

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA HAVZASI'NIN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
HİDROLOJİK MODELİNİN YAPILANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Salim YAYKIRAN

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

MAYIS 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA HAVZASI'NIN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
HİDROLOJİK MODELİNİN YAPILANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Salim YAYKIRAN
501131754**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alpaslan EKDAL

MAYIS 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501131754 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Salim YAYKIRAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**SAKARYA HAVZASI’NIN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ HİDROLOJİK MODELİNİN YAPILANDIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Doç. Dr. Alpaslan EKDAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ebubekir YÜKSEL
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 2 Mayıs 2016
Savunma Tarihi : 10 Haziran 2016

Annem, babam ve kardeşlerime...

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimin tamamlanmasıyla birlikte, eğitim hayatımda bir dönem daha kapanmış oldu. Bu süreçte kazandığım mesleki bilgi ve tecrübe benim için çok değerliydi. Proje vesilesiyle birlikte çalışma fırsatı bulduğum; samimiyetleri unvanlarını aşmış mütevazı hocalarım ve güzel dostluklar edindiğim çalışma arkadaşlarım ise benim diğer büyük kazancım olmuştur. Bu nedenle teşekkür için ayrılan bu bölümü, sadece tez çalışma süreci kapsamında değerlendirmenin yetersiz olacağı kanaatindeyim.

Yıldız Teknik Üniversitesi'nden henüz yeni mezun olduğumda, mesleki alanda nasıl bir yol izleyeceğime dair henüz net bir düşünceye sahip değildim. O belirsizlik içinde, Yüksek Lisans için İTÜ'ye başvurmanın yerinde bir karar olduğunu şimdilerde anlıyorum. Kayıt hakkı kazanmış olmanın yanı sıra, dönemin daha yeni başladığı ve kimseyi tanımadığım bu yerde, bir proje ekibinde yer almak benim için şanslı bir başlangıç olmuştur. Kendileri, mülakatta belirttiğim düşüncelerimi dinlemeye değer buldukları için ve böylesine güzide bir oluşumda yer alma şansını bana verdikleri için, Saygıdeğer Hocam **Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK**'e minnetlerimi sunmak isterim.

Öncelikle; tez çalışmamda en çok emeği geçen hocalarıma teşekkür etmek isterim. Tez çalışmamın başladığı ilk günden bugüne; konunun belirlenmesinde, veri temininde, ilgili kişilerle bağlantı kurmamda, modelleme ve tez yazım aşamasında, her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın **Doç. Dr. Alpaslan EKDAL**'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Danışman hocamın yanı sıra, yine ilk günden teslimine kadar, her zaman desteklerini aldığım, özellikle modelin kurulum ve çalıştırılmasını kapsayan zorlu süreçte; bilgi ve tecrübeleriyle, tez çalışmamda destek olan Sayın **Doç. Dr. Ali ERTÜRK**'e teşekkürlerimi iletmek istiyorum.

Bu süreçte; tecrübe sahibi olduğu WEAP modeli hakkındaki bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan; kendisi yurtdışında bulunmasına rağmen, karşılaştığım sorunlar ile yakından ilgilenen; danışmam gereken konularda yönlendirici ve hocalarım ile aramda aracı bir rol üstlenen **Ar. Gör. Gökhan CÜCELOĞLU**'na bu ilgisi ve samimiyeti için teşekkürlerimi borç bilirim.

Modelleme aşamasında, kullandığım WEAP; uzun bir geçmişi olan, yaygın kullanılan bir program olmasına rağmen, kullandığım metodun yeni olması doğal olarak beraberinde bazı sorunları getirdi. Bu süreçte, kendilerine ilettiğim her e - postaya dönüş yaptılar; forum sitelerindeki sorularımı cevapsız bırakmadılar ve programın düzeltilmiş sürümlerini benimle paylaştılar. Bu nedenle; programın geliştiricisi, Sayın **Jack SIEBER** ve kullanıcı sorunlarıyla ilgilenen Sayın **Stephanie GALAITSI**'ye ilgilerinden dolayı teşekkürlerimi sunmak isterim.

Tez çalışması; her ne kadar bireysel bir emek ürünü olsa da; aslında arka planda birçok ismin olduğunu unutmamak gerekir. Hayatta olduğu gibi, bu tez aşamasında da; bilgi, tecrübe ve emeğin ne kadar değerli şeyler olduğunun farkındayım. Bu nedenle bu tez çalışmasında; bilgi, tecrübe ve emeğinden yararlandığım; dolaylı olarak da olsa çalışmama katkıda bulunmuş isimlere yer vermek isterim.

Öncelikle İTÜ'deki isimlere yer verecek olursam; her zaman fikirlerinden istifade edebileceğim, her konuda yardımlarını esirgemeyen, yer aldığım projelerde birlikte çalışma şansını yaşadığım, Saygıdeğer Hocalarım; Sayın **Prof. Dr. Melike GÜREL** ve Sayın **Prof. Dr. Ayşegül TANIK**'a ve yoğun çalışma tempolarına rağmen ayırdıkları zamanları için teşekkürlerimi iletiyorum. Yoğun geçen tez çalışması sürecinde; sorumlu olduğum proje iş yükümü azaltıp, tez çalışmalarına daha fazla vakit ayırmamı sağlayan; ayrıca çalışmalarından da istifade ettiğim, proje koordinatörümüz Sayın **Aslı ÖZABALI SABUNCUGİL**'e teşekkürlerimi sunarım.

Paylaştığı çalışmalar ile tez çalışmama destek olan **Ar. Gör. Hüseyin GÜVEN**'e, emeği ve samimiyeti için teşekkürlerimi iletiyorum. Model kurulumundaki destekleri için sevgili çalışma arkadaşlarım; **Mehmet KALFAZADE**, **Burak KAYNAROĞLU** ve **Çağlar GÖKBAŞ**'a, emekleri ve samimi dostluklarından dolayı teşekkür ediyorum. Ayrıca yakın zamanda aramızdan ayrılan; çayını, kahvesini ve muhabbetini esirgemeyen güzide insan **Mehmet ÇOBAN** abimizi de burada anmak isterim.

Sayın **Elif OKUMUŞ ÖKSÜZ**'e ve **SUEN** çalışma ekibine, yoğun geçen tez çalışma dönemimi anlayışla karşıladıkları için teşekkürlerimi iletiyorum. Çalışmamın veri analizi aşamasındaki katkılarından dolayı; UHUZAM'ın müdürlüğünü yapmakta olan Sayın **Prof. Dr. Elif SERTEL**'e; **TARBİL** ekibinden Sayın; **Özbey YEŞİLOĞLU**, **Serdar BAĞIŞ**, **Ufuk ÇELİK**, **Sinem ARSLAN** ve **Ozan ERKAN**'a; emeği geçen **İO Çevre** çalışma arkadaşlarıma; bazı teknik konularda fikirlerini aldığım arkadaşlarım; **Kurtuluş KONDU**, **Emre ELBAŞI** ve **Taha GORJİ**'ye de ayrıca teşekkürlerimi iletiyorum.

Teşekkürlerin en büyüğünü de, şüphesiz bu hayattaki en büyük şansım olan aileme ayırıyorum. Her zaman olduğu gibi bu çalışmada da beni yalnız bırakmayan sevgili kardeşlerim **Resul** ve **Sümeyra**'ya; bugüne kadar aldığım kararlarda hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, hayat yolunda karşılaştığım zorlukları sayelerinde aştığım, sevgili anne ve babam, **Esra ve Turgut YAYKIRAN**'a sonsuz teşekkürler. Üzerimdeki emekleri büyük; kendilerine minnetim sonsuzdur.

Her zamanki gibi; hepimiz için hakkımızda hayırlısını diliyor; emeği geçen bütün herkese tekrardan teşekkürlerimi sunuyorum...

Mayıs 2016

Salim Yaykiran
(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
2. HİDROLOJİK MODELLEME.....	5
2.1 Hidrolojik Döngü ve Su Bütçesi	5
2.2 Hidrolojik Modeller	8
2.3 Literatür Araştırması	12
3. ÇALIŞMA ALANI.....	21
3.1 Coğrafi Durum	21
3.2 Jeolojik Yapı	23
3.3 İklim ve Meteoroloji	26
3.4 Su Kaynakları ve Hidrolik Yapılar	35
3.5 Akım Gözlem İstasyonları	41
3.6 Sosyo-Demografik Yapı.....	45
3.7 Toprak Özellikleri	47
3.8 Arazi Kullanımı ve Ürün Deseni.....	50
4. VERİ ANALİZİ VE MODEL GİRDİLERİ	55
4.1 Topografya	55
4.1.1 Drenaj alanları ve akım ağının belirlenmesi	57
4.2 Toprak Yapısı.....	61
4.2.1 Toprak fiziksel özellikleri	63
4.2.2 Toprak hidrolik özellikleri	68
4.2.3 Entegrasyon işlemi sonuçları	73
4.2.4 Toprak albedo katsayısı	79
4.3 Ürün Deseni ve Arazi Kullanımı.....	80
4.3.1 CORINE-TÜİK Veri Entegrasyonu.....	80
4.3.1.1 TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı	83
4.3.1.2 CORINE Arazi Örtüsü	84
4.3.1.3 Entegrasyon işlemi sonuçları	86
4.3.2 WEAP - SWAT Ürün Veri Seti Entegrasyonu	92
4.3.2.4 Ekim ve Hasat Verileri.....	92
4.3.2.5 Ekim nöbeti ve İkinci Ürün.....	98
4.3.3 Ormanlık alanların meşcere tipleri dağılımı	99
4.4 Atmosferik Karbondioksit Konsantrasyonu.....	100

4.5 Diğer alanlara Rasyonel Yöntemin uygulanması.....	101
4.7 Hidrolojik İşlem Birimleri.....	103
4.8 Modelin Kurulumu ve Çalıştırılması.....	105
4.8.1 Modelin kurulumu ve veri girişi.....	109
4.8.2 Modelin çalıştırılması ve model sonuçları	112
5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	123
KAYNAKLAR.....	127
EKLER.....	135
ÖZGEÇMİŞ.....	177

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
ÇOB	: Mülga T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇŞB	: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
ÇŞİM	: Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
EPIC	: Environmental Policy Impact Climate Model
ET	: Evapotranspirasyon
FAO	: Gıda Tarım Örgütü
GCM	: General Circulation Model
GDD	: Büyüme Gün Derece
GIS	: Geographical Information System
GTHB	: T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
HKEP	: Havza Koruma Eylem Planı
HRU	: Hydrological Response Unit (Hidrolojik İşlem Birimi)
HSPF	: Hydrological Simulation Program-Fortran
IWRM	: AB Entegre Havza Yönetimi
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değışikliğı Paneli
ISRIC	: Dünya Toprak Referans ve Bilgi Merkezi
İÇDR	: İl Çevre Durum Raporları
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NASA	: Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NOAA	: Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi
NRC	: Amerikan Ulusal Araştırma Merkezi
PTF	: Pedotransfer Eşitlikler
SEI	: Stockholm Environment Institute
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SWAT	: Soil and Water Assessment Tool
TASS	: Toprak Arazi Sınıflandırma Standartları
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UHUZAM	: Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama Uygulama ve Araştırma M.
USAID	: United States Agency for International Development
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
UTM	: Uluslararası Merkatör Projeksiyonu
WEAP	: Water Evaluation and Planning
WEAP-PGM	: WEAP Plant Growth Model (Bitki Büyüme Modeli)
WFD	: Water Framework Directive (Su Çerçevesi Direktifi)
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Sakarya Havza'sı genel karakteristik değerleri (HKEP, 2013).....	22
Çizelge 3.2 : Analiz için belirlenen meteorolojik istasyonlara ait bilgiler.	27
Çizelge 3.3 : Uzun yıllar ortalama yağış değerleri (MGM, 2016).....	31
Çizelge 3.4: Sakarya Havzası'nda yer alan önemli akarsular (HKEP, 2013).	35
Çizelge 3.5 : Sakarya Havzası'nda yer alan başlıca göller (HKEP, 2013).....	36
Çizelge 3.6 : Sakarya Havzası'nda yer alan başlıca barajlar (DSİ, 2014).	37
Çizelge 3.7 : Sakarya Havzası'nda işletilen sulama yapıları.	40
Çizelge 3.8 : Belirlenen akım gözlem istasyonlarına ait özellikler.	42
Çizelge 3.9 : Havzada yer alan iller ve alanları (HKEP, 2013).	46
Çizelge 3.10 : Havza nüfusunun illere göre dağılımı (HKEP, 2013).	46
Çizelge 3.11 : Sakarya Havzası Büyük Toprak Grupları dağılımı.	47
Çizelge 3.12 : Sakarya Havzası'nın arazi kullanım alanları ve yüzdeleri.	52
Çizelge 3.13 : CORINE 2012'ye göre Sakarya Havzası'nın Arazi Örtüsü alanları..	53
Çizelge 4.1 : Standartlara göre derinlik sınıfları ve seçilen derinlikler	64
Çizelge 4.2 : WEAP-PGM'de PTF ve hesaplanması için gerekli parametreler.	70
Çizelge 4.3 : Rosetta toprak veri seti hidrolik parametreleri için ortalama değerler (Rosetta, 1999'dan uyarlanmıştır).	73
Çizelge 4.4 : BTG – Derinlik Kombinasyonları için analiz sonuçları.....	75
Çizelge 4.5 : BTG – Derinlik Kombinasyonları derinlikleri.	77
Çizelge 4.7 : Nem ve renk durumuna göre Albedo yüzdeleri (Chudnovskii, 1976).	79
Çizelge 4.8 : CORINE Arazi Örtüsü düzeyleri.	84
Çizelge 4.9 : CORINE - TÜİK veri entegrasyonunda belirlenen ana gruplar.....	87
Çizelge 4.10 : Havzada yetiştirilen ürünlerin alanları ve alansal yüzdeleri.	88
Çizelge 4.11 : WEAP parametrelerinin, SWAT veri setindeki karşılıkları.	93
Çizelge 4.12 : Modele ait ürünlere tanımlanan etkili toplam sıcaklık değerleri.....	97
Çizelge 4.13 : Literatür taraması sonucu ürünlerin yetiştirilme sezonu tarihleri	97
Çizelge 4.14 : Sakarya Havzası'nda yer alan ağaç türleri ve kapladığı alanlar.....	100
Çizelge 4.15 : Rasyonel Metod için genel akış katsayıları, Thompson (2006)'dan uyarlanmıştır.	101
Çizelge 4.16 : Modele girilen WEAP Yağış-Akış metodunun uygulandığı alanlar ve katsayıları.	102
Çizelge 4.17 : Model için tanımlanan Hidrolojik İşlem birimi sınıfları.....	103
Çizelge 4.18 : WEAP-PGM modeli için veri girişi yapılan başlıca parametreler ve ilgili açıklamaları.	107
Çizelge 4.19 : Model sonuçları ile akım gözlemleri arasındaki yıllar için aylık korelasyon katsayıları.	113
Çizelge 4.20 : Modellenen Havza'nın su bütçesi dağılımları.....	118
Çizelge 4.21 : 2003- 2011 yılları arasındaki yıllar için ortalama su bütçesi değerleri.	119

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Suyun doğada hidrolojik döngüsü (USGS, 2015).....	6
Şekil 2.2 : Hidrolojik sistem kavramı, Bayazıt (1998)'den uyarlanmıştır.....	6
Şekil 2.3 : Mühendislik açısından hidrolojik süreçler, Chow (1998)'den uyarlanmıştır.	7
Şekil 2.4 : Bazı su kaynakları modellerinin fiziksel detay ve mekânsal ölçekleri, Future Water Report (2011)'den uyarlanmıştır.	9
Şekil 2.5 : Falkenmark Su Stres Endeksi'ne göre havzalarda su potansiyeli ve durumu, DKM (2013)'ten uyarlanmıştır.....	13
Şekil 3.1: Türkiye'nin 25 nehir havzası ve Sakarya Havzası'nın konumu.....	21
Şekil 3.2 : Sakarya Havzası'na ait alt havzalar ve diğer havzalar arasındaki konumu.	23
Şekil 3.3 : Sakarya Havzası'na ait Jeoloji haritası.....	25
Şekil 3.4 : Sakarya Havzası için belirlenen meteoroloji istasyonları.	27
Şekil 3.5 : Uzun yıllar ortalama minimum sıcaklık değerleri.....	28
Şekil 3.6 : Uzun yıllar ortalama sıcaklık değerleri.	28
Şekil 3.7 : Uzun yıllar ortalama maksimum sıcaklık değerleri.	28
Şekil 3.8 : 1971 – 2000 Yıllık ortalama sıcaklık dağılımı (HKEP, 2013).....	29
Şekil 3.9 : Uzun yıllar ortalama yağış grafikleri (MGM, 2016).....	31
Şekil 3.10 : 1971 – 2000 Yıllık ortalama toplam yağış dağılımı (HKEP, 2013).....	32
Şekil 3.11 : 1971 – 2000 Yıllık ortalama toplam buharlaşma dağılımı (HKEP, 2013).	33
Şekil 3.12 : 1971 – 2000 Yıllık toplam solar radyasyon (HKEP, 2013)	34
Şekil 3.13 : Sakarya Havzası'nın fiziki haritası.....	38
Şekil 3.14 : E12 A057 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.	41
Şekil 3.15 : Havzanın kritik noktalarında belirlenen akım gözlem istasyonları.....	42
Şekil 3.16 : E12 A052 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.	43
Şekil 3.17 : E12 A026 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.	43
Şekil 3.18 : E12 A051 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.	44
Şekil 3.19 : E12 A022 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.	44
Şekil 3.20 : Sakarya Havzası'nda yer alan idari birimler	45
Şekil 3.21 : Sakarya Havzası'nda yer alan büyük toprak gruplarının dağılımı.	48
Şekil 3.22 : CORINE 2012 verisine göre, Sakarya Havzası'nın Arazi Örtüsü haritası.....	51
Şekil 3.23 : Sakarya Havzası'nın arazi kullanım dağılımı.	52
Şekil 4.1 : Sakarya Havzası'na ait hidrolojik işlem birimlerinin oluşturulması.....	55

Şekil 4.2 : Sayısal Yükseklik Modeli düzeltme işlemleri, ESRI (2016)’dan uyarlanmıştır.	56
Şekil 4.3 : Sakarya Havzası’nın Sayısal Yükseklik Modeli.	57
Şekil 4.4 : ArcSWAT programının ara yüzünden bir örnek.	58
Şekil 4.5 : Drenaj alanı ve akım ağı belirleme işlemleri, Leão (2013)’ten uyarlanmıştır.	59
Şekil 4.6 : Sakarya Havzası için belirlenen akım ağı ve drenaj alanları.	60
Şekil 4.7 : “ISRIC Soil Grid 1 km” toprak veri tabanı genel görünümü.	61
Şekil 4.8 : Toprak Özellikleri Veri Entegrasyonu akım şeması.	62
Şekil 4.9 : ISRIC, WEAP ve modelde kullanılacak profil için toprak katmanlarının karşılaştırılması.	63
Şekil 4.10 : Sakarya Havzası’nda belirlenen toprak derinlikleri.	65
Şekil 4.11 : Sakarya Havzası’nda; ISRIC’in belirlediği 6 katman için ortalama kum yüzdeleri.	66
Şekil 4.12 : Excel tekstür hesaplama hesap tablosu.	67
Şekil 4.13 : İçerdiği su miktarına göre toprağın durumu (UBC, 2013)’den uyarlanmıştır).	68
Şekil 4.14 : Farklı toprak tekstürleri için su tutma eğrileri, Martin ve diğ. (2012)’den uyarlanmıştır.	70
Şekil 4.15 : Sakarya Havzası’nda yer alan toprakların, büyük toprak grubu - derinlik kombinasyonları.	74
Şekil 4.16 : Sakarya Havzası toprak grupları için belirlenen toprak albedo yüzdeleri.	80
Şekil 4.17 : Ürün Deseni / Arazi Kullanımı Veri Entegrasyonu akım şeması.	81
Şekil 4.18 : TÜİK Bitkisel üretim veri tabanı (Türkçe/İngilizce).	83
Şekil 4.19 : Arazi Ürünü/Bitkisel Ürün analizi için genişletilmiş çalışma alanı.	87
Şekil 4.20 : Ana Grupların ve yetiştirilen ürünlerin oransal dağılımları.	88
Şekil 4.21 : Sakarya Havzası, buğday ekili alan oranı.	89
Şekil 4.22 : Sakarya Havzası, Kuru Tarım Ürünlerin yüzdelik dağılımları.	90
Şekil 4.23 : Sakarya Havzası, Sulu Tarım Ürünlerin yüzdelik dağılımları.	91
Şekil 4.24 : Sakarya - Merkez ilçesi, kışlık buğdaya ait GDD ve ekim/hasat bilgileri.	96
Şekil 4.25 : Sakarya Havzası’nın entegrasyonu sonucu elde edilen meşcere haritası.	99
Şekil 4.26 : Yıllara göre atmosferik karbondioksit konsantrasyonu değerleri.	100
Şekil 4.27 : Sakarya Havzası Arazi Örtüsü analizi sonucu elde edilen hidrolojik işlem birimi sınıfları.	104
Şekil 4.28 : WEAP-PGM modeli genel akım şeması.	106
Şekil 4.29 : Sakarya Havzası’nın Porsuk Alt Havzasına ait örnek modüller.	109
Şekil 4.30 : Sakarya Havzası’nın WEAP Model iskeleti ve detayları.	110
Şekil 4.31 : WEAP’e işlenen hidrolojik işlem birimlerine ait alansal veriler veriler.	111
Şekil 4.32 : Model sonuçlarının gözlemlenen akım ile karşılaştırılması.	114
Şekil 4.33 : 2005 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.	115
Şekil 4.34 : 2011 Hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.	115
Şekil 4.35 : Yüzeysel akış için model sonuçları ve gözlemlenen akım değerleri.	116
Şekil 4.36 : Uzun yıllar modellenen ve gözlemlenen aylık ortalama akımlar.	116
Şekil 4.37 : Modellenen ve gözlemlenen yıllık toplam akımlar.	117
Şekil 4.38 : Model sonuçlarına göre, günlük gerçek evapotranspirasyon değerleri.	117
Şekil 4.39 : 2003 – 2011 yılları arasındaki su bütçesi dağılımları.	118

Şekil 4.40 : 2003- 2011 yılları arasındaki yıllar için model ortalama su bütçesi. ...	119
Şekil 4.41 :Sakarya Havzası ortalama su bütçesi bileşenlerinin yüzdelerik dağılımları.	119
Şekil 4.42 : Sakarya Havzası'na düşen yıllık yağış miktarları.	120
Şekil 4.43 : Sakarya Havzası'na ait yıllık yüzeysel akış miktarları.	120
Şekil 4.44 : Sakarya Havzası'na ait yıllık yeraltı suyuna katılım miktarları.	120

SAKARYA HAVZASI'NIN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ HİDROLOJİK MODELİNİN YAPILANDIRILMASI

ÖZET

Yeryüzündeki en önemli yaşam kaynağı olarak kabul edilen su, tüm canlılar için hayati önem taşımaktadır. Dünya nüfusundaki hızlı artış, sanayileşme ve tarımsal faaliyetler su kaynakları kullanımındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin potansiyel etkileri ile sorunlar daha da büyümekte, potansiyel su miktarı endişe duyulacak düzeye ulaşmakta; dolayısıyla su kaynaklarının bilinçli kullanımı daha da önemli hale gelmektedir.

Türkiye; kişi başına düşen yıllık 1519 m³ su miktarı ile su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu açıdan doğal su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla yapılacak çalışmalara önem ve öncelik verilmelidir. Ülkemizdeki su kaynaklarının havza bazında yönetimi, sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturmakta ve Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi hedeflerine ulaşılmasında, bütünsel havza yönetimi temel araç olarak kabul edilmektedir.

Ülkemizde yer alan 25 nehir havzasından biri olan Sakarya Havzası, Anadolu Yarımadası'nın kuzeybatısında yer almaktadır. Havza; 58160 km²'lik drenaj alanı ile Türkiye'nin yaklaşık %7'sini kaplamaktadır. Ankara ve İstanbul gibi büyük merkezler arasında yer alması sebebiyle; su transferleri, ekonomik, kültürel faaliyetler ve ulaşım açısından önem arz etmektedir. Havza; kişi başına düşen yıllık 1000 – 1700 m³ arasında değişen su miktarı nedeniyle, su sıkıntısı çeken havzalar sınıfında yer almaktadır. Nüfus artışı, iklimsel değişimler ve uygun su yönetiminin sağlanamaması gibi sorunlar nedeniyle yakın gelecekte havzada su kıtlığı yaşanması olası görülmektedir.

Modelleme çalışmaları; sistemin mevcut ve potansiyel sorunlarının analizi ve çözüm üretimi için, su kaynakları yönetimine bilimsel bir destek sağlamaktadır. Hidrolojik modeller sayesinde, sistemin su bütçesini oluşturan; yüzeysel akış, taban akışı, yeraltı suyu akımı, buharlaşma ve terleme miktarları hesaplanabilmektedir. Mevcut durum ve gelecek için; iklim, nüfus, arazi kullanımı, ürün deseni, sulama uygulamaları gibi faktörlerin muhtemel etkileri, çeşitli senaryolar aracılığıyla analiz edilebilmektedir.

Bir sistem modellenirken; kurulacak modelin, mümkün olduğunca gerçeği temsil etmesi gerekmektedir. Bu açıdan, veri analizi aşaması oldukça önem taşımaktadır. Analiz aşamasında, çalışma alanının ölçeği göz önünde bulundurularak, verilerin etkin bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Bu kapsamda gerekli veriler, eğer mevcutsa ilgili resmi kuruluşlardan sağlanır; elde edilemeyen veriler için, web üzerinden, erişime açık yerel ve/veya küresel veri setlerinden yararlanılabilir. Verilerin entegrasyonunda; sayısal ve mekansal verilerin işlenmesinde, analiz edilmesi ve görselleştirilmesinde; coğrafi bilgi sistemi, sayısal hesaplama ve tablolama programları kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında hidrolojik model olarak Stockholm Environment Institute (SEI) tarafından geliştirilen WEAP modeli seçilmiştir. WEAP; gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede yaygın bir kullanıma sahipken, Türkiye’de WEAP ile yürütülen oldukça az çalışma olduğu göze çarpmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışma ülkemizde WEAP modelinin kullanıldığı ilk çalışmalardan biri olma özelliğini taşımaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen Sakarya Havzası’nın yaklaşık %50’si tarım arazisinden oluşmaktadır. Ülkemizde halen yıllık su tüketiminde tarımsal sulama yaklaşık %74’lük oranla en büyük paya sahiptir. Bu nedenle, tarımsal faaliyetler ülkemizde su kaynakları yönetiminde önemli bir role sahip olduğundan, bitki merkezli bir modelin sistemin hidrolojik davranışlarını daha iyi yansıtacağı düşünülerek havzanın hidrolojik modellenmesinde WEAP modeli içerisinde bulunan PGM metodu kullanılmıştır. Su kaynakları yönetimine uygun bir altyapıya sahip WEAP-PGM, değişen atmosferik CO₂ konsantrasyonunun ve sıcaklığın, bitki su kullanımı ve bitki büyümesi üzerindeki etkilerini hidrolojik sürece dâhil eder. Bu sayede iklim değişiklikleri çalışmaları kapsamında, küresel iklim değişikliğinin, bitki verimi ve bitki su tüketimine etkisi analiz edilebilmektedir. Veri analizi sonuçlarına göre; bitkisel ürünlerin mekânsal analizi sayesinde sulama ihtiyaçları öngörülerek, tarımsal üretimde bitki su tüketimi hesaplanabilecek ve ürün deseni değişimlerinin hidrolojik sisteme etkisi incelenerek suyun etkin kullanımı için ürün seçimi ile ilgili öneriler sunulabilecektir.

Modelleme çalışmasında; Sakarya Havzası için yüksek çözünürlüklü bir hidrolojik modelin yapılandırılması amaçlanmış ve veri analizi/entegrasyonları yapılarak modelin kurulumu gerçekleştirilmiştir. Havzada yer alan; sulama alanları, su yapıları ve havzalararası su aktarımları da modelin kurulumu aşamasında tanımlanmış ve temin edilebilen veriler girilmiştir. Çalışma kapsamında; havzanın su bütçesi ortaya koyulmuş, havzanın çıkışında yer alan E12 A057 numaralı Adatepe istasyonunda, akış için yalnızca bir ön değerlendirme yapılmıştır. Ön değerlendirme sonuçlarına göre havzaya yılda ortalama 29993 milyon m³ yağış düşmekte, 5290 milyon m³’ü yüzeysel akışa dönüşmekte, 2070 milyon m³ su yer altı suyuna katılmaktadır. Yağışın, 10960 milyon m³’lük bölümü buharlaşma ile 11610 milyon m³’lük bölümü ise terleme ile atmosfere geri dönmektedir. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verilerine göre; Sakarya Havzası’nın yıllık ortalama yağış miktarı 524,7 mm olup, yıllık toplamda 33184 milyon m³ yağış düşmektedir. Sakarya Havzası, ortalama 6400 milyon m³ yıllık akış potansiyeline sahiptir. Yeraltı suyu potansiyeli ise yaklaşık 2197 milyon m³’tür. Elde edilen model sonuçlarının DSİ’nin uzun yıllar ortalama değerleri ile belirli derecede uyum gösterdiği görülmektedir.

Bu tezin devamı niteliğindeki çalışmalarda; havza bütününde yapılacak kalibrasyon ve doğrulama işlemleri ile havzanın hidrolojik modeli tamamlanmış olacaktır. Bu sayede; su yönetimi kapsamında yapılacak çalışmalarda, su kaynaklarının; içme ve kullanma, sanayi, tarımsal sulama ve diğer sektörler arasında ne şekilde dağıtılacağına yönelik senaryo analizleri yapılabilecek ve etkin stratejiler geliştirilebilecektir. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri de bu senaryolar aracılığıyla analiz edilebilecektir.

STRUCTURING THE HIGH RESOLUTION HYDROLOGICAL MODEL OF SAKARYA BASIN

SUMMARY

Water, which is accepted as the source of life on Earth, is vital for all living things. In this respect, conscious use of water resources is of utmost importance. The rapid increase in world population, industrialization and agricultural activities has increased the use of water resources. Moreover, the potential effects of climate change on water quantity make the problem bigger. Thus, conscious use of water resources becomes more essential.

The annual available water per capita in Turkey is 1519 m³, so it is accepted as a country that experiences water stress. In this context; studies conducted for preservation, development and sustainability of natural water resources, should have priority. Management of water resources at watershed scale in Turkey constitutes the basis for sustainable development of these resources. On the other hand, integrated watershed management is accepted as the main tool for the achievement of the European Union Water Framework Directive objectives.

Sakarya Basin was selected as the study area. It is located in the northwest of the Anatolian Peninsula, which is among the 25 river basins of Turkey. The basin covers about 7% of Turkey with 58160 km² drainage area. Since, it is located between two major provinces Ankara and İstanbul, the basin has high importance in terms of interbasin water transfers, economy, cultural activities and transportation. Sakarya Basin is accepted as a location that experiences water stress, because the annual available water per capita changes between 1000 - 1700 m³. Due to population growth, climate change and water management problems in the basin, it is possible to have water scarcity in the near future.

Modeling studies provide scientific support for the management of water resources, for analyzing the problem and for developing strategies for current and potential problems. Hydrological models are used to calculate water budget components; such as surface runoff, subsurface flow, base flow, ground water flow, evaporation and transpiration. Possible effects of climate, population, land use, crop pattern, irrigation practices etc. can be analyzed with various scenarios developed for present and future time periods.

When a system is modeled, it is necessary to represent the real world as much as possible with the developed model. Data analysis phase is of utmost importance for modelling. When analyzing data, considering the scale of the study area, data must be used effectively. During this step, required data can be obtained from the related government agencies, if they are available. If data are not available at the related government agencies local and/or global open access data sets can be downloaded via various web sites. Geographical information systems, numerical calculations and

spreadsheet programs are used for integration of data, for numerical and spatial data processing, and for analysis and visualization.

WEAP model, which is developed by Stockholm Environment Institute, was selected as the hydrological model to be used in this study. Although, WEAP model has been used widely in various developed and developing countries, there are only a few studies existing in Turkey. Thus, this study is among the pioneer studies in Turkey, where WEAP model is used. Approximately 50% of the selected study area consists of agricultural land. Almost 74% of annual water consumption in Turkey is for agricultural irrigation, which has the highest share among the sectors. Since agricultural activities have high importance in the management of water resources, it was thought that a plant-based model will better reflect the hydrological behavior of the system; thus, PGM method of WEAP model was used for the hydrological modelling of the basin. WEAP-PGM model has an appropriate structure for water resources management, it includes the effect of changing atmospheric CO₂ concentration and temperature on plant water consumption and plant growth, in the hydrological process. Thus, effect of global climate change on plant efficiency and plant water consumption can be analyzed. By using the data analysis results; irrigation demand can be predicted with the spatial analysis of crops. Water consumption for agricultural production can be calculated; and the effect crop pattern changes on the hydrological system can be analyzed. After these analysis, suggestions can be made for the selection of products for efficient water use.

The main objective of this study is to structure a high resolution hydrological model Sakarya Basin. Data analysis/integration has been done for setting up the model. Irrigated land, hydraulic structures and interbasin transfers in the basin were defined to the model and obtained data were entered. Water budget of the basin was calculated within the study, and a preliminary flow assessment was conducted for E12 A057, Adatepe stream gauging station.

Drainage areas of the basin were determined by using ArcSWAT software. While setting up the hydrological model it was aimed to define a drainage basin for each water body in the basin. Finally, 379 sub basins have been defined for Sakarya Basin.

Land use, crop pattern and soil characteristics data of the basin were compiled and organized in order to define the Hydrological Response Units (HRUs). ArcMap, MS Excel and MATLAB programs were used for defining site specific data for each HRU category.

1:25000 scaled National Soil Database produced at provincial level were obtained from Turkish Republic Ministry of Food, Agriculture and Livestock. ISRIC soil data set generated in Soil Grid 1 km Project were downloaded from its web site. 30 raster data were generated, which includes the average silt percentage, sand percentage, bulk density and coarse fragment characteristics, for six layers for each great soil group – depth combination. Raster data were overlaid with great soil group – depth combination areas of the national database, and average values were calculated for each of it. Average pixel values of ISRIC data, corresponding to each spatial area of Great Soil Group – depth combination elements were calculated, and physical and hydraulic characteristics of soil were analyzed for each combination group. Pedotransfer functions were used to determine the soil – water relations.

In order to determine the spatial distribution of land use, crop pattern and planted land TÜİK Crop Production Database and CORINE Land Cover Project spatial data were integrated. National and global database, which is publicly available and can be accessed through internet, were utilized for this purpose. Spatial attributes were added to TÜİK database with this integration. As a result, the distribution of crops was calculated in an agriculture area (e.g. 70% wheat, 10% barley, 40% corn); instead of a general classification like "Agricultural land". An alternative solution has been presented, particularly for crop pattern analysis conducted within hydrological and agricultural studies in Turkey. According to the analysis conducted after CORINE - TÜİK data integration, the distribution is of agricultural land in Sakarya Basin in 2015 is as follows: 76% is non-irrigated agriculture, 22% is irrigated agriculture, and 3% is garden. Wheat has the highest share with 32% in non – irrigated agriculture, whereas barley is the second one with 14.4% share, and 24.3% of agricultural land is fallowed. Sunflower, beet, pea, alfalfa and corn appears to have high share in irrigated agriculture. The methodology developed for 2015 can also be applied to previous years. It is possible to identify and compare, crop pattern of previous years with this methodology.

Stand type map of the study area was integrated CORINE data. According to analysis results of integration; 74.58% is pine, 14.92% is oak, 10.26% is maple and 0.23% is poplar trees.

After the compilation and integration of all required data, the hydrological model was run. According to the model results, annual average precipitation was estimated as 29993 million m³. 5290 million m³ of precipitation is converted to runoff, and 2070 million m³ of precipitation infiltrates into groundwater. 11610 million m³ and 10960 million m³ of precipitation goes back to atmosphere through transpiration and evaporation, respectively. According to DSI data, annual average rainfall is 524.7 mm, thus, annual precipitation in Sakarya Basin is 33183.6 million m³. Annual average flow in basin is 6400 million m³, and the groundwater potential is 2197.1 million m³, which is in agreement with model results.

Calibration and validation of the model should be completed in the future studies. When calibration and validation step is completed it will be possible to develop effective strategies and scenarios for the management of water resources, such as water allocation for sectors like drinking – consumption, industry, irrigation and other sectors. Effects of climate change on water resources can be analysed within these scenarios.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Su, yeryüzündeki tüm canlılar için yaşam kaynağıdır. Dünya nüfusundaki hızlı artış ve gelişen şartlar, su kaynakları kullanımındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Küresel ısınma ve iklimsel değişikliklerin potansiyel etkileri ile sorunlar daha da büyümekte, suyun potansiyel varlığı endişe duyulacak düzeye ulaşmaktadır. Kalkınmakta olan ülkelerde su ihtiyacı; tarım, endüstri ve kentsel gelişmedeki hızlı büyümeye bağlı olarak artmaya devam etmektedir. Günümüzde, yeterli miktarda su kaynağına sahip ülkelerde bile; kirlenme ve aşırı su kullanımı nedeniyle artan su talebi karşılanamaz hale gelmektedir (Yenigün, 2009).

Ülkemiz 1519 m³ kişi başına düşen yıllık su miktarı ile su sıkıntısı yaşayan bir ülke konumundadır. 2030 yılında nüfusun 100 milyon olacağı öngörüsüne göre, kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1120 m³/yıl civarında olacağı tahmin edilmektedir (Ormancılık ve Su Şurası, 2013). Su kıtlığı ve stres durumunu tanımlamak için kullanılan Falkenmark İndeksi'ne göre Sakarya Havzası; 1.000 – 1.700 m³ arasında kişi başına düşen su miktarı ile *su sıkıntısı olan havzalar* sınıfındadır. Nüfus artışı ve iklimsel değişimler de göz önünde bulundurulduğunda, yakın gelecekte havzada su kıtlığı yaşanması kaçınılmaz bir durumdur (DKM, 2013).

Ülkemizde bazı akarsu havzalarında su ihtiyacı, yenilenebilir potansiyelini aşmış durumdadır. Sakarya Havzası'nda ise yüzey ve yer altı suyu kullanımı sınır değere ulaşmıştır. Havzanın mevcut şartlar göz önünde bulundurulduğunda; gelecek yıllarda su kullanımının yenilenebilir potansiyeli aşması muhtemeldir (Ayten, 2014). Artan su ihtiyacının su kaynaklarının kullanımına etkisi; nüfus dağılımı ve yağış potansiyeline bağlı olarak 25 nehir havzası arasında değişiklik arz etmektedir. Su kaynaklarındaki stresin artmasıyla, havza bazında su dağılımı ve kullanım oranları eşit olmadığından, havzalar arası su transferleri gerçekleştirilmektedir. Büyük ölçekli su transfer projelerinin neden olacağı muhtemel; çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara çözüm üretilmesi gerekmektedir (Gönenç ve Karakaya, 2006).

Sakarya Havzası'na; Batı Karadeniz Havzası'ndan 226 milyon m³/yıl, Kızılırmak Havzası'ndan 55 milyon m³/yıl su alınmakta; Marmara Havzası'na ise 64 milyon m³/yıl su transfer edilmektedir (DSİ, 2014).

Mevcut şartlar göz önünde bulundurulduğunda, Sakarya Havzası'nda su kaynakları yönetiminin önemi ortaya çıkmaktadır. Havza'nın mevcut durumu ortaya konulmalı; sektörel su ihtiyaçları için senaryo analizleri yapılmalı ve su, paydaşlar arasında en uygun şekilde dağıtılmalıdır. Bu amaçla; öncelikle sisteme ait doğal süreçleri belirlemek için, havzanın hidrolojik modelinin kurulması gerekmektedir. Model kurulumu aşamasında sistemin, mümkün olduğunca gerçeği yansıtmaması istenir. Gözlemlenmiş verinin olmaması, verinin dijital ortama henüz aktarılmaması, veri yönetim sisteminin henüz entegre hale gelememiş olması gibi nedenlerden dolayı modele ait verilerin tamamını elde etmek mümkün değildir. Veri analizi aşaması, bu açıdan büyük önem arz eder. Gerekli veriler, eğer mevcutsa ilgili resmi kuruluşlardan sağlanır, elde edilemeyen veriler için, web üzerinden, kullanıma açık veri setlerinden yararlanılır. Bu çalışma kapsamında; Sakarya Havzası'nın hidrolojik modelinin yapılandırılmasında, havzanın ölçeği de göz önünde bulundurularak, verilerin etkin bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Kısıtlı su kaynakları ile artan su talebi arasındaki dengenin sağlanabilmesinde, su kaynakları yönetimi önem arz etmektedir. Gelecek yıllarda karşılaşılabilecek su sorununun önüne geçebilmek için sürdürülebilir bir su yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla; havzanın mevcut yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının miktarı, kullanım potansiyeli, özellikleri belirlenmeli; kentsel, endüstriyel, tarımsal, ekonomik faaliyetlerin havzadaki sektörel etkileri incelenmelidir (Rahmanlar, 2015).

Sistemin işleyişi ve hidrolojik süreç mekanizmasının tanımlanması ve sistemin farklı senaryolara vereceği tepkilerin önceden tahmin edilebilmesi için hidrolojik modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişen teknoloji sayesinde, veri toplama ve analiz işlemleri kolaylaşmakta, modellerin çalışma ve sonuç üretme hızları artmaktadır. Yönetimde ve planlama kararlarının verilmesinde; mevcut durum ve gelecekte olası durumların tahmini için, modellerin kullanılması kaçınılmazdır. Entegre havza yönetimi kavramı, su kaynakları yönetiminde temel bir unsur teşkil etmektedir. Ülkemizde kapsamlı havza modellerinin kullanımı bilimsel ve teknolojik bir gereklilik haline gelmiştir. (Fıstıkoğlu, 1999)

İyi yönetebilmek için, öncelikle sistemi iyi tanımak gerekir. Sistemdeki doğal sürecin ve su yönetiminin, mevcut ve gelecekteki durumu analizi edilmelidir. İklim değişikliği etkisinin incelenmesi; sektörlerin ihtiyaçlarının belirlenmesi ve suyun sektörler arasında en uygun şekilde paylaşılması için senaryo analizleri yapılmalıdır. WEAP; entegre su kaynakları yönetimi için geliştirilmiştir. Kentsel, tarımsal ve çeşitli ölçekte havza sistemlerinde uygulamaktadır. Yüzeysel akış, baz akım, yeraltı suyu, sektörel ihtiyaç, su tasarrufu, su hakları ve tahsisi, baraj işletmeleri, hidroelektrik enerji üretimi, su kalitesi, çevresel ihtiyaçlar gibi sistemin doğal ve yapay bileşenlerini modelleyebilmektedir. Bu nedenle; WEAP modeli kullanarak Sakarya Havzası'nın hidrolojik modelinin yapılandırılmasına karar verilmiştir. Tez çalışması; modelin yalnızca kurulum aşamasını içermektedir. Modelin kalibrasyon ve doğrulama işlemlerinin; gelecekte yapılacak diğer çalışmalarda gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Entegre havza yönetimdeki başarı; hidrolojik sistemi etkileyen süreçlerin ve ilişkilerinin bir bütün olarak, doğru bir şekilde ortaya koyulmasına bağlıdır. Bu sayede sistemin değişik etkilere karşı vereceği tepkiler de en uygun şekilde analiz edilebilir. Verimlilik ve sürdürülebilirlik için sistemde, yalnızca suyun değil, su – toprak – bitki ilişkisinin de incelenmesi gerekmektedir (Meriç, 2004).

Ülkemizin 112 milyar m³ kullanılabilir su potansiyelinin yaklaşık 44 milyar m³'ü değerlendirilmektedir. Bu net potansiyelin %74'lük bir oranı (32 milyar m³) tarımsal sulamada, kullanılmaktadır. 2010 yılında 32 milyar m³'lük kullanım değerine sahip olan tarımsal sulamanın 2023 yılında 72 milyar m³'e ulaşması hedeflenmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014b; Ormancılık ve Su Şurası, 2013). Ülkemiz kurak ve yarı kurak iklime sahip olduğundan dolayı tarımsal sulama önem kazanmaktadır. Mevcut durumdaki tarımsal suyun etkin kullanımı; depolama ve iletim yapılarının projelendirilmesi için tarımsal ürünlerin su ihtiyacının iyi bilinmesi gerekmektedir (Güner ve Koç, 2005). Sakarya Havzası'nın %53'ünü tarımsal alanlar, %44'ünü de ormanlar ve yarı doğal alanlar oluşturmaktadır. Tarımsal alanların %22'sinde sulu tarım ürünleri yetiştirilmekte iken, yaklaşık %25'lik bir kısmı ise nadasa bırakılmaktadır (CORINE, 2012).

Çalışma için seçilen havzanın yaklaşık %50'si tarım arazisinden oluşmaktadır. Tarımsal faaliyetler su kaynakları yönetiminde öneme sahip olduğundan, havzanın ürün deseninin analizi yapılmalı ve sulama suyu ihtiyacı doğru bir şekilde ortaya

konulmalıdır. İklim değişikliğinin gelecekteki muhtemel etkilerinin de dikkate alınması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, bitki merkezli bir model; sistemin hidrolojik davranışlarını daha iyi yansıtacaktır. Ürün desenine göre bitkisel büyümeyi hidrolojik süreçlere dâhil eden; sıcaklık stresi, su stresi ve artan atmosferik CO₂ miktarının bitki büyümesine etkilerini dikkate alan; su kaynakları yönetimine uygun bir altyapıya sahip ve geleceğe yönelik farklı senaryoların analiz edilebildiği WEAP modeline ait PGM (Bitki Büyüme Modeli) metodunun kullanılmasına karar verilmiştir.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma kapsamında Sakarya Havzası'nın yüksek çözünürlüklü hidrolojik modelinin yapılandırılması amaçlanmıştır. Çalışmada verilerin etkin bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla farklı kaynaklar arasında veri entegrasyonları yapılmıştır. Toprak yapısı, arazi kullanımı, bitki örtüsü verileri; havzanın tamamı için analiz edilerek modele tanımlanmıştır. Havza'nın çıkış akımları ve su bütçesinin ön değerlendirilmesi yapılmıştır. Tez çalışması; 6 bölümden oluşmaktadır:

1.Bölümde; suyun önemi vurgulanmış; su planlaması ve yönetimine dair çalışmalardan; hidrolojik modelleme ve veri analizlerinin su yönetimine katkısından bahsedilmiştir. Çalışmanın önemi ve amacına yer verilmiştir.

2.Bölümde; hidrolojik döngü ve su bütçesi; hidrolojik modellerin yapısı ve örnek modellerden bahsedilmiş; konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

3.Bölümde; Sakarya Havzası'nın; coğrafi konumu, jeolojik yapısı, iklimsel özellikleri, su kaynakları, sosyo-demografik yapısı, toprak özellikleri, arazi kullanımı ve ürün deseni gibi çalışma alanının özelliklerine yer verilmiştir. Bu bölümde; başta Havza Koruma Eylem Planı Raporları olmak üzere, Çevre İl Durumu Raporları, DSİ ve MTA verilerinden faydalanılmıştır.

4.Bölümde; hidrolojik modelin kurulması için yapılan toprak yapısı, arazi kullanımı, bitki örtüsü gibi veri analizleri ve entegrasyonlarına yer verilmiştir. Veri kaynakları ve yapılan entegrasyonlar hakkında detaylı bilgi ve tanımlara da yer verilmiştir. Bölüm; modelin kurulumu, veri girişi ve çalıştırma aşamalarını kapsamaktadır.

5.Bölümde; çalışmanın değerlendirmesi yapılmış ve önerilere yer verilmiştir.

2. HİDROLOJİK MODELLEME

2.1 Hidrolojik Döngü ve Su Bütçesi

Hidroloji, yerkürede bulunan suların oluşumunu, çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve çevreyle ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bilim dalıdır. Su ile ilgili mühendislik çalışmaları, su kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla; su kaynakları yönetimi (su getirme, sulama gibi), su miktarı kontrolü (taşkın kontrolü, kanalizasyon tesisleri gibi) ve su kalitesi yönetimi (kirleticinin izlenmesi, arıtma tesisleri gibi) çalışmalarını kapsamaktadır.

Su; deniz ve kara yüzeyinden buharlaşır, yoğunlaşır ve yağışa dönüşene kadar atmosferde taşınır. Yüzeğe yağış olarak dönen su; bitki örtüsü tarafından tutulma, yüzeysel akışa dönüşme, yeraltına süzülme, yeraltı akışı haline geçme süreçlerine uğrar. Bitkiler tarafından tutulan su ve yüzey akışının bir kısmı atmosfere terleme ve buharlaşma yoluyla geri döner. Yeraltına süzülen su, daha derinlere sızarak yeraltı suyunu oluşturur, akiferleri besler ve kaynak olarak tekrar yeryüzüne çıkar. Yeraltı suları akarsulara sızar, denizlere dökülür ya da buharlaşarak atmosfere geri döner. Bu süreçler hidrolojik döngüyü meydana getirir (Şekil 2.1).

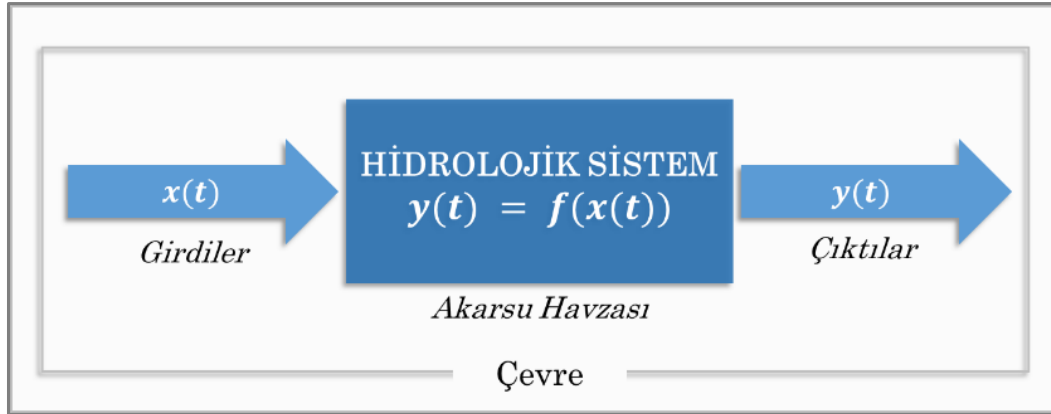
Hidrolojik döngü basit bir kavram olmasına rağmen, oldukça çok kompleks bir olaydır. Yalnızca büyük bir döngü değil; kıtasal, bölgesel ve yerel boyutta birbiriyle bağlantılı birçok döngüler meydana gelmektedir. Küresel hidrolojik döngüde toplam su hacmi sabit kalmasına rağmen kıtalar, bölgeler ve yerel drenaj havzaları içerisinde suyun dağılımı sürekli olarak değişmektedir.

Hidrolojik sistemde; oluşturulan su bütçesi denklemi kütlenin korunumu prensibine dayanır; belirli bir zaman aralığında sistemin giren ve çıkan tüm akımları ve sistemde depolanan su miktarı hesaba katılmaktadır. Su bütçesi denkleminde; sisteme giren akışlar pozitif, sistemi terk eden akışlar ise negatif olarak gösterilmektedir (Bayazit 1998; Yolcubal, 2010).



Şekil 2.1 : Suyun doğada hidrolojik döngüsü (USGS, 2015)

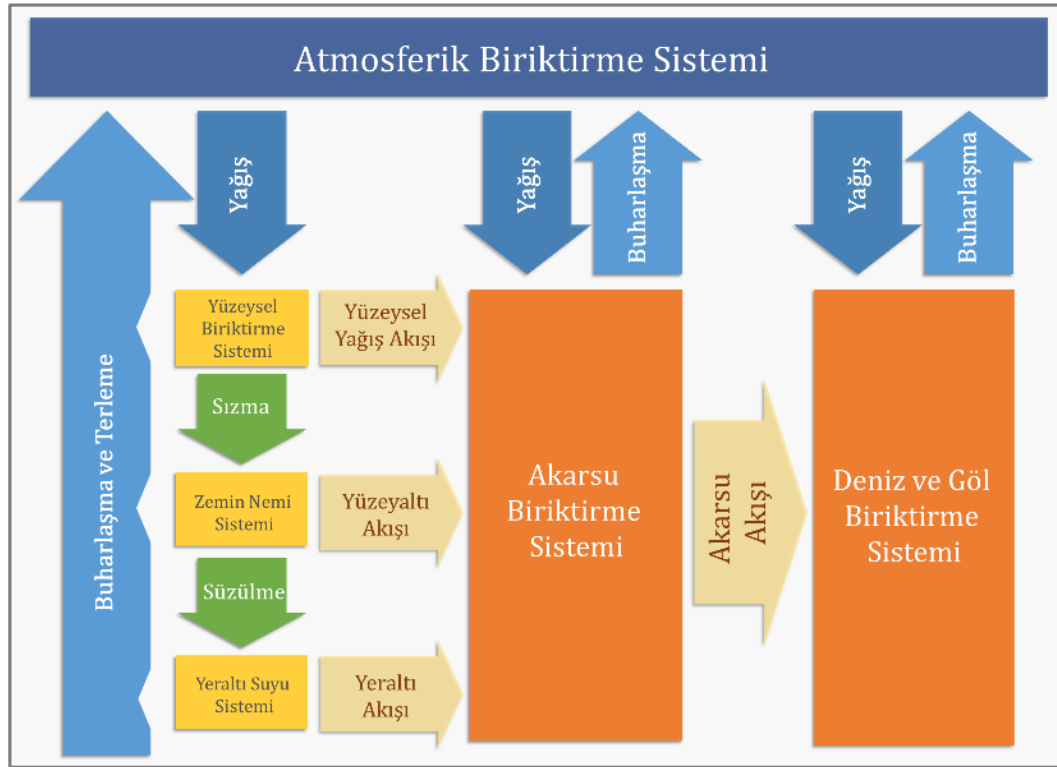
Sistem; birbirleriyle ilişkili ve belirli bir sınırla ayrılan bileşenler takımı olarak tanımlanmaktadır. Bir sistemin faaliyeti; sistemi oluşturan alt sistemlerinin faaliyetlerinin sonucu oluşturur. Göl, akarsu, akifer ve havza gibi sistemler doğal sistemlere örnek olarak verilebilir. Bir akarsu havzası için hidrolojik sistem kavramı Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 : Hidrolojik sistem kavramı, Bayazıt (1998)’den uyarlanmıştır.

Mühendislik hidrolojisi açısından bakıldığında hidrolojik döngü, biriktirme sistemlerinin birbirleriyle olan ilişkisi olarak düşünülebilir. Havzaya düşen yağıştan kayıpların çıkarılmasıyla yüzeysel akış elde edilir. Bir akarsu havzasında akışın; havzanın karakteristik özellikleri ile hidrolojik özellikler arasındaki ilişkiye bağlı

olması gerekmektedir. Havza özellikleri; akışın sızmasını ve yeraltı akışını etkileyen zeminin cinsi ve özellikleri, yüzeydeki akış miktarı ve hızını etkileyen bitki örtüsü, havza büyüklüğü, havza pik debisini etkileyen havza biçimi ve eğimi vb. şeklinde sıralanabilir (Bayazıt, 2013). Şekil 2.3'te mühendislik açısından hidrolojik süreçlerin ilişkilerine yer verilmiştir. Bir akarsu kesitinden geçen toplam akış çeşitli kısımlardan meydana gelmektedir. Havzaya düşen yağışın yüzeysel akışa geçen kısmı ve zemine sızan suyun bir kısmı yüzeye yakın doymamış bölgede ilerleyerek geçirimsiz bir tabakaya rastlayınca yüzeye çıkar, yüzey altı akışı olarak akarsuyu besleyebilir. Zemine sızan suyun diğer bir kısmı ise, derinlere inerek yeraltı suyuna karışır ve yer altı akışı olarak akarsuyu besler. Bir akarsudaki toplam akış; dolaysız ve yeraltı akışı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 2.3 : Mühendislik açısından hidrolojik süreçler, Chow (1998)'den uyarlanmıştır.

Dolaysız akış, yüzeysel akış ile yüzey altı akışının gecikmesiz kısmından oluşur. Taban akışı ise, yeraltı akışı ile yüzey altı akışının gecikmeli kısmından meydana gelmektedir. Yeraltı akışı, derin bölgelerde hareket ettiğinden dolayı akarsuya ulaşması zaman almaktadır. Havzaya düşen yağışın kısımlara ayrılmasında, yağış şiddeti ve süresi, yağışın havza üzerindeki dağılımı, havzanın ve akarsuyun özellikleri, zemin nemi gibi birçok parametre etkilidir (Bayazıt 2013).

2.2 Hidrolojik Modeller

Gerçekte var olan sistemin, sanal ortamdaki gösterimine model denilmektedir. Gerçek sistemler modeller aracılığıyla, basit düzey matematiksel ifadeler ile gösterilirler. Modeller sayesinde bir sistemin çalışma sistemi analiz edilebilir (Çelik, 2014). Hidrolojik model; hidrolojik döngüde yer alan; yağış, akış, buharlaşma, terleme, sızma gibi süreçlerin fiziksel veya kavramsal olarak sistemi kurulmuş bir simülasyon olarak ifade edilebilir. Modelleme çalışmalarında; hidrolojik çevrimdeki süreçlerin bir bütün olarak incelenebilmesi, iklim değişikliğinin etkilerinin ve su kaynaklarının uygun bir şekilde değerlendirilebilmesi amaçlanır. Hidrolojik döngüde yer alan; yağış, akış, sızma, buharlaşma ve terleme gibi olayları açıklayan modeller geliştirilmiştir. Hidrolojik döngüdeki olayları birbirinden ayrı değerlendirmek yerine, bir bütün olarak, olayların birbiriyle ilişkisinin de hesaba katıldığı hidrolojik modellerin kullanımı daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Hidrolojik modeller farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Modeller içsel yapılarına göre ele alındığında süreç ve havza modelleri olarak; Deterministik, Stokastik ve Ampirik olarak sınıflandırılmaktadır. Deterministik modellerde, hidrolojik süreçler, fiziksel, kimyasal veya biyolojik sistemler için geliştirilmiş teorilere dayanırlar ve neden-sonuç ilişkileri mevcuttur. Parametre değerleri ölçümlerle veya kalibrasyonla bulunmaktadır.

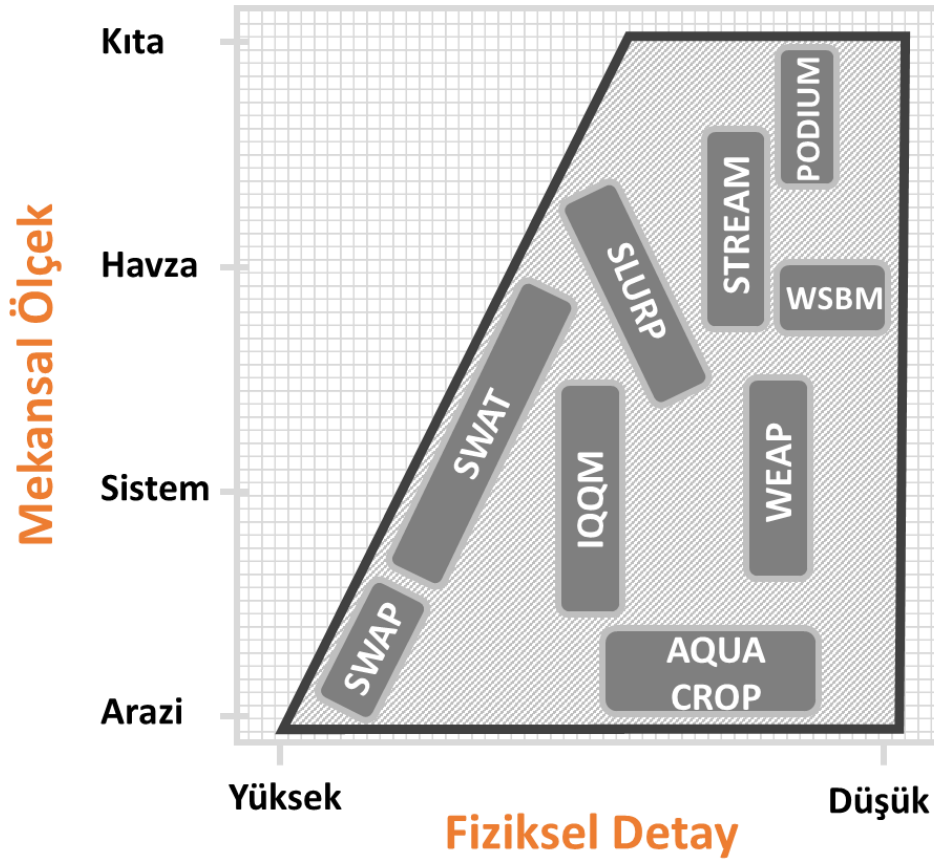
Stokastik modellerde; girdi ve çıktı için rasgele değişkenlik korunmakta ve süreçler olasılık dağılımlarıyla birlikte ele alınmaktadır. Neden-Sonuç ilişkisi içermezler ve istatistiksel parametreleri (ortalama, standart sapma gibi) kullanırlar. Ampirik modeller ise deneye ve gözleme dayalı olarak geliştirilmiş, fiziksel bir anlamı olmayan, matematiksel denklemlerdir.

Hidrolojik modelleri alansal çözünürlüklerini göz önüne alarak incelediğimizde; ortalananmış ve yayılı modeller olarak ikiye ayrılırlar. Ortalanmış modeller gerçekte alansal değişim gösteren hidrolojik unsurları (sızma kapasitesi, arazi kullanımı, bitki örtüsü gibi) ortalama bir değerle incelemektedir. Yayılı modeller ise, parametrelerin alansal değişimlerini de hesaba katarlar. Yayılı modeller uygulaması zor olan modellerdir.

Modelleri zamansal çözünürlüklerine göre incelediğimizde; kesikli ve sürekli modeller olarak sınıflandırılmaktadırlar. Kesikli modellerde; hidrolojik sürecin incelenen bir t anındaki girdi ve sistemin çıktısıyla ilgilenmektedir. Sürekli modellerde ise Δt zaman aralığında değişen bir girdi, süreç parametreleriyle işletilerek, zaman içinde değişen bir çıktı üretilir.

Modeller; fiziksel ve matematiksel olarak da ayrılabilirler. Fiziksel modeller, matematiksel olarak ifade etmenin uygun olmadığı durumlarda kullanılır. Gerçek sistemin küçük ölçekli prototipleridir (laboratuvar ölçekli rüzgâr tünelleri, lizimetreler gibi). Matematiksel modellerde, sistemi oluşturan kavram ve süreçler, denklemlerle ifade edilir (Bayazıt 2013; Fıstıkoğlu, 1999; Çelik, 2014).

Hidrolojik modeller, mekânsal ve fiziksel olarak farklı ölçeklerde olabilmektedirler. Çalışma alanı ve kapsamına göre uygun hidrolojik model belirlenebilir. Şekil 2.4'te farklı hidrolojik modellerin mekânsal ölçek ve fiziksel detayları kıyaslanmaktadır. Bu bölümde; hidrolojik modeller ve bitki büyümesi modellerinden bahsedilmiştir.



Şekil 2.4 : Bazı su kaynakları modellerinin fiziksel detay ve mekânsal ölçekleri, Future Water Report (2011)'den uyarlanmıştır.

- *SWAT (Soil and Water Assesment Tool)*; USDA-ARS ve Texas A&M üniversitesi işbirliği ile geliştirilmiş, yaygın bir kullanıma sahip, fiziksel tabanlı bir hidrolojik modeldir. Model; yüzeysel sular ve yer altı sularının; su bütçesi ve su kalitesi modellemesinde, iklim değişikliğinin olası etkilerinin hesaplanmasında, arazi kullanımı ve en iyi yönetim uygulamalarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Model kurulurken; havzaya ait; meteoroloji, topografya, toprak yapısı, bitki örtüsü ve arazi kullanımı gibi karakteristik özellikler girdi olarak kullanılır. Drenaj alanları; girdilerin kombinasyonları sonucunda, hidrolojik özelliklerine göre HRU denilen hidrolojik işlem birimlerine ayrılır ve her bir HRU için işlem yapılır. Sistemin; yüzeysel akış, yeraltı suyu akışı, evapotranspirasyon süreçleri modellenir. Ayrıca; rezervuar depolaması, tarımsal sulama ihtiyacı, besin elementi ve pestisit yükleri hesaplanabilmektedir.

SWAT modeli hidrolojik süreçleri; denklem 2.1’de verilen su dengesi denkleminde göre günlük işlem yapmaktadır.

$$SW_t = SW_0 + \sum R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw} \quad (2.1)$$

Denklemden;

SW_t : nihai zemin nemini,

SW_0 : başlangıç zemin nemini,

R_{day} : yağış miktarını,

Q_{surf} : yüzeysel akış miktarını,

E_a : evapotranspirasyon miktarını,

E_a : vadoz bölgesine geçen su miktarını,

Q_{gw} : geri dönüş akımı miktarını belirtmektedir.

SWAT’ın CBS destekli kullanımında ArcSWAT, kalibrasyon işlemlerinde SWAT-CUP, model sonuçlarını görselleştirmede VIZSWAT programları kullanılabilir. (Alp ve Özcan, 2015; Neitsch ve diğ., 2011).

- *WEAP (Water Evaluation and Planning)*; Stockholm Çevre Enstitüsü (SEI) tarafından geliştirilen; entegre su kaynakları yönetimi için geliştirilmiş havza modelleme programıdır. Kentsel, tarımsal ve çeşitli ölçekte havza sistemlerine, temel

su dengesini uygulamaktadır. WEAP; yüzeysel akış, baz akım, yeraltı suyu, sektörel ihtiyaç, su tasarrufu, su hakları ve tahsisi, baraj işletmeleri, hidroelektrik enerji üretimi, su kalitesi, çevresel ihtiyaçları gibi sistemin doğal ve yapay bileşenlerini modelleyebilmektedir. Finansal analiz özelliği sayesinde; projelerin fayda/maliyet analizi yapılabilir.

Program; kapsamlı, esnek ve kullanıcı dostu bir ara yüze sahiptir. WEAP'in ara yüzü; modeli oluşturan modüllerin (akarsu, rezervuar, talep alanı gibi) ve birbirleriyle oluşan ilişkilerinin mekânsal olarak işlendiği *şematik gösterim* sekmesi, bu modüllere ait verilerin işlendiği *data* sekmesi ve çalıştırılan model için *sonuç* ve *senaryo analiz* sekmelerinden oluşmaktadır. Sistemin; akarsu, drenaj alanı, rezervuar, talep alanı gibi doğal ve yapay bileşenleri; modeldeki çeşitli modüller tarafından temsil edilir.

WEAP uygulaması bazı adımlardan oluşmaktadır:

Çalışmanın belirlenmesi: Modellenecek sisteme ait; çalışma periyodu ve alanı, sistem modülleri ve sorun teşkil eden olayın yapılandırma aşamalarını içerir. Hesaplamalar; belirlenen hidrolojik yıl başlangıcına ve zaman adımına göre yapılır.

Mevcut durum: Sistemin mevcut durumdaki; hidrolojik bileşenleri, su kaynakları, sektörel su dağıtımı, kirlilik yükleri gibi parametreleri içerir. Ayrıca model ile gerçek verilerin karşılaştırıldığı, kalibrasyon adımıdır.

Senaryolar: Yönetmelik, maliyet ve iklimsel etkenlerin; gelecekte karşılaşılabilecek olası etkilerinin analizi için belirlenen alternatifleri içerir.

Değerlendirme: Senaryo sonuçlarının; ihtiyaçların karşılanması, fayda/maliyet uygunluğu, çevresel etkiler gibi parametrelerin değerlendirildiği adımdır (SEI, 2015).

Programının güncellenen versiyonları; kendi web sitesinden¹ temin edilmektedir. Ayrıca sitede; kullanıcı sorularının cevaplandığı; model hakkında birçok dokümanın paylaşıldığı bölümler mevcuttur. Kendi web sitesinde paylaşılan yayınlara göre; proje, makale, lisansüstü tezi gibi yaklaşık 400 adet bilimsel çalışmada WEAP'e yer verilmiştir. WEAP Modeli; gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaygın bir kullanıma sahipken, Türkiye'de ancak son dönemde kullanımı artmıştır. Dolayısıyla literatürde ülkemizde WEAP ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır.

¹ <http://www.weap21.org/>

- *HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran)*; USEPA ve USGS tarafından geliştirilen; havzalarda hidrolojik modellemede; nehir ve göllerde su kalitesi modellemede kullanılmaktadırlar. Hidrolojik modellemede, meteorolojik verilerin akış hidrografları hesaplanır. Toprak nemi, yüzeysel akış, yüzey altı akış, yer altı suyu akışı, evapotranspirasyon gibi hidrolojik süreçler modellenmektedir. Programın ayrıca belirli kirletici parametreleri de modelleyebilmektedir. Program, dakikalık ve günlük zaman adımında çalışabilmektedir (Bicknell ve diğ. 2005).

- *FAO – AquaCrop*; 2009 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından, kısıtlı, destekleyici sulama koşulları ve kuru koşullarda bitki gelişimini ve gelişim sonunda potansiyel verimi tahmin eden bir simülasyon modeli geliştirmiştir (Steduto ve diğ. 2009). Model, bitki su tüketiminden yola çıkarak, elde edilmesi beklenen verim tahminini ve bitki gelişimini görsel olarak simüle edebilen bir bitki büyüme/gelişim modelidir. AquaCrop modeli evapotranspirasyonu, bitki tarafından tüketilen su (transpirasyon) ve toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) olarak tahmin ederek, günlük biyokütle verimini hesaplarken günlük transpirasyonu kullanmaktadır (Kale ve Tarı, 2012). Bu ayırım; suyun üretken olmayan kısmının karışıklığa yol açmasını önlemekte, yetersiz bitki örtüsünün bulunduğu, toprak suyu buharlaşmasının çok fazla olduğu toprak yüzeylerinde büyük önem taşımaktadır.

