İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE'DE ÇEVRESEL RİSK DAĞILIMINA ETKİSİNİN KONUMSAL MODELLER YARDIMIYLA TAHMİNİ

Süha BERBEROĞLU[1], Ahmet ÇİLEK[1], Cenk DÖNMEZ[1], M.Akif ERDOĞAN[1], Merve ERSOY[1], Anıl AKIN[2], Onur ŞATIR[3]

[1]Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü 01330 Adana, suha@cu.edu.tr
[2]Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, anil.akin@hotmail.com
[3] Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü 65080 Van, osatir@yyu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı konumsal bilgi teknolojilerini yer verileri ile birlikte kullanarak, iklim değişimi sonucunda oluşabilecek ekosistem değişimi ve ekosistem işlevleri arasındaki işleyiş mekanizmalarını anlamak ve bunun sonucunda oluşabilecek bazı çevresel risklerin (Erozyon ve Net Birincil Üretim) konumsal dağılımını modelleyerek ülkesel ölçekte değerlendirmektir.

Bu kapsamda erozyon ve net birincil üretim miktarlarındaki oluşabilecek zamansal ve konumsal dağılım değişikliklerinin tahmini Türkiye ölçeğinde Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) erozyon modeli ve bir karasal ekosistem modeli olan ve biyocoğrafya, vejetasyon dinamikleri, orman gelişimini simüle etmek için geliştirilmiş biyo-jeokimyasal/vejetasyon modeli CASA-NASA ile modellenmiştir. Çalışmada kullanılan model girdileri toprak, jeoloji, topografya, iklim gibi temel verilerden üretilmiş 128 farklı veri setini içermektedir. Ayrıca uzaktan algılanmış veriler (MODIS ve yüksek konumsal çözünürlü veriler) yardımıyla üretilmiş, arazi örtüsü, NDVI ve ağaç kapalılık yüzdesi haritaları da bu kapsamdadır. Çalışmanın konumsal çözünürlüğü 250 m'dir. Geleceğe yönelik iklim değişikliği senaryosu olarak IPCC'nin beşinci raporunda tanımlanan RCP (Representative Concentration Pathways) (RCP4.5) temel alınmıştır.

Belirtilen çevresel değişkenler konumsal bilgi teknolojileri yardımıyla güncel ve geleceğe yönelik modellenmiştir. Ülke genelinde sonuçlar karşılaştırıldığında Net Birincil Üretimde 0.048 Pg karbon artışı, erozyonun ise 285,5 milyon tondan 323,5 milyon tona artacağı tahmin edilmiştir. Sonuçlar Türkiye genelinde mevsimsel ve konumsal olarak havzalar bazında ayrıntılı değerlendirilerek ülkemizdeki riskli bölgeleri oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Erozyon, İklim değişikliği, Konumsal modelleme, Net Birincil Üretim

ABSTRACT

ESTIMATING THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON SPATIAL DISTRIBUTION OF ENVIRONMENTAL RISKS IN TURKEY USING SPATIAL MODELS

The aim of this research was to understand likely consequences of climate change on ecosystem changes and mechanisms of ecosystem functions and to model spatial distribution of major environmental risks (Erosion and Net Primary Productivity) using spatial information technologies together with ground data in country scale.

In this context, estimation of spatial and temporal changes of erosion and Net Primary Productivity (NPP) in the scale of Turkey were modelled using Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) erosion model and NASA-CASA approach which is a terrestrial ecosystem model, designed to simulate biogeography, vegetation dynamics, forest succession and biogeochemical cycles. The modelling inputs used in this research included 128 different data sets derived from baseline data such as, soil, geology, topography and climate. Additionally, land cover, NDVI and percent tree cover maps derived from remotely sensed data (MODIS and high spatial resolution images). Spatial resolution of the study was 250 m. The future climate projections were based on a RCP (Representative Concentration Pathways) (RCP4.5) scenario that was defined in 5th Assessment Report of IPCC.

These environmental variables were modelled using spatial information technologies for present and future. In country scale, it was estimated that Net Primary Productivity will increase by 0.048 Pg carbon and erosion will increase from 285,5 million to 323,5 million tons. The risk areas in Turkey were mapped and assessed considering on the basis of watersheds temporally and spatially.

