



## İnegöl Havzası'nda (Bursa) coğrafi bilgi sistemleri ile antropojenik kaynaklı jeomorfolojik değişimlerin yoğunluk ve etki analizi

S. Murat UZUN\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye, murat\_uzun53@hotmail.com

Kaynak Göster: Uzun, S. M. (2025). İnegöl Havzası'nda (Bursa) coğrafi bilgi sistemleri ile antropojenik kaynaklı jeomorfolojik değişimlerin yoğunluk ve etki analizi. Geomatik, 10 (1), 105-123

DOI: 10.29128/geomatik.1537753

### Anahtar Kelimeler

Antropojenik Jeomorfoloji  
Coğrafi Bilgi Sistemleri  
Uzaktan Algılama  
İnegöl Havzası

### Araştırma Makalesi

Geliş: 23.08.2024  
Revize: 23.09.2024  
Kabul: 25.09.2024  
Çevrim İçi Yayınlanma:  
13.11.2024



### Öz

Jeomorfolojik koşullar birçok doğal ortam unsuru ile ilişki içerisindedir. Bu etkileşim süreci insan faaliyetlerinin ortam koşulları üzerindeki baskısının artması ile antropojenik değişimlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) teknikleri kullanılarak yoğunluk ve etki modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Araştırmada topografya paftaları, Landsat ve Sentinel uydu görüntüleri, arazi ölçümleri ile 15 farklı veriyi içeren model oluşturulmuştur. Rölief değişim yoğunluğunda 3, antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimin etki modelinde 12, yeryüzü sıcaklık analizinde 2 ana kriter kullanılmıştır. Modeldeki rölief değişim yoğunluğu analizine göre havzanın %12'sinde yüksek derecede antropojenik kaynaklı topografya değişimleri meydana gelmiştir. Etki modeline göre antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimler havzanın %2,1'inde yüksek düzeydedir. Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimler havzada daha çok alçak plato sahalarına geçişte ve engebeli alanlarda yoğunlaşmıştır. Yüksek kategorideki antropojenik kaynaklı jeomorfolojik değişimlerin 40 yıllık yer yüzeyi sıcaklık farkını ise 5°C arttırdığı tespit edilmiştir. İnegöl Havzası'nda özellikle Şehitler yakınları maden sahası, D200 karayolu Kınık-Mezit arası, Cerrah, Yeniköy, Madenköy, Hamzabey yakınlarında yüksek yoğunlukta rölief değişimi saptanmıştır.

## Intensity and impact analysis of anthropogenic-induced geomorphological changes in the İnegöl Basin (Bursa) with geographic information systems

### Keywords

Anthropogenic  
geomorphology  
Geographic Information  
Systems  
Remote sensing  
İnegöl Basin

### Research Article

Received: 23.08.2024  
Revised: 23.09.2024  
Accepted: 25.09.2024  
Online Published:  
13.11.2024

### Abstract

Geomorphological conditions are in relationship with many natural environment elements. This interaction process causes anthropogenic changes to occur with the increasing pressure of human activities on environmental conditions. In this study, it is aimed to establish the intensity and impact model of anthropogenic geomorphological changes in İnegöl Basin by using geographic information systems (GIS) and remote sensing (RS) techniques. In the study, the model was created with topography sheets, Landsat and Sentinel satellite images, field measurements and 15 different data. Three main criteria were used in the intensity of relief change, 12 in the impact model of anthropogenic geomorphological change, and two in the ground surface temperature analysis. According to the relief change intensity analysis in the model, a high degree of anthropogenic-induced topographic changes occurred in 12% of the basin. According to the impact model, anthropogenic-induced geomorphological changes are at a high level in 2.1% of the basin. Anthropogenic geomorphological changes are mostly concentrated in the transition to low plateau areas and hilly areas in the basin. It was determined that anthropogenic-induced geomorphological changes in the high category increased the 40-year ground surface temperature difference by 5°C. In İnegöl Basin, high intensity relief change was detected especially near Şehitler mining site, D200 highway between Kınık and Mezit, Cerrah, Yeniköy, Madenköy, Hamzabey.

## 1. Giriş

Jeomorfolojik unsurlar birçok dinamik, karmaşık süreç içerisinde meydana gelmekte ve farklı morfolojik görünümler ortaya koymaktadır (Erinç, 2001; Erkal ve Taş, 2022). Bu süreçler iç ve dış etkenlerin tek ya da ortak etkisinde devinime devam etmekte, böylece jeolojik devirler boyunca jeomorfolojik unsurlar daimî değişim göstermektedir (Brown 1970). Jeomorfolojik koşullar ve değişim süreçleri, jeolojik unsurlar, litolojik birimler, değişen iklim koşulları, biyolojik aktivite, jeomorfik süreçler ve zaman arasındaki karmaşık bir etkileşimin sonucudur (Goudie, 1993; Hear ve ark., 2022). Makro ve mikro jeomorfolojik unsurlar atmosferik, magmatik süreçlerden etkilenirken boyutsal olarak da farklı morfolojiler ortaya çıkmaktadır. Makro jeomorfolojik birimlerin alansal, boyutsal özellikleri zamansal açıdan uzun bir sürede değişim göstermektedir. Ancak mikro jeomorfolojik unsurlar iç ve dış dinamik amillerin etkisi ile kısa sürede değişim potansiyelini barındırmaktadır (Harden ve ark., 2014; Goudie ve Viles, 2016; Tarolli, 2016; Rocatti, ve ark., 2019). İşte bu değişim potansiyeline insanoğlunun etkisi doğal ortam koşullarının tamamında olduğu gibi farklı boyutlarda sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Ellis, 2017). Antik dönemde başlayan, sanayi devrimi ile hızlanan, nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve artan taleplerle doğadaki baskının artması birçok doğal ortam özellikleri gibi jeomorfolojik koşullarında değişimine neden olmaktadır (Brandolini, ve ark., 2019; Aguilar ve ark., 2020; Chirico ve ark., 2020). Bu değişim jeolojik dönemlerden, itibaren litolojik birimlerde ve jeomorfik unsurlarda insan etkisinin belirgin olarak gözlemlenmesini sağlamaktadır. Bu nedenle bilim camiasında iklim değişikliği, küresel ısınma, edafik ve floristik unsurlarda inorganik maddenin artması, morfolojik görünümde yapay alanlarının oluşması antroposen devrinin ortaya konmasını ve birçok açıdan tartışılmasını sağlamıştır (Crutzen ve Stoermer, 2000; Zalasiewicz ve ark., 2010; Steffen ve ark., 2011; Kellner, 2024; Witze, 2024; Zalasiewicz ve ark., 2024). Kuvaterner içerisindeki jeolojik dönem olarak önerilen antroposen aynı zamanda jeomorfolojik açıdan da birçok alanı etkilemiştir (Rózsa, 2007; Brown ve ark., 2017; Ellis, 2017; Syvitski ve ark., 2022). Bu bakımdan jeomorfolojik unsur ve süreçlerde doğrudan ve dolaylı insan etkisi ile ortaya çıkan morfolojik görünümüleri, değişimleri ve etkileri inceleyen antropojenik jeomorfoloji de birçok çalışma ile kendine bilim dünyasında yer bulmuştur (Szabó ve ark., 2010; Jefferson ve ark., 2013; Ertek, 2017; Cao ve ark., 2020; Uzun, 2020b; Ertek, 2023).

Antropojenik jeomorfoloji, 19. yy. sonlarında küçük çaplı çalışmalarla ortaya çıkmış, 1950-1960'larda erozyon süreçlerini incelemeler, kantitatif analizler ile gelişmeye devam etmiştir (Nir, 1983; Goudie, 1993; Hooke, 2000). 2000'lerde, bazı bilim insanlarının antroposen dönemi tartışmasını bilim dünyasına tekrar sunması, küresel iklim değişikliği, afet frekansları, etkileri ile doğadaki tahribatların çoğalması, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılamanın (UA) gelişmesiyle antropojenik jeomorfolojinin çalışma alanı ve ilgi odağını daha da geliştirmiştir (Rózsa, 2010; Rózsa

ve Novak, 2011; Ursu ve ark., 2011; Sofia ve ark., 2016; Tarolli ve Sofia, 2016; Li ve ark., 2017; Sümer ve ark., 2020; Saleem, 2018; Tarolli ve ark., 2019; Xiang ve ark., 2019; Sundara Pandian ve ark., 2023; Amanambu ve Mossa, 2024; Braswell ve ark., 2024; Desouky, 2024; Kajczak ve Zarychta, 2024; Kurucu Sipahi ve Bağcı, 2024; Pica ve ark., 2024). Bu noktada özellikle nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerle insanın ihtiyaçlarının artması madencilik, sanayi, ulaşım, şehirselleşme, turizm gibi faaliyetlerin oluşturduğu baskı, jeomorfolojik koşullarda insan kaynaklı olarak aşındırma, biriktirme ve tesviye işlemlerin artmasına neden olmaktadır (Castree, 2014; Verburg ve ark., 2016; Rózsa ve ark., 2020; Uzun, 2020b). Belirtilen süreç dünyanın farklı bölgelerindeki jeomorfolojik koşullarda farklı boyutlarda, zamansal sürelerde, çeşitli etki kapsamında meydana gelmektedir (Szabó ve ark., 2010). Dolayısıyla farklı insan faaliyetlerinin boyutları çeşitli jeomorfolojik birimlerde farklı değişim göstergelerine ulaşmakta aynı zamanda etki boyutları da değişim göstermektedir.

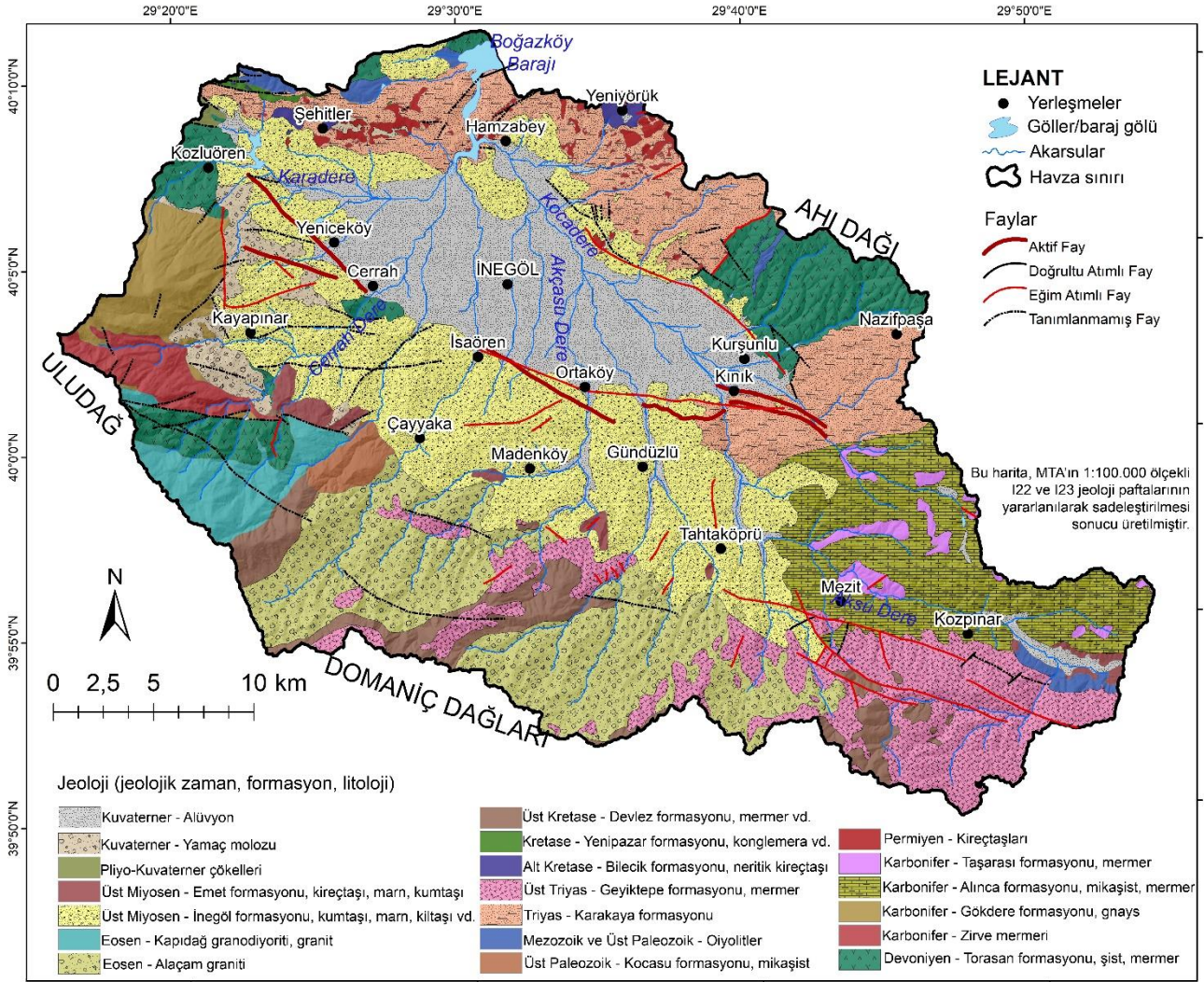
Türkiye, antik dönemden günümüze birçok medeniyetin ve dolayısıyla insan baskının olduğu yüzey şekillerini barındırmaktadır (Özşahin, 2013; Uzun 2020a). Son yıllarda artan nüfus, gelişen sanayi ve teknolojik gelişmeler doğal ortam koşulları, özellikle de jeomorfolojik unsurlarda antropojenik baskı yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır (Kopar ve ark., 2018; Uzun 2020b; Uncu ve Karakoca, 2021; Uzun, 2023; Ateş ve ark. 2024). Aynı zamanda ülkemiz arazisinin ani değişen yükselti ve eğim değerleri ile çeşitlilik arz eden jeomorfolojik unsur ve süreçleri de antropojenik jeomorfoloji koşullarının meydana gelmesini sağlamaktadır (Turoğlu, 2019; Uzun, 2021a). Bu bakımdan Türkiye arazisi birçok antropojenik etken kökeninde rölyef değişim durumunu ve süreçlerini barındırmakta ve inceleme potansiyeli sunmaktadır.