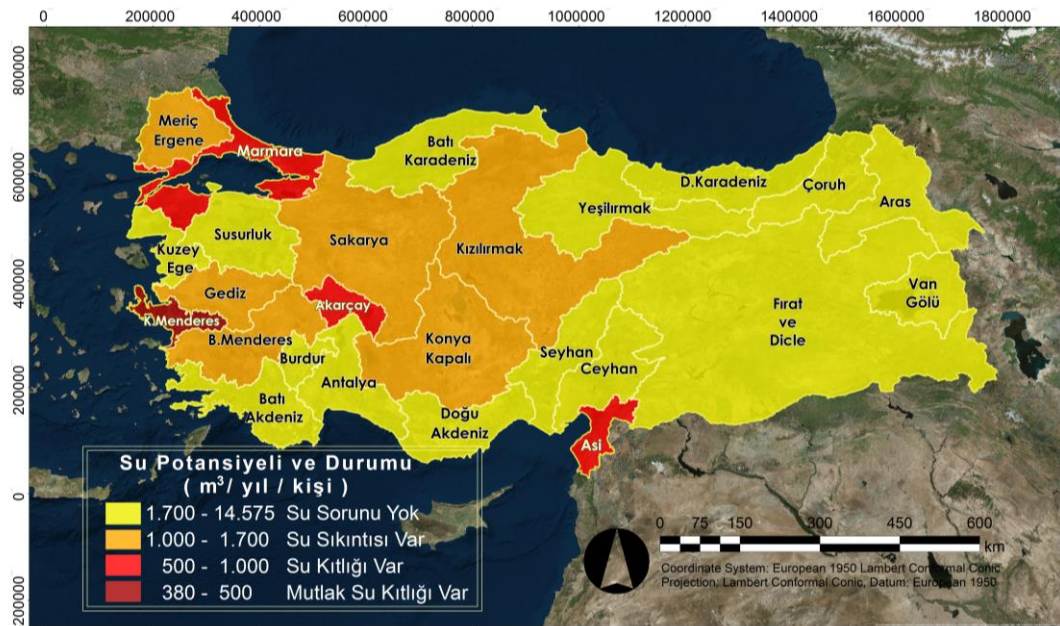
FAO AquaCrop; mısır (Hsiao ve diğ, 2009), pamuk (García-Vila ve diğ, 2009), ayçiçeği (Todorovic ve diğ, 2009), quinoa (Geerts ve diğ, 2009), arpa (Araya ve Stroosnijder, 2010), kolza (Zelege ve diğ, 2011) ve kışlık buğday (Kale ve Tarı, 2012) ve diğer birçok tarla bitkileri için modellenmiş ve model sonuçları doğrulanmıştır. (Beyhan ve Candoğan, 2015).

2.3 Literatür Araştırması

Literatür araştırması; tez konusun kapsamı nedeniyle birçok farklı konuya yer verilmiştir. Bu bölümde; çalışma bölgesi ile ilgili genel çalışmalar; hidrolojik modeller ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılmış çalışmalar; bölgede yer alan toprak ile ilgili yapılmış çalışmalar ve CORINE projesi hakkında yapılmış çalışmalar yer almaktadır.

- *Bölgede yapılmış genel çalışmalar hakkında*

DKM (2013) Türkiye'nin 25 nehir havzasını; su kıtlığı ve stres durumunu tanımlamak için kullanılan Falkenmark indeksine göre sınıflandırmıştır. Yapılan sınıflandırmaya göre, Sakarya Havzası ve komşu havzalarda su sıkıntısı ve su kıtlığı baş gösteren havzalar Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Sakarya Havzası'nda kişi başına düşen su miktarı 1.000 – 1.700 m³ arasındadır ve Falkenmark indeksine göre *su sıkıntısı olan havzalar* sınıfındadır. Nüfus artışı ve iklimsel değişimler de göz önünde bulundurulursa, yakın gelecekte havzada su kıtlığı yaşanması kaçınılmaz görülmektedir.



Şekil 2.5 : Falkenmark Su Stres Endeksi'ne göre havzalarda su potansiyeli ve durumu, DKM (2013)'ten uyarlanmıştır.

Kurucu (2008) yaptığı çalışmada Sakarya Havzası'nda belirlediği 12 akım gözlem istasyonunda; ölçülen debilerinin eğilimlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Aylık ortalama debilere Mann-Kendall ve mevsimsel Kendall; yıllık maksimum ve minimum debilere ise Mann-Kendall eğilim testleri uygulamıştır. Bazı istisnalar dışında genelde azalan yönde bir eğilim tespit etmiştir.

Doğan (2001) Sakarya Havzası'nda yer alan Kurtköy ve Söğüt bölgelerinin yıllık akış miktarlarını, yağış-akış modelleriyle hesaplamayı amaçlamıştır. Basit Polinom Modeli ile toplamsal ve çarpımsal zaman serileri olarak iki farklı versiyona sahip olan Basit Zaman Serileri Modelini kullanarak aylık akış tahminleri elde edilmiştir.

- *Hidrolojik Modelleme hakkında*

Cüceloğlu (2012) Darlık Baraj Gölü Havzası için yapmış olduğu hidrolojik analizde; WEAP modeli ile havzanın su bütçesini ortaya koymuştur. Model sayesinde havzanın; yüzeysel akış, taban akışı, günlük buharlaşma miktarı ve yeraltı suyu akımı belirlenmiştir. Nüfus artışı, arazi kullanımı değişimi, küresel ısınma gibi olayların, mevcut ve gelecekteki su bütçesi bileşenlerine etkisinin incelenebileceği bir model altyapısı kurulmuştur.

Yılmaz ve Harmancıoğlu (2010) Gediz Havzası için çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ele alan havza yönetim modeli geliştirilmiştir. WEAP modeli ilgili çalışmada; muhtemel yönetim stratejilerini ölçülmüş olan göstergelere bağlı olarak simüle etmek ve değerlendirmek amaçlanmıştır.

Yılmaz (2015) Gediz Havzası'nda WEAP modelini kullanarak, iklim değişikliklerinin havzadaki su dengesine etkisini incelemiştir. Bölgesel ve genel iklim modelleri kullanılmış, arz/talep dengesi ve karşılanamayan talep alanlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Model 2100 yılına kadar 30'ar yıllık periyotlarla çalıştırılıp, iklim değişikliklerinin havzaya olası etkileri simüle edilmiş; değerlendirme ve önerilerde bulunulmuştur.

Esteve ve diğ. (2015) iklim değişikliklerinin su kaynakları ve tarım sektörüne etkilerini incelemek amacıyla; İspanya'da yer alan Guadiana Havzası'nda; agronomik, ekonomik ve hidrolojik modellerin entegrasyonuna başvurmuşlardır. Bitki büyümesinde FAO AquaCrop, ekonomik analiz için MPM modeli, hidrolojik model için WEAP-MABIA metodu kullanılmıştır. 2070 yılına kadar iki yönetmelik tabanlı senaryo uygulanmış; iklim değişikliklerinin; gelecekte su kaynaklarının ve ürün verimlerinin azalmasına neden olacağı sonucuna varılmıştır.

Claus ve diğ. (2016) Ürdün Nehri Havzası'nda sürdürülebilir havza yönetimini geliştirme amacıyla havzayı; iklimsel, hidrolojik, ekolojik, sosyo-ekonomik ve tarımsal açıdan değerlendirilmiştir. Suyun bölgesel paydaşlar arasında uygun bir şekilde dağıtılmasını sağlamak amacıyla WEAP modeli kullanılmış, senaryo analizleri yapılmıştır.

Ertürk ve diğ. (2014) iklim değışikliklerinin yer altı su kaynaklarına etkisini belirlemek amacıyla Köyceğiz-Dalyan lagünü için SWAT modeli kullanarak hidrolojik model alt yapısı oluşturmuştur. İklim değışikliklerinin su bütçesine etkisini görebilmek için, mevcut durum ve gelecek için iklim değışiklikleri ve arazi kullanımı için senaryolar üretilmiştir. Gelecekte suyun azalacağını, sulama için yeterli suyun kalmayacağını belirtmişlerdir. Sulama yöntemlerinin geliştirilmesi ve bölgede yetiştirilen ürünler hakkında tavsiyede bulunmuşlardır.

Santikayasa (2016) iklim değışikliklerini göz önünde bulundurarak, entegre bir tarım planlaması geliştirmek amacıyla Endonezya’da yer alan Citarum Nehri Havzası’nı WEAP ile modellemiştir. 2 iklim senaryosu için, bitkisel sulama için arz/talep durumu için model sonuçları mukayese edilmiştir.

Güzel (2010) yaptığı çalışmada, Köyceğiz Dalyan Havzası’nı SWAT ile hidrolojik modellemesini yapmıştır. Model 1976 – 2008 yılları arasında çalıştırılmış; aylık yağış, yüzeysel akış, yüzey altı akışı, yer altı suyu akışı ile azot ve fosfor konsantrasyon değerleri elde edilmiştir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan sulama suyunun yüzey altı akışını beslediği tespit edilmiştir. Nehirlerdeki nitrat yükünün büyük miktarının yeraltı suları ile taşındığı; yağış ile birlikte nitratın taşınımının arttığı sonuçlarına varılmıştır.

Göncü ve Güngör (2012) Sakarya Havzası’nın alt havzalarından, Aşağı Porsuk Havzası’nı, SWAT kullanarak modellemiştir. Model; 1978 ile 2004 yılları arasında çalıştırılmış, 1998 ve 2004 yılları için kalibrasyonu yapılmış ve tüm yıllar için doğrulanmıştır. Modele farklı sulama senaryoları uygulanarak, en uygun su yönetim stratejisine karar verilmesi amaçlanmıştır.

Aydın (2004), yaptığı çalışmada SWAT modelinin, Garzan Havzası’nın hidrolojik özelliklerinin modellenmesinde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Havza çevresinde yer alan beş yağış istasyonunda, beş yıl boyunca aylık yağış değerleri modelde kullanılmıştır. SWAT ile modellenen yüzey akış değerleri, havza çıkışında yer alan akım gözlem istasyonundaki gözlemlenen değerlerle kıyaslanmıştır.

Akiner ve Akkoyunlu (2012), Melen Havzası’nda yaptıkları çalışmada; Yapay Sinir Ağları tekniği kullanarak eksik ve geleceğe yönelik yağış verileri üretmişlerdir. Üretilen yağış verileri, Havza için kurulan SWAT modeline girilmiş, geleceğe yönelik yüzeysel akış debileri modellenmiştir. Model sonuçları ile gözlemlenen akım değerleri arasında tutarlılık gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma ayrıca, Melen’den İstanbul’a

yapılan su transferinde, yağış tahminlerine bağlı bir su yönetiminin yapılabileceğini göstermiştir.

Göncü ve Güngör (2013) yaptıkları çalışmada; uygun su yönetimi stratejilerine karar verilmesi amacıyla, Aşağı Porsuk Havzası'nı SWAT ile modellemişlerdir. Model, 1978 – 2009 yılları arasında çalıştırılmış; belirlenen iki gözlem istasyonu için 1998–2004 yılları arasında model SWATCup ile kalibre edilmiş; çalıştırılan yıllar için model doğrulanmıştır. Model sonuçlarına göre aylık akım sonuçlarına göre, Havza'nın membainde yer alan istasyonda, Nash-Sutcliffe ve korelasyon katsayıları, sırasıyla, 0,74 ve 0,88; mansabında yer alan gözlem istasyonunda ise 0,59 ve 0,72 bulunmuştur. Sulama sularının ve yeraltı sularının akım rejimini etkilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca uyguladıkları senaryo analizi ile; yağmurlama ve karıkla sulama gibi klasik sulama sistemlerinin yerine damla sulama sistemi uygulandığında akımların yılda %87 artacağını öngörmüşlerdir.

Özdemir ve Leloğlu (2014), iklim değişikliklerinin akımlar üzerindeki etkisini araştırmak ve sürdürülebilir bir havza yönetimi amacıyla Sarısu-Eylükler Nehri Havzası'nı SWAT ile modellemişlerdir. İklim verisi için; 2040 – 2049 yılları arasında HadCM3 Genel Sirkülasyon Modeli kullanılarak hidrolojik model kurulmuştur. Model sonuçlarına göre, iklim değişiklikleri nedeniyle, taşkın tehlikesi ve bölgenin ürün deseninin değişmesi söz konusudur.

El-Sadek ve Irvem (2014), yaptıkları çalışmada, 3 farklı arazi örtüsü veri setini kullanarak (CORINE, GLCC ve GlobCover) SWAT ile Seyhan Havzası'nın akım debisi ve sediment verimi modellemiştir. Modelin aylık sonuçları, 2001 – 2007 yılları arası için kalibre edilmiştir. Modellenen ve gözlemlenen akım debisi için, GLCC, GlobCover ve CORINE veri setlerine göre Nash-Sutcliffe (NSE) katsayısı, sırasıyla, 0.73, 0.71 ve 0.68; sediment verimi ise 0,48, 0,51 ve 0,46 bulunmuştur. Bu veri setleri ile kurulan bir modelden uygun sonuçlar elde edilebildiği sonucuna varılmıştır.

Çerkasova ve diğ. (2016), yaptıkları çalışmada, Avrupa'nın en büyük karasal lagünü olan Curonian Lagünü'nde karşılaşılan ötrofikasyon sorununa çözüm üretmek amacıyla, SWAT modelini kullanarak lagünün hidrolojik modellemesini yapmışlardır. Kurulan model gelecekte; pesisit, sediment ve nütrient taşınımı için yapılacak modelleme çalışmalarının ilk aşaması olarak düşünülmüş; bölgenin su yönetiminin

geliştirilmesine katkı sağlamak amaçlanmıştır. Modellenen aylık akım sonuçları, havzada yer alan Nemunas ve Minija Nehirleri'nin gözlemlenen akımlarına göre kalibre edilmiştir. R2 ve NSE katsayıları kalibrasyon dönemi için 0,81 ve 0,79; doğrulama dönemi için 0,679 ve 0,602 bulunmuştur. Kurulan modele; yağış ve sıcaklık değişimine iyimser ve kötümser yaklaşımın uygulandığı iki potansiyel iklim değişikliği senaryosu uygulanmıştır.

Baloch (2011); Köyceğiz Havzası'nda; havzanın hidrolojisi ve yayılı kaynaklardan gelen kirletici yükleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla BASINS havza yönetim modelini kullanmıştır. Orman alanlarının; tarım alanı ve yapay alanlara dönüştürülmesiyle; iklim değişiklikleri için ilgili literatür değerleri baz alınarak yapılan yağış tahminleri modele girilmiştir. Yağış ve arazi kullanımında meydana gelen değişikliklerin, havzanın hidrolojik durumu ve kirletici yükler üzerindeki etkileri, çeşitli senaryolar oluşturularak incelenmiştir.

Gönenç ve Yüceil (2006) Köyceğiz-Dalyan için HSPF modelini kullanarak yayılı kaynaklar için bir model sistemi kurmuşlardır.

Albek ve Göncü (2011) iklim değişikliklerinin evapotranspirasyona etkilerini incelemek amacıyla, HSPF modelini kullanmışlardır.

Kale ve Tarı (2012) yarı kurak iklim koşullarına sahip alanlarda, tam ve kısıtlı su koşullarında kışlık buğdayın verim tahminini incelemek amacıyla; Ankara Bala Ovası'nda çalışmalar yapmış, FAO AquaCrop ile bitki gelişmesi modellemiştir. Model sonuçları, arazide ölçülen değerler ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Kayam (2014) Akdeniz Havzası'nda, iklim değişikliğinin toprak nemi üzerindeki etkilerini bitki merkezli bir hidrolojik model olan SWAP ile simüle etmiş, senaryo analizleri yapmıştır. Modelin gerektirdiği toprak, iklim ve bitkiye ilişkin veri setleri hazırlayarak, Aydın yöresindeki toprak türü ve katmanlarına göre, zemin nemi değişimlerini hesaplamıştır. Senaryo sonuçlara göre, sıcaklık artışı ile birlikte evapotranspirasyon miktarının önemli miktarda artacağı öngörülmüştür.

Demirtaş ve Okay (2007) Bursa koşullarında mısırın verim ve evapotranspirasyon tahmini, CERES-Maize bitki modeli kullanarak incelemiştir. Yıllık ortalama sıcaklığın 3°C artması ve azalması ve CO₂ konsantrasyonun %50 (495 ppm) ve %100 (660 ppm) artması koşullarında verim ve evapotranspirasyon üzerindeki etkileri incelenmiş; mısırın sıcaklık ve atmosferik CO₂ konsantrasyonundaki artışların verim

miktarını ve evapotranspirasyonu arttırdığı, sadece CO₂ konsantrasyonlarındaki artışın daha az etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

- *Toprak Yapısı hakkında*

Hidrolojik model kurulumunda toprakla ilgili; katman sayısı, derinlik, organik madde miktarı, su kapasitesi gibi bazı parametreler, varsayılan değerlere göre hesaplanmaktadır ya da kabul edilmektedir. Ancak, bu değerler yabancı çalışmalara dayanmakta ve bölgesel ölçekte kalabilmekte, ülkemizin veya çalışma bölgemizin özelliklerini tam yansıtmayabilmektedir. Bu nedenle havza bölgesinde, toprakla ilgili yapılmış ölçümler ve çalışmalar ile ilgili literatür taraması yapmak, havzanın toprak durumu hakkında daha doğru karar verilmesini sağlayacaktır.

Dengiz ve Bayramin (2003) Sakarya Havzası'nda yer alan, Ankara-Gölbaşı bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, araştırma alanında bulunan farklı toprak serileri ve büyük toprak gruplarını, fiziksel, kimyasal ve morfolojik özelliklerine göre FAO/UNESCO, FitzPatrick ve Toprak Taksonomisi (Soil Taxonomy) sınıflandırma sistemlerine göre belirlemiştir. Çalışmada; araştırma alanında 13 noktaya ait; büyük toprak grubu sınıfı, derinlik, pH, organik madde, hacimsel ağırlık, kum-kil-silt oranları gibi toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine yer verilmiştir.

Dengiz ve Başkan (2010) Ankara Soğulca Havzası'nda toprak profil gelişimi ile arazi şekli arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada yaygın jeolojik materyaller incelenmiştir. Soğulca Havzası'nın doğu batı doğrultusunda yapılan kesit çalışmasında altı pedon incelenmiş ve fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Aydınalp ve Arslan (2003) yaptıkları çalışmalarda Batı Karadeniz Havzası'ndaki büyük toprak gruplarının uluslararası toprak sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmayı amaçlamışlardır. Batı Karadeniz Havzası'ndaki 7 büyük toprak grubuna ait 10 profil incelenerek kısaca tartışılmış ve bunlar *Anonymous (1990)*, *FitzPatrick (1988)* ve *Anonymous (1994)* sistemlerine göre sınıflandırılmaları yapılmıştır. Çalışmada; araştırma alanındaki toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine yer verilmiştir.

Dengiz ve diğ. (2007) Çankırı, Büyükçay Havzası temel toprak özelliklerini ortaya koymak ve havzanın planlanmasına ilişkin yardımcı bilgileri sunmak amacıyla bölgeye ait güncel arazi kullanımı, topografik, jeolojik ve jeomorfolojik haritaları

analiz etmiş ve arazi gözlemleri yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda araştırma alanında 10 adet toprak profilini incelemiştir.

- *CORINE Arazi Örtüsü Projesi hakkında*

Doran ve diğ. (2009) çalışmalarında, CORINE’de en küçük haritalanacak birimin 25 ha olmasının hatalara sebep olduğunu, örneğin 25 ha’dan daha küçük olan bahçelerin, ait olduğu sınıf dışında değerlendirilebildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, CORINE ile yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak çözünürlüğü düşük olan LANDSAT uydu verileri ile yapılması nedeniyle, (2.2.3) *Zeytin bahçeleri* ile (2.4.4) *Ormanla Karışık Tarım Alanları* sınıflarının zor ayırt edildiğini belirtmişlerdir. Özellikle *Düzy 3* seviyesinde sınıflandırmalarda sorunlarla karşılaşıldığı, yaptıkları çalışmalar sonucu *Düzy 3* seviyesindeki arazi örtüsünde sınıfların yüksek bir doğrulukta belirlenemediğini tespit etmişlerdir.

Başayığı (2004) yaptığı çalışmada, CORINE *Düzy 1* için yüksek bir doğruluğa ulaşıldığını belirtmektedir. Önerisinde ise kullanılan ölçeğin 1/50.000 ölçeğinden daha büyük bir ölçekte üretilebileceğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda yüksek bir doğruluk için ölçeğin yükseltilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ateşoğlu (2016) Batı Karadeniz ve İç Anadolu Bölgeleri’nde yer alan iki ayrı test bölgesinde, yüksek çözünürlüklü Google Earth verisi üzerinden değerlendirme yapmıştır. Her bir test alanı için rastgele 5000 nokta Google-Earth üzerinden CORINE sınıflandırmasına uygun sınıflara atanmış ve CORINE 2006 verileri ile kıyaslanmıştır. Her iki test alanı için; CORINE verilerine göre ‘Orman ve Yarı doğal alanlar (%46) ve ‘Tarım alanları’ (%51) oranlarında tutarlılık gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca; ‘Orman ve Yarı Doğal Alanlar’ (%24) daha düşük, Tarım alanları ise (%68) daha yüksek tutarlılıkta olduğunu, aradaki farkın *heterojen tarımsal alanlardan* kaynaklandığı tespit etmiştir. “Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları” sınıfının *Düzy 2* içerisindeki temsil oranının %70 civarında olduğunu tespit etmiştir. Geleneksel arazi kullanımı içerisinde geçmiş yıllarda tarım alanı olarak kullanılan alanların, işgücü, alansal verimliliğin düşük olması gibi nedenlerden dolayı terk edilmesinin bu tür sınıfların artmasına neden olduğunu belirtmiştir. *Düzy 3* seviyesinde iç içe sınıfların ayrımı için tavsiyelerde bulunmuşlardır.

3. ÇALIŞMA ALANI

3.1 Coğrafi Durum

Ülkemizde yer alan 25 hidrolojik havzadan biri olan Sakarya Havzası; Türkiye'nin kuzeybatısında; 37° 96' - 41° 20' kuzey enlemleri ile 29° 26' - 33° 24' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Susurluk, Akarçay, Konya, Kızılırmak ve Batı Karadeniz Havzaları tarafından çevrelenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Türkiye'nin 25 nehir havzası ve Sakarya Havzası'nın konumu.

Havza 58.160 km² drenaj alanı ile Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %7'sini oluşturmaktadır. Havza sınırının uç noktaları arasındaki mesafe; kuzey-güneydoğu doğrultusunda yaklaşık 378 km, doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 340 km'dir.

Havza'nın ana kolu olan Sakarya Nehri; Eskişehir'in güneyinde 800 m kotlarında Çifteler Sakarbaşı Kaynakları kaynaklarından doğarak; Porsuk Çayı, Ankara Çayı, Karasu Çayı, Göksu Çayı, Çarksuyu, Mudurnu gibi yan kollar ve birçok dere ile beslenerek, Sakarya'nın Karasu ilçesi civarından Karadeniz'e dökülmektedir (Selki, 2008).

Havza'nın kuzeyinde; Bolu Dağları (2.499 m), doğusunda İdris Dağı (1.992 m), Elmadağ (1.761 m) ve Haymana Platosu, güneyinde Emir Dağı (2.307 m), Murat Dağı (2.309 m), Bayat ve Cihanbeyli Platoları, batısında ise Domaniç Dağı (1.845 m) ve Uludağ (2.543 m) yer almaktadır (HKEP, 2013). Havza 20.715 km²'lik ovaya sahiptir ve 16.716 km²'si sulanabilir durumdadır (Öztürk, 1997).

Havzaya ait genel karakteristik değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Havzanın ortalama kotu 965 m'dir. Sakarya Havzası'nın yıllık ortalama yağış miktarı 479 mm olup, havza toplamda 32 milyar m³ yıllık toplam yağışa sahiptir ve yıllık 12 milyar m³ akım oluşmaktadır. Yıllık ortalama 6,4 milyar m³ akış hacmi ile Türkiye su potansiyeline %3.4 katkıda bulunmaktadır (DSİ, 2014; HKEP, 2013).

Çizelge 3.1: Sakarya Havza'sı genel karakteristik değerleri (HKEP, 2013).

Karakteristik	Değer
Drenaj Alanı	58.160 km ²
Nüfus (2012)	7.588.968 kişi
Nüfus Yoğunluğu	130 kişi/km ²
Yıllık Ortalama Akış	6,40 km ³
Yıllık Ortalama Akış	193 m ³ /s
Ortalama Yıllık Akış Yüksekliği	88,90 mm
Türkiye Su Potansiyeline Katkısı	3,4 %
Ortalama Yıllık Verim	3,6 L/s/km ²
Ortalama Yıllık Yağış Yüksekliği	479 mm
Ortalama Yıllık Yağış	32×10 ⁹ m ³
Ortalama Rakım	965 m
Ortalama Sıcaklık	10,6 °C

Havzanın hidrolojik ve topoğrafik durumu, kirletici kaynakları ve benzeri baskı unsurları, akarsu bağlantıları, ilgili kuruluşlar tarafından yapılmış çalışmalar ve mevcut idari durum göz önünde bulundurularak 6 alt havzaya bölünmüştür. Alt havzalar membadan mansaba doğru; Yukarı Sakarya, Porsuk Çayı, Ankara Çayı, Orta Sakarya, Göksu-Karasu ve Aşağı Sakarya Alt Havzası olarak belirlenmiştir. (HKEP, 2013). Sakarya Havzası'nın alt havzaları ve çevresindeki havzalar Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Sakarya Havzası'na ait alt havzalar ve diğer havzalar arasındaki konumu.

3.2 Jeolojik Yapı

MTA'nın web sitesinden elde edilen haritaların² CBS ortamında işlenmesiyle Sakarya Havzası'nın Jeoloji haritası elde edilmiştir (Şekil 3.3). Sakarya Havzası'nın yukarı bölümünde yer alan Afyon ili Emirdağ yöresindeki temel kaya birimleri en altta Karbonifer-Permiyen yaşta Emirdağ kireçtaşları, Triyas yaşlı Karaçaltepe Formasyonu ve açısal diskordanla; kumtaşı, silttaşı, kiltası ve şeylden oluşan, içinde bazik-ultrabazik kireçtaşı blokları içeren Paleosen yaşlı birimlerdir. Eskişehir-Sivrihisar-Sakarya vadisi arasında yer alan bölgede metamorfik kayalar; Eskişehir, Sündiken, Sivrihisar, İnönü ve Mihaliçcik metamorfikleri olarak beşe ayrılmıştır. Havza'nın Ankara Çayı havzasındaki alanlar farklı jeolojik özelliklere sahip kayalardan meydana gelmiştir. En yaşlı birimler; derinleşen bir denize ait olan

² <http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed>

Triyas yaşı metamorfiklerdir. Ankara’da yer alan en genç jeolojik oluşumlar, eski ve güncel alüvyonlardır. Porsuk Havzası’nda, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşı birimler bulunmaktadır. Yukarı doğru karbonat ve karbonatlı kayaların hâkim olduğu formasyonlar bulunur. Bilecik’te paleozoik (1. zaman) yaşı başkalaşım kitleleri, özellikle güneyde ve batıda oldukça yaygın bulunmaktadır. Gnays, sist ve mermer gibi kütller arasına granit (magmatik kütle) sokulumu mevcuttur.

Söğüt ilçesi civarlarında yaygın örnekleri mevcuttur. Bilecik’in doğu ve batısında mezozoik (2. zaman) yaşı kireç taşları görülür; küçük vasifler (kütller) olarak paleozoik yaşı olukları örtmektedir. Ammonit kavrıkları içeren kireç taşları bazı bölümlerde kum taşı ve konglomeralar (tortul kütller) ile örtülmektedir. Osmaneli, Gölpazarı ve Yenipazar yöresinde; kum taşı, kireç taşı ve marnlardan oluşan, keratase (2. zamanın son sistemi) yaşı flis serileri görülmektedir. Bilecik’te neojen (3. zamanın son sistemi) tortulları özellikle Sakarya Nehri çevresinde yaygın bulunmaktadır.

Havza’nın alt bölgesini oluşturan Adapazarı ili, eski bir göl yatağı; sedimanterin bir basen kenarında kuruludur. Şehrin güneyi sıg ve sert zeminler üzerinde yer alırken, kuzeyde yer alan daha büyük ve Sakarya Nehri ve kollarıyla taşınarak derin göl çökelleri üzerinde birikmiş kuvarterner, alüvyon zemin üzerindedir.

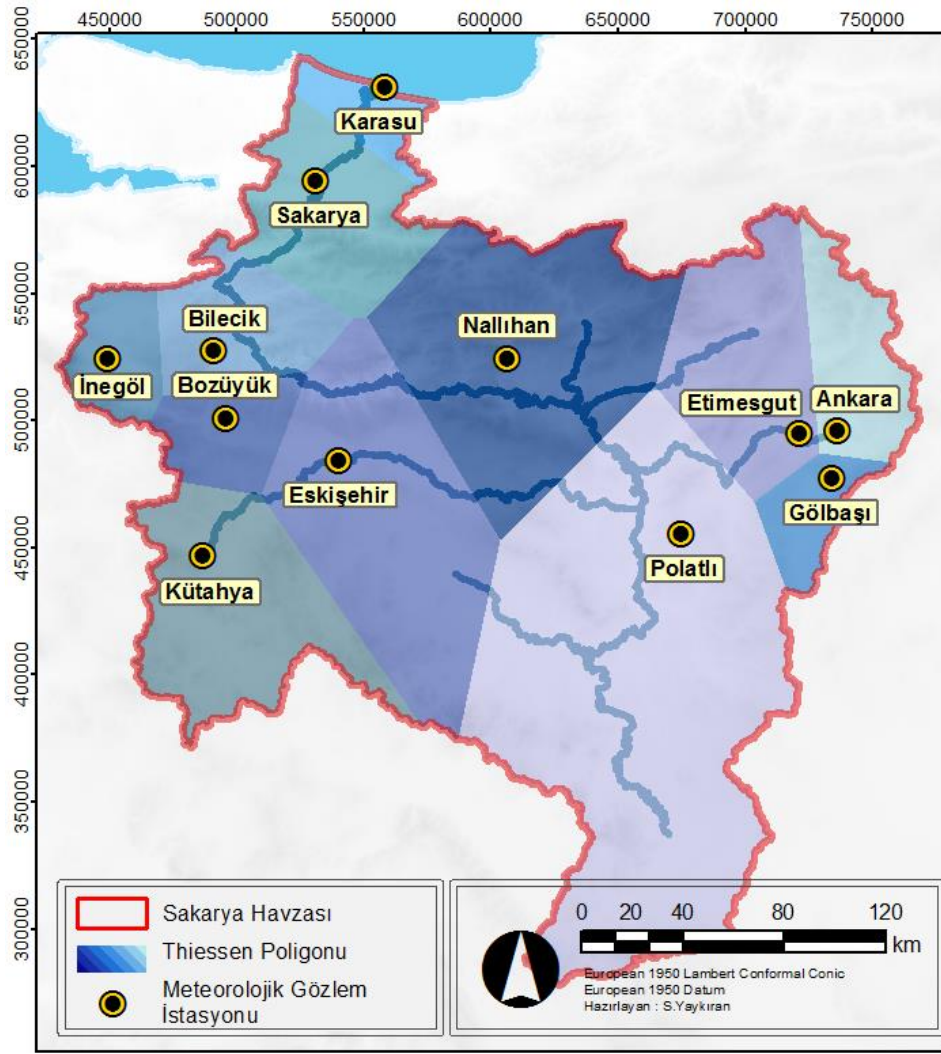
Adapazarı, Akyazı ve Hendek ovalarını oluşturan birim, tutturulmamış kum, silt, kil ve çakıldan meydana gelmektedir. Ana kaya formasyonu sedimenter zeminler altında kuzey yönünde alçalarak şehir sınırları içerisinde 200 metreyi bulan derinliklere ulaşmaktadır. Şehrin derin alüvyonlar üzerinde yer alan bölümünde, yüzeyden yaklaşık 15 metre derinlik boyunca yer alan zeminler, genel olarak kil ve çakıl bantları içeren, ince kum, silt ve kilin farklı oranlarından meydana gelmektedir. Şehrin alüvyon zeminler üzerindeki bölümünde, yüksek bir yeraltı su seviyesi olup, 0,2–3 m arasında değişmektedir. (HKEP, 2013).

3.3 İklim ve Meteoroloji

Konumu ve kapladığı geniş alan nedeniyle, havzada çeşitli iklimlerin etkisi görülmektedir. Aşağı Sakarya'nın kıyı bölgelerinde kuzeye özgü Karadeniz iklimi ile Marmara havzasına kadar uzanan Akdeniz ikliminin geçiş alanıdır. Yukarı Sakarya Havzası, Orta Sakarya'nın doğusunda ve Ankara'da tipik İç Anadolu iklimi görülmektedir. Bu bölgelerde yazlar sıcak, kışlar soğuk geçmekte; yaz döneminde az yağış almaktadır. Ankara'nın kuzey kesiminde ılıman ve yağışlı Karadeniz iklimi görülmektedir (HKEP,2013).

Sakarya Havzası genelinde, havzanın genel meteorolojik durumunun analiz edilmesi amacıyla meteorolojik gözlem istasyonları belirlenmiştir. Belirlenen istasyonlar için Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den veri temin edilmiştir. Belirlenen gözlem istasyonları Şekil 3.4'te gösterilmiştir. İstasyonlara ait; isim, no, kot, koordinat ve elde edilen yıllara ait bilgiler Çizelge 3.2'de verilmiştir. MGM'den temin edilen İstasyonlara ait uzun yıllar günlük verilerden hesaplanan; ortalama minimum (Şekil 3.5), ortalama maksimum (Şekil 3.6) ve ortalama sıcaklık değerleri (Şekil 3.7) gösterilmiştir. Havza'nın yıllık ortalama sıcaklık dağılımı ise Şekil 3.8'de verilmiştir.

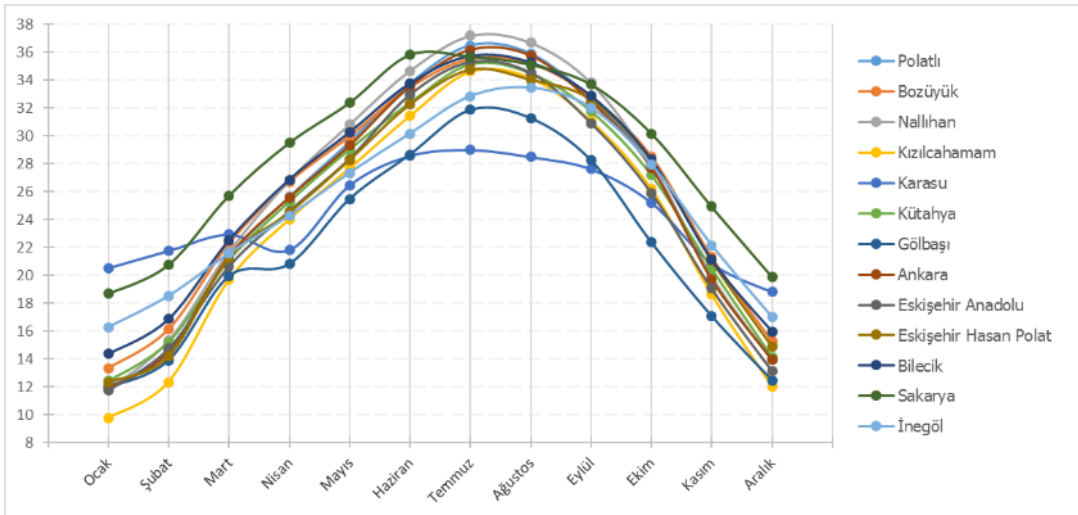
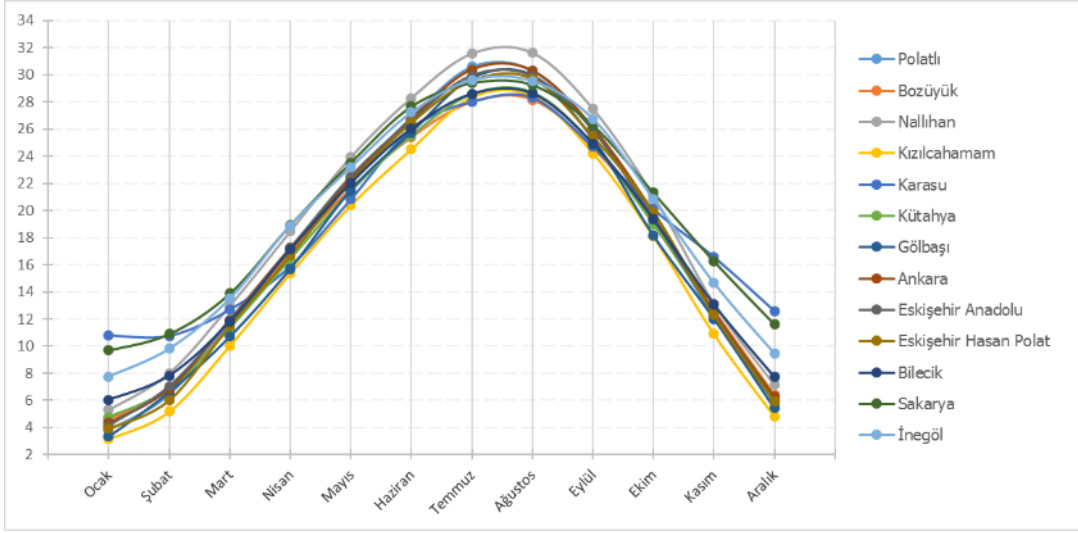
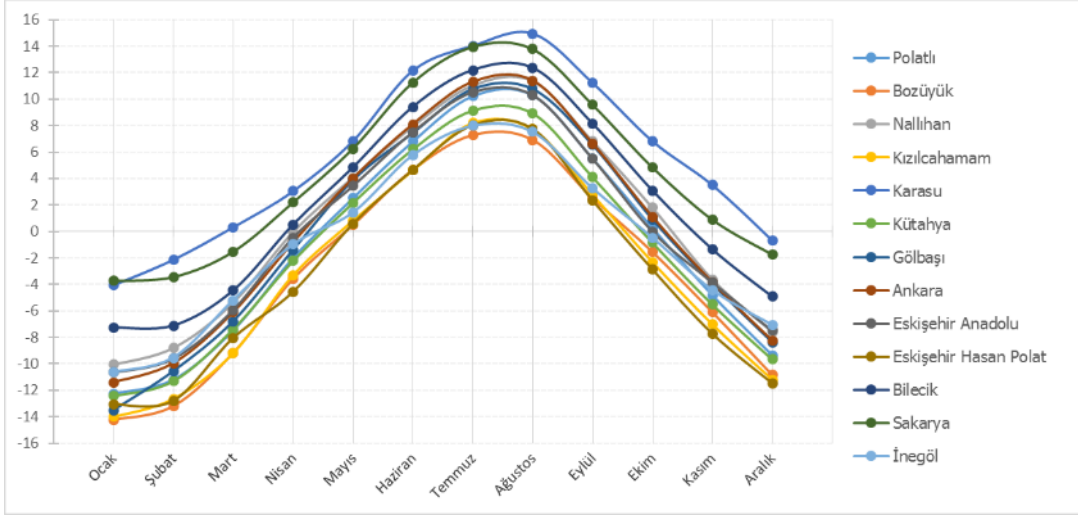
Havzaya düşen yağış miktarları kuzey ve güney kesimlerde farklılık göstermektedir. Kuzeyde Karadeniz yağış rejimi, güneyde ise İç Anadolu yağış rejimi görülmektedir. Porsuk Havzası'nın yukarı kesimleri ile Kütahya ve çevresinde İç Batı Anadolu geçiş iklimi hâkimdir. Bölge, İç Anadolu sıcaklık karakterini taşıırken, yağış rejimi Marmara Bölgesi etkisi altındadır. Porsuk Alt Havzası'nın aşağı kesiminde yer alan Eskişehir; Ege, Marmara ve İç Anadolu Bölgeleri arasında bir geçişin hâkim olduğu; Ege ve İç Anadolu'ya özgü iklim özellikleri görülmektedir. Genelde sert bir kara iklimi hâkim olmasına karşın, Sarıcakaya Vadisi'nde Akdeniz iklimi özelliklerini gösteren mikro klima hâkimdir. Bilecik, İç Anadolu Bölgesi'nin karasal iklimiyle Marmara Bölgesi'nin denizsel ve ılıman iklimleri arasında bir geçiş iklimi niteliği taşımaktadır. Su kaynakları ve farklılık gösteren topoğrafyasına bağlı 3 farklı iklim tipine de rastlanılır. Merkez, Gölpazarı, Osmaneli ve Söğüt ilçelerinde Marmara Bölgesi iklimi, Bozüyük, Pazaryeri, Yenipazar ve İnhisar ilçelerinde ise İç Anadolu Bölgesi iklimi görülmektedir.

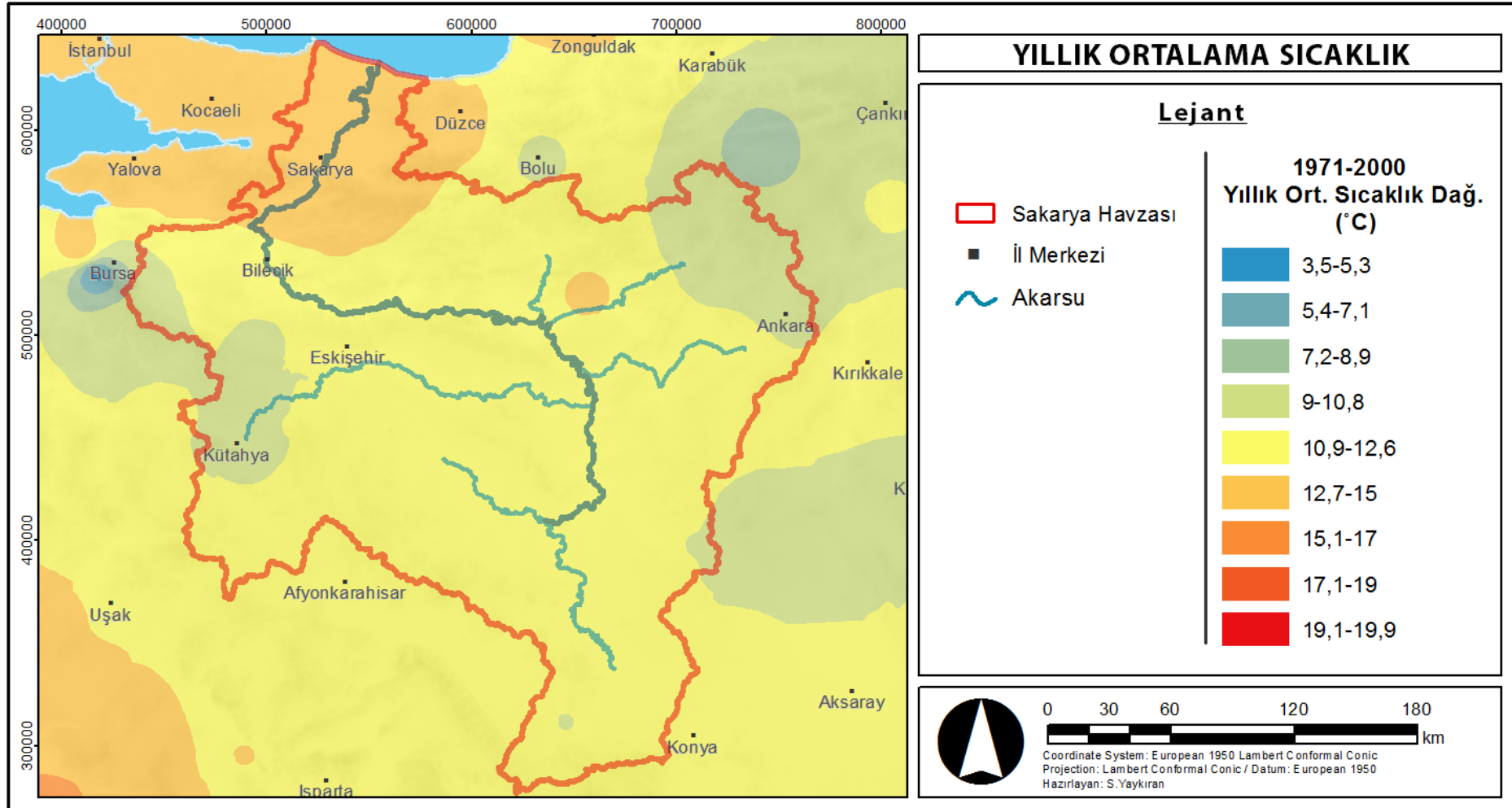


Şekil 3.4 : Sakarya Havzası için belirlenen meteoroloji istasyonları.

Çizelge 3.2 : Analiz için belirlenen meteorolojik istasyonlara ait bilgiler.

İstasyon Adı	İst. No	Enlem	Boylam	Kot (m)	Yıllar
Kızılcahamam	17664	40.4729	35.6441	1.033	1970–2016
Kütahya	17155	39.4171	29.9891	969	1970–2016
Gölbaşı	17871	39.8032	32.8434	900	2012–2016
Ankara	17130	39.9727	32.8637	891	1970–2015
Polatlı	17728	39.5834	32.1624	885	1970–2016
Etimesgut	17667	39.9558	32.6854	806	2012–2016
Eskişehir	17123	39.7810	30.5797	801	2012–2016
Bozüyük	17702	39.9039	30.0525	754	1970–2016
Nallıhan	17679	40.1733	31.3320	650	1970–2016
Bilecik	17120	40.1414	29.9772	539	1970–2016
İnegöl	17670	40.0908	29.4916	284	1970–2016
Sakarya	17069	40.7676	30.3934	31	1970–2016
Karasu	17644	41.1113	30.6901	5	2012–2016
Eskişehir H. Polatkan	17123	39.8129	30.5281	787	1990–2012





Şekil 3.8 : 1971 – 2000 Yıllık ortalama sıcaklık dağılımı (HKEP, 2013).

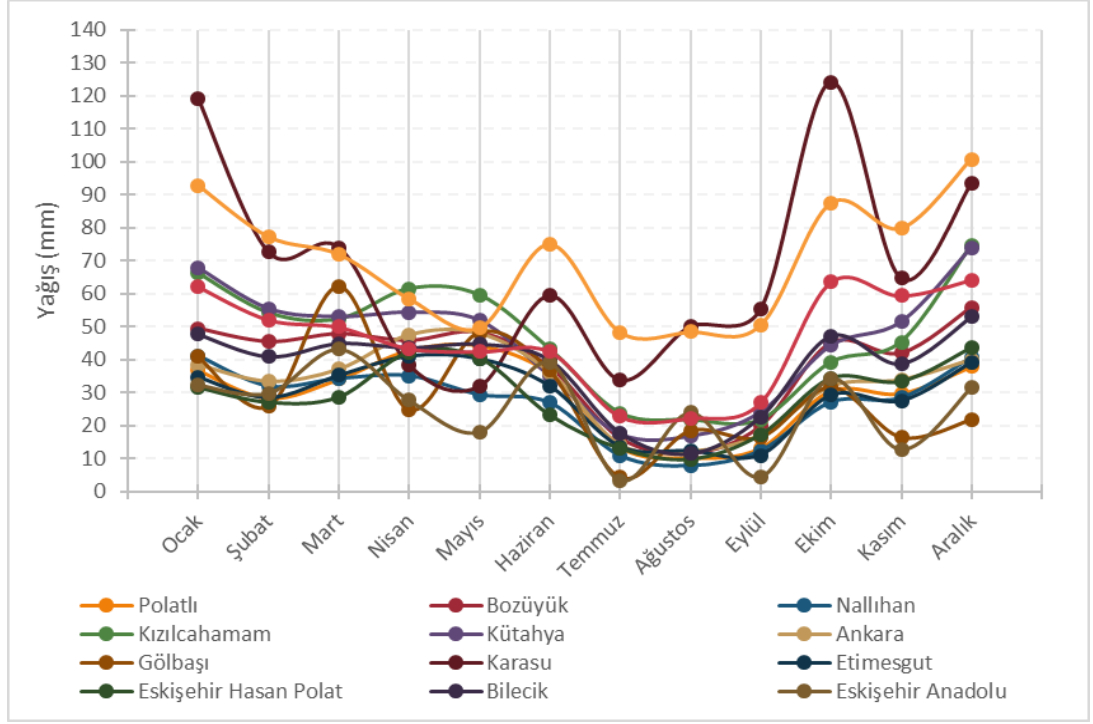
Sakarya Nehri kıyı şeridinde mikro klima iklim bölgeleri görülmektedir. Bilecik ili, genel olarak yağışlar bakımından Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Bilecik ilinin yıllık yağış ortalaması İç Anadolu'daki kimi illerden daha yüksek, Marmara Bölgesi'ndeki kimi merkezlerin ortalama değerlerinden ise daha düşüktür.

Orta Sakarya Alt Havzası'nın kuzeyinde yer alan Göynük, Mudurnu, Kızılcahamam arasındaki dağlık alanda Karadeniz iklimi ile İç Batı Anadolu step iklimi arasında bir geçiş iklimi görülür. Bölge daha çok İç Anadolu iklimsel karakterini taşıırken, ortalama sıcaklıklar ve günlük sıcaklık farkları yönünden diğer İç Anadolu merkezleri ile değişiklik gösterir.

Aşağı Sakarya Alt Havzası'nın yer alan Adapazarı Ovası ve çevresi Marmara ve Karadeniz iklim tipleri arasında bir geçiş alanıdır. Güneydeki dağlık kesim hariç kışlar ılık geçer. En çok yağış kış mevsiminde düşer, kurak mevsim görülmez. Yazlar sıcak, kışlar ise biraz soğuk geçer. Havzanın MGM'den elde edilen verilere göre; uzun yıllar ortalama yağış değerleri Şekil 3.9 ve Çizelge 3.3'te verilmiş; yıllık ortalama toplam yağış dağılımı Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

En fazla yağışa sahip Sakarya'da buharlaşmanın en yüksek olduğu görülmektedir. Sakarya istasyonunda en yüksek buharlaşma değeri kasım ayında 60 mm ölçülmüştür. Buharlaşma ile yağış arasındaki farkın en yüksek olduğu istasyon olan Kütahya'da en yüksek buharlaşma değeri 9,1 mm ile mayıs ayında ölçülmüştür. Havzadaki ortalama toplam buharlaşma dağılımı Şekil 3.11'da gösterilmiştir. (HKEP, 2013)

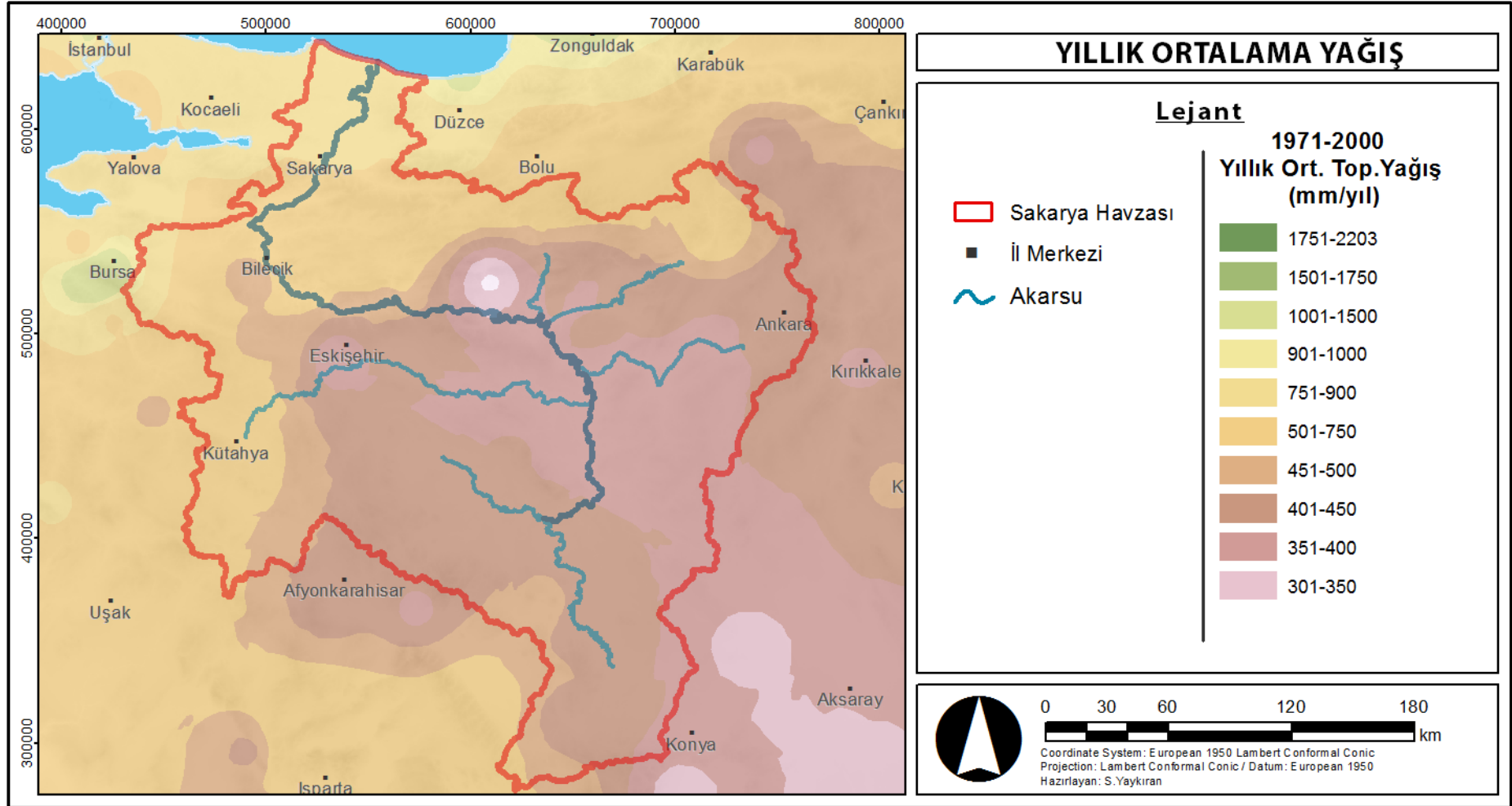
İç kesimlerinde karasal, kuzeye doğru geçiş iklimleri ile Karadeniz ikliminin etkisinin görüldüğü Havza'da bulutluluk değerleri en fazla Sakarya istasyonunda kaydedilmişken, ortalama güneşlenme değerinin en yüksek olduğu yer Ankara istasyonundadır. (Şekil 3.12)



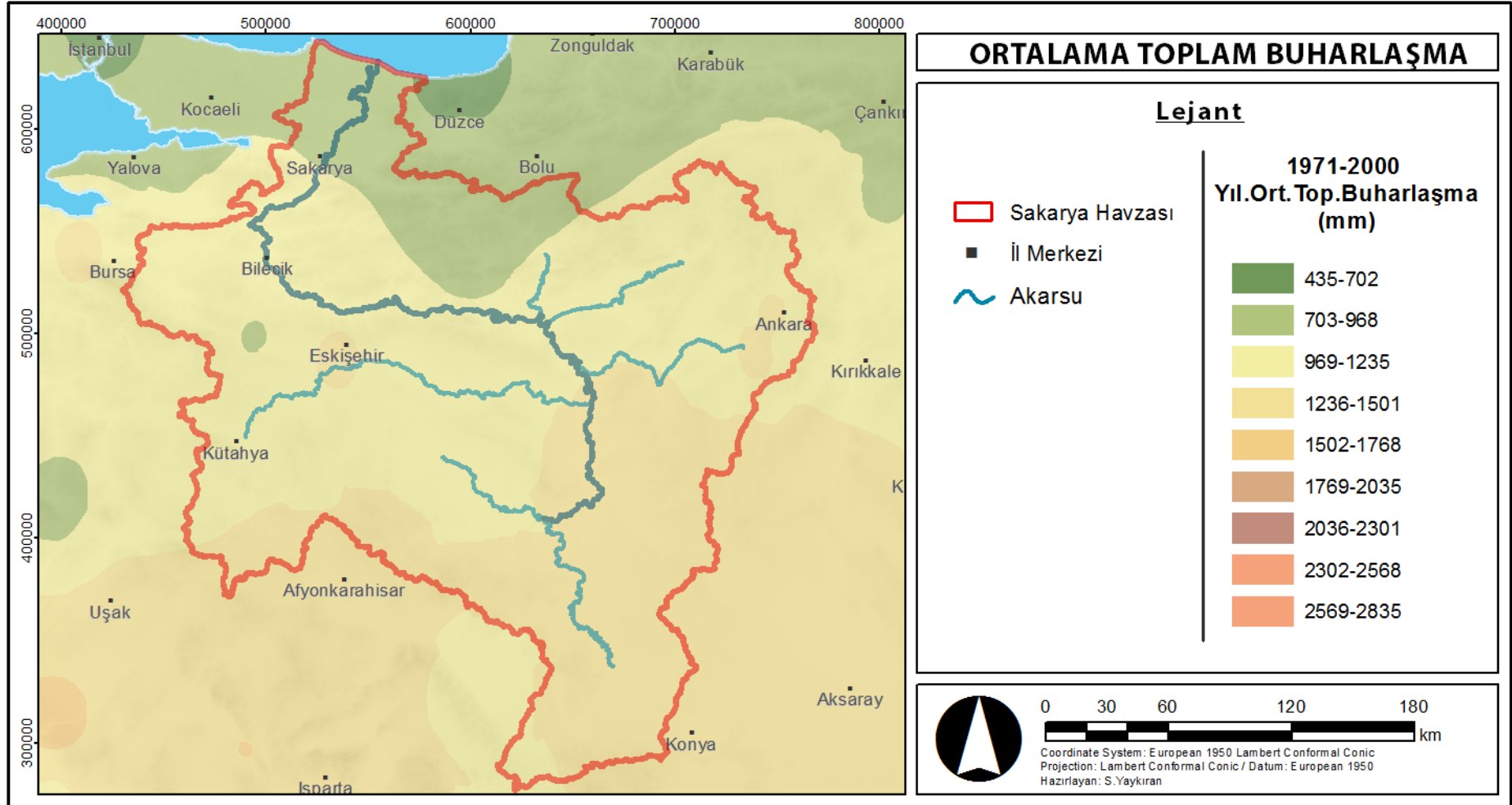
Şekil 3.9 : Uzun yıllar ortalama yağış grafikleri (MGM, 2016).

Çizelge 3.3 : Uzun yıllar ortalama yağış değerleri (MGM, 2016).

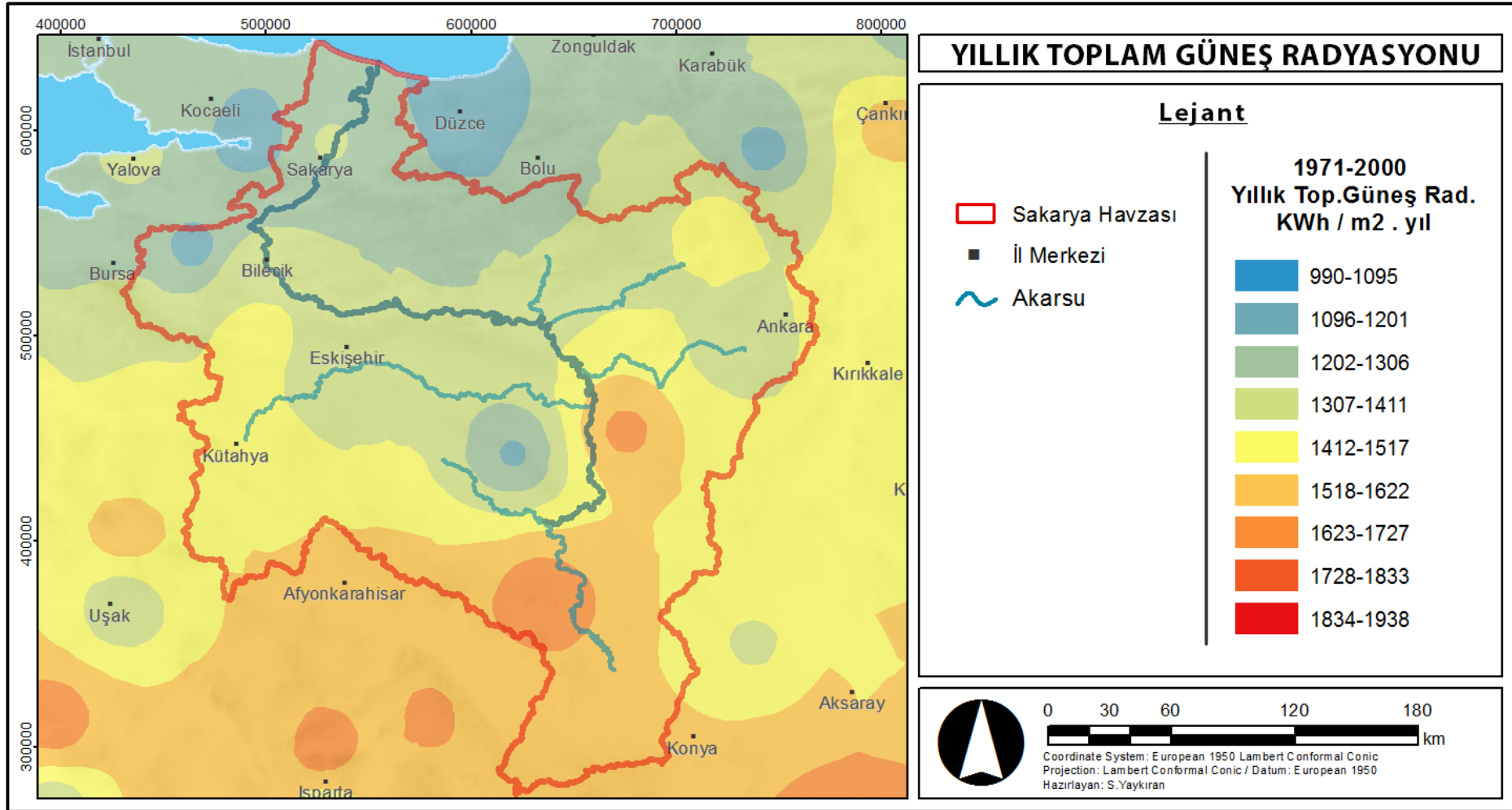
Yağış (mm)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Polatlı	36,9	28,4	34,1	42,9	44,4	35,9	13,5	10,3	13,2	30,6	29,8	37,9
Bozüyük	49,5	45,5	47,9	45,9	48,3	37,8	16,2	11,6	19,8	45,1	42,0	55,9
Nallıhan	41,2	32,1	34,3	35,2	29,5	27,0	11,0	7,9	12,5	27,2	28,5	40,8
Kızılcah	66,2	54,1	52,3	61,5	59,5	43,2	23,8	21,7	21,7	39,2	45,4	74,7
Kütahya	67,9	55,5	53,1	54,4	52,0	35,2	17,5	16,9	24,2	44,3	51,5	74,0
Ankara	38,5	33,4	37,1	47,6	48,0	36,3	14,2	12,1	17,2	31,9	33,9	40,0
Gölbaşı	40,9	25,9	62,2	24,9	48,4	36,8	4,4	18,6	16,6	31,8	16,6	21,9
Karasu	119	72,6	74,0	38,2	31,8	59,4	33,7	50,0	55,2	124	64,6	93,4
Etimesgut	34,8	28,5	35,3	41,2	40,4	32,1	13,6	12,3	11,1	29,2	27,5	39,2
Eskişehir	31,6	27,0	28,6	42,2	40,4	23,2	13,0	9,7	17,2	34,3	33,3	43,6
Bilecik	47,7	40,9	45,0	43,7	44,8	39,9	17,8	11,5	22,6	47,2	38,8	53,0
Esk. And.	32,4	29,8	43,2	27,7	18,1	39,1	3,4	23,9	4,5	34,3	12,7	31,5
Sakarya	92,7	77,2	71,9	58,5	49,7	75,0	48,4	48,4	50,5	87,3	79,8	101
İnegöl	62,2	52,2	49,9	43,4	42,5	42,5	22,9	22,3	27,0	63,5	59,4	64,2



Şekil 3.10 : 1971 – 2000 Yıllık ortalama toplam yağış dağılımı (HKEP, 2013).



Şekil 3.11 : 1971 – 2000 Yıllık ortalama toplam buharlaşma dağılımı (HKEP, 2013).



Şekil 3.12 : 1971 – 2000 Yıllık toplam solar radyasyon (HKEP, 2013)

3.4 Su Kaynakları ve Hidrolik Yapılar

Sakarya Nehri'nin uzunluğu 125 km, ortalama genişliği 100 m ve ortalama eğimi ‰0.458'dir (Öztürk, 1997). Başlangıcındaki bazı kaynakların kuruduğu göz önüne alındığında, Sakarya Nehri kolları ile birlikte 720 km uzunluğundadır. Sakarya Nehri'ne bağlanan önemli yan kollar; Porsuk, Ankara, Kirmir ve Mudurnu çaylarıdır. Sakarya Nehri ve yan kollarında; sulama, taşkın kontrolü, enerji, su temini amacıyla kurulmuş hidrolojik yapılar yer almaktadır.

Sakarya Havzası'nda yer alan önemli akarsular Çizelge 3.4'te verilmiştir. Potansiyel olarak Türkiye' deki akarsuların %3,4' ünü oluşturan Sakarya Nehri 6,4.milyar m³/yıl ortalama yıllık akışa sahip olup Eskişehir'in Çifteler ilçe merkezinin güneyinde yer alan Sakaryabaşı yöresindeki kaynaklardan beş göze halinde boşalım gösterir. Buradan çıkan su, önce Bardakçı Suyu ile sonra Seydisu ve Sarısu ile birleşerek güneydoğuya doğru akar. Çakmak Köyü yakınında Ankara - Eskişehir arasında il sınırı olur ve kuzeye döner. Kıran Hamamı denilen yerde Porsuk Çayı ile birleşir ve kuzeye doğru akar (HKEP, 2013).

Çizelge 3.4: Sakarya Havzası'nda yer alan önemli akarsular (HKEP, 2013).

Adı	Uzunluk (km)	Ortalama Debi (m ³ /s)
Sakarya Nehri	720	158,1
Seydi Çayı	107	38,0
Bardakçı Deresi	42	0,1
Gökpınar Deresi	100	5,6
Ilıcaözü Deresi	40	1,5
Porsuk Çayı	448	16,4
Ilıcaözü Deresi	40	1,5
Ankara Çayı	140	11,9
Kirmir Çayı	160	-
Aladağ Çayı	83	0,8
Nallıdere	31	-
Değirmendere	17	0,2
Çatak Çayı	20	0,1
Göynük Çayı	60	6,1
Göksu Çayı	105	18,9
Karasu Çayı	65	1,4
Mudurnu Çayı	120	22,2
Çarksuyu	45	4,7

Havzada çok sayıda baraj gölü bulunmaktadır. Sakarya Havzası'nda yer alan başlıca göller Çizelge 3.5'te verilmiştir. Havza'nın önemli bir su kaynağı olan Sapanca Gölü, Sakarya ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Gölün yüzölçümü 4.700 ha, doğu-batı uzunluğu 17 km, kuzey-güney genişliği 5 km, yüzeyin denizden yüksekliği 31 m, en derin yeri ise 61 m'dir. Gölün su toplama havzasının büyüklüğü yaklaşık 252 km²'dir. Ankara'nın güneyinde yer alan Mogan Gölü'nün normal su kotu 972 m, normal su kotunda göl alanı 567 km², göl ortalama derinliği 3–5 m ve normal su seviyesinde göl hacmi 13,34 milyon m³'tür. Havzanın orta bölümünde, Sünnet, Sülük, Çubuk, Karamurat ve Karagöl gölleri bulunmaktadır.

Çizelge 3.5 : Sakarya Havzası'nda yer alan başlıca göller (HKEP, 2013)

Göl	Büyüklüğü (ha)	Maksimum Derinliği (m)	Maksimum Kotu (m)
İlgin	1.087	3	1.029
Mogan	567	5	972
Eymir	112	10	968
Çubuk	15	13	1027
Sünnet	18	22	820
Karagöl	1	-	-
Karamurat	4	-	-
Sapanca	4.700	61	33
Büyük Akgöl	500	6	4
Küçük Akgöl	20	6	-
Taşkısığı	90	6	-
Poyrazlar	60	3	25
Acarlar	2.300	3	0,5

Sakarya Havzası'nda yaklaşık 170 adet; baraj, gölet, bent, regülatör gibi su yapısı yer almaktadır. Havzada yer alan başlıca barajlara ait bilgiler Çizelge 3.6'da, konum bilgileri Şekil 3.13'te verilmiştir. Sarıyar Hasan Polatkan Barajı, Türkiye'de inşa edilen ilk HES tesisidir. Havzadaki bir diğer önemli baraj ise Cumhuriyet döneminin ilk barajı olma özelliğini taşıyan Çubuk I Barajı'dır. Ankara'da işletmede olan 8 baraj ile başkente yılda ortalama 387 milyon m³ içme ve kullanma suyu temin edilmektedir. Bunlar, Çubuk I ve II, Kayaş-Bayındır, Kurtboğazı, Çamlıdere, Eğrekkaya, Akyar ve Kavşakkaya barajlarıdır. Çubuk I Barajı ve Bayındır Barajı'ndan içme suyu temin edilmemektedir. Sakarya'nın gelecek yıllardaki su ihtiyacının karşılanması amacıyla Mudurnu Çayı üzerinde Ballıkaya Barajı kurulacaktır. Diğer inşa edilecek baraj ise Akçay Barajı'dır (HKEP, 2013).

Çizelge 3.6 : Sakarya Havzası'nda yer alan başlıca barajlar (DSİ, 2014).

