

Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi
Cilt: 8, No: 1, 2016 (65-74)

Electronic Journal of Map Technologies
Vol: 8, No: 1, 2016 (65-74)

Geliş Tarihi:24.03.2016; Kabul Tarihi: 25.04.2016

**HARİTA TEKNOLOJİLERİ
ELEKTRONİK DERGİSİ**

www.haritateknolojileri.com

e-ISSN: 1309-3983

doi: 10.15659/hartek.16.04.308

**Makale
(Article)**

İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Edilmesi

Abdurrahman GEYMEN¹, Abdülkerim Yusuf DİRİCAN²

¹Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, 38039 Kayseri/TÜRKİYE

²Devlet Su İşleri 19. Bölge Müdürlüğü, 58030 Sivas/TÜRKİYE

ageymen@erciyes.edu.tr

Öz

Dünya gündeminde geniş yer tutan küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları bilimsel araştırmalarda da yoğun ilgiyle takip edilmektedir. İklim değişikliğine neden olan birçok değişken bulunmakla birlikte, bu değişkenlerin en önemlisi sera gazları olduğu kanısı bilimsel olarak kabul görmüştür. Küresel ısınmaya bağlı olarak gelecekte de okyanusların ısınmasıyla birlikte buzulların erimeye devam edeceği ve deniz seviyesinde yükselmelerin meydana gelebileceği düşünülmektedir. İklim değişikliğine bağlı gelecekte olası deniz seviyesi değişimleri neticesinde Türkiye kıyılarında riskli bölgeler meydana gelecektir. Bu çalışmada, meydana gelecek bu riskli bölgeler, Coğrafi Bilgi Sisteminde konumsal analizler kullanılarak deniz seviyesinden itibaren yıllara göre artırılması istenen su seviyesi değerleri girilerek elde edilmiştir. Bu amaçla Uluslararası İklim Değişikliği Paneli 5. değerlendirme raporunda belirtilen deniz seviyesi değişim senaryoları göz önüne alınmıştır. Küresel ısınma sonucu, Türkiye'nin kıyı illerinin gelecek 500 yıllık süreç içerisinde doğal felaketlere maruz kalabileceği ve deniz seviyesindeki bu değişimler neticesinde en çok etkilenen illerin Adana, Edirne, İzmir ve Samsun olacağı tespit edilmiştir. Geleceğe yönelik su seviyesindeki değişimlerin ana etkilerinin izlenmesi ve bu yolla riskli alanların tespit edilmesi şehir plancılarına ve yerel yöneticilere karar vermede yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, Küresel ısınma, İklim değişikliği, Sayısal yükseklik modeli.

Analysis Sea Level Change Due to Climate Change Using Geographical Information Systems

Abstract

Global warming and climate change, which draw significant attention in world's agenda, are also widely discussed in scientific studies and researches. Besides the fact that there are many factors causing climate change, it is scientifically accepted that the most important one of those factors is the human-induced greenhouse gas. It is believed that an increase will be observed in sea level in future due to the continuity of melting of icebergs because of the increase in temperature of oceans caused from global warming. The risky zones in shore line of Turkey in terms of any potential increase in sea level due to climate change will be occurred. Risky regions are identified by applying spatial analysis in Geographical Information System on DEM data according to desired yearly see level increments. In this study, the scenarios of increase in sea level, which have been presented in 5th Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), are considered. It is concluded that our coastal cities, which will be exposed to natural disasters at the highest level within next 500 years due to global warming, are Adana, Edirne, İzmir and Samsun. Monitoring the main effects of changes in sea level and determining the risky zones from the aspect of monitoring the future modeling will be beneficial for planners and local authorities.

Keywords: Geographical information systems, Global warming, Climate change, Digital elevation model

Bu makaleye atf yapmak için

Geymen, A., Dirican, A.Y. (2016). İklim Değişikliğine Bağlı Deniz Seviyesi Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analiz Edilmesi. Harita Teknolojileri Elek. Der., 8(1), 65-74. doi: 10.15659/hartek.16.04.308

1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve bunun neden olduğu iklim değişikliği günümüzün en önemli problemlerinden birisidir. Bu problemin temelinde insanın doğayı kendi amaçlarına uygun hale getirme isteğinin olmasıdır. İklim değişikliğine neden olan birçok değişken bulunmaktadır. Bu değişkenlerin en önemlisi insan kaynaklı sera gazları oluşturmaktadır [1]. Atmosferdeki sera gazı oranının giderek artması, ekoloji üzerinde bir takım dengelerin bozulmasına neden olmuştur. Küresel ısınmanın doğal sonucu olarak meydana gelen deniz yüzeyindeki su seviyesinin yükselmesi doğal felaketlerin yaşanmasında etkili olmuştur. Bu anlamda söz konusu bu doğal felaketlerin yaşanması iklim değişikliği ile yakından ilişkilidir [1].