Keywords: Climate change, Erosion, Net Primary Productivity Spatial modelling

1. GİRİŞ

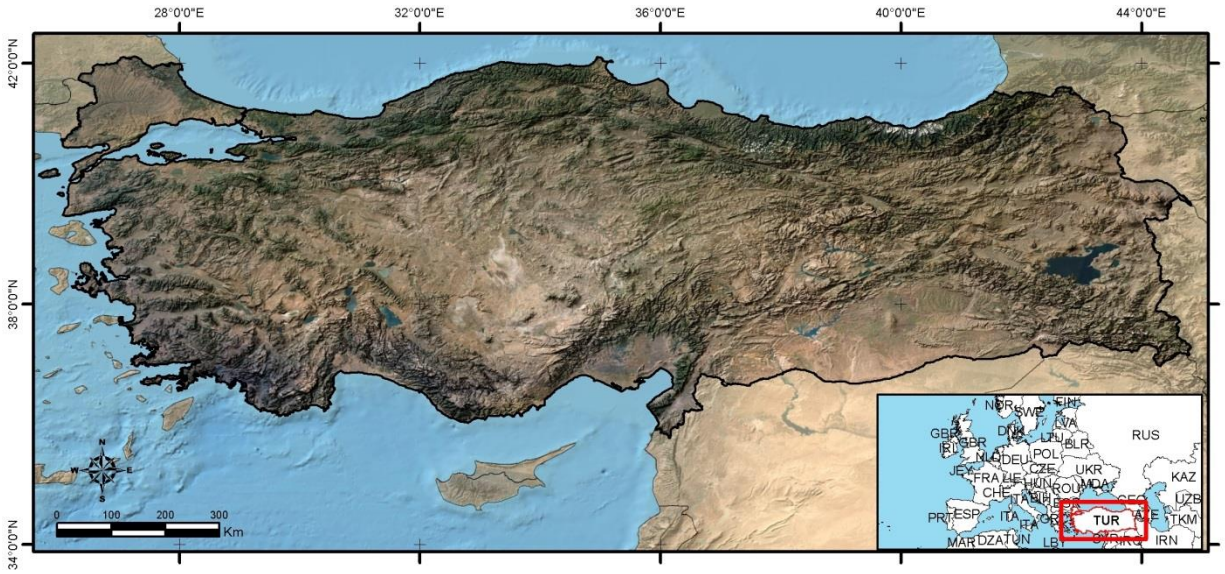
Karasal net birincil üretim (NBÜ) küresel karbon döngüsünün önemli bir bileşenidir. NBÜ doğru tahmini ile sıcaklık ve yağıştaki bölgesel değişimlere hassasiyeti iklim değişikliğinden kaynaklanan toplam karbon miktarını anlamada büyük öneme sahiptir. NBÜ'de zamansal değişimlerin tahmin edilmesi, karasal karbon döngüsünü anlamayı ve gelecekteki potansiyel iklim değişimlerinin etkisini azaltmak için önemli katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, bölgesel planlamalarda çeşitli iklim senaryolarının NBÜ'nün mekânsal ve zamansal değişimine etkilerini öngörmek için bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür tahminler sadece bölgesel karbon stoklarını ölçmek değil aynı zamanda

heterojen ekosistemlerdeki özellikle sera gazı emisyonlarını hafifletecek doğal ekosistemleri belirlemek için gereklidir (Wang ve ark., 2011). İnsan kaynaklı etkilerden dolayı sera gazı emisyonu artışı ile ilgili olarak İklim Değişikliği Hükümetler Arası Paneli (IPCC) 5. değerlendirme raporunda farklı iklim senaryoları geliştirilmiştir. Bu senaryolara "temsili konsantrasyon yolu" (RCPs) denmektedir. Çünkü mevcut literatürde yayınlanmış olan konsantrasyon senaryolarının "temsilcisi" olarak geliştirilmişlerdir. Sera gazlarının konsantrasyonlarına odaklanan RCP'ler doğrudan iklim değişikliğine odaklanırlar ve 2100 yılına ulaşmak için zamanla belirli bir ışınımsal sera gazı konsantrasyonlarının gidişatına göre bir yol içermektedir (Australian Government, 2014).

İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin Türkiye gibi zengin bitki örtüsü, biyoçeşitlilik ve farklı topografya içindeki ekosistem verimliliğini kolayca etkileyebilecek alanlar için önemlidir. Bu çalışmanın amacı i) CASA (Carnegie Ames Stanford Approach) modelini kullanarak güncel ve gelecek NBÜ tahmini ii) PESERA (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) modeli kullanılarak erozyon tahmini ve iii) erozyon ve NBÜ miktarlarındaki oluşabilecek zamansal ve konumsal dağılım değişikliklerinin yaratacağı risklerin ortaya konmasıdır. İklim değişikliği çerçevesinde gelecek NBÜ değişimlerini tahmin etmek için CASA modelinde 2100 yılında CO_2 konsantrasyonunun 538 ppm'e ulaşan RCP 4.5 senaryosu seçilmiştir. Bu çalışma, bölgesel bazda iklim değişikliği ile NBÜ ve erozyon arasındaki nicel ilişkinin anlaşılması için önemlidir.

1.1 Çalışma Alanı

Türkiye, baş meridyene (Greenwich) göre 26°-45° doğu meridyenleri, ekvatora göre ise 36°-42° kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Türkiye'nin izdüşüm alanı (harita üzerinde yapılan hesaplama) 779.452 km², gerçek alanı ise 814.578 km².dir. Türkiye ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alır. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına yol açmıştır. Yurdumuzun kıyı bölgelerinde denizlerin etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülür (Atalay, 1997). Türkiye'nin büyük bir bölümü 0 ile 250 m arasında yükseklige sahip ovalar Türkiye'nin yalnızca %10'luk bölümünü oluştururken, denizden yüksekliği 800 m olan araziler ülkenin 2/3'ünün kaplamakta ve 1000 m'den yüksek alanlar ise ülkenin yarısını oluşturmaktadır (İzbırak, 1975; Dinç ve ark. 1997). Türkiye ana çizgileri ile iklim özelliklerine bağlı olmak üzere çevresine nazaran çok değişik bir doğal bitki örtüsüne sahiptir. Toprak ve rölyef şartları yanında insan faktörünün de etkisiyle ülkemizdeki doğal bitki örtüsü farklı coğrafi bölgelerimizde farklı özelliklere sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanının genel konumu

1.2 Veri Setleri

CASA modeli ile NBÜ tahmininde vejetasyon tarafından emilen net karbonun belirlenmesi ile model içerisinde (Carnegie-Ames-Stanford-Approach) ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanmıştır. CASA modeli, NBÜ tahmin için NDVI, iklim verileri (sıcaklık, yağış, solar radyasyon), ağaç kapalılık yüzdesi, toprak ve arazi örtüsü haritalarından oluşan geniş bir veri seti kullanmaktadır.