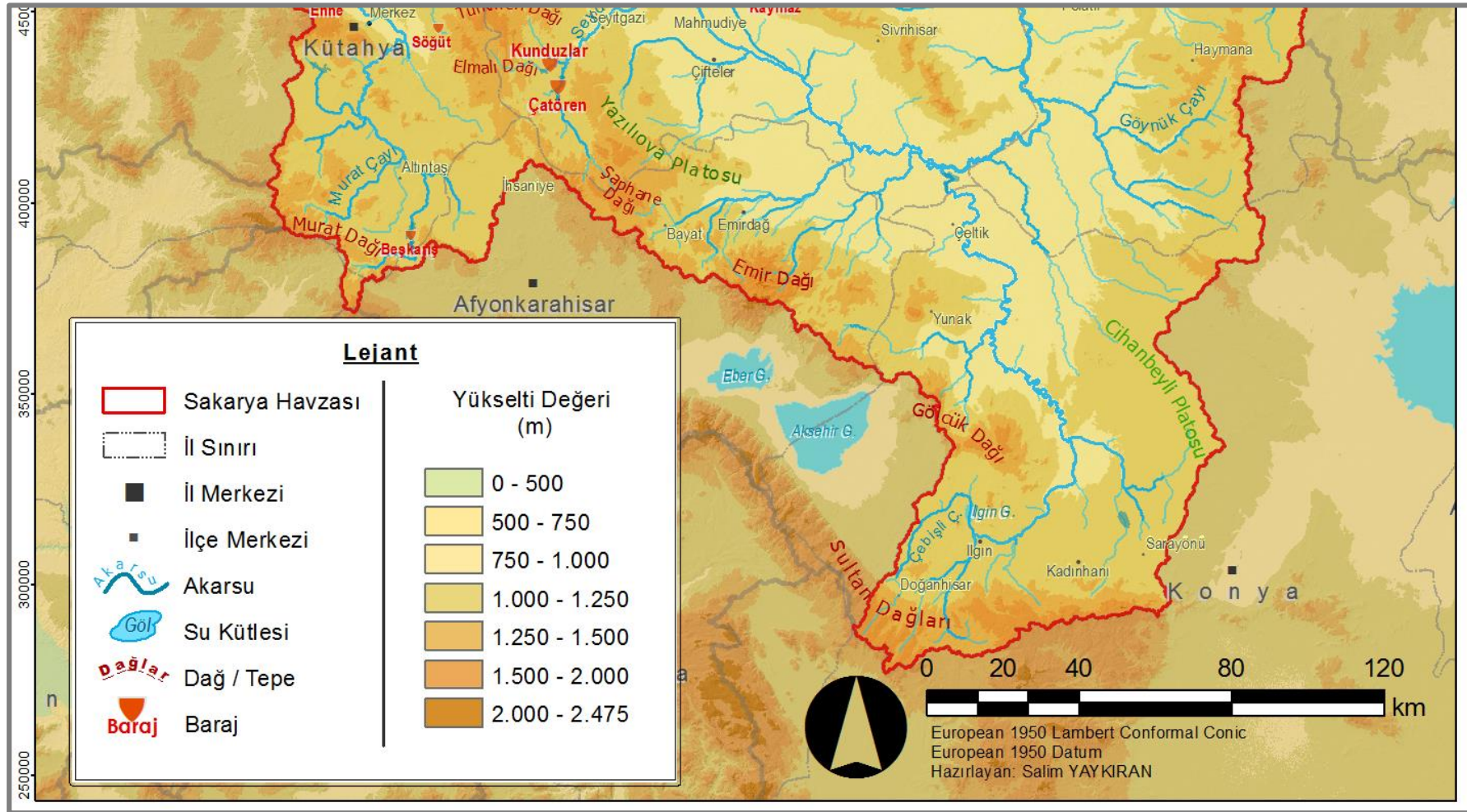
Bitiş Tarihi	Baraj Adı	İl	Akarsu	Amaç	Yükseklik ¹	Hacim ² (hm ³)	Alan ² (ha)
1936	Çubuk I	Ankara	Çubuk	İçme-Taşkın	25,0	12,5	94
1956	Sarıyar	Ankara	Sakarya	Enerji	90,0	1.900,0	8.383
1964	Çubuk II	Ankara	Çubuk	İçmeSuyu	61,0	22,4	120
1965	Bayındır	Ankara	Bayındır	İçmeSuyu	30,0	7,0	71
1967	Kurtboğazı	Ankara	Kurtboğazı	Sul.-İçm.	52,6	101,5	550
1969	Musaözü	Eskişehir	Mollaoğlu	Sulama	19,0	1,7	43
1972	Porsuk	Eskişehir	Porsuk	Sul-Taş-İçm	49,7	431,0	2.340
1972	Gökçekaya	Ankara	Sakarya	Enerji	115,0	910,0	2.000
1972	Enne	Kütahya	Dereboğazı	İçme Suyu	24,0	6,9	94
1977	Darıdere	Eskişehir	Sarısü	ST	26,9	21,5	245
1977	Kaymaz	Eskişehir	Çayırılık	Sulama	24,5	1,4	20
1980	Asartepe	Ankara	İlhan	Sulama	36,5	20,0	177
1983	Kunduzlar	Eskişehir	Yönek	Sulama	28,0	18,9	264
1983	Söğüt	Kütahya	İlgın	Sulama	20,7	0,9	15
1985	Çamlıdere	Ankara	Bayındır	İçme Suyu	101,7	1.226,0	3.200
1987	Çatören	Eskişehir	Harami	Sulama	32,0	47,0	404
1992	Eğrekaya	Ankara	Sey	İçme Suyu	67,0	113,0	394
1999	Yenice	Ankara	Sakarya	Enerji	33,1	57,6	364
1999	Akyar	Ankara	Bulak	İçme Suyu	74,0	56,0	192
2001	Kızıldamlar	Bilecik	Söğüt	Sulama	40,0	10,7	97
2005	Günyurdu	Bilecik	Bakraş	Sulama	36,8	7,4	43
2006	Kuzfındık	Bilecik	Kocadere	Sulama	30,8	21,0	290
2007	Boğazköy	Bursa	Kocasü	Sulama	22,0	41,6	663
2007	Beylikova	Eskişehir	Porsuk	Sulama	34,0	78,2	643
2007	Babasultan	Bursa	Karasü	Sulama	45,0	15,8	128
2008	Beşkarış	Kütahya	Kokar	Sulama	54,4	75,7	512

¹ Talvegden ölçülen yükseklik. ² Normal su kotunda göl ölçüleri.

Sakarya Havzası'nda tarımın büyük bir paya sahiptir. Havza'da DSİ tarafından kurulan sulama alanlarının toplam büyüklüğü 125.470 ha olup; yaklaşık %40'ı Yukarı Sakarya Alt Havzası'nda bulunmaktadır. Havza'da en az sulama alanına sahip olan alt havza; Ankara Çayı Alt Havzası'dır. Sakarya Havzası'nda yer alan sulama tesislerine ait bilgiler Çizelge 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.13 : Sakarya Havzası'nın fiziki haritası.



Şekil 3.13 (devam) : Sakarya Havzası'nın fiziki haritası.

Çizelge 3.7 : Sakarya Havzası'nda işletilen sulama yapıları.

İl	Tesis Adı	Aşama	İşletmeye Girdiği Yıl	Sulama Alanı (ha)
Konya	Atlantı	İşletme	1970	12.092
Konya	Ilgın	İşletme	1992	5.547
Konya	Argıthanı	İşletme	2011	650
Konya	Doğanhisar	İşletme	1995	244
Konya	Ladik	İşletme	1988	288
Konya	Deştiğin	İşletme	1988	177
Konya	Çavuş	İşletme	2008	138
Kütahya	Kütahya	İşletme	1962	3.497
Eskişehir	Seyitgazi	İşletme	1986	15.514
Eskişehir	Sarıcakaya	İşletme	1985	3.919
Eskişehir	Çifteler	İşletme	1969	7.170
Eskişehir	Yaralı	İşletme	1984	3.960
Eskişehir	İnönü	İşletme	1977	2.130
Eskişehir	Kaymaz	İşletme	1981	420
Eskişehir	Orta Sakarya	İşletme	1985	2.727
Eskişehir	Dinek	İşletme	1997	346
Ankara	Akıncı	İşletme	1973	2.1459
Ankara	Köprüköy	İşletme	1985	11.543
Ankara	Ayaş	İşletme	1984	1.619
Ankara	Sarıyar	İşletme	1987	200
Ankara	Nallıhan	İşletme	2010	2.180
Bilecik	Orta Sakarya	İşletme	1985	4.131
Bilecik	Karaağaç	İşletme	1989	3.209
Bilecik	Darıdere	İşletme	1999	973
Bilecik	Harmanköy	İşletme	1990	-
Sakarya	Pamukova	İşletme	1986	5.883
Sakarya	Pamukova	İşletme	1991	3.724

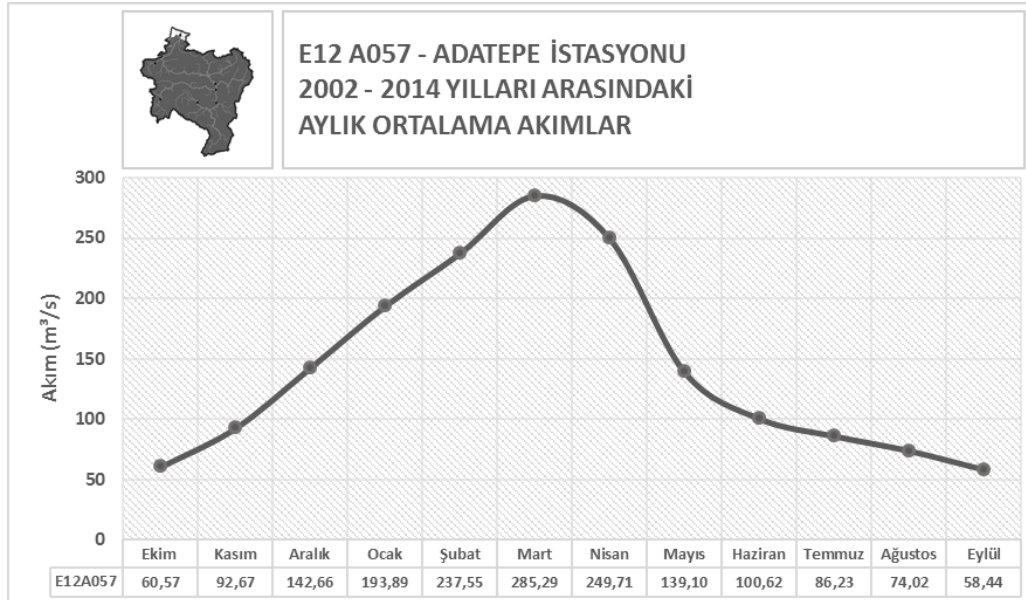
3.5 Akım Gözlem İstasyonları

Havza’da yıllık 12 milyar m³ akım oluşmaktadır. Mart, nisan ve mayıs aylarında en yüksek debi gözlenirken, temmuz, ağustos, eylül aylarında da en düşük değerlere rastlanmıştır. Nehre ait en düşük debi 30 m³/s, ortalama debisi 193 m³/s ve en yüksek debisi ise 996 m³/s seviyesindedir (HKEP, 2013).

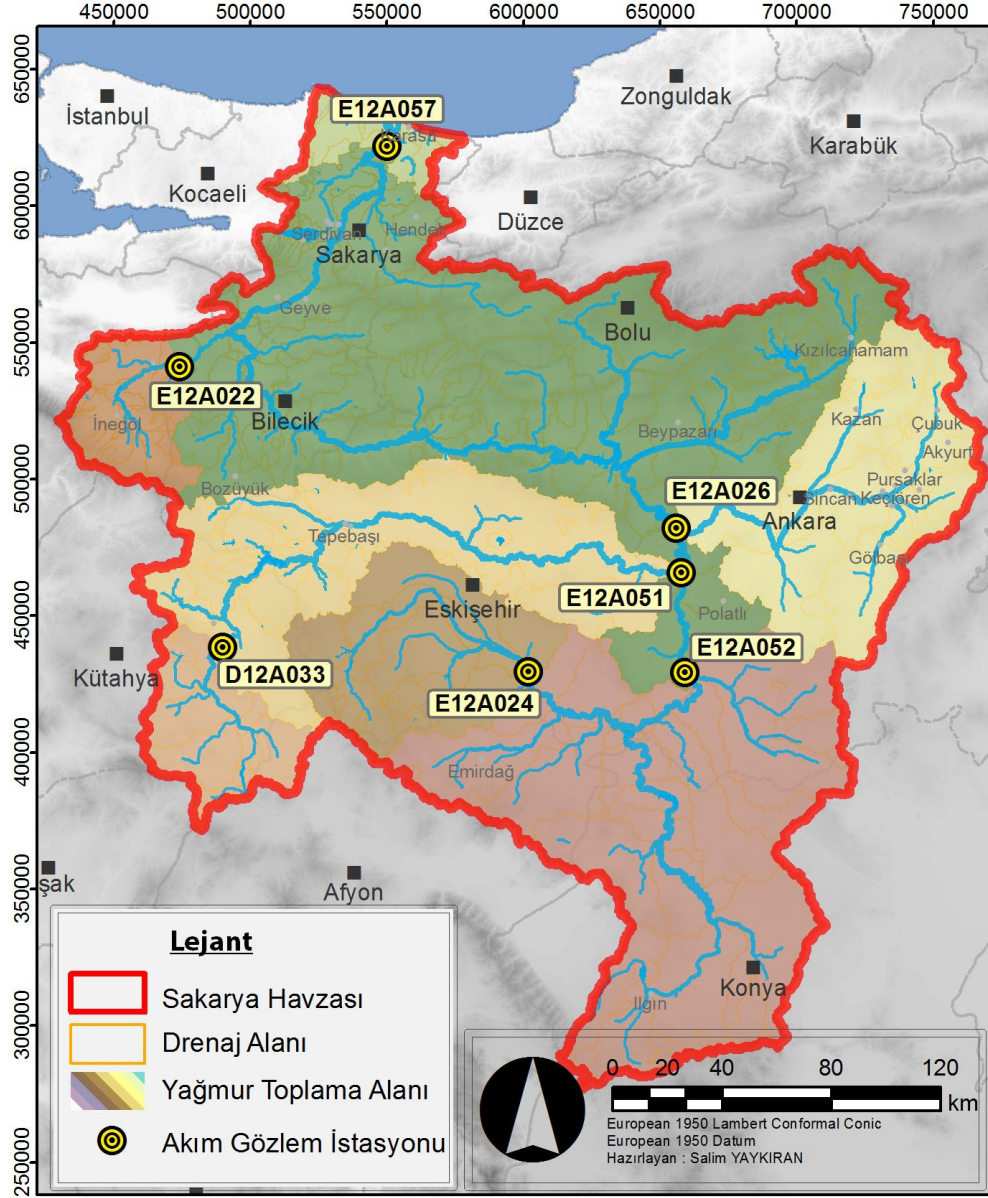
Sakarya Havzası’nda belirlenen kritik noktalarda, model sonuçlarını kıyaslamak için T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından gerçekleştirilen, Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ölçümlerinden faydalanılmıştır. Belirlenen AGİ’ler Şekil 3.15 ve Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

Havzanın geniş bir alanı kaplaması nedeniyle; iklim, toprak ve arazi örtüsü gibi özellikleri bölgesel olarak farklılık gösterecektir. Daha kontrollü ve daha detaylı bir çalışmanın yapılabilmesi için havzayı bölümlere ayırmak daha doğru olacaktır.

56.224 km²’lik yağış alanı ile Sakarya Havzası’nın çıkış noktasında yer alan E12 A057 gözlem istasyonu, havzanın neredeyse tamamının akım debisini temsil etmektedir (Şekil 3.14). Hidrolojik modelleme çalışmalarında; yan kollardaki AGİ’lere göre kabul edilebilir ölçüde doğruluk sağlandığı takdirde, bu çıkış noktasındaki kalibrasyon işlemi daha kolay olması beklenmektedir.



Şekil 3.14 : E12 A057 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.



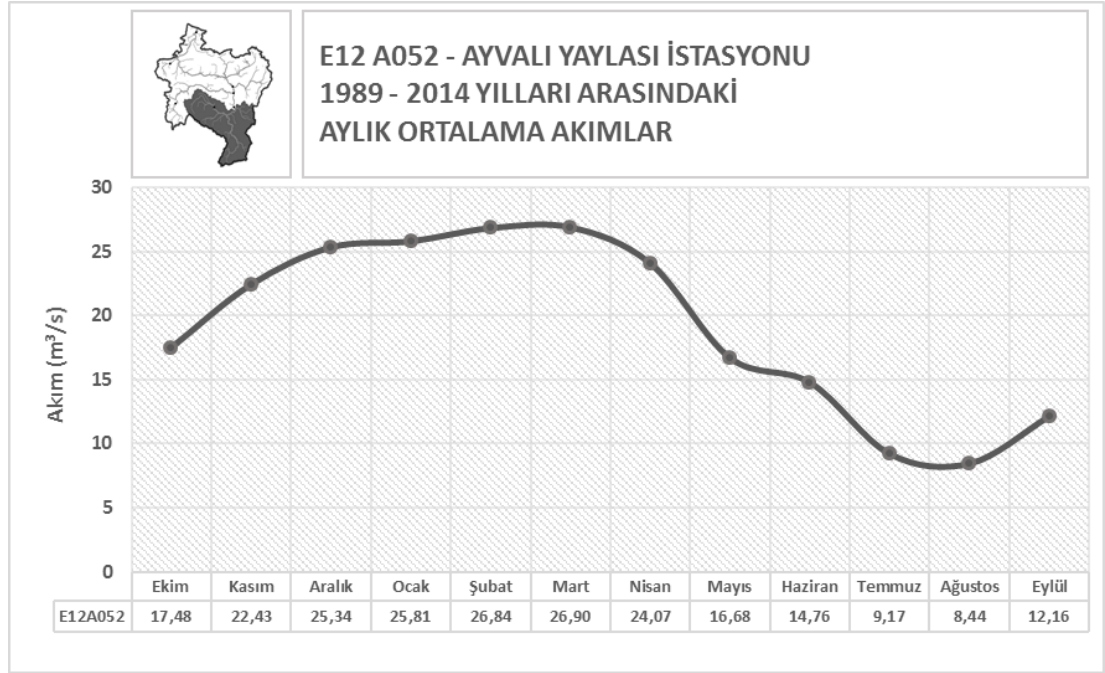
Şekil 3.15 : Havzanın kritik noktalarında belirlenen akım gözlem istasyonları

Çizelge 3.8 : Belirlenen akım gözlem istasyonlarına ait özellikler.

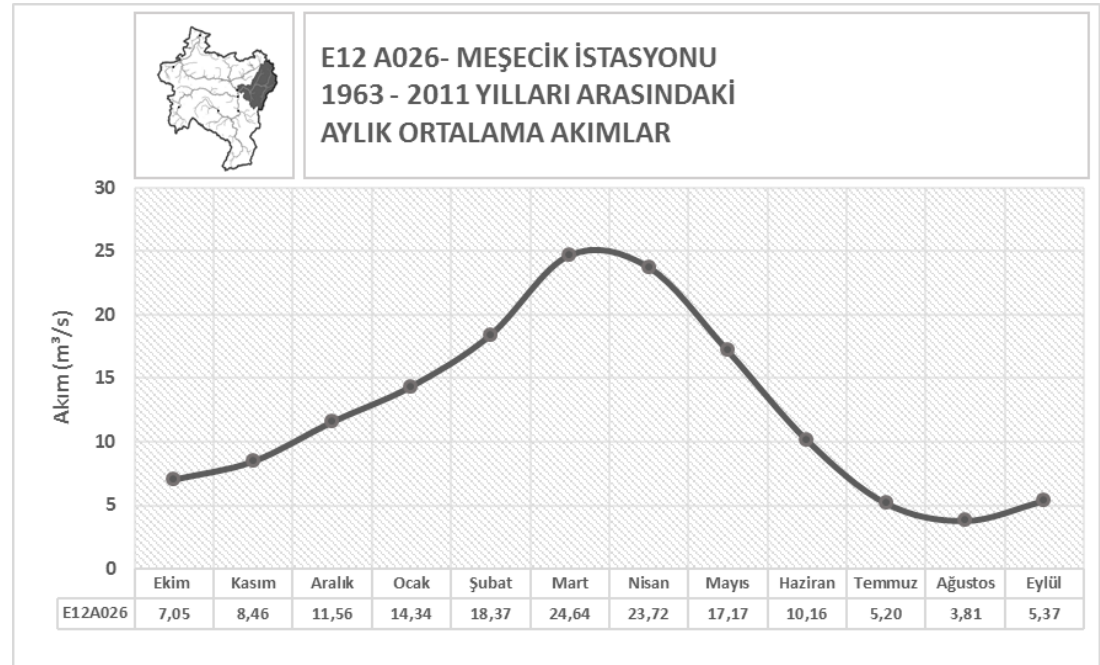
İstasyon No	İstasyon Adı	İl	İlçe	Akarsu	Yağış Alanı (km ²)	Geçerli Yıllar
E12A024	Aktaş	Eskişehir	Çifteler	Sakarya Nehri	4.342	1963 – 2014*
E12A052	Ayvalı Yaylası	Ankara	Polatlı	Sakarya Nehri	13.631	1989 – 2014*
E12A026	Meşecik	Ankara	Polatlı	Ankara Çayı	7.140	1963 – 2011
D12A033	Porsuk Çiftliği	Kütahya	Merkez	Porsuk Çayı	2.432	1962 – 2014*
E12A051	Kıranharmanı	Ankara	Polatlı	Porsuk Çayı	10.955	1989 – 2010*
E12A022	Rüstümköy	Bursa	Yenişehir	Kocası	2.022	1953 – 2014
E12A057	Adatepe	Sakarya	Karasu	Sakarya Nehri	56.224	2002 – 2014*

* Veri bulunmayan bazı yıllar mevcuttur.

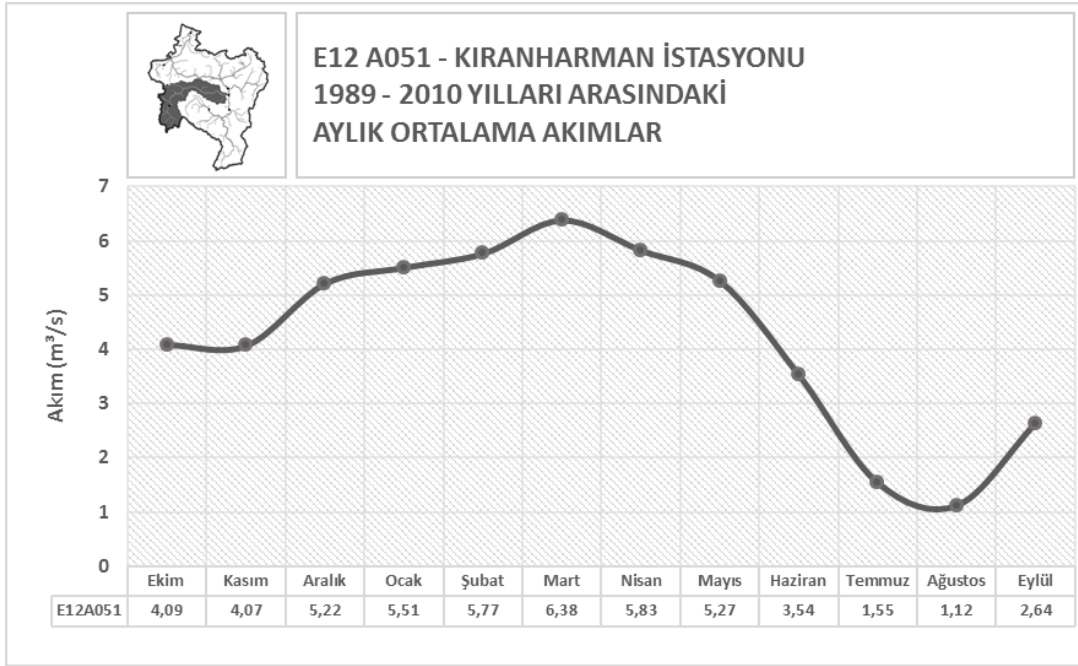
Havzada belirlenen gözlem istasyonlarına ait uzun yıllar aylık ortalama akım değerleri; Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19’da yağış toplama alanları ile birlikte verilmiştir. Diğer AGİ grafiklerine; Şekil A.1 ve Şekil A.2’de verilmiştir.



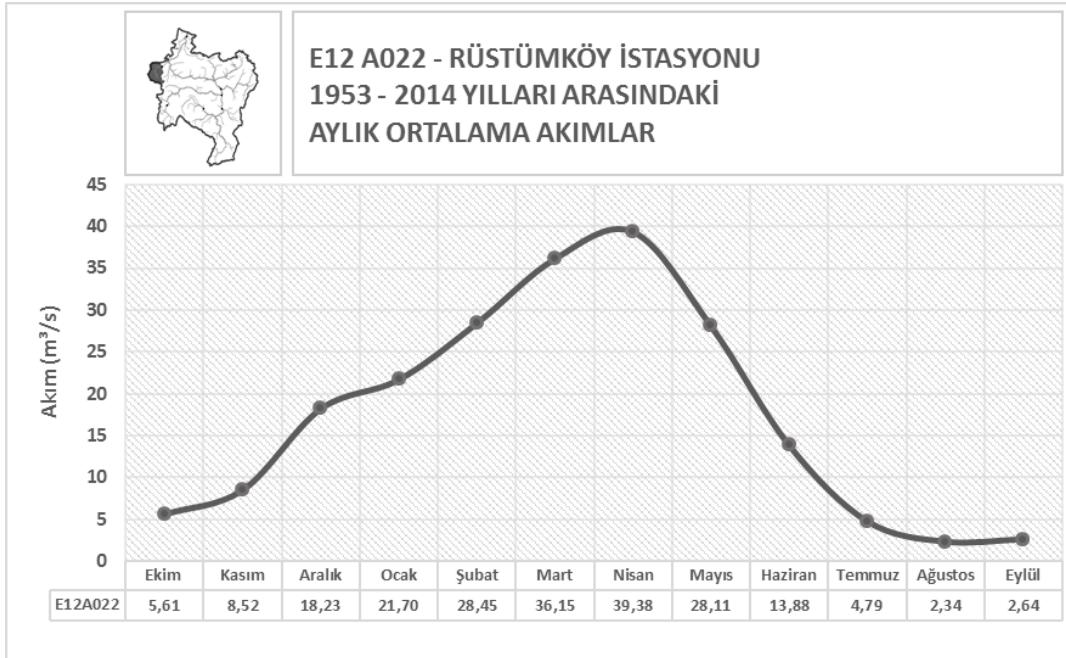
Şekil 3.16 : E12 A052 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.



Şekil 3.17 : E12 A026 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.



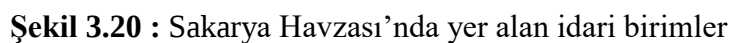
Şekil 3.18 : E12 A051 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.



Şekil 3.19 : E12 A022 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.

Ankara, Eskişehir, Kütahya, Bilecik ve Düzce havzadaki önem arz eden gelişmiş büyük şehirlerdir. Sakarya Havzası sınırları içerisinde; Eskişehir ve Sakarya ilinin tamamı; Bilecik ilinin tamamına yakını; Ankara ilinin merkez ilçelerini kapsayan bir bölümü; Bolu, Kütahya, Afyonkarahisar, Konya, Bursa, Kocaeli, Düzce, Çankırı ve Uşak illerinin belirli bölümleri yer almaktadır (HKEP, 2013).

Çizelge 3.9’da verilmiştir.



Çizelge 3.9 : Havzada yer alan iller ve alanları (HKEP, 2013).

İl	Toplam Alanı (ha)	Havza İçindeki Alanı (ha)	Havza İçindeki Payı (%)
Ankara	2.561.500	1.784.520	69,7
Eskişehir	1.373.843	1.373.843	100,0
Konya	4.082.400	814.102	19,9
Sakarya	450.472	450.472	100,0
Bolu	1.071.600	449.854	42,0
Kütahya	1.211.900	425.450	35,1
Bilecik	418.100	406.348	97,2
Afyon	1.453.200	380.975	26,2
Bursa	1.108.700	188.216	17,0
Kocaeli	363.500	34.546	9,5
Düzce	259.200	5.485	2,1
Çankırı	841.100	8.237	1,0
Uşak	517.400	3.762	0,7

2012 yılı ADNKS verilerine göre havzası sınırları içerisinde 7.588.968 kişi yaşamaktadır. Ülke nüfusunun yaklaşık % 10'unu oluşturan; Türkiye'nin 2.büyük nüfusuna sahip şehri olan Ankara'nın merkezi ve diğer büyük ilçeleri havza sınırları içerisinde. 4,8 milyon kişi ile havza nüfusunun yaklaşık %64'ünü oluşturmaktadır. Havzadaki nüfus sıralamasına göre; Ankara'dan sonra Sakarya ve Eskişehir gelmektedir (HKEP, 2013). Havza nüfusunun illere göre dağılımı Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 : Havza nüfusunun illere göre dağılımı (HKEP, 2013).

İl	Nüfus (kişi)	Havza Nüfusundaki Payı (%)
Ankara	4.852.588	64
Sakarya	902.267	12
Eskişehir	789.750	10
Kütahya	279.621	4
Bursa	281.649	4
Bilecik	204.116	3
Konya	168.311	2
Afyon	65.149	1

3.7 Toprak Özellikleri

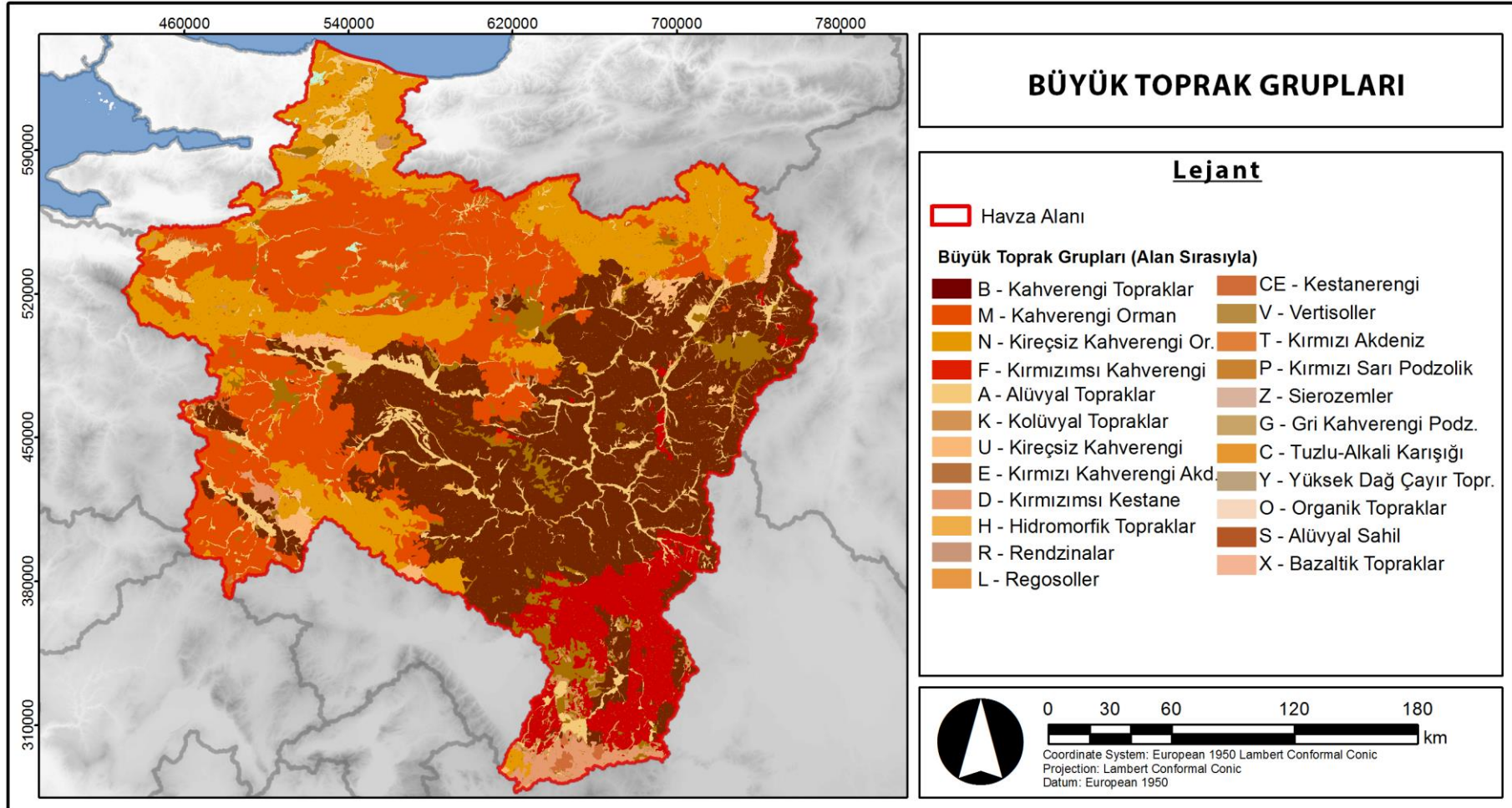
1966–1971 yılları arasında *Topraksu Genel Müdürlüğü* (günümüzdeki *T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı*) tarafından *Türkiye Geliştirilmiş Toprak Haritası (TGTH)* etütleri çalışması ile tüm Türkiye için, 1:25.000 ölçekli topografik haritalar incelenerek haritalanmıştır. Arazi gözlemleriyle saptanan derinlik, eğim, taşlılık, aşınım derecesi, arazi kullanımı gibi özellikler haritalara işlenmiştir. Toprakların sınıflandırılmasında, morfoloji ve genetiğe dayalı Eski Amerikan Toprak Sınıflandırması kullanılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek bütün iller için 1:100.000 ölçekli Toprak Kaynağı Envanter Haritası ve Raporu, ayrıca 19 nehir havzası için 1:200.000 ölçekli Havza Toprak Haritası ve Raporu şeklinde yayınlanmıştır (Özden ve diğ, 2001). Sakarya Havzası’nda yer alan büyük toprak gruplarının dağılımı Çizelge 3.11 ve Şekil 3.21’de verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Sakarya Havzası Büyük Toprak Grupları dağılımı.

Gösterim	Büyük Toprak Grubu	Alan (ha)	Yüzde Pay
B	Kahverengi Topraklar	2.019.238	33,7
M	Kahverengi Orman Toprakları	1.553.922	25,9
N	Kireçsiz Kahverengi Orman	1.200.793	20,1
F	Kırmızımsı Kahverengi	445.994	7,4
A	Alüvyal Topraklar	437.367	7,3
K	Kolüvyal Topraklar	125.185	2,1
U	Kireçsiz Kahverengi Topraklar	87.278	1,5
D	Kırmızımsı Kestanerengi	85.473	1,4
-	Diğer	33.288	0,6

Sakarya Havzası’nda yer alan başlıca büyük toprak gruplarının özellikleri kısaca verilmektedir:

Kahverengi Topraklar, daha çok kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunur. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü kısa ot ve çalılardan ibarettir. Profillerinde çok miktarda kalsiyum bulunur. Bitki besinlerince zengin, doğal drenajları iyidir. Organik madde içerikleri ortadır. Alt toprağın altında çoğunlukla sertleşmiş kireç birikme katı, altında bir jips birikme katı bulunabilir. Bu topraklar yazın uzun



Şekil 3.21 : Sakarya Havzası'nda yer alan büyük toprak gruplarının dağılımı.

periyotlar için kuru kalır. Yağışın çoğunun düştüğü kış ve ilkbaharda sıcaklık düşüktür. Bu nedenle, ilkbahar ve sonbahardaki kısa periyotlar hariç, toprakta kimyasal ve biyolojik etkinlikler yavaştır.

Kahverengi Orman Toprakları, yüksek kireç içeriğine sahip ana madde üzerinde oluşmuştur. Zayıf gelişmiş katmanlara sahiptirler. Reaksiyonları nötr veya alkalidir. Alt toprağın aşağı kısımlarında kireç birikmesi görülür. Drenajları iyidir.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, üstte koyu renkli bir kat ve altta bundan biraz farklı bir kattan meydana gelmektedir. Topraklar kireçsizdir ve reaksiyon asit, nötr veya alkalidir. Doğal verimlilikleri fazla değildir.

Alüviyal Topraklar, genellikle taze tortul depozitler üzerinde oluşur. Bu genç topraklarda katmanlar bulunmaz veya bulunsan bile, çok zayıf gelişmiştir ve değişik özellikte mineral katlar bulunur. Bu grup topraklar çoğunlukla taban suyunun etkisi altındadır. Tarım açısından çok verimli olan bu topraklar, iklimin elverdiği bütün kültür bitkilerini yetiştirmeye elverişlidir. Verim çok yüksekten çok düşüğe kadar değişebilir.

Kollüviyal Topraklar, dik eğimlerin eteklerinde yerçekimi, toprak kayması, yüzey akışı veya yan dereler ile kısa mesafelerden taşınarak biriktirilmiş ve kolliviyum denen materyal üzerinde oluşmuş bu topraklar gençtir ve karakteristikleri daha çok çevredeki yukarı arazi topraklarına benzemektedir. Yağış ve akışın şiddetine ve eğim derecesine göre değişik parça büyüklüklerini içeren katlardan oluşur. Dik yamaçların eteklerinde ve vadi boğazlarında bulunanlar daha çok, az topraklı kaba taş ve molozları içerirler. Drenajları iyidir. Topraklar ara sıra taşkına maruz kalır. İklimle ilgili olarak doğal bitki örtüsü değişir. Tarımsal kullanımda sulanırsa iyi verim alınır.

Kireçsiz Kahverengi Topraklarda, üst toprak yumuşak veya biraz sıkı, alt toprak daha ağır bünyeli ve daha serttir. Kireç yıkanmasına rağmen, reaksiyon nötr veya alkalidir. Doğal drenajı iyidir. Doğal bitki örtüsü çalı ve otlar ile karışık orman veya fundalıktır.

Kırmızımsı Kahverengi Topraklar, rengi hariç, neredeyse bütün özellikleri kahverengi topraklar ile benzerlik gösterir. Kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunurlar. Doğal bitki örtüsü ot ve çalılardır. Doğal drenajları iyidir. Bu topraklarda biyolojik etkinlik düşük olur. Doğal verimleri yüksektir.

Kırmızımsı Kestane Rengi Toprakların doğal bitki örtüsünü karışık otlar ve çalılar, bazen küçük ağaçlar oluşturur. Doğal drenajları iyidir. Doğal verimlilik ortadır. Alt toprak üstten daha killi ve sıkıdır ve kireçlilik de daha fazladır.

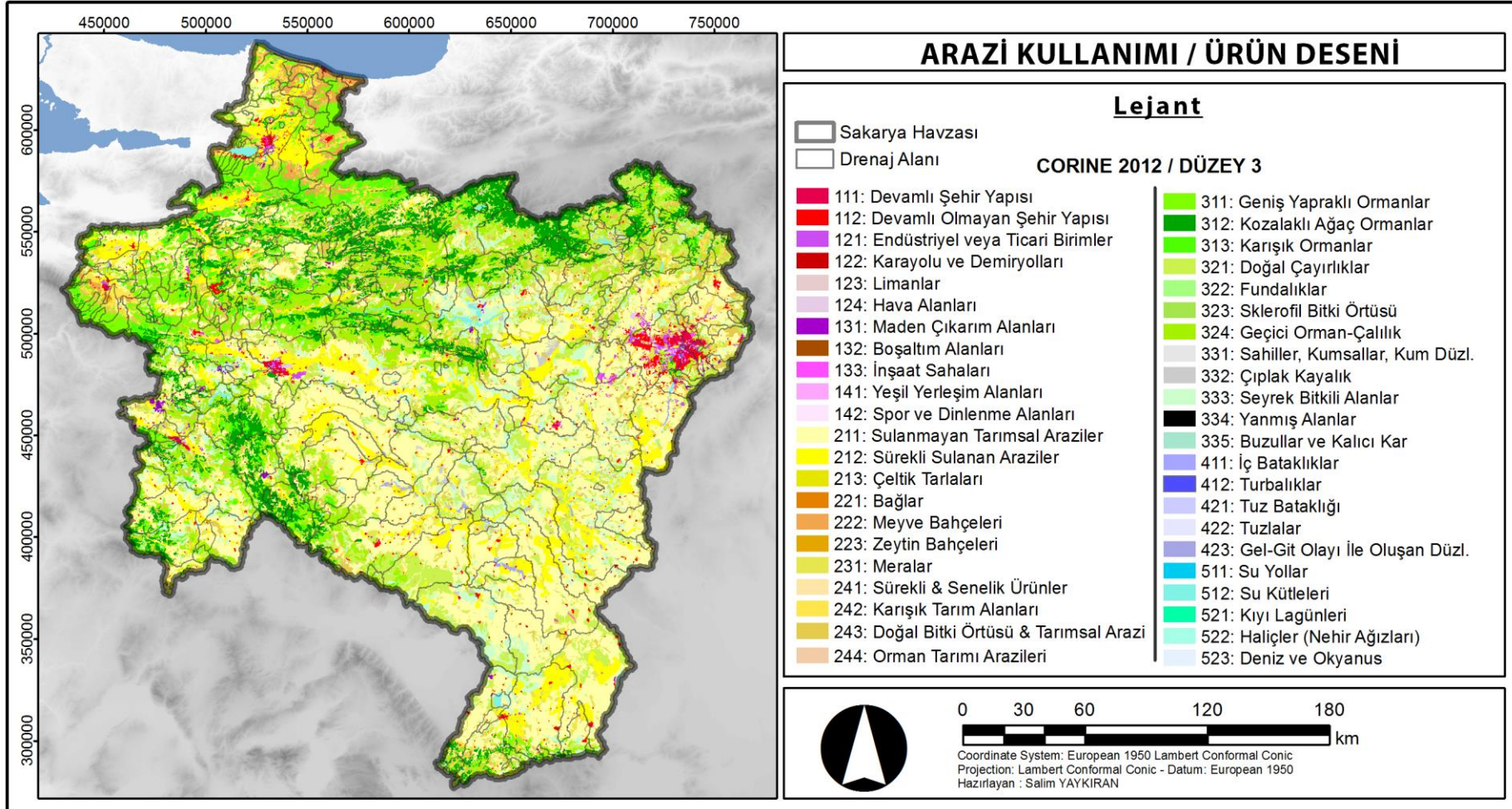
Kahverengi Topraklar, daha çok kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunur. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü kısa ot ve çalılardan ibarettir. Profillerinde çok miktarda kalsiyum bulunur. Bitki besinlerince zengindirler. Doğal drenajları iyidir. Organik madde içerikleri ortadır. Alt toprağın altında çoğunlukla sertleşmiş kireç birikme katı yer alır. Bunun altında bir jips birikme katı bulunabilir. Bu topraklar yazın uzun periyotlar için kuru kalır. Yağışın çoğunun düştüğü kış ve ilkbaharda sıcaklık düşüktür. Bu nedenle, ilkbahar ve sonbahardaki kısa periyotlar hariç, toprakta kimyasal ve biyolojik etkinlikler yavaştır (TASS, 2005).

3.8 Arazi Kullanımı ve Ürün Deseni

CORINE (*Coordination of Information on the Environment- Çevre Bilgi Düzeni*), Projesi; Avrupa Çevre Ajansına üye olan ülkelerde; çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların gerçekçi yönetilmesi ve uygun çevre politikalarının oluşturulması amacıyla; verilerin toplanması ve standart bir veri tabanının oluşturulması amacıyla 1985 yılında Portekiz’de başlatılmış bir projedir. Proje kapsamında; uydu görüntüleri üzerinde gerekli düzenlemelerin ardından; görsel yorumlama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü belirlenmektedir.

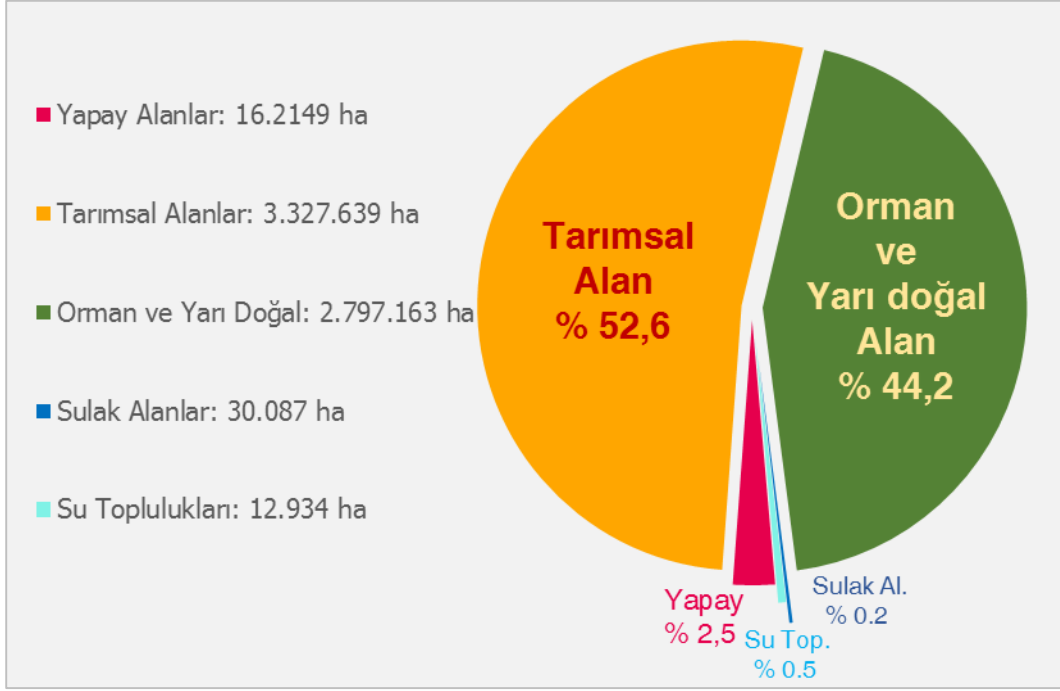
CORINE arazi sınıflandırma yöntemi, üç hiyerarşik düzey ele alınmıştır. Birinci düzeyde 5, ikinci düzeyde 15 ve üçüncü düzeyde 44 arazi kullanım sınıfı yer almaktadır. CORINE için tanımlanan Arazi Örtüsü düzeyleri Çizelge 3.13’de verilmiştir. CORINE Projesi doğrultusunda üretilen veriler 1990 yılı dışında, 2000 yılından itibaren 6 yılda bir olacak şekilde üretilmektedir. CORINE Türkiye arazi örtüsü verisi 1990, 2000, 2006 ve 2012 yılları için üretilmiştir (OSİB BİD, 2013; Altınbaş ve Türk, 2004).

Tez çalışması kapsamında CORINE 2012 verisine göre hazırlanan, Sakarya Havzası’nın Arazi Örtüsü haritası Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.22 : CORINE 2012 verisine göre, Sakarya Havzası'nın Arazi Örtüsü haritası.

Tez çalışması kapsamında yapılan mekânsal veri analizi sonucunda; CORINE 2012 verisine göre; Sakarya Havzası'nın; %53'ü tarımsal alan, %44'ü orman ve yarı doğal alan, %2,6'sı ise şehir, endüstri, yol gibi yapay alanlardan oluşmaktadır. Sulak alanlar yaklaşık %0,2'lik, yüzey suları ise yaklaşık %0,5'lik alanı kaplamaktadır Sakarya Havzası'nın CORINE 2012 verisine göre hazırlanmış arazi kullanımı dağılımı ve alanları; Şekil 3.23 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir. Sakarya Havzası için CORINE 2012 Düzey 3'e göre hesaplanan alanlar Çizelge 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.23 : Sakarya Havzası'nın arazi kullanım dağılımı.

Çizelge 3.12 : Sakarya Havzası'nın arazi kullanım alanları ve yüzdeleri.

Arazi Kullanımı Sınıfı	Yüzölçümü (ha)	Yüzde Payı
Yapay Alanlar	162 149	2.56
Tarımsal Alanlar	3 327 639	52.57
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	2 797 163	44.19
Sulak Alanlar	12 934	0.20
Su Toplulukları	30 087	0.48

Çizelge 3.13 : CORINE 2012’ye göre Sakarya Havzası’nın Arazi Örtüsü alanları.

Düzyey 1	Düzyey 2	Düzyey 3	Alan (ha)
1. Yapay Yüzeyler	1.1 Şehir Yapısı	1.1.1 Devamlı Şehir Yapısı	16.669
		1.1.2 Devamlı Olmayan Şehir Yapısı	80.553
	1.2 Endüstriyel, Ticari ve Taşıma Birimleri	1.2.1 Endüstriyel veya Ticari Birimler	27.115
		1.2.2 Karayolu ve Demiryolu Alanlar	4.447
		1.2.3 Limanlar	-
		1.2.4 Hava Alanları	4.459
	1.3 Maden, Boşaltım ve İnşaat Alanları	1.3.1 Maden Çıkarım Alanları	17.135
		1.3.2 Boşaltım Alanları	225
		1.3.3 İnşaat Sahaları	7.969
	1.4 Tarım Dışı Yapay Yeşil Alanlar	1.4.1 Yeşil Yerleşim Alanları	2.03
		1.4.2 Spor ve Dinlenme Alanları	1.547
2. Tarım Alanları	2.1 Tarıma Uygun Alanlar	2.1.1 Sulanmayan Tarımsal Araziler	1.945.886
		2.1.2 Sürekli Sulanan Araziler	507.245
		2.1.3 Çeltik Tarlaları	1.421
	2.2 Sürekli Ürünler	2.2.1 Bağlar	1.471
		2.2.2 Meyve Bahçeleri	64.839
		2.2.3 Zeytin Bahçeleri	1.349
	2.3 Meralar	2.3.1 Meralar	163.698
	2.4 Heterojen Tarımsal Alanlar	2.4.1 Sürekli Ürünler & Senelik Ürünler	-
		2.4.2 Karışık Tarım Alanları	213.843
		2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü birlikte Tarımsal	427.887
		2.4.4 Orman Tarımı Arazileri	-
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	3.1 Ormanlar	3.1.1 Geniş Yapraklı Ormanlar	270.038
		3.1.2 Kozalaklı Ağaç Ormanlar	524.522
		3.1.3 Karışık Ormanlar	184.352
	3.2 Funda ve/veya Otsu Bitkilerin Birleşimi	3.2.1 Doğal Çayırliklar	641.344
		3.2.2 Fundalıklar	-
		3.2.3 Sklerofil Bitki Örtüsü	362
		3.2.4 Geçici Orman-Çalılık	692.949
	3.3 Bitki Örtüsü Az ya da Hiç Olmayan Açık Alanlar	3.3.1 Sahiller, Kumsallar, Kum Düzlekleri	3.189
		3.3.2 Çıplak Kayalık	20.202
		3.3.3 Seyrek Bitkili Alanlar	460.205
		3.3.4 Yanmış Alanlar	-
		3.3.5 Buzullar ve Kalıcı Kar	-
4. Sulak Alanlar	4.1 İç Islak Alanlar	4.1.1 İç Bataklıklar	12.934
		4.1.2 Turbalıklar	-
	4.2 Kıyıya Yakın Islak Alanlar	4.2.1 Tuz Bataklığı	-
		4.2.2 Tuzlalar	-
		4.2.3 Gel-Git Olayı İle Oluşan Düzlekler	-
5. Su Toplulukları	5.1 İçsel Sular	5.1.1 Su Yollar	1.843
		5.1.2 Su Kütleleri	28.168
	5.2 Deniz Suları	5.2.1 Kıyı Lagünleri	-
		5.2.2 Haliçler (Nehir Ağızları)	-
		5.2.3 Deniz ve Okyanus	75
TOPLAM ALAN			6.370.372

Genel olarak, havzada yer alan illerde yetiştirilen başlıca tarım ürünlerine aşağıda yer verilmiştir.

Sakarya ili bitkisel üretiminde; mısır üretimi, fındık, şekerpancarı, yem bitkileri ve ayva ön plana geçmektedir. 1.300 hektarlık ekim alanıyla dış mekân süs bitkisi üretiminde Türkiye’de ilk sırada yer almaktadır.

Ankara’da; buğday, yulaf, arpa, bakla, baklagiller, endüstriyel bitkiler, şeker pancarı, yumru bitkiler, patates yetiştirilmektedir.

Konya’dan sonra Türkiye’nin ikinci büyük buğday ambarıdır. Polatlı, Haymana, Koçhisar, Bala ve Çubuk’ta buğday ekimi yaygın olarak yapılmaktadır. Sakarya Nehri ve kollarında yer alan vadilerde çeltik tarlaları mevcuttur. Ayrıca; Armut, üzüm, kavun, karpuz, fasulye, yem bitkileri, mercimek, çeltik, ayçiçeği yetiştirilmektedir.

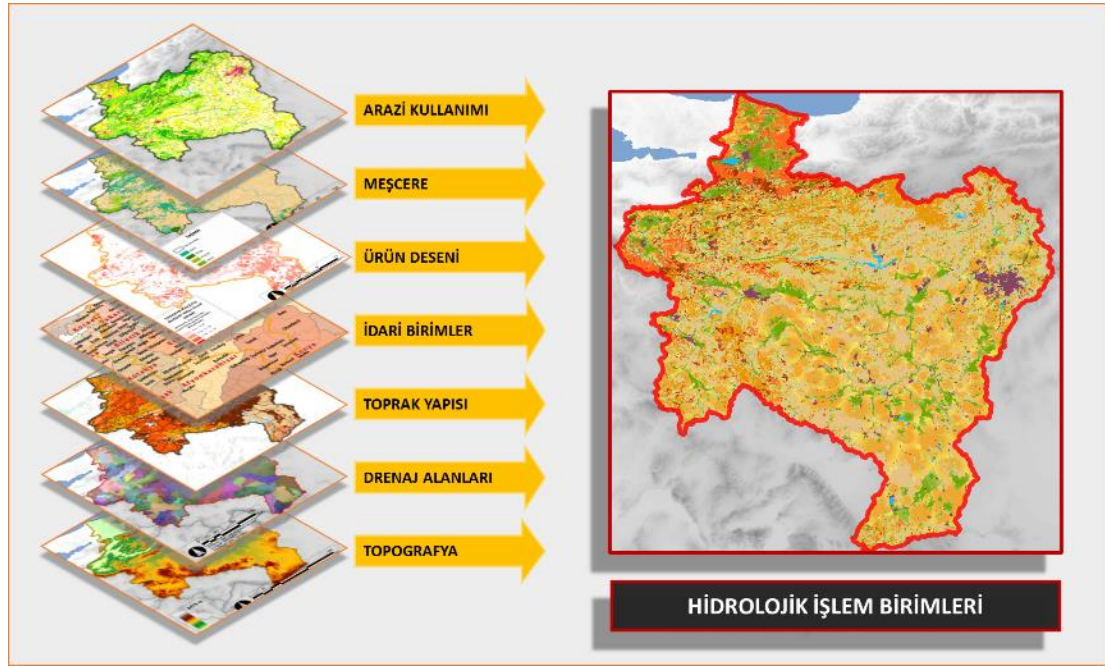
Eskişehir’de özellikle tahıl üretiminde önemli bir paya sahiptir. Şeker pancarı gibi bitkilerin üretiminde de önemli bir yer tutmaktadır. Ekim yapılan arazilerin büyük bir bölümünün kuru arazi olması nedeniyle sahip olunan arazinin tümüne her yıl ekim yapılamamaktadır.

Bolu ilinde; buğday üretimi ilk sırayı almaktadır. Yem bitkilerinden; yonca, fiğ ve korunga önemli bir paya sahiptir. İlde patates üretimi Türkiye genelinde ilk 5 sırada yer almaktadır. Patates üretiminde patates; buğday, silajlık mısır, yonca, korunga, fiğ şeker pancarı tohumu ile münavebeye girmektedir.

Bilecik’te yetişen başlıca tarım ürünleri; buğday, baklagiller, arpa, mısır, ayçiçeği, soğan, sivribiber, domates, patlıcan ve şerbetçiotu sayılmaktadır. Ayrıca; ceviz, üzüm, nar, ayva, kiraz ve karpuz yetiştirilmekte; seracılık da yapılmaktadır (İÇDR, 2014; İÇDR, 2015).

4. VERİ ANALİZİ VE MODEL GİRDİLERİ

Veri analizi aşamasında havzaya ait; drenaj alanları, toprak yapısı, arazi kullanımı, ürün deseni gibi hidrolojik modeli oluşturan elemanların mekânsal analizleri yapılmıştır. Veri analizi aşamasında modelin ihtiyacına göre, farklı kaynaklardan elde edilen bazı veriler entegre edilmiştir. Bu bölümde; model girdileri oluşturulurken gerçekleştirilmiş veri analizi ve entegrasyon işlemleri ayrıntılı olarak işlenecektir. Şekil 4.1’de hidrolojik işlem birimlerinin elde edilmesi için kullanılacak veri girdilerine yer verilmiştir.



Şekil 4.1 : Sakarya Havzası’na ait hidrolojik işlem birimlerinin oluşturulması.

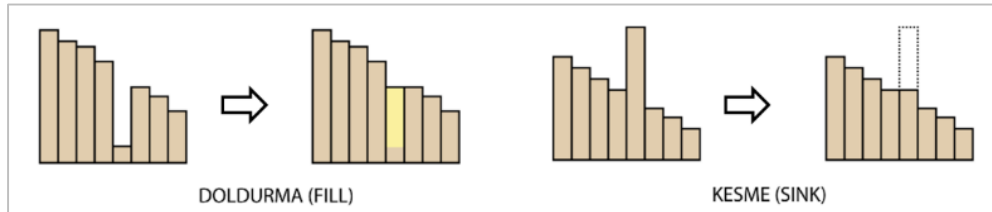
4.1 Topografya

Arazi yüzeyi uygulamalarında, *Sayısal Yükseklik Modeli (DEM – Digital Elevation Model)* yaygın kullanıma sahiptir. Sayısal Yükseklik Modeli, verilerin bir alan üzerinde 3 boyutlu formda gösterilebilmesi için kullanılan bir yüzey kategori sistemidir. En küçük birimi *hücre (pixel)* olarak tanımlanan hücresel verilerden oluşur. Her hücrenin bir kodu ve bir renk aralığına tanımlanmış sayısal bir değeri vardır

(Ercan, 2016). Bu çalışmada; *Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)* tarafından yürütülen *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)* projesine ait, web üzerinden yayımlanan, 30 m x 30 m çözünürlükteki *Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)* 2015 yılı sayısal yükseklik verileri kullanılmıştır.

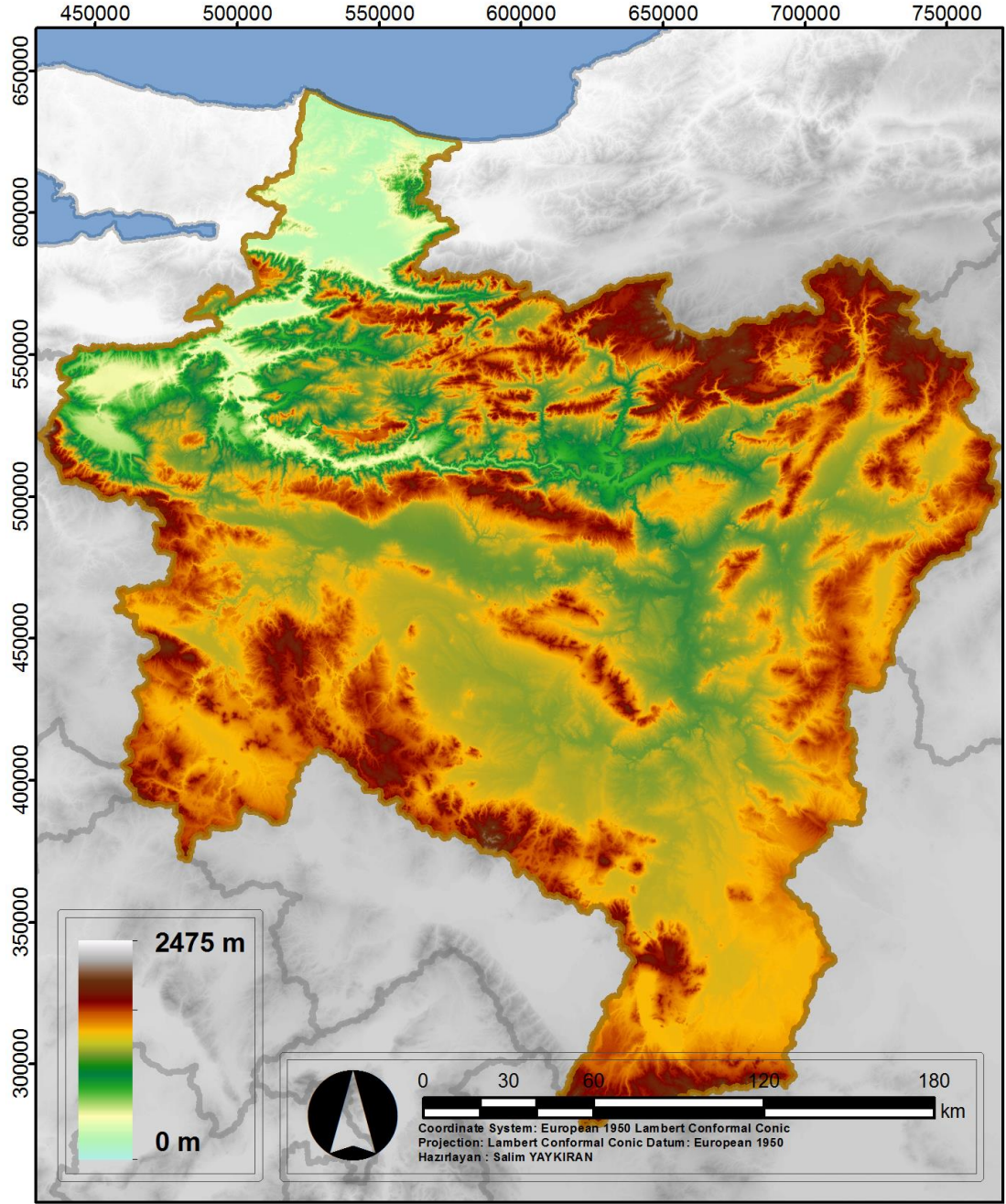
Çalışmada kullanılacak mekânsal verilerin işlenmesi için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) programına ihtiyaç duyulmaktadır. *ESRI (ArcGIS)*, *MAPWINDOW*, *SAGA*, *ILWIS*, *IDRISI*, *GRASS*, *Quantum* gibi CBS programları yaygın kullanıma sahiptir. ESRI'nin bir ürünü olan ArcGIS ticari bir yazılım olmasına karşın kullanıcılarına deneme süresince herhangi bir kısıtlama olmaksızın kullanım hakkı sunmaktadır. Bu çalışmada mekânsal verilerle ilgili işlemlerde ArcGIS yazılımından faydalanılmıştır. Bazı durumlarda SAGA programına da başvurulmuştur.

Sayısal yükseklik modeli enterpolasyon ve veri karmaşıklığından kaynaklanan bazı hatalı değerlere sahip olabilir (Garbetch ve Martz, 1999). Drenaj alanları ve akım ağını belirlemeden önce bu sorunların giderilmesi gerekmektedir. Yapılan bu düzeltmeler Şekil 4.2'de belirtildiği gibi doldurma ve kesme işlemlerinden oluşur. Bir hücre kendinden yüksek hücreler tarafından çevrelendiğinde, akış bu hücreye doğru gerçekleşir ve yüzey akışı oluşmaz. Bu sorunu gidermek *boşluk doldurma (fill)* işlemi yapılır. Yine aynı şekilde bir hücre, kendinden düşük kota sahip çevre hücrelere sahip ise, yüksek kotlu hücreler akışa engel olur. Bu sorunu da ortadan kaldırmak için, *kesme (sink)* işlemi uygulanır (Demirkesen, 2003).



Şekil 4.2 : Sayısal Yükseklik Modeli düzeltme işlemleri, ESRI (2016)'dan uyarlamıştır.

Sakarya Havzası'na ait DEM verisi için, boşluk doldurma ve kesme işlemleri uygulanmış, drenaj alanı işlemleri için hazır hale getirilmiştir. Sakarya Havzası'na ait Sayısal Yükseklik Modeli Şekil 4.3'te verilmiştir. Görüldüğü üzere; havzanın kotu, 0 ile 2.475 metre arasında değişmektedir.



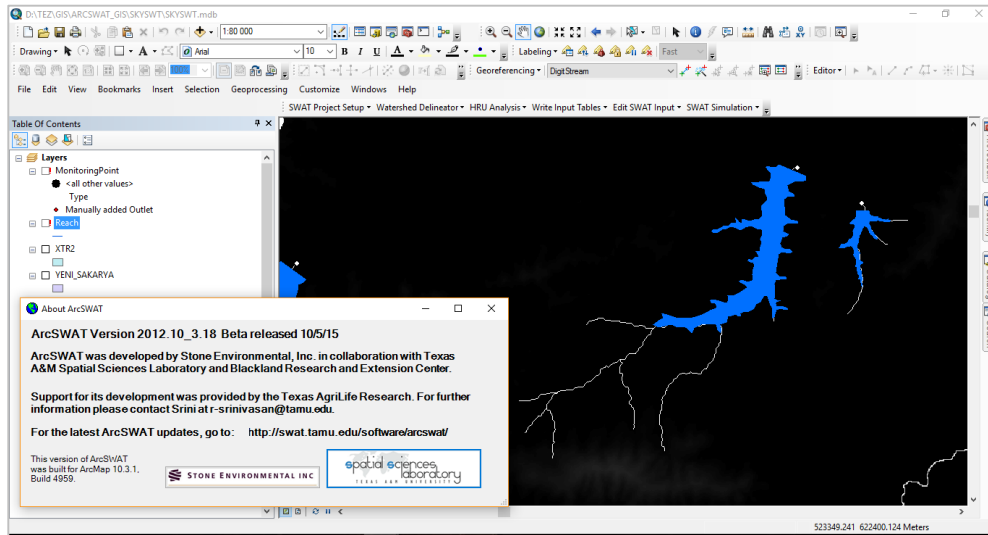
Şekil 4.3 : Sakarya Havzası'nın Sayısal Yükseklik Modeli.

4.1.1 Drenaj alanları ve akım ağının belirlenmesi

Çalışmada kullanılan havza sınır bilgileri *T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*'nden temin edilmiştir. Mekânsal veriler “*Lambert Conformal Conic*” projeksiyonundadır. Yüzeysel akışın elde edildiği alanı çevreleyen yüksek noktaların birleştirilmesiyle drenaj alanları elde edilmektedir. Drenaj alanlarının belirlenmesi, belirlenen çıkış noktası üzerinden yapılmaktadır. Bu noktaya

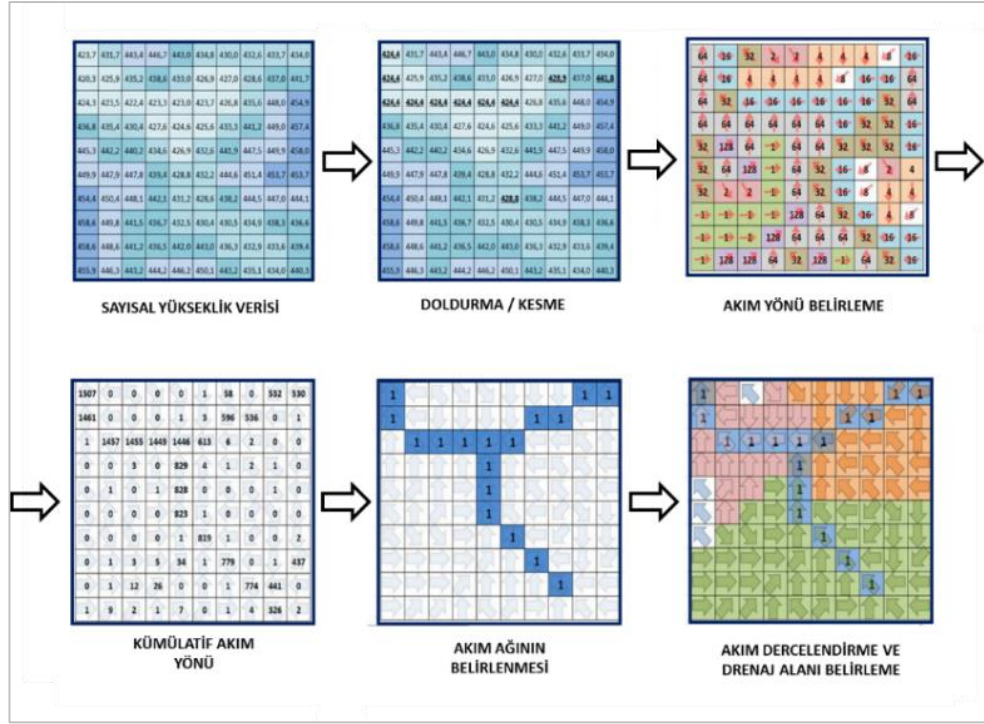
drene olan alan su toplama alanı sınırlarını oluşturmaktadır. Havzanın düzgün analiz edilebilmesi açısından önemli bir süreçtir (Baloch ve Tanık, 2009).

Bu çalışmada; drenaj alanlarının analizinde ArcSWAT programı kullanılmıştır (Şekil 4.4). ArcSWAT, SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) modelinin, ArcMap için geliştirilen bir eklentisidir. Havza sınırının belirlenmesi (*watershed delineation*), programın sadece ilk aşaması olup, istenirse SWAT'ın dâhili veri setleri aracılığıyla, arazi kullanımı, toprak grubu, eğim gibi parametrelerin analizi ve hidrolojik işlem birimlerinin belirlenmesi ve SWAT modelinin kurulumu yapılabilmektedir. ArcSWAT, daha önceden belirlenmiş drenaj alanları veya akım ağı üzerinde çalışmayı da mümkün kılmaktadır. Programda kullanıcı tarafından belirlenen eşik alana göre drenaj alanları, akım ağı ve akım çıkış noktaları otomatik olarak belirlenmektedir.



Şekil 4.4 : ArcSWAT programının ara yüzünden bir örnek.

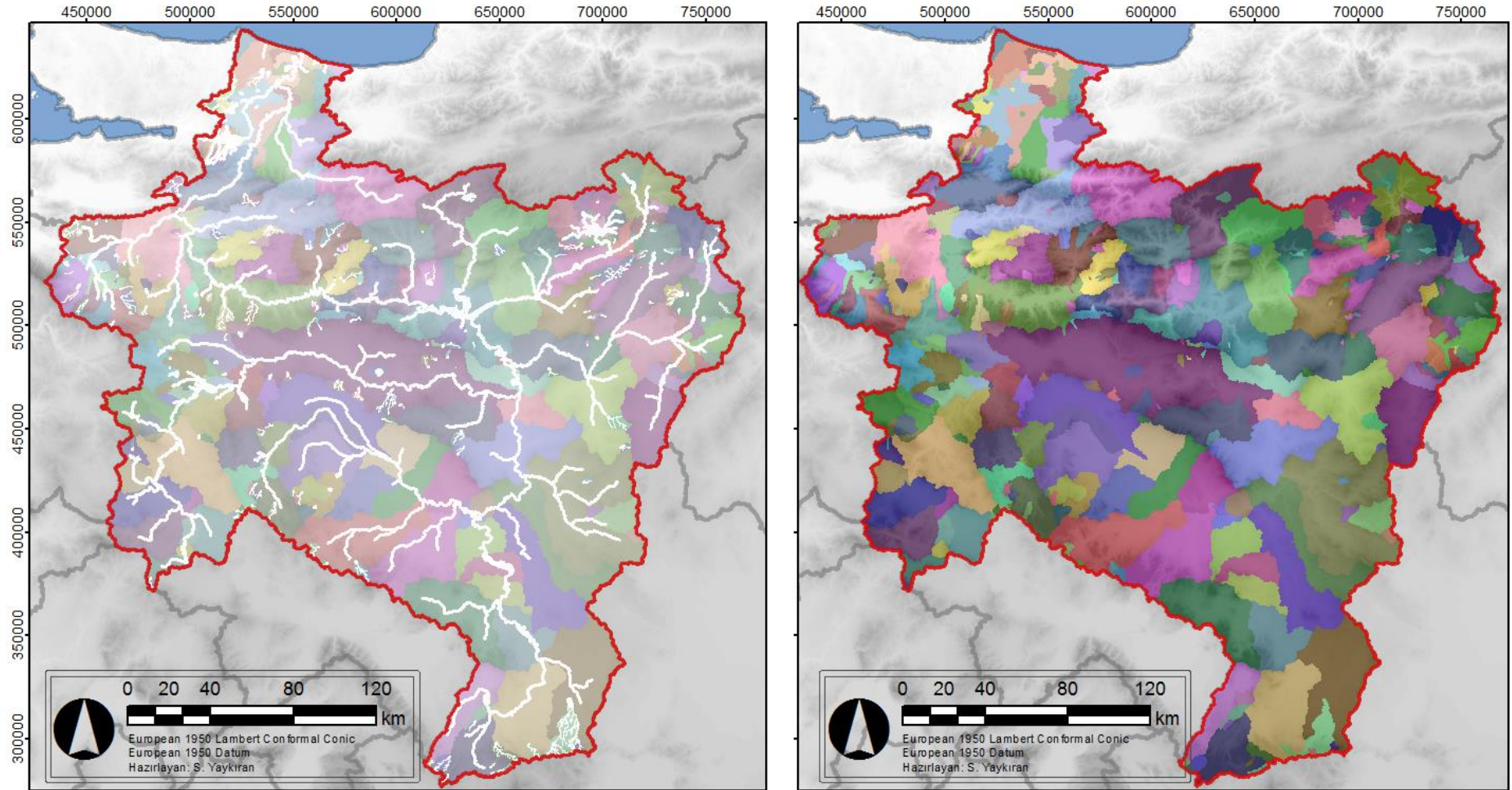
Programın akım ağı ve drenaj alanlarını belirlerken, arka planda kullandığı algoritma birkaç aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle akım yönü belirleme işlemi yapılır. Her bir hücreyi çevreleyen 8 hücreye göre akışın yönü belirlenir. D8 yöntemi olarak adlandırılan bu yönleme göre akış, yükseklik değeri en az olan hücreye doğru olmaktadır. Her bir hücre için belirlenmiş, 2'nin katları olarak numaralandırılmış sayılar, 8 adet yönü ifade etmektedir. Yönler doğudan başlayarak sırayla saat yönünde numaralandırılır. Akım yönleri belirlenen model üzerinden kümülatif akım yönü belirlenir. Drenaj alanında yer alan hücre sayısı hesaplanır ve drenaj alanı ve akım kolları belirlenir. Her bir hücredeki sayılar akış aldığı çevresel hücre sayısını belirtir. Kot değeri en düşük hücreye doğru akış oluşur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Drenaj alanı ve akım ağı belirleme işlemleri, Leão (2013)'ten uyarlanmıştır.