Küresel ısınma günümüzde güncelliğini koruyan ve üzerinde yoğun bilimsel araştırmaların yapıldığı bir konu haline gelmiştir. Küresel ısınma, atmosferdeki sera gazlarının yoğunluğunun artması ve bunun doğal sonucu olarak moleküllerin güneş ışınlarını tutarak yeryüzü sıcaklığını yükseltmesi olarak tanımlanmaktadır [2]. Sera etkisi ise, yeryüzü sıcaklığını dengede tutan önemli bir mekanizma olarak tanımlanmaktadır. Fakat günümüzde birtakım yanlış uygulamalar neticesinde sanayileşme ve fosil yakıtlarının aşırı düzeyde kullanımı sera etkisi oranını artırmıştır. Bu yüzden küresel ısınma ve sera gazı etkisi iklim değişikliği ile birlikte ifade edilen kavramlar olmuştur. Atmosferdeki sera gazı etkisi olmamış olsaydı dünyanın ortalama sıcaklığı -18°C olacaktı. Bu durum dünya üzerinde yaşamın olmayacağını işaret etmektedir. Atmosferdeki bu olağanüstü denge uzun dalga boylu yansımanın bir kısmının soğrulmasına ve dünya ortalama sıcaklığının $+15^{\circ}\text{C}$ düzeyinde olmasına neden olmaktadır [2, 3].

19. yüzyılın ortalarında yüzey sıcaklıklarında başlayan artış günümüzde de etkisini sürdürmektedir. Ortalama hava sıcaklıkları geçen yüzyıla göre 0.4 ile 0.8°C artış göstermiştir. En iyi iklim modelleri senaryoları incelendiğinde, 1990–2100 dönemi için ortalama yüzey sıcaklıklarında 1.4°C ile 5.8°C arasında bir sıcaklık artışının olabileceği tahmin edilmektedir [4]. Küresel ısınma nedeniyle deniz suyu sıcaklıklarının artması buz kütlelerinin erimeye devam edeceğini buna bağlı olarak da deniz su seviyesi değişimlerinde artışlar olabileceğini göstermektedir. Denizlerde su seviyesinde meydana gelecek bu değişim kıyı ekosistemlerinde denizlere yakın alanlarda bataklık alanların oluşmasına, denizlerdeki yükselmenin yerleşim alanlarına doğru ilerlemesi durumunda ise doğal felaketlerin yaşanmasına neden olacaktır [4].

3 tarafı denizlerle çevrili ülkemiz iklim değişikliği bakımından riskli ülkeler grubunda bulunmaktadır. İklimi oluşturan etmenlerden sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişikliklere bağlı olarak ülkemizde de deniz seviyesinde yükselmeler meydana geleceği tahmin edilmektedir. Türkiye'nin engebeli bir topografyaya sahip bulunması ve kıyı bölgelerinin yoğunluğu sebebiyle iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler arasında gösterilmektedir [5]. Bu nedenle Türkiye'deki deniz seviyesindeki değişim etkisinin, kıyıların topografik özelliklerine bağlı olarak farklılık arz edeceğini gösterecek örnek analiz çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Senaryolara göre sıcaklıkların artışı ve su seviyelerindeki yükselme etrafı denizlerle çevrili olan ülkemizin kıyılarında sosyo-ekonomik birçok etkiyi de beraberinde getirecektir [6]. Bu etkinin büyüklüğü olası senaryolar aracılığı ile hesaplanabilirliği düşünüldüğünde ilk akla gelen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olacaktır [7].

Literatürde CBS teknolojileri kullanılarak deniz seviyesinin etkilerinin izlenmesine yönelik yerli ve yabancı çalışma bulunmaktadır. Simav ve Şeker [8] yapmış olduğu çalışmada "Coastal Vulnerability Index" analizini kullanarak ulusal çerçevede doğal felaketlerin önlenmesine yönelik kıyı bölgelerin risk haritalarını elde etmişlerdir. Karaca ve Nicholls [9] su seviyesi artışının kıyı bölgelerine ve iklime olan etkilerini incelemişlerdir. Ayrıca iklim değişikliği konusunu gündemde tutabilmek için stratejik önemi olan şehirlerden başlayarak Türkiye'nin değişik kıyılarında kapsamlı olarak çalışılmasını önermişlerdir. Sağlam, Düzgüneş ve Balık [10] ise küresel ısınma ve iklim değişikliğinin yeryüzü üzerindeki hangi parametreleri etkilediğini ve ne tür önlemler alınması gerektiği üzerinde konuyu ele almışlardır. Geçen bir asır boyunca yeryüzü üzerindeki değişen bu parametrelerin sıcaklığı $0.7-0.8^{\circ}\text{C}$ civarında arttırdığını tespit etmişlerdir. Sevim ve Zeydan [11], küresel ısınmanın etkilerini ülkemizde turizm faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı

Akdeniz ve Ege kıyı bölgeleri ölçeğinde incelemiştir. Küresel ısınmanın iklim değişikliğine neden olduğunu, turizm faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştiği kıyı bölgelerinde deniz seviyesindeki değişim sebebiyle turistik tesislerin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalacağını, dolayısıyla kıyı bölgeleri için risk haritalarının oluşturulması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Yönten [12], tarafından küresel ısınmanın azaltılması politikaları ve stratejilerinde Türkiye yaklaşımı incelenerek, küresel ısınmadan en çok zarar görebilecek ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin küresel ısınmanın azaltılmasına yönelik yapılan küresel işbirliğinin parçası olması gerekliliği vurgulanmıştır. Tabak [13], iklim değişikliği sebebiyle su seviyelerindeki olası yükseliş problemine karşı yapı mimarisinde getirilebilecek iyileştirmelere yönelik çözümleri araştırmıştır. Ertop [14], Saygılı [15], Karataş [16], Yastıklı ve Esirtgen [17], Sefercik [18], yapmış oldukları çalışmalarda iklim değişikliği sebebiyle yeryüzü üzerinde meydana gelecek bazı etkilerin yoğun biçimde görüldüğü yaşam alanlarına yönelik kısa, orta ve uzun vadede yapılacak bir takım disiplinler arası proje çalışmalarının etkili olabileceğini, projelerin getirmiş olacağı kazanımların özellikle metropol kentlerde önemli derecede su tasarrufu sağlayabileceği önerilerinde bulunmuşlardır.

