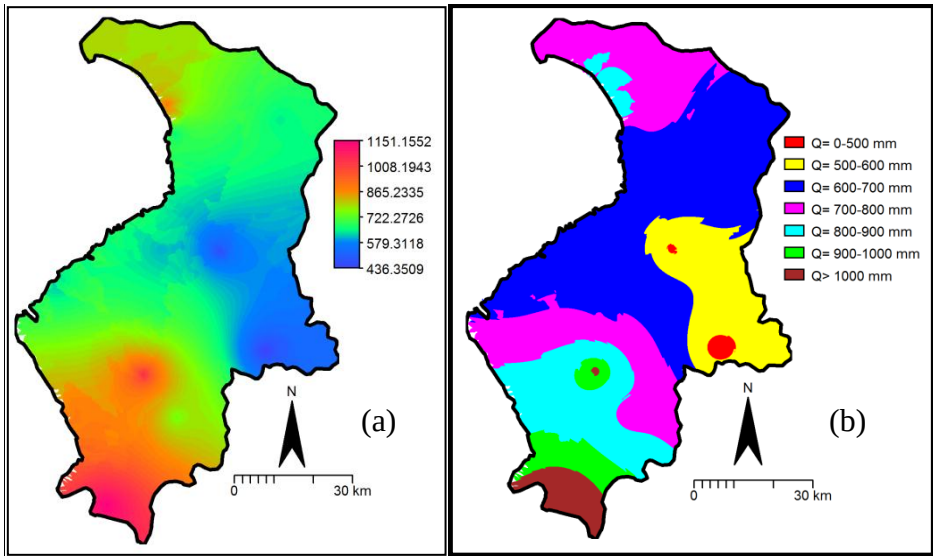
Ek 10. Elli yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı(a,b) ve grafiksel gösterimi(c)





Ek 11. Yüz yıl yinelenmeli 24 saat maksimum yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı(a,b) ve grafiksel gösterimi(c)





Ek 12. Uzun yıllık ortalama yağışların oluşturduğu yüzey akışların alansal dağılımı(a,b)