Fiziksel temelli model olan PESERA erozyon modelinde ise erozyonu tahmin etmek için çok sayıda veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri setlerini oluşturmak için kullanılan veriler, 1:25.000 ölçekli Türkiye toprak haritası, 1975-2012 yılları arasındaki büyük klima ve küçük klima istasyonlarına ait aylık maksimum sıcaklık, aylık minimum sıcaklık, aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama günlük toplam güneşlenme şiddeti, aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi, aylık ortalama rüzgar hızı, aylık ortalama nem miktarı, aylık toplam yağış, günlük ortalama

sıcaklık, günlük toplam yağış miktarı verileri, Sayısal Yükseklik Modeli, ürün takvimi ve dikim zamanları veri setleri, aylık NDVI görüntüleri ve CORINE sistemine göre arazi örtüsü haritası verilerini içermektedir.

1.3 Metod

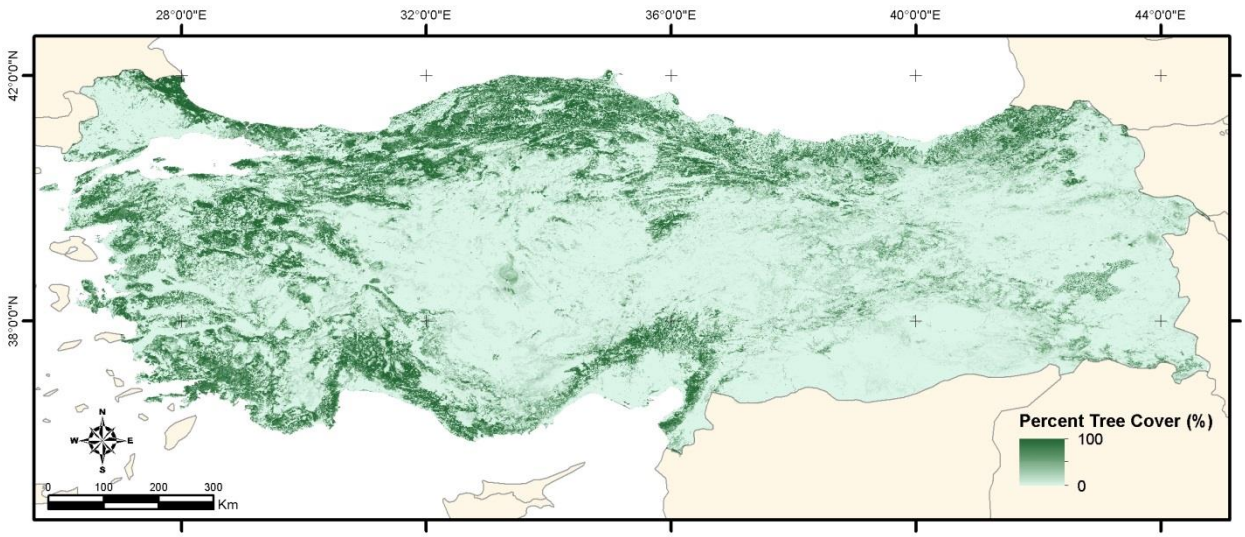
1.3.1 NASA-CASA Modeli

CASA modeli, ekosistemdeki azot ve karbon dönüşümlerini üretir. Besin alt tabaka varlığı, toprak nemi, sıcaklık, tekstür ve mikrobiyal aktiviteler gibi gaz akış kontrollerinin birbirleri ile ilişkilerini kapsar. Model, karbon tespiti, besin dağılımı, döküntü, toprak-azot mineralizasyonu, CO_2 değişimi, ek olarak N_2O ve NO üretimi, CH_4 tüketimini günlük ve mevsimsel olarak simüle etmek için tasarlanmıştır (Potter ve ark., 2001). CASA Modeli, ışık kullanım etkinliği, PAR (fotosentetik yönden aktif radyasyon-her ay için her metrekareye düşen megajoule cinsinden miktarı) ve NDVI (Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi) kullanarak *f*PAR verisini hesaplayarak, aylara göre NBÜ değerlerini tahmin etmektedir (Eşitlik 1).

$$\text{NBÜ}=f(\text{NDVI})\ \text{PAR}\ \varepsilon\ \text{T}\ \text{W} \quad (1)$$

Formülde, ε = ışık kullanım etkinliği, T = sıcaklığı ve W = yağışı temsil etmektedirler (Berberoğlu ve ark., 2007). Modelin kalibrasyonu ve aşamalarında atmosferik CO_2'in yükselmesi ile birlikte ε değerinde oluşabilen yükselme, NBÜ değerinin yükselmesinde etkiye sahiptir. Sıcaklık ve yağış verileri ile de T ve W değerleri hesaplanmıştır.
Modelde aylık NBÜ döngüsü, vejetasyon tarafından emilen net karbonun belirlenmesi ile bir çok modelde ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanmıştır. Bu model kullanılarak bölgesel ve küresel ölçekte, karasal NBÜ'deki değişimler, farklı iklim değerleri ile geleceğe dönük olarak tahmin edilebilir. Modelin oluşturulabilmesi için, ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin arazi örtüsü ve toprak tekstür haritaları ve NDVI değerleri, girdi verileri olarak kullanılmıştır (Berberoğlu ve ark., 2007).