Bu çalışmada, uluslararası kabul görmüş senaryolar doğrultusunda, Türkiye kıyılarının küresel ısınmaya bağlı deniz seviyesi değişimleri incelenmiştir. CBS'de konumsal analizler kullanılarak deniz seviyesi değişimi sebebiyle sular altında kalacak riskli bölgeler tespit edilmiştir. Böylelikle iklim değişikliğinin Türkiye kıyı bölgeleri üzerindeki potansiyel etkilerinin belirlenerek gerekli stratejilerin oluşturulup sürdürülebilirliğin sağlanması ve gerçekleştirilecek olan diğer çalışmalar için bir bilgi sistemi altlığının hazırlanması amaçlanmıştır.

2. ULUSLARARASI DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİM SENARYOLARI

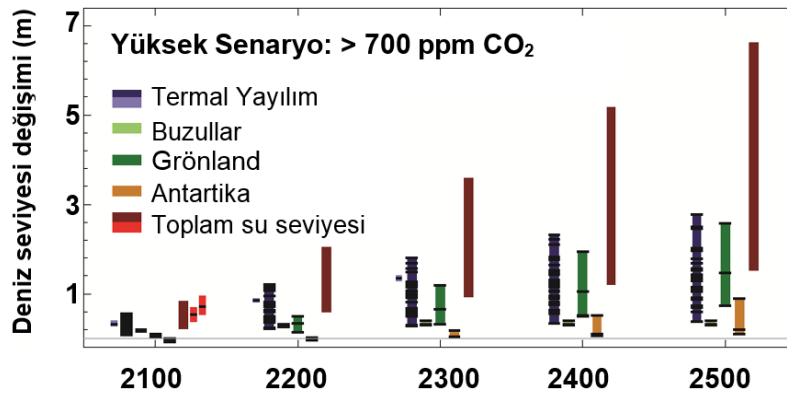
Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) öncülüğünde kurulmuştur. IPCC'nin temel amacı, iklim değişikliğini teknik ve bilimsel boyutta araştırmak, iklim değişikliğine neden olan etkileri belirlemek ve söz konusu etkilerin giderilmesi konularında öncülük yapmaktır. IPCC aynı zamanda iklim değişikliği ile ilgili mevcut arazi kullanım ve meteorolojik verilerin belirli periyot aralıklarında değerlendirilmesi amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin talebi ile, ihtiyaç duyulan benzer konuların görüşülmesinden de sorumludur [19]. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin gelecek yüzyıllardaki etkilerini tahmin edebilmek için iklim değişikliği senaryolarından yararlanır [20]. Küresel ısınma ve iklim değişikliği analizlerinin içinde en çok kullanılan senaryo, IPCC'nin Emisyon Senaryoları Raporu'nda (SRES) dikkat çekilen A1, A2, B1, B2 senaryolarıdır [2, 3, 11, 12, 13, 14, 15].

IPCC 4. Değerlendirme Raporu emisyon senaryolarındaki sıcaklık değişim ve deniz seviyesindeki artış tahminleri, iklim değişikliği modellerinin daha etkili olmasına dolayısıyla modellerden daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Küresel sürdürülebilirlik senaryosu olan B1 senaryosu, 2090–2099 yılları arasındaki ortalama sıcaklık artışını göstermektedir. B1 senaryosunda 1.8°C ortalama sıcaklık artışı, deniz seviyesinde 0.18–0.38 m artışa karşılık gelmektedir. A1 senaryosunda ise 4.0 °C ortalama sıcaklık artışı, deniz seviyesinde 0.26–0.59 m artışa karşılık gelmektedir. İklim değişikliği ile ilgili tüm senaryolar birlikte değerlendirildiğinde ise 2100 yılına kadar ortalama sıcaklıklar 1.8 - 4.0 °C aralığında, deniz seviyesindeki değişim ise 0.18 ile 0.59 m arasında olacağı öngörülmektedir [11].

IPCC 5. Değerlendirme Raporundaki iklim değişikliği senaryoları, büyüklük açısından IPCC 4. Değerlendirme Raporundaki senaryolarla örtüşmektedir. Çalışmada, IPCC'nin 2013 Eylül ayında yayımlanan 5. Değerlendirme Raporuna göre 2100-2500 yılları arasındaki olası deniz seviyesi değişimlerine ait yüksek senaryo verileri baz alınmıştır (Çizelge 1, Şekil 1).