Günümüzde jeomorfolojik unsur ve koşullar, artan nüfus ve talepler, şehirleşme, gelişen teknolojik imkanlar ile antropojenik kaynaklı değişimlere uğramaktadır (Braswell ve ark., 2024). Özellikle madencilik, ulaşım, yerleşim ve turizm faaliyetleri, arazinin engebeli olduğu alanlarda mutlak suretle morfolojiyi değiştirmektedir. Doğrudan insan kaynaklı aşınma/aşındırma süreci 1950 ile 2015 yılları arasında 30 kat artmış olup, kişi başına düşen etkide on katlık bir artış meydana gelmiştir (Cendero ve ark., 2022). Ayrıca yapılan çalışmalar 1950-2010 arasında antropojenik tortu üretiminin %467 arttığını ortaya koymaktadır (Syvitski ve ark., 2022; Remondo ve ark., 2024). Doğrudan ve dolaylı olarak insan kaynaklı aşınma tamamen doğal süreçlerden kaynaklanan aşınmadan daha büyük olduğu bilinmektedir (Cendero ve ark., 2020). Bu değişimler jeomorfolojik koşulların yeniden tanzimine yol açmakta, farklı görünüm, yapay alanlar ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda jeomorfik birimlerdeki değişim, doğal unsurların dinamik ve bağlantılı yapısı düşünüldüğünde birçok alana etki etme potansiyelini sahiptir. Meydana değişim ve etki yayılımının zamansal, mekânsal ve boyutsal açıdan saptanması CBS ve UA teknolojilerinin etkin kullanımı ile yapılabilmektedir (Natale ve ark., 2024; Nigam ve ark., 2024). Bu tür değişim analiz sonuçları, modelleme çıktıları ise geleceğe dönük









**Şekil 2:** İnegöl Havzası'nın jeoloji haritası (MTA'nın 1:100.000 ölçekli I22, I23 jeoloji paftalarından faydalanılarak hazırlanmıştır).

## 2. Yöntem

Çalışmada materyal olarak Harita Genel Müdürlüğü'nden 1:25.000 ölçekli topografya paftaları, MTA'dan alınan 1:100.000 ölçekli jeoloji haritaları, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu'ndan (USGS - United States Geological Survey) 05.06.1984 tarihli Landsat TM 4-5 ve 27.06.2024 tarihli Landsat OLI 9 multispektral uydu görüntüleri, Copernicus üzerinden 27.06.2024 tarihli Sentinel 2 MSI multispektral uydu görüntüsü, Google Earth Pro'dan yol verisi ve yüksek çözünürlüklü ortofotoları ile arazi gözlem ve ölçüm verileri kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak topografya paftalarından ArcGIS 10.8 yazılımındaki hidrolojik analiz özelliği kullanılarak İnegöl Havzası'nın belirlenmiştir. Bu işlemden sonra araştırma sahasının topografya paftalarından sayısal yükselti modeli (SYM), jeoloji paftalarından jeoloji haritası üretilmiştir. Daha sonra çalışmanın temel çıktılarını oluşturacak antropojenik kökenli jeomorfoloji değişimi ve etki modeli oluşturulmuştur (Şekil 3). Model için farklı disiplin ve uygulamalardaki çalışmalar incelenmiş ve bu araştırmaya özgü bir yöntem geliştirilmiştir (Rózsa ve Novak, 2011; Sofia ve ark., 2016; Tarolli ve Sofia, 2016; Tarolli ve ark., 2019; Xiang ve ark., 2019; Rózsa ve ark., 2020; Uzun, 2020b; Ayazlı,

2022; Yıldız ve Er, 2023) Model, 4 veri kaynağından 19 farklı kartografik analiz verisini ve kriter açısından 15 farklı ana kriter verisini içermektedir. Model kapsamında 1984 ve 2024 yıllarına ait SYM verileri üretilmiştir. Bu işlemden sonra 2024 SYM verisinden eğim, topografik rölyef, yarıma derecesi indis analizi (DI), topografik pozisyon indisi (TPI) verileri oluşturulmuştur (Tablo 1). Yollara uzaklık verisi Google Earth Pro üzerinden temin edilip ArcGIS yazılımı ile modelde kullanılabilir hale getirilmiş, daha sonra tampon (buffer) özelliği ile yollara uzaklık verisi oluşturulmuştur. Arazi gözlem ve ölçüm verileri ile Google Earth Pro uydu ve 3 boyutlu verilerinin kantitatif değer analizi üzerinden topografya değişim yoğunluğu dağılışı üretilmiştir. Bu işlem için Szabo (2010), Rózsa & Novak (2011), Brandolini vd., (2019) ve Tarolli ve ark., (2019)'nin çalışmaları temel alınarak, 5 farklı sınıfta yoğunluk dağılışı belirlenmiştir. Antropojenik baskı yoğunluğu dağılışı Sentinel uydu görüntüsü üzerinden 10 metrelik piksel değerlerinin kantitatif sınıflandırması ile ortaya konmuştur (Tarolli ve ark., 2019). Arazi kullanım/razi örtüsü verileri 1984 ve 2024 yıllarına ait uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırılması ile üretilmiştir. Modelde kullanılmak üzere 2024 yılı uydu görüntüsü 7 farklı arazi kullanım sınıfı olarak düzenlenmiş, arazi değişim verisi 1984-2024 arazi kullanım farkı analizinden üretilmiştir.

Normalleştirilmiş bitki fark indisi (NDVI), normalleştirilmiş yapay alan fark indisi (NDBI) ve normalleştirilmiş geçirimsiz yüzey indisi (NISI) analizleri, 2024 Landsat uydu verisinin bantları kullanılarak üretilmiştir (Myneni ve ark., 1995; Zha ve ark., 2003; Su ve ark., 2022; Alevkayalı ve ark., 2023; Kaya ve Polat, 2023) (Tablo 1).

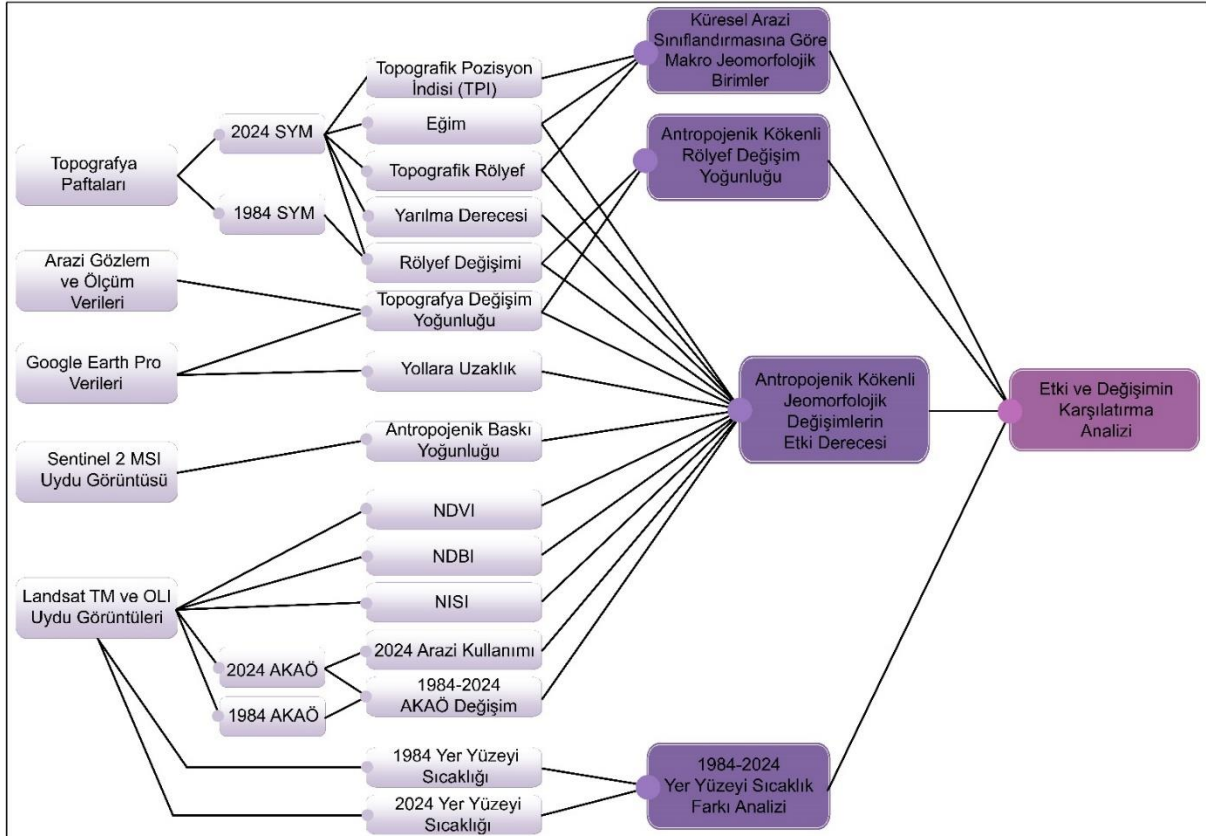
İnegöl Havzası'nın antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim yoğunluğu ve etki modeli kapsamında, 12 farklı verinin korelasyon analizi üzerinden belirlenen ağırlık değerleri ile bindirme analizi yapılmış, sonuç verileri 5 farklı düzeyde ortaya konmuştur. Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerinin etki derecesinin mekânsal ve kantitatif boyutu 3 farklı veri ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir (Şekil 3). Model kapsamında karşılaştırma verilerini, havzanın makro jeomorfolojik birimler dağılışı, antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğu ve yer yüzeyi sıcaklık farkı (1984-2024) analiz verileri oluşturmaktadır.

Araştırmada rölyef değişimi, topografya paftalarından üretilen SYM verilerinin kantitatif analizi ile ortaya konmuştur. Ancak geçmişten günümüze yaşanan ve özellikle antropojenik müdahalelerle ortaya çıkan morfolojik değişimlerin ortaya konması amacıyla arazi gözlem ve ölçüm verileri de rölyef değişim verisine eklenmiştir. Bu kapsamda rölyef değişim verisi ile topografya değişim yoğunluğu verisinin bindirme analizi sonucu antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğu dağılışı üretilmiştir (Şekil 3). Havzanın makro jeomorfolojik birimler sınıflandırması, Iwahashi ve ark., 2018'nin çalışması temel alınarak yükselti, TPI, eğim ve topografik rölyef analizlerinin birleştirilmesi ile üretilmiştir (Iwahashi ve ark., 2018) (Şekil 3). Diğer

karşılaştırma verisini oluşturan yer yüzeyi sıcaklık farkı analizi, 1984 ve 2024 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerinden hesaplanan yer yüzey sıcaklığı farkını içermektedir (Zhang ve ark., 2006; Guha ve Govil, 2021) (Şekil 3 ve Tablo 1).

Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim modelinin temel dayanağı ve hipotezi; engebeli, arızalı morfolojik koşullar ile yoğun antropojenik faaliyetler, değişme yol açan beşerî kullanım alanlarının kesişim sahasında rölyefin alansal, boyutsal ve süreç olarak yoğun şekilde değiştirileceğidir. Bu durum geçmişten günümüze Dünyada ve Türkiye'de özellikle yüksek eğim değerine sahip engebeli, aynı zamanda belli doğal ortam özellikleri açısından kullanıma uygun alanlara yapılan beşerî müdahale sahalarında yoğun rölyef değişimin olduğunu göstermektedir. Madencilik faaliyetleri, ulaşım ağları, tüneller, kanallar, sanayi alanları vb. antropojenik kullanımlar jeomorfolojik değişimlere yol açan başlıca faaliyetlerdir. Bu çalışmada da belirlenen unsurlar temel alınarak antropojenik kökenli rölyef değişim modeli oluşturulmuş, elde edilen dağılış verileri makro jeomorfolojik unsurlar ve yer yüzeyi sıcaklık verilerin değişimi ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3).