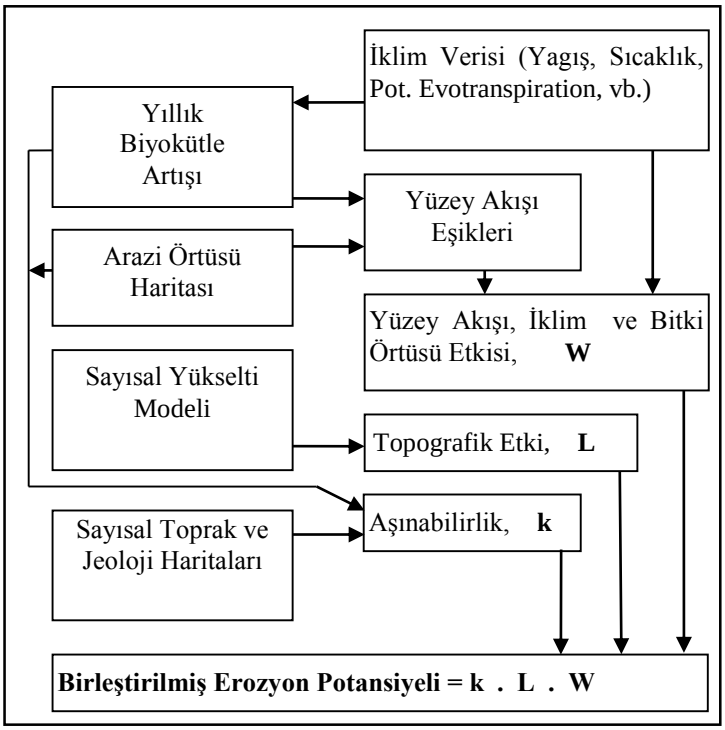
İklim Verileri: NBÜ mekanizması solar radyasyon ile yağış, sıcaklık ve ışık şiddeti değişkenlerine bağımlıdır (Lieth ve Whittaker, 1975). Bu nedenle NBÜ modelleme sürecinin en önemli değişkenlerini iklim verileri oluşturmaktadır. Model içinde kullanılan iklim verileri, Türkiye sınırları içerisinde bulunan iklim istasyonlarından 2000-2010 tarihleri arasında ölçülmüş aylık sıcaklık, yağış ve solar radyasyon değerlerini içermektedir. Model içerisinde kullanılmak üzere, istasyonlara ait güncel ve geleceğe ait iklim değerleri interpole edilerek aylık olarak haritalanmış ve CASA modeli sürecinde kullanılmıştır.
Geleceğe yönelik NBÜ modellemesinde, Hadley Merkezi tarafından IPCC'nin 4 farklı karbon emisyon senaryosuna göre hazırlanan iklim verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda karbon konsatrasyonlarının farklı düzeylere ulaştığı varsayılan, RCP 4.5 (538 ppm), senaryosu baz alınmıştır. Gelecek iklim verileri, Hadley Merkezi'nden grid formatında elde edilmiştir. Verilerin ön işlemleri gerçekleştirilmiş ve model girdi formatına ölçek inceltmeyle CBS ortamında dönüştürülmüştür.
Arazi Örtüsü: MODIS arazi örtüsü ürünleri CORINE sınıflaması ile bitki örtüsü tiplerini belirlemek için kullanılmıştır. İlk olarak 250 m yersel çözünürlüğe sahip 82 adet arazi örtüsü sınıfından oluşmaktadır. Bu arazi örtüsü CASA modeli için 7 ana sınıfa indirilmiştir.
Toprak Tekstürü Haritası: NBÜ modelleme sürecinde kullanılan bir diğer girdi verisi toprak haritasıdır ve model, tekstür sınıflarından oluşan bir toprak verisine ihtiyaç duymaktadır. Model için tekstür verisi, proje kapsamında vektör formatında mevcut 250.000 ölçekli toprak haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında değerlendirilmesiyle üretilmiştir. Toprak haritalarında yer alan toprak grupları düzenlenmiş ve FAO sınıfları kullanılarak Türkiye için tekstür haritası elde edilmiştir.
NDVI: Aylık NDVI verileri MODIS/Terra uydusundan üretilmiş 16 günlük ve 250 m çözünürlüğe sahip görüntüler kullanılmıştır. Mart 2003 ile Eylül 2005 yılları arasında kaydedilmiş 47 adet Envisat MERIS verisinden elde edilmiştir. NDVI değerleri CASA modeli içinde kullanılmak üzere 0 ile 1 arasında, hesaplanmış ve aylık kompozitler halinde üretilmiştir. Kırmızı (620-670 nm), yakın kızılötesi (841-876 nm) ve mavi (459-479nm) bantlardan oluşan görüntüler bitki örtüsünü belirginleştirmek ve karasal fotosentetik aktivitelerdeki yersel ve zamansal değişimlerin hassas karşılaştırmasına izin vermektedir (NASA, 2013).
Ağaç Kapalılık Yüzdesi: NBÜ haritasının CASA modeli ile eldesinde en önemli girdi verisi Ağaç Kapalılık Yüzdesi haritasıdır. Bölgesel ölçekten küresel ölçeğe kadar yapılabilen alan örtülülüğü ve verimlilik çalışmaları ekolojik ve çevresel süreçlerin modellenmesi, gözlemlenmesi ve gelecekteki durumları hakkında tahmin yürütülebilmesi açısından önemlidir. Bu bölümde ağaç kapalılık yüzdesinin belirlenmesinde 5 aşama bulunmaktadır. Bunlar i) yüksek çözünürlüklü görüntülerden referans ağaç kapalılık verisi üretilmesi ii) MODIS verisinden metrikler üretilmesi, iii) baskın değişkenlerin belirlenmesi iv) regresyon ağacı modeli oluşturulması v) doğruluk değerlendirmesi ve sonuç haritasını üretmektir (Şekil 2). Ağaç kapalılık yüzdesini haritasının doğruluğu korelasyon katsayısı ile tanımlanmaktadır ve bu model için 0.83 olarak bulunmuştur.