Çizelge 1. IPCC 5. değerlendirme raporu olası deniz seviyesi değişim senaryosu [20]

Katkı	Senaryo	2100	2200	2300	2400	2500
Termal Genleşme	Düşük	0.07-0.31 m	0.08-0.41 m	0.08-0.47 m	0.09-0.52 m	0.09-0.57 m
Buzullar	Düşük	0.15-0.18 m	0.19-0.23 m	0.22-0.26 m	0.22-0.26 m	0.22-0.26 m
Grönland Buz Tabakası	Düşük	0.05 m	0.10 m	0.15 m	0.21 m	0.26 m
Antartika Buz Tabakası	Düşük	-0.01 m	-0.02 m	-0.03 m	-0.05 m	-0.07 m
Toplam	Düşük	0.26-0.53 m	0.35-0.72 m	0.41-0.85 m	0.46-0.94 m	0.50-1.02 m
Termal Genleşme	Orta	0.09-0.39 m	0.17-0.62 m	0.20-0.81 m	0.22-0.98 m	0.24-1.13 m
Buzullar	Orta	0.15-0.19 m	0.21-0.25 m	0.25-0.29 m	0.25-0.29 m	0.25-0.29 m
Grönland Buz Tabakası	Orta	0.02-0.09 m	0.05-0.24 m	0.08-0.44 m	0.11-0.65 m	0.14-0.91 m
Antartika Buz Tabakası	Orta	-0.07--0.01 m	-0.17 to-0.02 m	-0.25--0.03 m	-0.36--0.02 m	-0.45--0.01 m
Toplam	Orta	0.19-0.66 m	0.26-1.09 m	0.27-1.51 m	0.21-1.90 m	0.18-2.32 m
Termal Genleşme	Yüksek	0.08-0.55 m	0.23-1.20 m	0.29-1.81 m	0.33-2.32 m	0.37-2.77 m
Buzullar	Yüksek	0.17-0.19 m	0.25-0.32 m	0.30-0.40 m	0.30-0.40 m	0.30-0.40 m
Grönland Buz Tabakası	Yüksek	0.02-0.09 m	0.13-0.50 m	0.31-1.19 m	0.51-1.94 m	0.73-2.57 m
Antartika Buz Tabakası	Yüksek	-0.07--0.00 m	-0.04-0.01 m	0.02-0.19 m	0.06-0.51 m	0.11-0.88 m
Toplam	Yüksek	0.21-0.83 m	0.58-2.03 m	0.92-3.59 m	1.20-5.17 m	1.51-6.63 m

**Şekil 1.** IPCC 5. değerlendirme raporuna göre deniz seviyesi değişimi yüksek olasılıklı senaryosu [20]

Türkiye kıyılarının genel risk durumunun ortaya konulabilmesi için, Türkiye kıyılarında gerçekleştirilen bu analiz çalışmasında IPCC 5. Değerlendirme Raporundan yararlanılmıştır. IPCC 5. Değerlendirme Raporunda düşük, orta ve yüksek olasılıklı Deniz Seviyesi Değişim Modeli senaryolarından yüksek olasılıklı senaryo aralığının maksimum değerleri kullanılmıştır (Çizelge 2).

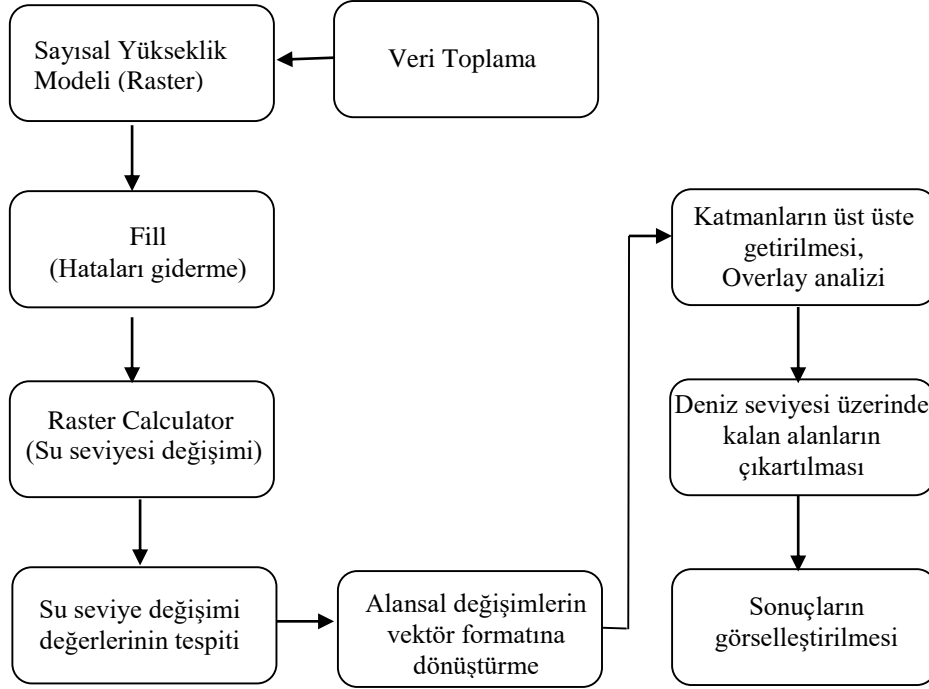
Çizelge 2. Çalışmada kullanılan deniz seviyesi değişim senaryosu