Çalışmada, model kapsamında üretilen antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimi etki derecesi ile antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğunun alansal dağılış verileri makro jeomorfolojik birimler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma ile hangi jeomorfolojik üniteye hangi boyutta değişim ve etki yoğunluğunun olduğu analiz edilmiştir. Son olarak rölyef değişim ve etki yoğunluğu verileri yer yüzeyi sıcaklık dağılışının 40 yıllık zamanda ne kadar değiştiği ve bu değişimde antropojenik kökenli rölyef değişimin etkisi analiz edilmiştir.



Şekil 3: Çalışmanın kullanılan antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim ve etki modeli.



**Tablo 1:** Çalışmada kullanılan topografik analiz, uydu görüntüsü indis analizleri ve yer yüzeyi sıcaklık analizlerin formülleri.

Analiz Adı	Formül	Kaynak
<b>Topografik Rölyef</b>	$E_c = (H_{max} - H_{min}) / A$ Formülde, $H_{max}$ birim alandaki maksimum yükselti, $H_{min}$ birim alandaki minimum yüksekliği, $A$ ise toplam alanı ifade eder.	Mark, 1975.
<b>Yarılma Derecesi (DI)</b>	$DI = RR / AR$ Formülde, $RR$ topografik rölyefi (göreceli rölyef), $AR$ ise doğal rölyefi ifade eder.	Nir, 1957
<b>Topografik Pozisyon İndisi (TPI)</b>	$TPI = Z_0 - Z$ Formülde, $Z_0$ ölçülen merkez noktadaki yükselti, $Z$ belirlenmiş birim alan ya da yarıçap içerisindeki ortalama yükseltiyi ifade eder.	Guisan ve ark., 1999; Weiss, 2001; Jenness, 2006
<b>Normalleştirilmiş Bitki Farkı İndisi (NDVI)</b>	$NDVI = \frac{(P_{NIR} - P_{red})}{(P_{NIR} + P_{red})}$ Formülde, $P_{NIR}$ yakın kızılötesi, $P_{red}$ kırmızı bantı ifade eder.	Myneni ve ark., 1995
<b>Normalleştirilmiş Yapay Alan Farkı İndisi (NDBI)</b>	$NDBI = \frac{P_{SWIR1} - P_{NIR}}{P_{SWIR1} + P_{NIR}}$ Formülde, $P_{SWIR1}$ birinci kısa dalga kızılötesi, $P_{NIR}$ yakın kızılötesi bantı ifade eder.	Zha ve ark., 2003
<b>Normalleştirilmiş Geçirimsiz Yüzey Farkı İndisi (NISI)</b>	$NISI = \frac{(P_{blue} + P_{green} + P_{red}) - P_{NIR}}{(P_{blue} + P_{green} + P_{red}) + P_{NIR}}$ Formülde, $P_{blue}$ mavi, $P_{green}$ yeşil, $P_{red}$ kırmızı ve $P_{NIR}$ yakın kızılötesi bantları ifade eder.	Su ve ark., 2022
	$L\lambda = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{calmax} + Q_{calmin}} \times (Q_{cal} - Q_{min}) + L_{min}$ Formülde, $L\lambda$ hesaplanan radyans değerini, $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ , $Q_{cal}$ uydu görüntüsünün piksel değerini, $Q_{calmax}$ maksimum piksel değerini, $Q_{calmin}$ minimum sayısal piksel değerini ifade eder.	
<b>Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYS)</b>	$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} - 273.15$ Formüldeki, $T_b$ sensör parlaklık sıcaklık değerini ( $^{\circ}C$ ), $L\lambda$ spektral radyans değerini, $K_1$ - $K_2$ Landsat-5 ve Landsat-8 ait uydu ait spesifik termal dönüşüm sabitlerini ifade eder. $TS = \frac{T_b}{1 + \left(\lambda \times \frac{h \times c}{b}\right) \times \ln e\lambda}$ Formüldeki, $T_b$ sensör parlaklık sıcaklık değerini ( $^{\circ}C$ ), $\lambda$ : termal bant dalga boyunu (Landsat 5 için $11.45 \mu m$ / Landsat-8 için $10.895 \mu m$ ), $h$ Planck sabitini ( $6.626 \times 10^{-34} Js$ ), $b$ Boltzmann sabitini ( $1.38 \times 10^{-23} J/K$ ), $c$ ışık hızını ( $2.998 \times 10^8 m/s$ ) ve $e\lambda$ : piksele karşılık gelen yayınlılık değerini ifade eder.	Zhang ve ark., 2006

### 3. Bulgular

İnegöl Havzası'nın antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim ve etki yoğunluğu modeli 12 ana kriter ve 77 alt değişkenin korelasyon verileri üzerinden çıkarılma analizi ile ortaya konmuştur (Şekil 4). Ana kriterlerden rölyef değişimi, eğim, topografya değişim yoğunluğu, topografik rölyef ve yarılma derecesi verileri jeomorfolojik unsurları, antropojenik baskı yoğunluğu, arazi kullanımı, arazi kullanımı değişim (1984-2024) yoğunluğu, yollara uzaklık, NDVI, NISI ve NDBI verileri ise antropojenik unsurları oluşturmaktadır (Şekil 4). Rölyef ve jeomorfolojik birimlerin dağılımını gösteren veriler, İnegöl Ovası'nda engebenin oldukça az olduğunu güneye doğru eğim ve yükseltinin arttığını, Uludağ ve Domaniç Dağları'na doğru arızalı yapının meydana

geldiği ve jeomorfolojik çeşitlenmenin oluştuğunu göstermektedir. Antropojenik ana kriterler ise özellikle İnegöl Ova tabanı ile Cerrah arasında yoğun beşerî faaliyetlerin olduğunu göstermektedir.

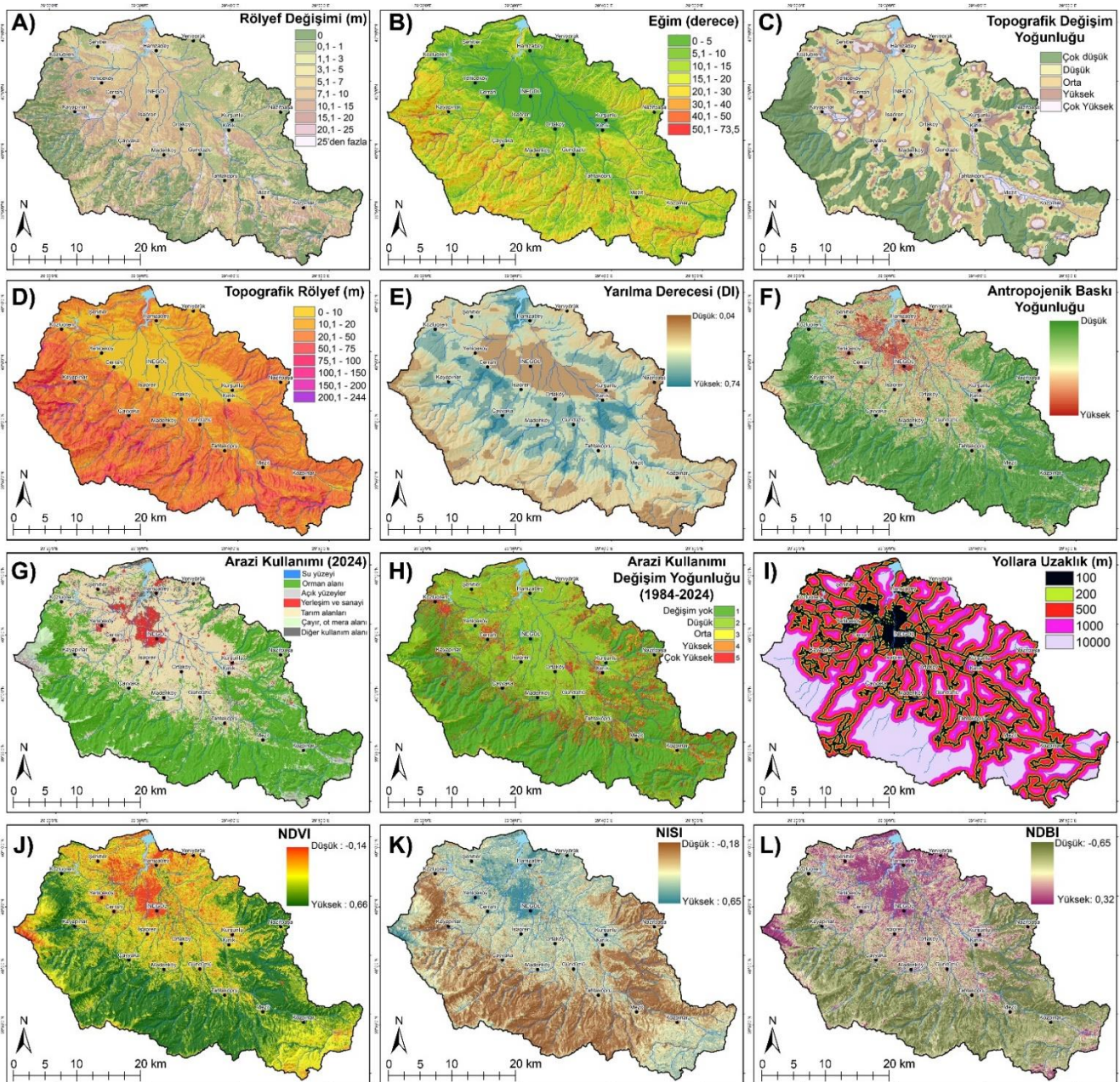
İnegöl Havzası'nın makro jeomorfolojik birimlerini, ova ve düzlük alanlar, alçak ve hafif eğimli plato sahaları, yüksek, arızalı ve eğimli plato sahaları, dağlık alanlar, engebeli alanlar ve sırtlar oluşturmaktadır (Şekil 5). Havzadaki ova ve düzlük alanı, güneyden tektonik olarak fayla sınırlanmış, bu alandan konsektant olarak gelen drenaj ağı ile sedimentasyona uğramış İnegöl Ovası oluşturmaktadır. Ovanın deşarjı Kocadere (Göksu Çayı) üzerine yapılan Boğazköy Barajı ile olmaktadır. Ovanın 350-400 m dış eşikten itibaren 1000 m seviyelerine kadar alçak platoları, 1500 m seviyesine kadar yüksek platolar gözlemlenir. Bu alanlarda erozif faaliyetler ve

tektonik yükselimler nedeniyle arızalı topografya dikkat çeker. Havzanın güneyinde 1800-2400 m, doğusunda ise 1500 m seviyelerinde dağlık alanlar bulunur. Havzanın güneybatısında Uludağ, güneyinde Domanıç Dağları ve doğusunda Ahı Dağı bu sahalara meydana getirmektedir. Dağlık alanlar ve plato sahalarda tektonizmanın etkisi ile ani yükselimler, flüvyal süreçler ile dar, derin vadiler ve sırtlar dikkat çekmektedir (Şekil 5).

### 3.1. İnegöl Havzası'nın antropojenik kökenli rölyef değişimi ve etki yoğunluğu

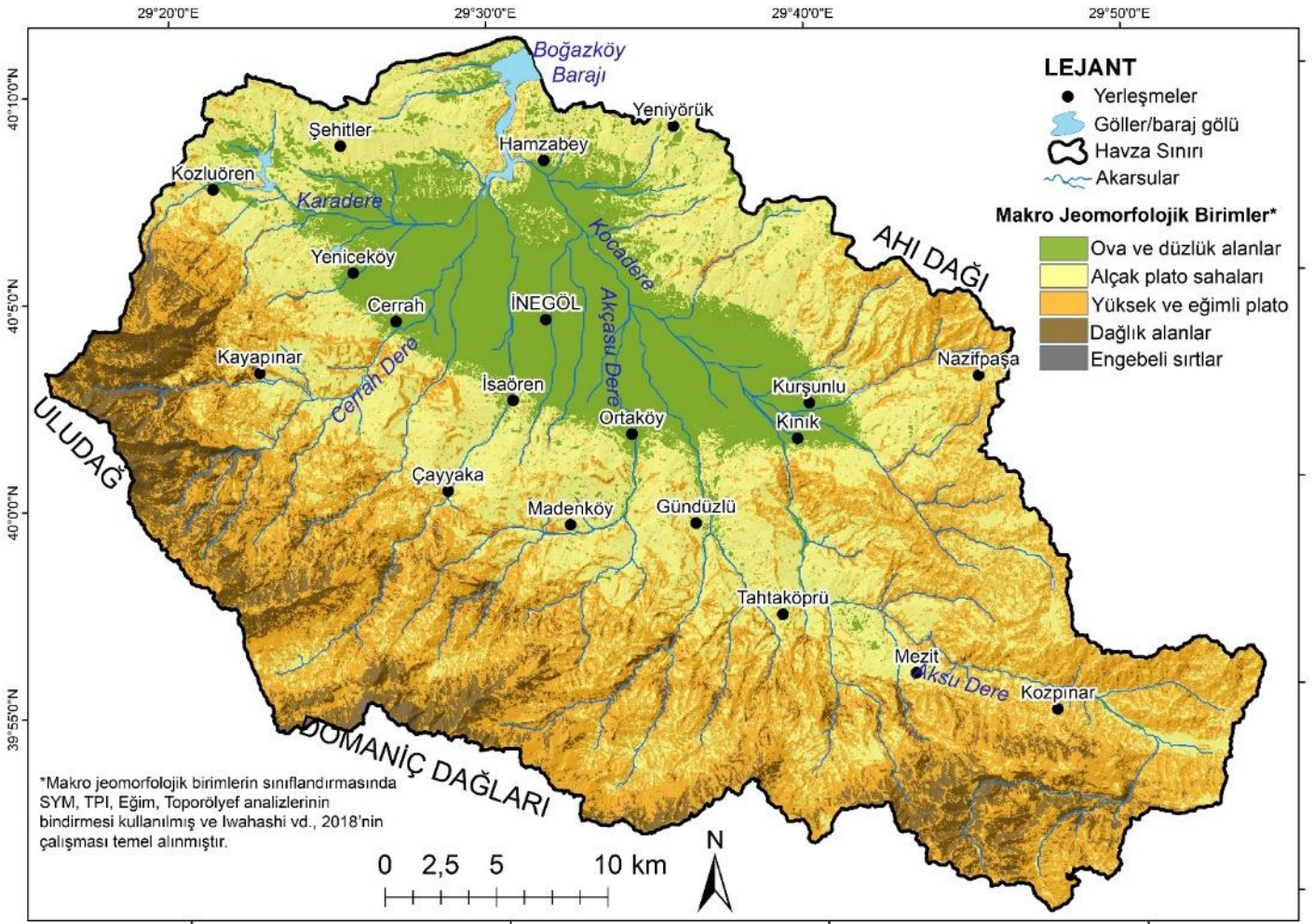
İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğunun çok düşük olduğu sahalarda havzanın %20'sini, düşük alanlar %29'unu, orta düzeydeki alanlar %39'unu, yüksek yoğunluklu alanlar %10'unu ve çok yüksek yoğunluklu alanlar %2'sini