Akım ağı tanımlanırken, kendine özgü tanımlama numarasına sahip yüzeysel akış bölümlerinin hücre sistemi oluşturulur. Belirli bir segmentteki bütün hücreler, segmente özgü olarak aynı grid koduna sahip olurlar. Kullanıcının isteği doğrultusunda, akım ağının yoğunluğuna bağlı olarak, bölümlere ayrılır ve farklı drenaj alanları belirlenir (Demirkese, 2003; El Sheimy ve diğ, 2005).

Bu çalışmada, havza sınırları içerisindeki her bir su kütlesinin bir drenaj alanına sahip olması amaçlanmıştır. Bu nedenle su kütlesinin olduğu alanlarda, akım ağının tam oluşabilmesi için eşik alanı 10 hektar olarak seçilmiş; baraj, göl ve gölet mansapları da çıkış noktası olarak belirlenmiştir. Bu işlem sonucunda göreceli olarak birbirinden farklı büyüklüklerde drenaj alanları elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen akım ağı ve 379 adet drenaj alanı Şekil 4.6 ve Şekil B.1'de gösterilmektedir. Belirlenen drenaj alanlarının, kod ve alan bilgileri Çizelge C.1'de verilmiştir.



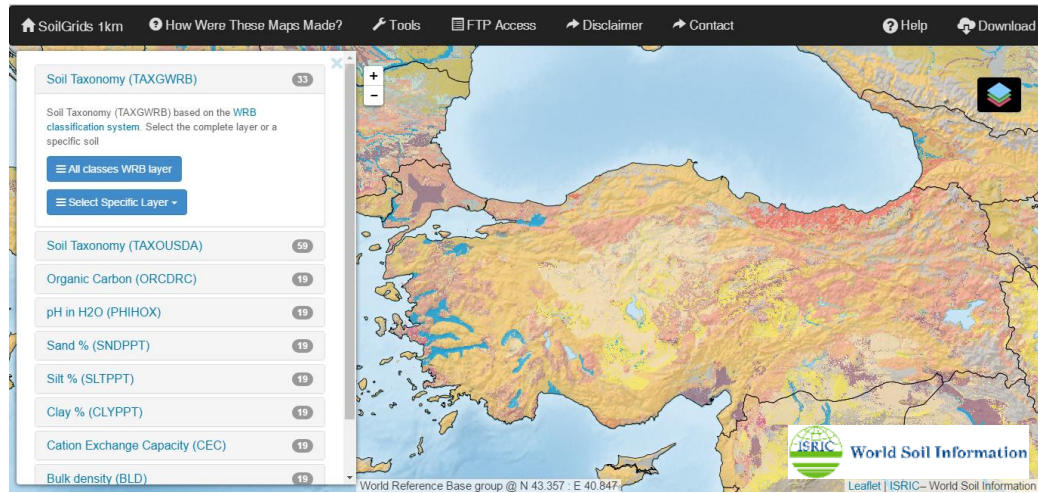
Şekil 4.6 : Sakarya Havzası için belirlenen akım ağı ve drenaj alanları.

4.2 Toprak Yapısı

Toprak yapısıyla ilgili; derinlik, katman kalınlıkları, üst buharlaşma katman kalınlığı ve toprak su kapasitesi verileri gerek duyulmaktadır. Bu amaçla; ulusal ve evrensel veri setlerinden faydalanılmıştır. Verilerin tutarlılığının kontrol edilmesi ve eksik verilerin uygun tahminlerle giderilmesinde literatür çalışmalarına başvurulmuştur.

Havzaya ait toprak özelliklerinin belirlenmesinde; T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan temin edilen 1/25 000 ölçekli il bazındaki ulusal toprak veri tabanı ile küresel ölçekte derlediği toprak verilerini, web üzerinden³ kullanıcılara sunan ISRIC (*Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Servisi*)'in, “*Soil Grid 1 km*” projesine ait veri tabanından faydalanılmıştır (Şekil 4.7).

Ulusal toprak veri tabanında toprak yapısına ait; dâhil olduğu büyük toprak grubu, derinlik, eğim, kaba materyal, arazi sınıfı gibi özellikler ve bu özelliklerin çeşitli kombinasyonları (eğim – derinlik, drenaj - bünye gibi) CBS ortamında bulunmaktadır.

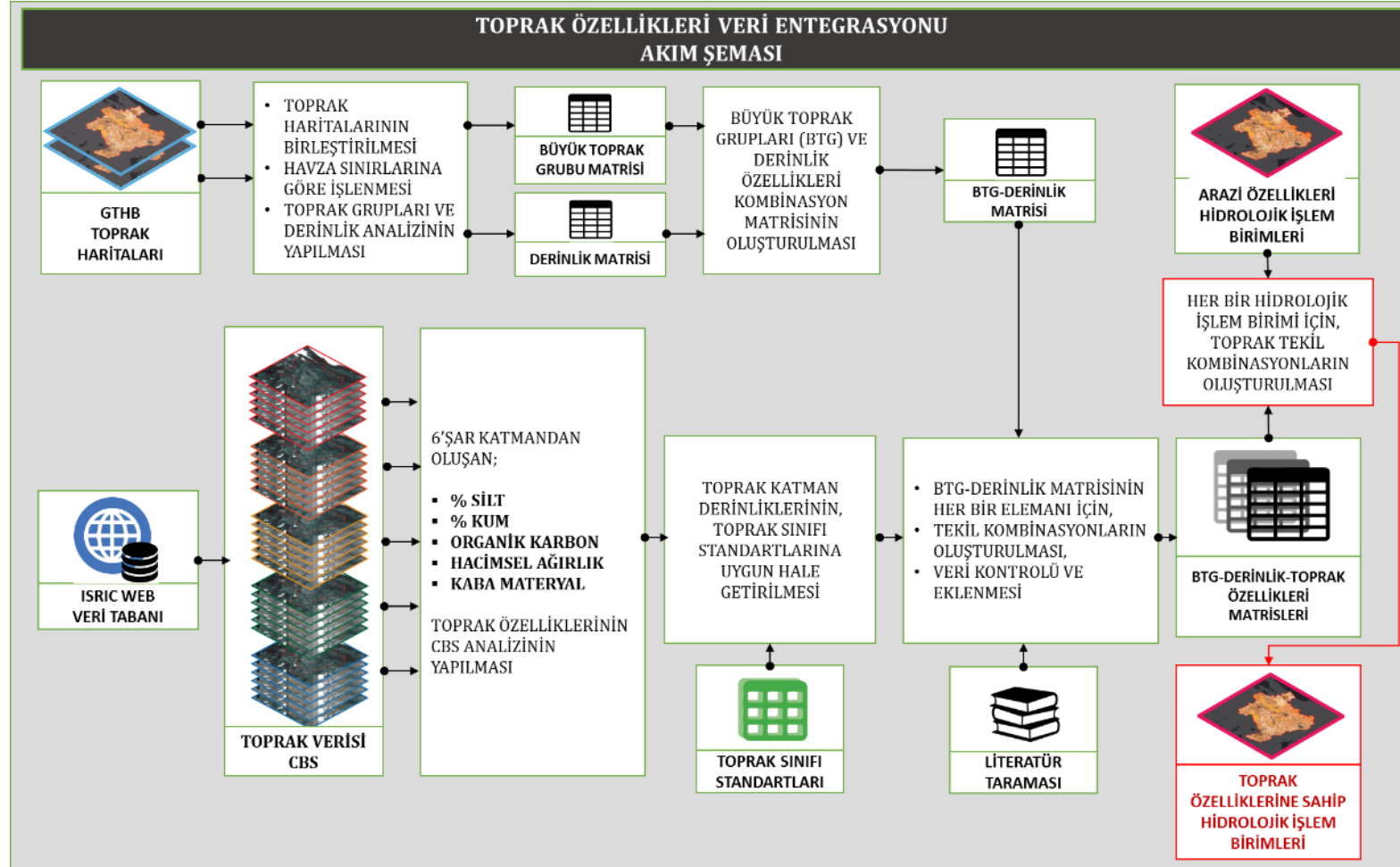


Şekil 4.7 : “ISRIC Soil Grid 1 km” toprak veri tabanı genel görünümü.

ISRIC tarafından yürütülen “*Soil Grid 1 km*” projesinde, küresel çapta toplanan toprak örnekleri ve bölgesel toprak çalışmaları derlenmiş ve 1 km çözünürlüğünde mekânsal bir veri tabanı hazırlanmıştır.

Toprak Özellikleri Veri Entegrasyonunda kullanılan veriler ve yapılan işlemler genel olarak Şekil 4.8’de verilen akım şemasında gösterilmiştir.

³ <http://soilgrids1km.isric.org>

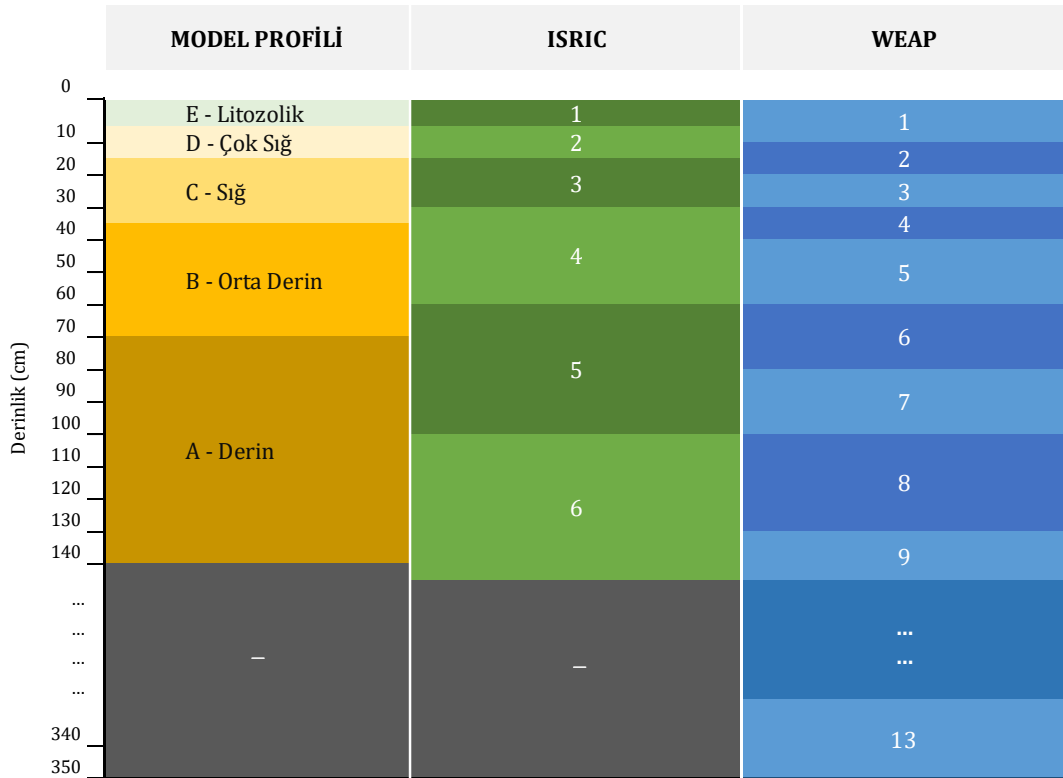


Şekil 4.8 : Toprak Özellikleri Veri Entegrasyonu akım şeması.

4.2.1 Toprak fiziksel özellikleri

Toprak katmanları ve derinlik için yeterli verinin olmaması durumunda WEAP-PGM; FAO kaynaklı, 13 katmandan oluşan toplam derinliği 3,5 m standart bir toprak profilini varsayılan olarak kabul etmektedir. Aynı şekilde ISRIC toprak verileri için, 6 katmandan oluşan 1,5 m derinlikte standart bir toprak profili kullanılmaktadır (Şekil 4.9). Ulusal toprak veri tabanında, derinlikler belirli aralıklara göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında ulusal toprak veri tabanı derinlik verileri kullanılmıştır.

Etkili toprak derinliği, toprak yüzeyinden bitki köklerinin aşağıya doğru gelişmesini engelleyen katmana kadar olan derinliği ifade eder. Bitkiler, su ve besin maddelerini üst topraktan almakla birlikte, 150 cm'ye kadar olan derinlik bitki gelişimini önemli derecede etkilemektedir. Etkili kök derinliğinin, toprak derinliği olarak kabul edilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür. Toprak Arazi Sınıflandırma Standartları için verilen derinlik aralıklarından ortalama değerler seçilmiştir (Çizelge 4.1). Bu işlem sonucunda Sakarya Havzası için belirlenen toprak derinlikleri Şekil 4.10'da verilmiştir.

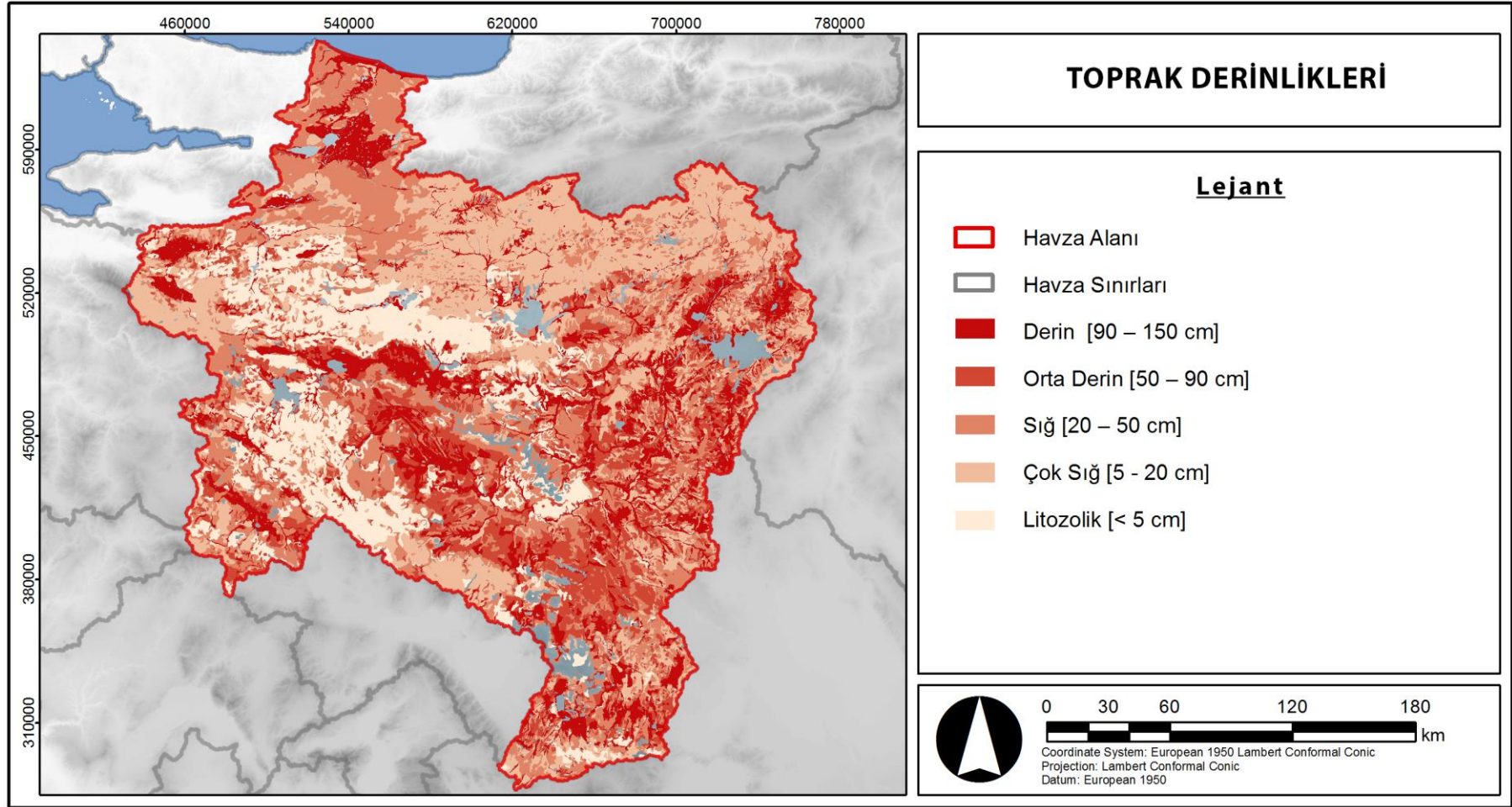


Şekil 4.9 : ISRIC, WEAP ve modelde kullanılacak profil için toprak katmanlarının karşılaştırılması.

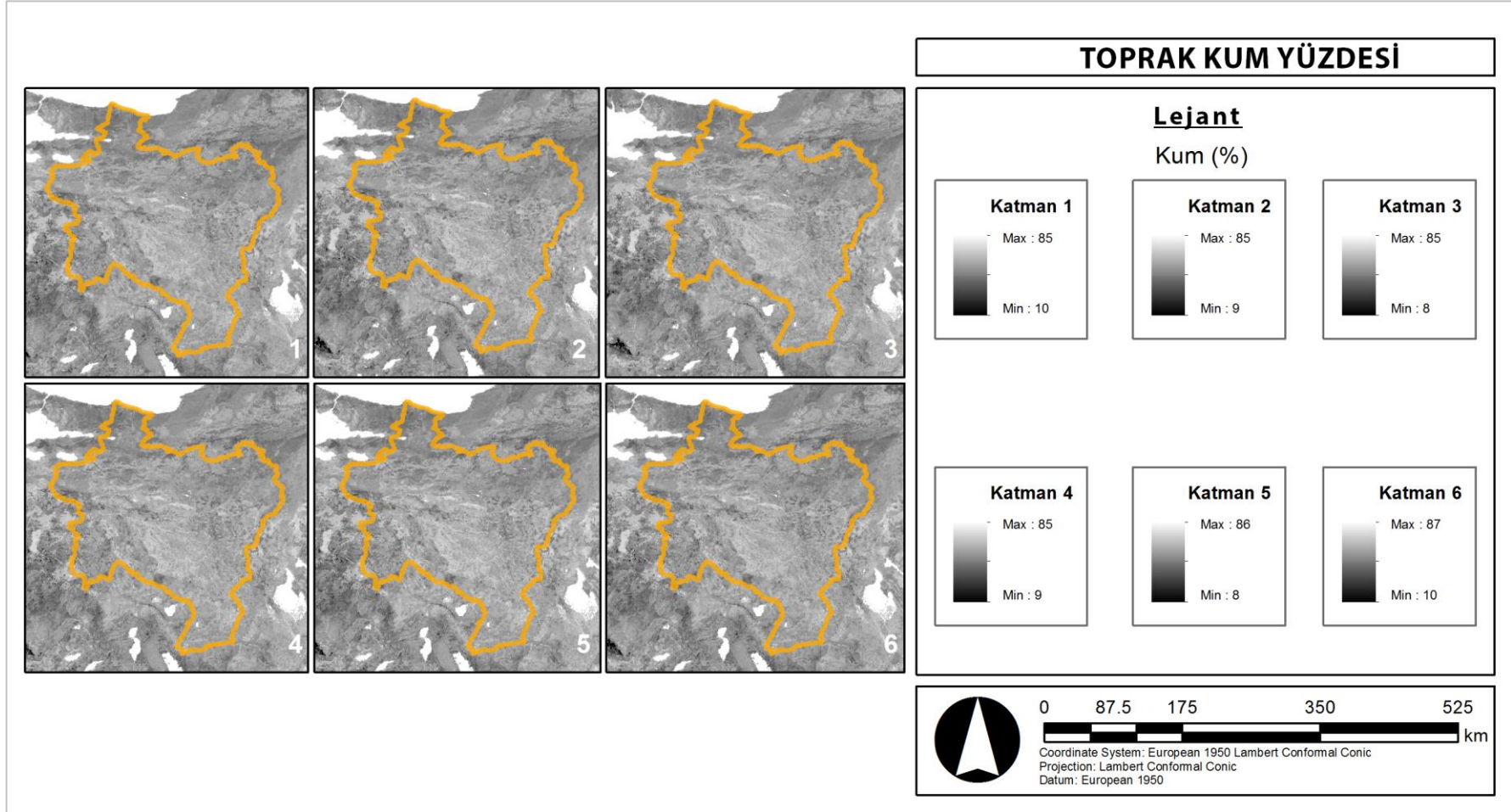
Çizelge 4.1 : Standartlara göre derinlik sınıfları ve seçilen derinlikler

Derinlik Sınıfı	Derinlik Tanımı	Derinlik Aralığı	Seçilen Toprak Derinliği
-	Çok derin	150 + cm.	-
A	Derin	90 – 150 cm.	140 cm
B	Orta derin	50 – 90 cm.	70 cm
C	Sığ	20 – 50 cm.	35 cm
D	Çok sığ	0 - 20 cm.	15 cm
E	Litozolik	-	5 cm

ISRIC veri seti; belirlenmiş 6 toprak katmanının her biri için; taksonomi, tekstür, hacimsel ağırlık, organik karbon yüzdesi gibi toprağa ait interpolate edilmiş veriler içermektedir. Bu verileri, CBS ortamında işlem yapabilmek amacıyla raster verisi olarak da elde edebilmek mümkündür. Bu amaçla çalışma bölgesini kapsayan alanlar için ilgili özelliklerinin raster verileri elde edilmiştir. Örnek olarak Sakarya Havzası’ndaki topraklarda; ISRIC’in belirlediği 6 katman için ortalama kum yüzdeleri Şekil 4.11, Şekil D.1 - D.4’te verilmiştir. Raster verileri; ulusal veri tabanındaki *toprak grubu – derinlik* kombinasyon alanları ile kesiştirilerek, her biri için ortalama değerler hesaplanmıştır. Bu işlemler; her bir toprak yapısına ait, 6 katman için uygulanmıştır. Sonuç olarak her bir *toprak grubu – derinlik* kombinasyonu için; silt yüzdesi, kum yüzdesi, organik karbon, hacimsel ağırlık ve kaba materyal özelliklerinin 6’şar katman olarak, ortalama değerlerini içeren, 30 adet raster verisi elde edilmiştir.



Şekil 4.10 : Sakarya Havzası'nda belirlenen toprak derinlikleri.

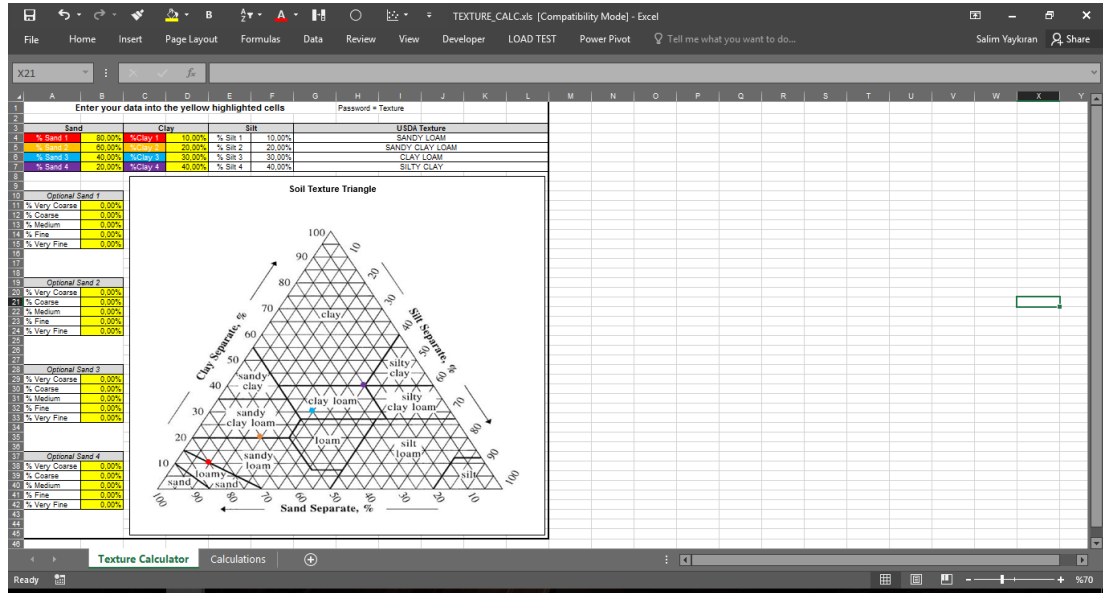


Şekil 4.11 : Sakarya Havzası'nda; ISRIC'in belirlediği 6 katman için ortalama kum yüzdeleri.

Toprağın içerdiği organik madde miktarı; organik karbon yüzdeleri belirli bir katsayı ile çarpılarak elde edilmiştir. Toprak analizlerinde yaygın olarak, organik maddenin %58'inin karbon olduğu kabulüne göre, dönüşüm faktörü olarak 1,72 ya da 1,724 kullanılmaktadır (Tüzüner, 1990). Dönüşüm faktörünün 2 seçilmesinin daha uygun olduğu, organik maddenin %50'sinin karbon olduğu kabulüne dair çalışmalar da yapılmıştır (Pribyl, 2010). Bazı çalışmalarda, iki katsayının farklı toprak durumuna göre (orman ve işlenmiş toprak için) farklı uyum gösterdiği de görülmüştür (Baize, 1988). Bu çalışma kapsamında ise ISRIC veri setinde yer alan organik karbon yüzdeleri 1,724 sabiti ile çarpılarak organik madde miktarları elde edilmiştir (Denklem 4.1).

$$\text{Organik Madde (\%)} = \text{Organik Karbon} * 1,724 \quad (4.1)$$

Toprağın içerdiği; 2 mm'den küçük primer (kum, silt ve kil) kümelerinin yüzdelik oranları, toprak tekstürünü (bünye) ifade eder. Havza'nın toprak tekstürü; ISRIC kum ve silt yüzdeleri verisi kullanılarak; USDA web sitesinden ulaşılabilen⁴; *Excel tekstür hesaplama hesap tablosu* aracılığıyla hesaplanmıştır. Hesap tablosu örneği Şekil 4.12'de verilmiştir.



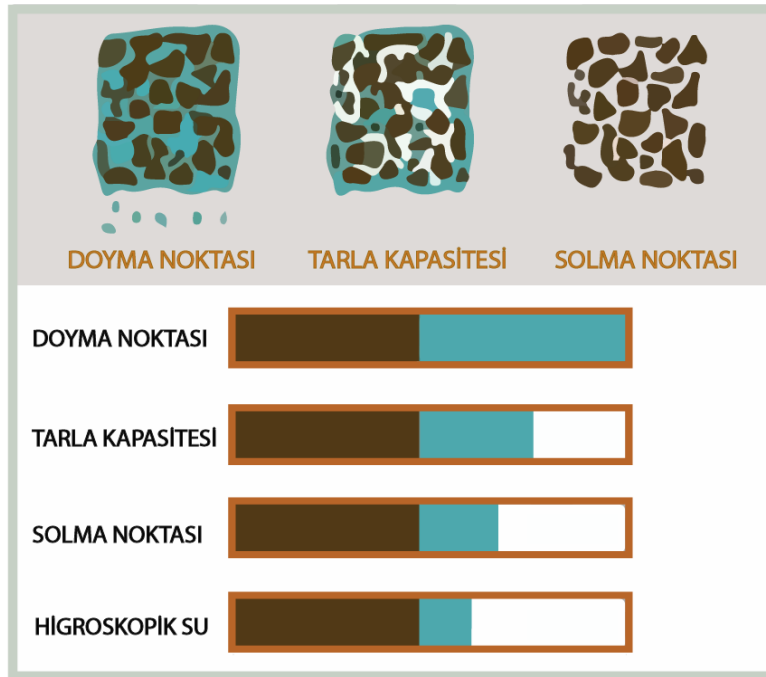
Şekil 4.12 : Excel tekstür hesaplama hesap tablosu

⁴ https://prod.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053196.xls

4.2.2 Toprak hidrolik özellikleri

Toprak-su-bitki ilişkisinde, suyun toprak içindeki; tutulma şekli, miktarı ve hareketine göre toprak nem sabitleri belirlenmiştir. Toprak nem sabitleri; doyma noktası, tarla kapasitesi, solma noktası ve higroskopik su olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.13).

Toprak gözeneklerinin tamamen su ile dolu olduğu koşulda toprakta bulunan nem miktarına doyma noktası denilmektedir. Doyma noktasında toprak nem gerilimi 0 atm'dir. Tarla kapasitesi, serbest drenaj koşullarında toprak parçacıklarının yerçekimine karşı bünyesinde tuttuğu su miktarını ifade eder. Toprak su tutma karakteristiği bir toprak özelliği olmasına rağmen, tarla kapasitesi bir sürece bağımlı bir değerdir. Tarla kapasitesini yaklaşık olarak 1/3 atm basınç altında tutulabilen toprak su içeriğine karşılık gelmektedir. Bitkilerin topraktan su alamadıkları ve solmaya başladıkları; toprağa su verilse bile eski durumuna dönemedikleri koşulda toprakta bulunan nem miktarı, solma noktasını ifade eder. Solma noktası, toprak daneleri tarafından 15 atm'de tutulan nem miktarı biçiminde de tanımlanmaktadır. Higroskopik su, genel olarak kuru bir toprağın nispi nemi %98 olan havadan absorbe ettiği nem miktarı olarak tanımlanır. Higroskopik su esas olarak toprak danelerinin yüzeylerinde ince bir tabaka şeklinde tutulan suyu ifade eder (Karahan ve diğ. 2014; Colman, 1947; Yazgan, 2008).



Şekil 4.13 : İçerdiği su miktarına göre toprağın durumu (UBC, 2013'den uyarlanmıştır).

WEAP toprak hidrolojik özelliklerini belirlerken; toprağın hidrolik karakteristik eğrilerini, basınç yükünün ve su içeriğinin bir fonksiyonu olarak ifade eden Van Genuchten (1980) modelinden faydalanmaktadır. Van Genuchten eşitliği, denklem 4.2’de verilmiştir. Denklemde; $\theta(h)$, h matris potansiyelinin (kPa) ve su içeriğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilir. (Genuchten, 1980).

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha * h)^n)^m} \quad (4.2)$$

Doygun nem içeriği, tarla kapasitesi ve solma noktası, h için 0, 100 ve 1.500 kPa toprak nem gerilimi değerleri için Van-Genuchten modeli kullanılarak denklem 4.3 – 4.5’te verilen formüllerle hesaplanır.

$$\theta_s = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha * 0)^n)^m} \quad (4.3)$$

$$\theta_{FC} = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha * 100)^n)^m} \quad (4.4)$$

$$\theta_{WP} = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + (\alpha * 1500)^n)^m} \quad (4.5)$$

Denklemlerde;

θ_s : doyun nem içeriğini,

θ_r : kalıcı nem içeriğini,

θ_{FC} : tarla kapasitesini,

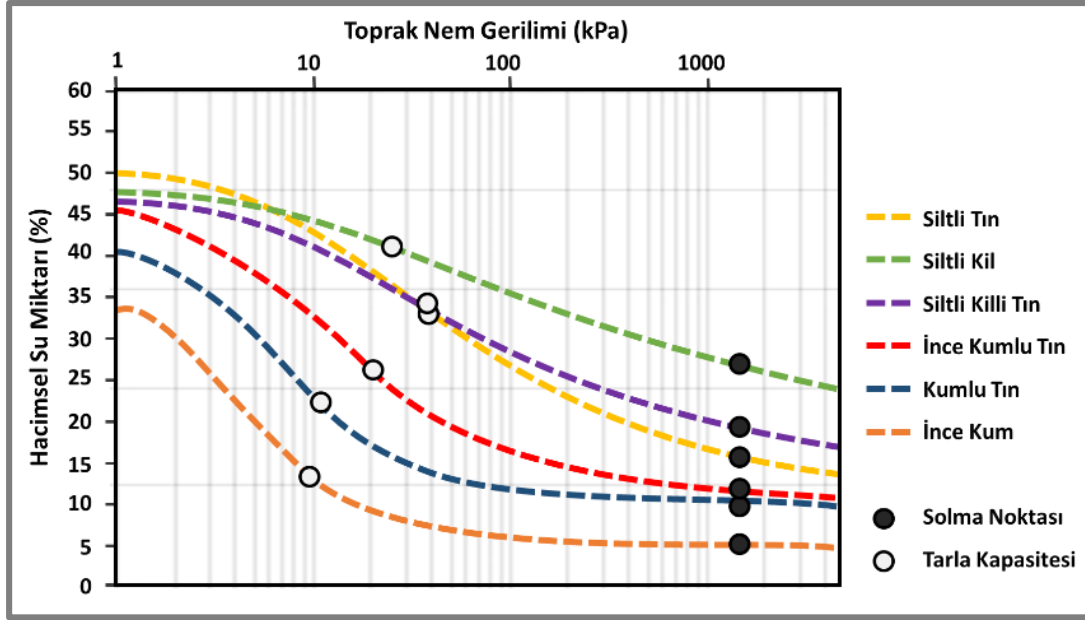
θ_{WP} : solma noktasını,

α : ana kuruma eğrisi katsayısını,

n : eğri şekil faktörünü,

m : deney sabitini ifade eder.

Bazı toprak tekstür sınıfları için su tutma eğrileri Şekil 4.14'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi toprak tekstürüne bağlı olarak hacimsel su miktarları ve tarla kapasiteleri değişmektedir. Modelde; tarla kapasitesi için 100 kPa; solma noktası için 1500 kPa nem gerilimine karşılık gelen hacimsel su miktarları hesaplanmaktadır.



Şekil 4.14 : Farklı toprak tekstürleri için su tutma eğrileri, Martin ve diğ. (2012)'den uyarlanmıştır.

Toprağın temel özelliklerinden faydalanarak, ölçümü yapılmamış parametrelerin fonksiyonel özelliklerini tahmin etmek amacıyla *Pedotransfer eşitlikler (PTF)* geliştirilmiştir (McBratney ve diğ. 2006).

WEAP; toprak su kapasitesini hesaplamak için, seçilen metoda göre farklılık gösteren pedotransfer fonksiyonlardan faydalanmaktadır. WEAP-PGM'de kullanılan Pedotransfer fonksiyonlar ve gerekli toprak özellikleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : WEAP-PGM'de PTF ve hesaplanması için gerekli parametreler.

PTF	Gerekli Toprak Özellikleri
Jabloun ve Sahli (2006)	Tekstür
Vereecken ve diğ. (1989)	Tekstür, Hacimsel ağırlık, Organik madde içeriği
Wösten ve diğ. (1999)	Tekstür, Hacimsel ağırlık, Organik madde içeriği

Wösten ve diğ. (1999) yaptıkları çalışmada, HYPRESS⁵ veri setinden elde ettikleri; tekstür, organik madde (humus) içeriği ve hacimsel ağırlık özelliklerini Van-Genuchten su tüketim fonksiyonu parametrelerini tahmininde kullanmışlardır. (Jabloun, 2012). Wösten ve diğ. (1999) pedotransfer fonksiyonları denklem 4.6 – 4.9’da verilmiştir.

$$\begin{aligned} \theta_s = & 0.7919 + 0.001691(Cl) - 0.29619(BD) - 0.000001491(Si^2) \\ & + 0.0000821(OM^2) + (0.02427)/Cl + 0.01113/Si \\ & + 0.01472 \ln(Si) - 0.0000733(OM)(Cl) - 0.000619(BD)(Cl) \\ & - 0.001183(BD)(OM) - 0.0001664(Si) \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$\theta_r = 0.01 \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} a = & \exp[-14.96 + 0.03135(Cl) + 0.0351(Si) + 0.646(OM) + 15.29(BD) \\ & - 0.192 - 4.671(BD^2) - 0.000781(Cl^2) - 0.00687(OM^2) \\ & + 0.0449/OM + 0.0663 \ln(Si) + 0.1482 \ln(OM) \\ & - 0.04546(BD)(Si) - 0.4852(BD)(OM) + 0.00673(Cl)] \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} n = & \exp[-25.23 - 0.02195(Cl) + 0.0074(Si) - 0.194(OM) + 45.5(BD) \\ & - 7.24(BD^2) + 0.0003658(Cl^2) + 0.002885(OM^2) \\ & - 12.81/BD - 0.1524/Si - 0.01958/OM - 0.2876 \ln(Si) \\ & - 0.0709 \ln(OM) - 44.6 \ln(BD) - 0.02264(BD)(Cl) \\ & + 0.0896(BD)(OM) + 0.00718(Cl)] + 1 \end{aligned} \quad (4.9)$$

Denklemlerde;

Cl, Si, Sa : sırasıyla; Kil, Silt, Kum yüzdelelerini,

BD : hacimsel ağırlığı,

OM : organik madde içeriği,

α : ana kuruma eğrisi katsayısını,

n : eğri şekil faktörünü ifade eder.

Kaba materyal yapısı (taşlılık), toprağın su tutma kapasitesini etkiler. Bu nedenle tarla kapasitesi ve solma noktası; denklem 4.10 ve 4.11’de belirtildiği üzere düzeltilir.

⁵ HYPRESS; 12 Avrupa ülkesinde 20 kurum tarafından 5521 adet toprak örneğine ait fiziksel ve hidrolik özelliklerine sahip bir veri seti içermektedir.

$$FC'p = FCp * (1 - CFp) \quad (4.10)$$

$$WP'p = WPp * (1 - CFp) \quad (4.11)$$

Denklemlerde;

$FC'p$: düzeltilmiş tarla kapasitesini,

FCp : toprak profilinin tarla kapasitesini,

$WP'p$: düzeltilmiş solma noktasını,

WPp : toprak profilinin solma noktasını,

CFp : toprak profilindeki kaba materyal yapısı (taşlılık) oranını ifade eder.

Modelde, hacimsel olarak kalıcı (*residual*) su içeriği (θ_r) ve doygun (*saturated*) su içeriği değerleri (θ_s) Rosetta veri setinden alınmaktadır. Rosetta, ölçülmüş veri setlerinden faydalananarak, genel toprak özelliklerinden hidrolik parametre değerlerini belirlemek amacıyla hazırlanmış bir bilgisayar programdır (Rosetta, 1999).

Solma noktası, tarla kapasitesi, hidrolik iletkenlik parametreleri, Van-Genuchten hidrolik modeliyle, pedotransfer fonksiyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Toprağın su tutma kapasitesini bulmak için Pedotransfer fonksiyonunda; toprağın kil ve silt yüzdeleri, organik madde içeriği (g/kg) ve hacimsel ağırlığı (g/cm^3) parametreleri kullanılacaktır. Toprağın her bir katmanına ait; tekstür, organik madde içeriği, taşlılık ve hacimsel ağırlık parametrelerine ait veriler “ISRIC Soil Grid 1 km” çalışmasından temin edilmiştir.

Doygun hidrolik iletkenlik katsayısı (K_s), piyozimetrik eğime bağlı olarak toprağın su iletimini ifade eder. Yağışın yüzeysel akış ve toprağa sızma oranını önemli ölçüde belirler. Tarımsal ve hayvancılık faaliyetleri gibi arazi kullanımı yüzey toprağının özelliklerini, dolayısıyla hidrolik iletkenliği etkilemektedir (Jang ve diğ. 2002). Örneğin doğal orman topraklarının üst horizonlarında organik madde içeriğinin fazla olması nedeniyle hidrolik iletkenlik değerleri daha yüksektir (Göl ve diğ. 2004). Toprak tekstürüne bağlı olarak değişen hidrolik iletkenlik katsayısı değerleri için Rosetta veri setinin ortalama değerleri kullanılmıştır. USDA tarafından belirlenen 12 toprak sınıfına göre, Rosetta veri setindeki toprakların hidrolik parametrelerinin ortalama değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

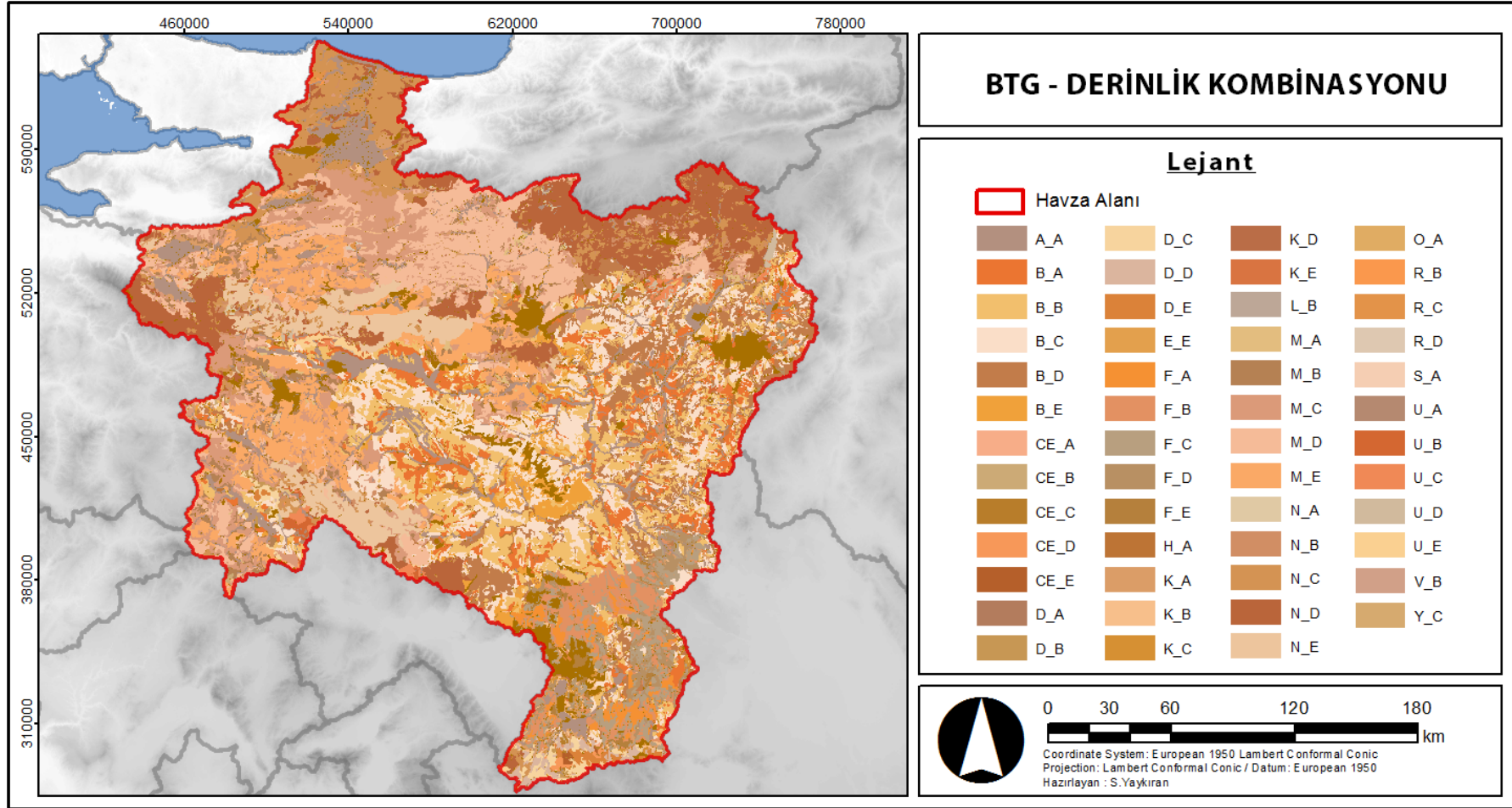
Çizelge 4.3 : Rosetta toprak veri seti hidrolik parametreleri için ortalama değerler (Rosetta, 1999’dan uyarlanmıştır).

Tekstür Sınıfı	θ_r cm ³ /cm ³	θ_s cm ³ /cm ³	$\log(a)$ log(1/cm)	$\log(n)$ log10	K_s log(cm/gün)	K_s (mm/gün)
Kil	0.098	0.459	-1.825	0.098	1.169	147.57
Killi Tın	0.079	0.442	-1.801	0.151	0.913	81.85
Tın	0.061	0.399	-1.954	0.168	1.081	120.50
Kumlu Tın	0.049	0.390	-1.459	0.242	2.022	1051.96
Kum	0.053	0.375	-1.453	0.502	2.808	6426.88
Siltli Kil	0.117	0.385	-1.476	0.082	1.055	113.50
Siltli Killi Kum	0.063	0.384	-1.676	0.124	1.12	131.83
Siltli Tın	0.039	0.387	-1.574	0.161	1.583	382.82
Silt	0.05	0.489	-2.182	0.225	1.641	437.52
Siltli Kil	0.111	0.481	-1.790	0.121	0.983	96.16
Siltli Killi Tın	0.09	0.482	-2.076	0.182	1.046	111.17
Silt Tın	0.065	0.439	-2.296	0.221	1.261	182.39

Çalıştırılan modelde *doğun hidrolik iletkenlik katsayısı*, kalibrasyon parametrelerinden biri olarak kullanılmıştır. Katsayı belirlenirken; Çizelge 4.3’te verilen değerlere uygun olmasına dikkat edilmiştir.

4.2.3 Entegrasyon işlemi sonuçları

Aynı derinlik, toprak grubuna göre farklı etkiler göstermektedir. Bu nedenle, ulusal toprak veri tabanından elde edilen veriler için *BTG (Büyük Toprak Grubu) – derinlik kombinasyonu* oluşturulmuştur. BTG-derinlik kombinasyonunun her bir elemanının mekânsal alanına karşılık gelen ISRIC verisinin, piksel değerlerinin ortalamaları hesaplanmış; herbir kombinasyon grubu için toprağın fiziksel ve hidrolik özellikleri analiz edilmiştir. Sakarya Havzası’nda yer alan toprakların, BTG - derinlik kombinasyonu Şekil 4.15’te, analiz sonuçları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’te verilmiştir..



Şekil 4.15 : Sakarya Havzası'nda yer alan toprakların, büyük toprak grubu - derinlik kombinasyonları.

Çizelge 4.4 : BTG – Derinlik Kombinasyonları için analiz sonuçları.

BTG ve Derinlik Kombinasyonu	Kum %	Kil %	Silt %	Toprak Tekstürü	Su Kapasitesi (%)	Hidrolik İletkenlik (Ks)
A_A	40,3	25,4	34,3	Tın	7,6	120,5
B_A	41,2	24,5	34,3	Tın	7,8	120,5
B_B	40,4	24,5	35,1	Tın	7,4	120,5
B_C	41,1	22,8	36,1	Tın	6,8	120,5
B_D	41,6	21,1	37,3	Tın	5,5	120,5
B_E	42,9	19,7	37,3	Tın	4,7	120,5
C_A	45,6	21,2	33,2	Tın	8,2	120,5
CE_A	36,1	29,5	34,5	Killi Tın	6,0	81,8
CE_B	35,7	29,1	35,2	Killi Tın	4,3	81,8
CE_C	38,3	25,7	36,0	Tın	1,1	120,5
CE_D	38,8	24,7	36,5	Tın	0,1	120,5
CE_E	42,3	21,8	36,0	Tın	0,0	120,5
D_A	37,1	28,8	34,1	Killi Tın	5,9	81,8
D_B	36,9	28,1	35,1	Killi Tın	4,4	81,8
D_C	39,4	25,7	34,8	Tın	2,6	120,5
D_D	41,7	22,9	35,4	Tın	0,1	120,5
D_E	41,1	22,3	36,6	Tın	0,0	120,5
E_A	37,3	28,4	34,4	Killi Tın	4,8	81,8
E_B	37,0	28,0	35,1	Killi Tın	3,0	81,8
E_C	37,8	27,2	35,0	Killi Tın	1,2	81,8
E_D	39,7	24,0	36,3	Tın	0,0,	120,5
E_E	40,8	22,8	36,4	Tın	0,0	120,5
F_A	41,2	24,9	33,9	Tın	8,1	120,5
F_B	40,3	24,7	34,9	Tın	7,7	120,5
F_C	40,5	23,8	35,7	Tın	7,2	120,5
F_D	42,8	20,8	36,4	Tın	6,8	120,5
F_E	41,4	21,7	36,9	Tın	3,3	120,5
G_A	41,4	25,5	33,1	Tın	4,3	120,5
G_B	41,5	25,0	33,5	Tın	1,0	120,5
G_C	40,1	24,1	35,7	Tın	0,1	120,5
G_D	40,9	21,5	37,6	Tın	0,0	120,5
H_A	43,7	23,0	33,3	Tın	8,1	120,5
K_A	39,4	26,5	34,2	Tın	6,7	120,5
K_B	38,7	26,3	35,0	Tın	6,3	120,5
K_C	39,4	24,9	35,8	Tın	5,3	120,5
K_D	40,7	22,6	36,7	Tın	2,5	120,5
K_E	39,6	21,2	39,2	Tın	6,2	120,5
L_A	42,4	23,0	34,6	Tın	8,3	120,5
L_B	40,1	24,0	35,8	Tın	7,9	120,5

Çizelge 4.4 (devam) : BTG – Derinlik Kombinasyonları için analiz sonuçları.

BTG ve Derinlik Kombinasyonu	Kum %	Kil %	Silt %	Toprak Tekstürü	Su Kapasitesi (%)	Hidrolik İletkenlik (Ks)
L_C	40,4	22,9	36,8	Tın	7,5	120,5
L_D	40,7	21,2	38,1	Tın	7,9	120,5
M_A	36,9	28,1	35,1	Killi Tın	5,5	81,8
M_B	37,2	27,5	35,3	Killi Tın	3,5	81,8
M_C	39,1	24,8	36,1	Tın	0,6	120,5
M_D	41,5	21,6	36,9	Tın	0,0	120,5
M_E	42,9	20,6	36,5	Tın	0,0	120,5
N_A	38,7	27,1	34,2	Killi Tın	5,1	81,8
N_B	37,1	27,4	35,5	Killi Tın	3,5	81,8
N_C	37,8	24,9	37,3	Tın	0,3	120,5
N_D	41,1	21,7	37,2	Tın	0,0	120,5
N_E	42,3	21,0	36,6	Tın	0,0	120,5
O_A	41,8	24,6	33,6	Tın	7,6	120,5
P_A	38,1	26,1	35,8	Tın	3,4	120,5
P_B	36,3	26,2	37,5	Tın	1,7	120,5
P_C	39,1	23,7	37,2	Tın	0,1	120,5
P_D	38,6	22,0	39,4	Tın	0,0	120,5
R_A	37,6	28,4	34,0	Killi Tın	4,8	81,8
R_B	37,4	27,6	35,0	Killi Tın	4,2	81,8
R_C	35,3	26,6	38,1	Tın	2,2	120,5
R_D	37,6	24,0	38,4	Tın	0,2	120,5
R_E	40,4	22,2	37,4	Tın	0,0	120,5
S_A	44,8	24,4	30,8	Tın	3,2	120,5
T_C	37,4	27,9	34,7	Killi Tın	1,0	81,8
T_D	38,9	26,3	34,8	Tın	0,2	120,5
T_E	40,7	22,3	37,0	Tın	0	120,5
U_A	37,0	28,8	34,3	Killi Tın	5,9	81,8
U_B	38,5	27,1	34,3	Killi Tın	5,1	81,8
U_C	39,3	25,3	35,5	Tın	3,5	120,5
U_D	39,6	23,4	37,1	Tın	0,5	120,5
V_A	39,4	26,6	34,0	Tın	6,4	120,5
V_B	34,2	29,1	36,7	Killi Tın	5,4	81,8
V_C	38,4	25,8	35,8	Tın	3,0	120,5
Y_C	43,6	21,8	34,6	Tın	0,1	120,5
Z_A	41,1	24,0	34,9	Tın	8,3	120,5
Z_B	41,2	23,4	35,4	Tın	8,0	120,5
Z_C	42,5	21,6	35,9	Tın	7,9	120,5
Z_D	47,2	18,3	34,5	Tın	7,9	120,5
A_A	40,3	25,4	34,3	Tın	7,6	120,5

Çizelge 4.5 : BTG – Derinlik Kombinasyonları derinlikleri.

BTG-Derinlik	Büyük Toprak Grubu	Derinlik (cm)	Katman Derinlikleri ¹ (cm)
A_A	Alüvyal Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
B_A	Kahverengi Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
B_B	Kahverengi Topraklar	70	50 – 100 – 200 – 350
B_C	Kahverengi Topraklar	35	50 – 100 – 200
B_D	Kahverengi Topraklar	15	50 – 100
B_E	Kahverengi Topraklar	5	50
C_A	Tuzlu-Alkali Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
CE_A	Kestanerengi Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
CE_B	Kestanerengi Topraklar	70	50 – 100 – 200 – 350
CE_C	Kestanerengi Topraklar	35	50 – 100 – 200
CE_D	Kestanerengi Topraklar	15	50 – 100
CE_E	Kestanerengi Topraklar	5	50
D_A	Kırmızımsı Kestanerengi	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
D_B	Kırmızımsı Kestanerengi	70	50 – 100 – 200 – 350
D_C	Kırmızımsı Kestanerengi	35	50 – 100 – 200
D_D	Kırmızımsı Kestanerengi	15	50 – 100
D_E	Kırmızımsı Kestanerengi	5	50
E_A	Kırmızı Kahverengi Akdeniz	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
E_B	Kırmızı Kahverengi Akdeniz	70	50 – 100 – 200 – 350
E_C	Kırmızı Kahverengi Akdeniz	35	50 – 100 – 200
E_D	Kırmızı Kahverengi Akdeniz	15	50 – 100
E_E	Kırmızı Kahverengi Akdeniz	5	50
F_A	Kırmızımsı Kahverengi	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
F_B	Kırmızımsı Kahverengi	70	50 – 100 – 200 – 350
F_C	Kırmızımsı Kahverengi	35	50 – 100 – 200
F_D	Kırmızımsı Kahverengi	15	50 – 100
F_E	Kırmızımsı Kahverengi	5	50
G_A	Gri Kahverengi Podzolik	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
G_B	Gri Kahverengi Podzolik	70	50 – 100 – 200 – 350
G_C	Gri Kahverengi Podzolik	35	50 – 100 – 200
G_D	Gri Kahverengi Podzolik	15	50 – 100
H_A	Hidromorfik Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
K_A	Kolüvyal Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
K_B	Kolüvyal Topraklar	70	50 – 100 – 200 – 350
K_C	Kolüvyal Topraklar	35	50 – 100 – 200
K_D	Kolüvyal Topraklar	15	50 – 100
K_E	Kolüvyal Topraklar	5	50
L_A	Regosoller Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
L_B	Regosoller Topraklar	70	50 – 100 – 200 – 350
L_C	Regosoller Topraklar	35	50 – 100 – 200
L_D	Regosoller Topraklar	15	50 – 100
M_A	Kahverengi Orman Toprakları	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700

Çizelge 4.5 (devam) : BTG – Derinlik Kombinasyonları derinlikleri.

BTG-Derinlik	Büyük Toprak Grubu	Derinlik (cm)	Katman Derinlikleri ¹ (cm)
M_B	Kahverengi Orman Toprakları	70	50 – 100 – 200 – 350
M_C	Kahverengi Orman Toprakları	35	50 – 100 – 200
M_D	Kahverengi Orman Toprakları	15	50 – 100
M_E	Kahverengi Orman Toprakları	5	50
N_A	Kireçsiz Kahverengi Orman	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
N_B	Kireçsiz Kahverengi Orman	70	50 – 100 – 200 – 350
N_C	Kireçsiz Kahverengi Orman	35	50 – 100 – 200
N_D	Kireçsiz Kahverengi Orman	15	50 – 100
N_E	Kireçsiz Kahverengi Orman	5	50
O_A	Organik Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
P_A	Kırmızı Sarı Podzolik Toprak.	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
P_B	Kırmızı Sarı Podzolik Toprak.	70	50 – 100 – 200 – 350
P_C	Kırmızı Sarı Podzolik Toprak.	35	50 – 100 – 200
P_D	Kırmızı Sarı Podzolik Toprak.	15	50 – 100
R_A	Kırmızımsı Kahverengi Topr.	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
R_B	Kırmızımsı Kahverengi Topr.	70	50 – 100 – 200 – 350
R_C	Kırmızımsı Kahverengi Topr.	35	50 – 100 – 200
R_D	Kırmızımsı Kahverengi Topr.	15	50 – 100
R_E	Kırmızımsı Kahverengi Topr.	5	50
S_A	Alüvyal Sahil Toprakları	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
T_C	Kırmızı Akdeniz Toprakları	35	50 – 100 – 200
T_D	Kırmızı Akdeniz Toprakları	15	50 – 100
T_E	Kırmızı Akdeniz Toprakları	5	50
U_A	Kireçsiz Kahverengi Topr.	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
U_B	Kireçsiz Kahverengi Topr.	70	50 – 100 – 200 – 350
U_C	Kireçsiz Kahverengi Topr.	35	50 – 100 – 200
U_D	Kireçsiz Kahverengi Topr.	15	50 – 100
U_E	Kireçsiz Kahverengi Topr.	5	50
V_A	Vertisoller Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
V_B	Vertisoller Topraklar	70	50 – 100 – 200 – 350
V_C	Vertisoller Topraklar	35	50 – 100 – 200
X_C	Bazaltik Topraklar	35	50 – 100 – 200
Y_C	Yüksek Dağ Çayır Topraklar	35	50 – 100 – 200
Z_A	Sierozemler Topraklar	140	50 – 100 – 200 – 350 – 700
Z_B	Sierozemler Topraklar	70	50 – 100 – 200 – 350
Z_C	Sierozemler Topraklar	35	50 – 100 – 200
Z_D	Sierozemler Topraklar	15	50 – 100

¹ Yüzeyden derine doğru sıralanmıştır.

4.2.4 Toprak albedo katsayısı

Toprak yüzeyinden yansıyan kısa dalgalı güneş radyasyonunun, yeryüzüne ulaşabilen toplam radyasyona oranı Albedo katsayısını (α) belirtir. Güneşten gelen enerjinin toprak tarafından tutulması, toprağın ısıyı absorplama özelliğini ifade eder. Toprağın ısı absorplama kapasitesi albedo katsayısı ile ters orantılıdır. Albedo katsayısı arttıkça toprağın ısı absorplama yeteneği azalır. Albedo katsayısı; güneş mesafesine, güneş ışınlarının geliş ve yansıma açısına, toprağa ait; renk, organik madde içeriği, nem, strüktür, toprak yüzeyinin yatayla yaptığı açı ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişmektedir (Nouvellon ve diğ., 2000). Chudnovskii (1976) toprakların yansıma yüzdelelerini; nem, renk ve tekstür durumuna göre sınıflandırmıştır (Çizelge 4.6). Bitki örtüsünün az olduğu açık renkli topraklarda albedo değeri yüksek iken, koyu renkli, nemli, organik maddece zengin topraklarda ise daha düşük olmaktadır.

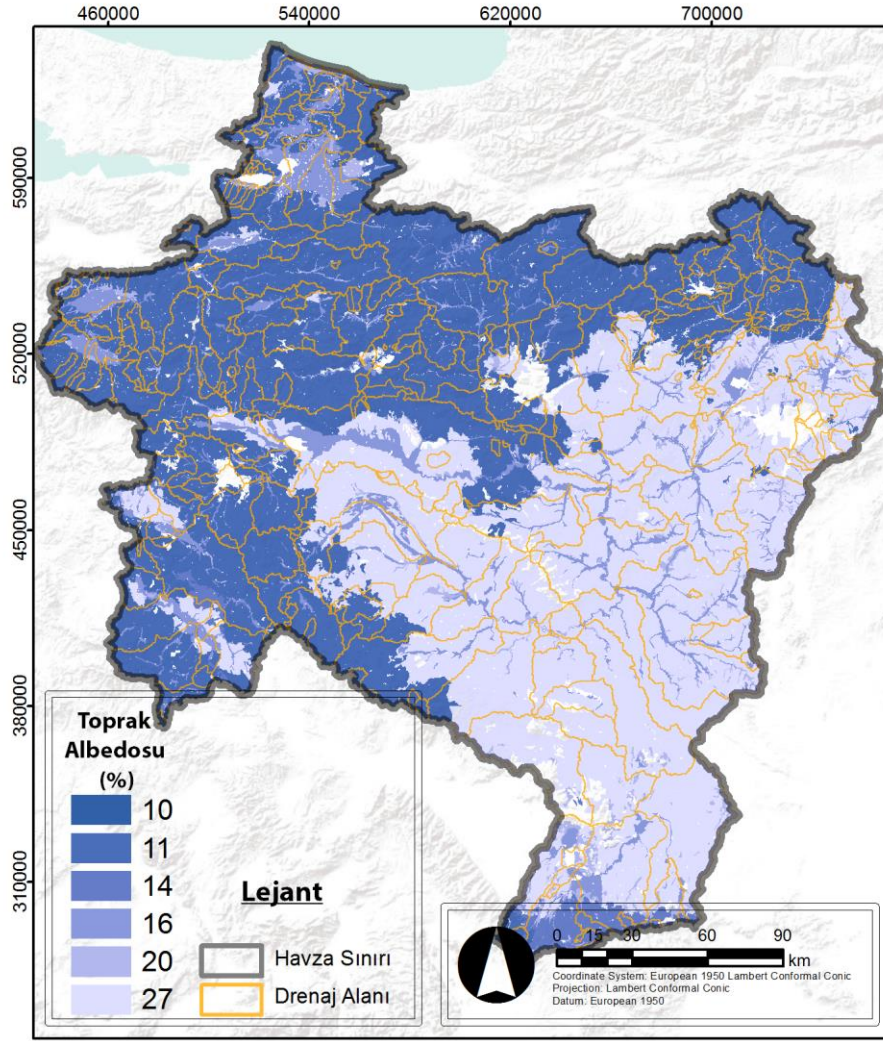
Çizelge 4.6 : Nem ve renk durumuna göre Albedo yüzdeleri (Chudnovskii, 1976).

Toprak Türleri	Albedo katsayısı (%)	
	Kuru	Nemli
Koyu renkli topraklar	14	8
Açık renkli topraklar	25 – 30	10 – 12
Killi Toprak	23	16
Beyaz ve sarı kum	34 – 40	-

Bölgesel topraklara ait renk ve nem özelliğine göre sınıflandırma yapmak mümkündür. Havzadaki büyük toprak gruplarında yer alan zonal topraklara ait; iklim, bitki örtüsü ve diğer özelliklere göre belirlenmiş altı alt sıra mevcuttur:

1. Soğuk bölge toprakları,
2. Kurak bölgelerin açık renkli toprakları,
3. Yarı kurak, yarı nemli ve nemli otlukların koyu renkli toprakları,
4. Orman-otluk geçiş alanlarının toprakları,
5. Ormanlık bölgelerin açık renkli podzollaşmış toprakları, ve
6. Ormanlık sıcak ılıman ve tropikal bölgelerin lateritik toprakları. (TASS, 2005)

Veriler değerlendirilerek, havzaya ait toprakların; nem ve rengine göre toprak albedoları belirlenmiştir. Herhangi bir çıkarım yapılamayan topraklarda ise varsayılan değer kullanılmıştır. Sakarya Havzası toprak grupları için belirlenen toprak albedo yüzdeleri Şekil 4.16'da verilmiştir.



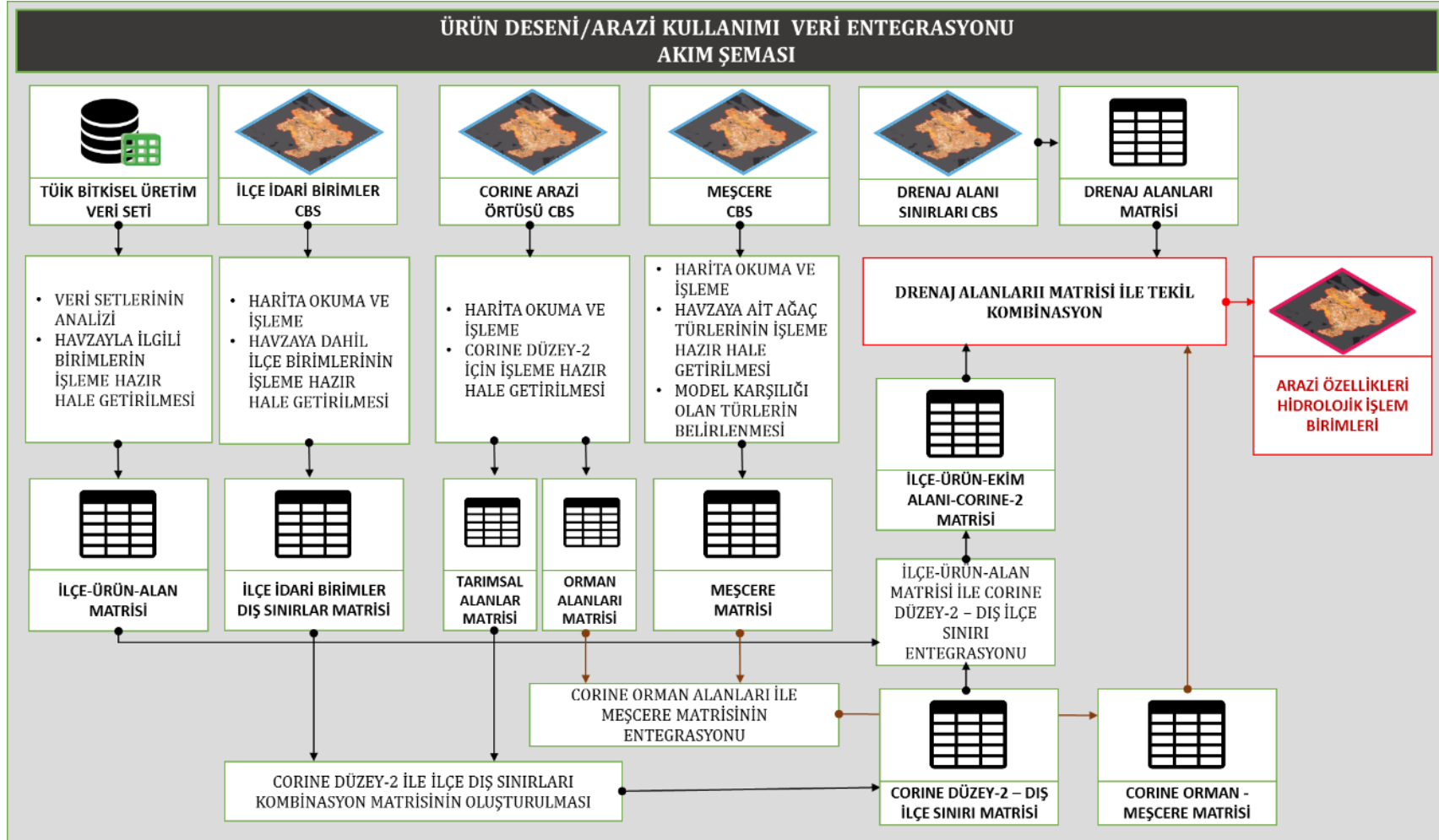
Şekil 4.16 : Sakarya Havzası toprak grupları için belirlenen toprak albedo yüzdeleri

4.3 Ürün Deseni ve Arazi Kullanımı

Sakarya Havzası'nın ürün deseni ve arazi kullanımı analizinde; CORINE Arazi Örtüsü, TÜİK Bitkisel Üretim veri tabanı ve Meşcere haritalarının veri entegrasyonları yapılmıştır. Entegrasyon işleminde kullanılan veriler ve uygulanan adımlar genel olarak Şekil 4.17'de verilen akım şemasında gösterilmiştir

4.3.1 CORINE-TÜİK Veri Entegrasyonu

Ürün deseni için; CORINE Arazi Örtüsü mekânsal verisinden faydalanarak genel bir sınıflandırma yapmak mümkündür. Örneğin; sulanmayan ürünler için, düşük sıcaklıkta yetişen bir susuz tarım ürünü (kışlık buğday) seçilebilir; veya sulama gerektiren alanlarda, bir sıcak mevsim ürünü (mısır) baz alınarak parametreleri



Şekil 4.17 : Ürün Deseni / Arazi Kullanımı Veri Entegrasyonu akım şeması.

belirlenmiş jenerik bir sınıf kullanılabilir. Ancak, havza sistemini daha detaylı kurabilmek amacıyla farklı kaynaklardan gelen veriler için bitkisel üretim veri entegrasyonu yapılmıştır. Bu kapsamda; TÜİK bitkisel ürün verilerinin CORINE karşılıkları belirlenmiştir. Havzanın bitkisel ürün deseni, CORINE sınıflandırmasında 2 kodu ile başlayan Tarım alanlarının alt düzeylerinde karşılık bulmaktadır. Belirlenen bu alanların tanım, kapsam ve sınıflandırmasında karşılaşılan sorunlar, bu bölümde ayrıntılı bir şekilde işlenmiştir.

Entegrasyon işleminde birden çok veri kaynağının olması nedeniyle, farklı formatlarda, farklı mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip kaynaklar arasında uyum sağlamak için bazı kabullerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, CORINE verisinin bazı esnek sınıflandırmaları göz önünde bulundurularak, işlemlerde TÜİK verilerine öncelik tanınmıştır.