Senaryo	2100	2200	2300	2400	2500
Yüksek	0.83 m	2.03 m	3.59 m	5.17 m	6.63 m

3. TEST ALANI, KAYNAK VERİ VE DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ

Türkiye'nin büyük bir kısmı denizlerle çevrili olup, 8333 km kıyı şeridinde sahiptir. Bu kıyı şeridinin %20.34'ü Karadeniz, %11.20'si Marmara, %33.66'sı Ege Denizi ve %20.07'si Akdeniz'de bulunmaktadır [21]. Yağış miktarı kıyı bölgelerinde daha fazla olup, su kaynakları ve doğal bitki örtüsü bakımından zengindir. Ayrıca kıyı bölgeler deniz taşımacılığı, balıkçılık, tarım ve kıyı turizm imkanlarının bulunması bu bölgelerin cazibe merkezi olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, Türkiye'nin en yoğun nüfusu bu kıyı

bölgelerinde toplanmıştır. Türkiye'nin kıyı bölgelerindeki iklim değişikliğine bağlı olarak deniz seviyesindeki değişimin analiz edilmesinde, 3"x3" çözünürlüğündeki ve tüm kullanıcılara ücretsiz olarak servis edilen Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır [21]. Türkiye genelini kapsayan SRTM sayısal yükseklik modeli kullanılarak deniz seviyesi değişimi analiz edilmiştir. Analizlerin gerçekleştirilmesi için ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS 10.3 yazılımında konumsal analiz işlemleri gerçekleştirilerek, Türkiye kıyı bölgelerindeki deniz seviyesi değişiminin potansiyel etkileri araştırılmıştır. Analiz işlemlerinde 5 farklı zaman dilimi olan 2100-2200-2300-2400-2500 yılları için öngörülen senaryo değerleri gerçekleştirilmiştir. Su seviyesi değişiminin potansiyel etki alanlarını bulmak için izlenen yöntem Şekil 2'de gösterilmiştir.