Şekil 2. Ağaç Kapalılık yüzdesi haritası

1.3.2 PESERA Erozyon Modeli

PESERA Modeli; iklim, vejetasyon, topografya ve toprak verilerini yüzey akışı ve toprak erozyonu hesaplayabilmek için tek bir yapıda entegre ederek birleştirmektedir (Şekil 3). Model dahilindeki faktörlerin her biri için gerek duyulan veriler ilgili kaynaklardan elde edilerek fiziksel temelli bir modelde birleştirilerek toprak erozyonu için gerçekçi hesaplamalarda bulunulabilmektedir. PESERA, toprak ve bitki örtüsü özelliklerine bağlı bir akış eşik değeri ile toprak akışı oluşumu ile yağmurun süzülme durumunu dikkate alan fiziksel temelli bir erozyon modelidir. Sediment taşınımı her bir yağış dönemindeki toplam akıştan tahmin edilebilir ve şiddetli toprak erozyon kaybı durumunda katman aşınımı sürecini gösterir. Bu model iklim, bitki örtüsü, topografya ve toprak faktörlerine bağlı olarak elde edilen dört bileşeni dikkate alarak erozyonu tahmin eder. Bu bileşenlerin her biri için mevcut veriler bölgesel tahminleri yapmak için kullanılır. İklim özellikleri ve arazi kullanımı modelde en önemli rolü oynadığı için PESERA değişen koşullara duyarlılığı değerlendirmek için de kullanılabilir (Kirkby, 2003; Çilek, 2013).



Şekil 3. PESERA Modeli akış diyagramı

Günlük yüzey akışı, toprak ve vejetasyon faktörlerine bağlı olarak belirlenen yüzey akış eşiğini aşan aşırı yağışlar yardımıyla hesaplanır. Çıplak toprak için akış eşiği aşağıdaki durumları göz önüne alır.

- Toprak işlemesi sonucu bir başlangıç değeri alan ve zamanla hızlanarak sıfıra yaklaşan yüzey pürüzlülüğü,

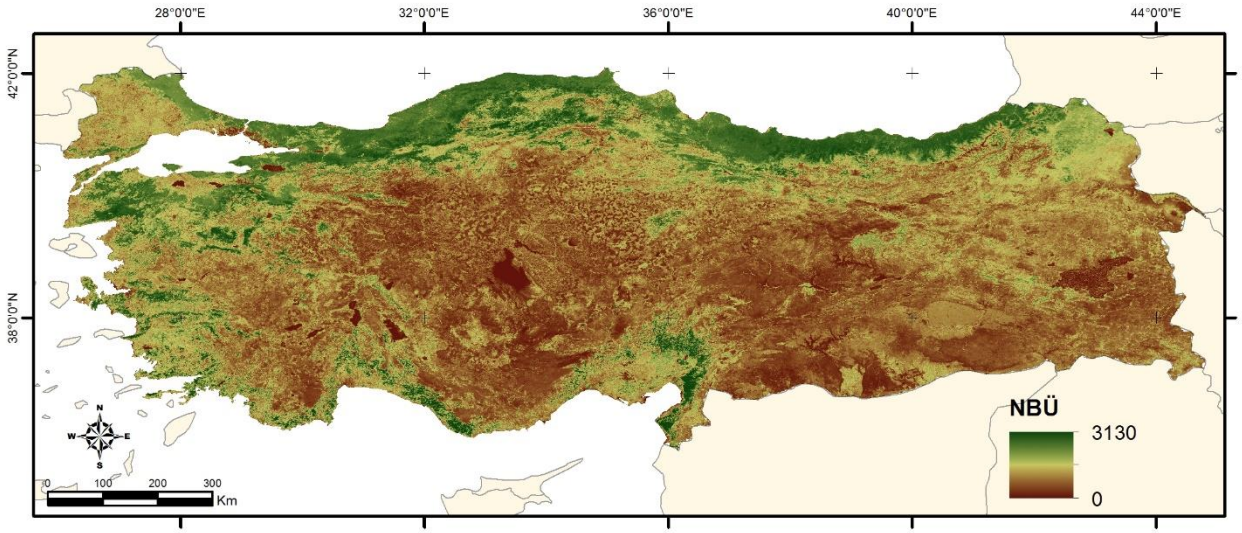
- Direk ölçümler ya da toprak tipine bağlı olarak pedo-transfer (Campbell, 1985) kurallar kullanarak belirlenen, arazi kapasitesi ve doygunluk arasında yer alan mevcut nemi veren toprak nem tutma kapasitesi,
- Yüzey kabuklanması; toprağın işlenmesinden sonra toprak nem tutma kapasitesi ve toprak özellikleri göz önüne alınarak (bir önceki maddedeki gibi) tespit edilir. Takip eden yağışla birlikte bu değer giderek artan bir hızla aşırı düşük değerlere gelerek kabuklanmaya neden olur ve bu yine pedo-transfer kuralları kullanılarak toprak tipinden elde edilebilir (Pieri 1989; Valentin ve Bresson, 1998).

Bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda ise yüzey akış eşiği yüzey pürüzlülüğü ve toprak depolama değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yüzden toprağın işlenmesinden sonra depolama her yerde yüksektir fakat depolama tarımsal ürünlerin bitmesinde önce yağış olursa hızlıca düşmektedir. Çıplak alanlarda ise depolama aylar boyunca en düşük değerlere ulaşarak bir daha yükselememektedir (Licciardello ve ark., 2009). Yüzey akış eşiği, arazi örtüsünün yüzey akışı ve erozyon üzerine etkilerini tahmin etmede modelde esas olan mekanizmayı sağlamaktadır (Tsara ve ark., 2005).

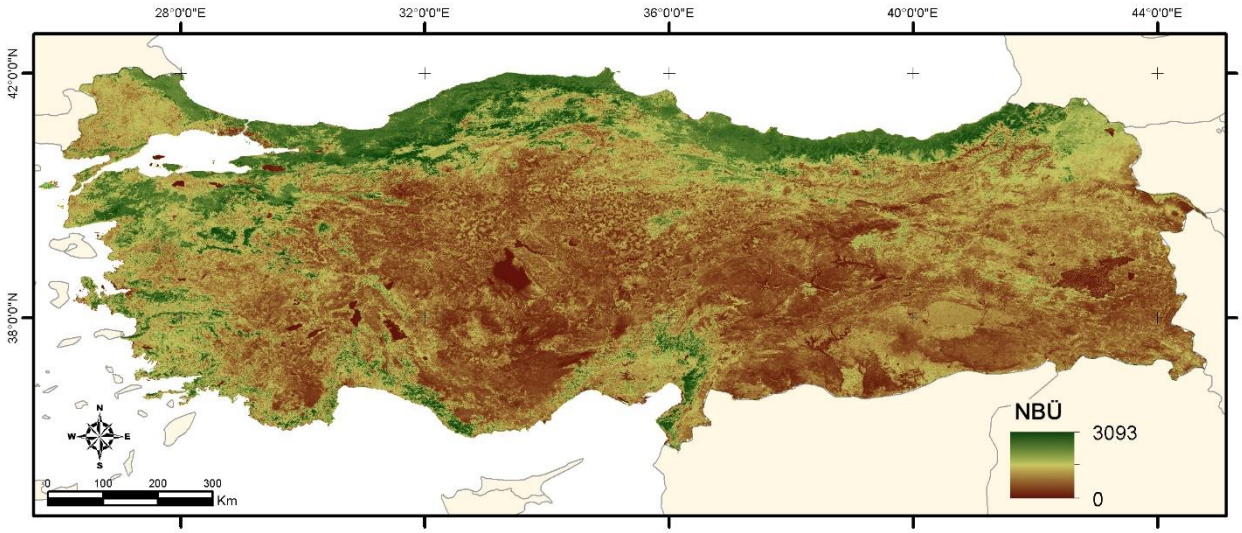
2. SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı bir biyokimyasal modelleme yaklaşımı ile fiziksel temelli erozyon modelini kullanarak Türkiye'de bölgesel iklim değişikliklerine NBÜ ve erozyonun tepkisini tahmin etmektir. NBÜ ve erozyonun güncel ve gelecek projeksiyonları iklim değişikliği etkisini ortaya koymak için Türkiye için üretilmiştir. Her bir arazi örtüsü ve tüm alan için toplam NBÜ karbon miktarı ve değişimler belirlenmiştir.

NBÜ modelleme sonuçları 2000-2010 yılları arasında ormanlardaki NBÜ'nün yersel ve zamansal olarak değişiklik gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Güncel yıllık toplam NBÜ değerleri 0-3130 gC m^{-2} y^{-1} arasında, RCP 4.5 senaryosuna göre 2070 yılında bu değerin 0-3090 gC m^{-2} y^{-1} arasında değişeceği hesaplanmıştır (Şekil 4, Şekil 5).



Şekil 4. Güncel NBÜ Haritası



Şekil 5. Gelecek RCP 4.5 Senaryosuna göre NBÜ Haritası

Geniş/İğne Yapraklı Karışık ormanlarda çalışma alanında büyük alan kaplamaktadır ve verimlilikleri karbon akılarının ile ekosistem performansları için önemli bir göstergedir. Geniş/İğne Yapraklı Karışık ormanlar için güncel