meydana getirmektedir (Şekil 6). Rölyef değişiminin en yüksek boyutlarda gerçekleştiği sahalarda, İnegöl-Bozüyük karayolunun (D200) Kınık-Mezit-Kozpınar arası geçiş sahasında, İnegöl Ovası'nın kuzeybatısındaki maden sahasında, Cerrah, Yeniköy ve İsaören arasındaki sanayi, maden, yerleşim ve diğer kullanımlardan kaynaklı rölyef değişim alanlarında ve Boğazköy Barajı çevresinde gözlemlenir (Şekil 10,11). Yüksek düzeyde rölyef değişiminin olduğu alanlara, Hamzabey yakınlarındaki İnegöl OSB'de, Kurşunlu doğusunda, havzanın kuzeyindeki plato sahasında, Madenköy-Çayyaka çevresinde rastlanılmaktadır (Şekil 6). Havzanın güney çerçevesini oluşturan ve bitki formasyonunun kuşak halinde görüldüğü, Uludağ-Domanıç Dağları'nda ve Ahı Dağı ile plato sahalara geçişlerde çok düşük düzeyde rölyef değişiminin meydana geldiği tespit edilmiştir.



**Şekil 4:** Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim yoğunluğu ve etki modelinde kullanılan veriler, İnegöl Havzası'nın A) rölyef değişim dağılışı, B) eğim, C), topografya değişim yoğunluğu, D) topografik rölyef, E) yarıma derecesi (DI), F) antropojenik baskı yoğunluğu, G) arazi kullanımı (2024), H) arazi kullanımı değişimi (1984-2024), I) yollara mesafe, J) NDVI, K) NISI, L) NDBI.





Şekil 5: İnegöl Havzası'nın makro jeomorfolojik birimler dağılışı.

Havzadaki rölyef değişiminin süreçleri incelendiğinde, İnegöl ilçe merkezi ve OSB alanında topografyanın düzleştirme, tesviye etme ve akarsu kanallarında aşındırma süreçlerin olduğu saptanmıştır. İnegöl ve Şehitler arasındaki açık maden sahasında ise antropojenik kökenli aşındırma faaliyetlerinin olduğu, sahada ortaya çıkan malzemenin ise bazı alanlarda antropojenik biriktirme sürecine yol açtığı gözlemlenmiştir. Cerrah, Madenköy, Yeniceköy, Kayapınar yerleşmeleri ve çevrelerinde ise karma yapılu antropojenik süreçler rölyefi yeniden şekillendirmiştir. İnegöl-Bozüyük yolunun (D200 karayolu) Kınık-Mezit arasındaki yol genişletme, tünel çalışmaları rölyef üzerinden aşındırma faaliyetlerinin yoğun olduğu sahaları meydana getirmektedir (Şekil 11). Havzanın yüksek dağlık alanlarında gözlemlenen rölyef değişimi, son yıllarda bu alanlara yapılması planlanan yenilenebilir enerji (rüzgâr enerji tribünleri) kaynakları için yapılan degradasyonlardan ileri gelmektedir.

Antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğunun makro jeomorfolojik birimlerle ilişkisi alansal veri açısından incelenmiştir. Analiz bulgularına göre jeomorfolojik birimlerdeki antropojenik kaynaklı rölyef değişim ortalaması (rölyef değişim yoğunluğu skalası 0-1 arasında), ova ve düzlük alanlarda 0,55, alçak plato sahalarında 0,53, yüksek ve eğimli platolarda 0,44, dağlık alanlarda 0,39, engabeli ve eğimli sırtlarda 0,41 olarak hesaplanmıştır (Şekil 7). Değerler, özellikle ova ve düzlük

alanlardan alçak plato sahalarına geçişte antropojenik baskının artarak rölyefin yeniden tanzim edilmesine yol açtığını göstermektedir.

Rölyef değişim yoğunluk sınıfları ile makro jeomorfolojik birimlerin ilişkisi alansal ve oransal olarak uygulanan model üzerinden incelenmiştir. Model analizine göre İnegöl Havzası'nda ova ve düzlük alanlarda yüksek rölyef değişim oranı %6, çok yüksek rölyef değişim oranı %1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 7). Alçak plato sahalarında rölyef değişiminin yüksek olduğu alan oranı %13, çok yüksek rölyef değişim oranı %3'tür. Eğimli yüksek plato alanlarında rölyef değişiminin yüksek olduğu alanların oranı %9 iken çok yüksek kategorideki alanların oranı %2'dir (Şekil 7). Dağlık alanlarda yüksek rölyef değişim oranı %6, çok yüksek rölyef değişim oranı %2 olarak hesaplanmıştır. Engabeli, arızalı topografya ve sırtlarda yüksek rölyef değişim oranı %10 iken çok yüksek rölyef değişim oranı %1 olarak hesaplanmıştır. Bulgular özellikle eğimli ve engabeli alanları barındıran jeomorfolojik birimlerdeki antropojenik degradasyonun rölyef değişimin yüksek boyutlarda gerçekleşmesini sağladığını göstermektedir. Özellikle antropojenik faaliyet yoğunluğu ile ani değişen eğim şartları barından alçak plato sahası, vadiler ve yüksek plato alanlarının kesişiminde rölyefin mutlak suretle düzenlendiği dikkat çeker. Bu nedenle belirtilen makro jeomorfolojik birimlerdeki antropojenik kaynaklı rölyef eğişim oranı daha yüksek boyutlara ulaşmıştır.





havzanın %60'ında rölyef değişimin etkisinin çok düşük seviyede olacağını göstermektedir (Şekil 8). Ova ve plato sahasına geçiş alanlarında orta, Cerrah, Hamzabey, Madenköy Bıçkı Dere ve Boğazköy Barajı çevresinde ise yüksek düzeyde etki derecesi gözlemlenmektedir (Şekil 12). Yüksek düzeyde etkiye sahip alanların belli kümelenmeler gösterdiği dikkat çeker. Bütünleşik havza yapısı ve doğal ortamların dinamik etkileşim ilişkisi düşünüldüğünde, antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin etki derecesinin dar alanlı gözükmeye aslında birçok unsurda orta düzeyde etki oluşturmaya neden olmaktadır. Bu bakımdan İnegöl Havzası'nda makro jeomorfolojik birimlerden ova ve alçak plato sahalarında rölyef değişimlerinin doğal ortam koşullarında etkisinin daha fazla olacağı ortaya çıkmaktadır.

Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerinin etki derecesinin makro jeomorfolojik birimlerle ilişkisi alansal veri açısından incelenmiştir. Analiz bulgularına göre jeomorfolojik birimlerdeki antropojenik kaynaklı değişimin etki derecesi ortalaması, ova ve düzlük alanlarda 0,53 iken alçak plato sahalarında 0,50, yüksek ve eğimli platolarda 0,42, dağlık alanlarda 0,44 ve engebeli, eğimli sırtlarda 0,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 9). Değerler özellikle ova ve düzlük alanlardan alçak plato sahalarına geçişte antropojenik baskının artarak rölyefin yeniden tanzim edilmesine yol açtığını göstermektedir. Değerler, ova ve düzlük alanlardan daha engebeli alçak plato sahalarında geçişte rölyefin mutlak suretle değiştirilmeye çalışıldığı ve bunun etki düzeyini arttırdığını göstermektedir. Belli bir yükseltide kuşak halinde bulunan ve rölyefin değiştirilmesini topografik, jeolojik, klimatolojik koşullara birlikte engelleyen bitki kuşağının yüksek plato sahasındaki varlığı, bu jeomorfolojik birimdeki etki derecesinin diğer unsurlara göre daha düşük olmasına neden olmuştur.

Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin etki derecesi ile makro jeomorfolojik birimlerin ilişkisi alansal ve oransal olarak uygulanan model üzerinden incelenmiştir. Model sonuçlarına göre İnegöl Havzası ova ve düzlük alanlarında yüksek ve çok yüksek değişim etki oranının her ikisi de %2'dir. Alçak plato sahalarında değişimin etki oranının yüksek olduğu sahalar %3, çok yüksek etki oranı %0,1'dir (Şekil 9). Eğimli yüksek plato alanlarında antropojenik kaynaklı jeomorfolojik değişimi etki derecesinin yüksek olduğu alanların oranı %1 iken çok yüksek kategorideki alanların oranı %0,1'dir. Dağlık alanlarda yüksek değişim etki derecesi oranı %1, çok yüksek değişim oranı %0,1 olarak hesaplanmıştır. Engebeli, arızalı topografya ve sırtlarda yüksek değişim oranı %8 iken çok yüksek kategoride alanların olmadığı tespit edilmiştir. Değerler havzadaki makro jeomorfolojik birimlerdeki antropojenik kökenli değişimlerin etki derecesinin çoğunluk açısından orta ve düşük kategoride olduğunu göstermektedir. Yüksek ve çok yüksek etki derecesine sahip alanların ise ova, alçak

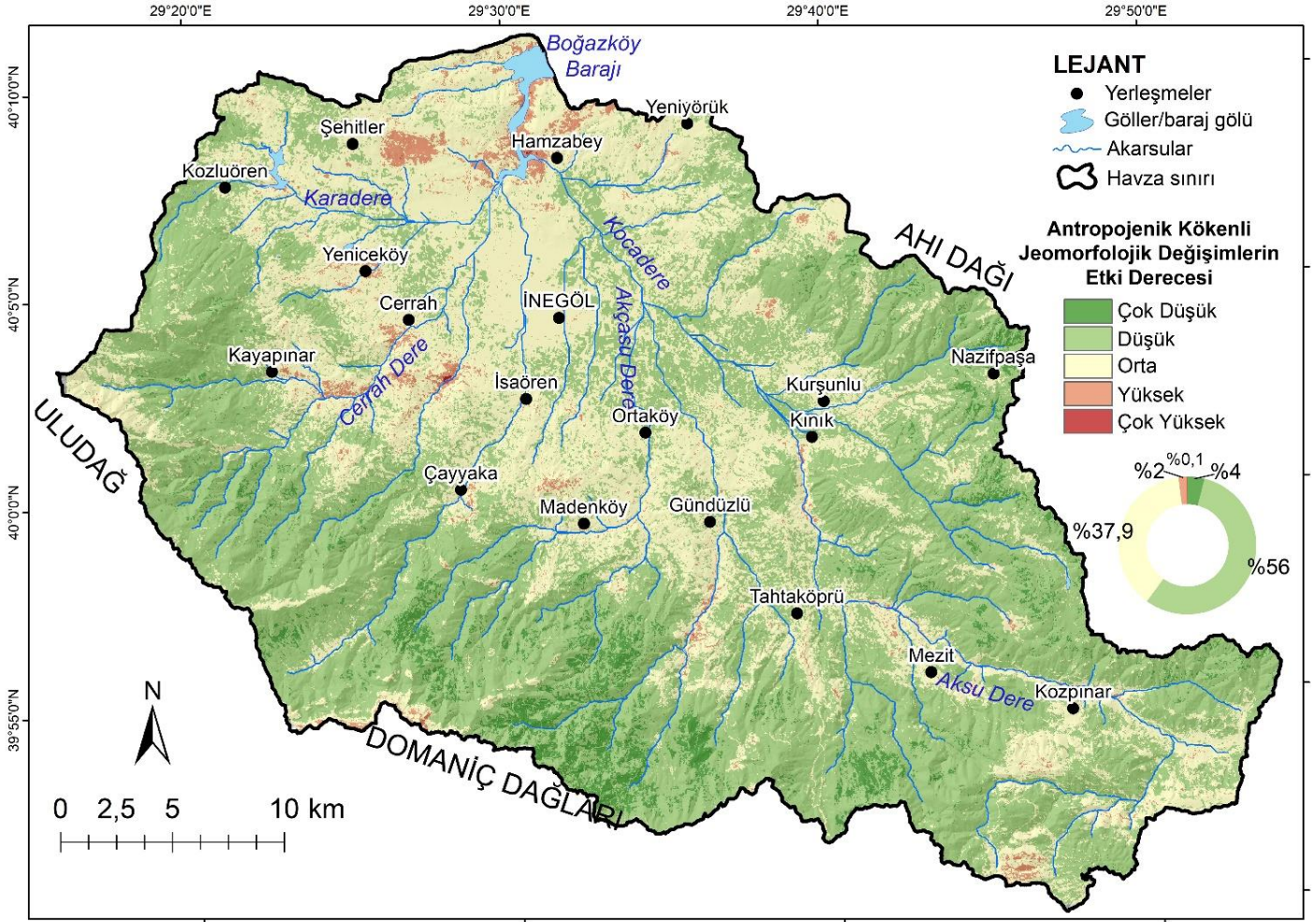
plato ve engebeli sırtlarda gözlemlendiği tespit edilmiştir.