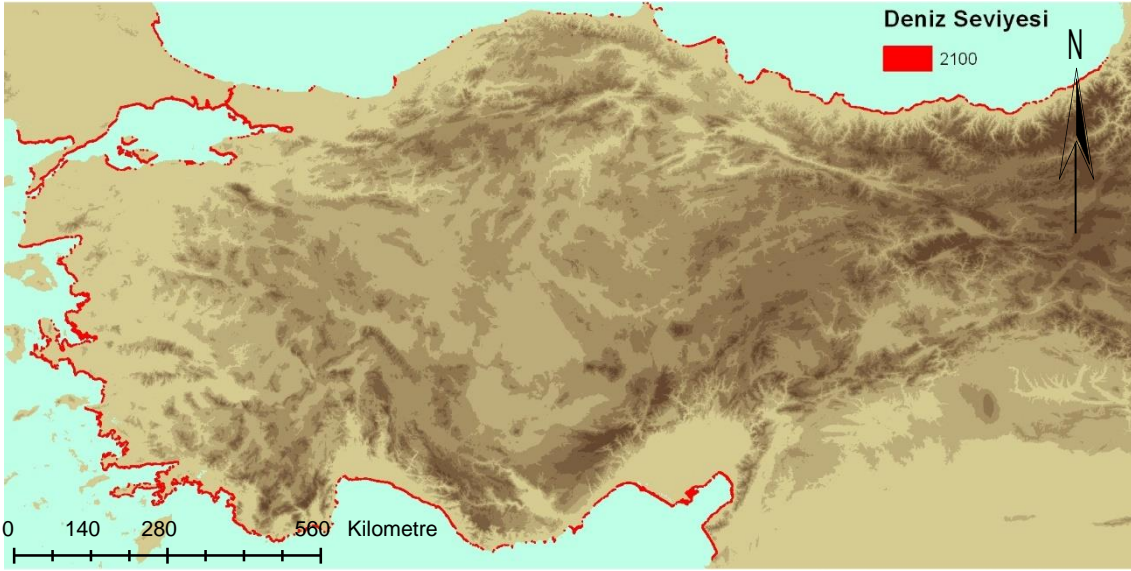


Şekil 2. Çalışmada izlenen yöntem

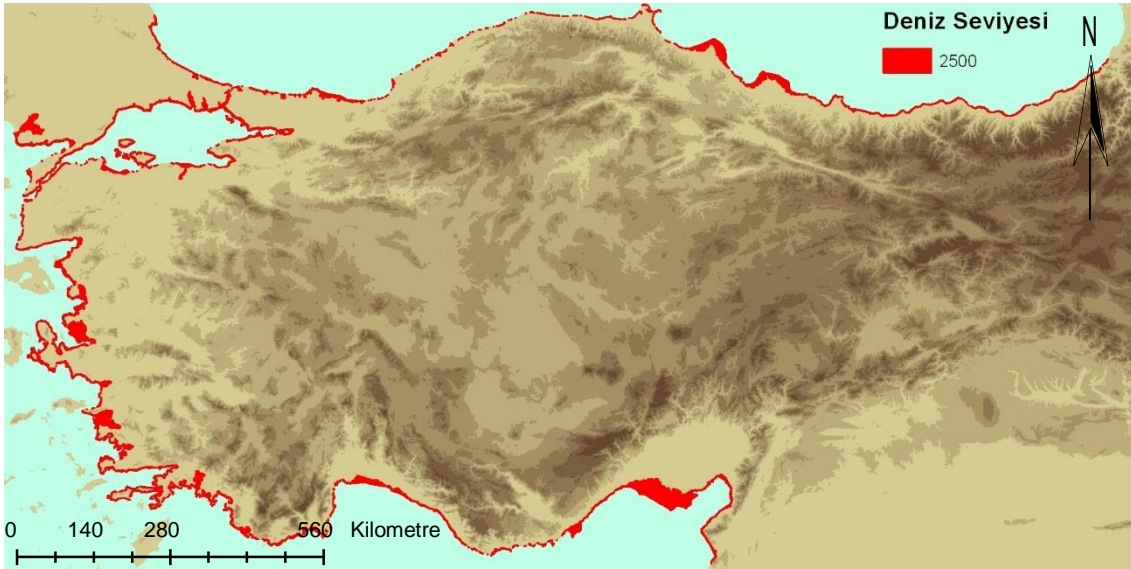
Türkiye genelini kapsayan SRTM sayısal yükseklik modeli ilk önce "Fill" ArcToolbox komutu kullanılarak sayısal yükseklik modelindeki hatalar giderilmiştir. Elde edilen yeni sayısal yükseklik modeli üzerinde "Raster Calculator" ArcToolbox komutu kullanarak, Çizelge 2'de verilen yıllara ait artırılması gereken su seviyesi değerleri değişken olarak girilerek potansiyel etki alanı olan riskli bölgeler tespit edilmiştir. Her bir periyot için ayrı ayrı bulunan bu riskli bölgeler daha sonra vektör veri modeline çevrilmiştir. Bulunan bu riskli bölgeler ile Türkiye il haritası overlay analizi ile üst üste getirilerek elde edilen sonuç katmanı görselleştirilmiştir.

4. SAYISAL UYGULAMA

ArcGIS 10.3 yazılımında, Şekil 2'deki belirtilen konumsal analiz işlemleri sırasıyla 2100-2200-2300-2400 ve 2500 yılları için Çizelge 2'deki öngörülen senaryo değerleri sayısal yükseklik modeline uygulanmıştır. Bu anlamda Şekil 3, 2100 yılı Şekil 4 ise 2500 yılı senaryosuna göre deniz seviyesi değişiminin Türkiye kıyılarındaki alansal etki haritasını göstermektedir. Çizelge 4, Türkiye genelindeki deniz seviyesi değişiminin alansal etkisini ve bu alansal etkinin Türkiye yüzölçümüne olan oran değerlerini göstermektedir.



Şekil 3. 2100 yılı senaryosuna göre deniz seviyesi değişiminin Türkiye kıyılarındaki alansal etki haritası



Şekil 4. 2500 yılı senaryosuna göre deniz seviyesi değişiminin Türkiye kıyılarındaki alansal etki haritası

Çizelge 4. Deniz seviyesi değişiminin Türkiye genelindeki alansal etkisi

Senaryo Yılı	Deniz Seviyesi Değişimi	Türkiye'nin Yüzölçümü (km ²)	Deniz Seviyesi Etki Alanı (km ²)	Etki Alanın Türkiye Yüzölçümüne Oranı (%)
2100	0.83 m	780043	1249	0.16
2200	2.03 m	780043	2124	0.27
2300	3.59 m	780043	3162	0.40
2400	5.17 m	780043	4620	0.59
2500	6.63 m	780043	5481	0.70

Çizelge 4’de, kıyı bölgelerinde gerçekleştirilmiş olan analiz çalışması neticesinde hesaplanan yüzde 0.16 ile 0.70 oranındaki değişimden etkilenebilecek denize kıyısı bulunan 28 il tespit edilmiştir. 28 kıyı ilinde gerçekleştirilmiş olan analiz çalışmaları sonucunda, Türkiye’nin denize kıyısı bulunan Akdeniz, Marmara, Ege ve Karadeniz bölgelerindeki illerden her bölge için deniz seviyesi değişiminden en çok etkilenen iller Çizelge 5’de gösterilmiştir. Bu iller Akdeniz bölgesi için Adana, Marmara bölgesi için Edirne, Ege bölgesi için İzmir, Karadeniz bölgesi için Samsun olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Deniz seviyesi değişiminin en çok etkilediği kıyı illerine olan alansal etkisi

İl Adı	Yüzölçümü (km ²)	2100	2200	2300	2400	2500
Adana	13844	113	382	652	899	1013
İzmir	11891	163	247	350	530	631
Samsun	9725	31	140	290	499	628
Edirne	6145	55	62	118	234	296