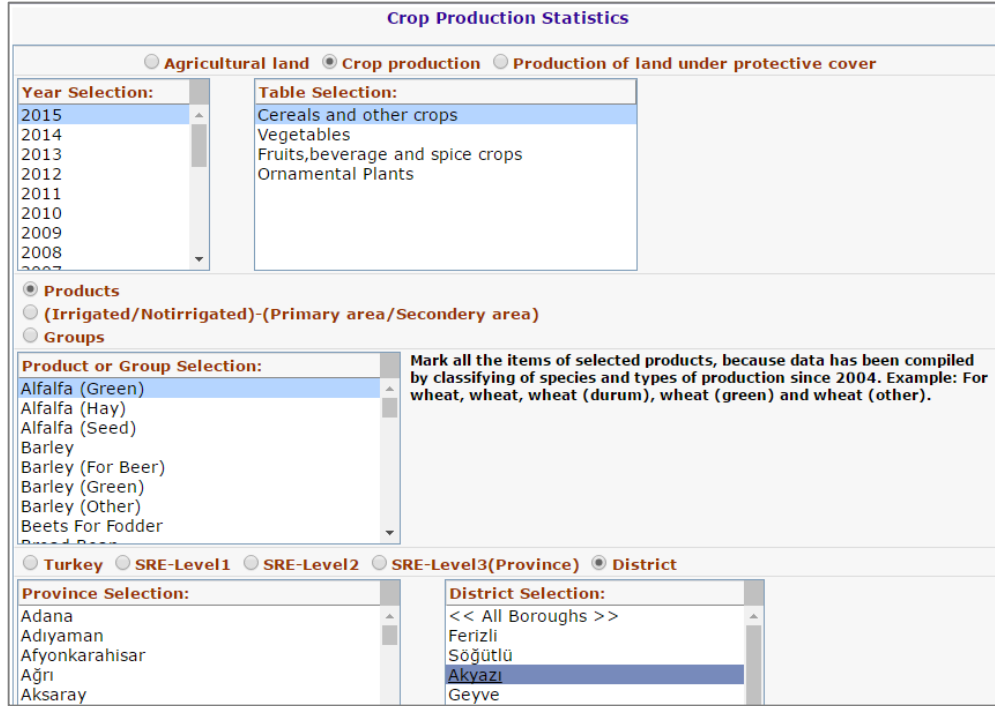
Entegrasyon sonucu veri elde edilecek parametrelerin bazıları, modelde yer almamaktadır. Örneğin; TÜİK'ten elde edilecek 240 adet ürünün, sadece bir bölümünün WEAP-PGM'de karşılığı mevcuttur. Bu durumda model sınırlayıcı faktör olmaktadır. WEAP-PGM'de olmayan ürünler mümkünse SWAT veri setinden elde edilmiş, geri kalan ürünler, türüne uygun olarak genel tarım sınıflarına dâhil edilmiştir.

Havzanın ölçeği düşünüldüğünde, veri kaynaklarına ait binlerce parametrenin kombinasyonu ve karşılaştırılması oldukça karmaşık bir süreç meydana getirmektedir. Bu durum beraberinde sistematik hatalara neden olmakta ve iş yükünü artırmaktadır. Bu nedenle çalışma bölgesinde ağırlığın havza karakterinde belirleyici rol oynayan ürünlere verilmesi sağlanmıştır. İhmal edilebilir ürünlere karar vermek için, ürünlerin havza bütünündeki toplamı hesaplanmış, toplamda belirli bir değerin üstünde kalan ürünler ile çalışılmıştır. Örneğin; Sakarya Havzası'nda buğday oldukça geniş bir ekim alanına sahiptir, zeytin ise oldukça az yetişmektedir. Bu nedenle zeytin, genel ürün gruplarına dâhil edilmiştir.

4.3.1.1 TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı

TÜİK’e ait web sitesinden⁶ erişilebilen *Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı* ⁷; bitkisel ürün istatistikleri, tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, sebzeler, meyveler, içecek ve baharat bitkilerine ilişkin yıllık çalışmaları içermektedir (Şekil 4.18). 1991 yılından günümüze kadar olan bitkisel üretim verilerine, yıllık zaman serisi halinde il ve ilçe düzeyinde ulaşabilmektedir. Ürün dağılımının mekânsal verilerle olabildiğince tutarlı olması amacıyla, sistemin mümkün kıldığı en küçük düzey olan ilçe birimi düzeyinde çalışılmıştır.

Ülkemizde bitkisel üretime ait tarımsal alan, üretim miktarı, ağaç sayıları, verim, gübre ve tarımsal alet ve makine sayılarına ilişkin istatistikler idari kayıtlardan, anketlerden ve genel tarım sayımlarından elde edilmektedir. Bitkisel ürünlere ait; açıkta ve örtü altı olmak üzere alan, üretim, verim ve ağaç sayılarına ilişkin bilgiler elde edilmekte olup, bitkisel üretim istatistiklerinde yılda 3 tahmin yapılmaktadır. Birinci tahmin sonuçları Mayıs ayında, ikinci tahmin sonuçları Ekim ayında, üçüncü ve son tahmin sonuçları ise Aralık ayında TÜİK tarafından açıklanmaktadır (TÜİK, 2008).



Şekil 4.18 : TÜİK Bitkisel üretim veri tabanı (Türkçe/İngilizce).

⁶ <http://www.tuik.gov.tr>

⁷ <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>

4.3.1.2 CORINE Arazi Örtüsü

240'ı aşkın bitkisel ürün çeşidine sahip TÜİK bitkisel üretim veri tabanı oldukça detaylı sayılabilir. Ancak, bu veriler ilçe ölçeğinde olduğu için mekânsal kısıtlanma söz konusudur. Bu nedenle bitkisel ürünlerin yetiştirildiği alanların mekânsal verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sağlanması amacıyla TÜİK Bitkisel Üretim verisi ile CORINE Arazi Örtüsü mekânsal verisinin entegre edilmesi kararlaştırılmıştır. Bu sayede, daha gerçekçi bir hidrolojik modelin kurulması beklenmektedir.

Daha önce; 3.8 *Arazi Kullanımı ve Ürün Deseni* bölümünde analizleriyle birlikte ayrıntılı yer verilen CORINE Arazi Örtüsü verisinin bu entegrasyonda 2 koduyla sınıflandırılan *Tarım Alanları* ele alınacaktır (Çizelge 4.7). Sakarya Havzası'nda yer alan ilçelerin CORINE Tarımsal alanlarına ait veriler Çizelge E.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : CORINE Arazi Örtüsü düzeyleri.

Düzyey 1	Düzyey 2	Düzyey 3
2. Tarım Alanları	2.1 Tarıma Uygun Alanlar	2.1.1 Sulanmayan Tarımsal Araziler
		2.1.2 Sürekli Sulanan Araziler
		2.1.3 Çeltik Tarlaları
	2.2 Sürekli Ürünler	2.2.1 Bağlar
		2.2.2 Meyve Bahçeleri
		2.2.3 Zeytin Bahçeleri
	2.3 Meralar	2.3.1 Meralar
	2.4 Heterojen Tarımsal Alanlar	2.4.1 Sürekli Ürünler & Senelik Ürünler
		2.4.2 Karışık Tarım Alanları
		2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü İle Birlikte Bulunan Tarımsal Araziler
		2.4.4 Orman Tarımı Arazileri

Koca ve diğ. (2008) tarafından yapılan çalışmada CORINE'nin arazi sınıflandırmasında karşılaşılan muhtemel sorunlara kapsamlı bir şekilde değinilmiş ve bazı çözüm önerileri getirilmiştir. Bu çalışmada ve tarım alanları kapsamında tanımlara (OSİB BİD, 2013) ve yapılan tespitlere aşağıda yer verilmiştir.

(2.1.1) *Sulanmayan tarımsal alanlar*; Sulanmayan tahıllar, baklagiller, yem bitkileri ve kök ürünlerin bulunduğu alanları ve nadasa bırakılmış toprakları içerir. Sulanmayan alanlarda bulunan sera alanlarını içermez. Çiçekler, ağaçlık, aromatik, tıbbi ve mutfak

ürünleri de bu sınıfta yer alır. Sürülü alanlar, rotasyon altındaki geçici ve yapay (hayvan yemi) otlakları da kapsar.

(2.1.2) *Sürekli sulanan araziler*; Sürekli veya periyodik olarak sulanan, daimi sulama altyapısı kullanılarak (sulama kanalları, drenaj ağı) yetiştirilen ürünleri içerir. Düzensiz sulanan arazileri ve sera alanlarını içermez. Ara sıra sulanan ürünler bu sınıfta yer almaz.

(2.2.2) *Meyve bahçeleri*; Meyve ağaçları veya funda ekilmiş alanlardır. Tek cins veya karışık meyve bahçeleri olabilir, sürekli otla kaplı yüzeylerle birlikte meyve bahçeleri, kestane ve ceviz bahçeleri bu sınıfa dâhildir.

(2.2.3) *Zeytin bahçeleri*; Zeytin ekili alanlardır. Zeytin ağaçları ile üzüm bağlarının karışık olarak birlikte bulunduğu alanları da içerir. (2.4.4) *Ormanla Karışık Tarım Alanları* sınıfından ayırmak oldukça zordur.

(2.3.1) *Meralar*; *Esasen* otlatma amaçlı kullanılan, hayvan yeminin mekanik haşatının yapılabildiği, çalı ve ağaçlardan oluşan, yoğun çimenle kaplı alanlardır. alanlardır. Meralar, daima yerleşim yerlerine ve ekilen alanlara yakındır. Evlerden ve ürünlerden uzak yüksek yerlerdeki meralar (3.2.1) *Doğal çayırliklar* sınıfı altında sınıflandırılmalıdır.

(2.4.2) *Karışık tarım alanları*; Küçük parsel yapısındaki farklı yıllık ürünlerin, meraların ve/veya sürekli ürünlerin birlikte bulunduğu alanlardır. Bu sınıf, tipik yansıma özellikleri ile tanımlanabilen ve küçük parsel yapısındaki farklı yıllık ürünlerden, meralardan ve/veya sürekli ürünlerden meydana gelir. Bu üç kategoriden hiçbirinin tek bir arazi birimi içerisinde 25 ha'dan fazla tanımlanabilir bir yüzey alanını kapsamaması koşulu vardır. Ayrı ayrı ekilebilir alanlar, meralar ve meyve bahçeleri birimin toplam yüzey alanının %75'den azını kapsar. Şehir bahçeleri de bu sınıfta yer alır.

(2.4.3) *Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları*; Doğal alanların araya serpilmiş olduğu tarım arazilerini içerir. Bu sınıfta, 25 ha veya daha fazla alanın hiçbir homojen alt grubu, doğal veya tarım alanları olarak ayırt edilmemelidir. Tarımsal alanlar, toplam yüzeyin %25 ile %75 arasında bir alanı kapsar. Sık ağaç ve çalılardan oluşan alanlar bu sınıfta yer almaz.

(2.4.1) ve (2.4.4) sınıfları Türkiye'de kullanılmamaktadır.

4.3.1.3 Entegrasyon işlemi sonuçları

Sınıflandırma yapılırken CORINE Projesi hakkında 2.3 *Literatür Taraması* bölümünde yer verilen literatür çalışmalarından yararlanılmıştır. Ayrıca bazı bitkisel ürün özellikleri için, Baydar (2012)'den faydalanılmıştır. Tahıl, sebze, yem ve süs bitkilerinin CORINE karşılığı belirlenirken; ürünün yazlık ya da kışlık olması, sulu/susuz yetiştirilme durumu araştırılmış ve uzman görüşü alınmıştır.

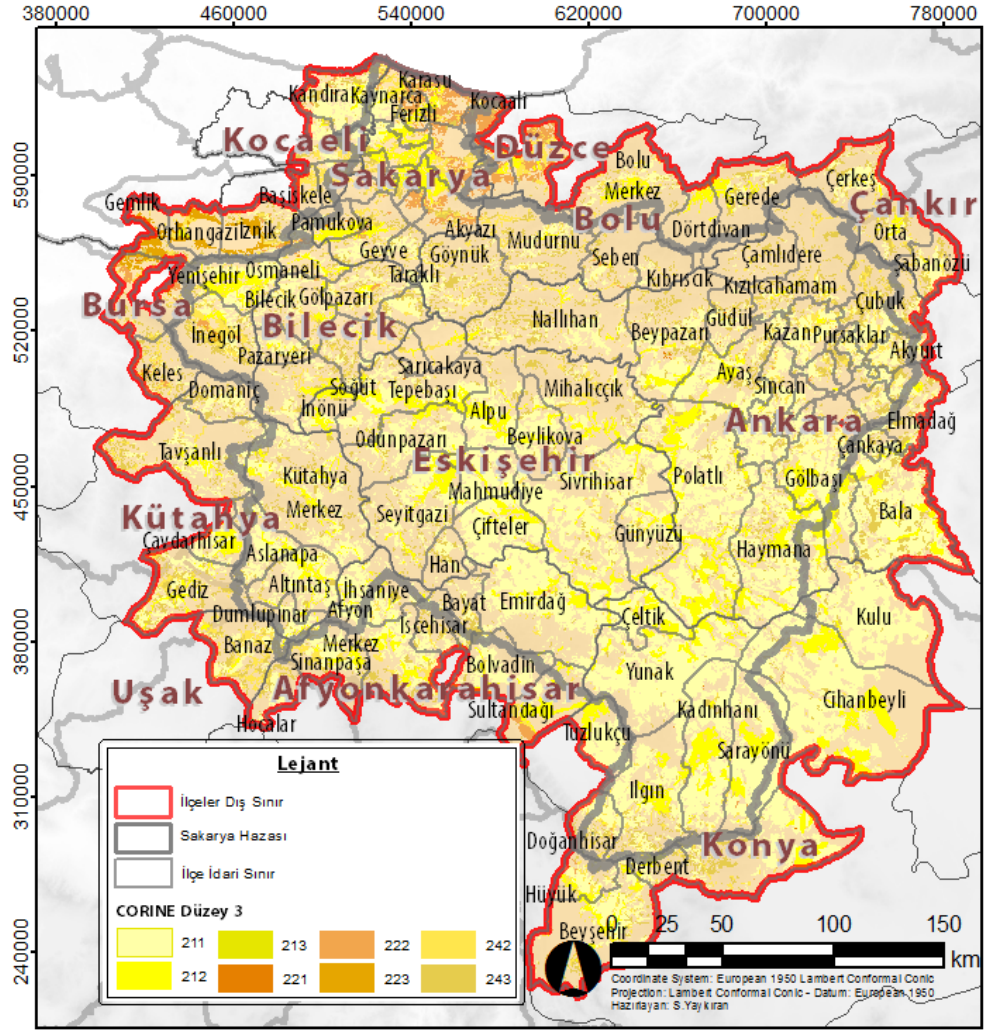
(2.2.1) *Üzüm Bağları*, (2.2.3) *Zeytin* ve (2.1.3) *Çeltik Tarlaları* CORINE'de ürün deseni olarak yer almaktadırlar. Ürünlerdeki meyve türleri, (2.2.2) *Meyve Bahçesi*'ne dâhil edilmiştir.

(2) *Tarım Alanları*'nın alt düzeyinde, baskın bir sınıfın olmadığı, ürün deseninde tam karşılığının belirlenmesinin güç olduğu, (2.4) *Heterojen Tarımsal Alanlar* mevcuttur. Bu düzeye ait dört alt düzeyden, havza alanında yalnızca ikisi mevcuttur: (2.4.2) *Karışık Tarım Alanları* ve (2.4.3) *Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarımsal Araziler*. Bu geçiş alanları her bir ilçe için, diğer gruplar arasında uygun bir şekilde pay edilmiştir.

Araştırmalar sonucunda (2.4.2) *Karışık Tarım Alanları*'nın, (2.1.2) *Sürekli Sulanan Araziler*'e ait alanlar olduğu varsayılmış ve toplam alanları (2.1.2) *Sürekli Sulanan Araziler* olarak kabul edilmiştir.

Bitkisel ürün deseni için; TÜİK verisinin ilçe bazında olması nedeniyle, Sakarya Havzası ile bağıntılı olan ilçelerin, havzaya ne oranda dâhil olduklarına bakılmaksızın, tamamı çalışma alanına dâhil edilmiş, daha geniş bir alan için analiz yapılmıştır. Havza alanı ve çalışma alanı kapsamı Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

TÜİK Bitkisel ürün deseni verileri, Sakarya Havzası ile bağıntılı ilçeler için analiz edilmiş, her bir CORINE Düzey 3'e karşılık gelen TÜİK ürün verilerinin toplam ekim alanları hesaplanmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, CORINE Düzey 3'te heterojen alanların sınıf ayrımındaki muhtemel sorunlar göz önünde bulundurularak, iki veri arasında tutarlı bir ilişki sağlamak amacıyla, Düzey 3 grupları belirlenen ana gruplarda toplanmıştır. Sonuç olarak her bir ilçedeki tarım alanları için 3 ana grup belirlenmiştir. Belirlenen ana gruplar Çizelge 4.8'da verilmiştir.



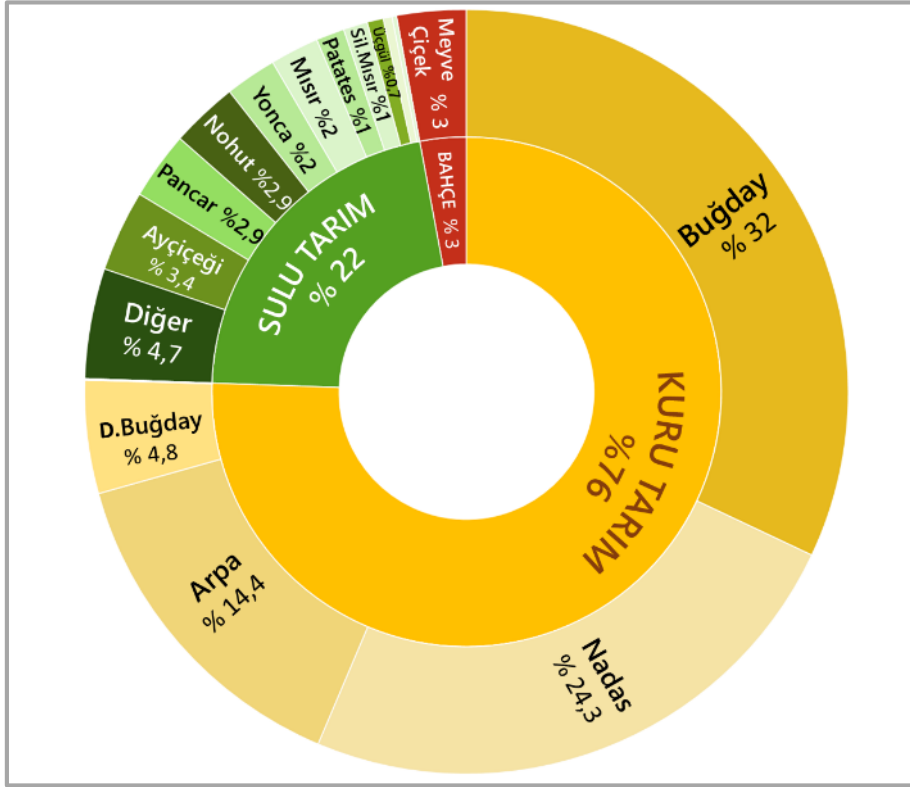
Şekil 4.19 : Arazi Ürünü/Bitkisel Ürün analizi için genişletilmiş çalışma alanı.

Çizelge 4.8 : CORINE - TÜİK veri entegrasyonunda belirlenen ana gruplar.

Ana Gruplar	CORINE Düzey 3 Karşılığı
A. Kuru Tarım	2.1.1 Sulanmayan Tarımsal Araziler
B. Sulu Tarım	2.1.2 Sürekli Sulanan Araziler
	2.1.3 Çeltik Tarlaları
	2.4.2 Karışık Tarım Alanları ¹
C. Bahçeler	2.2.2 Meyve Bahçeleri
	2.2.1 Bağlar
	2.2.3 Zeytin Bahçeleri
Gruplar arası paylaştırılan alanlar	2.4.2 Karışık Tarım Alanları
	2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü İle Bulunan

¹ (2.4.2) Karışık Tarım Alanları, TÜİK verisine göre bazı birimlerde diğer gruplara dâhil edilmiştir.

Yapılan veri entegrasyonu sonucunda Sakarya Havzası için bitkisel üretime dair elde edilen veriler Şekil 4.20 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir ayrıldığı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları Çizelge F.1’de verilmiştir.



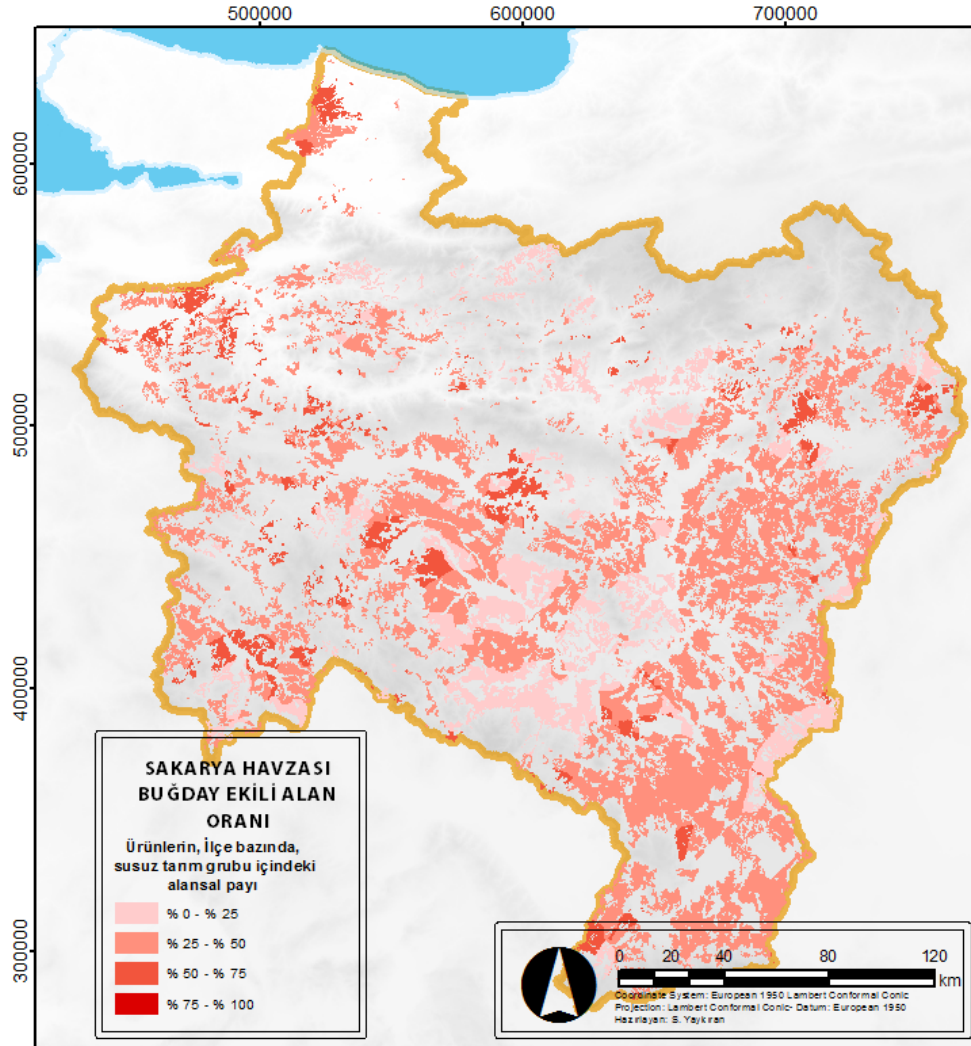
Şekil 4.20 : Ana Grupların ve yetiştirilen ürünlerin oransal dağılımları.

Çizelge 4.9 : Havzada yetiştirilen ürünlerin alanları ve alansal yüzdeleri.

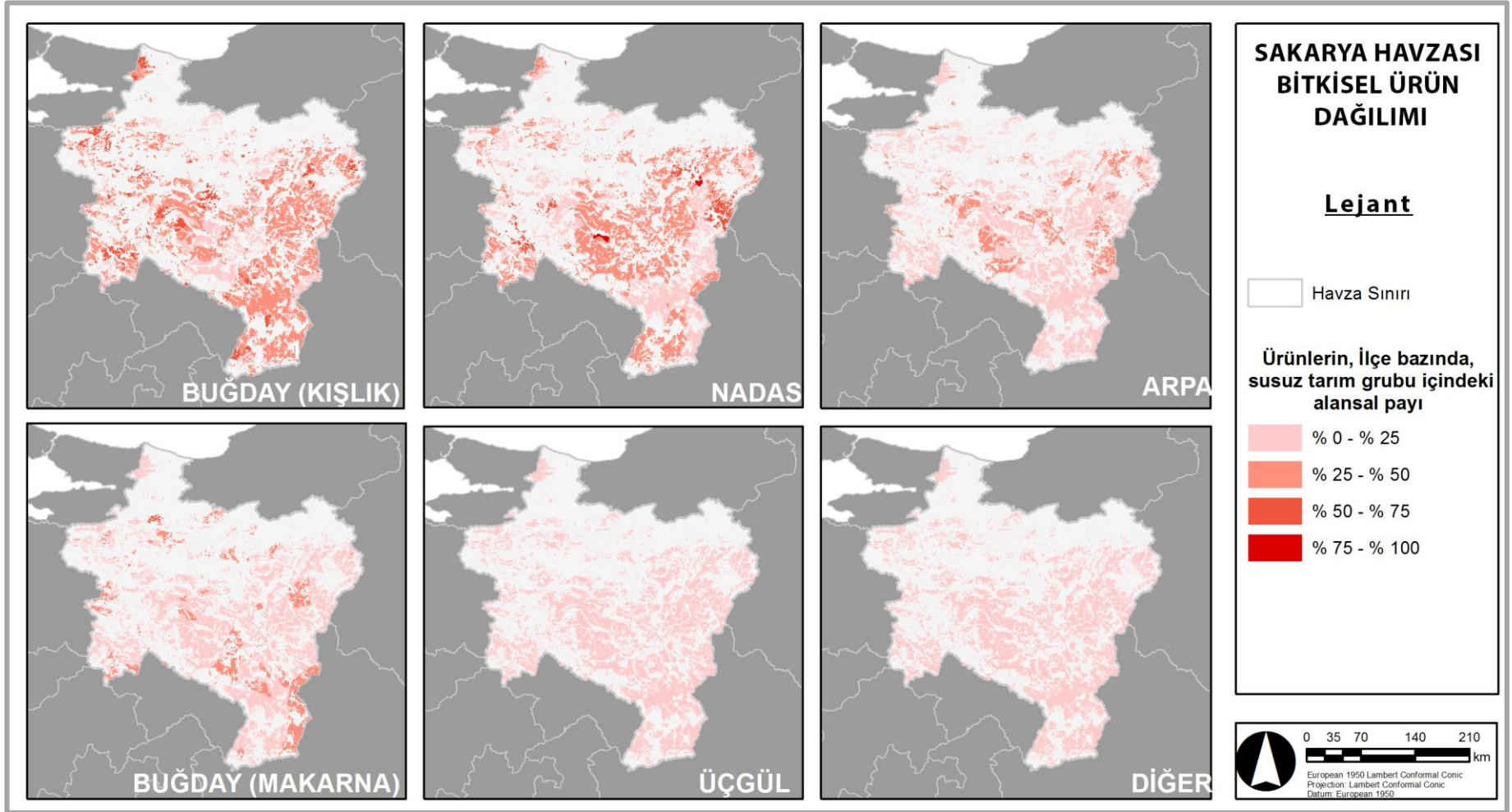
Ürün	Alan (ha)	Yüzde
Buğday (Kışlık)	843 .464	32.0
Nadas	640 .399	24.3
Arpa	378 .439	14.4
Buğday (Durum)	125 .225	4.8
Sıcak Sezon Diğer	122 .720	4.7
Ayçiçeği	90 .646	3.4
Meyve Bahçesi	77 .670	2.9
Şeker Pancarı	75 .299	2.9
Nohut	75 .154	2.9
Yonca	57 .035	2.2
Mısır	54 .411	2.1
Patates	31 .275	1.2
Mısır (Silajlık)	27 .479	1.0
Üçgül	17 .906	0.7
Mısır (Silajlık, 2. Ürün)	9 .620	0.4
Yulaf	4 .907	0.2
Soğuk Sezon Diğer	1 .873	0.1

Elde edilen sonuçlara göre; 2015 yılında Sakarya Havzası'nda belirlenen Ana Gruplarda; Kuru Tarım %76, Sulu Tarım %22 ve Bahçeler için %3'lik bir pay elde edilmiştir. Kuru tarımda yetiştirilen ürünlerden buğday toplamda %32'lik bir ekim alanı ile en büyük paya sahipken, arpa %14,4 ile ikinci sırada yer almaktadır. Ayrıca tarımsal arazilerin %24,3'lük bir oranının nadasa bırakıldığı görülmektedir. Sulu tarımda ise ayçiçeği, pancar, nohut, yonca ve mısırın sulu tarımda yüksek paya sahip olduğu görülmektedir.

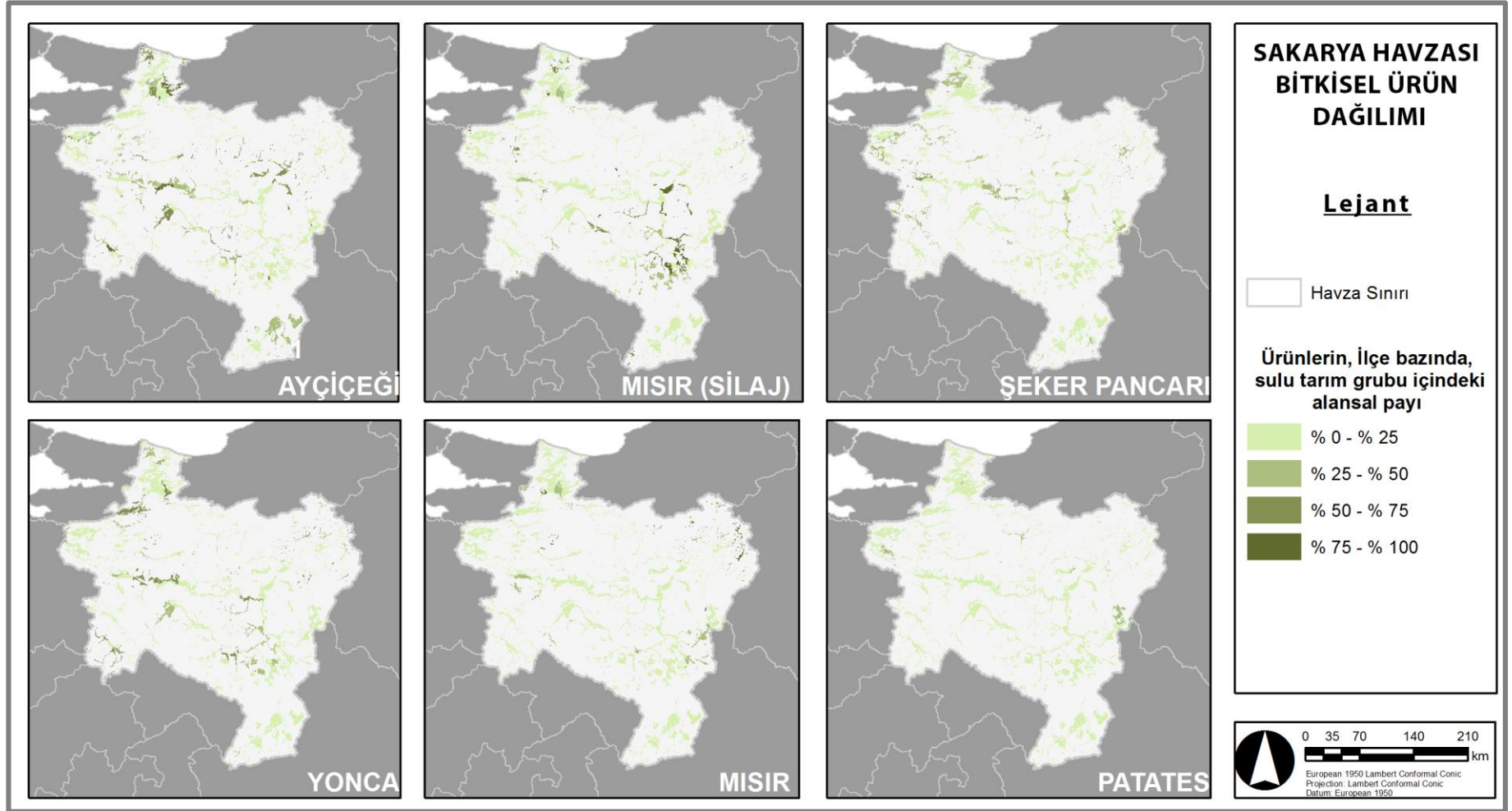
Her bir ilçedeki, kuru tarım alanında buğdayın ekim alanı yüzdesinin, grubundaki toplam ekim alanına göre yüzdeleri gösteren, dağılım haritası Şekil 4.21'de verilmiştir. Havzada yetişen öncelikli ürünler için; ana gruplar baz alınarak hazırlanan mekânsal dağılım yüzdeleri Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te gösterilmiştir. Verilen oranlara, belirli alanda seçili ürünün bulunma olasılığı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.21 : Sakarya Havzası, buğday ekili alan oranı.



Şekil 4.22 : Sakarya Havzası, Kuru Tarım Ürünlerin yüzdelik dağılımları.



Şekil 4.23 : Sakarya Havzası, Sulu Tarım Ürünlerin yüzdelik dağılımları.

4.3.2 WEAP - SWAT Ürün Veri Seti Entegrasyonu

WEAP Bitki Büyüme Modeli için 100'ü aşkın ürünü bünyesinde bulundurmaktadır. Bu veriler; bitki büyümesi, evapotranspirasyon, sulama ihtiyacı ve hasat verimi gibi parametrelerin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Ürün kütüphanesi, kullanıcı tarafından düzenlenmeye uygundur. Bu sayede ürünlere ait ölçülen ya da elde edilen parametreler varsa, değiştirilebilir veya yeni ürünler eklenebilir (WEAP, 2015). WEAP-PGM Ürün kütüphanesine ait parametreler ve değerleri; Çizelge E.1 ve Çizelge E.2'de verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, WEAP, SWAT ürün veri seti ile kıyaslandığında bazı ürünlerin ve parametrelerin değerlerinin eksik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca WEAP ürün veri setindeki ürünlerin; tam isimleriyle, tanımsız karakter sayılabilecek boşluklu bir şekilde yer alması ve yerine göre çok uzun isimler içermesi, model girdisi için kurulacak sistemde teknik sorunlara neden olmaktadır. SWAT ürün veri setinde ise ürün isimleri 4 harfli bir şekilde kodlanmıştır (SWAT, 2009). Bu sayede daha sade ve uyumlu bir girdi sistemi kurulmuştur. Ayrıca SWAT'ın çok yaygın kullanılan bir modelleme programı olması, ürün veri setini daha evrensel kılmıştır. Bu sayede; ürün hakkında birçok kaynağa ulaşmak, diğer SWAT kullanıcılarına danışmak mümkün olup, karşılaşılan bir soruna daha hızlı, kolay çözüm bulunabilecektir.

WEAP ile SWAT ürün veri seti parametreleri çok benzer olmasına karşın iki model de birbirinde bulunmayan parametrelere (büyüme, evapotranspirasyon, CO₂ etkisi gibi) sahiptir. Çizelge 4.10'de görüldüğü üzere, şablon olarak WEAP'ın parametreleri baz alınarak SWAT modelindeki karşılıkları belirlenmiştir. SWAT ile entegre edilen WEAP-PGM Ürün veri setine ait parametreler, Çizelge G.1'de verilmiştir.

4.3.2.4 Ekim ve Hasat Verileri

SWAT-PGM'de ürün çeşitleri, farklı parametreler kullanılarak simüle edilmiştir. APEX ve SWAT modelleri ile benzerlik göstermesi sayesinde, modellerin ürün veri seti ve parametrelerini kullanılabilmektedir. Tek yıllık bitkilerde, ekim ve hasat zamanı için, istenilen bir tarih belirtilebildiği gibi *büyüme derece-gün (GDD)* hesabı da kullanılabilir. Çok yıllık bitkilerde de günlük hava sıcaklığı ortalamasının, ürünün belirlenmiş eşik sıcaklığını aştığında büyüme evresi başlamış olur. Ürünün fenolojik gelişimi, günlük kümülatif sıcaklığıyla ilişkilidir.

Çizelge 4.10 : WEAP parametrelerinin, SWAT veri setindeki karşılıkları.

WEAP Parametresi	SWAT Parametresi
Crop or Land Cover	CPNM
Vapor Pressure Deficit (VPD) Threshold (kPa)	-
Value of VPD above Threshold (kPa)	VPDFR
Fraction of Maximum Stomatal (0-1)	FRGMAX
Maximum Canopy Interception (mm)	-
LAI Curve Point 1 (Fraction of growing season)	FRGRW1
LAI Curve Point 1 (LAI)	LAIMX1
LAI Curve Point 2 (Fraction of growing season)	FRGRW2
LAI Curve Point 2 (LAI)	LAIMX2
Crop-Specific Base Temperature (C)	T_BASE
Optimal Plant Growth Temperature (C)	T_OPT
Planting Date Heat Unit Threshold (HU)	-
Heat Units Required for Plant Maturity(HU)	-
Start of LAI Decline (fraction of HU)	DLAI
Slope of RUE-VPD Curve (g/MJ/kPa)	WAVP
Light Extinction Coefficient	EXT_COEF
Maximum Crop Height (m)	CHTMX
Maximum Root Depth (m)	RDMX
Lower CO ₂ Concentration (ppm)	-
Higher CO ₂ Concentration (ppm)	CO2HI
Leaf Area Index (LAI) at Lower CO ₂	BLAI
Leaf Area Index (LAI) at Higher CO ₂	BLAI
Stomatal Conductance at Lower CO ₂ (m/s)	GSI
Stomatal Conductance at Higher CO ₂ (m/s)	GSI
Radiation Use Efficiency at Lower CO ₂ (g/MJ)	BIO_E
Radiation Use Efficiency at Higher CO ₂ (g/MJ)	BIOEHI
Increase in Canopy Temp. from Lower to Higher CO ₂ (C)	-
Potential Harvest Index	HVSTI
Minimum Value of Harvest Index	WSYF
Harvest Efficiency	-
Residue Decomposition Coefficient	-
Default Management Allowed Depletion(%)	-

Sıcaklık birim indeksi (Heat Unit Index), herhangi bir zamandaki ürün GDD değerinin, ürünün gelişim evresini tamamlaması için gereken toplam sıcaklığa oranı olarak ifade edilir. Hasat zamanı, filizlenme, yaprak alanı büyümesi bitki köklerindeki kuruma oranını ve ürün verimini etkiler.

Potansiyel büyüme; sıcaklık, su ve nütrient sınırlandırmasına bağlı gerçekleşir. Modelde sadece sıcaklık ve su stresi hesaba katılmıştır. Gerçek büyüme, potansiyel büyümenin bir fonksiyonu olarak bitki stres faktörü ile hesaplanır. Yaprak alan indeksi, GDD, ürün stresi, ürün gelişim evreleriyle ilişkilidir. Meyve bahçeleri, bağ, kavak gibi yaprak döken bitkiler, mevsim sonunda yaprak döker ve büyüme faaliyetleri azalır. Bu evrede sulamanın durması gerekmektedir. Yaprak dökme sıcaklığa bağlı olduğundan, belirlenen eşik sıcaklık değerinin 3 günlük ortalama sıcaklığın altına düşmesi durumunda sulama duracaktır. Aynı şekilde güz mevsimi başlangıcıyla birlikte yaprakların dökülmesi başlayacaktır, yaprak döken ağaçların evapotranspirasyonu buna bağlı bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır.

Mera, çayır, kır gibi yerlere yetişen çok yıllık yeşil bitkiler, yıl içinde farklı zamanlarda yem biçilmekte veya büyükbaş hayvanlar için otlak olarak kullanılmaktadır. Bu ürünler için sene içindeki biçilme tarihleri veya periyotları, ürüne özel olarak modele tanımlanmıştır. Örneğin yonca için nisan ayından ekim ayına kadar her ay için 7 adet biçilme tarihi belirlenmiş, mera ve kırlar için ise haftada bir biçilme periyodu varsayılarak modele tanımlanmıştır.

Çok yıllık ürünlerden kışlık buğdayın kış sezonunda yetismeye başlaması ve yazın başında hasat edilmesi bu ürünü diğerlerinden farklı kılar. Model yalnızca kışlık buğday için 1 Haziran itibarıyla GDD sayımına başlar, sonraki yılın 31 Mayıs tarihine kadar devam eder. Bu sayede ürün 15 Aralık'ta yetismeye başlamış olur. 31 Mayıs'ta tekrar sıfırlanır ve her sene için bu döngü tekrarlanır. Dolayısıyla model çalışırken, her bir yıl için kışlık buğdayın gelişmesi, bir sonraki yılın hesaplanmasıyla ortaya çıkmaktadır (WEAP, 2015).

“Etkili sıcaklık toplamı” olarak tanımlayabileceğimiz, *büyüme derece-gün (growing degree-days)* parametresi bitkilerin normal büyüme ve gelişmelerini tamamlayabilmeleri için yaşam boyunca ihtiyaç duydukları toplam sıcaklık miktarlarının bulunması, bu değerlerden faydalanarak hasat zamanının tahmin

edilmesi, kültür bitkilerinin ülkemizdeki uygun ekim alanlarının tespit edilebilmesi için gerekli olan bitkisel dönemlerinin bulunması amacıyla kullanılabilir.

Ürün katsayısı; sulama planlaması yönteminde; ve özel bir ürünün fizyolojik ve fenolojik gelişimini evapotranspirasyon ile ilişkilendirir. Genellikle dikimden sonraki günler, çıkıştan sonraki günler veya diğer bazı belirgin zaman temeline dayandırılır; iklim değişikliklerinin etkisini yeterince yansıtmaz.

Zamana dayalı ürün katsayılarını normalize etmek için birkaç yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birisi, zamanın yerine değişen iklim senaryolarıyla daha çok ilgili, bitki büyümesinin dinamik karakterlerine ilişkilendirilme potansiyeline sahip büyüme derece-günlere (GDD) veya ısı birimine dayanan yöntemdir (Slack ve diğ. 1996). Bitkinin fizyolojik olgunluğunun bir ölçüsü olarak kullanıldığında, bitkilerin geliştiği zamandaki sıcaklıklara dayalı minimum ve maksimum değerler belirlenir. Özel bir ürün için GDD, genel olarak; denklem 4.12 ve 4.13'te verilen eşitliklerle tanımlanır.

$$T_{base} \leq \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) \leq T_{Gmax} \quad (4.12)$$

$$GDD = T_{ort} - T_{base} \quad (4.13)$$

Verilen eşitliklerde;

GDD : büyüme-derece-gün,

T_{max} , T_{min} :günlük maksimum ve minimum hava sıcaklığı,

T_{base} :ürünün gelişmesinin başladığı temel eşik sıcaklığı,

T_{Gmax} :ürünün büyümesinin durduğu günlük ortalama hava sıcaklığıdır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) ait web sitesinden⁸ erişimi mümkün olan “Hasat Zamanı Tahmini” uygulaması⁹ ile bazı ürünler için ilçe ölçeğinde, etkili sıcaklık toplamalarına erişilebilir. Veri tabanında yer

⁸ <http://www.mgm.gov.tr/>

⁹ <http://212.175.180.197/hasat/Default.aspx>

alan, etkili sıcaklığı hesaplanabilen ürünler; arpa, buğday, asma, ayva, armut, elma, erik, kestane, kiraz ve vişne olup çeşitlerini de içermektedir. Gerçekleşen günlük sıcaklık değerlerine göre veya uzun yıllar ortalama değerlere göre hesap yapılabilmektedir (Şekil 4.24).

İl ve ilçe merkezindeki 1970-2005 yılları arasındaki 261 istasyon için, 35 yıllık günlük sıcaklık değerleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinin bildirdiği taban, tavan ve toplam sıcaklıklarından elde edilmiştir. MGM’de yapılan fenolojik gözlemle elde edilen uzun yıllar ortalama ekim ve hasat tarihleri arasındaki döneme ait toplam sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. Genel günlük ortalama sıcaklığı bulmak için ekstrem değerlerden yararlanılarak, maksimum ile minimum sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması alınır. Bu yöntem pratiktir fakat yüksek bir günlük ortalama verir.



Şekil 4.24 : Sakarya - Merkez ilçesi, kışlık buğdaya ait GDD ve ekim/hasat bilgileri.

Günlük ortalama sıcaklık, gerçek anlamıyla gün boyunca her saat başı yapılan sıcaklık rasatlarının aritmetik ortalamasıdır. Ancak, meteoroloji istasyonlarında klimatolojik amaçlı olarak günde üç sefer gözlem yapılması sebebiyle daha çok gün boyunca yapılan 2 ile 4 gözlemin ortalaması kullanılır.

$$\frac{t_7 + t_{14} + t_{21} * 2}{4} \quad (4.14)$$

Denklem 4.14’te indis olarak verilen; 07, 14 ve 21; büyük klima istasyonlarında yerel 7, 14 ve 21 saatlerindeki ölçümlerini göstermektedir. Gece yarısı gözlem yapılmaması nedeniyle 21 saatindeki gözlemin değeri 2 ile çarpılmıştır (MGM, 2015).

Yapılmış çalışmalardan edinilen bilgiler ışığında, ölçülmüş ya da tipik değer aralıklarına göre ortalama bir değer belirlenmiştir. Modele ait ürün veri setinde; bitkinin olgunlaşması için gerekli toplam sıcaklık (GDD) değerleri belirlenmiş; kabuller Çizelge 4.11’de verilmiştir. Değer bulunamayan ürünler için benzer ürünün etkili sıcaklık değeri varsayılmıştır. Ürünlerin ekim ve hasat tarihleri için literatür taraması yapılmış ve uzman görüşü alınmıştır. Kabul edilen ürün yetiştirme sezonları için, 15’er günlük hücrelere bölünmüş ekim-hasat takvimi Çizelge 4.12’te verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Modele ait ürünlere tanımlanan etkili toplam sıcaklık değerleri.

Ürün Deseni	Tanımlı Kod	Etkili Toplam Sıcaklık
Buğday (Kışlık)	WWHT	2000
Buğday (Durum)	DWHT	2000
Arpa	BARL	1900
Yulaf	OATS	1600
Fiğ	CLVA	2000
Nadas	FALLOW	1580
Susuz Tarım (Jenerik)	AGRC	2000
Mısır	CORN	1200
Ayçiçeği	SUNF	2700
Nohut	PEAS	2400
Patates	POTA	2100
Şekerpancarı	SGBT	1450
Mısır (Silajlık)	CSIL	1200
Sulu Tarım (Jenerik)	AGRR	1800
Meyve ve Çiçekler	ORCHD	1500

Çizelge 4.12 : Literatür taraması sonucu ürünlerin yetiştirilme sezonu tarihleri

Ürün	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmu	Ağustos	Eylül	Ekim
Buğday														
Arpa														
Yulaf														
Ayçiçeği														
Mısır														
Mısır (2.Ürün)														
Nohut														
Şekerpancarı														
Patates														
Fiğ														

Toprak derinliğinin, bitki örtüsünün maksimum kök derinliğinden az olduğu işlem birimlerinde modelin çalışması aksamaktadır. Bu durumdaki ürünlerin daha az kök derinliğine sahip olacak birer kopyaları ürün kütüphanesine eklenmiştir. Ürünün yetiştiği toprak türlerinden en az derinliğe sahip olan toprağın toplam derinliği, maksimum kök derinliği olarak kabul edilmiştir.

4.3.2.5 Ekim nöbeti ve İkinci Ürün

Tarımda toprağın üretkenliğinin sürdürülebilmesi ve verimin artırılması amacıyla ekim nöbeti uygulanır. Aynı tarla üzerinde farklı kültür bitkilerinin, belirli sıra dâhilinde birbirini takip edecek şekilde yetiştirilmesine *ekim nöbeti* denir (Tuğay, 1988).

Ekim nöbetinde bir alanda yetiştirilen ürün seneden seneye değişmektedir. Ancak WEAP modeli, ekim nöbetini hesaba katmamaktadır. Dolayısıyla bir alanda yıllar boyunca aynı ürünün yetiştirildiği varsayılmaktadır.

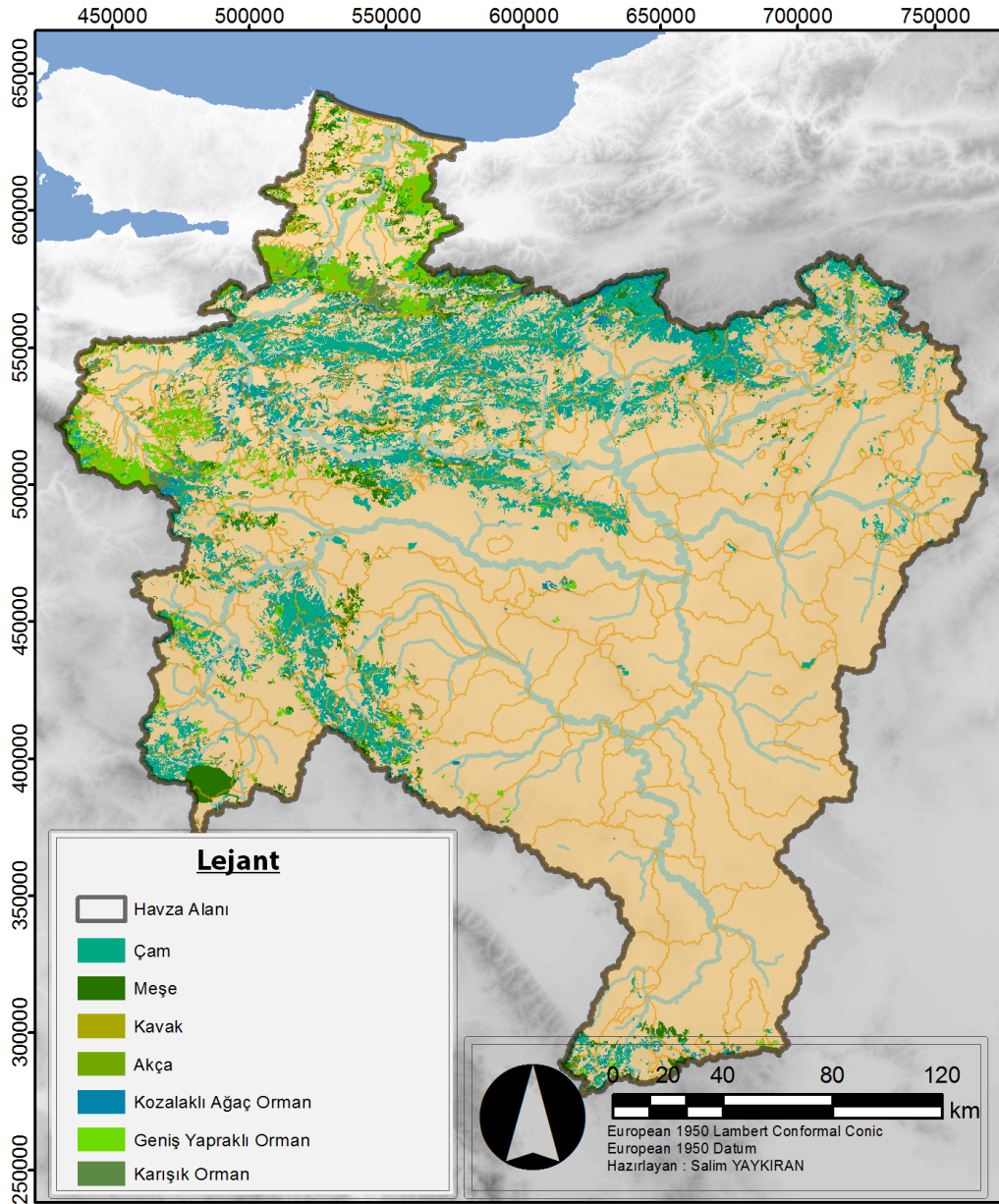
Sıcaklık toplamının bir yılda iki ürün almaya yeterli olduğu bölgelerde aynı sene içerisinde ikinci ürün de yetiştirilebilir. Aynı sene içerisinde, aynı alanda yetiştirilen ikinci bir ürün varsa, bunu WEAP modeline tanımlamak mümkündür. Bu amaçla Sakarya Havzası'nda ikinci ürünlerin analizi yapılmıştır. Ekim ve hasat miktarları diğer ürünlere nazaran düşük olsa da, WEAP'in bu özelliğini kullanmak amacıyla, ikinci ürün işlem birimleri de modele tanımlanmıştır.

TÜİK bitkisel üretim veri setinde, birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilme miktarlarına erişmek mümkündür. İlçe bazında yapılan analizlerin sonucunda havzada ikinci ürün olarak silajlık mısır yetiştiriciliğinin ön plana çıktığı görülmüştür. Acar ve diğ. (2009) kapsamlı çalışmalarının sonucunda, kışlık olarak yetiştirilen buğday ve arpa gibi ürünlerin ardından ikinci ürün olarak silajlık mısır ve sorgum yetiştirilmesinin öneminden bahsetmektedir. Yapılan literatür araştırması sonucunda, silajlık mısırın yaygın olarak kışlık buğdayın hasatından sonra ikinci ürün olarak ekildiği bilgisine ulaşılmıştır.

Yapılan mekânsal analiz sonucunda, silajlık mısır ile kışlık buğdayın yetiştirildiği alanlar tespit edilmiş, kesişim alanları için; birinci ürün buğday, ikinci ürün silajlık mısır ekimi yapıldığı varsayılmıştır. Buğday ile ekim alanları kesişmeyen ikinci üretim silajlık mısır alanları ise genel tarım alanları ile pay edilmiştir.

4.3.3 Ormanlık alanların meşcere tipleri dağılımı

T.C. Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilen meşcere haritasında ibreli ve yapraklı ağaç türleri ilgili semboller ile gösterilmektedir. Bu sayede havzadaki ağaç türlerinin dağılımlarını tespit etmek mümkündür. Bu çalışmada, ağaç türleri seçilirken WEAP modeli veri setinde yer alan ağaç türlerine göre işlem yapılmıştır. Arda kalan türler CORINE verisi kullanılarak; kozalaklı, yapraklı veya karışık orman gruplarına dâhil edilmiştir. CORINE–Meşcere haritası entegrasyonu sonucu elde edilen harita Şekil 4.25'te; türlerin kapladığı alan ve oranları Çizelge 4.13'te verilmiştir.



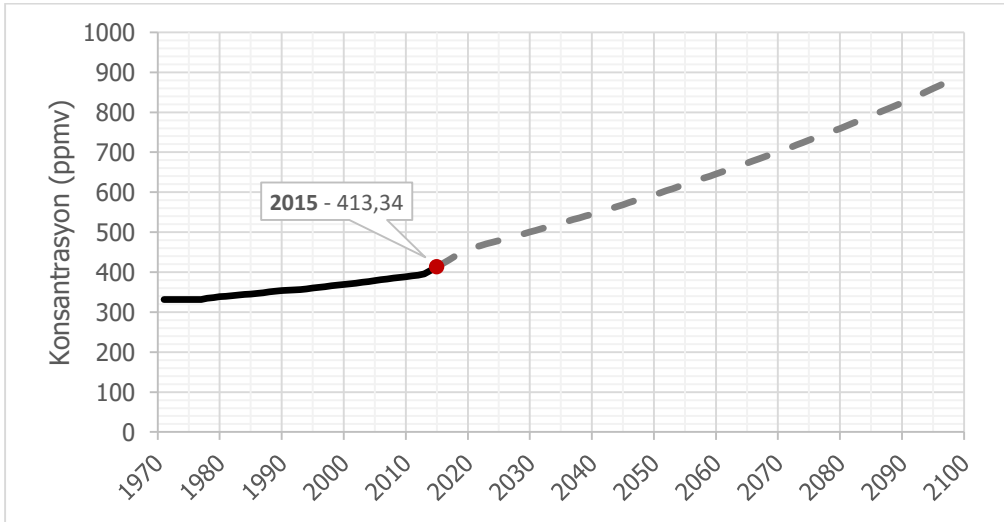
Şekil 4.25 : Sakarya Havzası'nın entegrasyonu sonucu elde edilen meşcere haritası.

Çizelge 4.13 : Sakarya Havzası'nda yer alan ağaç türleri ve kapladığı alanlar.

Ağaç Türü	Yüzölçümü (ha)
Çam	639.384
Meşe	127.947
Kavak	2.012
Akça	88

4.4 Atmosferik Karbondioksit Konsantrasyonu

1973 yılından günümüze kadar, Hawaii, Mauna Loa istasyonunda gözlemlenen atmosferik CO₂ konsantrasyonu değerlerine NOAA'nın web sitesinden¹⁰ aylık olarak ulaşmak mümkündür. Modelde geleceğe yönelik bir senaryo kullanımı söz konusu ise, uzun yıllar için simüle edilmiş verilere de ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, projeksiyon yıllarına ait konsantrasyon değerleri için; IPCC'nin referansıyla; *OECD90 - A1G MINICAM IPCC SRES* emisyon senaryosunun¹¹ 2100 yılına kadar 10'ar yıllık simüle edilmiş değerleri, interpolate edilerek, yıllık değerlere çevrilmiştir. Şekil 4.26'te günümüze kadar ölçülen ve 2100'e kadar projekte edilen atmosferik karbondioksit konsantrasyonları gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında kurulacak modelde geleceğe yönelik bir senaryo yer almamaktadır. Sadece genel durum hakkında fikir sahibi olmak ve gelecek çalışmalarda kullanılması amacıyla model verisine dâhil edilmiştir.



Şekil 4.26 : Yıllara göre atmosferik karbondioksit konsantrasyonu değerleri.

¹⁰ http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html

¹¹ http://sres.ciesin.org/final_data.html

4.5 Diğer alanlara Rasyonel Yöntemin uygulanması

Kuichling (1889) tarafından geliştirilen Rasyonel Yöntem; küçük havzalarda maksimum debinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. En basit ve en çok kullanılan yöntemlerden biridir Thompson (2006). Metodun temel denklemi, denklem 4.15'te verilmiştir.

$$Q = C * i * A \quad (4.15)$$

Denklemde;

Q : akım debisini (l/s),

C : akış katsayısını,

i : yağış şiddeti (l/s/ha),

A : yağış alanını (ha), ifade etmektedir.

Yüzey akış katsayısı, yağışın akışa dönüşme oranını belirtir. Katsayı, arazi yüzeyinin yapısına bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 4.14'te genel akış katsayılarına yer verilmiştir.

Çizelge 4.14 : Rasyonel Metod için genel akış katsayıları, Thompson (2006)'dan uyarlanmıştır.

Arazi Yüzeyi		C Akış Katsayısı
İşletme	Şehir Merkezi	0,70 – 0,95
	Mahalle	0,50 – 0,70
Meskûn Bölge	Tek aile	0,30 – 0,50
	Çoklu aile (banliyö)	0,40 – 0,60
	Çoklu aile (birlikte)	0,60 – 0,75
	Banliyö	0,25 – 0,40
	Apartman Dairesi	0,50 – 0,70
	Park ve Mezarlıklar	0,10 – 0,25
	Oyun Alanı	0,20 – 0,35
	Demiryolu Garaj Sahası	0,20 – 0,40
	Gelişmemiş Alanlar	0,10 – 0,30
	Sürücü ve Yayalar	0,75 – 0,85
	Çatılar	0,75 – 0,95
Caddeler	Asfalt	0,70 – 0,95
	Beton	0,80 – 0,95
	Tuğla	0,70 – 0,85

Havza’da bitkisel ürün dışında yer alan; şehir yapıları, endüstriyel, ticari, taşıma birimleri, tarım dışı yapay yeşil alanlar ve su toplulukları modele rasyonel metot ile hesaplanacak şekilde girilmiştir. WEAP Yağış-Akış metodunda, rasyonel yöntem kullanılmaktadır. Modelde yer alan K_C katsayısı, yağışın tutulan oranını belirtmektedir. Dolayısıyla katsayılar belirlenirken denklem 4.16’ya göre işlem yapılmıştır. Modele girilen WEAP Yağış-Akış metodunun uygulandığı alanlar ve katsayıları Çizelge 4.15’da verilmiştir.

$$K_C = 1 - C \quad (4.16)$$

Çizelge 4.15 : Modele girilen WEAP Yağış-Akış metodunun uygulandığı alanlar ve katsayıları.

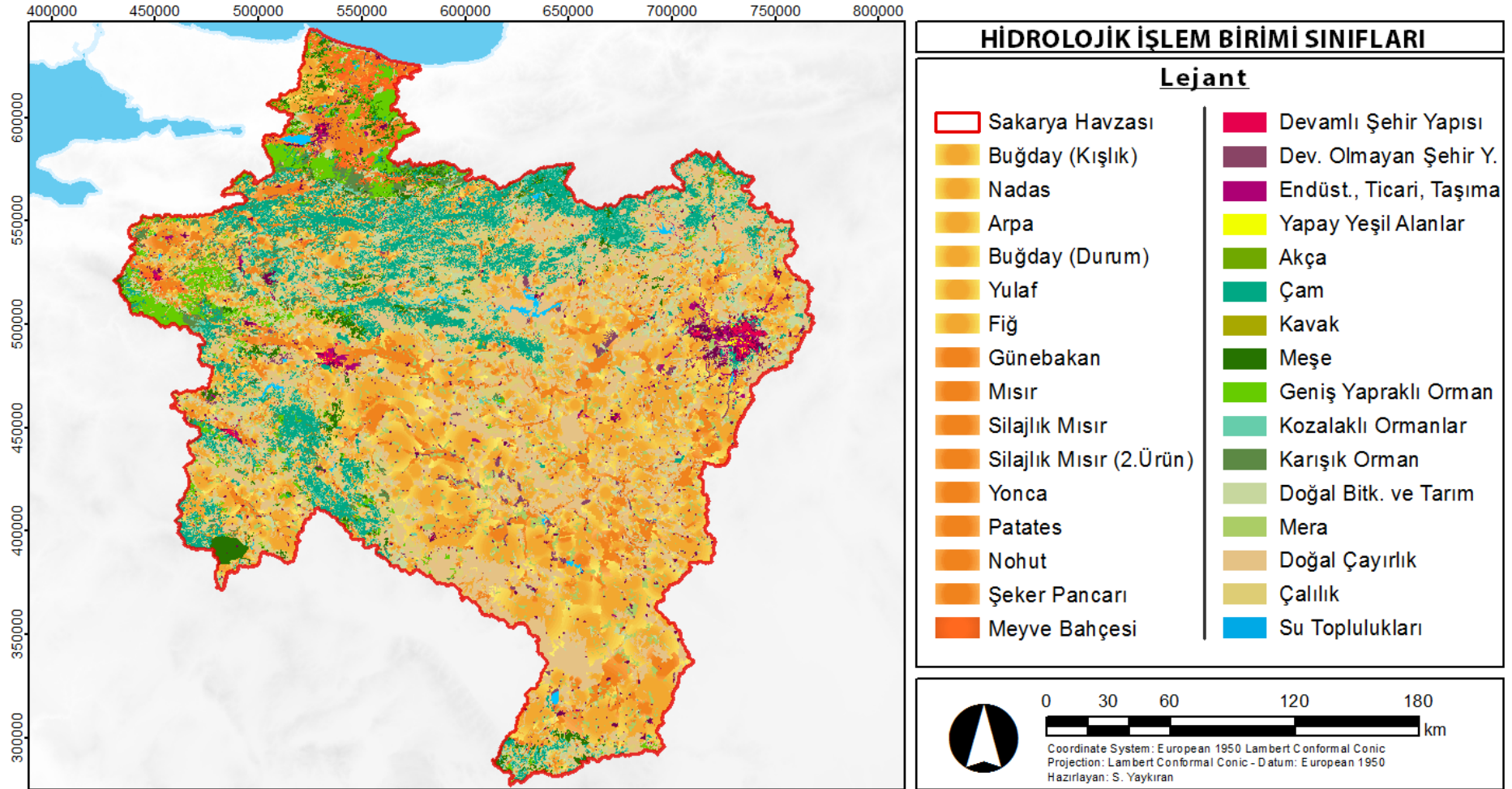
Kod	Alt Havza	Alan	K_C
111	Ankara	11.032	0,05
111	Porsuk	4.393	0,05
111	Aşağı Sakarya	600	0,05
111	Göksu Karasu	649	0,05
111	Yukarı Sakarya	218	0,05
111	Orta Sakarya	106	0,05
112	Ankara	26.181	0,3
112	Porsuk	8.679	0,3
112	Yukarı Sakarya	23.858	0,3
112	Aşağı Sakarya	9.767	0,3
112	Orta Sakarya	7.361	0,3
112	Göksu Karasu	3.961	0,3
112	Porsuk AGİ Öncesi	2.425	0,3
121	Aşağı Sakarya	4.901	0,2
121	Orta Sakarya	4.137	0,2
121	Göksu Karasu	4.080	0,2
121	Ankara	29.917	0,2
121	Porsuk	13.480	0,2
121	Yukarı Sakarya	5.820	0,2
121	Porsuk AGİ Öncesi	229	0,2
141	Aşağı Sakarya	57	0,8
141	Ankara	1.711	0,8
141	Porsuk	238	0,8
141	Yukarı Sakarya	59	0,8
142	Orta Sakarya	227	0,8
411	Porsuk AGİ Öncesi	119	0,8

4.7 Hidrolojik İşlem Birimleri

Modelin veri girişi formatı gereği, hidrolojik işlem birimlerinin belirlenmesinde; arazi kullanımı, ürün deseni, idari birimler, toprak yapısı gibi parametrelerin kombinasyonları kullanılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda, Sakarya Havzası'nda 33 adet işlem birimi sınıfı ve 4180 adet hidrolojik işlem birimi elde edilmiştir. Modelin hidrolojik işlem birimi sınıfları Çizelge 4.16 ve Şekil 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.16 : Model için tanımlanan Hidrolojik İşlem birimi sınıfları

No	Hidrolojik İşlem Birimi	Tanımlı Kod	İngilizce Açıklaması
1	Genel Tarım	AGRL	Agricultural Generic
2	Susuz Tarım	AGRC	Agricultural Close-Grown
3	Sulu Tarım	AGRR	Agricultural Row Crops
4	Buğday (Kışlık)	WWHT	Winter Wheat
5	Buğday (Durum)	DWHT	Durum Wheat
6	Arpa	BARL	Barley
7	Yulaf	OATS	Oats
8	Fiğ	CLVA	Cow Vetches
9	Nadas	FALLOW	Fallow
10	Yonca	ALFA	Alfalfa
11	Mısır	CORN	Corn / Maize
12	Silajlık Mısır	CSIL	Corn / Maize (For Silage)
13	Buğday/Silajlık Mısır	WWHT_CSIL2	Wheat / Corn Silage
14	Genel Tarım/Silajlık Mısır	AGRL_CSIL2	Genel Tarım / Corn Silage
15	Ayçiçeği	SUNF	Sunflower
16	Nohut	PEAS	Garden or Canning Peas
17	Patates	POTA	Potato
18	Şekerpancarı	SGBT	Sugar Beets
19	Mera	PAST	Pasture
20	Meyve Bahçesi	ORCD	Orchard
21	Geniş Yapraklı Orman	FRSD	Forest-Deciduous
22	Kozalaklı Orman	FRSE	Forest-Evergreen
23	Karışık Orman	FRST	Forest-Generic
24	Akça	MAPL	Maple
25	Meşe	OAK	Oak
26	Kavak	POPL	Poplar
27	Çam	PINE	Pine
28	Doğal Çayırılık	RNGB	Range-Brush
29	Çalılık	RNGE	Range-Grasses
30	Devamlı Şehir Yapısı	111	Continuous Urban Fabric
31	Devamlı Olmayan Şehir Yapısı	112	Discontinuous Urban Fabric
32	Endüstriyel, Ticari, Taşıma	120	Indust., Commerc., Transport
33	Yapay Yeşil Alanlar	140	Artificial, Non agricultural
33	Su Toplulukları	500	Water Bodies



Şekil 4.27 : Sakarya Havzası Arazi Örtüsü analizi sonucu elde edilen hidrolojik işlem birimi sınıfları.

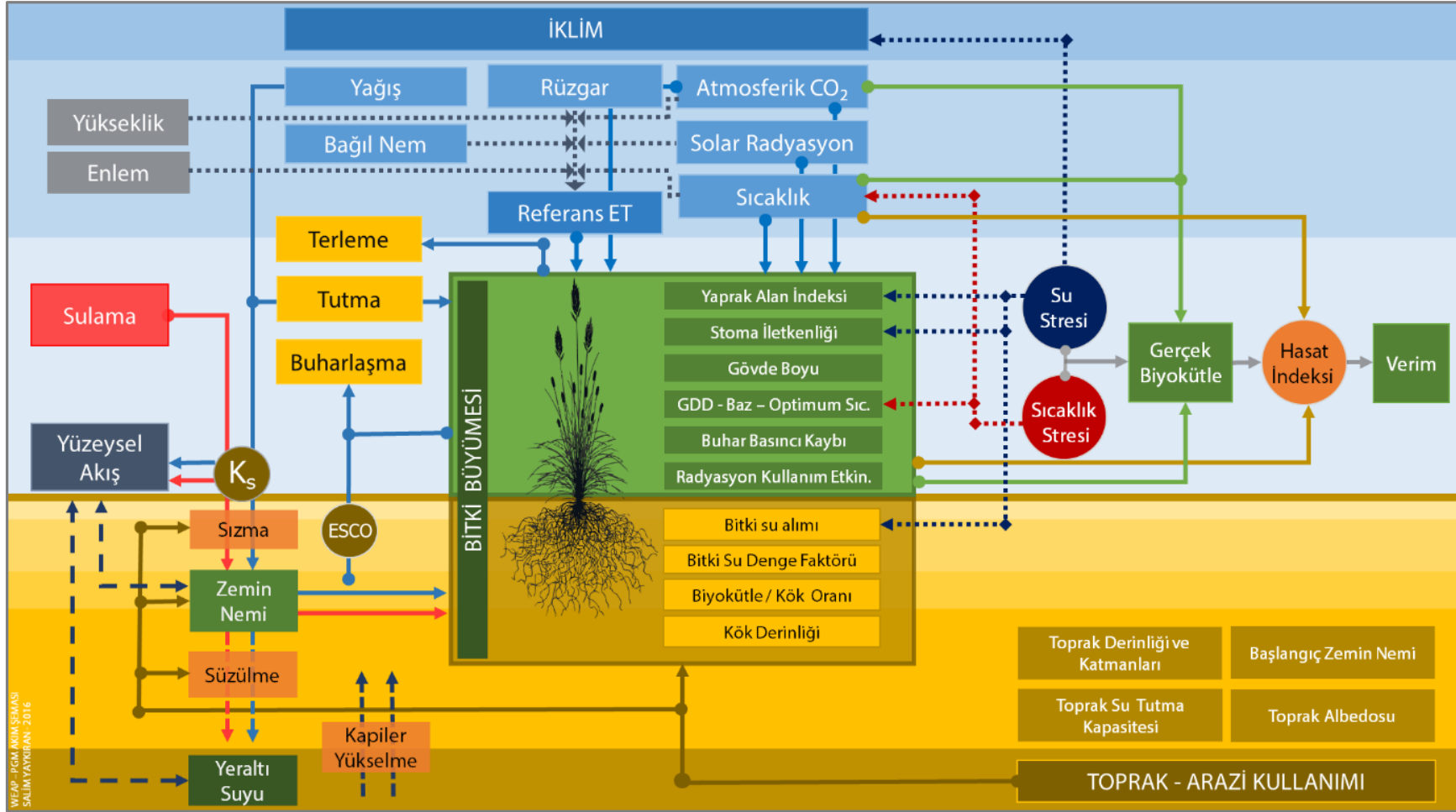
4.8 Modelin Kurulumu ve Çalıştırılması

Bu çalışma kapsamında; sistemin genel işleyişini kavramak amacıyla; WEAP-PGM teknik kılavuzunda yer alan algoritmalarından faydalanarak; iklim, toprak ve bitki büyümesi arasındaki ilişkilerin işlendiği, hesaplamalarda yer alan bazı parametrelere yer verildiği, genel bilgilendirme amaçlı bir akım şeması oluşturulmuştur (Şekil 4.28). Tez kapsamında WEAP-PGM modeli için veri girişi yapılan başlıca parametreler ve ilgili açıklamalara Çizelge 4.17’de yer verilmiştir.