### 3.2. İnegöl Havzası'nda yer yüzeyi sıcaklık dağılışı farkı (1984-2024) ile antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin ilişkisel analizi

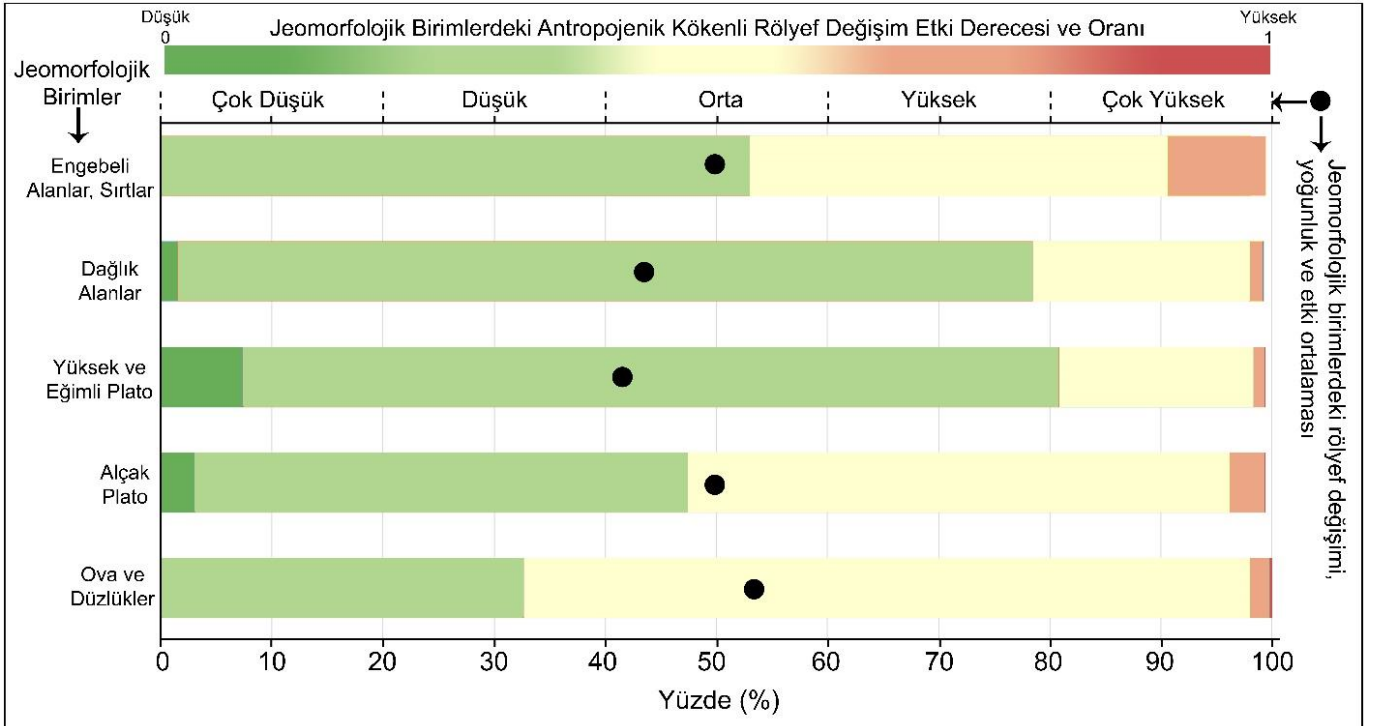
İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimler farklı etkiler oluşturarak doğal dinamik süreçlerde farklılaşmalara neden olmaktadır. Antroposen devrinin esas varsayımını oluşturan, insanın doğaya etki düzeyinin artması durumu, jeomorfolojik değişimlerin etkilerinin saptanması ve karşılaştırılması ile açıklanabilmektedir. Bu bakımdan İnegöl Havzası'nın 1984 ve 2024 yıllarına ait yer yüzeyi sıcaklıkları (YYS) hesaplanmış ve 40 yıllık YYS farkı analiz edilmiştir (Şekil 13,14). Bulgulara göre 1984 yılında İnegöl Havzası'nın ortalama yer yüzeyi sıcaklığı 23,05°C iken 2024 yılında bu değer 27,4°C'ye yükselmiştir (Şekil 10). 1984 yılında maksimum YYS değeri 37,6°C, minimum YYS değeri 12,3°C iken 2024 yılında maksimum YYS değeri 43,5°C, minimum YYS değeri 18,7°C'ye yükseldiği tespit edilmiştir (Şekil 13). Havzada, 1984 yılında maksimum YYS değerlerinin açık yüzeyler barından ovanın kuzey ve güneyindeki alçak plato sahalarında olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 13). Ancak 2024 yılında maksimum YYS değerlerinin İnegöl OSB sahasında, ilçe merkezinde, Hamzabey-Şehitler yerleşmeleri arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 13). 1984 ve 2024 yıllarında Uludağ, Domaniç Dağları, Ahı Dağı ile yüksek plato sahasında kuşak halinde bulunan bitki formasyonu sahalarında ise en düşük YYS değerlerinin olduğu görülmektedir.

İnegöl Havzası'nda 1984 ve 2024 yıllarına ait yer yüzeyi sıcaklık değişimlerinin fark analizi, antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğu ve etki derecesi analizi ile ilişkisel açıdan bağlantılar göstermektedir (Şekil 14). Havzanın 1984-2024 YYS değişimi incelendiğinde, İnegöl ilçe merkezinde, İnegöl OSB'de, Hamzabey ve kuzeyindeki OSB'de, Şehitler batısındaki maden sahasında, Cerrah Dere ve Madenköy yakınlarında 5°C'den fazla sıcaklık değişimlerinin olduğu saptanmıştır. Bu değişimlerin pozitif yönlü olarak artış yönünde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla havzada meydana gelen antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimler, topografya ve üst katmanının aşınmasına ve yer yüzeyi sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Özellikle belirtilen sahalardaki madencilik ve endüstri faaliyetleri ile yol yapım çalışmalarında kaynaklı topografik degradasyonun, atmosfer ışını yansıma değerini değiştirmiş, böylece yüzeyin daha fazla ısı absorbe etmesine neden olmuştur. Bu bakımdan havzanın dar mekânsal ve sayısal açıdan dar alanların meydana gelene antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimler daha büyük bir etki boyutu yaratmıştır.



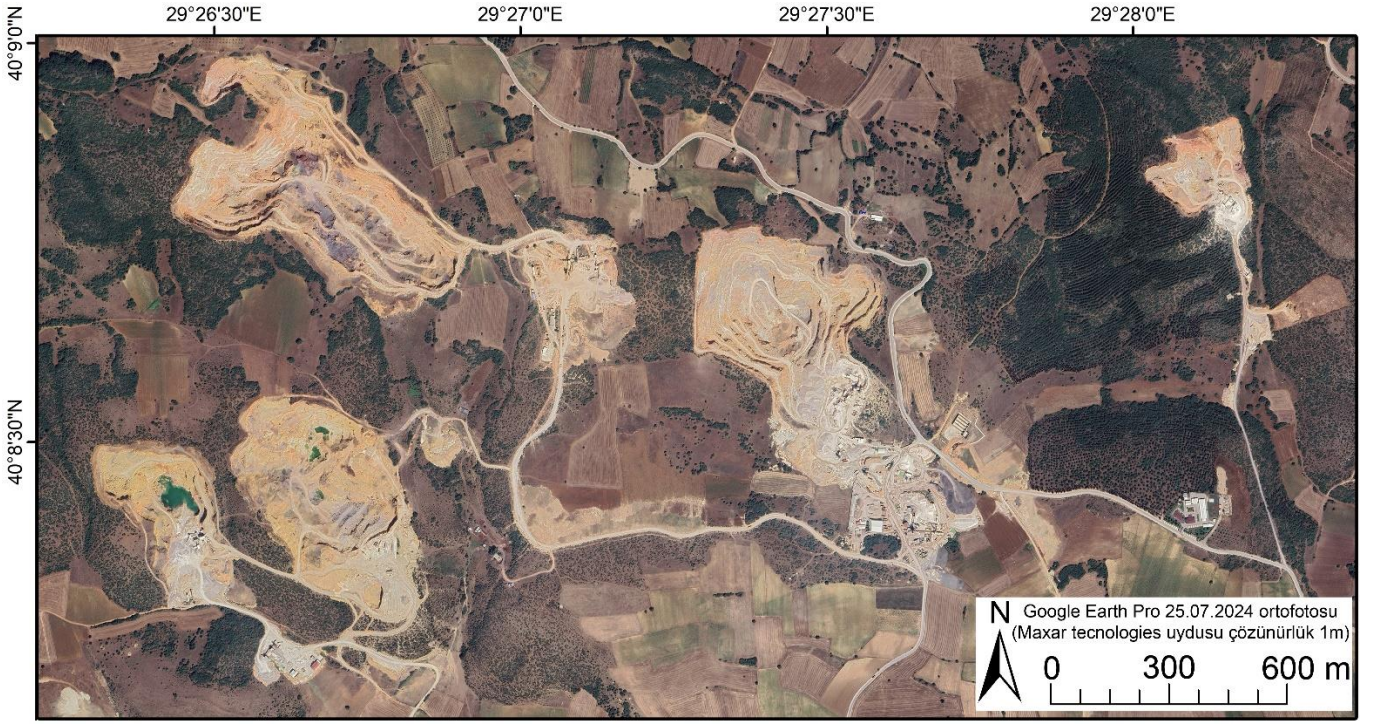


Şekil 8: İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimin modeline göre etki derecesi dağılışı.



Şekil 9: İnegöl Havzası'nda makro jeomorfolojik birimler ile antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim etki derecesi ilişkisinin kantitatif analizi.



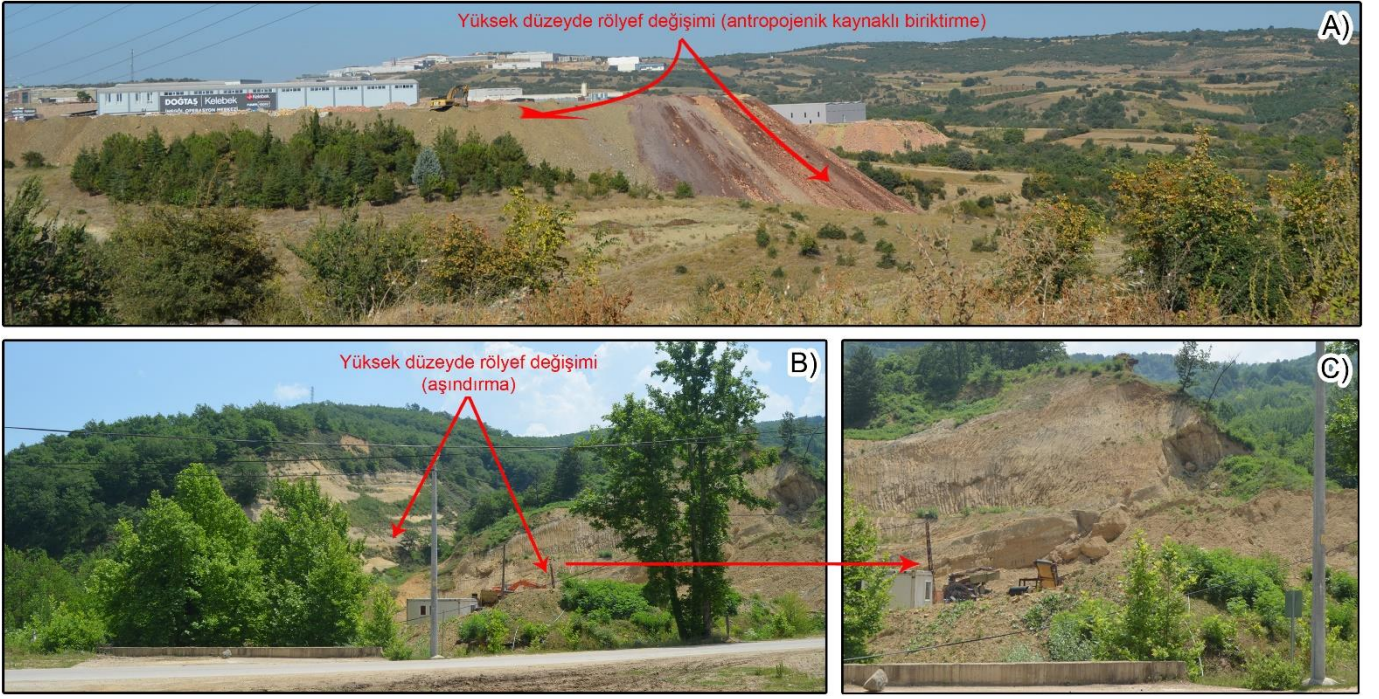


**Şekil 10:** İnegöl ilçe merkezi kuzeybatısı Şehitler yerleşmesi yakınlarındaki maden sahasında rölyefin değiştirilmesi.