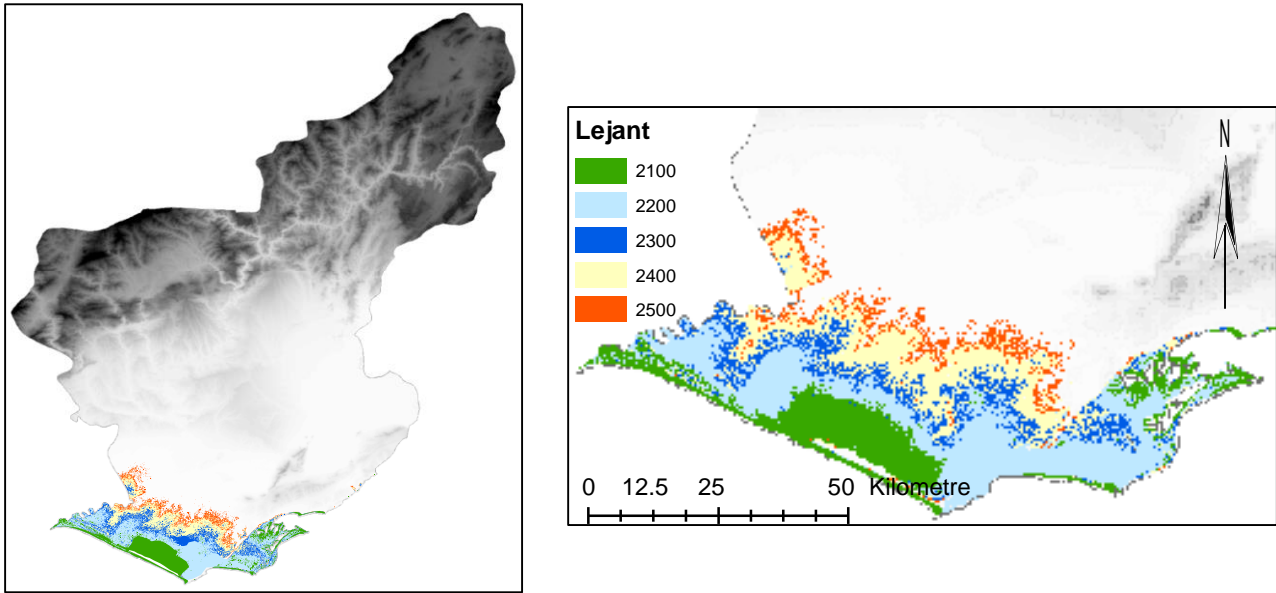
Çizelge 5’de, Türkiye kıyı bölgelerindeki deniz seviyesi değişim senaryoları ile gerçekleştirilmiş olan analiz çalışmalarında düşük arazi yüksekliğine ve geniş delta alanlarına sahip olan Adana, Edirne, İzmir ve Samsun illerinde su seviyesi değişiminden etkilenen alan oranının diğer illere nazaran daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 6, Çizelge 5’de deniz seviyesi değişiminin en çok etkilendiği kıyı ili olan Adana iline ait alansal etki değerlerini göstermektedir. Adana ili Akdeniz bölgesinde yer almakta olup 13844 km² yüzölçüme sahiptir. 2014 yılı istatistiklerine göre 2165595 kişilik nüfusa sahip olan Adana’nın km² bazında nüfus yoğunluğu 156 kişidir [22].

Şekil 5, Çizelge 6’daki Adana iline ait alansal etki değerlerinin grafik olarak gösterimidir. Analiz çalışmasına örnek olması açısından deniz seviyesi değişiminin en çok etkilediği Adana ili için etki haritası üretilmiştir.

Çizelge 6. Deniz seviyesi değişiminin Adana iline alansal etkisi

Senaryo yılı	Deniz seviyesi değişimi	Adana ili yüzölçümü(km ²)	Deniz seviyesi etki alanı(km ²)	Etki alanın il yüzölçümüne oranı (%)
2100	0.83 m	13844	113	0.82
2200	2.03 m	13844	382	2.76
2300	3.59 m	13844	652	4.71
2400	5.17 m	13844	899	6.49
2500	6.63 m	13844	1013	7.31



Şekil 5. Deniz seviyesi değişiminin Adana ili için alansal etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınma nedeniyle buzulların erimeye başlaması okyanuslardaki su seviyesini yükseltmektedir. Su seviyesindeki bu yükselme doğanın yaşam dengesinin bozulmasına neden olmuştur. Bu çalışmada, IPCC'nin 5. değerlendirme raporunda 2100, 2200, 2300, 2400, 2500 yıllarında öngörülen deniz seviyesi değişimi senaryolarının Türkiye kıyılarına olan alansal etkilerinin analiz edilmesi Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin 7816 km uzunluğunda kıyı sınırını kapsayacak şekilde gelecek 500 yıllık süreçteki deniz seviyesi değişim senaryoları doğrultusunda gerçekleştirilmiş olan analiz çalışmaları sonucunda kıyı bölgelerinde Çizelge 4'de de gösterildiği üzere yüzde 0.16 - 0.70 oranında alansal değişimler tespit edilmiştir. Bu alansal değişimler, kıyı bölgelerinde gelecekte nerelerin risk altında olacağını göstermektedir. Kıyıya sınırı bulunan Akdeniz, Marmara, Ege ve Karadeniz bölgeleri içerisinde bulunan alansal değişimden etkilenen 28 il tespit edilmiştir. Çizelge 5'de alansal değişimden etkilenen 28 ilden sadece 4 il gösterilmiştir. Su seviyesi değişimi nedeniyle meydana gelen alansal değişimlerden en çok etkilenecek olan il, Çizelge 5, Çizelge 6 ve Şekil 5'de görüleceği üzere 113 ile 1013 km² alansal ve yüzde 0.82 ile 7.31 oransal etkisiyle Akdeniz bölgesinde yer alan Adana ilidir. Adana iline ait alansal değişim değerlerinin yüksek çıkma sebeplerinin başında ise bu ilin sahip olduğu büyük akarsuların etkisiyle meydana getirmiş olduğu delta ve düşük eğimli ovalara sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Türkiye'nin 780043 km² olan yüzölçümünün olası senaryolar karşısında gelecekteki 500 yıllık süreçte yüzde 0.16 ile 0.70 oranında su seviyesi değişiminden etkilenebileceğini ve bu oranlarda alansal toprak kaybı yaşanabileceğini göstermektedir. Gerçekleşmesi öngörülen bu alansal değişimler nüfus, tarım ve sanayi yoğunluğunun fazla olduğu illeri etkileyecektir. Türkiye'nin nüfus yoğunluğunun yüksek oranda Akdeniz, Marmara, Ege ve Karadeniz bölgeleri gibi deniz kıyılarında olduğu göz önünde bulundurulacak olursa, küresel ısınmaya bağlı olarak yağışın azalması, sıcaklığın artması gibi bir çok etkinin yanı sıra olası deniz seviyesi değişimlerinin de sosyo-ekonomik ve politik etkilerinin ülkemizde hissedileceği düşünülmelidir.