Artan atmosferik CO₂ konsantrasyonu nedeniyle; bitkilerin stoma iletkenliği azalır, radyasyon kullanım verimi artar, yaprak alanları genişler. CO₂ konsantrasyonunun, 330 ppm ile 660 ppm (%100) arasında değişen değerlerinin, bitki üzerindeki verim ve evapotranspirasyon etkileri hesaplanır. Sıcaklık artışı, bitki üzerindeki sıcaklık stres faktörünü etkiler ve buharlaşma ve terleme miktarları (evapotranspirasyon) artar. Artan sıcaklık nedeniyle; etkili büyüme sıcaklığı toplamına (GDD) erken ulaşılması nedeniyle bitkinin olgunlaşma evresi kısa sürmüş olur. Buhar basıncının azalması; stoma iletkenliği ve radyasyon kullanım veriminin düşmesine neden olur (Bindi ve diğ. 2002). Stoma direnci veya iletkenliği, terlemeyle ilişkili olarak bitkinin su ihtiyacının bir göstergesidir. Stoma direncinin yüksek olması; stomaların kapalı olduğunu belirtir. Direnç artarsa; terleme hızı yavaşlar, bitkinin su ihtiyacı artar.

Atmosferik karbondioksit konsantrasyonunun etkilediği bir diğer parametre de bitki nütrient miktarıdır. Bitki büyümesi, CO₂ konsantrasyonu ve nütrientler arasında önemli bir etkileşim söz konusudur. Ancak WEAP PGM modelinde, bitki- nütrient ilişkisine yer verilmemiştir.

WEAP-PGM modelinin algoritmaları üç kaynaktan faydalanılarak hazırlanmıştır. Buharlaşma hesapları ve ürünlerle ilgili parametreler için, ASCE EWRI standardize edilmiş referans bitki evapotranspirasyon hesaplamalarından faydalanılmıştır. Bitkisel büyüme ve ürün verimi hesaplamaları için, SWAT ve APEX modellerinden yararlanılmıştır Yaprak alan indeksi ve CO₂ konsantrasyonu modifikasyonları yapılmıştır. Toprak-su dengesi hesaplamalarında SWAT ve APEX modellerine benzer hesaplamalara yer verilmiştir (Neitsch ve diğ. 2005; Williams ve diğ. 2008).



Şekil 4.28 : WEAP-PGM modeli genel akım şeması.

Çizelge 4.17 : WEAP-PGM modeli için veri girişi yapılan başlıca parametreler ve ilgili açıklamaları.

Kategori	Parametre	Açıklama
Arazi	Alan	İşlem birimlerinin belirlenmesi / CBS yazılımı aracılığıyla alan hesabı
	Ürün ve Ekim-Hasat Zamanı	TÜİK-CORINE Veri Entegrasyonu / Meşcere /Literatür taraması ile ekim-hasat tarihleri ve GDD parametreleri
	Yüzey Katman Kalınlığı	ISRIC - Ulusal Toprak Veri Tabanı Veri Entegrasyonu ile toprak katmanlarının belirlenmesi
	Toprak Katmanları	ISRIC - Ulusal Toprak Veri Tabanı Veri Entegrasyonu ile toprak katmanlarının belirlenmesi
	Toprak Su Kapasitesi	ISRIC - Ulusal Toprak Veri Tabanı Veri Entegrasyonu ile toprak yapısının belirlenmesi / van Genuchten denklemleri
	Toprak Albedosu	Ulusal Toprak Veri Tabanı / Literatür taraması
	Buharlaşma Zemin Nemi Limiti	(ESCO) Kalibrasyon Parametresi / Solma noktasıyla bağlantılı, buharlaşma miktarı için / Azaldıkça buharlaşma artar
	Doygun Hidrolik İletkenlik	(Ks) Veri olmadığı takdirde Kalibrasyon parametresi / Toprak Veri Entegrasyonu toprak tekstürü/ Rosetta veri seti ort. değerleri
	Bitki Su Tüketim Faktörü	(EPCO) Kalibrasyon Parametresi / Üst katmanlar çok kurursa kök bölgesinin terleme durumu / Azaldıkça terleme azalır
	Başlangıç Zemin Nemi	Hidrolojik yıla göre ilk ay Ekim / Solma noktası değerine eşitleme
İklim	Yağış	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Minimum Sıcaklık	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Maksimum Sıcaklık	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Enlem	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Minimum Nem	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Maksimum Nem	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Rüzgâr Hızı	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Rakım	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Solar Işıma	Meteoroloji Genel Müdürlüğü / 11.574 birim dönüşüm
	Atmosferik CO ₂	Mauna Loa yıllık veri
Akım	Akım Gözlem İstasyonu	DSİ Akım Gözlem İstasyonları / Kalibrasyon için gözlem verisi
	YAS – Akım ilişkisi	Veri olmadığı takdirde Kalibrasyon parametresi

Model potansiyel evapotranspirasyonu günlük zaman adımında hesaplamaktadır. Referans bitki olarak 40 cm uzunluğunda yonca bitkisi seçilmiştir ve Penman-Monteith Metodu (Denklem 4.17) ile hesaplanmaktadır (Penman, 1956). Tek yıllık bitkiler, yaprak dökken ve yaprak dökmeyen çok yıllık bitkiler için Penman-Monteith Metodu ile maksimum bitkisel evapotranspirasyon hesaplanmaktadır.

$$PET_{Day} = \frac{DLT * RN + rho * cp * 86400 * \frac{VPD}{AR}}{HV * \left[DLT + GMA * \left(1 + \frac{CR}{AR} \right) \right]} \quad (4.17)$$

Denklemde;

- PET_{Day}* : Referans evapotranspirasyonu (mm/gün),
DLT : Buhar basıncı eğrisinin eğimini (kPa/°C),
RN : Bitki yüzeyindeki net radyasyonu (MJ/m² gün),
rho : hava yoğunluğunu (kg m⁻³),
cp : sabit basınçta hava nemi spesifik sıcaklığını (MJ kg⁻¹ °C⁻¹),
VPD : buhar basıncı azalmasını (kPa),
AR : sıcaklık ve buhar transferi için aerodinamik direncini (s m⁻¹),
HV : potansiyel buharlaşma ısısını (MJ kg⁻¹),
GMA : modifiyepsikometrik sabitini (kPa/°C),
CR : buhar transferi için ürün örtüsü direncini (s m⁻¹) ifade eder.

Gerçek buhar basıncı hesabı için, iklim verisinin varlığına bağlı olarak, iki alternatif hesaplama mevcuttur; minimum ve maksimum bağıl nem ya da serbest nemin sıvı faza geçmeye başladığı sıcaklık olan çiy noktası kullanılmaktadır. Ürün örtüsünden buharlaşma, ürün örtüsünün kapladığı alan ve zemin neminin bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. Topraktan gelen potansiyel buharlaşma, bitki örtüsünün bir fonksiyonu olarak hesaplanır. Bitkisel buharlaşma, bitki terlemesi ve topraktan buharlaşan toplam miktarı, evapotranspirasyon ile kıyaslanır. Toplamın evapotranspirasyonu aştığı durumlarda, topraktan buharlaşan ve maksimum bitkisel terleme miktarları azaltılır (PGM, 2015).

4.8.1 Modelin kurulumu ve veri girişi

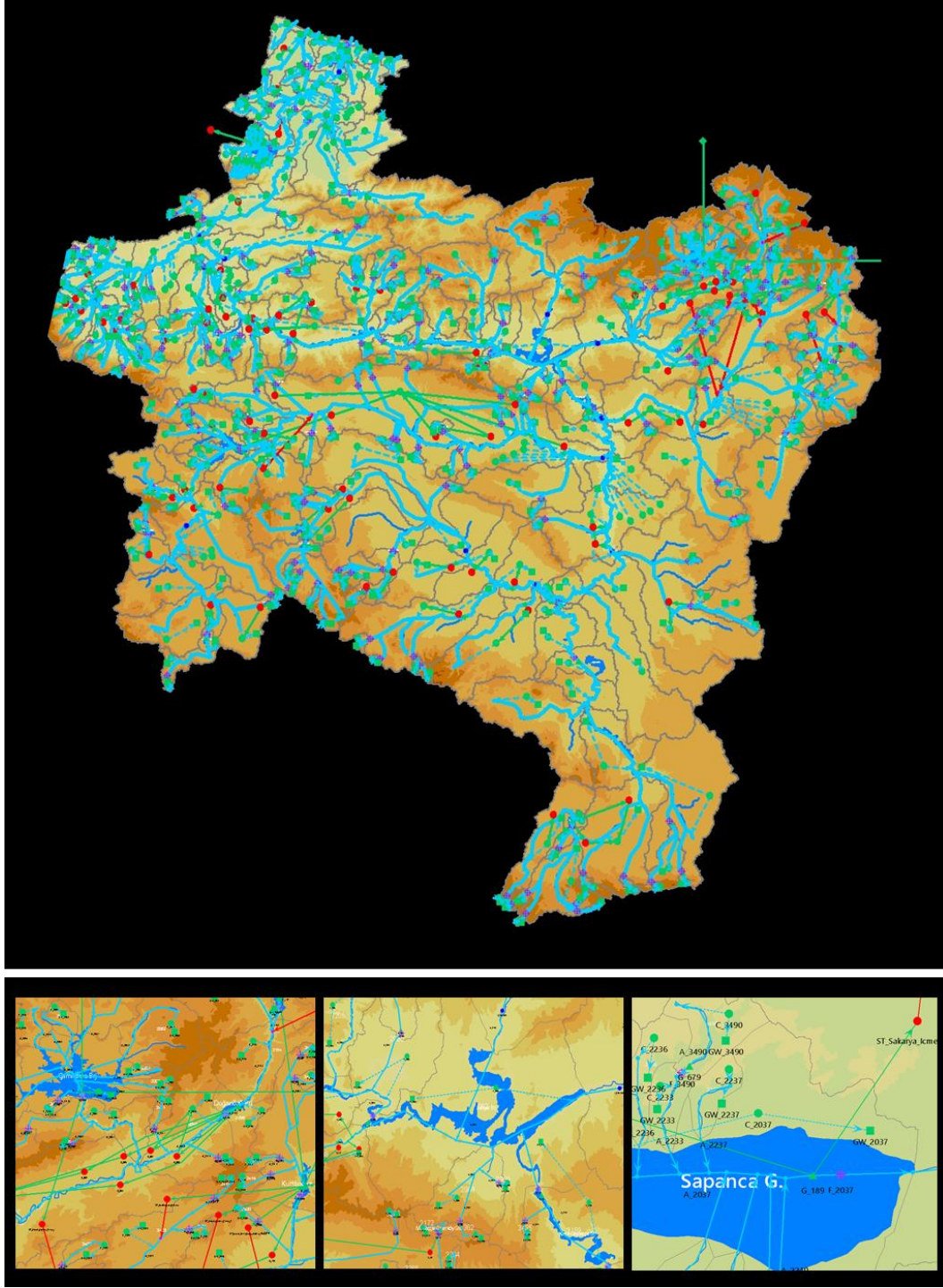
İlk aşama olarak, şebeke kurulumunda modele altlık teşkil etmesi amacıyla havzaya ait; drenaj alanları, su kütleleri, akarsu ağı gibi mekânsal veriler, CBS ortamında hazırlanıp modele alt katman olarak eklenmiştir.

Drenaj alanlarının memba-mansap ilişkisine göre, akım ağından faydalanılarak modelin akım ağı kurulmuş; doğal hidrolojik modüller (drenaj alanı, yüzeysel akış, yer altı suyu) ve su kaynakları yönetimi ile ilgili antropojenik modüller (baraj/gölet, sulama, arıtma tesisi, su transferi gibi) modele işlenmiştir. Sakarya Havzası modelinde işlenen modüller; Şekil 4.29’da verilen Porsuk Alt Havzası örneğinde gösterilmiştir. Kurulan model iskeleti ve modülleri, detayları ile birlikte Şekil 4.30’da gösterilmiştir.



Şekil 4.29 : Sakarya Havzası'nın Porsuk Alt Havzasına ait örnek modüller.

Bu çalışmada, *akarsu modülü* (river) bir drenaj alanında meydana gelen yüzeysel akışı temsil etmektedir. Her bir drenaj alanı için bir akarsu modülü atanmış, drenaj alanı numarasına göre isimlendirilerek sistemli bir yol izlenmiştir. Akarsu modüllerinin birbirleriyle olan bağlantıları, memba – mansap ilişkisine göre belirlenmiştir. Her bir drenaj alanı için, arazi ve iklim verilerini içeren, *su toplama modülü* (catchment) atanmış, ilgili drenaj alanı numarasıyla adlandırılmıştır.



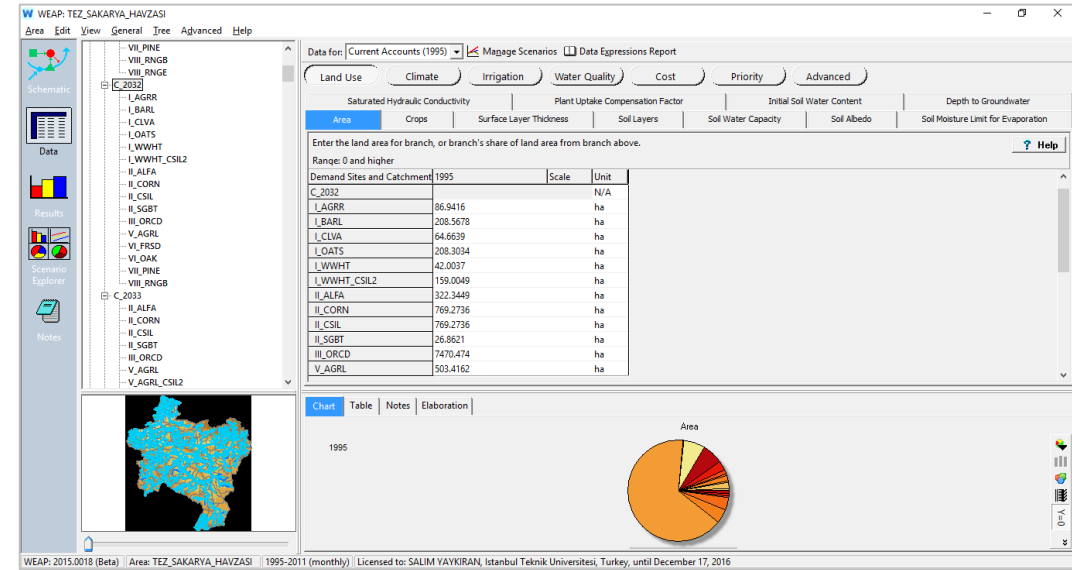
Şekil 4.30 : Sakarya Havzası'nın WEAP Model iskeleti ve detayları.

Hidrolojik işlem birimleri, veri girişi bölümünde, ilgili drenaj alanının alt dalları olarak belirlenmiştir. Yeraltı suyu için her bir drenaj alanına, *yeraltı suyu modülü* (*groundwater*) atanmıştır. Her bir su toplama modülü, yeraltı suyu ve yüzeysel akış ile ilişkilendirilmiştir. Doğal ve yapay su biriktirme yapıları *su biriktirme (reservoir)* modülü ile modele girilmiş, hacim, kot-hacim eğrisi, baraj işletme verileri modüllere girilmiştir. Sulama alanları, içme suyu arıtma tesisleri, *talep alanları (demand sites)*

modülü olarak işlenmiştir. Sulama alanı, sulamanın kaynağı, sulama miktarı ve içme suyu temini ile ilgili veriler modüllere girilmiştir. Biriktirme yapılarının mansabındaki akım miktarının belirlendiği *akım ihtiyacı (flow requirement)* modülü her bir su biriktirme modülünün mansabına eklenmiştir.

Bu çalışmada işlem birimleri; arazi kullanımı ve ürün desenine göre belirlenmiştir. İşlem birimlerinin artmasının modelin verimsiz çalışmasına neden olacağı düşüncesiyle, hidrolojik işlem birimleri belirlendikten sonra toprak – derinlik kombinasyonu ile ilişkilendirilmiştir.

WEAP'in *data* bölümünde, her bir su toplama modülüne ait alt dallara alt birimler atanmıştır. Her bir hidrolojik işlem birimine ilgili veriler girilmiştir. Örnek teşkil etmesi için; WEAP'e işlenen hidrolojik işlem birimlerine ait alansal veriler Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



Şekil 4.31 : WEAP'e işlenen hidrolojik işlem birimlerine ait alansal veriler veriler.

Toplamda 4.180 adet alt işlem birimi olduğu düşünülürse bu işlemleri otomatik hale getirmek yerinde bir uygulama olacaktır. Bu yüzden WEAP'in kod desteğinden faydalanılmıştır.

Script (kod), Windows kod yazma teknolojisinin bir bileşenidir. Kodlar, yazı (text) dosyalarına, VBScript, JScript (JavaScript), Perl, Python, Ruby and PHP gibi farklı dillerde yazılabilir. VBScript ve JScript, Windows ile birlikte bulunmaktadır ve kullanımı her zaman mümkündür. Diğerleri için kurulum gerekmektedir. WEAP'te scriptler dâhili ve harici olarak kullanılabilir. Kendi script editörü kullanılabilir yada

MS Excel’de makro kullanarak WEAP’e müdahale edip, çok sayıda işlemi otomatik hale getirmek mümkündür (SEI, 2015).

29 adet hidrolojik işlem birimi sınıfı için şablon birimler oluşturulmuştur. Bu şablon birimler, her bir ilgili drenaj alanı için yazılmış scriptler (Çizelge H.1 ve H.2) WEAP’e okutularak, ilgili drenaj alanlarına ait alt dallar olarak çoğaltılmıştır.

4.8.2 Modelin çalıştırılması ve model sonuçları

WEAP programı, 140 değişkenden, modelin hesaplamasını istemediği değişkenleri seçme olanağını kullanıcıya sunmaktadır. Bu sayede hesaplanması istenmeyen değişkenler hesaplanmaz ve sonuçlara yansıtılmaz. Örneğin hidrolojik modellemede, su kalitesine ait hesaplamaların devre dışı bırakılması, ya da sadece akım sonuçlarını kıyaslamak için çalıştırılan bir modelde yalnızca akış değişkenlerinin hesaplanması mümkündür. Ancak modelin çalışması için, havza alanı, potansiyel ve gerçek ET, biriktirme yapısı hacmi gibi 27 adet değişkeni kapsayan değişkenlerin hesaplanması zorunludur ve değiştirilmesine izin verilmez.

WEAP’in Microsoft Excel ile entegre edilebilir bir uygulama olması kullanıcıya iş yükü ve doğruluk açısından büyük fayda sağlamaktadır. Bu sayede, ilgili hidrolojik işlem birimlerine ait parametreler için, modele topluca veri girilmesi ve istenilirse değiştirilmesi mümkündür. Bu uygulama, tek bir senaryo veya tek bir değişken için uygulanabildiği gibi, bütün senaryoları ve değişkenleri kapsayacak şekilde de (Excel satır sınırını aşmayacak şekilde) uygulanabilmektedir.

Hidrolojik model; 2003 – 2011 yılları arasında çalıştırılmış, havzanın çıkış noktası için; model sonuçlarıyla akım değerleri karşılaştırılmıştır. Modelde hidrolojik döngü bileşenlerinin hesabında etkili olan parametreler; doymuş hidrolik iletkenlik katsayısı (K_s), buharlaşma zemin nemi limiti (ESCO), bitki su tüketim faktörü (EPCO), yüzeysel akışa katılım ve yeraltı suyunun katılım yüzdesi olarak sıralanabilir.

Doymuş iletkenlik katsayısı; toprağın hidrolik özelliklerine bağlı olarak, verilen aralıklara uygun değerler seçilmiştir. Kış ve sonbahar aylarında yüzeysel akış yeraltı suyunu; bahar ve yaz aylarında yeraltı suyunun yüzeysel akışı beslediği öngörülmüştür. Buharlaşma zemin nemi limiti ve bitki su tüketim faktörü değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir.

Bu çalışma kapsamında kurulan model ile sadece havza çıkışındaki *E12 A057* istasyonu için ön değerlendirme yapılmıştır. Havzadaki bütün istasyonların kalibrasyonu için daha uzun süreli bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Gelecekte yapılacak çalışmalarla havzanın bütünündeki istasyonlarda yapılacak kalibrasyonun ardından su yönetimi kapsamında, farklı sektörlerin ihtiyaçları için çeşitli senaryo analizleri yapılabilir ve sektörlere verilebilecek su miktarları belirlenebilir.

2003-2011 dönemi için çalıştırılan modele ait sonuçlar ile akım gözlemleri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmış ve değerler Çizelge 4.18’de verilmiştir. Korelasyon katsayılarına göre, sonuçların kabul edilebilir bir aralıkta olduğunu karar verilmiştir.

Çizelge 4.18 : Model sonuçları ile akım gözlemleri arasındaki yıllar için aylık korelasyon katsayıları.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
R²	0.89	0.59	0.75	0.80	0.83	0.84	0.81	0.55	0.65
NSE	0.74	0.39	0.22	0.65	-0.27	-1.16	0.76	0.48	0.39
RMSE	34.07	93.42	50.31	70.44	49.30	72.24	58.97	81.05	61.51
BIAS	-25.52	53.14	-8.52	31.98	-27.90	-44.29	13.07	30.41	21.47

Determinasyon katsayısı; regresyon kareleri toplamının, ortalama çevresindeki kareler toplamına oranına göre regresyon doğrusunun ne derece iyi tahmin edilmiş olduğu belirlenir. R^2 , 1’e yaklaştıkça değerlerin uyumu artar. Model sonuçları için Determinasyon katsayısı denklem 4.17’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$R^2 = \frac{\sum [(x_p - \bar{x}_p)(x_o - \bar{x}_o)]^2}{\sum (x_p - \bar{x}_p)^2 \sum (x_o - \bar{x}_o)^2} \quad (4.17)$$

Hataların Ortalama Kare Kökü (RMSE); RMSE değerinin 0’a yaklaşması, model sonuçlarının başarılı olduğunu göstermektedir. Model sonuçları için RMSE katsayısı, denklem 4.18’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_o - x_p)^2} \quad (4.18)$$

Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı (NSE); NSE, $-\infty$ ile 1 arasında değişmektedir. NSE’nin 0 ile 1 arasında değer alması genelde yöntem performansının kabul edilebilir

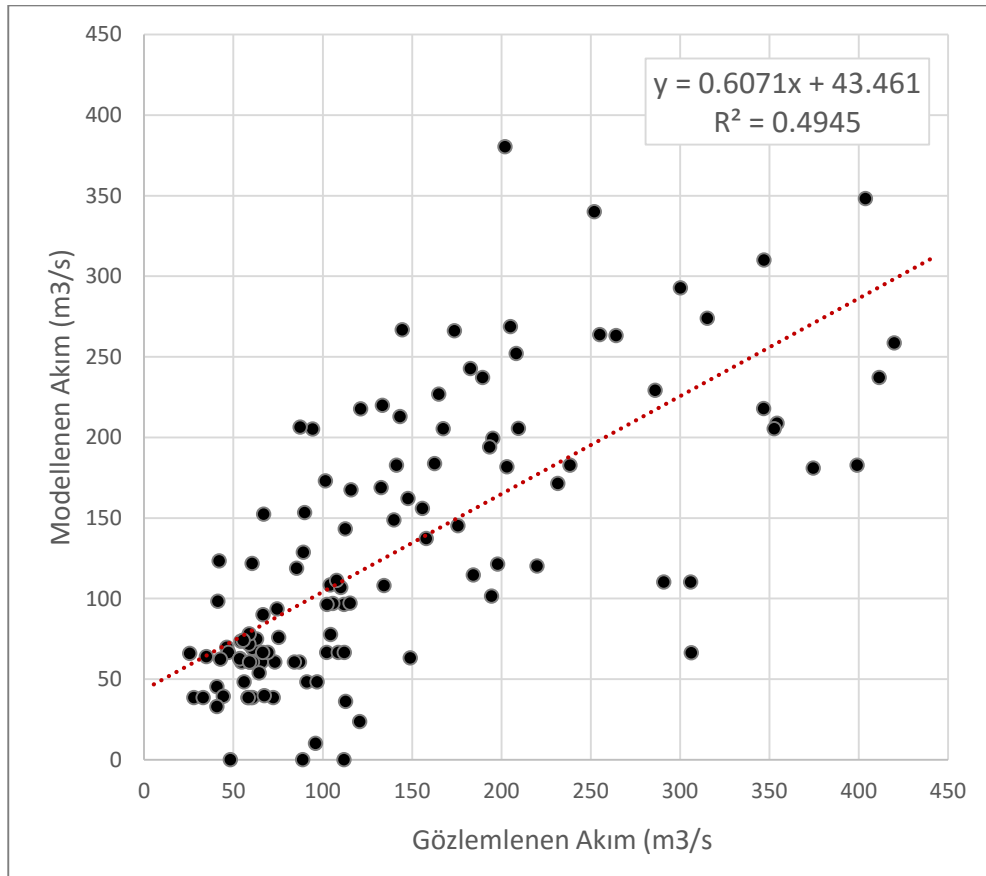
aralıkta olduğunu gösterir. Değerin 0'dan küçük olması, yöntem performansının yetersiz olduğunu göstermektedir. Model sonuçları için NSE katsayısı, denklem 4.19'da verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$NSE = 1 - \frac{\sum (x_o - x_p)^2}{\sum (x_o - \bar{x})^2} \quad (4.19)$$

BIAS; İstatiksel hatayı ifade eder, denklem 4.20'de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

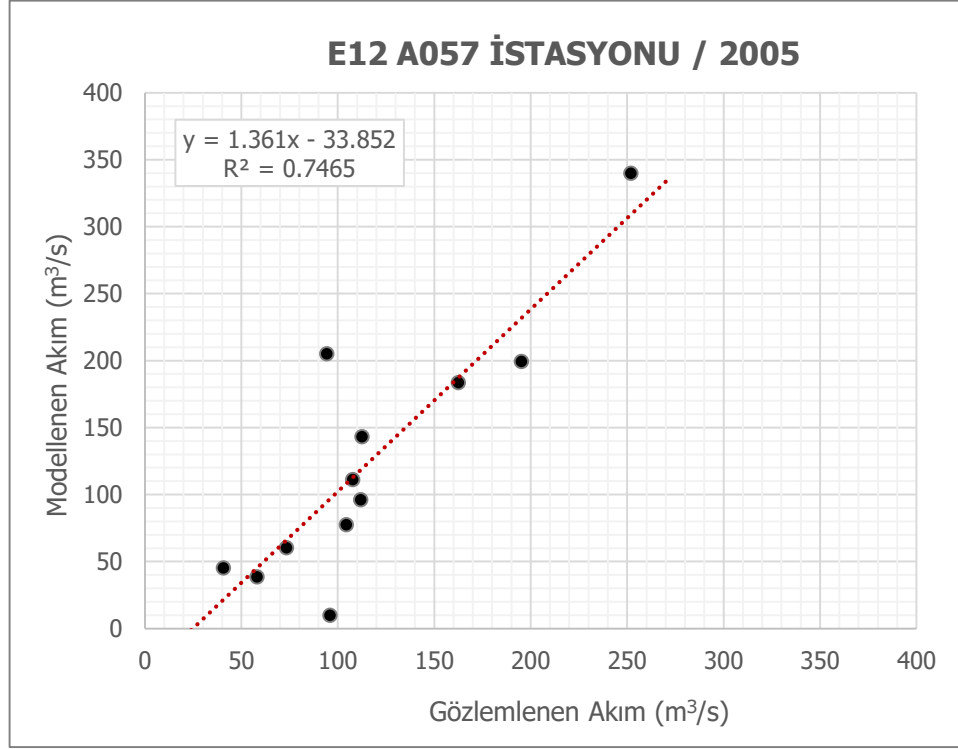
$$BIAS = \frac{1}{n} \sum (x_o - x_p) \quad (4.20)$$

Denklemlerde; x_o gözlemlenmiş akış verisini, x_p modellenen akış verisini ve $\bar{x}$ ortalama değeri göstermektedir. Model sonuçlarının, gözlemlenen akım ile karşılaştırılması Şekil 4.32'de verilmiştir.

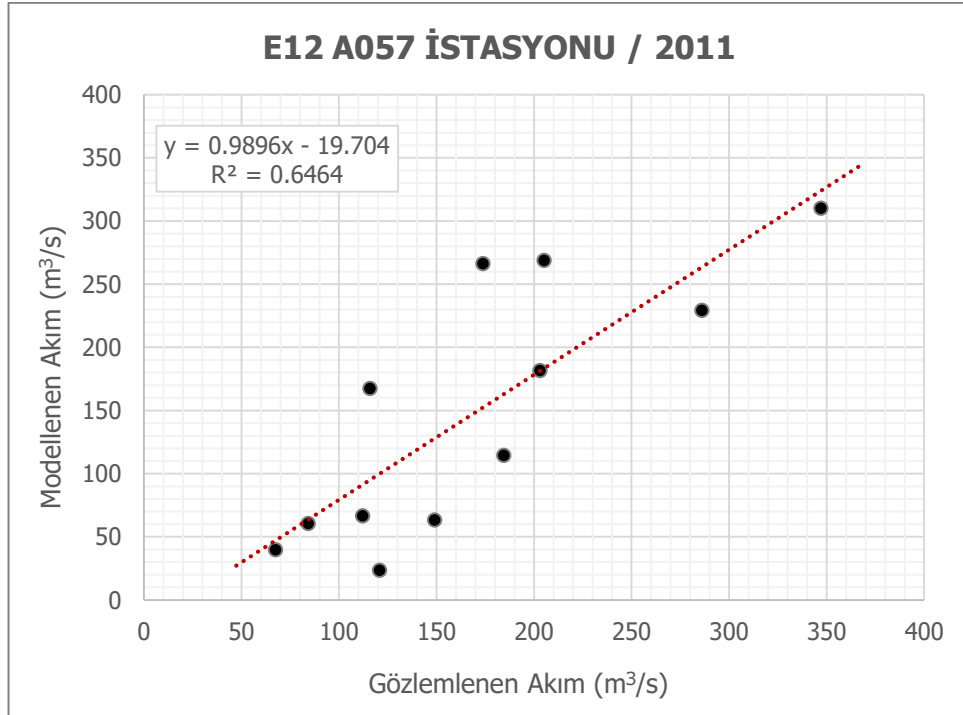


Şekil 4.32 : Model sonuçlarının gözlemlenen akım ile karşılaştırılması.

2005 ve 2011 yılları için aylık istasyon ölçümleri ile model sonuçları arasındaki korelasyonlar Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te gösterilmiştir. Diğer yıllara ait korelasyonlar Şekil I.1 - I.9' da verilmiştir.

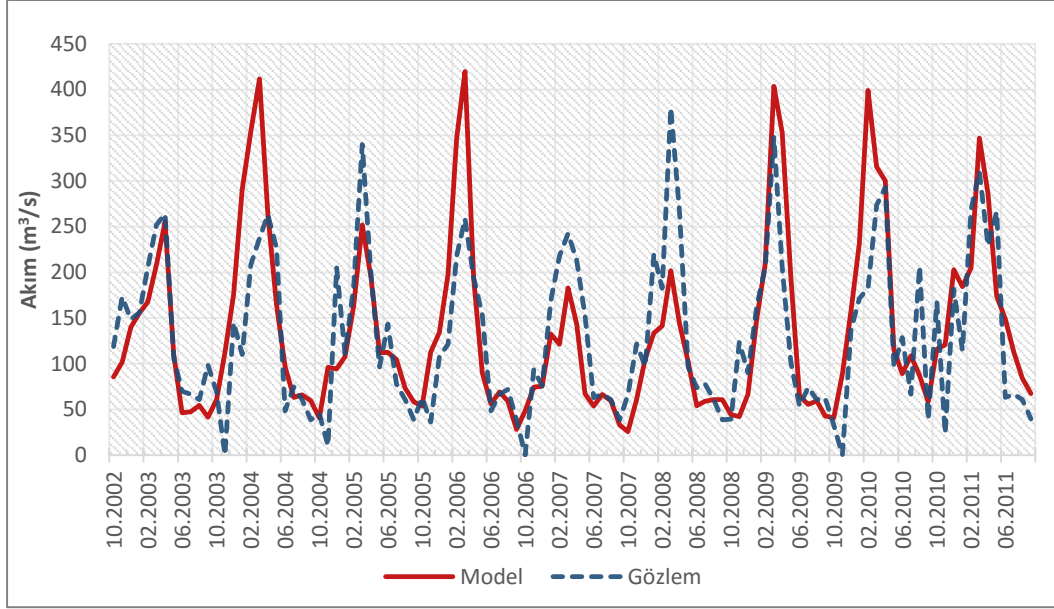


Şekil 4.33 : 2005 hidr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.

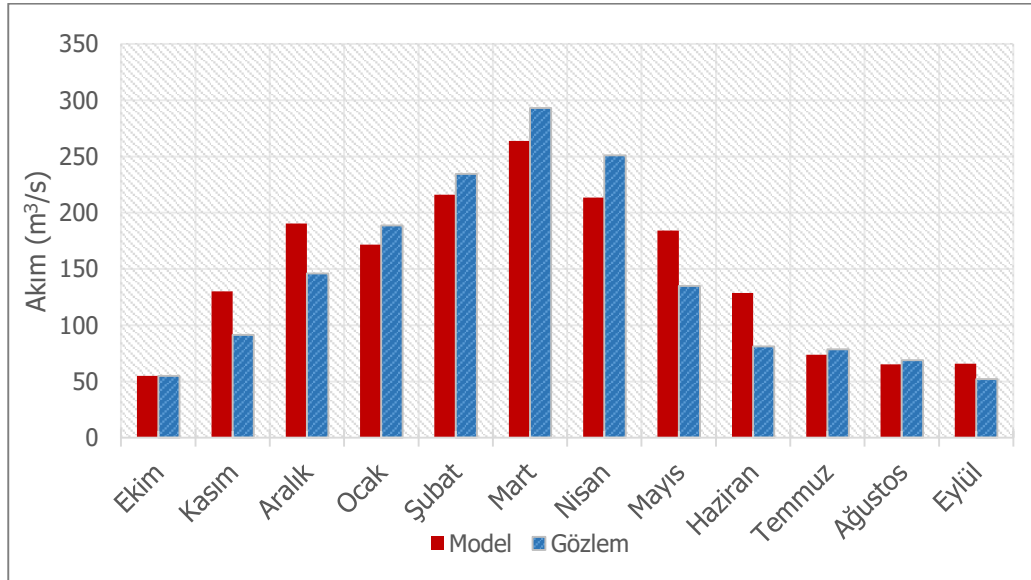


Şekil 4.34 : 2011 Hidr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.

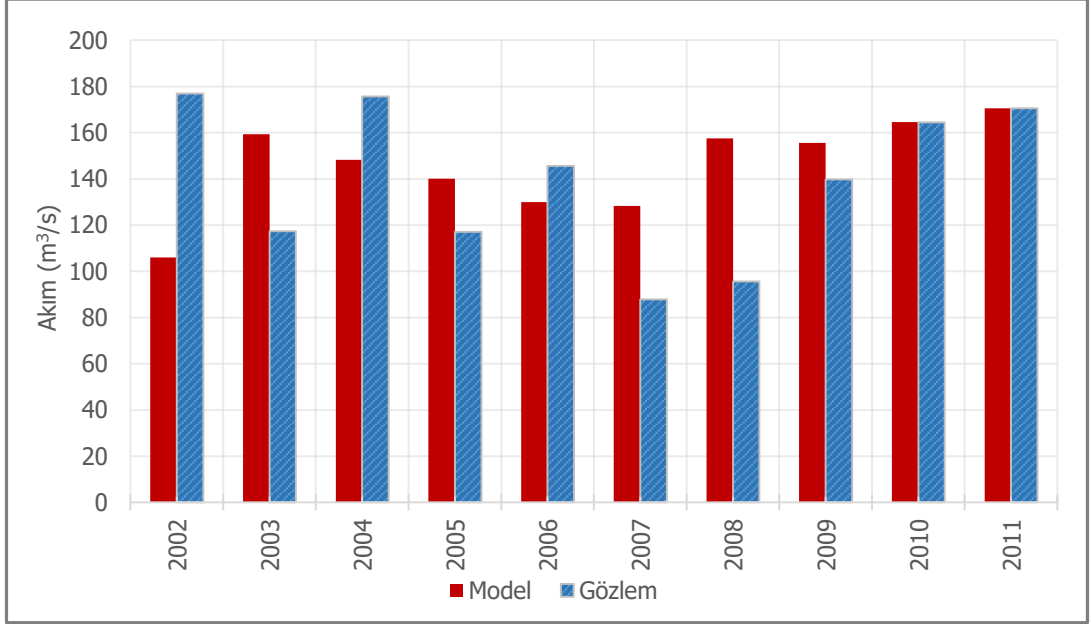
2005 – 2011 hidrolojik yılları arasında, modellenen akım değerleri ile gözlemlenen akım değerlerinin aylık ortalama, uzun yıllar aylık ortalama ve uzun yıllık toplam akımların karşılaştırılması; Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de verilen grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 4.35 : Yüzeysel akış için model sonuçları ve gözlemlenen akım değerleri.

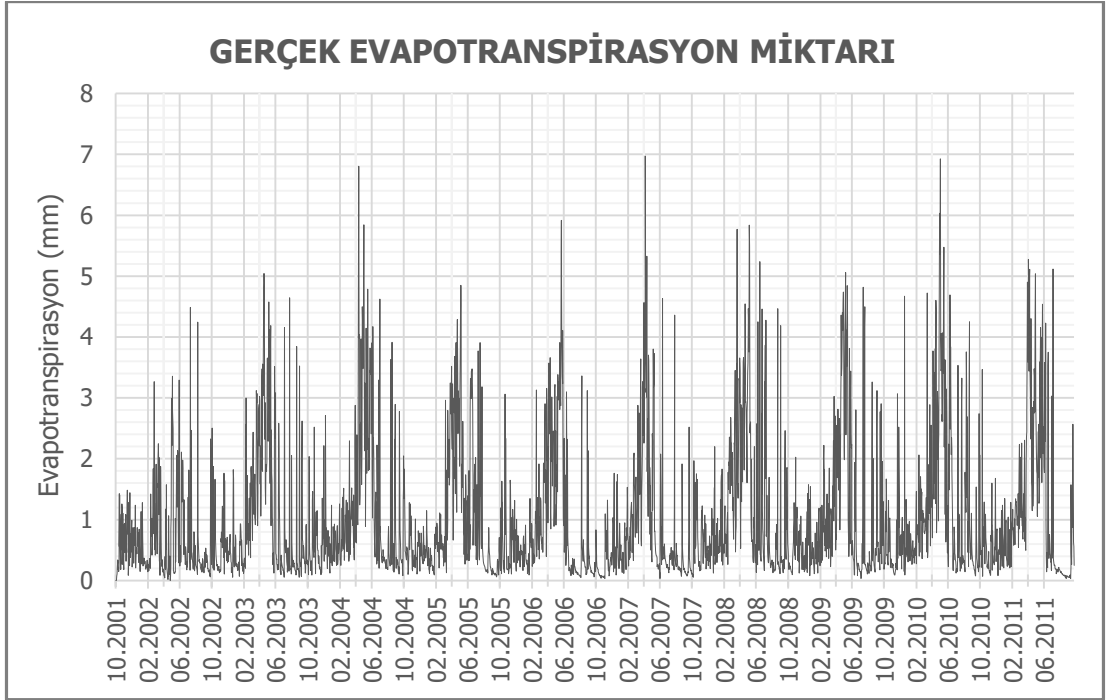


Şekil 4.36 : Uzun yıllar modellenen ve gözlemlenen aylık ortalama akımlar.



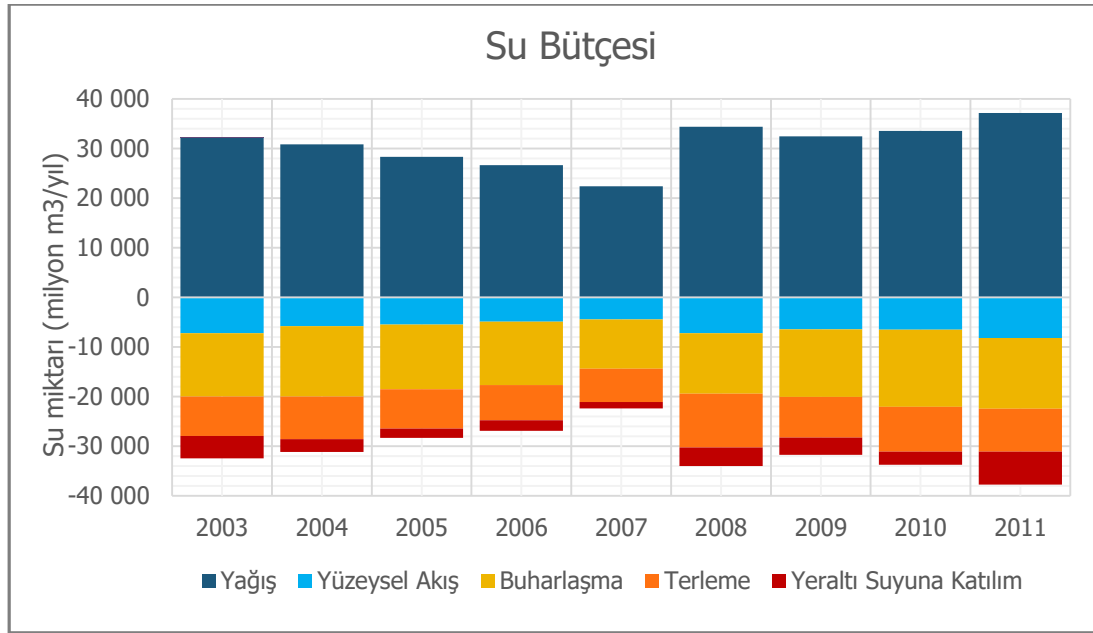
Şekil 4.37 : Modellenen ve gözlemlenen yıllık toplam akımlar.

Modellenen Havza'ya ait gerçek evapotranspirasyon değerleri Şekil 4.38'de verilmiştir.



Şekil 4.38 : Model sonuçlarına göre, günlük gerçek evapotranspirasyon değerleri.

Su bütçesi denklemi kütlenin korunumu prensibine dayanmaktadır; belirli bir zaman aralığında, sisteme giren ve çıkan tüm akımları ve sistemde depolanan su miktarını hesaba katmaktadır Suyun hidrolojik süreçlerdeki dağılımını gösteren havza su bütçesi değerleri; Şekil 4.39'da ve Çizelge 4.19'de verilmiştir.



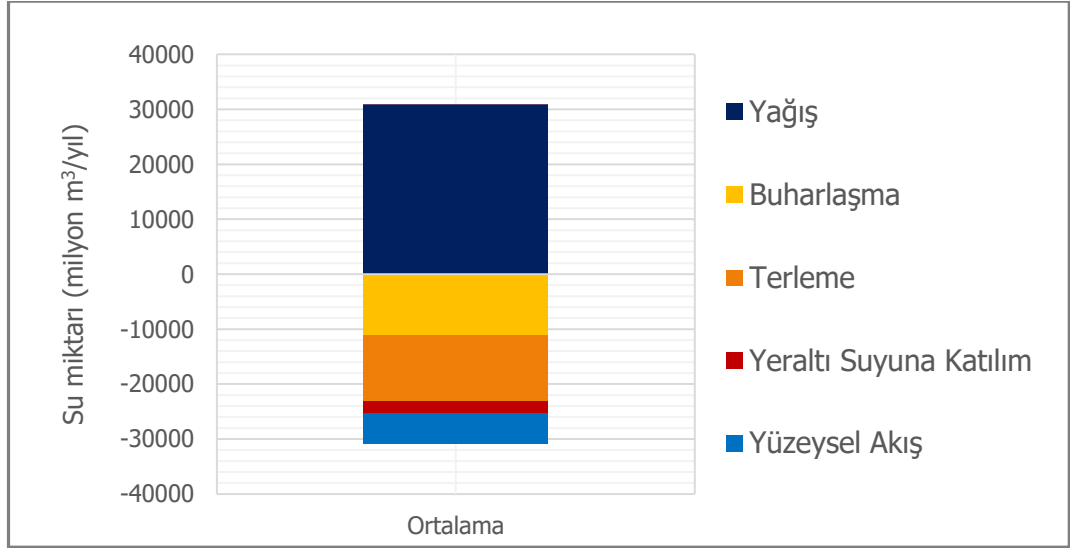
Şekil 4.39 : 2003 – 2011 yılları arasındaki su bütçesi dağılımları.

Çizelge 4.19 : Modellenen Havza'nın su bütçesi dağılımları

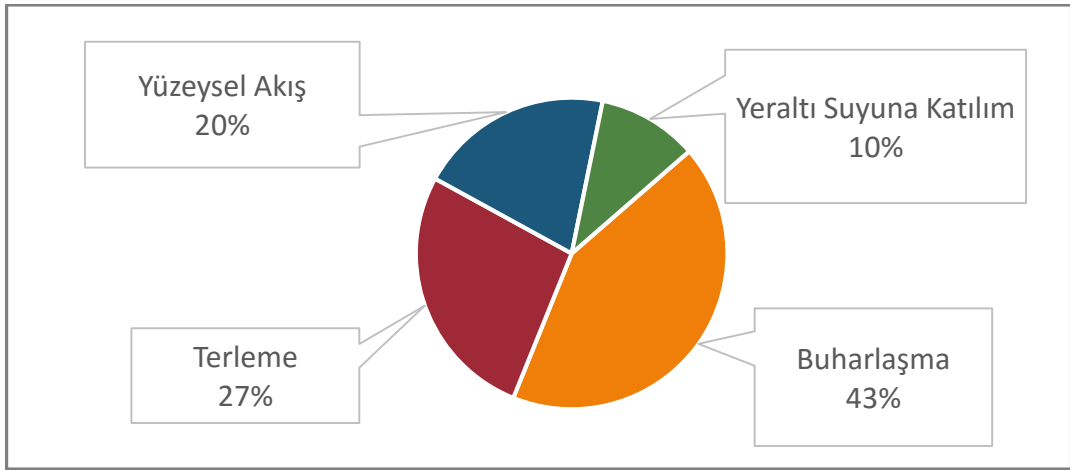
Bileşenler (km ³)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Yağış	32.3	30.9	28.3	26.6	22.4	34.4	32.4	33.5	37.2
Buharlaşma	10.6	11.5	10.8	9.8	7.7	12.2	12.4	13.7	10.8
Terleme	11.3	13.3	11.5	11.1	10.6	12.1	10.7	12.3	14.7
Yüzeysel Akış	6.5	5.1	4.8	4.4	4.0	6.3	5.6	5.6	7.2
Yeraltı Suyuna Katılım	2.8	1.6	1.6	1.4	0.2	3.2	3.2	1.8	5.0
Artan Zemin Nemi	15.0	14.8	13.2	12.8	13.0	15.5	14.8	15.2	14.1
Azalan Zemin Nemi	13.9	15.5	13.5	12.8	13.1	15.0	14.2	15.1	14.7

Sakarya Havzası'nın modellenen yüzeysel akışlar, akarsu gözlem istasyonları ile kıyaslandığında aylık verilerde, yer altı suyu – akarsu ilişkisi varsayımına bağlı olarak bir tutarlılık gözlenmektedir. Yıllık veriler ise toplam su bütçelerinin uygun görünmesine rağmen, regresyon analizinde istenilen tutarlılık gözlemlenememiştir.

2003- 2011 yılları arasındaki yıllar için ortalama su bütçesi ortaya konulmuştur. Ortalama su bütçesinin bileşenlerinin dağılımı, Şekil 4.40, Şekil 4.41 ve Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.40 : 2003- 2011 yılları arasındaki yıllar için model ortalama su bütçesi.

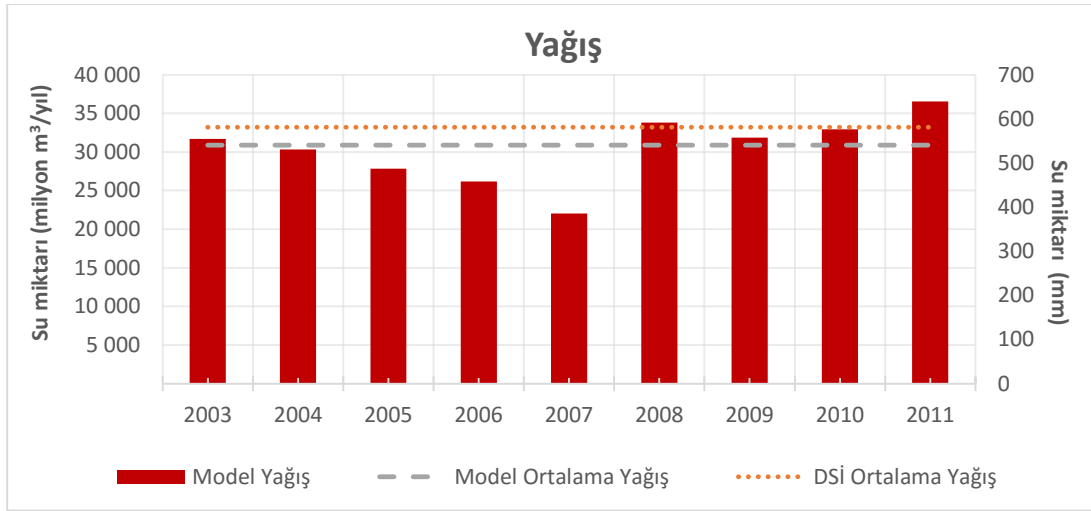


Şekil 4.41 :Sakarya Havzası ortalama su bütçesi bileşenlerinin yüzdelik dağılımları.

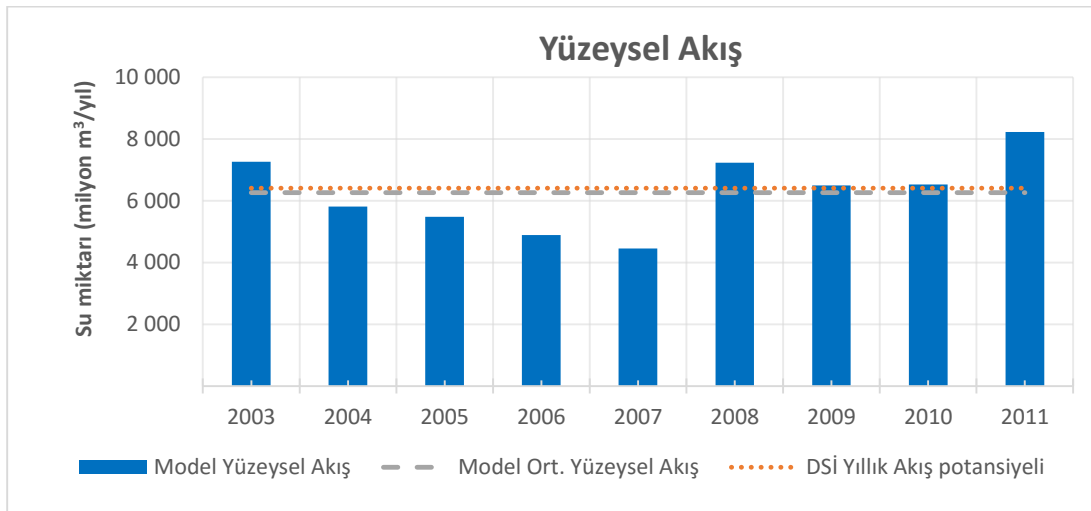
Çizelge 4.20 : 2003- 2011 yılları arasındaki yıllar için ortalama su bütçesi değerleri.

Su Bütçesi Bileşenleri	Ortalama (milyon m ³)	%
Yağış	30.893	-
Yüzeysel Akış	6.261	20
Buharlaşma	13.157	43
Terleme	8.316	27
Yeraltı Suyuna Katılım	3.221	10

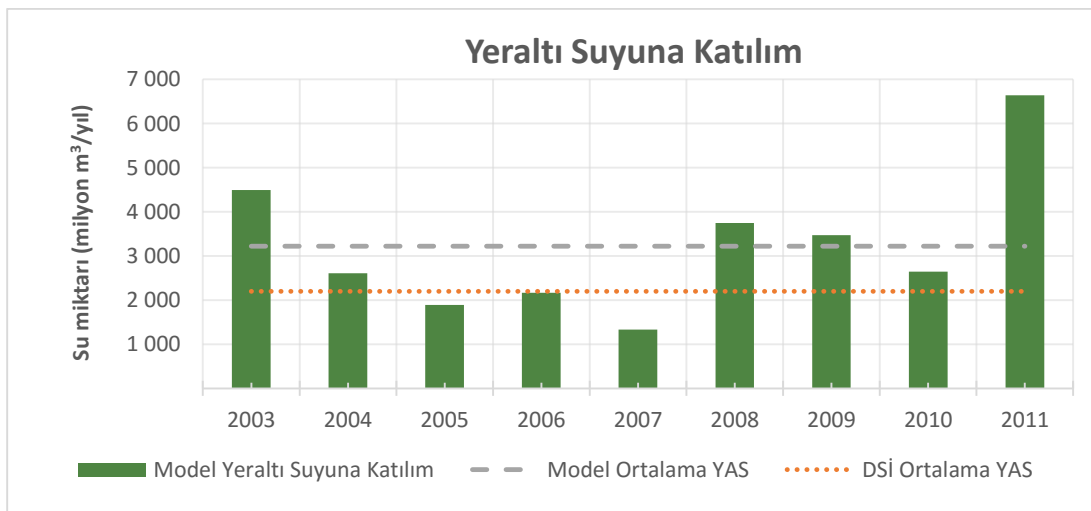
Sakarya Havzası için yağış; modellenen yüzeysel akış ve yer altı suyuna katılım miktarları ve DSİ uzun yıllar ortalama potansiyelleri Şekil 4.42, Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'te verilmiştir.



Şekil 4.42 : Sakarya Havzası'na düşen yıllık yağış miktarları.



Şekil 4.43 : Sakarya Havzası'na ait yıllık yüzeysel akış miktarları.



Şekil 4.44 : Sakarya Havzası'na ait yıllık yeraltı suyu katılım miktarları.

Model sonuçlarına göre havzaya yılda ortalama 29993 milyon m³ yağış düşmekte, 5290 milyon m³'ü yüzeysel akışa dönüşmekte, 2070 milyon m³ su yer altı suyuna katılmaktadır. Yağışın, 10960 milyon m³'lük bölümü buharlaşma ile 11610 milyon m³'lük bölümü ise terleme ile atmosfere geri dönmektedir.

DSİ (2014)'e göre; Sakarya Havzası'nın yıllık ortalama yağış miktarı 524,7 mm olup, yıllık toplamda 33183,6 milyon m³ yağış düşmektedir. Sakarya Havzası, ortalama 6400 milyon m³ yıllık akış potansiyeline sahiptir. Yeraltı suyu potansiyeli ise 2197,1 milyon m³'tür.

5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın ana amacı Sakarya Havzası için yüksek çözünürlüklü hidrolojik modelin yapılandırılmasıdır. Çalışma kapsamında veri analizi/entegrasyonu, kurulma ve çalıştırma aşamaları gerçekleştirilmiş olup, bundan sonraki aşamaların başlangıcı niteliğindedir.

Hidrolojik modelleme; hidrolojinin yansıra; meteoroloji, ziraat, jeoloji, hidrojeoloji, zemin mekaniği, geomatik gibi birçok disiplininin bir arada çalışmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, yapılan analizlerde; karar verme ve inisiyatif kullanma aşamalarında; her bir disiplin için bilgi ve tecrübe gerekmektedir. Bu çalışmada; alan dışında yapılan; bitki, toprak, arazi örtüsü gibi havza özelliklerinin analizlerinde; literatür araştırması yapılmış ve uzman görüşlerinden faydalanılmıştır. Disiplinler arası çalışmalarda işlemlerin; bir çalışma grubu arasında, uzmanlarca paylaşılması, daha güvenilir ve doğru sonuçlar ortaya koyacaktır.

Veri analizi kapsamında; bitkisel üretim ile ilgili verilerin; Çiftçi Kayıt Sistemi'nden daha detaylı bir şekilde elde edilebilir. Ancak, havzanın boyutu ve çalışma ölçeği göz önünde bulundurulduğunda, daha kapsamlı bir yaklaşım mümkündür.

Havzanın ürün deseninin ve ekilen alanın mekânsal olarak belirlenmesi amacıyla; “TÜİK Bitkisel Üretim Veri tabanı” ile “CORINE Arazi Örtüsü Projesi” mekânsal verisinin entegrasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Web üzerinden kullanıma açık evrensel veri tabanı ve ulusal nitelikte verilerden (TÜİK) faydalanılmıştır. Bu entegrasyon sayesinde TÜİK'te yer alan bitkisel ürünlere ait sayısal veriye mekânsal bir nitelik kazandırmak amaçlanmıştır. Dolayısıyla tarımsal alanlar olarak genel bir sınıflandırma yerine; ilgili alandaki tarımsal ürünlerin dağılımları (örneğin %70 buğday, %10 arpa, %40 mısır gibi) tahmin edilebilecektir. Özellikle ülkemizdeki çalışmalarda yapılacak ürün deseni analizinde; herkesin kullanımına açık, kolay ulaşılabilen veri tabanlarından faydalanılarak; hidrolojik ve zirai çalışmalarda kullanılabilecek bir çözüm yolu sunulmuştur. Bu yöntem; CBS uzmanları ve zirai uzmanlar tarafından daha da geliştirilebilir.

WEAP-PGM Modeli; değişen atmosferik CO₂ konsantrasyonun ve sıcaklığın, bitki su kullanımını ve bitki büyümesi üzerindeki etkilerini hidrolojik sürece dâhil etmektedir. Bu sayede, küresel iklim değişikliğinin, bitki verimi ve bitki su tüketimine etkisi analiz edilebilecek; gelecek uzun yıllar için farklı senaryolar uygulanabilecektir. Aynı şekilde gelecek yıllar için rekolte tahminleri de yapılabilir.

WEAP'in bitkisel verilere ait; büyüme, gelişmesine ait parametrelerin belirlendiği, dâhili veri tabanındaki ürünler yerli ürünlere göre düzenlenebilir, yeni ürünler eklenebilir. Örneğin, bu çalışma havzasında üretimde önem arz edecek bir paya sahip olmasına rağmen nohut yer almamaktadır. Bu çalışmanın devamı niteliğindeki, bir sonraki aşamada, uydu verilerinden faydalanılarak, bitki gelişme safhalarının takibinde kullanılan, NDVI (Normalised Difference Vegetation Index, Normalleştirilmiş Vejetasyon İndeksi) kullanılarak bitkilerin mekânsal olarak vejetatif analizi de yapılabilir.

Bu çalışmada öncelikli amaç; havzanın hidrolojik modelinin yapılandırılmasında mümkün olduğunca ayrıntılı veriden faydalanılarak, çalışır durumda bir modelin kurulmasıdır. Bu tez çalışmasının devamı niteliğindeki bir sonraki aşamada; kurulan modelin havzanın tamamındaki akım verisinin kalibrasyon ve doğrulama işlemleri yapılabilir.

Hidrolojik model ile havzanın membaında, dış müdahaleye maruz kalmamış alanlar için daha uygun sonuçlar yakalanabilir. Ancak doğal süreç; baraj işletmeleri, sulamalar, havzalararası su transferleri gibi dış müdahaleler ile değişmektedir. Bu insani etkiler, modele dâhil edilmeden gözlem verilerine uygun model sonuçları elde etmek mümkün olmamaktadır.

Modelde; kış ve sonbahar aylarında yüzeysel akış yeraltı suyunu; bahar ve yaz aylarında yeraltı suyunun yüzeysel akışı beslediği öngörülmüştür. Hidrolojik süreçte, yüzeysel akış - yeraltı suyu ilişkisi iyi bilinmelidir. Bu kapsamda; yeraltı suyu sistemi de model tarafından hesaplanıp, sürece dâhil edilmelidir. Akifer kapasitesi, hidrolik iletkenlik, akifer-akarsu arası yatay mesafe, ıslak derinlik gibi parametrelerin elde edilip, modele işlenmesi gerekmektedir. Gerekirse; modelin birlikte çalışma imkânı sunduğu; WEAP-MODFLOW entegrasyonu sağlanabilir.

WEAP Modeli; gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede yaygın bir kullanıma sahipken, Türkiye'de WEAP ile ilgili çok az çalışma mevcuttur. Dünyada popüler ve

yaygın bir kullanıma sahip bu modelin, ülkemizde yapılan modelleme çalışmalarında kendine bir yer edinmesi önemlidir. Bu çalışmada; WEAP modelinin PGM metodu kullanılarak, hidrolojik bir model kurulmasının aşamalarına yer verilmiştir. WEAP-PGM Modeli hakkında bilgi vermek, imkânlar dâhilinde yol gösterici ve örnek bir çalışma olması amaçlanmıştır.

WEAP modeli; uzun bir geçmişi olan ve dünyada yaygın kullanılan bir program olmasına rağmen, Plant Growth Model (PGM) metodunun henüz yeni olması nedeniyle bazı teknik sorunlarla karşılaşmış, karşılaşılan eksiklikler ilgililere iletilerek, modelin gelecek versiyonlarında sorunların giderilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Acar Z., Balabanlı C. Baytekin H., & Sabancı, C.O.,** (2010). Yem Bitkileri Üretimini Artırma Olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, 2010, Ankara, s. 343-360.
- Ainsworth, E.A. & Long, S.P.** (2005). What we have learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE) A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *New Phytologist*, 154(351-372).
- Ainsworth, E.A., Leakey, A.D.B., Long, S.P., Nosberger, J. & Ort, D.R.** (2006) Food for thought: Lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *Science*, 312(1918 – 1921).
- Akiner, M.E. & Akkoyunlu, A.** (2012). Modeling and forecasting river flow rate from the Melen Watershed. *Journal of Hydrology*, 456-457, pp. 121-129. Cited 8 times. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.06.031 Civil Engineering Department, Boğaziçi Üniversitesi, Bebek, 34342 İstanbul, Turkey
- Al-Karablieh, E., Alpert P., Claus, C., Jayyousi, A., K., Schloz, D., Salman, A., Tielbörger & Twite, R.** (2016). Sustainable Water And Land Management Under Global Change—The Glowa Jordan River Project. *Integrated Water Resources Management: Concept, Research and Implementation*. pp 721-747
- Albek, E. & Göncü, S.** (2011). İklim Değişikliğinin Havza Buharlaştırma ve Terlemesine Etkilerinin Modellenmesi, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ABD, 11-13 Nisan.
- Alp, E. & Özcan, Z.** (2015). SWAT (The Soil And Water Assessment Tool) Teori ve Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Teorik ve Uygulamalı Havza Modellemesi Eğitimi
- Altınbaş, Ü., Türk, T.** (2004). Avrupa Birliği Gündeminde Türkiye'nin Örtü Alanlarının CORINE Ölçütleri Bağlamında Belirlenmesi ve Haritalanması”, Türkiye Toprak Kaynaklarının Etütleri ve Veri Tabanı Projesi Eğitim Programı, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Arnold, J.G., Neitsch, S.L., Kiniry, J.R., & Williams, J.R.** (2005) Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation: Version 2005.

- Arrouays D, Grundy M, Hartemink A, Hempel J, & Heuvelink G.** (2014). Chapter Three -GlobalSoilMap: Toward a Fine-Resolution Global Grid of Soil Properties. In: Sparks DL, editor, Soil carbon, Academic Press, volume 125 of Advances in Agronomy. pp. 93 – 134.
- Aydın, M.** (2004). *Garzan Çayı Su Toplama Havzasında Swat Modelinin Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı. Ankara.
- Aydınalp, C. & Arslan, Y.** (2003). Antalya Havzasındaki Büyük Toprak Gruplarının FAO/UNESCO (1990), FitzPatrick (1988) ve Toprak Taksonomisi (USDA Soil Taxonomy, 1998) Sistemlerine Göre Sınıflandırılması. Anadolu J. of AARI 13 (2): 117 - 139.
- Ayten, N.,** (2014). *Havza Bazında Sektörel Su Tahsisinin Esasları* (Uzmanlık tezi). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Baloch, M.A.** (2009) *Hidrolojik Simülasyon Programı – Fortran (HSPF) Modelinin Gelişmekte Olan Bir Ülke İçin Karar Destek Sistemi Olarak Kullanılması – Türkiye’den Örnek Vaka İncelemesi*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.
- Baloch, M. A. & Tanık, A.** (2009). Havza Modelleme:Namnam Havzası’nın Sınırlarının Belirlenmesi ve Karakterizasyonunda BASINS Uygulaması. İTÜ dergisi,19(1-2), 85-97
- Bayazıt, M.** (2013). *Hidroloji*. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M.** (1998 ve 1995). *Hidrolojik Modeller*. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Baydar, H.** (2012). *Tarla Bitkilerine Giriş*. Süleyman Demirel Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü. Isparta.
- Başayığıt, L.** (2004). CORINE Arazi Kullanımı Sınıflandırma Sistemine Göre Arazi Kullanım Haritasının Hazırlanması: Isparta Örneği. Tarım Bilimleri Dergisi 10(4): 366-374.
- Baize D.** (1988). *Soil Science Analyses*. John Wiley & Sons, Chichester
- Beyhan D. & Candoğan, B. N.,** (2015). FAO Bitki Gelişim Modeli AquaCrop. 1.Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi Haziran 2015 Bursa.
- Bicknell, B.R., Burkey, J.J. & Dusenbury R.A.** (2005). Modeling Water Quality in Urban Northwest Watersheds. Presented at ASCE Watershed Management 2005, Williamsburg, VA.

- Bindi, M., Kimball, B. A. & Kobayashi, K.** (2002). Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment, *Adv. Agron.*, 77, 293 – 368
- Büyüktaş, D. & Hıkgören, F.** (2005). Batı Akdeniz tarımsal araştırma enstitüsü aksu birimi topraklarının toprak – su karakteristik eğrisi parametrelerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*. 18 (1): 101 – 106.
- Chow, T. V., Maidment, D. R. & Mays, L.W.** (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, ABD.
- Chudnovskii A.F.** (1976). *Toprakların Isı Fiziği*. Moskova, Nauka, 353s. (Rusça).
- Colman, E.A.** (1947). *A Laboratory Procedure for Determining the Field Capacity of Soils*, *Soil Sci.*, 63, 277–283.
- Coşkun, G.** (2007). Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ders Notu
- CORINE.** (2012). Coordination of Information on the Environment (Çevre Bilgi Düzeni) Projesi. Avrupa Çevre Ajansına
- Cüceloğlu, G.** (2012). *Darlık Havzası'nın Model Destekli Hidrolojik Analizi*. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.
- Cüceloğlu, G. & Ertürk, A.** (2014). Model Supported Hydrological Analysis of Darlık Creek Watershed, *Fresenius Environmental Bulletins Volume* (23).
- Cüceloğlu, G.** (2015). Su Kaynakları Modeli ve Değerlendirme Aracı Olarak SWAT-WEAP Entegrasyonu, İstanbul
- Çelik, F.D.** (2014). *Su Kalitesi Modelleme*. [PowerPoint sunumu]. Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü. Kayseri
- Čerkasova, N. , Denisov, V., Ertürk, A., Umgiesser, G. & Zemly, P.** (2016). Curonian Lagoon Drainage Basin Modelling and Assessment of Climate Change Impact. *Oceanologia*, 58 (2), pp. 90-102. DOI: 10.1016/j.oceano.2016.01.003 Arsenale - Tesa 104, Castello 2737/F, Venezia, İtalya.
- Dalkılıç, Y. & Harmancıoğlu, N.** (2008). Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinin Türkiye’de Uygulama Olanakları. TMMOB, 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Demirkesen A. C.** (2003). Sayısal Yükseklik Modeli Yardımıyla Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1-2), 61-73.