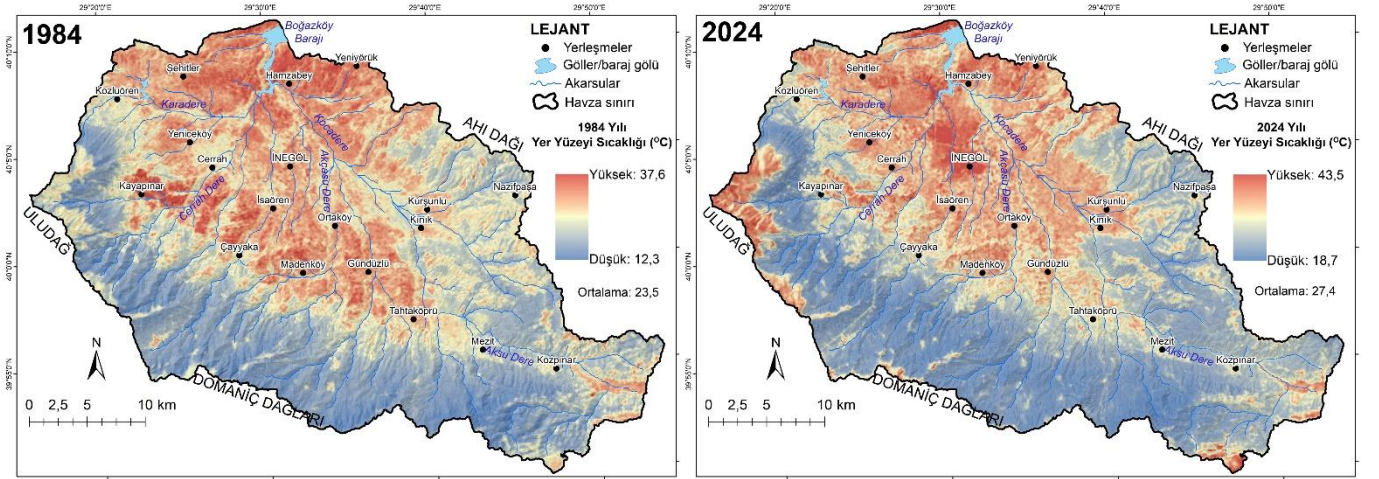


**Şekil 11:** İnegöl Havzasında ulaşım kaynaklı antropojenik jeomorfoloji süreçleri ve rölyef değişim A) D595 karayolu Boğazköy kesimi, B) ve C) D200 karayolu Kınık-Mezit arası D) Oylat karayolu F) D595 karayolu Hamzabey yakınları.



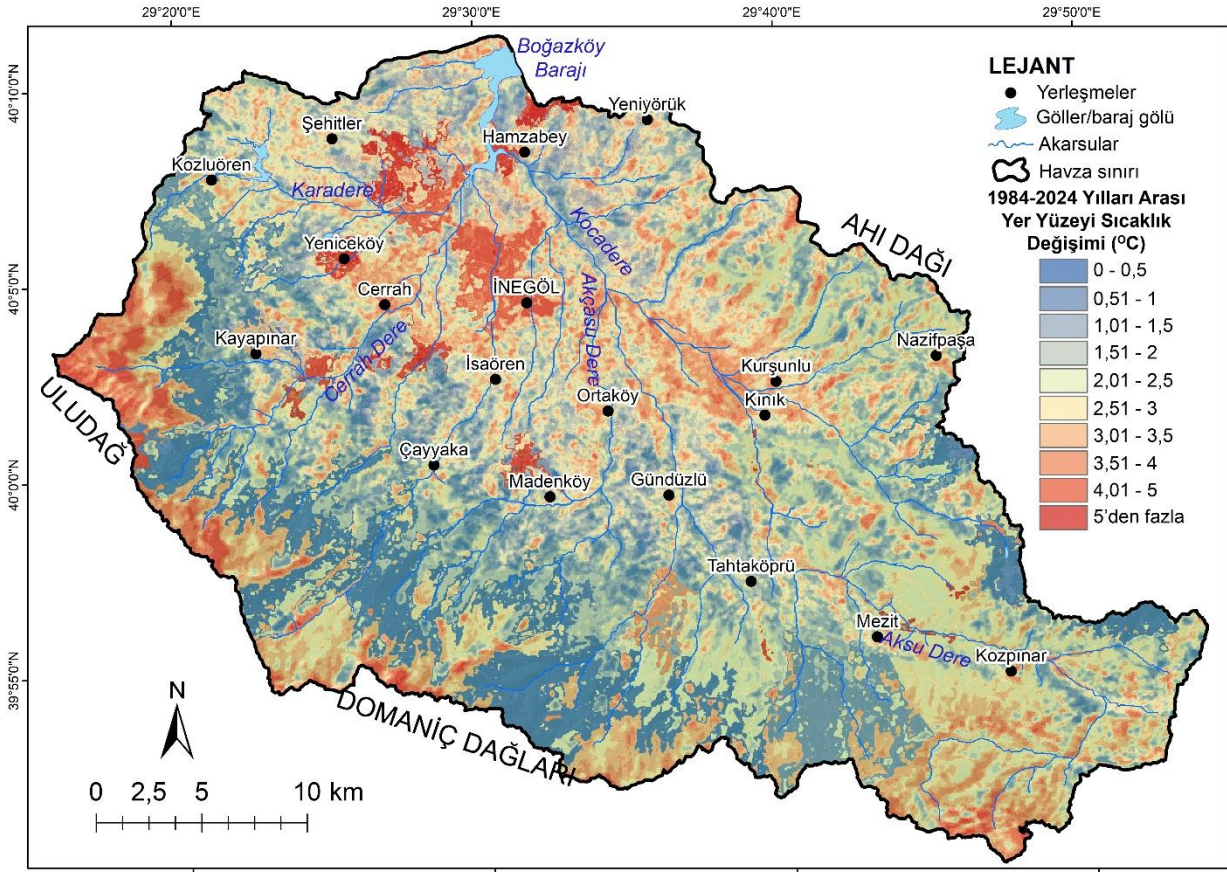


Şekil 12: A) İnegöl Mobilya ve Ağaç İşleri İhtisasları OSB sahasındaki rölyef değişimi, B) ve C) Gündüzlü yakınlarındaki rölyefinin yüksek yoğunlukta antropojenik olarak değiştirilmesi.



Şekil 13: İnegöl Havzası'nın 1984 ve 2024 yıllarına ait yer yüzeyi sıcaklık (YYS) dağılışı.





Şekil 14: İnegöl Havzası'nın 1984-2024 yılları arası yer yüzeyi sıcaklık farkı dağılışı.

#### 4. Tartışma

Çalışmanın temel bulgularından biri olan antropojenik kökenli rölyef değişim yoğunluğu analizine göre İnegöl Havzası'nın %12'sinde yüksek-çok yüksek kategoride değişim yoğunluğunun olduğu saptanmıştır. Veriler, Dünyada özellikle tarım, sanayi, ulaşım ve madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerdeki, değerlerle karşılaştırıldığında değişimin daha az yoğunlukta olduğunu anlaşılmaktadır (Brown ve ark., 2017; Brandolini ve ark., 2019; Aguilar ve ark., 2020; Cao ve ark., 2020; Braswell ve ark., 2024). Ancak antropojenik jeomorfoloji koşullarını oluşturan etmenlerin dağılışı ve birçok açıdan ortaya çıkan değişimin boyutu irdelenmelidir. Bu bakımdan tarım, yerleşim ve diğer insan aktiviteleri odaklı olarak erozif faaliyetler düşünüldüğünde İngiltere'nin %60'ında antropojenik koşulların rölyefi deforme ettiği, Almanya'daki bazı maden sahalarında dikey olarak rölyefin 2 m'den fazla aşındırıldığı (Tarolli ve ark., 2019; Henselowsky ve ark., 2021), dünyada antropojenik kökenli küresel aşınmanın doğal süreçlerdeki değerleri geçtiği ve insan kaynaklı tortu kaybının 57 milyon tondan fazla olduğu bilinmektedir (Price ve ark., 2011). İnegöl havzasında ise maden sahalarında 10 m'den fazla, ulaşım kaynaklı olarak 20 m ve sanayi odaklı olarak 5 m boyutunda antropojenik kaynaklı dikey rölyef değişimleri saptanmıştır. Alansal açıdan maden sahasında, Boğazköy barajı ve çevresi ile bu alandaki OSB'de tesviye işlemleri ile erozif faaliyetler ortaya çıkmıştır. Bulgular, İnegöl Havzası'nda rölyefin dikey olarak en çok değişime uğradığı alanının maden sahası olması diğer rölyef değişim yoğunluğunun sanayi ve

ulaşım odaklı olması havzada antropojeomorfolojik süreçlerin daha heterojen olduğunu göstermektedir. İnegöl Havzası'nda rölyef değişim bulgularının dünya ve Türkiye ölçeği (Nir, 1983; Szabó ve ark., 2010; Özşahin, 2013; Kopar ve ark., 2018; Aguilar ve ark., 2020; Uzun, 2020a, Ucu ve Karakoca, 2021; Ertek, 2023; Uzun, 2023; Nigam ve ark., 2024; Remondo ve ark., 2024) ile kıyaslaması, değişimin havzadaki dağılışının oransal olarak daha az değerde ancak yoğunluk ve boyutsal olarak daha büyük etkiye olduğunu sonucunu göstermektedir. Ayrıca havzanın jeomorfolojik çeşitliliği, yükselti amplitüdü ve floristik koşulların yoğunluğu düşünüldüğünde antropojenik kaynaklı rölyef değişim yoğunluklarının belli alanlarda kümelenmesi, doğal-beşerî unsur etkileşiminin dinamik yapısını ortaya koyar. Bu bakımdan özellikle ova ve alçak plato geçiş alanı ile bu sahalardaki ani değişen yükselti ve eğim değerlerinin olduğu alanlardaki antropojenik faaliyetler mutlak suretle rölyefi değiştirmiştir.

Araştırma bulgularından rölyef değişim durumu aynı zamanda antropojenik jeomorfoloji yaklaşımı dikkate alınarak birçok etken faktör temelinde etki analizine tabi tutulmuştur. Daha önce yapılmış çalışmalar antropojenik faaliyetlerin uzak sahalarda bile başka alanlarda beşerî faaliyetlerin jeomorfolojik ve doğal koşullar üzerinde etki oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Hooke ve ark., 2012; Aguilar ve ark., 2020). Yapılan çalışmalar insan faaliyetlerinin dünya kara yüzeyinin %50'den fazlasını değiştirdiğini, bu değişim sonucu ekosistemin büyük ölçüde bozulmalara maruz kaldığını göstermektedir (Hooke ve ark., 2012). Bu çalışmada İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin etkisi çok kriterli modelle



ortaya konmuştur. Model sonuçlarına göre havzanın %42'sinde antropojenik jeomorfolojik değişimler ile doğal ortam koşullarında jeoekolojik, ekosistemsel değişimlerin olduğunu bu sahaların ise özellikle İnegöl ovası ve alçak plato sahalarına geçişte yoğunlaştığını gösterir. Bu durum çalışmanın önemli sonuçlarından biri olan ve Türkiye arazisindeki genel antropojenik jeomorfoloji etki süreçlerini de açığa çıkarmıştır. Bu bakımdan doğal ortam koşullarının insan faaliyetleri için elverişli koşullar sağladığı düzlük, ova alanlarından, genişleyen yerleşme sahaları, ulaşım, sanayi, turizm ve madencilik faaliyetleri nedeniyle eğimli, daha yüksek ve farklı jeomorfolojiler sunan alanlara geçişte rölyefin mutlak suretle değiştirilmesidir. Bu değişimde İnegöl Havzası örneğinde olduğu gibi birçok doğal ortam koşulunda farklı boyutlarda etki yapmaktadır.