Çalışma sadece iklim değişikliği çalışmaları için değil aynı zamanda tsunami gibi doğal felaketler esnasında riskli alanların tespit edilmesi konusunda da karar vericilere fikir vermektedir. Yapılan bu çalışma, genel olarak ekosistemde küresel ısınmaya bağlı olarak değişim göstermesi beklenen faktörleri araştırmak ve çözüm önerileri sunmak isteyen karar vericilere planlama anlamında farklı bir bakış açısı sağlayacaktır.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi FYL-2014-4941 Kodlu Proje ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi'ne teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

1. Çabuk, S. Ö. (2011). Küresel ısınmaya yol açan sera gazı emisyonlarındaki artış ile mücadelede iktisadi araçların rolünün değerlendirilmesi: Enerji sektörü örneği. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 368 s.
2. Korkmaz, K. (2007). Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi. Alatarım Dergisi, 6, 43-49.
3. Houghton, J. (2005). Global warning. Reports on Progress in Physics, 68, 1343-1403.
4. Ateş, İ. (2008). Küresel ısınmanın sebep olacağı siyasal ve ekonomik gelişmeler ve muhtemel Türkiye yansımaları. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 87 s.
5. Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 47-65.
6. Türkeş, M. (2007). Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi TİKDEK 2007, 11-13 Nisan, İstanbul.
7. Erdoğan, M. (2007). Veri türü, kalitesi ve üretim yöntemine göre sayısal yükseklik modeli (SYM) standartlarının belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
8. Simav, Ö., ve Şeker D. Z. (2013). Kıyı Etkilenebilirlik Göstergesi İle Türkiye Kıyıları Risk Alanlarının Tespiti, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11 -13 Kasım 2013, Ankara.
9. Karaca, M., & Nicholls, R.J. (2008). Potential implications of accelerated sea-level rise for Turkey. Journal of Coastal Research, 24, 288-298.
10. Sağlam, N. E., Düzgüneş E., Balık İ. (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 25, 89-94.
11. Sevim, B., ve Zeydan, Ö. (2007). İklim Değişikliğinin Türkiye Turizmine Etkileri. Çeşme Ulusal Turizm Sempozyumu, İzmir.
12. Yönten, A. (2007). Küresel ısınmanın azaltılması politikaları: Türkiye için bir yaklaşım. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 171 s.
13. Tabak, P. (2006). Küresel ısınma nedeniyle suların yükselmesi problemine karşı konut mimarisinde çözüm önerilerinin araştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 72 s.
14. Ertop, G. (2009). Küresel ısınma ve kurakçıl peyzaj planlaması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 173 s.
15. Saygılı, A. (2008). SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verilerinden elde edilen sayısal yükseklik modellerinin doğruluğunun incelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 99s.
16. Karataş, E. (2008). RTK GPS yardımıyla SRTM3 sayısal yükseklik modelinin doğruluk analizi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 58 s.
17. Yastıklı, N., ve Esirtgen F. (2011). Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
18. Sefercik, U. G. (2007). Radar İnterferometri Tekniği İle SYM Üretimi ve Doğruluk Değerlendirmeleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara.
19. Türkeş, M., Şen, Ö.L., Kurnaz, L., Madra, Ö., ve Şahin, Ü. (2013). İklim değişikliğinde son gelişmeler: IPCC 2013 raporu. Sabancı Üniversitesi, İstanbul Politikalar Merkezi, 2013, İstanbul.

20. Church, J. A., Clark, P. U. (2015). Sea Level Change. Personal Webpage. 12 Kasım 2015 tarihinde www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf adresinden erişildi.
21. Öztuę, İ., Bildirici, A., Üstün, A., Uluętekin, N., Selvi, H.Z., Abbak, A., Buğdaycı, İ., ve Doğru, A.Ö. (2008). SRTM verilerine dayalı ÷lke bazında 3"×3" çözünlüklü sayısal yükseklik modelinin oluşturulması. 106Y130 Numaralı TÜBİTAK Projesi.
22. TUİK, Türkiye İstatistik Kurumu. (2014). İstatistiklerle Türkiye 2014 - Personal Webpage. 10 Ekim 2015 tarihinde <http://www.tuik.gov.tr> adresinden erişildi.