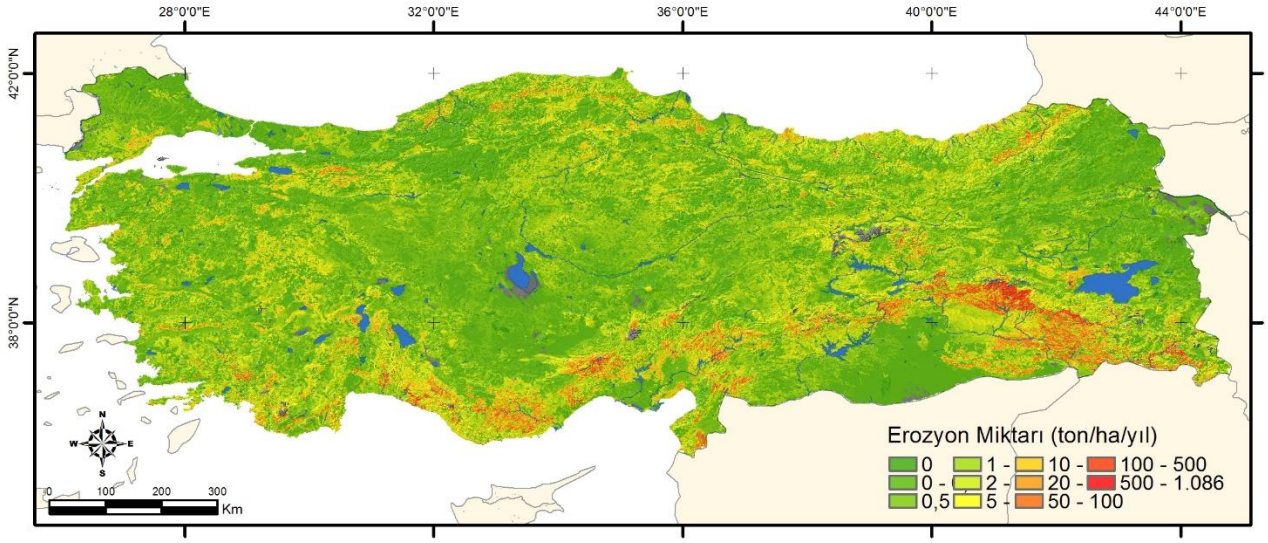
NBÜ 1839,71 gCm^2y^{-1} hesaplanırken, RCP 4.5 senaryosu için toplam yıllık NBÜ 1965,70 gCm^2y^{-1} olarak hesaplanmıştır. Tarımsal üretim Türkiye'nin ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır ve CASA modeli sonucuna göre artış yaklaşık olarak 90 gCm^2y^{-1} olacağı öngörülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Arazi örtüsü sınıfları toplam NBÜ değerleri

Arazi Sınıfı	**GÜNCEL**	**RCP 4.5**
Geniş Yapraklı Orman	1839.71	1965.70
Geniş/İğne Yapraklı Karışık Orman	1311.06	1407.68
İğne Yapraklı Orman	1665.93	1832.89
Mera	875.59	950.00
Çalı/Yer örtücü	1260.99	1364.75
Açık alan	665.35	709.27
Tarım	1008.15	1097.09

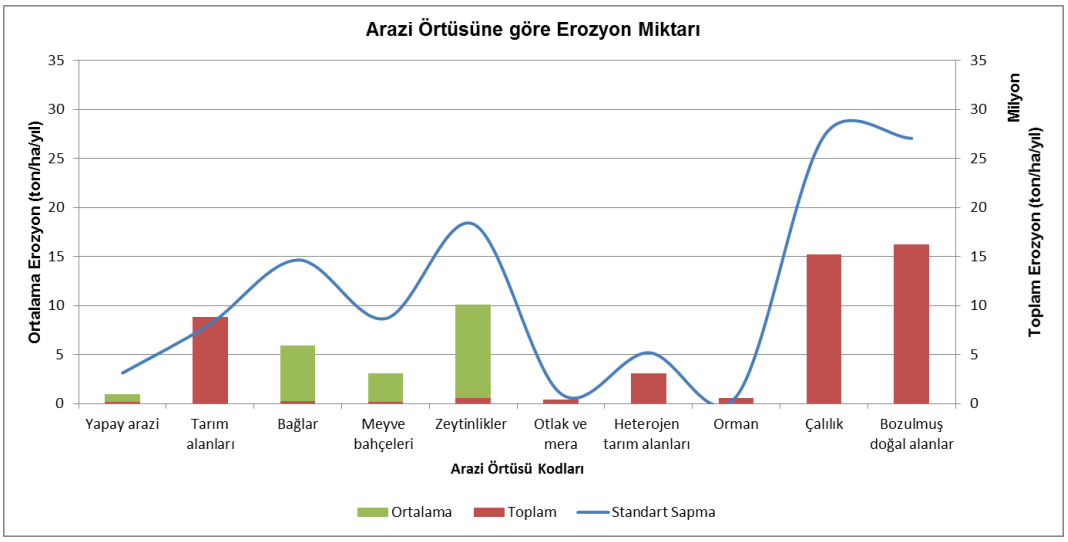
PESERA Erozyon modeli aylık ve yıllık toprak kaybı, aylık yüzey akışı ve toprak su eksikliğinin sonuçlarını üretmektedir. Bu sonuçlardan aylık ve yıllık toprak kayıpları havza boyutunda ve farklı arazi örtüsü bakımından sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmada 250 m yersel çözünürlüğe sahip her bir piksel değerine ait erozyon miktarı hektar başına ton cinsinden (ton/ha/yıl) tahmin edilmiştir (Şekil 6).