Ulusal ve uluslararası çalışmalardan bazıları kartografik verilerden, İHA analizlerinden, indis analizlerinden, bazıları ise uydu verilerinden yararlanarak antropojenik jeomorfoloji süreç ve değişim boyutlarını incelemektedir (Rózsa ve Novák, 2011; Ursu ve ark., 2011; Tarolli ve Sofia, 2016; Rocatti, ve ark., 2019; Xiang ve ark., 2019; Cao ve ark., 2020). Çalışmadaki yöntemin çok fazla kriter, etmen, süreç ve zamanı kapsamı, Potansiyel Antropojenik Jeomorfoloji İndis analizinden (Nir, 1983, Rozsa ve Novak, 2011) daha kullanılabilir veri ortaya koymasını sağlamıştır. Ayrıca rölyef değişim bulgularının jeomorfolojik ve antropojenik süreçleri kapsamlı bir zaman diliminde (40 yıllık) ortaya koyması, Türkiye ve Dünyada yapılan antropojenik jeomorfoloji çalışmaları açısından bu çalışmadaki bulguları önemli bir yere koymaktadır. Bu çalışmada ortaya konan, kartografik veriler, uydu verileri, arazi verilerini içeren çok etmenli model ise hem çıktı sonuçları hem de zamansal değişim boyutu açısından daha avantajlıdır. Çalışmadaki rölyef değişim yoğunluğu, etki analizi ve yer yüzeyi sıcaklık değişim verisi bulguları bu durumu açıklamaktadır.

## 5. Sonuçlar

Çalışmada, İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin yoğunluk ve etki analizi birçok kriterin kullanılması ve modellenmesiyle ortaya konmuştur. Bu kapsamda ilk olarak eski ve günümüz topografya paftaları ile arazi ölçüm verilerinin kullanılması sonucu antropojenik kökenli rölyef değişim dağılımı verisi üretilmiştir. Bu analiz verisine göre rölyef değişimi sınıflandırması açısından havzanın %20'sini çok düşük, düşük alanlar %29'unu, orta düzeydeki alanlar %39'unu, yüksek yoğunluklu alanlar %10'unu ve çok yüksek yoğunluklu alanlar %2'sini meydana getirmektedir. Topografyadaki değişimin çok yüksek boyutlu olduğu alanları, İnegöl-Bozüyük karayolunun (D200) Kınık-Mezit-Kozpınar arası geçiş sahası, İnegöl Ovası'nın kuzeybatısındaki maden sahası, Cerrah, Yeniköy ve İsaören arası, Hamzabey yakınları, Kurşunlu çevresi ve Boğazköy Barajı çevresi oluşturur. Bu sahalarla özellikle madencilik, ulaşım ve sanayi kaynaklı olarak rölyef antropojenik aşındırmaya maruz kalmış ve birçok alanda topografya düzleştirilmiştir. Havzanın güneyinde, bitki formasyonunun kuşak halinde görüldüğü, Uludağ-Domaniç Dağları'nda ve doğuda Ahı Dağı ile plato

sahalarına geçişlerde çok düşük düzeyde rölyef değişiminin meydana geldiği tespit edilmiştir. Rölyef değişim yoğunluk sınıfları ile makro jeomorfolojik birimlerin ilişkisi incelendiğinde, ova ve düzlük alanlarda yüksek rölyef değişim oranı %6, çok yüksek rölyef değişim oranı %1'dir. Alçak plato sahalarında rölyef değişiminin yüksek olduğu alan oranı %13, çok yüksek rölyef değişim oranı %3'tür. Eğimli yüksek plato alanlarında rölyef değişiminin yüksek olduğu alanların oranı %9 iken çok yüksek kategorideki alanların oranı %2'dir. Dağlık alanlarda yüksek rölyef değişim oranı %6, çok yüksek rölyef değişim oranı %2 olarak hesaplanmıştır. Engebeli, arızalı topografya ve sırtlarda yüksek rölyef değişim oranı %10 iken çok yüksek rölyef değişim oranı %1'dir. Kantitatif analiz verileri, özellikle arızalı, eğimli ve engebeli topografyayı barındıran jeomorfolojik birimlerdeki antropojenik degradasyonun, rölyef değişiminin yüksek boyutlarda gerçekleşmesini sağladığını göstermektedir.

İnegöl Havzası'nda antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim etki modeline göre, çok düşük etkideki alanlar havza alanının %4'ü, düşük alanlar %56'sını, orta düzeydeki alanlar %37,9'unu, yüksek etki alanları %2'sini ve çok yüksek etki alanları %0,1'ini meydana getirmektedir. Uludağ, Domaniç Dağları ve Ahı Dağı'nda kuşak halindeki bitki formasyon alanı, antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim etkisinin en az olduğu sahaları meydana getirir. Ova ve düzlük alanlardan plato sahasına geçiş alanlarında orta düzeyde etki, Cerrah, Hamzabey, Madenköy Bıçkı Dere ve Boğazköy Barajı çevresinde ise yüksek düzeyde etki derecesi gözlemlenmektedir. Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin etki düzeyinin yüksek, çok yüksek olduğu sahaların dar olduğu çalışmada tespit edilmiştir. Ancak havzaların bütünleşik yapısı, jeomorfolojik koşullardaki dinamik süreçler, doğal ortam koşullarındaki etkileşim ve coğrafi ilişki yapısı düşünüldüğünde, dar alanlı rölyef değişimlerinin etki sahasının geniş bir alanda olacağı ortaya çıkar. Bu bakımdan model verisinde orta düzey etki alanların %40'a yakın olması, bu alanların ova ve alçak platolarda yoğunlaşması dikkat çekmektedir. Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin etki derecesi ile makro jeomorfolojik birimlerin ilişki analizi sonuçlarına göre, İnegöl Havzası ova ve düzlük alanlarında yüksek ve çok yüksek değişim etki oranını %2'dir. Alçak plato sahalarında değişimin etki oranının yüksek olduğu sahalar %3, çok yüksek etki oranı %0,1'dir. Eğimli yüksek plato alanlarında etki derecesinin yüksek olduğu alanların oranı %1 iken çok yüksek kategorideki alanların oranı %0,1'dir. Dağlık alanlarda da benzer durum tespit edilmiştir. Engebeli, arızalı topografya ve sırtlarda yüksek değişim oranı %8 iken çok yüksek kategoride alanların olmadığı saptanmıştır. Verilerden, yüksek ve çok yüksek etki derecesine sahip alanların ova, alçak plato ve engebeli sırtlarda gözlemlendiği tespit edilmiştir.

Antropojenik kökenli jeomorfolojik değişim yoğunluğu ve etki derecesinin yüksek olduğu sahaların 40 yıllık (1984-2024) yer yüzeyi sıcaklık (YYS) farkı incelendiğinde, topografya sathının aşındırılması, yapay alanların ortaya konması, bu alanlarda 5°C'den fazla sıcaklık artışına sebep vermektedir. Özellikle madencilik

sahaları, sanayi ve kentsel alanlar için topografyanın yeniden tanzimi, ısıma miktarı dolayısıyla yüzeyin ısınma durumunu değiştirmektedir. Özellikle, Şehitler, Hamzabey, İnegöl OSB ve ilçe merkezi, Yeniceköy, Kurşunlu ve Madenköy YYS farkının yüksek olduğu sahalardır.

Elde edilen bulgular özellikle ova ve düzlük alanlardan daha eğimli ve engebeli sahalara geçişlerde insan faaliyetlerinin topografyayı yeniden şekillendirme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bu bakımdan nüfus artışı ile artan talepler, sanayi faaliyetleri, madencilik, teknolojik gelişmeler ve ulaşım ağının gelişmesi antropojenik kökenli rölyef değişimlerinin temel nedenlerini oluşturmaktadır. Meydana gelen topografik değişimler özellikle ova-plato geçişlerinde şevlerin meydana gelmesine, birikinti konilerinde degradasyona, kütle hareketlerinin tetiklenmesine, dere-akarsu kanallarının değiştirilmesine, yüzeyin kaldırılıp ana kayanın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu tür antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin, yer yüzeyi sıcaklığı, insan ve doğa kaynaklı afetleri tetikleme, jeolojik risk alanları oluşturma, ekosistemin dinamik işleyişinde bozulma gibi birçok etki oluşturduğu İnegöl Havzası özelinde tespit edilmiştir. Bu bakımdan havza yönetimi çalışmalarında antropojenik kökenli jeomorfolojik değişimlerin dikkate alınmasının gerektiği düşünülmektedir.

#### Araştırmacıların katkı oranı

**S. Murat UZUN:** Literatür taraması, Arazi çalışması, Harita ve görselleştirme, Modelleme, Makale yazımı, Düzenleme.

#### Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Kaynakça

- Aguilar, R. G., Owens, R. & Giardino, J. R. (2020). The expanding role of anthropogeomorphology in critical zone studies in the Anthropocene. *Geomorphology*, (366), 107165. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107165>
- Alevkayalı, Ç., Yayla, O., & Atayeter, Y. (2023). Monitoring and classification of karst rocky desertification with Landsat 8 OLI images using spectral indices, multi-endmember spectral mixture analysis and support vector machine. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(3), 277-289. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1149738>
- Altınlı, İ. E. (1965). İnegöl Havzasının Jeolojisi ve Hidrolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, 30(1-2), 173-199.
- Amanambu, A. C., Mossa, J., (2024). Machine learning insights of anthropogenic and natural influences on riverbed deformation in a large lowland river. *Geomorphology*, 446, 108986. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108986>
- Ardel, A. 1947. İnegöl Ovası ve Çevresi (Morfolojik Etüt), *Türk Coğrafya Dergisi*, 9-10, 64-95.

- Ateş, E., Gül, M., Sarıman, G., Danladi, I. B. (2024). Akarsular üzerindeki antropojenik yapıların kıyı çizgisi üzerindeki etkisi: Dalaman Çayı. *Geomatik*, 9(2), 245-258. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1434927>
- Ayazlı, İ. E. (2022). Hızlı büyüyen yerleşim yerlerinde kentsel büyümenin yüksek doğruluklu simülasyon modelleri ile izlenmesi: Model kalibrasyonu için T-AFA yöntemi önerisi. *Geomatik*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.29128/geomatik.764579>
- Brandolini, P., Cappadonia, C., Luberti, G., Donadio, C., Stamatopoulos, L., Di Maggio, C. ... Del Monte, M. (2019). Geomorphology of the Anthropocene in Mediterranean Urban Areas. *SAGE Progress in Physical Geography*, 20(10), 1-34. <https://doi.org/10.1177/030.913.3319881108>
- Braswell, A. E., Mallarda, J., Ross, M., (2024). Novel landforms: integrating people as key drivers of form and process in geomorphology, *Earth ArXiv*, 31, 1-20. <https://doi.org/10.7910/DVN/31MDDO>
- Brown, E. H., (1970). Man Shapes The Earth. *Geographical Journal*, 136, 74-85. <https://doi.org/10.2307/1795683>
- Brown, A. G., Tooth, S., Bullard, J. E., Thomas, D., Chiverrel, R., Plater, A., & Murton, J. (2017). The Geomorphology of the Anthropocene: Emergence, status and implications. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 71-90. <https://doi.org/10.1002/esp.3943>
- Cao, W., Sofia, G., & Tarolli, P. (2020). Geomorphometric Characterisation of Natural And Anthropogenic Land Covers. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7(2), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40645.019.0314-x>
- Castree, N. (2014). The Anthropocene and Geography I: The Back Story. *Geography Compass*, 8, 436-449. <https://doi.org/10.1111/gec3.12141>
- Cendrero, A., Forte, L.M., Remondo, J., Cuesta-Albertos, J., (2020). Anthropocenegeomorphic change. Climate or human activities? *Earth's Future* 8, e2019EF001305. <https://doi.org/10.1029/2019EF001305>.
- Cendrero, A., Remondo, J., Beylich, A., Cienciala, P., Forte, L., Golosov, V., Gusarov, A., Kijowska-Strugała, M., Laute, K., Li, D., Navas, A., Soldati, M., Vergari, F., Zwoliński, Z., Dixon, J., Knight, J., Nadal-Romero, E., Płaczowska, E., (2022). Denudation and geomorphic change in the Anthropocene; a global overview. *Earth Science Review*. 233, 104186 <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104186>.
- Chirico P. G., Bergstresser S., DeWitt J. D., & Marissa A. A. (2020). Geomorphological mapping and anthropogenic landform change in an urbanizing watershed using structure-from-motion photogrammetry and geospatial modeling techniques. *Journal of Maps*. <https://doi.org/10.1080/17445.647.2020.1746419>
- Crutzen, P.J., & Stoermer, E.F. (2000) The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.412
- Desouky, I. S. A., Desouky, H. S. A., (2024), Anthropogenic Geomorphological Changes in the Coastal area of Ain Al-Sokhna in Egypt, Using Remote Sensing and GIS, *Ecygytan Journal*, 27, 224-254. <https://doi.org/10.21608/jfpsu.2024.248750.1312>
- Ellis, E. C. (2017). *Physical Geography in the Anthropocene*. Progress in Physical Geography SAGE,