- Dengiz, O. & Bayramin, İ.** (2003). Ankara Gölbaşı Topraklarının Farklı Toprak Sınıflandırma Sistemlerine Göre Sınıflandırılması. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7, 3, 5 / 2003
- Dengiz, O., Göl, C. & Başkan, O.** (2007). Büyükçay Havzası (Çankırı) Toprak Özellikleri ve Haritalanması. , Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8, 1, 9 / 2007
- Doğan O.** (1995). Türkiye'de Toprak Kaynakları, Sorunları ve Çözümler. Standart Dergisi, Yıl: 34, Mayıs, s.73
- DSİ.** (2014). Devlet Su İşleri Veri tabanı. Ankara.
- DKM.** (2013). Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. Doğa Koruma Merkezi.
- Demritaş, Ç. & Okay, D.** (2007). Bursa Koşullarında Sıcaklık ve CO₂ Değişimlerinin Mısır Bitkisinin Verim ve Evapotranspirasyon Üzerine Etkisinin Belirlenmesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (j. agric. sci.), 17(2): 81-87
- Doğan, U.** (2001) *Sakarya havzasında aylık akış miktarlarının yağış-akış modelleriyle hesaplanması.* (Yüksek Lisans tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Doran İ., Koca Y.K. & Kılıç T.** (2009). Arazi Sınıflandırma Yöntemi CORINE’e Eleştirel Bir Yaklaşım” V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 71-80, Ankara.
- El Sheimy, N., Valeo, C., & Habib, A.** (2005). Digital Terrain Modeling: Acquisition, Manipulation and Applications. Artech House, Boston.
- Ercan, B.** (2016). *Determination Of The Rainfall-Runoff Relationship For Kızılırmak Basin.* (Yüksek Lisans tezi). Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep.
- Ertürk, A., Ekdal, A., Gürel M., Karakaya N. & Güzel Ç.** (2014). Evaluating the impact of climate change on groundwater resources in a small Mediterranean watershed Science of the Total Environment 499 (2014) 437 – 447
- ESRI.** (2015), **ArcMap Tools.** <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fill-works.htm>
- Esteve, P., Varela-Ortega, C., Blanco-Gutiérrez, I. & Downing T.E.** (2015). A Hydro-Economic Model For The Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation in Irrigated Agriculture. *Ecological Economics*. doi:10.1016/j.ecolecon.2015.09.017

- Fırat, M.** (2007). *Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Havza Modellemesi*. (Doktora tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendiliği Bölümü, Denizli.
- Fıstıkoğlu, O.** (1999). Hidrolojik Modeller. TMMOB Türkiye İnşaat Mühendisleri 15.Teknik Kongresi, Ankara.
- Future Water Report.** (2011). Green Water Credits Morocco: Inception Phase Water Use and Demand in the Sebou Basin, Morocco – A Cost-Benefit Analysis using the Water and Evaluation and Planning Tool (WEAP), Wageningen, Netherlands.
- Göl, C., Ünver, İ. & Özhan, S.** (2004). Çankırı-Eldivan Yöresinde Arazi Kullanma Türleri İle Yüzey Toprağı Nemi Arasındaki İlişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2004, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 159-169, Isparta .
- Gönenç, G.İ. & Karakaya, N.** (2006). Türkiye’de havzalar arası su transferi için bir karar destek sistemi önerisi. İTÜ Dergisi, Su Kirlenmesi Kontrolü Cilt:16, Sayı:1-3, 79-90.
- Göncü, S. & Güngör, Ö.** (2013) Application of the soil and water assessment tool model on the Lower Porsuk Stream Watershed. Hydrological Processes, 27 (3), pp. 453-466. Cited 7 times. DOI: 10.1002/hyp.9228
- Güzel, Ç.** (2010). *Application of SWAT Model in a Watershed in Turkey*. (Yüksek Lisans tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Hatfield, J.L.** (2008). *The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources and biodiversity*. U.S. Climate Change Science Program: Synthesis and Assessment Product 4.3.
- HKEP.** (2013) *Havza Koruma Eylem Planları, Sakarya Havzası Raporu*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- Huntington, T.G.** (2004). Climate change, growing season length, and transpiration: Plant response could alter hydrologic regime. *Plant Biology*, 6 (651-653).
- İÇDR.** (2014). *İl Çevre Durum Raporları*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Kale S. & Tarı A.F.** (2012). Sulu ve Kuru Koşullar Altında Kışlık Buğday İçin FAO-AQUACROP Modelinin Performansının Değerlendirilmesi. Toprak Su Dergisi , pp:119-131, 2012.
- Karahan, G., Erşahin, S. & Öztürk, H.S.** (2014). Toprak Koşullarına Bağlı Olarak Tarla Kapasitesi Dinamiği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. Derleme Makalesi JAFAG ISSN: 1300-2910 E-ISSN: 2147-8848. 30 (1), 1-11 DOI:10.13002/jafag177

- Karaş E. & Öztürk F.** (2011). Küçükermalı Gölet Havzasının Toprak Koruma Önlemlerine Göre Arazi Kullanım Planlaması. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2011, 28(2), 127-134
- Kayam, Y.,** (2014) *İklim Değişikliğine Bağlı Toprak Nemindeki Değişimin Aydın'da Örnek bir Alanda Pamuk Bitkisinde Swap Modeli ile Simulasyonu.* (Yüksek Lisans tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Aydın.
- Kimball, B. A.** (2010). Lessons from FACE: CO₂ effects and interactions with water, nitrogen and temperature. Chapter 5 in "Handbook of Climate Change and Agroecosystems." Daniel Hillel and Cynthia Rosenzweig eds.
- Gönenç, İ.E, & Yüceil, K.** (2006). Kırsal Yayılı Kaynaklar için Modelleme Destek Sistemi ve Yerel Uygulaması. İTÜ Dergisi., Cilt 5, sayı 1.
- Güner, Ü. & Koç, A.C.** (2005). Mevcut Sulama Projelerinin FAO Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi: Tavas Ovası Örneği, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Aralık 2005, Sayı: 9, s. 93-106.
- Jabloun M. & Sahli A.** (2012). WEAP-MABIA Tutorial, A collection of stand-alone chapters to aid in learning the WEAP-MABIA module - Version 1.0.1.
- Jabloun M. & Sahli A.** (2005). MABIA-ETc: a tool to improve water use in field scale according to the FAO guidelines for computing water crop requirements. The WUEMED Workshop (Improving Water Use Efficiency in MEDiterranean Agriculture: what limits the adoption of new technologies), Roma, İtalya, 29-30 Eylül 2005.
- Kuchling, E.** (1889). The Relation between the Rainfall and the Discharge of Sewers in Populated Districts. Trans. ASCE 20:1-60.
- Kurucu, P.S.** (2008). *Sakarya Havzası'ndaki Bazı Akarsularda Debi Eğilimlerinin Belirlenmesi.* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Leão R., Soares A. A., Teixeira A. & Silva D.** (2013). Georeferenced database generation with the purpose of hydrologic modeling in reservoirs of the hydrographic basin of Jaguaribe river in the state of Ceará, Article in Engenharia Agrícola 33(2):388-401 · Nisan 2013. Brezilya.
- Meriç B. T.** (2004). Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, (28) 1:27-38. Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye Water Resources Management and Turkey Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM), 06532 Beytepe, Ankara
- McBratney, A.B., Minasny, B. & Rossel, R.V.** (2006). Spectral soil analysis and inference systems: A powerful combination for solving the soil data crisis. Geoderma, 2006, 136: 272- 278.,Tx.

- MGM.** (2015). Meteoroloji Genel Müdürlüğü veri tabanı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J. & Williams J.** (2011). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2005. Grassland Soil and Water Research Laboratory Agricultural Research Service & Blackland Research Center Texas Agricultural Experiment Station, Texas, ABD.
- Nouvellon Y., Begue A., Moran M. S., Lo Seen D., Rambal S., Luquet D., Chehbouni G. & Inoue Y.** (2000). Par Extinction İn Shortgrass Ecosystems: Effects Of Clumping, Sky Conditions And Soil Albedo, Agricultural And Forest Meteorology, Vol.105, Issues 1-3, 20 November, Pp. 21-41
- Ormancılık ve Su Şurası.** (2013). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi: Taşkın ve Kuraklık Çalışma Grubu Raporu.
- OSİB BİD.** (2013). CORINE Uzaktan Algılama Metaveri, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Özden D. M. & Keskin.** (2010) S., Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, Ankara Çukurova Üniversitesi, Toprak Bölümü, Adana.
- Özdemir, A. & Leloğlu, U.M.** (2014). Climate change impact assessment on river basin: Sarisu-Eylükler river, Turkey, Sustainable Watershed Management - Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainable Watershed Management, SUWAMA 2014, pp. 103-112.
- Öztürk, F.** (1997). Sakarya Havzasında Akarsu Debisi ile Sediment Miktarı Arasındaki İlişkiler. Ankara.
- Penman, H.L.** (1956). Evaporation: An introductory survey. Netherlands Journal of Agriculture Science 4:7–29.
- Pribyl, D.W.** (2010). *A Critical Review of the Conventional SOC to SOM Conversion Factor Geoderma* 156(3):75–83 · May 2010. Impact Factor: 2.77. DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.02.003
- PGM.** (2015). Plant Growth Model (PGM) Technical Documentation. Stockholm Environment Institute, US Center, MA, USA.
- Rahmanlar, S.T.** (2015). *Entegre Havza Yönetiminde Karar Destek Sistemi Olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri.* (Uzmanlık tezi). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Santikayasa, I.P.** (2016). Development of an Integrated Agricultural Planning Model Considering Climate Change, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 31, No. 1, pp. 1-10, Şubat 2016.
- Rosetta.** (1999). Rosetta Soil Database. <http://www.ussl.ars.usda.gov/MODELS/rosetta/rosetta.htm>.
- SEI.** (2011). Water Evaluation and Planning System User Guide. Stockholm Environment Institute, US Center, MA, USA.

- SEI.** (2015). Water Evaluation and Planning System Tutorial. A collection of standalone modules to aid in learning the WEAP software. Stockholm Environment Institute, US Center, MA, USA.
- Selki, K.** (2008). Sakarya Havzası'na Genel Bakış. ÇOB Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü. İzmir 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları Havza Kirliliği Konferansı. İzmir.
- Slack, D., Martin, E., Sheta, A., Fox, F. J., Clark, L. & Ashley, R.** (1996). Crop Coefficients Normalized For Climatic Variability With Growing-Degree-Days. Proceeding Of International Evaporation And Irrigation Scheduling Conference:892-898,3-6 November 1996,San Antonio
- SWAT.** (2009). SWAT Theoretical Documentation.
- TASS.** (2005). Toprak Ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı
- Thiessen A. H.** (1911). Precipitation averages for large areas. Mon Weather Rev 39(7):1082 – 1084
- Thompson, D. B.** (2006). The rational method, regional regression equations, and site-specific flood-frequency relations. Final Project Report 0-4405-1, TechMRT, Texas Tech University, Lubbock, Texas 79409.
- Tuğay, M.E.** (1988). Tarla Bitkileri. Cumhuriyet Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No:13, Tokat.
- TÜİK.** (2008). Resmi İstatistik Portalı, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.resmiistatistik.gov.tr>
- Tüzüner, A.** (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı. (T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı)
- UBC,** (2013). Centre for Teaching, Learning and Technology, UBC Maja Krzic
- USDA.** (2010). Keys to Soil Taxonomy, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı.
- USGS.** (2015). Erişim: Haziran 2016, <http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>
- WEAP.** (2015). Water Evaluation and Planning System User Guide. Stockholm Environment
- Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A. & Le Bas, C.,** (1999). Development And Use Of A Database Of Hydraulic Properties Of European Soils, Geoderma, 90, July 1999, Pp. 169-185.
- Yazgan S.** (2008). Sulama ve Drenaj Ders Notu. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Bursa.
- Yolcubal, İ.** (2008). Hidrojeoloji Ders Notları. Kocaeli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

EKLER

EK A: İstasyonların gözlem süresince aylık ortalama akım grafikleri.

EK B: Sakarya Havzası için elde edilen drenaj alanları haritası.

EK C: Sakarya Havzası'na ait belirlenen drenaj alanlarının, kod ve alan bilgileri.

EK D: Sakarya Havzası'nda; ISRIC'in belirlediği 6 katman için toprak haritaları.

EK E: İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

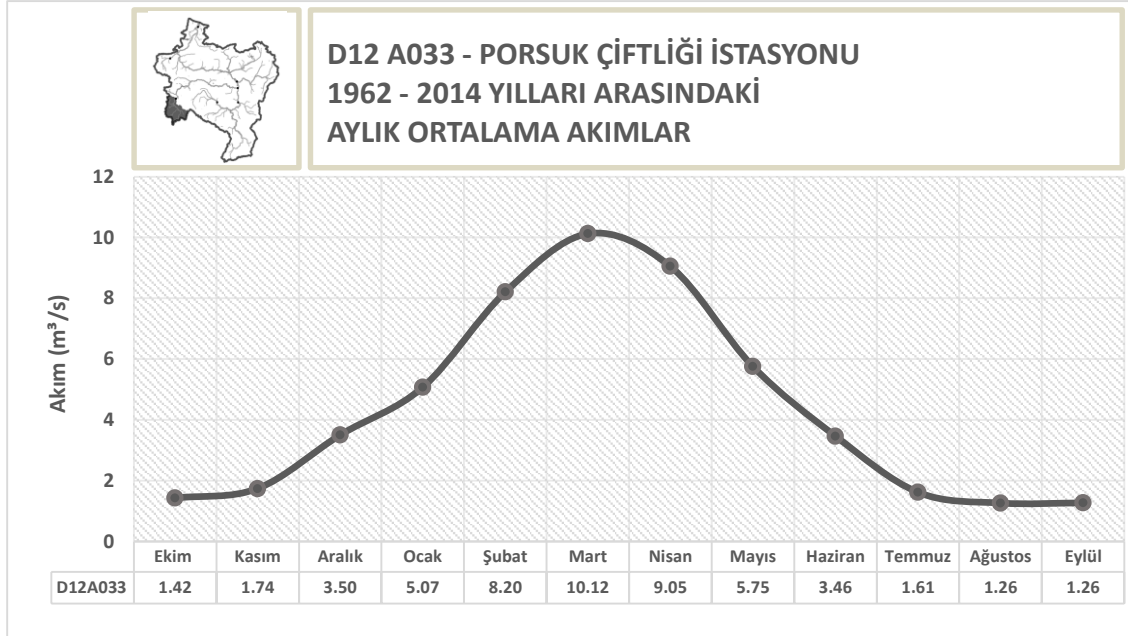
EK F: Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları.

EK G: SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

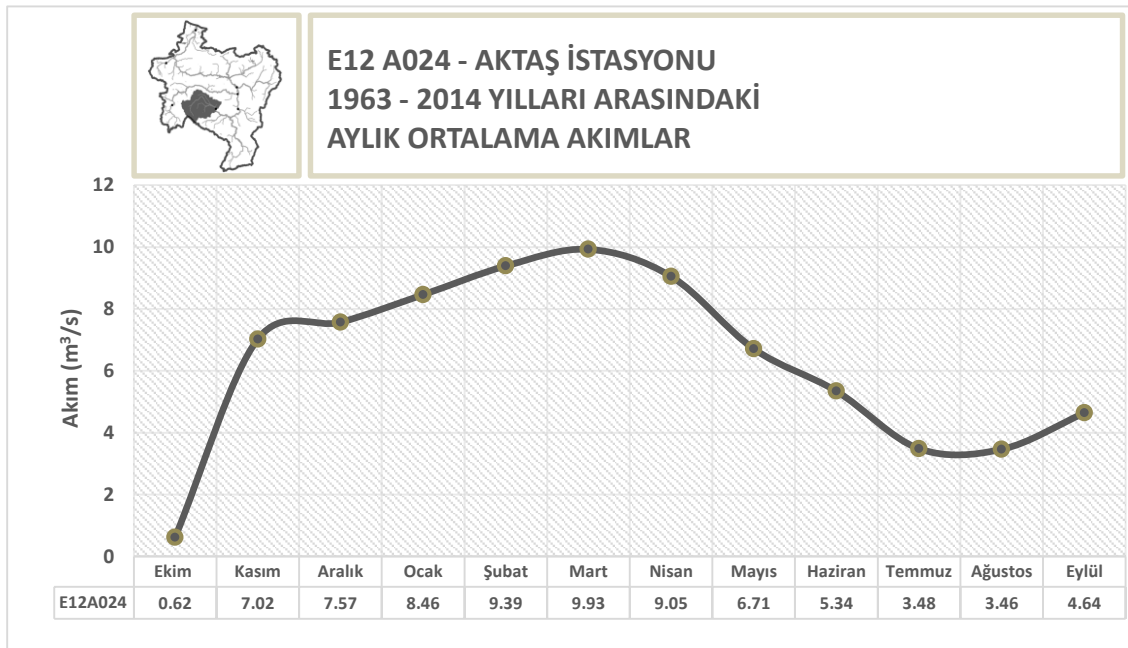
EK H: WEAP modelinde kullanılan kod örnekleri.

EK I: Hidrolojik yıllar için, ölçülen ve modellenen akımın korelasyon grafikleri.

EK A

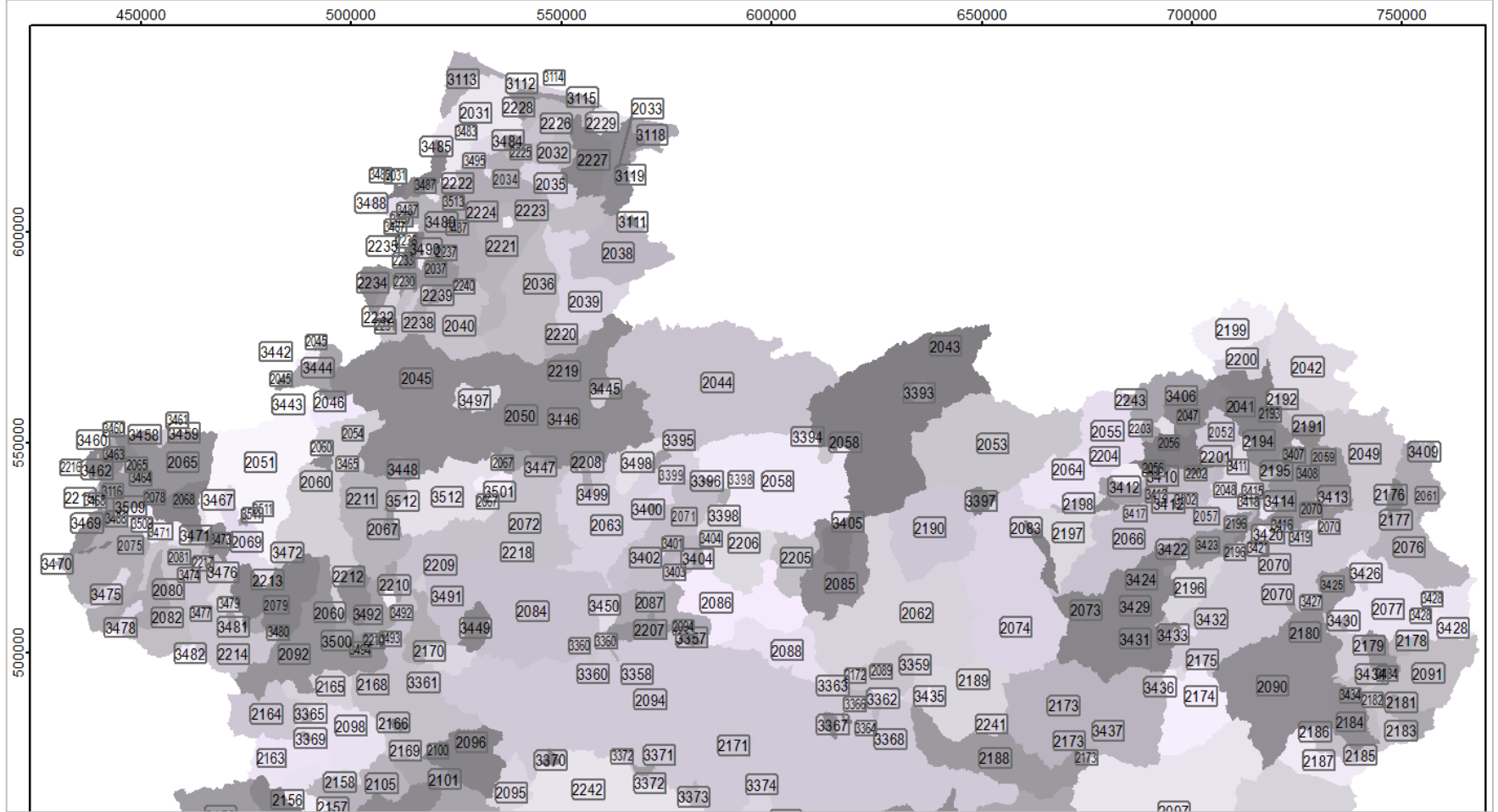


Şekil A.1 : D12 A033 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.

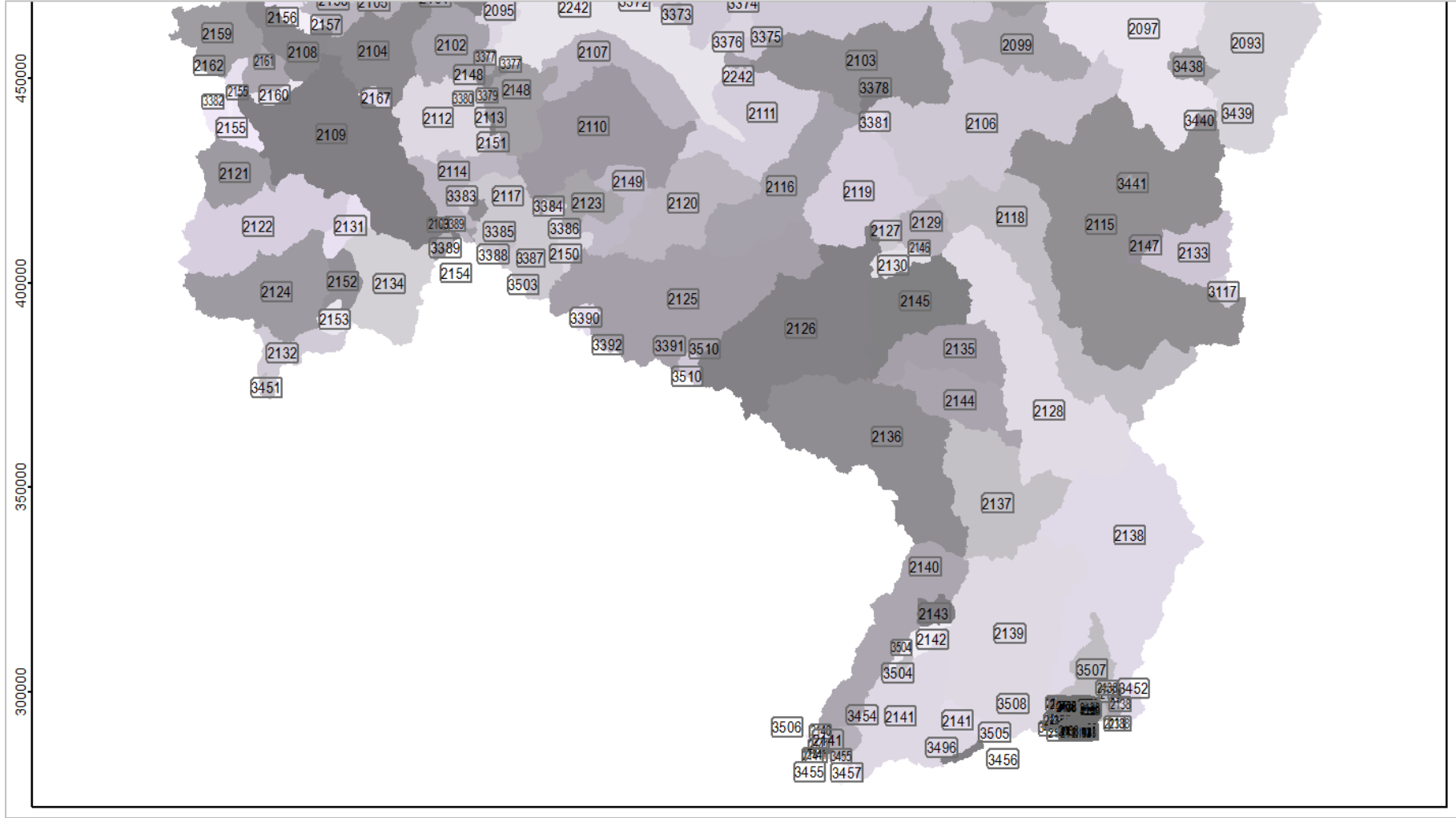


Şekil A.2 : E12 A024 İstasyonu gözlem süresince aylık ortalama akımlar ve havzadaki yağış alanı.

EK B



Şekil B.1 : Sakarya Havzası için elde edilen drenaj alanları.



Şekil B.1 (devam) : Sakarya Havzası için elde edilen drenaj alanları.

EK C

Çizelge C.1 : Sakarya Havzası’na ait belirlenen drenaj alanlarının, kod ve alan bilgileri.

DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)
C_2031	15 989	C_2081	7 122	C_2131	6 370	C_2181	6 078	C_2231	237	C_3385	1 719	C_3435	212
C_2032	11 330	C_2082	11 949	C_2132	16 958	C_2182	481	C_2232	676	C_3386	1 956	C_3436	295
C_2033	6 651	C_2083	4 410	C_2133	32 070	C_2183	4 944	C_2233	259	C_3387	2 398	C_3437	2 228
C_2034	32 034	C_2084	100 724	C_2134	52 021	C_2184	6 669	C_2234	8 254	C_3388	487	C_3438	7 352
C_2035	6 462	C_2085	25 194	C_2135	23 333	C_2185	3 905	C_2235	1 118	C_3389	1 422	C_3439	1 067
C_2036	54 234	C_2086	33 164	C_2136	104 737	C_2186	2 488	C_2236	608	C_3390	3 140	C_3440	457
C_2037	4 749	C_2087	14 002	C_2137	69 493	C_2187	10 065	C_2237	277	C_3391	2 093	C_3441	1 351
C_2038	18 379	C_2088	18 728	C_2138	148 392	C_2188	32 494	C_2238	473	C_3392	937	C_3442	433
C_2039	26 018	C_2089	10 825	C_2139	120 965	C_2189	24 358	C_2239	281	C_3393	2 002	C_3443	272
C_2040	11 962	C_2090	33 465	C_2140	52 121	C_2190	38 229	C_2240	286	C_3394	1 270	C_3444	6 331
C_2041	16 439	C_2091	27 358	C_2141	56 909	C_2191	3 945	C_2241	3 106	C_3395	1 493	C_3445	1 473
C_2042	31 030	C_2092	36 565	C_2142	6 323	C_2192	2 801	C_2242	79 381	C_3396	368	C_3446	568
C_2043	103 747	C_2093	69 319	C_2143	3 884	C_2193	105	C_2243	13 937	C_3397	3 190	C_3447	5 264
C_2044	89 522	C_2094	289 857	C_2144	27 282	C_2194	9 578	C_3111	428	C_3398	1 193	C_3448	1 820
C_2045	47 696	C_2095	10 537	C_2145	32 558	C_2195	3 543	C_3112	737	C_3399	2 460	C_3449	5 959
C_2046	6 079	C_2096	18 287	C_2146	247	C_2196	11 797	C_3113	7 671	C_3400	560	C_3450	2 877
C_2047	10 440	C_2097	113 157	C_2147	5 740	C_2197	21 076	C_3114	584	C_3401	204	C_3451	1 520
C_2048	11 672	C_2098	31 958	C_2148	28 233	C_2198	1 583	C_3115	98	C_3402	211	C_3452	810
C_2049	29 660	C_2099	35 583	C_2149	17 756	C_2199	18 029	C_3116	255	C_3403	4 511	C_3453	1 362
C_2050	96 371	C_2100	5 075	C_2150	5 343	C_2200	6 904	C_3117	3 927	C_3404	1 236	C_3454	4 866
C_2051	45 145	C_2101	598	C_2151	542	C_2201	676	C_3118	4 945	C_3405	8 422	C_3455	1663

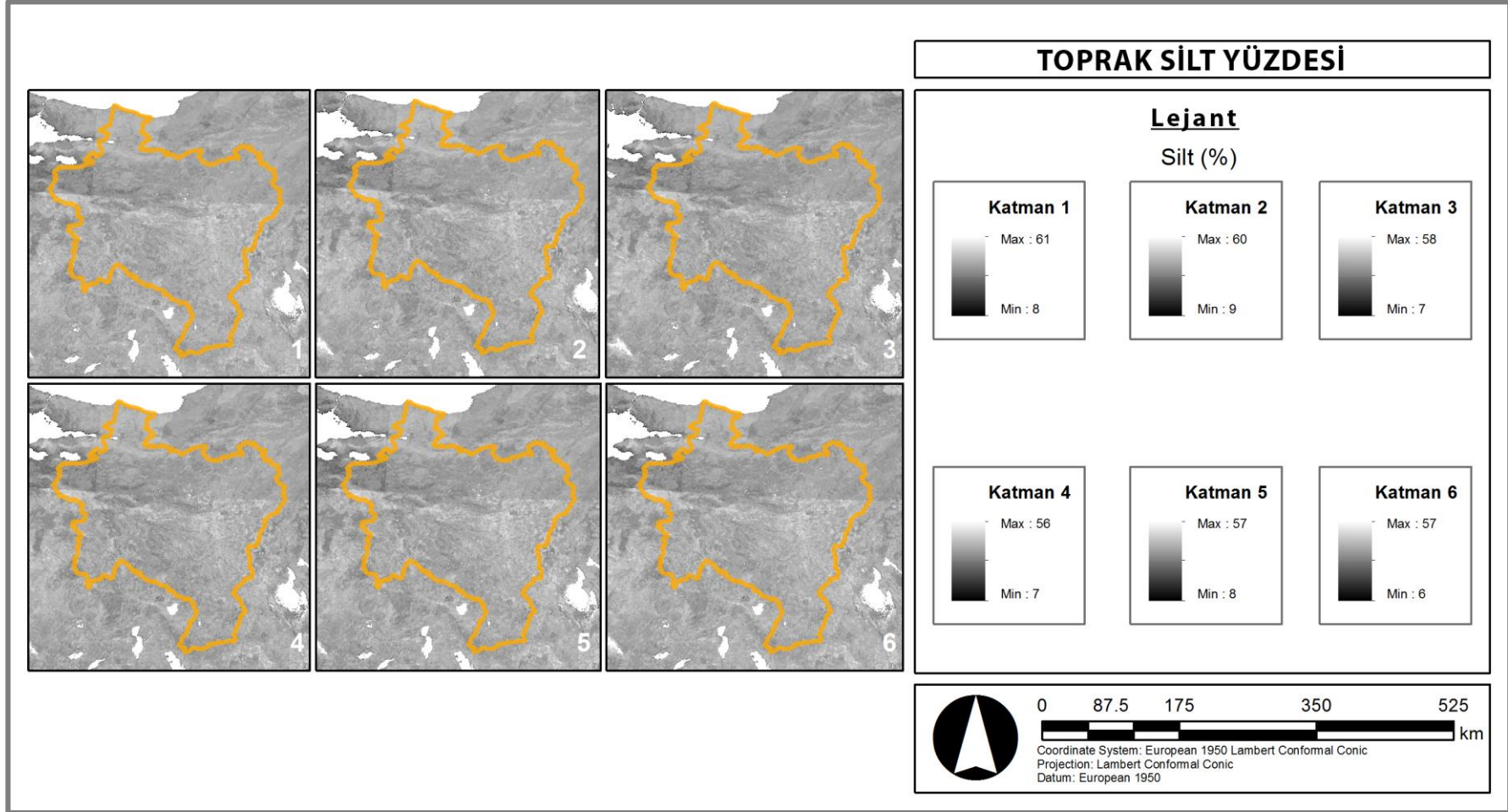
Çizelge C.1 (devam) : Sakarya Havzası’na ait belirlenen drenaj alanlarının, kod ve alan bilgileri.

DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)
C_2051	45 145	C_2101	598	C_2151	542	C_2201	676	C_3118	4 945	C_3405	8 422	C_3455	1 663
C_2052	7 523	C_2102	27 310	C_2152	6 533	C_2202	1 244	C_3119	229	C_3406	217	C_3456	2 718
C_2053	65 887	C_2103	66 087	C_2153	5 038	C_2203	1 270	C_3357	1 442	C_3407	337	C_3457	1 283
C_2054	12 283	C_2104	44 622	C_2154	909	C_2204	3 360	C_3358	595	C_3408	609	C_3458	288
C_2055	23 333	C_2105	17 062	C_2155	11 173	C_2205	13 000	C_3359	121	C_3409	1 117	C_3459	152
C_2056	10 694	C_2106	111 007	C_2156	4 693	C_2206	24 780	C_3360	2 833	C_3410	238	C_3460	92
C_2057	7 959	C_2107	27 199	C_2157	243	C_2207	7 476	C_3361	1 225	C_3411	670	C_3461	752
C_2058	70 114	C_2108	25 456	C_2158	2 075	C_2208	1 831	C_3362	2 153	C_3412	6 249	C_3462	4 304
C_2059	29 470	C_2109	145 890	C_2159	40 402	C_2209	874	C_3363	385	C_3413	1 689	C_3463	73
C_2060	50 404	C_2110	73 342	C_2160	4 388	C_2210	7 480	C_3364	747	C_3414	804	C_3464	197
C_2061	14 330	C_2111	47 586	C_2161	12 433	C_2211	29 835	C_3365	507	C_3415	143	C_3465	1 410
C_2062	77 039	C_2112	40 174	C_2162	3 855	C_2212	8 921	C_3366	357	C_3416	774	C_3466	512
C_2063	47 346	C_2113	815	C_2163	23 078	C_2213	2 574	C_3367	1 271	C_3417	1 310	C_3467	377
C_2064	19 083	C_2114	25 588	C_2164	17 743	C_2214	17 995	C_3368	29	C_3418	350	C_3468	35
C_2065	19 683	C_2115	216 748	C_2165	6 646	C_2215	4 549	C_3369	531	C_3419	447	C_3469	67
C_2066	56 327	C_2116	46 887	C_2166	390	C_2216	1 129	C_3370	1 186	C_3420	401	C_3470	553
C_2067	1 567	C_2117	37 480	C_2167	2 438	C_2217	2 427	C_3371	1 237	C_3421	406	C_3471	376
C_2068	7 180	C_2118	84 375	C_2168	27 144	C_2218	1 857	C_3372	2 647	C_3422	2 718	C_3472	20
C_2069	6 158	C_2119	48 146	C_2169	4 690	C_2219	13 652	C_3373	1 951	C_3423	11 576	C_3473	95
C_2070	78 973	C_2120	40 752	C_2170	6 662	C_2220	2 842	C_3374	6 719	C_3424	724	C_3474	244
C_2071	31 381	C_2121	17 506	C_2171	3 331	C_2221	16 015	C_3375	325	C_3425	5 725	C_3475	3 678
C_2072	38 635	C_2122	44 154	C_2172	1 158	C_2222	706	C_3376	1 692	C_3426	1 795	C_3476	794

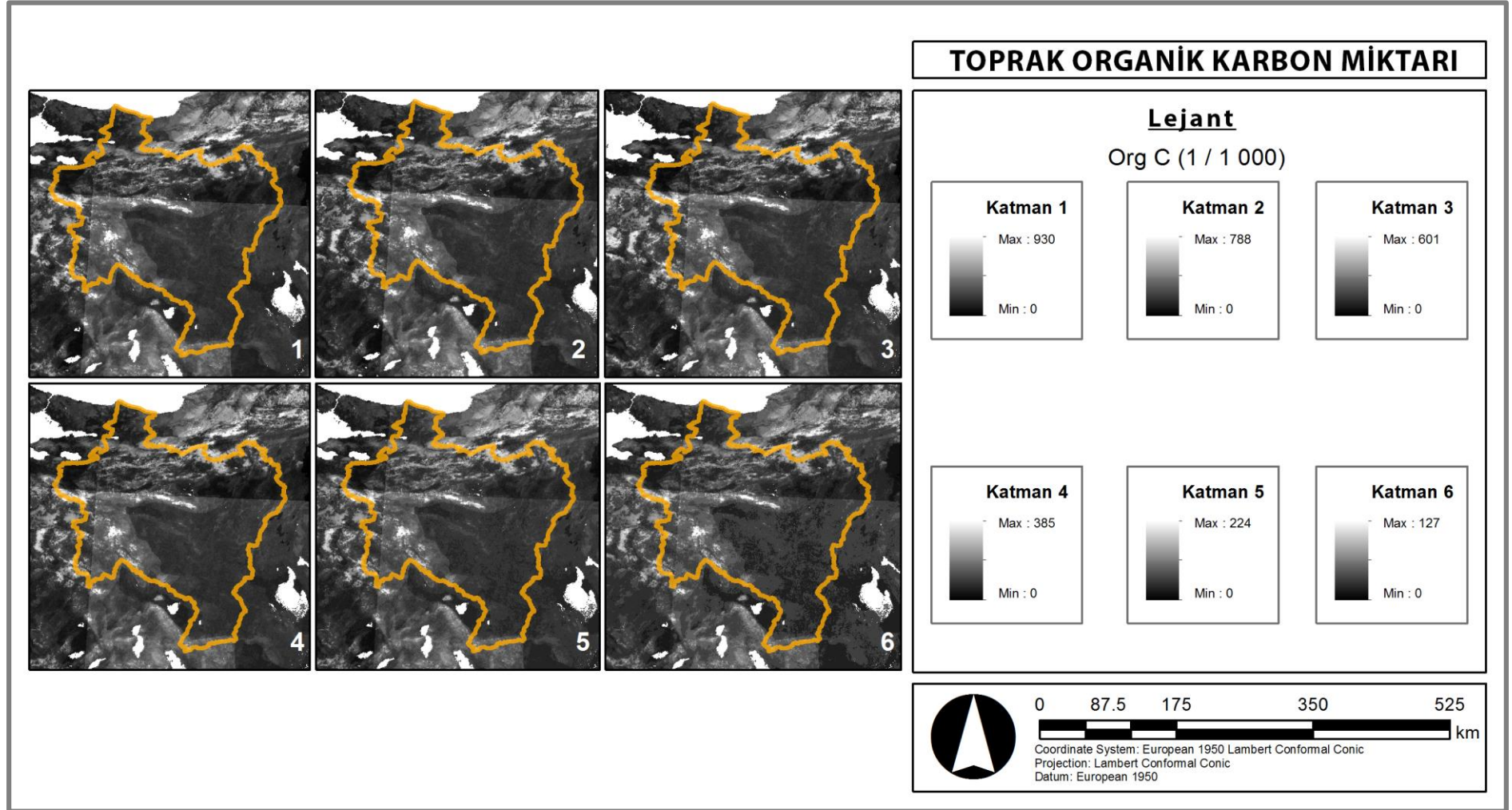
Çizelge C.1 (devam) : Sakarya Havzası'na ait belirlenen drenaj alanlarının, kod ve alan bilgileri.

DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)	DRENAJ ALANI	ALAN (ha)
C_2076	28 954	C_2126	90 225	C_2176	2 787	C_2226	309	C_3380	841	C_3430	659	C_3480	620
C_2077	45 795	C_2127	2 879	C_2177	2 596	C_2227	12 217	C_3381	1 970	C_3431	480	C_3481	146
C_2078	5 739	C_2128	120 768	C_2178	3 208	C_2228	2 612	C_3382	1 158	C_3432	959	C_3482	1 149
C_2079	18 385	C_2129	12 984	C_2179	6 118	C_2229	2 752	C_3383	1 861	C_3433	808	C_3483	3 642
C_2080	5 387	C_2130	5 270	C_2180	4 164	C_2230	377	C_3384	496	C_3434	434	C_3484	704
C_3485	3 551	C_3499	3 094	C_3513	252	C_3507	24 258	C_3494	328	C_3508	3 156	C_3511	324
C_3486	770	C_3500	2 717	C_3489	1 020	C_3503	82	C_3495	244	C_3509	269	C_3512	23 588
C_3487	3 074	C_3501	2 083	C_3490	720	C_3504	1 544	C_3496	877	C_3510	3 005	C_3497	4 250
C_3488	2 728	C_3502	80	C_3491	8 247	C_3505	7 776	C_3492	857	C_3506	3 020	C_3498	8 250
C_2073	59 965	C_2123	15 074	C_2173	66 632	C_2223	503	C_3377	1 031	C_3427	545	C_3477	4 146
C_2074	80 903	C_2124	58 623	C_2174	20 859	C_2224	372	C_3378	2 682	C_3428	2 167	C_3478	727
C_2075	25 380	C_2125	103 889	C_2175	564	C_2225	2 457	C_3379	1 126	C_3429	544	C_3479	199
C_3493	958												

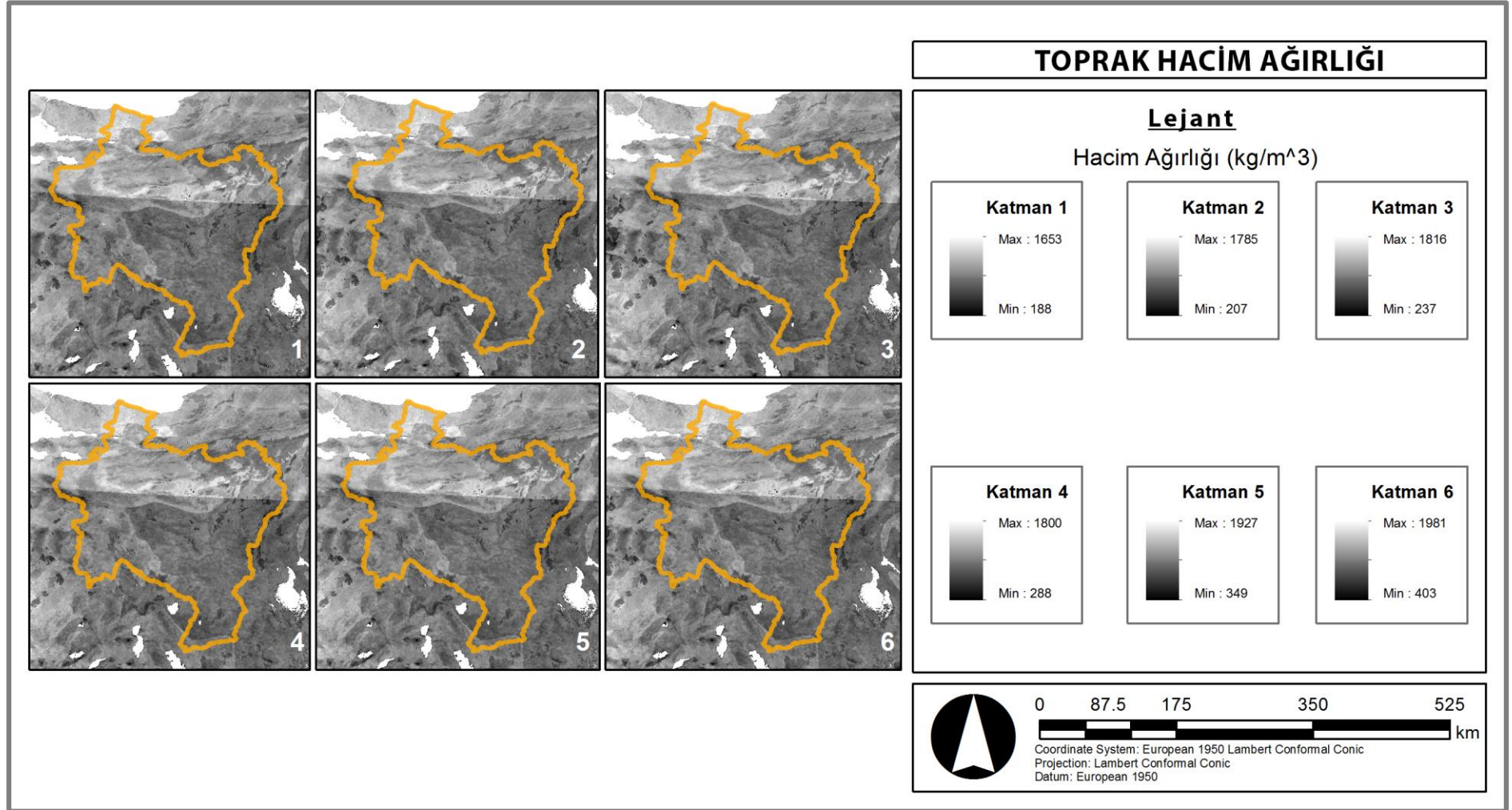
EK D



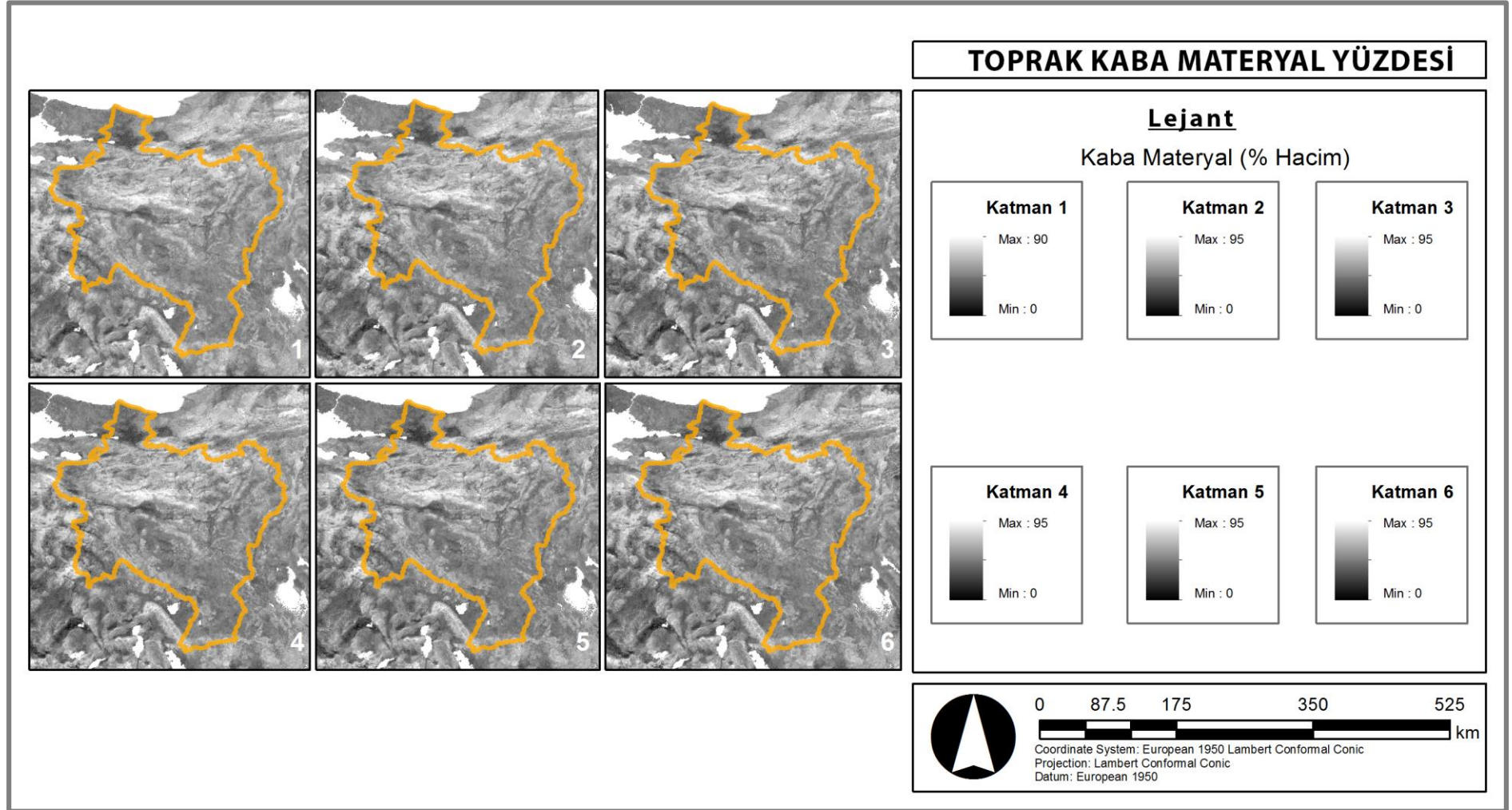
Şekil D.1 : Sakarya Havzası'nda; ISRIC'in belirlediği 6 katman için ortalama silt yüzdeleri.



Şekil D.2 : Sakarya Havzası'nda; ISRIC'in belirlediği 6 katman için ortalama karbon miktarları.



Şekil D.3 : Sakarya Havzası'nda; ISRIC'in belirlediği 6 katman için toprak hacim ağırlığı değerleri.



Şekil D.4 : Sakarya Havzası'nda; ISRIC'in belirlediği 6 katman için toprak kaba materyal yüzdeleri.

EK E**Çizelge E.1 : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.**

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Afyon	Afyonkarahisar	242	6064	Afyon	İhsaniye	243	4078	Ankara	Altındağ	211	5372
Afyon	Afyonkarahisar	222	390	Afyon	İhsaniye	211	35037	Ankara	Ayaş	242	3491
Afyon	Afyonkarahisar	243	11589	Afyon	İhsaniye	212	4581	Ankara	Ayaş	222	78
Afyon	Afyonkarahisar	211	43258	Afyon	İscehisar	242	1028	Ankara	Ayaş	243	13868
Afyon	Afyonkarahisar	212	11719	Afyon	İscehisar	243	5674	Ankara	Ayaş	211	46478
Afyon	Bayat	242	733	Afyon	İscehisar	211	9907	Ankara	Ayaş	212	11590
Afyon	Bayat	243	7363	Afyon	İscehisar	212	528	Ankara	Bala	242	1469
Afyon	Bayat	211	6276	Afyon	Sinanpaşa	242	8433	Ankara	Bala	222	60
Afyon	Bayat	212	472	Afyon	Sinanpaşa	222	415	Ankara	Bala	243	25671
Afyon	Bolvadin	242	1105	Afyon	Sinanpaşa	243	5031	Ankara	Bala	211	115836
Afyon	Bolvadin	243	2788	Afyon	Sinanpaşa	211	20990	Ankara	Bala	212	18247
Afyon	Bolvadin	211	29340	Afyon	Sinanpaşa	212	6367	Ankara	Bala	221	43
Afyon	Bolvadin	212	7089	Afyon	Sultandağı	242	4493	Ankara	Bala	243	0
Afyon	Emirdağ	242	2208	Afyon	Sultandağı	222	4997	Ankara	Beypazarı	242	2485
Afyon	Emirdağ	222	308	Afyon	Sultandağı	243	1167	Ankara	Beypazarı	222	65
Afyon	Emirdağ	243	2611	Afyon	Sultandağı	211	7606	Ankara	Beypazarı	243	16646
Afyon	Emirdağ	211	104471	Afyon	Sultandağı	212	18295	Ankara	Beypazarı	211	38018
Afyon	Emirdağ	212	13511	Ankara	Akyurt	242	2952	Ankara	Beypazarı	212	8187
Afyon	Hocalar	242	2193	Ankara	Akyurt	243	6962	Ankara	Beypazarı	221	428
Afyon	Hocalar	243	5293	Ankara	Akyurt	211	15283	Ankara	Çamlıdere	242	1838
Afyon	Hocalar	211	8210	Ankara	Altındağ	242	624	Ankara	Çamlıdere	243	4868
Afyon	İhsaniye	242	1568	Ankara	Altındağ	243	1388	Ankara	Çamlıdere	211	524

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Ankara	Çankaya	242	842	Ankara	Güdül	242	1615	Ankara	Mamak	243	4859
Ankara	Çankaya	243	4728	Ankara	Güdül	243	5270	Ankara	Mamak	211	7250
Ankara	Çankaya	211	8046	Ankara	Güdül	211	10707	Ankara	Nallıhan	242	4653
Ankara	Çankaya	212	184	Ankara	Güdül	212	475	Ankara	Nallıhan	243	23455
Ankara	Çubuk	242	10076	Ankara	Güdül	221	194	Ankara	Nallıhan	211	26202
Ankara	Çubuk	243	22043	Ankara	Haymana	242	2816	Ankara	Nallıhan	212	4649
Ankara	Çubuk	211	23613	Ankara	Haymana	243	11838	Ankara	Nallıhan	213	434
Ankara	Elmadağ	242	1619	Ankara	Haymana	211	107674	Ankara	Polatlı	242	2232
Ankara	Elmadağ	243	13485	Ankara	Haymana	212	32982	Ankara	Polatlı	222	226
Ankara	Elmadağ	211	19740	Ankara	Kazan	242	6571	Ankara	Polatlı	243	16553
Ankara	Elmadağ	212	2448	Ankara	Kazan	243	3785	Ankara	Polatlı	211	167057
Ankara	Etimesgut	242	321	Ankara	Kazan	211	24213	Ankara	Polatlı	212	59657
Ankara	Etimesgut	222	119	Ankara	Kazan	212	1134	Ankara	Pursaklar	242	1560
Ankara	Etimesgut	243	546	Ankara	Kazan	221	76	Ankara	Pursaklar	243	1429
Ankara	Etimesgut	211	4267	Ankara	Keçiören	242	923	Ankara	Pursaklar	211	9210
Ankara	Etimesgut	212	0	Ankara	Keçiören	243	4607	Ankara	Sincan	242	2865
Ankara	Gölbaşı	242	6151	Ankara	Keçiören	211	1223	Ankara	Sincan	222	242
Ankara	Gölbaşı	222	87	Ankara	Kızılcahamam	242	6720	Ankara	Sincan	243	7520
Ankara	Gölbaşı	243	7833	Ankara	Kızılcahamam	243	16470	Ankara	Sincan	211	49702
Ankara	Gölbaşı	211	69693	Ankara	Kızılcahamam	211	7256	Ankara	Sincan	212	3955
Ankara	Gölbaşı	212	24426	Ankara	Kızılcahamam	212	925	Ankara	Yenimahalle	242	1897
Ankara	Gölbaşı	243	0	Ankara	Mamak	242	1098	Ankara	Yenimahalle	222	386

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Ankara	Yenimahalle	243	4818	Bilecik	Osmaneli	243	5041	Bolu	Dörtdivan	211	118
Ankara	Yenimahalle	211	15567	Bilecik	Osmaneli	211	6460	Bolu	Dörtdivan	212	6420
Ankara	Yenimahalle	212	295	Bilecik	Osmaneli	212	3981	Bolu	Gerede	242	2118
Bilecik	Bilecik	242	3194	Bilecik	Osmaneli	221	99	Bolu	Gerede	243	9262
Bilecik	Bilecik	222	379	Bilecik	Pazaryeri	242	657	Bolu	Gerede	211	7212
Bilecik	Bilecik	243	7525	Bilecik	Pazaryeri	243	4040	Bolu	Gerede	212	8216
Bilecik	Bilecik	211	17193	Bilecik	Pazaryeri	211	8173	Bolu	Göynük	242	7276
Bilecik	Bilecik	212	3936	Bilecik	Pazaryeri	212	1430	Bolu	Göynük	243	20727
Bilecik	Bozüyük	242	3322	Bilecik	Söğüt	242	1554	Bolu	Göynük	211	18050
Bilecik	Bozüyük	243	5937	Bilecik	Söğüt	243	8288	Bolu	Kıbrıscık	242	833
Bilecik	Bozüyük	211	12856	Bilecik	Söğüt	211	7952	Bolu	Kıbrıscık	243	2032
Bilecik	Bozüyük	212	5079	Bilecik	Söğüt	212	1104	Bolu	Kıbrıscık	211	2208
Bilecik	Gölpazarı	242	4549	Bilecik	Yenipazar	242	1779	Bolu	Mudurnu	242	8853
Bilecik	Gölpazarı	222	534	Bilecik	Yenipazar	243	4645	Bolu	Mudurnu	222	325
Bilecik	Gölpazarı	243	9284	Bilecik	Yenipazar	211	10278	Bolu	Mudurnu	243	12541
Bilecik	Gölpazarı	211	13147	Bolu	Bolu	242	10626	Bolu	Mudurnu	211	14094
Bilecik	Gölpazarı	212	2776	Bolu	Bolu	222	102	Bolu	Mudurnu	212	730
Bilecik	İnhisar	242	2390	Bolu	Bolu	243	6629	Bolu	Seben	242	2859
Bilecik	İnhisar	243	2001	Bolu	Bolu	211	10874	Bolu	Seben	222	661
Bilecik	İnhisar	211	1854	Bolu	Bolu	212	9883	Bolu	Seben	243	5100
Bilecik	Osmaneli	242	2193	Bolu	Dörtdivan	242	367	Bolu	Seben	211	4223
Bilecik	Osmaneli	222	1716	Bolu	Dörtdivan	243	293	Bolu	Seben	212	101

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Bursa	Gemlik	242	2071	Bursa	Kestel	243	3395	Çankırı	Çerkeş	243	9781
Bursa	Gemlik	243	2622	Bursa	Kestel	211	1505	Çankırı	Çerkeş	211	15485
Bursa	Gemlik	223	11687	Bursa	Kestel	223	696	Çankırı	Çerkeş	212	620
Bursa	İnegöl	242	16589	Bursa	Kestel	212	918	Çankırı	Orta	242	2402
Bursa	İnegöl	222	2812	Bursa	Kestel	213	320	Çankırı	Orta	243	8178
Bursa	İnegöl	243	12660	Bursa	Orhangazi	242	3817	Çankırı	Orta	211	4661
Bursa	İnegöl	211	12780	Bursa	Orhangazi	243	1564	Çankırı	Orta	212	3202
Bursa	İnegöl	223	1320	Bursa	Orhangazi	211	1	Çankırı	Şabanözü	242	3098
Bursa	İnegöl	212	2599	Bursa	Orhangazi	223	9990	Çankırı	Şabanözü	243	6453
Bursa	İnegöl	221	150	Bursa	Orhangazi	212	1291	Çankırı	Şabanözü	211	11897
Bursa	İznik	242	3892	Bursa	Osmangazi	242	3771	Çankırı	Şabanözü	212	464
Bursa	İznik	222	1437	Bursa	Osmangazi	222	3216	Düzce	Düzce	242	14544
Bursa	İznik	243	7005	Bursa	Osmangazi	243	5219	Düzce	Düzce	222	15504
Bursa	İznik	211	4892	Bursa	Osmangazi	211	413	Düzce	Düzce	243	2153
Bursa	İznik	223	10168	Bursa	Osmangazi	223	6818	Düzce	Düzce	212	2489
Bursa	Keles	242	6524	Bursa	Osmangazi	221	228	Düzce	Gölyaka	242	1102
Bursa	Keles	222	1833	Bursa	Yenişehir	242	2647	Düzce	Gölyaka	222	6938
Bursa	Keles	243	11918	Bursa	Yenişehir	243	3308	Düzce	Gölyaka	243	487
Bursa	Keles	211	2736	Bursa	Yenişehir	211	23160	Düzce	Gölyaka	211	69
Bursa	Keles	223	248	Bursa	Yenişehir	212	19268	Düzce	Gölyaka	212	1408
Bursa	Kestel	242	3874	Bursa	Yenişehir	213	301	Düzce	Gümüşova	242	3317
Bursa	Kestel	222	2636	Çankırı	Çerkeş	242	3116	Düzce	Gümüşova	222	3788

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Düzce	Gümüşova	243	383	Eskişehir	İnönü	243	797	Eskişehir	Sarıcakaya	242	2105
Düzce	Gümüşova	212	64	Eskişehir	İnönü	211	5621	Eskişehir	Sarıcakaya	243	729
Eskişehir	Alpu	242	551	Eskişehir	İnönü	212	9644	Eskişehir	Sarıcakaya	211	1095
Eskişehir	Alpu	243	4212	Eskişehir	İnönü	213	394	Eskişehir	Sarıcakaya	212	1946
Eskişehir	Alpu	211	30657	Eskişehir	Mahmudiye	242	1	Eskişehir	Seyitgazi	242	929
Eskişehir	Alpu	212	15365	Eskişehir	Mahmudiye	243	665	Eskişehir	Seyitgazi	243	8161
Eskişehir	Beylikova	242	554	Eskişehir	Mahmudiye	211	45798	Eskişehir	Seyitgazi	211	43417
Eskişehir	Beylikova	243	4747	Eskişehir	Mahmudiye	212	7092	Eskişehir	Seyitgazi	212	18053
Eskişehir	Beylikova	211	27856	Eskişehir	Mihalgazi	242	622	Eskişehir	Sivrihisar	242	5111
Eskişehir	Beylikova	212	6875	Eskişehir	Mihalgazi	243	977	Eskişehir	Sivrihisar	243	8631
Eskişehir	Çifteler	242	84	Eskişehir	Mihalgazi	211	477	Eskişehir	Sivrihisar	211	137574
Eskişehir	Çifteler	243	1020	Eskişehir	Mihalgazi	212	623	Eskişehir	Sivrihisar	212	19570
Eskişehir	Çifteler	211	60810	Eskişehir	Mihalgazi	221	19	Eskişehir	Tepebaşı	242	2154
Eskişehir	Çifteler	212	11932	Eskişehir	Mihalıcçık	242	6599	Eskişehir	Tepebaşı	243	6468
Eskişehir	Günyüzü	242	2169	Eskişehir	Mihalıcçık	222	33	Eskişehir	Tepebaşı	211	36934
Eskişehir	Günyüzü	243	2307	Eskişehir	Mihalıcçık	243	14808	Eskişehir	Tepebaşı	212	19196
Eskişehir	Günyüzü	211	28129	Eskişehir	Mihalıcçık	211	22109	Eskişehir	Tepebaşı	221	129
Eskişehir	Günyüzü	212	8259	Eskişehir	Mihalıcçık	212	10272	Kocaeli	Başiskele	242	6038
Eskişehir	Han	242	241	Eskişehir	Odunpazarı	242	884	Kocaeli	Başiskele	243	1329
Eskişehir	Han	243	4169	Eskişehir	Odunpazarı	243	2934	Kocaeli	Başiskele	211	346
Eskişehir	Han	211	6973	Eskişehir	Odunpazarı	211	44070	Kocaeli	İzmit	242	8221
Eskişehir	İnönü	242	305	Eskişehir	Odunpazarı	212	8706	Kocaeli	İzmit	243	5251

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Kocaeli	İzmit	211	15131	Konya	Çeltik	242	590	Konya	İlgın	212	16273
Kocaeli	İzmit	212	433	Konya	Çeltik	243	478	Konya	İlgın	221	44
Kocaeli	Kandıra	242	3687	Konya	Çeltik	211	32736	Konya	Kadınhanı	242	1647
Kocaeli	Kandıra	222	2478	Konya	Çeltik	212	12215	Konya	Kadınhanı	222	79
Kocaeli	Kandıra	243	10176	Konya	Derbent	242	1978	Konya	Kadınhanı	243	2973
Kocaeli	Kandıra	211	37582	Konya	Derbent	243	3438	Konya	Kadınhanı	211	91805
Kocaeli	Kandıra	212	3162	Konya	Derbent	211	4981	Konya	Kadınhanı	212	23974
Kocaeli	Kartepe	242	7571	Konya	Derbent	212	3604	Konya	Kadınhanı	221	62
Kocaeli	Kartepe	222	1015	Konya	Doğanhisar	242	4060	Konya	Kulu	242	1310
Kocaeli	Kartepe	243	1184	Konya	Doğanhisar	222	371	Konya	Kulu	243	3490
Kocaeli	Kartepe	211	1206	Konya	Doğanhisar	243	5695	Konya	Kulu	211	118592
Konya	Beyşehir	242	9853	Konya	Doğanhisar	211	18900	Konya	Kulu	212	2445
Konya	Beyşehir	222	131	Konya	Doğanhisar	212	93	Konya	Kulu	243	0
Konya	Beyşehir	243	9926	Konya	Hüyük	242	3985	Konya	Kulu	243	0
Konya	Beyşehir	211	38689	Konya	Hüyük	222	492	Konya	Sarayönü	242	1642
Konya	Beyşehir	212	16117	Konya	Hüyük	243	1592	Konya	Sarayönü	222	333
Konya	Cihanbeyli	242	3537	Konya	Hüyük	211	11936	Konya	Sarayönü	243	1649
Konya	Cihanbeyli	222	51	Konya	Hüyük	212	4379	Konya	Sarayönü	211	96289
Konya	Cihanbeyli	243	3935	Konya	Hüyük	221	110	Konya	Sarayönü	212	16456
Konya	Cihanbeyli	211	171414	Konya	İlgın	242	4913	Konya	Selçuklu	242	4166
Konya	Cihanbeyli	212	49408	Konya	İlgın	243	10610	Konya	Selçuklu	222	56
Konya	Cihanbeyli	221	186	Konya	İlgın	211	62164	Konya	Selçuklu	243	17425

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Konya	Selçuklu	211	59340	Kütahya	Çavdarhisar	211	12343	Kütahya	Tavşanlı	212	6760
Konya	Selçuklu	212	14396	Kütahya	Çavdarhisar	212	10725	Sakarya	Adapazarı	242	2028
Konya	Selçuklu	221	81	Kütahya	Domaniç	242	824	Sakarya	Adapazarı	222	54
Konya	Tuzlukçu	242	212	Kütahya	Domaniç	222	61	Sakarya	Adapazarı	243	1219
Konya	Tuzlukçu	243	220	Kütahya	Domaniç	243	8363	Sakarya	Adapazarı	211	6702
Konya	Tuzlukçu	211	34919	Kütahya	Domaniç	211	11694	Sakarya	Adapazarı	212	12456
Konya	Tuzlukçu	212	10585	Kütahya	Dumlupınar	242	108	Sakarya	Akyazı	242	4204
Konya	Tuzlukçu	221	368	Kütahya	Dumlupınar	243	2275	Sakarya	Akyazı	222	8168
Konya	Yunak	242	722	Kütahya	Dumlupınar	211	10396	Sakarya	Akyazı	243	3704
Konya	Yunak	243	3178	Kütahya	Dumlupınar	212	1493	Sakarya	Akyazı	211	63
Konya	Yunak	211	134527	Kütahya	Gediz	242	4845	Sakarya	Akyazı	212	13164
Konya	Yunak	212	19541	Kütahya	Gediz	243	17630	Sakarya	Arifiye	242	897
Kütahya	Altıntaş	242	609	Kütahya	Gediz	211	23475	Sakarya	Arifiye	222	35
Kütahya	Altıntaş	243	4610	Kütahya	Gediz	212	7821	Sakarya	Arifiye	243	460
Kütahya	Altıntaş	211	35423	Kütahya	Kütahya	242	2374	Sakarya	Arifiye	211	543
Kütahya	Altıntaş	212	10465	Kütahya	Kütahya	243	20318	Sakarya	Arifiye	212	1824
Kütahya	Aslanapa	242	311	Kütahya	Kütahya	211	54667	Sakarya	Erenler	242	1142
Kütahya	Aslanapa	243	4501	Kütahya	Kütahya	212	13666	Sakarya	Erenler	222	156
Kütahya	Aslanapa	211	26283	Kütahya	Tavşanlı	242	4822	Sakarya	Erenler	243	1287
Kütahya	Aslanapa	212	3460	Kütahya	Tavşanlı	222	172	Sakarya	Erenler	211	7
Kütahya	Çavdarhisar	242	3	Kütahya	Tavşanlı	243	20507	Sakarya	Erenler	212	6493
Kütahya	Çavdarhisar	243	1045	Kütahya	Tavşanlı	211	25647	Sakarya	Ferizli	242	2494

Çizelge E.1 (devam) : İlçelerdeki tarımsal arazilerin CORINE karşılıkları ve alanları.

İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)	İl	İlçe	CORINE	Alan (ha)
Sakarya	Ferizli	222	5686	Sakarya	Karasu	211	500	Sakarya	Serdivan	222	12
Sakarya	Ferizli	243	503	Sakarya	Karasu	212	3757	Sakarya	Serdivan	243	2346
Sakarya	Ferizli	211	539	Sakarya	Kaynarca	242	6536	Sakarya	Serdivan	211	227
Sakarya	Ferizli	212	3706	Sakarya	Kaynarca	222	2629	Sakarya	Serdivan	212	3004
Sakarya	Geyve	242	4703	Sakarya	Kaynarca	243	1003	Sakarya	Söğütlü	242	1561
Sakarya	Geyve	222	1290	Sakarya	Kaynarca	211	11752	Sakarya	Söğütlü	222	602
Sakarya	Geyve	243	9333	Sakarya	Kaynarca	212	2097	Sakarya	Söğütlü	243	380
Sakarya	Geyve	211	8233	Sakarya	Kocaali	242	2058	Sakarya	Söğütlü	211	2057
Sakarya	Geyve	212	5442	Sakarya	Kocaali	222	17379	Sakarya	Söğütlü	212	5527
Sakarya	Hendek	242	10265	Sakarya	Kocaali	243	799	Sakarya	Taraklı	242	1737
Sakarya	Hendek	222	13073	Sakarya	Pamukova	242	1124	Sakarya	Taraklı	222	25
Sakarya	Hendek	243	2553	Sakarya	Pamukova	222	204	Sakarya	Taraklı	243	3108
Sakarya	Hendek	211	52	Sakarya	Pamukova	243	1953	Sakarya	Taraklı	211	9463
Sakarya	Hendek	212	3537	Sakarya	Pamukova	211	1683	Uşak	Banaz	242	16898
Sakarya	Karapürçek	242	780	Sakarya	Pamukova	223	43	Uşak	Banaz	243	15268
Sakarya	Karapürçek	222	4365	Sakarya	Pamukova	212	8652	Uşak	Banaz	211	16469
Sakarya	Karapürçek	243	27	Sakarya	Pamukova	221	298	Uşak	Banaz	212	1878
Sakarya	Karapürçek	211	55	Sakarya	Sapanca	242	2373	Uşak	Banaz	221	34
Sakarya	Karapürçek	212	193	Sakarya	Sapanca	222	404				
Sakarya	Karasu	242	6087	Sakarya	Sapanca	243	531				
Sakarya	Karasu	222	17032	Sakarya	Sapanca	211	20				
Sakarya	Karasu	243	3691	Sakarya	Serdivan	242	2436				

EK F

Çizelge F.1 : Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları (da).

İL	İLÇE	WWHT	FALOW	BARL	DWHT	CLVA	OATS	AGRC	AGRR	SUNF	CSIL	SGBT	ALFA	CORN	POTA	PEAS	CSIL2	ORCD
Afyon	Sinanpaşa	40.033	45.890	58.560	74.717	4.000	975	0	54.449	1.882	2.000	3.028	6.119	350	3.386	5.750	1.000	7.587
Afyon	Emirdağ	226.948	248.991	332.482	11.678	10.000	2.907	3.054	8.553	4.794	185	37.887	13.907	0	6.277	1.000	0	3.100
Afyon	Bayat	0	35.587	0	0	0	0	0	397	0	51	0	0	0	0	0	0	2.785
Afyon	İscehisar	51.935	32.341	5.244	608	3.605	47	4.072	6.368	123	2.300	0	834	0	41	1.650	0	827
Afyon	İhsaniye	133.331	15.589	36.971	63.210	14.760	935	80	23.899	5.867	5.500	2.460	5.000	0	4.837	13.000	500	3.667
Afyon	Bolvadin	13.627	92.239	115.207	22.403	7.000	39	1.000	9.691	0	100	13.951	11.125	0	6.772	1.100	0	3.254
Afyon	Sultandağı	68.687	95.790	50.248	698	360	215	760	2.602	12	9.000	115	445	11	19	515	0	47.372
Afyon	Merkez	637.773	149.277	265.198	107.165	54.142	25.375	2.553	89.942	15.358	3.390	24.466	54.875	395	80.190	96.889	1.000	154.318
Afyon	Hocalar	20.730	19.930	13.020	3.169	3.733	888	330	4.779	79	0	0	170	0	145	2.788	0	1.218
Ankara	Çamlıdere	5.297	10.082	2.864	0	1.867	178	112	307	0	400	0	61	0	27	23	0	1.383
Ankara	Beypazarı	158.828	107.696	130.000	6.791	5.000	0	0	82.170	110.000	1.300	1.120	668	0	15	12.060	0	7.823
Ankara	Nallıhan	98.770	201.349	89.856	146	1.500	500	400	12.462	300	0	0	2.000	8	97	800	0	3.635
Ankara	Akyurt	62.280	26.658	41.845	20.373	37.038	300	30	2.671	150	1.500	490	178	0	41	2.500	200	2.245
Ankara	Ayaş	190.549	95.892	122.853	0	2.650	800	100	31.780	28.293	3.500	4.200	3.600	0	68	25.000	0	4.917
Ankara	Sincan	290.277	49.940	66.971	1.164	600	2.500	100	36.357	11.699	40	8.265	3.200	0	484	25.000	0	5.210
Ankara	Kızılcahamam	55.375	45.072	35.330	0	2.500	0	0	5.591	0	5.500	0	1.402	0	193	2.500	0	7.950
Ankara	Güdül	74.050	119.040	75.000	0	4.500	0	0	8.976	8.000	4.000	100	4.000	502	0	3.000	0	8.550
Ankara	Polatlı	1.292.783	298.944	234.137	9.910	2.940	27.000	12.000	138.152	22.232	0	50.000	20.500	0	116	20.500	0	42.864
Ankara	Keçiören	5.331	5.204	3.799	1.843	540	0	0	393	0	150	0	0	0	0	600	0	934
Ankara	Elmadağ	61.723	141.434	50.291	1.940	3.500	0	0	1.656	2.314	1.500	0	760	1	0	2.200	0	3.224
Ankara	Haymana	609.348	578.345	216.350	24.082	5.060	41.698	204	46.996	9.998	24.000	7.226	1.700	7.359	10	16.500	0	62.320
Ankara	Bala	412.600	559.957	301.005	970	7.000	0	15.270	167.292	153.379	12	4.247	6.675	0	0	8.000	0	9.795

Çizelge F.1 (devam) : Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları (da).