Çalışmada yıllık erozyon miktarı 0 ile 1087 ton/yıl arasında hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre ortalama erozyon miktarı 3,88 ton/ha/yıl, standart sapma 15,08 olarak tespit edilmiştir. Toplam erozyon miktarı ise 45669122 ton/yıl olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 6. PESERA Modeli toprak erozyon kaybı haritası

PESERA Arazi Örtüsü gruplarına göre model sonuçları değerlendirildiğinde erozyon risk grubu en yüksek çalılık arazi örtüsü ve bozulmuş doğal alanlarda olduğu, en düşük ise ormanlar ve çayır ve meralarda olduğu gözlenmiştir (Şekil 7). Açık alanlarda ve su yüzeyleri ve sulak alanlarda ise herhangi bir erozyon miktarı hesaplanmamıştır.



Şekil 7. Arazi örtülerine göre erozyon miktarı istatistikleri

RCP 4.5 iklim senaryosuna göre ülke genelinde yıllık erozyon miktarı 0 ile 994 ton/yıl arasında hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre ortalama erozyon miktarı 4.41 ton/ha/yıl, standart sapma 17,41 olarak tespit edilmiştir. Toplam erozyon miktarı ise 51754284 ton/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Güncel ve gelecek NBÜ farkı RCP 4.5 senaryosu için 250 m yersel çözünürlükte oluşturulmuş olup, Türkiye'deki NBÜ arttığı veya azaldığı alanlar konumsal olarak dağılımı haritalanmıştır. RCP 4.5 senaryosuna göre 2070 yılındaki NBÜ artışı +657 gC m^{-2} y^{-1}, azalışı ise -510 gC m^{-2} y^{-1} olarak tahmin edilmiştir. Artışın en fazla Türkiye'nin kuzeybatısında geniş yapraklı ormanların bulunduğu alanlarda olacağı görülmektedir. Azalışın ise en fazla Doğu Akdeniz bölgesi ve İç Anadolu bölgesinin yüksek kesimlerde olacağı görülmektedir.

Güncel ve gelecek erozyon farkı RCP 4.5 senaryosuna göre 2070 yılındaki artış +450 ton/ha/yıl, azalışı ise -950 ton/ha/yıl olacağı tahmin edilmiştir. Erozyon miktarında artışın en fazla Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olacağı azalışın ise en fazla Karadeniz Bölgesi'nde olacağı görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-BMBF (Almanya) Intensified Cooperation (IntenC) programı kapsamında desteklenmiştir (proje no: 110Y338).

KAYNAKLAR

Atalay, İ., 1997, Türkiye Coğrafyası, *Ege Üniversitesi yayınları.*

Australian Government, Department of the Environment, 2014, *Representative Concentration Pathways (RCPs) Fact Sheet.*

Berberoğlu, S., Dönmez, C., Özkan, C., 2007. EnviSAT MERIS Veri Seti Kullanarak Seyhan Üst Havzası Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması. *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007*. İTÜ-İstanbul.

Campbell, G.S., 1985. Soil physics with Basic. Elsevier Amsterdam.

Çilek, A., 2013. Konumsal Bilgi Sistemleri Yardımıyla Türkiye'nin Erozyon Modellemesi, *Yüksek Lisans tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana

Dinç, U., Şenol, S., Kapur, S., Cangir, C. Atalay, İ. 1997. Soils of Turk Çukurova, *Faculty of Agriculture* Pub. No. 51 Adana. 233 s.

İzbırak, R., 1975. *Geography of Turkey*. Directorate General of Press and Information. Ankara,Turkey. 286.

Kirkby, M.J., 2003. Modelling erosion – the PESERA project. *The first SCAPE (Soil Conservation and Protection for Europe) workshop in Alicante (ES),* 14-16 June 2003, Amsterdam The Netherlands.

Licciardello, F., Govers, G., Cerdan, O., Kirkby, M.J., Vacca, A., Kwaad, F.J.P.M., 2009. Evaluation of the PESERA model in two contrasting environments. *Earth Surf. Process. Landforms* 34, 629–640.

Lieth, H., Whittaker, R. H., (Eds), 1975. Primary Productivity Biosphere. *Springer*, New York.

NASA, 2013. Land Processes Distributed Archive Center Web Site, https://lpdaac.usgs.gov

Pieri, C., 1989. Fertilite des Terres de Savane. *Bilan de Trente Ans de Recherche et de Developpment Agricoles au Sud du Sahara*. Ministerede la Cooperation/Cirad Paris p 444.

Potter, C.S., Davidson, E., Nepstad, D., Carvalho, C.R., 2001. Ecosystem Modeling and dynamic Effects of Deforestation on Trace Gas Fluxes in Amazon Tropical Forests. *Forest Ecology and Management*, Vol.152, pp.97-117.

Tsara, M., Kosmas, C., Kirkby, M.J., Kosma, D., Yassoglou, N., 2005. An evaluation of the PESERA soil erosion model and its application to a case study in Zakynthos, Greece. *Soil Use and Management*, 21 s. 377-385.

Valentin, C., Bresson, LM., 1998. *Soil crusting. In: Methods for assessment of soil degradation*, eds R Lal WH Blum C Valentine & BA Stewart, CRC Press Boca Raton FL.

Wang L, Gong, W, Ma Y, Zhang M., 2013. Modeling Regional Vegetation NPP Variations and Their Relationships with Climatic Parameters in Wuhan, China, *Earth Interactions*, Volume 17, Paper No. 4, Page 20.