- 41(5), 525-532.  
<https://doi.org/10.1177/030.913.3317736424>
- Erinç, S. (2001). Jeomorfoloji I (Ertek A., & Güneysu, C., Güncelleştirenler). İstanbul: Der Yayınları.
- Erkal, T., & Taş, B. (2022). Değişen Yeryüzü ve İnsanın Etkisi (Bir Uygulamalı Jeomorfoloji Yaklaşımı). Nobel Kitabevi 1. Basım Ankara.
- Ertek, T. A. (2017). Antropojenik Jeomorfoloji: Konusu, Kökeni ve Amacı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 69-79. <https://doi.org/10.17211/tcd.319409>
- Ertek, T., A., (2023). Antroposen, Antroposfer, Antropojenik Jeomorfoloji, Pegem Akademi kitabevi. 1. Baskı. Ankara.
- Guisan, A., Weiss, S. B., & Weiss, A. D. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology*, 143(1), 107-122.
- Goudie, S. A. (1993). Human Influence in Geomorphology. *Geomorphology*, 7, 37-59. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90011-P](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90011-P)
- Goudie, A., & Viles, H. (2016). *Geomorphology in the Anthropocene*. Cambridge University Publishers.
- Guha, S., & Govil, H. (2021). Relationship between land surface temperature and normalized difference water index on various land surfaces: A seasonal analysis. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(3), 165-173. <https://doi.org/10.26833/ijeg.821730>
- Harden, C. P., Chin, A., & English, M. R. (2014). Understanding Human-Landscape Interactions in the Anthropocene. *Environmental Management*, 53, 4-13. <https://doi.org/10.1007/s00267.013.0082-0>
- Head, M.J., Zalasiewicz, J.A., Waters, C.N., Turner, S.D., Williams, M., Barnosky, A.D., Steffen, W., Wagemann, M., Haff, P.K., Syvitski, J., Leinfelder, R., (2022). The proposed Anthropocene Epoch/Series is underpinned by an extensive array of mid-20th century stratigraphic event signals. *J. Quat. Sci.* 37 (7), 1181-1187. <https://doi.org/10.1002/jqs.3467>
- Henselowsky, F., Rölkens, J., Kelterbaum, D., & Bubbenzer, O. (2021). Anthropogenic relief changes in a long-lasting lignite mining area ('Ville', Germany) derived from historic maps and digital elevation models. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(9), 1725-1738.
- Hooke, R. L. (2000). On the history of humans as geomorphic agents. *Geology*, 28(9), 843-846.
- Hooke, R. L., Martín Duque, J. F., & Pedraza Gilsanz, J. D. (2012). Land transformation by humans: a review. *Dota Complutense*, <https://hdl.handle.net/20.500.14352/43718>
- Hoşgören, M. Y. (1975). İnegöl Havzasının Jeomorfolojisi, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Matbaası.
- Iwahashi, J., Kamiya, I., Matsuoka, M. (2018). Global terrain classification using 280 m DEMs: segmentation, clustering, and reclassification. *Prog Earth Planet Sci* 5, 1 (2018). <https://doi.org/10.1186/s40645-017-0157-2>
- Jefferson, A. J., Wegmann, K. W., & Chin, A. (2013) *Geomorphology of the Anthropocene: Understanding The Surficial Legacy of Past and Present Human Activities*. *Anthropocene*, 1(2), 1-3.
- Jenness, J. (2006). Topographic Position Index (tpi\_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3a. Jenness Enterprises.
- Kajczak, A., Zarychta, R. (2024). Kraków—Anthropogenic Changes in the Relief of a Large City. In: Migoń, P., Jancewicz, K. (eds) *Landscapes and Landforms of Poland*. World Geomorphological Landscapes. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-45762-3\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-031-45762-3_23)
- Kaya, Y., & Polat, N. (2023). A linear approach for wheat yield prediction by using different spectral vegetation indices. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(1), 52-62. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1035037>
- Kellner, A. W. A. (2024). Anthropocene epoch proposal rejected - does it really matter? *An Acad Bras Cienc* (2024) 96(2): e2024962 <https://doi.org/10.1590/0001-376520242024962>
- Kopar, İ., Çelik M., & Bayram, H. (2018). Kapadokya Volkanik Provensi'ndeki Volkan Rölyefinin Antropojenik Degradasyonu Üzerine Bir Analiz. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71, 37-46. <https://doi.org/10.17211/tcd.424377>
- Kurucu Sipahi, S., & Bağcı, H. R. (2024). Antropojenik Jeomorfoloji'nin Yükselişini Niceliklendirme: Bibliometrik Bir Analiz. *Mavi Atlas*, 12(1), 232-253. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.1453132>
- Li, J., Yang, L., Pu, R., & Liu, Y. (2017). A Review on Anthropogenic Geomorphology. *Journal of Geographical Sciences*, 27(1), 109-128. <https://doi.org/10.1007/s11442.017.1367-7>
- Mark, D.M. (1975). Geomorphometric Parameters: A Review and Evaluation, *Geografiska Annaler*, 57, 165-177.
- MTA. (2013-2014) 1:100.000 ölçekli H22, H23, I22, I23 jeoloji paftaları, Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi No: 192-204, Ankara.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., & Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481-486.
- Natale, J., Vitale, S., Repola, L., Monti, L., Isaia, R., (2024). Geomorphic analysis of digital elevation model generated from vintage aerial photographs: A glance at the pre-urbanization morphology of the active Campi Flegrei caldera, *Geomorphology*, 460, 109267. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109267>
- Nigam, R., Luis, A. & Kotha, M. (2024) Evaluation of efficiency of the index of potential anthropic geomorphology at meso level: a case study of Goa State, India. *The Geographical Journal*, 190, e12540. Available from: <https://doi.org/10.1111/geoj.12540>
- Nir, D. (1957). The Ratio of Relative and Absolute Altitude of Mt. Carmel. *Geographical Review*, 27, 564-569.
- Nir, D., (1983). *Man, A Geomorphological Agent*. An Introduction to Anthropogenic Geomorphology. Dordrecht, Boston, London: Reidel.
- Özşahin, E. (2013). Asi Nehri Deltasının (Hatay) Antropojenik Jeomorfolojisi. Öner, E. (Ed.) *Profesör Doktor İlhan Kayan'a Armağan*. (ss. 925-934). İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.

- Pica, A.; Lämmle, L.; Burnelli, M.; Del Monte, M.; Donadio, C.; Faccini, F.; Lazzari, M.; Mandarino, A.; Melelli, L.; Perez Filho, A.; (2024). Urban Geomorphology Methods and Applications as a Guideline for Understanding the City Environment. *Land*, 13, 907. <https://doi.org/10.3390/land13070907>
- Price, S.J. Ford, A.H. J.R. Cooper, A. H. Neal C. (2011). Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain *Phil. Trans. Roy. Soc. A*, 369 (2011), pp. 1056-1084 <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0296>
- Remondo, J., Forte, L. M., Cendrero, A., Cienciala, P., & Beylich, A. A. (2024). Human-driven global geomorphic change. *Geomorphology*, 457, 109233. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109233>
- Rocatti, A., Fancini, F., Luino, F., De Graff, J., & Turconi, L. (2019). Morphological changes and human impact in the Entella River floodplain (Northern Italy) from the 17th century. *ScienceDirect Elsevier*, 182, 1-19.
- Rózsa, P. (2007). Attempts at Qualitative and Quantitative Assessment of Human Impact on the Landscape. *Geogr Fiz Dinam Quat*, 30, 233-238.
- Rózsa, P. (2010). Nature and Extent of Human Geomorphological Impact – A Review. Szabó, J., David, L., & Loczy, D. (Eds.). *Anthropogenic Geomorphology, A Guide to Man-Made Landforms*. (ss. 273-293). Dordrecht Heidelberg London New York: Springer.
- Rózsa P., & Novák, T. (2011). Mapping anthropogenic geomorphological sensitivity on global scale. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55(1), 109-117. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2011/0055S1-0041>
- Rózsa P., Incze, J., Balogh, S., & Novák T. (2020). A novel approach to quantifying the degree of anthropogenic surface transformation – the concept of ‘hemeromorphy’. *Erkunde*, 74(1), 45-57. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2020.01.03>
- Saleem, A. M. (2018). The Anthropogenic Geomorphology of the New Suburbs, East of Greater Cairo, Egypt. *Bultein Social. Géogphy. d’Égypte*, 91(1), 1-28. <https://doi.org/10.21608/BSGE.2018.90304>
- Sofia, F., Marinello, F., & Tarolli, P. (2016). Metrics for quantifying anthropogenic impacts on geomorphology: Road networks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, 240-255. <https://doi.org/10.1002/esp.3842>
- Steffen, W., Grinevald, J., & Crutzen, P. (2011). The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 369, 842-867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Su, S., Tian, J., Dong, X., Tian, Q., Wang, N., & Xi, Y. (2022). An impervious surface spectral index on multispectral imagery using visible and near-infrared bands. *Remote Sensing*, 14(14), 3391.
- Sundara Pandian, R., U, S., K, P. B., R, L. N. (2023). Identification of groundwater potential for urban development using multi-criteria decision-making method of analytical hierarchy process. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(3), 318-328. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1190998>
- Sümer., Ö., Alak, A., & Tekin, A. (2020) Antropojen ve Antroposen Kavramlarının Tarihsel Gelişimine Yerbilimsel Bir Bakış. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 23, 1-20.
- Syvitski, J., Restrepo, J., Saito, Y., Overeem, I., Vorosmarty, C.J., Houjie Wang, H., Olago, D., (2022). Earth’s sediment cycle during the Anthropocene. *Nat. Rev. Earth Environ.* 3, 179-196. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00253-w>.
- Szabó, J., David, L., & Loczy, D. (2010). *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms*. London, New York: Springer.
- Tarolli, P. (2016). Humans and the Earth’s Surface. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, 2301-2304. <https://doi.org/10.1002/esp.4059>
- Tarolli, P., & Sofia, G. (2016). Human Topographic Signatures and Derived Geomorphic Processes Across Landscapes. *Geomorphology*, 255, 140-161. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.007>
- Tarolli, P., Cao, W., Sofia, G., Evans, D., & Ellis, E. (2019). From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 43(1), 95-128.
- Turoğlu, H. (2019). Yapay kıyıların jeomorfolojik tanımlaması: Diliskelesi kıyıları örneği (Kocaeli, Türkiye). *Coğrafya Dergisi*, 39, 11-27. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0015>
- Uncu, L., & Karakoca, E. (2021). Antropo-jeomorfolojik bir yaklaşımla Bilecik (Merkez ilçe) taş ocaklarının mekânsal ve zamansal değişimi. *Türk Coğrafya Dergisi* (77), 119-130. <https://doi.org/10.17211/tcd.933685>
- Ursu, A., Chelaru, D. A., Mihai, F. C., & Iordache, I. (2011). Anthropogenic Landform Modeling Using GIS Techniques Case Study: Vrancea Region. *Geographia Technica*, 13(1), 91-100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19144>
- Uzun, M., (2020a). Anthropogenic Geomorphology in The Dilderesi Basin (Gebze-Dilovası): Changes, Dimensions and Effects. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 41, 319-345. <https://doi.org/10.32003/igge.623378>
- Uzun, M., (2020b). Antropojenik Jeomorfoloji Kapsamında Rölyefin Değişim Analizi: Ataşehir (İstanbul) Örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences*, 18(1), 57-84. <https://doi.org/10.33688/aucbd.684790>
- Uzun, M. (2021a). Antropojenik Kaynaklı Jeomorfolojik Değişimlerin Oluşmasındaki Faktörlerin Coğrafi Analizi: Maltepe İlçesi (İstanbul) Örneği. *Öneri Dergisi*, 16(56), 389-418. <https://doi.org/10.14783/maruoneri.888364>
- Uzun, M. (2021b). İnegöl Havzasında Drenaj Ağı Gelişimi ve Flüvyal Süreçlerin Morfometrik Analizlerle İncelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(1), 85-106. <https://doi.org/10.51800/ecd.906685>
- Uzun, M. (2023). Antropojenik Jeomorfoloji Yaklaşımı ile Marmara Adası’nda Mermer Ocaklarından Kaynaklı Değişimlerin Analizi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 28(50), 75-87. <https://doi.org/10.5152/EGJ.2023.23071>
- Verburg, P. H., Dearing, J. A., & Dyke, J. G. (2016). *Methods and Approaches to Modelling the Anthropocene*.



- Global Environmental Change, 39, 328-340.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.08.007>
- Weiss, A. (2001). Topographic position and landforms analysis [Poster Presentation]. ESRI User Conference. San Diego, CA.
- Witze A. (2024). Geologists reject the Anthropocene as Earth's new epoch — after 15 years of debate. *Nature* 627: 249-250. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00675-8>.
- Xiang, J., Li, S., Xiao, K., Chen, J., Sofia, G., & Tarolli, P. (2019). Quantitative Analysis of Anthropogenic Morphologies Based on Multi-Temporal High-Resolution Topography. *Remote Sensing, MPDI*, 11, 1-20. <https://doi.org/10.3390/rs11121493>
- Yıldız, E., & Er, F. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri: Hibrit çözüm yaklaşımı ile Siirt örneği. *Geomatik*, 8(3), 222-234. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1228779>
- Zalasiewicz, J., Williams, M., & Steffen, W. Crutzen, P. (2010). The New World of the Anthropocene. *Environmental Science & Technology*, 44(7), 2228-2231.
- Zalasiewicz J. Head, M. J., Waters C. N., Turner, S. Haff, P. (2024). The Anthropocene within the Geological Time Scale: a response to fundamental questions. *Episodes* 47(1): 65-83. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2023/023025>.
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594.
- Zhang, J. Q., Wang, Y. P., Li, Y. (2006). A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. *Computers & Geosciences*, 32(10), 1796-1805.