İL	İLÇE	WWHT	FALOW	BARL	DWHT	CLVA	OATS	AGRC	AGRR	SUNF	CSIL	SGBT	ALFA	CORN	POTA	PEAS	CSIL2	ORCD
Ankara	Mamak	27.992	12.741	19.470	0	3.038	475	0	806	815	0	0	55	0	0	1.185	0	700
Ankara	Altındağ	16.147	26.003	11.221	8.828	915	470	0	181	0	0	0	0	0	0	460	0	672
Ankara	Kazan	70.996	44.062	28.205	29.254	5.300	0	0	71.413	0	1.400	5.000	278	0	484	9.500	0	5.591
Ankara	Çubuk	166.579	101.563	77.281	8.569	125.000	0	0	16.582	150	350	0	3.000	0	213	13.500	0	41.850
Ankara	Etimesgut	24.064	11.636	10.780	0	300	1.500	0	621	0	0	460	30	0	0	300	0	79
Ankara	Yenimahalle	12.509	27.829	13.110	1.940	130	0	0	960	0	180	0	0	0	0	1.050	0	587
Ankara	Pursaklar	29.521	4.257	25.000	2.037	2.900	0	0	730	0	340	0	0	0	0	2.200	0	1.082
Ankara	Gölbaşı	261.999	315.969	128.887	35.045	2.950	18.200	950	6.634	30.417	62	0	3.200	0	0	850	0	15.727
Ankara	Çankaya	27.152	27.640	19.000	15.523	50	0	0	1.065	5.054	480	0	0	29	0	8.250	300	1.571
Bilecik	Osmaneli	30.092	8.301	6.407	0	1.000	2.300	480	39.182	3.962	730	70	1.330	59	0	850	0	0
Bilecik	Pazaryeri	42.639	25.916	6.486	0	610	4.600	1.500	8.959	407	965	0	3.100	32	39	210	0	1.760
Bilecik	Bozüyük	71.415	42.439	24.731	0	3.000	1.425	2.855	5.304	189	1.285	700	3.250	35	145	6.250	0	2.924
Bilecik	Gölpazarı	34.278	575	13.709	0	0	2.120	31	11.206	7.755	1.115	95	1.179	21	58	1.715	280	28.079
Bilecik	Merkez	637.773	149.277	265.198	107.165	54.142	25.375	2.553	89.942	15.358	3.390	24.466	54.875	395	80.190	96.889	1.000	154.318
Bilecik	İnhisar	7.938	5.632	879	0	528	0	180	1.942	0	2.550	0	16	0	0	0	0	9.884
Bilecik	Yenipazar	33.937	4.257	14.443	0	0	6.000	69	2.662	12.108	50	50	2.543	0	0	451	0	10.288
Bilecik	Söğüt	36.382	18.091	8.300	0	1.580	1.600	500	14.683	0	25.500	0	2.000	0	0	60	0	8.061
Bolu	Merkez	637.773	149.277	265.198	107.165	54.142	25.375	2.553	89.942	15.358	3.390	24.466	54.875	395	80.190	96.889	1.000	154.318
Bolu	Göynük	71.807	10.536	15.999	0	18.200	11.423	0	3.975	9.094	4.000	0	15.019	12	126	600	0	2.463
Bolu	Mudurnu	80.847	1.809	20.004	0	3.200	6.142	0	6.661	0	0	161	18.913	0	164	0	0	12.081
Bolu	Seben	25.677	13.525	9.499	0	353	0	0	524	0	0	0	5.407	0	1.514	0	0	20.135
Bolu	Kıbrıscık	5.450	2.557	2.758	0	450	0	0	156	0	200	0	0	0	0	0	0	254

Çizelge F.1 (devam) : Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları (da).

İL	İLÇE	WWHT	FALOW	BARL	DWHT	CLVA	OATS	AGRC	AGRR	SUNF	CSIL	SGBT	ALFA	CORN	POTA	PEAS	CSIL2	ORCD
Bolu	Dörtdivan	39.493	789	10.000	0	0	397	0	322	0	0	0	334	0	17.415	0	0	130
Bolu	Gerede	98.725	152.313	52.998	0	60	1.454	0	1.322	0	1.920	0	1.445	810	2.419	0	80	784
Bursa	Keles	20.096	7.981	2.679	0	4.350	5.204	1.527	10.554	676	3.250	0	3.338	883	1.935	2.000	2.050	31.196
Bursa	İnegöl	83.852	4.523	3.971	0	5.500	5.100	0	16.731	22.506	-7.974	1.210	8.500	1.804	6.772	2.625	20.474	85.800
Bursa	Yenişehir	105.228	13.537	17.682	0	6.405	4.226	0	68.402	52.448	250	2.890	11.938	126	2.274	140	0	15.528
Bursa	İznik	7.899	26.073	1.500	0	1.000	300	0	44.435	126	510	0	371	61	0	0	0	134.277
Bursa	Gemlik	10.208	5.975	2.100	0	0	603	0	1.460	0	325	0	268	0	0	0	340	77.024
Bursa	Kestel	22.401	2.128	4.450	0	1.605	1.190	0	9.511	2.938	-1.300	0	1.950	126	135	110	1.300	47.968
Bursa	Orhangazi	0	5.484	0	0	0	0	0	12.883	0	2.050	0	0	84	0	0	0	97.687
Bursa	Osmangazi	1.770	41.450	350	0	3.235	870	22	20.538	0	0	0	1.961	0	1.161	140	0	95.181
Çankırı	Çerkeş	80.961	51.571	25.000	0	11.600	0	0	13.987	0	0	0	1.400	0	290	0	0	487
Çankırı	Orta	36.038	46.825	6.000	0	8.594	0	0	1.701	0	700	0	5.200	0	58	800	0	1.201
Çankırı	Şabanözü	57.151	72.275	24.856	23.612	7.850	0	0	4.889	0	1.300	0	5.524	2.009	464	1.000	500	2.325
Düzce	Gölyaka	851	0	30	0	650	0	0	184	0	18.445	0	167	28.739	48	0	4.200	42.513
Düzce	Merkez	637.773	149.277	265.198	107.165	54.142	25.375	2.553	89.942	15.358	3.390	24.466	54.875	395	80.190	96.889	1.000	154.318
Düzce	Gümüşova	983	0	5	0	750	22	0	63	0	0	0	0	0	5	0	0	34.922
Eskişehir	Han	31.624	56.391	6.899	0	625	0	0	355	0	4.500	0	215	4.562	0	250	0	334
Eskişehir	Çifteler	186.889	195.017	165.402	850	3.500	1.454	814	19.089	11.292	1.210	17.423	6.675	3.303	1.935	1.000	0	496
Eskişehir	Mahmudiye	119.745	164.580	77.281	0	1.270	1.900	200	8.972	20.529	2.600	15.260	3.250	92	3.169	300	0	1.519
Eskişehir	Beylikova	93.292	58.217	69.422	1.222	2.500	1.454	1.425	6.417	1.279	0	8.163	5.318	0	77	500	0	315
Eskişehir	Mihalgazi	159	123	0	0	63	0	0	4.861	0	850	0	6	0	0	0	450	1.063
Eskişehir	Günyüzü	100.338	155.817	31.712	0	0	1.500	22.000	27.140	809	1.700	9.054	3.100	335	87	3.500	200	2.380

Çizelge F.1 (devam) : Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları (da).

İL	İLÇE	WWHT	FALOW	BARL	DWHT	CLVA	OATS	AGRC	AGRR	SUNF	CSIL	SGBT	ALFA	CORN	POTA	PEAS	CSIL2	ORCD
Eskişehir	Sivrihisar	349.917	643.387	257.328	6.713	4.000	5.000	50.000	20.822	4.809	800	20.894	12.300	0	3.289	25.000	200	9.130
Eskişehir	Mihalıççık	115.893	166.767	84.281	0	3.650	5.000	10.000	11.502	3.707	4.551	8.502	8.000	6.255	193	4.500	3.949	9.369
Eskişehir	Alpu	142.354	121.330	100.306	0	9.000	4.845	2.036	10.592	9.670	-13	24.283	7.231	258	387	3.000	163	1.012
Eskişehir	Sarıcakaya	5.346	3.548	1.887	0	40	48	41	18.858	0	3.100	0	178	126	0	0	400	6.060
Eskişehir	Seyitgazi	253.583	228.903	50.827	0	5.750	4.500	509	9.800	19.523	1.600	17.304	5.763	0	967	17.500	500	1.951
Eskişehir	İnönü	72.109	27.819	15.371	0	3.250	700	51	1.179	984	0	5.665	3.200	1.172	48	1.500	0	340
Eskişehir	Tepebaşı	171.827	168.663	115.457	2.200	8.150	1.800	1.800	16.314	8.662	3.332	11.408	7.100	8.038	2.057	2.200	1.168	3.619
Eskişehir	Odunpazarı	177.864	171.956	52.626	0	3.000	4.200	900	7.997	10.890	520	13.884	6.075	24.364	1.935	7.300	7.000	531
Kocaeli	Kandıra	143.163	37.247	22.000	0	20.000	35.000	0	5.899	2.130	125	10	23.000	1.839	10	0	1.950	71.370
Kocaeli	Başiskele	4.937	6.917	0	0	3.950	2.850	0	2.202	0	8.342	0	556	3.768	90	0	1.658	2.828
Kocaeli	İzmit	19.897	213	20.000	0	15.000	15.000	0	9.130	1.444	975	0	5.000	2.686	35	0	825	16.760
Kocaeli	Kartepe	443	0	947	0	1.950	844	0	551	195	350	0	445	0	24	0	0	10.978
Konya	Beyşehir	38.330	11.706	59.569	190.823	5.000	100	25	17.125	0	-350	16.000	2.000	0	1.693	22.000	350	10.458
Konya	Hüyük	22.850	16.765	36.385	57.023	600	850	0	26.039	80	750	7.500	650	25	435	7.000	0	3.524
Konya	Doğanhisar	44.811	5.321	22.399	37.956	1.500	195	100	31.118	199	1.200	5.010	1.110	0	726	9.750	0	12.620
Konya	Derbent	22.673	41.000	9.971	17.523	680	610	0	8.460	0	2.671	2.400	550	125	1.354	11.600	29	2.835
Konya	Tuzlukçu	59.947	138.345	65.968	81.061	3.400	3.402	458	18.764	921	1.800	6.411	1.335	60	1.838	534	2.400	3.700
Konya	İlgın	128.446	281.798	183.281	112.464	13.000	11.059	255	47.031	2.614	4.000	30.000	4.561	8.372	2.032	28.200	2.000	11.382
Konya	Kadınhanı	344.823	624.741	329.137	244.629	1.400	2.250	500	43.750	34.029	6.300	40.000	5.500	957	9.675	6.100	0	5.357
Konya	Sarayönü	533.398	311.415	159.993	107.464	18.730	5.330	183	14.786	6.605	1.200	5.710	8.352	7.954	17.608	6.000	0	5.427
Konya	Yunak	162.689	399.073	103.548	444.094	2.157	1.470	100	27.095	20.664	3.053	65.000	3.200	20.931	12.094	1.600	1.947	14.167
Konya	Cihanbeyli	918.347	689.831	310.142	29.702	0	5.500	7.000	14.825	74.097	552	95.000	2.500	0	1.935	1.800	0	41.077

Çizelge F.1 (devam) : Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları (da).

İL	İLÇE	WWHT	FALOW	BARL	DWHT	CLVA	OATS	AGRC	AGRR	SUNF	CSIL	SGBT	ALFA	CORN	POTA	PEAS	CSIL2	ORCD
Konya	Kulu	353.180	564.023	196.866	5.557	1.030	880	1.138	10.672	1.867	1.170	4.408	626	754	0	2.087	0	25.607
Konya	Çeltik	166.208	53.210	19.684	23.702	0	0	310	2.246	31.409	1.358	19.150	1.150	2.721	3.386	420	1.142	965
Konya	Selçuklu	175.722	134.301	183.418	61.008	4.200	4.500	400	16.993	12.642	350	12.000	8.000	0	1.935	5.030	0	2.998
Kütahya	Dumlupınar	15.304	1.905	5.250	14.682	900	150	0	1.928	29	4.750	600	1.000	147	0	22.750	0	139
Kütahya	Altıntaş	59.689	14.175	33.882	92.504	7.375	285	0	12.613	139	550	25.225	5.512	0	5	15.202	0	1.470
Kütahya	Aslanapa	77.824	38.715	8.413	26.715	7.794	43	0	2.160	25	1.500	8.819	1.566	712	522	8.965	0	659
Kütahya	Gediz	36.851	30.372	76.935	110.281	40.000	1.475	2.400	55.194	883	650	915	2.850	10	735	47.250	0	9.842
Kütahya	Çavdarhisar	80.932	54.540	9.257	10.672	13.300	195	0	3.854	616	620	3.500	10.000	50	774	16.000	0	100
Kütahya	Domaniç	34.633	33.809	16.450	0	8.100	2.370	1.900	2.918	25	4.900	2	2.150	511	97	500	370	2.615
Kütahya	Tavşanlı	145.130	77.048	85.822	122	11.630	960	3.420	9.733	0	4.683	595	6.210	13	2.274	6.850	0	3.136
Kütahya	Merkez	637.773	149.277	265.198	107.165	54.142	25.375	2.553	89.942	15.358	3.390	24.466	54.875	395	80.190	96.889	1.000	154.318
Sakarya	Pamukova	14.767	0	1.840	0	0	0	0	16.284	0	1.800	521	890	251	0	0	0	38.332
Sakarya	Geyve	48.300	0	14.914	0	8.000	0	0	21.785	16.152	5.500	0	723	20.931	0	0	2.500	62.304
Sakarya	Ferizli	2.962	0	4.000	0	800	2.000	0	210	462	17.350	0	2.500	17.298	0	0	2.500	45.899
Sakarya	Karasu	1.230	106	997	0	800	3.621	0	2.456	12	568	318	3.586	608	216	0	682	203.339
Sakarya	Kocaali	0	0	0	0	0	610	0	1.152	0	391	0	56	875	63	0	429	174.529
Sakarya	Karapürçek	91	0	8	0	35	0	0	261	0	1.500	0	0	27.629	0	0	250	27.140
Sakarya	Hendek	2.215	0	617	0	0	0	0	2.560	0	400	0	750	29	0	0	0	124.409
Sakarya	Taraklı	34.962	1.064	6.048	0	8.750	5.044	0	2.800	3.049	-2.679	50	3.894	73.678	0	550	4.679	6.762
Sakarya	Akyazı	3.456	0	1.000	0	1.000	0	0	2.027	0	8.338	0	1.000	13.246	0	0	26.662	74.332
Sakarya	Kaynarca	36.423	0	8.971	0	6.000	8.500	0	7.345	10.330	150	0	9.456	10	0	0	0	37.475
Sakarya	Sapanca	0	106	0	0	0	0	0	27	0	-513	0	10	10.717	0	0	1.113	9.350

Çizelge F.1 (devam) : Analiz sonuçlarına göre ilçelere ait ürünlerin ekim alanları (da).

İL	İLÇE	WWHT	FALLOW	BARL	DWHT	CLVA	OATS	AGRC	AGRR	SUNF	CSIL	SGBT	ALFA	CORN	POTA	PEAS	CSIL2	ORCD
Sakarya	Arifiye	444	0	220	0	160	30	0	1.311	0	5.053	0	140	52.068	4	0	2.947	6.511
Sakarya	Söğütlü	2.962	0	1.500	0	1.000	500	0	3.510	1.253	2.335	500	2.000	5.152	0	0	4.665	11.164
Sakarya	Serdivan	985	0	651	0	700	983	0	4.408	20	8.724	250	1.001	57.770	242	0	25.776	11.949
Sakarya	Adapazarı	20.280	0	4.811	0	2.550	1.720	0	20.969	1.801	-737	4.200	20.582	31.815	1.354	0	7.737	5.653
Sakarya	Erenler	1.677	0	247	0	1.000	400	0	6.735	92	3.200	100	600	1.340	97	0	800	14.290
Uşak	Banaz	18.771	3.831	81.770	177.047	6.800	6.500	800	35.978	2.085	0	2.157	4.200	0	1.161	86.143	0	8.278

EK G**Çizelge G.1 : WEAP-PGM ürün veri setine ait parametrelerin Çizelge E.2 için belirlenen parameter no karşılıkları.**

WEAP Parametresi	No
Value of VPD above Threshold (kPa)	1
Fraction of Maximum Stomatal (0-1)	2
Maximum Canopy Interception (mm)	3
LAI Curve Point 1 (Fraction of growing season)	4
LAI Curve Point 1 (LAI)	5
LAI Curve Point 2 (Fraction of growing season)	6
LAI Curve Point 2 (LAI)	7
Crop-Specific Base Temperature (C)	8
Optimal Plant Growth Temperature (C)	9
Planting Date Heat Unit Threshold (HU)	10
Heat Units Required for Plant Maturity(HU)	11
Start of LAI Decline (fraction of HU)	12
Slope of RUE-VPD Curve (g/MJ/kPa)	13
Light Extinction Coefficient	14
Maximum Crop Height (m)	15
Maximum Root Depth (m)	16
Lower CO ₂ Concentration (ppm)	17
Higher CO ₂ Concentration (ppm)	18
Leaf Area Index (LAI) at Lower CO ₂	19
Leaf Area Index (LAI) at Higher CO ₂	20
Stomatal Conductance at Lower CO ₂ (m/s)	21
Stomatal Conductance at Higher CO ₂ (m/s)	22
Radiation Use Efficiency at Lower CO ₂ (g/MJ)	23
Radiation Use Efficiency at Higher CO ₂ (g/MJ)	24
Increase in Canopy Temp. from Lower to Higher CO ₂ (C)	25
Potential Harvest Index	26
Minimum Value of Harvest Index	27
Harvest Efficiency	28
Residue Decomposition Coefficient	29
Default Management Allowed Depletion(%)	30
Harvest Efficiency	31
Residue Decomposition Coefficient	32
Default Management Allowed Depletion (%)	33

Çizelge G.2 : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi Örtüsü/ Ürün Deseni	Land Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Alamo Darı	Alamo Switchgrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,1	0,2	0,2	0,95	12	25	0	-	0,7	8,5	0,33	0,2	0,2	2,5	2,2	330	660	6	6	0,005	0,005	47	54	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Alfalfa	Alfalfa	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	4	20	0	-	0,9	10	0,65	0,2	0,2	0,9	3	330	660	4	4	0,01	0,01	20	35	0,83	0,9	0,9	1	0,05	0,7
Altay Wildrye	Altai Wildrye	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,35	0,02	0,62	0,95	0	15	0	-	0,8	8	0,65	0,2	0,2	1,1	1,3	330	660	3	3	0,005	0,005	30	46	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Bermuda	Bermudagrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,49	0,95	12	25	0	-	0,99	10	1	0,2	0,2	0,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	36	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Büyük Bluestem	Big Bluestem	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,1	0,25	0,7	12	25	0	-	0,35	10	0,36	0,2	0,2	1	2	330	660	3	3	0,005	0,005	14	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Tepeli Buğday Çimi	Crested Wheatgrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,35	0,02	0,62	0,95	6	25	0	-	0,85	8	0,4	0,2	0,2	0,9	1,3	330	660	4	4	0,005	0,005	35	38	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Doğu Gamagrass	Eastern Gamagrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,18	0,25	0,9	12	25	0	-	0,4	10	0,31	0,2	0,2	1,7	2	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	21	58	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Saman	Hay	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,49	0,95	12	25	0	-	0,99	10	0,65	0,2	0,2	0,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	36	0,83	0,9	0,9	1	0,05	0,7
Hint Çim	Indiangrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,1	0,25	0,7	12	25	0	-	0,35	10	0,36	0,2	0,2	1	2	330	660	3	3	0,005	0,005	34	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
İtalyan (Yıllık) Çimi	Italian (annual) Ryegrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,2	0,32	0,45	0,95	0	18	0	-	0,5	6	0,65	0,2	0,2	0,8	1,3	330	660	4	4	0,005	0,005	30	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Johnson	Johnsongrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,57	0,95	11	30	0	-	0,5	8,5	0,65	0,2	0,2	1	2	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	35	36	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Kentucky Bluegrass	Kentucky Bluegrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,3	0,7	12	25	0	-	0,35	10	1,4	0,2	0,2	0,2	1,4	330	660	2	2	0,005	0,005	18	31	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Küçük Bluestem	Little Bluestem	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,1	0,25	0,7	12	25	0	-	0,35	10	0,36	0,2	0,2	1	2	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	34	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Çayır Kılçıksız Brom	Meadow Brome	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,45	0,02	0,8	0,95	6	25	0	-	0,85	8	0,65	0,2	0,2	0,8	1,3	330	660	3	3	0,005	0,005	35	45	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Otlak	Pasture	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,49	0,95	12	25	0	-	0,99	10	0,65	0,2	0,2	0,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	36	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Range-Grasses	Range-Grasses	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,1	0,25	0,7	12	25	0	-	0,35	10	0,33	0,2	0,2	1	2	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	34	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-

Çizelge G.2 (devam) : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi Örtüsü/ Ürün Deseni	Land Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Rus Wildrye	Russian Wildrye	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,35	0,02	0,62	0,95	0	15	0	-	0,8	8	0,65	0,2	0,2	1	1,3	330	660	3	3	0,006	0,006	30	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Sideoats Grama	Sideoats Grama	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,3	0,7	12	25	0	-	0,35	10	1,12	0,2	0,2	0,4	1,4	330	660	1,7	1,7	0,005	0,005	11	21	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
İnce Buğday Çimi (Yabani Arpa)	Slender Wheatgrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	8	25	0	-	0,85	8	0,65	0,2	0,2	0,7	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	45	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Erişte Otu	Smooth Bromegrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	8	25	0	-	0,85	8	0,65	0,2	0,2	1,2	2	330	660	5	5	0,003	0,003	35	45	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Süpürge Darı	Sorghum Hay	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	11	30	0	-	0,64	8,5	0,65	0,2	0,2	1,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	33,5	36	2,64	0,9	0,9	1	0,05	-
Yaz Mera	Summer Pasture	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,49	0,95	12	25	0	-	0,99	10	0,65	0,2	0,2	0,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	36	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Kamışsı Yumak (Çim)	Tall Fescue	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	0	15	0	-	0,8	8	0,65	0,2	0,2	1,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	30	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Çayır Otu	Timothy	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	8	25	0	-	0,85	8	0,65	0,2	0,2	0,8	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	45	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Batı Buğday Çimi	Western Wheatgrass	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,5	0,02	0,89	0,95	6	25	0	-	0,85	8	0,65	0,2	0,2	0,6	1,3	330	660	4	4	0,008	0,008	35	45	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Kış Mera	Winter Pasture	Hay/Lawn	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	0	15	0	-	0,8	8	0,65	0,2	0,2	1,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	30	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Tarım Arazileri- (Sürme,Serpme Ekim örn. Buğday,yulaf)	Agricultural Land-Close- Grown	Annual	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,45	0,95	0	18	0	-	0,5	6	0,65	0,4	0,2	0,9	1,3	330	660	4	4	0,006	0,006	30	39	0,83	0,4	0,2	1	0,05	0,7
Tarım Arazileri- Karışık	Agricultural Land-Generic	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	11	30	0	-	0,64	8,5	0,65	0,4	0,2	1	2	330	660	3	3	0,005	0,005	33,5	36	0,83	0,45	0,25	1	0,05	0,7
Tarım Arazileri- Çapa Usulü	Agricultural Land-Row Crops	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	8	25	0	-	0,7	7,2	0,65	0,4	0,2	2,5	2	330	660	3	3	0,007	0,007	39	45	0,83	0,5	0,3	1	0,05	0,7
Melez Üçgül	Alsike Clover	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	1	15	0	-	0,75	10	0,55	0,4	0,2	0,9	2	330	660	4	4	0,005	0,005	25	30	0,83	0,9	0,9	1	0,05	0,7
Kuşkonmaz	Asparagus	Annual	1	4	0,75	0	0,25	0,23	0,4	0,86	10	24	0	-	1	5	0,65	0,4	0,2	0,5	2	330	660	4,2	4,2	0,006	0,006	90	95	0,83	0,8	0,95	1	0,05	0,7
Dolmalık Biber	Bell Pepper	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	18	27	0	-	0,6	8	0,65	0,4	0,2	0,5	1,2	330	660	5	5	0,005	0,005	30	39	0,83	0,6	0,25	1	0,05	0,7

Çizelge G.2 (devam) : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi Örtüsü/ Ürün Deseni	Land Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Brokoli	Broccoli	Annual	1	4	0,75	0	0,25	0,23	0,4	0,86	4	18	0	-	1	5	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	4,2	4,2	0,006	0,006	26	30	0,83	0,8	0,95	1	0,05	0,7
Lahana	Cabbage	Annual	1	4	0,75	0	0,25	0,23	0,4	0,86	1	18	0	-	1	5	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	3	3	0,006	0,006	19	25	0,83	0,8	0,95	1	0,05	0,7
Kavun (TR'de yok)	Cantaloupe	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	15	35	0	-	0,6	3	0,65	0,4	0,2	0,5	1,2	330	660	3	3	0,006	0,006	30	39	0,83	0,5	0,25	1	0,05	0,7
Havuç	Carrot	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	7	24	0	-	0,6	10	0,65	0,4	0,2	0,3	1,2	330	660	3,5	3,5	0,006	0,006	30	35	0,83	1,12	0,9	1	0,05	0,7
Karnabahar	Cauliflower	Annual	1	4	0,75	0	0,25	0,23	0,4	0,86	5	18	0	-	1	5	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	2,5	2,5	0,006	0,006	21	25	0,83	0,8	0,95	1	0,05	0,7
Kereviz	Celery	Annual	1	4	0,75	0	0,25	0,23	0,4	0,86	4	22	0	-	1	5	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	2,5	2,5	0,006	0,006	27	30	0,83	0,8	0,95	1	0,05	0,7
Mısır	Corn	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	8	25	0	-	0,7	7,2	0,65	0,4	0,2	2,5	2	330	660	6	6	0,007	0,007	39	45	2,64	0,5	0,3	1	0,05	0,7
Mısır Silaj	Corn Silage	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	8	25	0	-	0,7	7,2	0,65	0,4	0,2	2,5	2	330	660	4	4	0,007	0,007	39	45	2,64	0,9	0,9	1	0,05	0,7
Börülce	Cowpeas	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	14	28	0	-	0,8	8	0,65	0,4	0,2	1,2	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	39	0,83	0,42	0,05	1	0,05	0,7
Hıyar	Cucumber	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	16	32	0	-	0,6	8	0,65	0,4	0,2	0,5	1,2	330	660	1,5	1,5	0,003	0,003	30	39	0,83	0,27	0,25	1	0,05	0,7
Durum Buğday	Durum Wheat	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	0	15	0	-	0,8	7	0,65	0,4	0,2	1	2	330	660	4	4	0,006	0,006	30	45	0,83	0,4	0,2	1	0,05	0,7
Patlıcan	Eggplant	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	15	26	0	-	0,6	8	0,65	0,4	0,2	0,5	1,2	330	660	3	3	0,006	0,006	30	39	0,83	0,59	0,25	1	0,05	0,7
Ayrık Çimi (Tef)	Eragrostis Teff	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	0	18	0	-	0,9	8	0,65	0,4	0,2	0,9	2	330	660	3	3	0,00560	0,0056	35	46	0,83	0,23	0,2	1	0,05	-
Bezelye	Field Peas	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	1	15	0	-	0,75	10	0,65	0,4	0,2	1,2	1,2	330	660	4	4	0,005	0,005	25	30	0,83	0,45	0,1	1	0,05	0,7
Keten	Flax	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,02	0,5	0,95	5	22,5	0	-	0,9	10	0,65	0,4	0,2	1,2	1,5	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	25	33	0,83	0,54	0,4	1	0,05	0,7

Çizelge G.2 (devam) : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi Örtüsü/ Ürün Deseni	Land Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Bahçe Veya Konserve Bezelye	Garden or Canning Peas	Annual	1	4	0,75	0	0,1	0,05	0,8	0,95	5	14	0	-	0,6	5	0,65	0,4	0,2	0,6	1,2	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	25	34	0,83	0,3	0,22	1	0,05	0,7
Tahıl Sorgum	Grain Sorghum	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	11	30	0	-	0,64	8,5	0,65	0,4	0,2	1	2	330	660	3	3	0,005	0,005	33,5	36	2,64	0,45	0,25	1	0,05	0,7
Yeşil Fasulye	Green Beans	Annual	1	4	0,75	0	0,1	0,05	0,8	0,95	10	19	0	-	0,9	5	0,65	0,4	0,2	0,6	1,2	330	660	1,5	1,5	0,008	0,008	25	34	0,83	0,1	0,1	1	0,05	0,7
Göbek Marul	Head Lettuce	Annual	1	4	0,75	0	0,25	0,23	0,4	0,86	7	18	0	-	1	8	0,65	0,4	0,2	0,2	0,6	330	660	4,2	4,2	0,003	0,003	23	25	0,83	0,8	0,01	1	0,05	0,7
Kış Kavun	Honeydew Melon	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	16	35	0	-	0,6	3	0,65	0,4	0,2	0,5	1,2	330	660	4	4	0,006	0,006	30	39	0,83	0,55	0,25	1	0,05	0,7
Mercimek	Lentils	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,02	0,5	0,95	3	20	0	-	0,9	10	0,65	0,4	0,2	0,55	1,2	330	660	4	4	0,005	0,005	20	33	0,83	0,61	0,01	1	0,05	0,7
Lima Fasulyesi	Lima Beans	Annual	1	4	0,75	0	0,1	0,05	0,8	0,95	18	26	0	-	0,9	5	0,65	0,4	0,2	0,6	2	330	660	2,5	2,5	0,005	0,005	25	34	0,83	0,3	0,22	1	0,05	0,7
Maş Fasulyesi	Mung Bean	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	15	30	0	-	0,9	10	0,65	0,4	0,2	1,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	25	33	0,83	0,31	0,01	1	0,05	0,7
Yulaf	Oats	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,02	0,5	0,95	0	15	0	-	0,8	10	0,45	0,4	0,2	1,5	2	330	660	4	4	0,005	0,005	35	45	0,83	0,42 ^{0,17} ₅	1	0,05	0,7	
Soğan	Onion	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	7	19	0	-	0,6	10	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	1,5	1,5	0,006	0,006	30	35	0,83	1,25	0,95	1	0,05	0,7
Patates	Patato	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	7	22	0	-	0,6	14,8	0,65	0,4	0,2	0,6	0,6	330	660	4	4	0,005	0,005	25	30	0,83	0,95	0,95	1	0,05	0,7
Fıstık	Peanut	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	14	27	0	-	0,75	4	0,65	0,4	0,2	0,5	2	330	660	4	4	0,006	0,006	20	25	0,83	0,4	0,3	1	0,05	0,7
İnci Darısı	Pearl Millet	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	10	30	0	-	0,85	8	0,65	0,4	0,2	3	2	330	660	2,5	2,5	0,014	0,014	35	40	2,64	0,25	0,1	1	0,05	0,7
Barbunya	Pinto Beans	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	10	25	0	-	0,9	8	0,45	0,4	0,2	0,8	1,7	330	660	1,5	1,5	0,00710	0,0071	25	34	0,83	0,3	0,01	1	0,05	0,7
Kırmızı Yonca	Red Clover	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	1	15	0	-	0,75	10	0,55	0,4	0,2	0,75	1,5	330	660	4	4	0,006	0,006	25	30	0,83	0,9	0,9	1	0,05	0,7
Çavdar	Rye	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	0	12,5	0	-	0,8	7	0,65	0,4	0,2	1	1,8	330	660	4	4	0,01	0,01	35	45	0,83	0,4	0,2	1	0,05	0,7

Çizelge G.2 (devam) : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi Örtüsü/ Ürün Deseni	Land Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Sesbanya	Sesbania	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	10	25	0	-	0,9	10	0,65	0,4	0,2	2	2	330	660	5	5	0,005	0,005	50	60	0,83	0,31	0,01	1	0,05	0,7
Soya Fasulyesi	Soybean	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	10	25	0	-	0,6	8	0,45	0,4	0,2	0,8	1,7	330	660	3	3	0,007	0,007	25	34	0,83	0,31	0,01	1	0,05	0,7
Ispanak	Spinach	Annual	1	4	0,75	0	0,1	0,05	0,9	0,95	4	24	0	-	0,95	5	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	4,2	4,2	0,006	0,006	30	35	0,83	0,95	0,95	1	0,05	0,7
Baharlık (Yazlık) Arpa	Spring Barley	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,45	0,95	0	25	0	-	0,6	7	0,65	0,4	0,2	1,2	1,3	330	660	4	4	0,008	0,008	35	45	0,83	0,54	0,2	1	0,05	0,7
Bahar Kanola- Arjantin	Spring Canola- Argentine	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,02	0,45	0,95	5	21	0	-	0,5	10	0,65	0,4	0,2	1,3	1,4	330	660	4,5	4,5	0,006	0,006	34	40	0,83	0,3	0,01	1	0,05	0,7
Bahar Kanola- Polonya	Spring Canola- Polish	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,02	0,45	0,95	5	21	0	-	0,5	10	0,65	0,4	0,2	0,9	0,9	330	660	3,5	3,5	0,006	0,006	34	39	0,83	0,23	0,01	1	0,05	0,7
Bahar Buğday	Spring Wheat	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	0	18	0	-	0,6	8	0,65	0,4	0,2	0,9	2	330	660	4	4	0,006	0,006	35	46	0,83	0,42	0,2	1	0,05	0,7
Çilek	Strawberry	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	10	32	0	-	0,6	8	0,65	0,4	0,2	0,5	0,6	330	660	3	3	0,006	0,006	30	39	0,83	0,45	0,25	1	0,05	0,7
Şekerpancarı	Sugarbeet	Annual	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,5	0,95	4	18	0	-	0,6	10	0,65	0,4	0,2	1,2	2	330	660	5	5	0,007	0,007	30	35	0,83	2	1,1	1	0,05	0,7
Şeker Kamışı	Sugarcane	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	11	25	0	-	0,75	10	0,65	0,4	0,2	3	2	330	660	6	6	0,005	0,005	25	33	2,64	0,5	0,01	1	0,05	0,7
Ayçiçeği	Sunflower	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	6	25	0	-	0,62	32,3	0,9	0,4	0,2	2,5	2	330	660	3	3	0,008	0,008	46	59	0,83	0,3	0,18	1	0,05	0,7
Taşyoncası	Sweet Clover	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	1	15	0	-	0,75	10	0,55	0,4	0,2	1,5	2,4	330	660	4	4	0,005	0,005	25	30	0,83	0,9	0,9	1	0,05	0,7
Süt Mısır	Sweet Corn	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	12	24	0	-	0,5	7,2	0,65	0,4	0,2	2,5	2	330	660	2,5	2,5	0,007	0,007	39	45	2,64	0,5	0,3	1	0,05	0,7
Tatlı Patates	Sweet Potato	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	14	24	0	-	0,6	3	0,65	0,4	0,2	0,8	2	330	660	4	4	0,006	0,006	15	19	0,83	0,6	0,4	1	0,05	0,7
Tütün	Tabacco	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	10	25	0	-	0,7	8	0,65	0,4	0,2	1,8	2	330	660	4,5	4,5	0,005	0,005	39	44	0,83	0,55	0,55	1	0,05	0,7

Çizelge G.2 (devam) : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi Örtüsü/ Ürün Deseni	Land Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Domates	Tomato	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	10	22	0	-	0,95	8	0,65	0,4	0,2	0,5	2	330	660	3	3	0,008	0,008	30	39	0,83	0,33	0,15	1	0,05	0,7
Yayla Pamuk (Seçici İle Hasat)	Upland Cotton (harvested with picker)	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	15	30	0	-	0,95	3	0,65	0,4	0,2	1	2,5	330	660	4	4	0,009	0,009	15	19	0,83	0,4	0,3	1	0,05	0,7
Yayla Pamuk (Soyucu ile Hasat)	Upland Cotton (harvested with stripper)	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,01	0,5	0,95	15	30	0	-	0,95	3	0,65	0,4	0,2	1	2,5	330	660	4	4	0,009	0,009	15	19	0,83	0,5	0,4	1	0,05	0,7
Karpuz	Watermelon	Annual	1	4	0,75	0	0,15	0,05	0,5	0,95	18	35	0	-	0,6	3	0,65	0,4	0,2	0,5	2	330	660	1,5	1,5	0,006	0,006	30	39	0,83	0,5	0,25	1	0,05	0,7
Kış Arpa	Winter Barley	Annual	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,45	0,95	0	18	0	-	0,9	6	0,65	0,4	0,2	0,9	1,3	330	660	4	4	0,0056	0,0056	30	39	0,83	0,54	0,2	1	0,05	0,7
Kış Buğday	Winter Wheat	Annual	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,45	0,95	0	18	0	-	0,5	6	0,65	0,4	0,2	0,9	1,3	330	660	4	4	0,006	0,006	30	39	0,83	0,4	0,2	1	0,05	0,7
Badem	Almonds	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,4	0,95	10	30	0	-	0,99	8	0,61	0,2	0,2	6	3,5	330	660	1,2	1,2	0,0036	0,0036	16,1	18	0,83	0,05	0,01	1	0,05	0,7
Elma	Apple	Deciduous	1	4	0,75	0	0,1	0,15	0,5	0,75	7	20	0	-	0,99	3	0,65	0,2	0,2	3,5	2	330	660	4	4	0,007	0,007	15	20	0,83	0,1	0,05	1	0,05	0,7
Orman-Yaprak Döken	Forest- Deciduous	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,4	0,95	10	30	0	3000	0,99	8	0,65	0,2	0,2	6	3,5	330	660	5	5	0,002	0,002	15	16	0,83	0,76	0,01	1	0,05	-
Orman-Karışık	Forest-Generic	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,4	0,95	8	30	1	3000	0,99	8	0,65	0,2	0,2	6	1	330	660	6	6	0,002	0,002	16	16	0,83	0,02	0,01	1	0,05	0,7
Ormansız	Non-Forest	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,4	0,95	8	30	1	3000	0,99	8	0,65	0,2	0,2	1	1	330	660	6	6	0,002	0,002	16	16	0,83	0,02	0,01	1	0,05	0,7
Meşe	Oak	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,4	0,95	10	30	0	-	0,99	8	0,65	0,2	0,2	6	3,5	330	660	5	5	0,002	0,002	15	16	0,83	0,76	0,01	1	0,05	-
Meyve Bahçesi	Orchard	Deciduous	1	4	0,75	0	0,1	0,15	0,5	0,75	7	20	0	-	0,99	3	0,65	0,2	0,2	3,5	2	330	660	4	4	0,007	0,007	15	20	0,83	0,1	0,05	1	0,05	0,7
Kavak	Poplar	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,05	0,4	0,95	10	30	0	-	0,99	8	0,45	0,2	0,2	7,5	3,5	330	660	5	5	0,004	0,004	30	31	0,83	0,76	0,01	1	0,05	-
Range-Brush	Range-Brush	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,1	0,25	0,7	12	25	0	-	0,35	10	0,33	0,2	0,2	1	2	330	660	2	2	0,005	0,005	34	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Range-Güneybatı ABD	Range- Southwestern US	Deciduous	1	4	0,75	0	0,05	0,1	0,25	0,7	12	25	0	-	0,35	10	0,33	0,2	0,2	1	2	330	660	1,5	1,5	0,005	0,005	34	39	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-

Çizelge G.2 (devam) : SWAT ve WEAP-PGM ürün veri setine ait parametreler.

Arazi-Örtüsü/ Ürün-Deseni	Land-Cover/ Crop	Category	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Bağ	Vineyard	Deciduous	1	1,1	0,75	0	0,05	0,01	0,5	0,95	10	30	0	-	0,9	8	0,65	0,2	0,2	2	2	330	660	2	2	0,005	0,005	30	40	0,83	0,02	0,01	1	0,05	0,7
Muz	Bananas	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,45	0,2	0,2	7,5	3,5	330	660	4,5	-	0,0036	0,0036	30	31	0,83	0,44	0,01	1	0,05	0,7
Kahve	Coffee	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,61	0,2	0,2	2	2	330	660	1,35	-	0,0036	0,0036	10	18	0,83	0,15	0,01	1	0,05	-
Orman- Yaprak- Dökmeyen	Forest-Evergreen	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	0	30	0	-	-	8	0,65	0,2	0,2	10	3,5	330	660	5	-	0,002	0,002	15	16	0,83	0,76	0,6	1	0,05	-
Orman-Karışık	Forest-Mixed	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,65	0,2	0,2	6	3,5	330	660	5	-	0,002	0,002	15	16	0,83	0,76	0,01	1	0,05	-
Garik	Garrigue	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,61	0,2	0,2	6	3,5	330	660	2	-	0,0036	0,0036	16,1	18	0,83	0,05	0,01	1	0,05	-
Bal-Mesquite	Honey-Mesquite	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,61	0,2	0,2	6	3,5	330	660	1,25	-	0,004	0,004	16,1	18	0,83	0,05	0,01	1	0,05	-
Palmiye	Oil-Palm	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	7	20	0	-	-	3	0,65	0,2	0,2	3,5	2	330	660	5	-	0,0071	0,0071	12	20	0,83	0,18	0,05	1	0,05	-
Zeytin	Olives	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,61	0,2	0,2	6	3,5	330	660	0,8	-	0,0036	0,0036	16,1	18	0,83	0,05	0,01	1	0,05	0,7
Portakal	Orange	N-deciduous	1	4	3	0	-	-	-	-	7	20	0	-	-	3	0,65	0,2	0,2	3,5	2	330	660	2	-	0,005	0,005	15	20	0,83	0,14	0,09	1	0,05	0,7
Çam	Pine	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	0	30	0	-	-	8	0,65	0,2	0,2	10	3,5	330	660	5	-	0,002	0,002	15	16	0,83	0,76	0,6	1	0,05	-
Kauçuk	Rubber-Trees	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	7	20	0	-	-	3	0,65	0,2	0,2	3,5	2	330	660	2,6	-	0,0071	0,0071	5,6	20	0,83	0,9	0,05	1	0,05	-
Sulak-Alanlar	Wetlands	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	12	25	0	-	-	8,5	0,65	0,2	0,2	2,5	2,2	330	660	6	-	0,005	0,005	47	54	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Sulak-Alanlar- Ormanlık	Wetlands- Forested	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	10	30	0	-	-	8	0,65	0,2	0,2	6	3,5	330	660	5	-	0,002	0,002	15	16	0,83	0,76	0,01	1	0,05	-
Sulak-Alanlar- Ormansız	Wetlands- Nonforested	N-deciduous	1	4	0,75	0	-	-	-	-	12	25	0	-	-	8,5	0,65	0,2	0,2	2,5	2,2	330	660	6	-	0,005	0,005	47	54	0,83	0,9	0,9	1	0,05	-
Pirinç	Rice	Rice	1	4	0,75	0	0,3	0,01	0,7	0,95	10	25	0	-	0,8	5	0,35	0,4	0,2	0,8	0,9	330	660	5	5	0,008	0,008	22	31	0,83	0,5	0,25	1	0,05	0,7
Nadas	Fallow	Fallow	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cizelge H.1 : WEAP alt dal (branch) çoğaltma kodu örneği.

```
'BRANCH KOPYALAMA KODU'
'SABLON SECILEN BIR HAVZADAN, AYNI OZELLIKTEKI HAVZALARA DAL(BRANCH)KOPYALAR.'
'ORN; C_2050 DE BUGDAY VE ARPA HRU LARI VAR VE CROP VE DATE EKLENMIS,'
'AYNI HRU YA SAHIP BUTUN HAVZALARA AYNI DALLARI KOPYALAR.'
'CALISTIRMADAN ONCE KAYDET. CUNKU HATALI COGALTIRSA EL ILE SILMEK GEREKIR...'
'-COKLU DAL SILME KODU- HENUZ YAZILMADI.'
'BAZI YERLERDE, DOC.DR. ALI ERTURK'UN KODLARINDAN FAYDALANILMISTIR'

cls
On Error Resume Next
Verbose = 1 '(1) SORUN VARSA GOSTER'

Dim CATCHMENT_IDS(196) 'KOPYALANACAK CATCH. SAYISI'

'[INDIS, HRU_NO] MATRISI'

CATCHMENT_IDS(1) = 2041
CATCHMENT_IDS(2) = 2043
CATCHMENT_IDS(3) = 2044
CATCHMENT_IDS(4) = 2046

...

...

...

CATCHMENT_IDS(194) = 3508
CATCHMENT_IDS(195) = 3511
CATCHMENT_IDS(196) = 3513

NUMBER_OF_CATCHMENT = 196 'KOPYALANACAK CATCH. SAYISI'

for i = 1 to NUMBER_OF_CATCHMENT

    CATCHMENT_ID = clng(CATCHMENT_IDS(i))

    COPY_TO = "Demand Sites and Catchments\C_" + cstr(CATCHMENT_ID)
    'HEDEF HAVZA DONGUSU'

    COPY_FROM = "Demand Sites and Catchments\C_SABLON"
    'SABLON HAVZAYA AIT DALLARI(BRANCH),OZELLIKLERIYLE BIRILKTE...'
    'HEDEF HAVZALARA KOPYALAYACAK.'
    'ISLEM TEKRARLANIRSA UZERINE EKLER, YERINE KOYMAZ'
    'SILME OLAYI YOKTUR'

    SET SuburbanBranch = WEAP.Branch(cstr(COPY_TO))

    for each BRANCX in WEAP.Branch(cstr(COPY_FROM)).Children

        SET NewBranch = WEAP.Branch(cstr(COPY_TO)).AddChild(BRANCX.Name)
        NewBranch.CopyData(BRANCX)

    next

next
```

Çizelge H.2 : WEAP yarı otomatik sayılabilecek kalibrasyon kodu örneği.

```
'KALIBRASYON ICIN YARI OTOMATIK KOD'  
'WEAP ICIN GECERLIDIR, EXCELE ADAPTA EDILEBILIR'  
'AYRINTILI BILGI WEAP YARDIMDA BULUNMAKTADIR'  
'CIKTILARI BIR KLASORDE TOPLAR'  
'EXCEL MAKROSU ILE ENTEGRE EDILECEK, BUTUN CIKTILAR BIR EXCELDE OLACAK'  
  
WEAP.Verbose = 1 '(1) SORUN VARSA GOSTER'  
WEAP.Logfile = WEAP.Directory + "WeapErrors.txt" 'SORUNU BURADA GOSTER'  
  
WEAP.ActiveArea = "2032_ZERO" 'POROJE DOSYASI SEC'  
WEAP.ActiveScenario = "Current Accounts" 'SENARYO SEC'  
  
For i = 85 To 150 Step 5 'ILK DEĞER - SON DEGER - ADIM '  
    WEAP.ActiveScenario = "Current Accounts"  
  
    WEAP.Branch("\Demand Sites\C_2032").Variables("Saturated Hydraulic  
    Conductivity").Expression = FormatNumber(i, 0)  
  
    Call WEAP.LoadFavorite("AKIM_KONTROL")  
'CALISMASI ICIN: WEAP/RESULTS/GRAFIK SEC >> ADD FAVORITE/ISIM GIR  
'ORN. BURADA AKIM_KONTROL GRAFIGI GIRILMIS'  
  
    If WEAP.Status = False Then  
        Exit For  
    End If  
  
    Call WEAP.ExportResults("C:\Users\selim\SKRY" + FormatNumber(i, 0) + ".xls",  
    True, True) 'CIKTILARIN ADRESI'  
  
Next
```

Çizelge H.3 : Kalibrasyon sonuçlarını tek bir Excel sayfasında toplama kodu.

```
'ENTEGRE EDİLECEK EXCEL MAKROSU, XLSX TEK BİR SHEET İCİN ALT ALTA EKLER

'KAYNAK:      http://www.oaultimate.com/office/merge-multiple-excel-files-into-a-
single-spreadsheet-ms-excel-2007.html

Sub simpleXlsMerger()

Dim bookList As Workbook

Dim mergeObj As Object, dirObj As Object, filesObj As Object, everyObj As Object

Application.ScreenUpdating = False

Set mergeObj = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")

    'change folder path of excel files here

Set dirObj = mergeObj.GetFolder("D:\change\to\excel\files\path\here")

Set filesObj = dirObj.Files

For Each everyObj In filesObj

Set bookList = Workbooks.Open(everyObj)

    'change "A2" with cell reference of start point for every files here
'for example "B3:IV" to merge all files start from columns B and rows 3
'If you're files using more than IV column, change it to the latest column
'Also change "A" column on "A65536" to the same column as start point

Range("A2:IV" & Range("A65536").End(xlUp).Row).Copy

ThisWorkbook.Worksheets(1).Activate

    'Do not change the following column. It's not the same column as above

Range("A65536").End(xlUp).Offset(1, 0).PasteSpecial

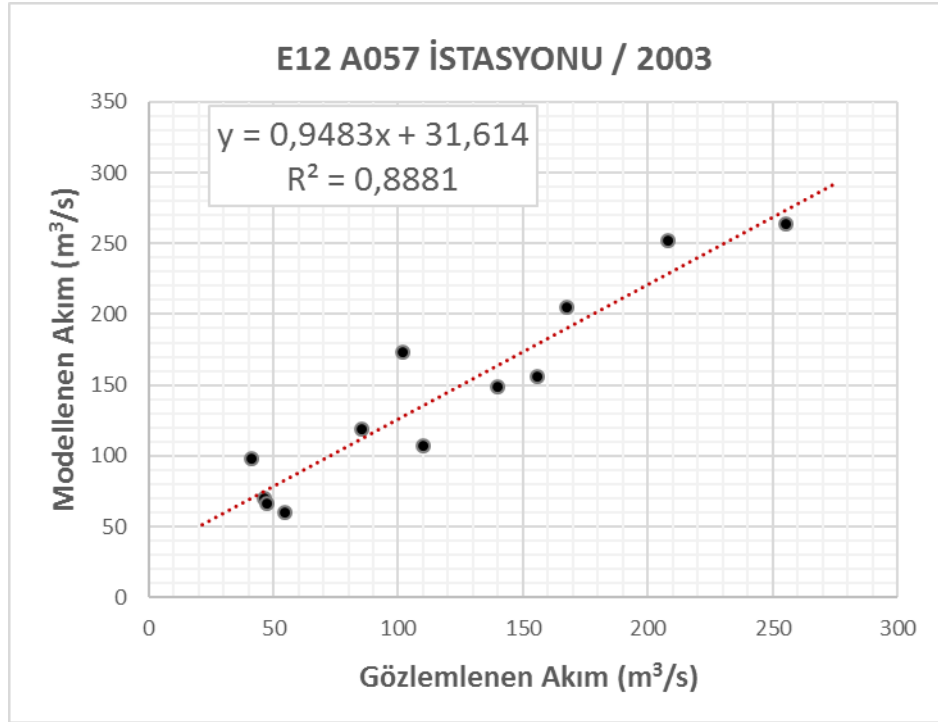
Application.CutCopyMode = False

bookList.Close

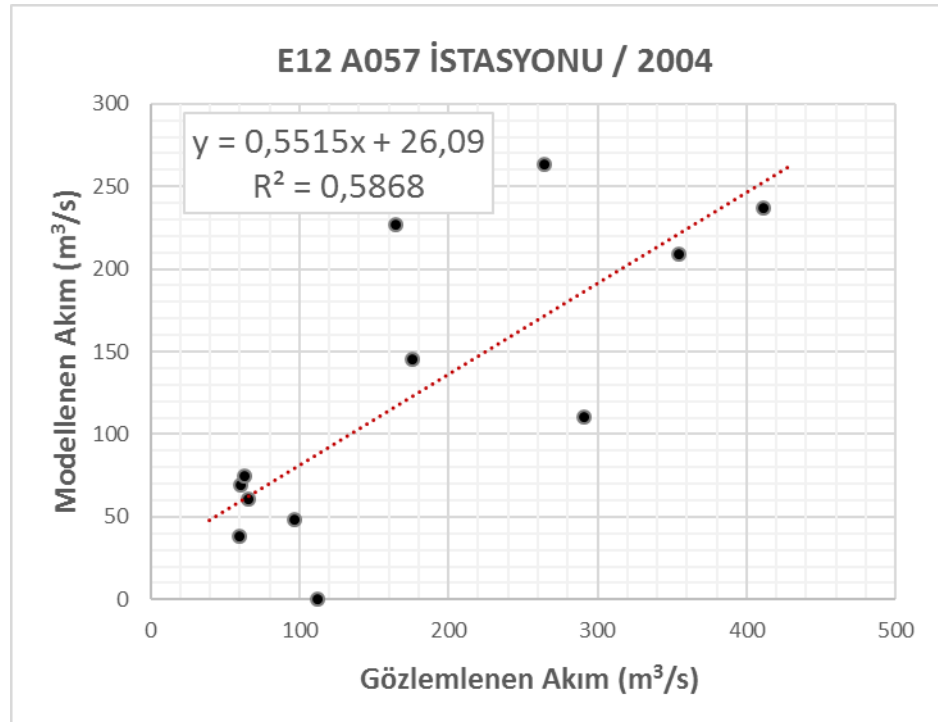
Next

End Sub
```

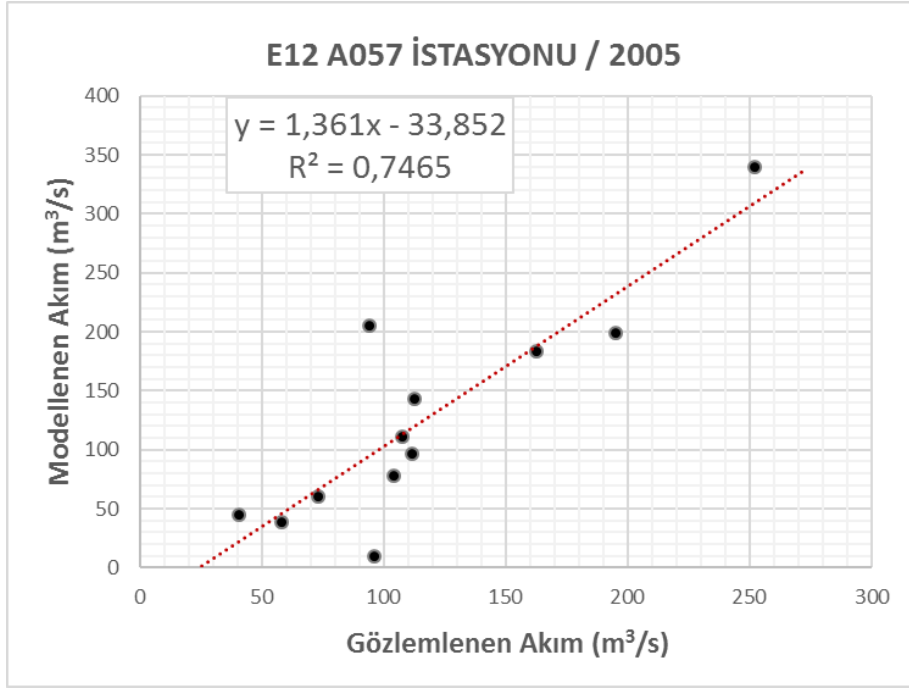
EK I



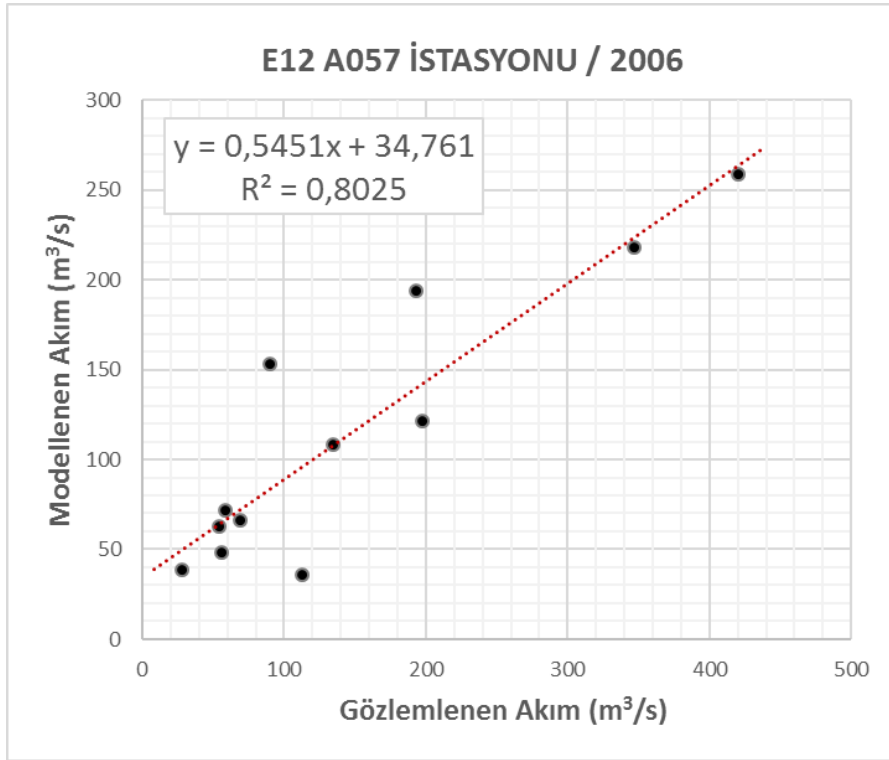
Şekil I.1 : 2003 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



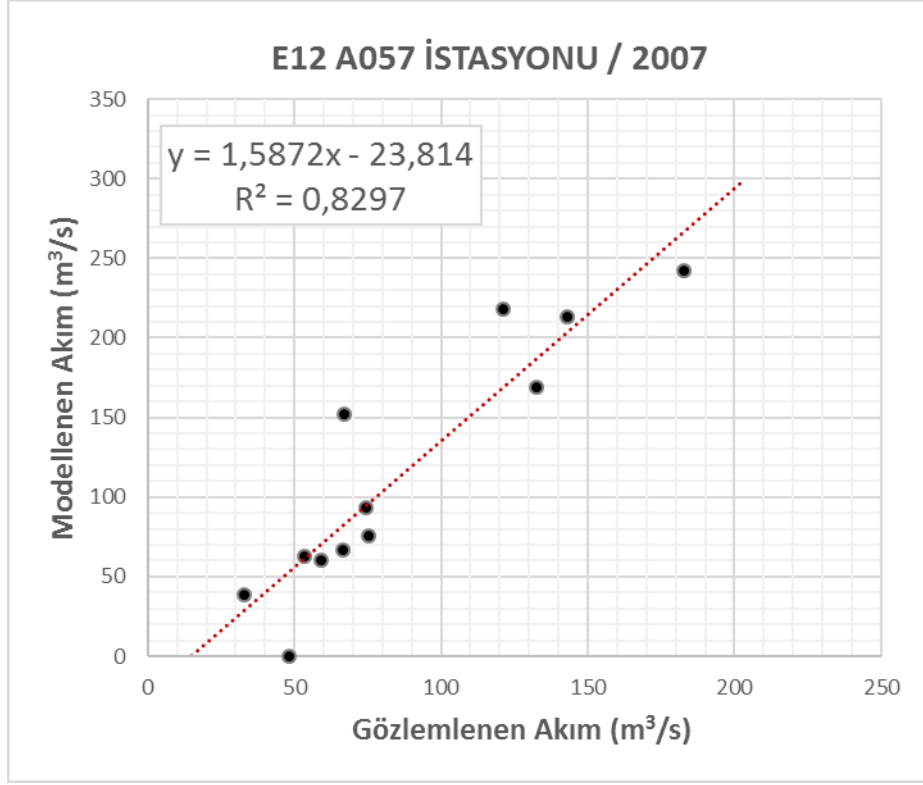
Şekil I.2 : 2004 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



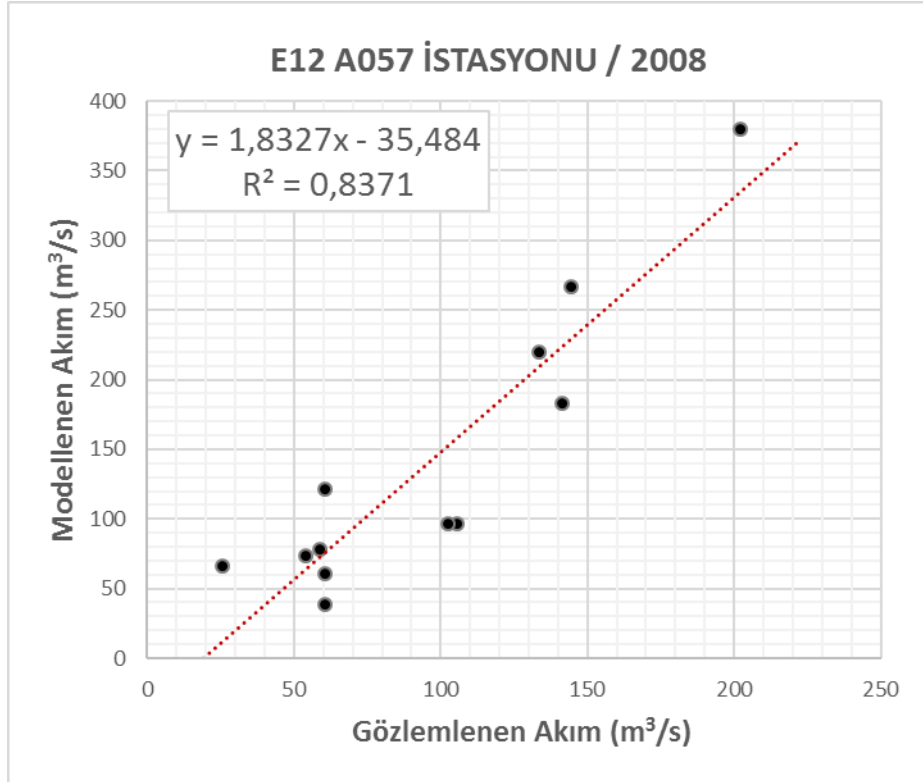
Şekil I.3 : 2005 hidr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



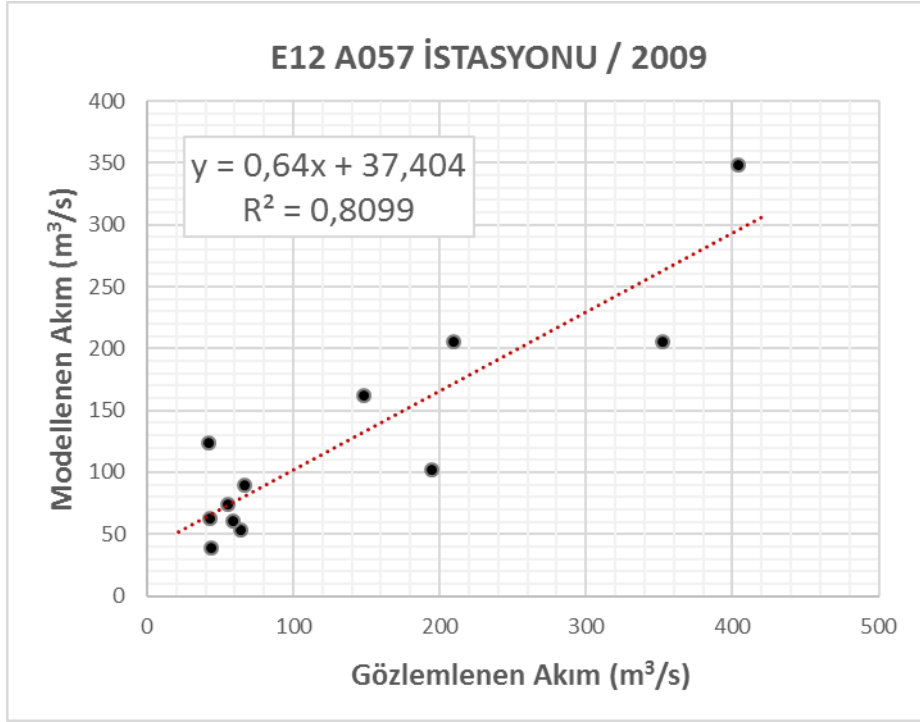
Şekil I.4 : 2006 hidr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



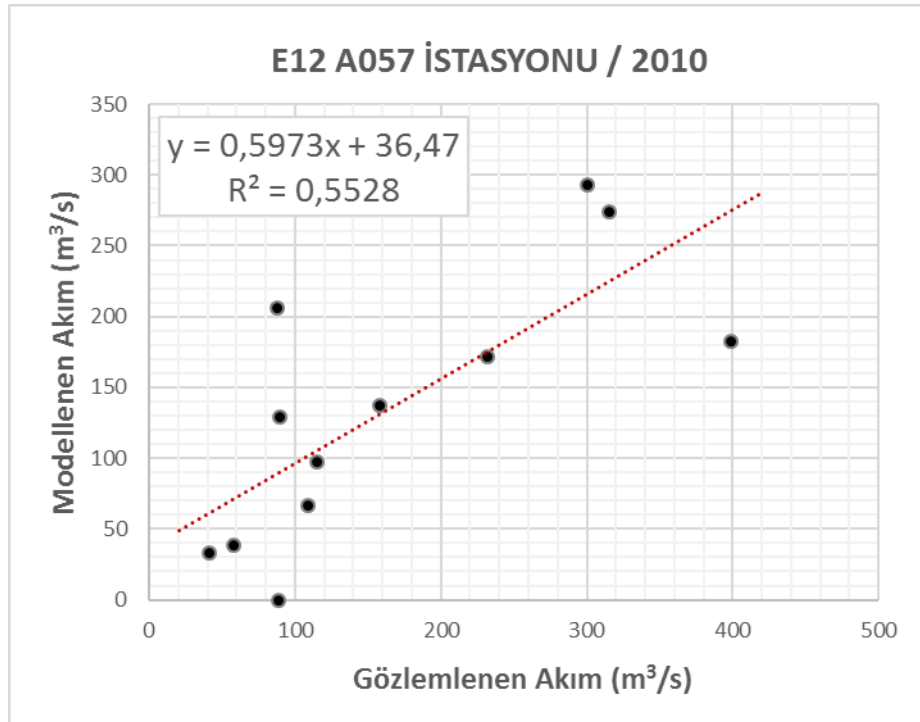
Şekil I.5 : 2007 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



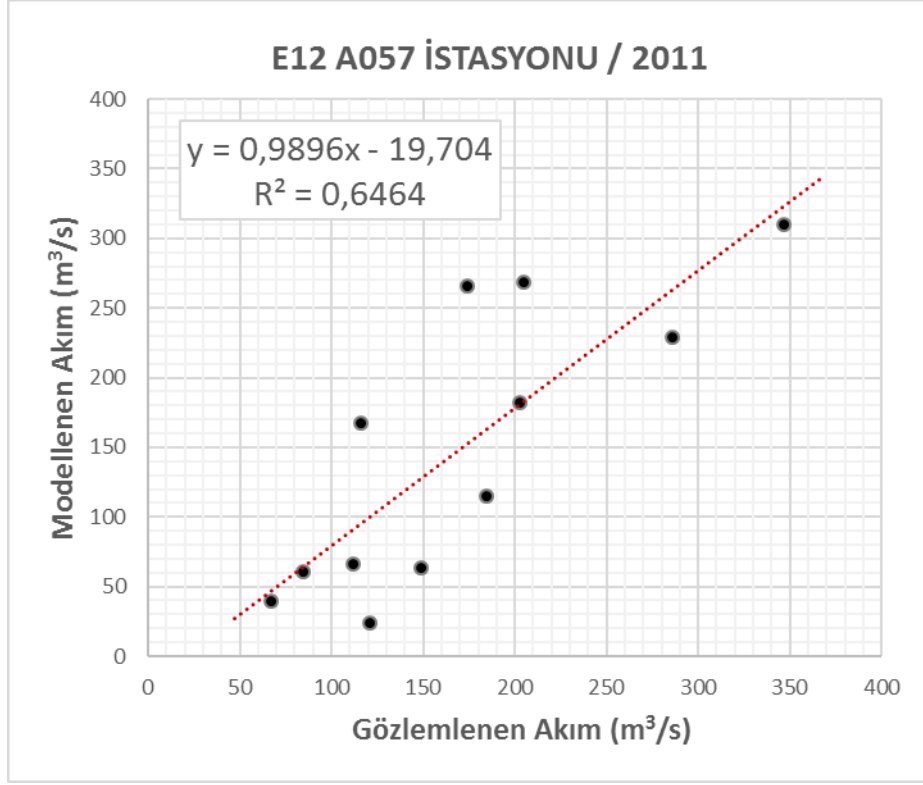
Şekil I.6 : 2008 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



Şekil I.7 : 2009 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



Şekil I.8 : 2010 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.



Şekil I.8 : 2011 hydr. yılı için ölçülen ve modellenen akımın korelasyonu.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Salim Yaykiran
Doğum Yeri ve Tarihi : 08.08.1990, Balıkesir
E-Posta : yaykirans@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans** : 2013, Yıldız Teknik Üniversitesi,
İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM ve PROJELER

- Kurum** : İO Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti,
İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi
Yılları : 2014 – 2016
- Kurum** : SUEN - Türkiye Su Enstitüsü,
*Fırat Dicle Havzası için Hidrolojik Model Kurulumu
ve Sektörel İhtiyaç Analizi Projesi*
Yılları : 2014 – 2015
- Kurum** : TEKNO YAPI İnşaat,
*Fırat Dicle Havzası'nda Yüksek Çözünürlüklü
Hidrometeorolojik, Hidrolojik ve Su Kalitesi
Modellemesi ve Hidroekonomik Analiz Projesi*
Yılları : 2015 – 2017

