

Copernicus Yüksek Çözünürlüklü Katman Geçirimsizlik Yoğunluğu (HRL IMD) Verileri Kullanılarak Geçirimsizlik Derecelerinin Haritalanması ve Gelecek Tahmini: Amasya Kenti Örneği

Mapping of Imperviousness Degrees and Future Prediction Using Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Density (HRL IMD) Data: The Case of Amasya City

Sultan Sevinç Kurt Konakoğlu¹, Tuğba Üstün Topal², Berkant Konakoğlu^{3*}

¹Amasya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 05100, Amasya/Türkiye.

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 59030, Tekirdağ/Türkiye.

³Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita ve Kadastro Programı, 05100, Amasya/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Berkant Konakoğlu
berkantkonakoglu@amasya.edu.tr

doi: 10.48123/rsgis.1602126

Yayın süreci

Geliş tarihi: 15.12.2024

Kabul tarihi: 06.03.2025

Basım tarihi: 26.03.2025

Özet

Sürdürülebilir kentsel planlama için kentlerdeki yapılaşmış alanların ve ortaya çıkardığı kentsel koşulların kapsamlı bir şekilde ele alınması oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Copernicus Yüksek Çözünürlüklü Katman Geçirimsizlik Yoğunluğu (HRL IMD) verileri kullanılarak (2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yılları) Amasya kenti ölçeğinde kentsel geçirimsizlik dereceleri sınıflandırılarak haritalanmış ve yıllara göre kentsel arazi değişim oranları hesaplanmıştır. Çalışmada, belirlenen değişimlerin aynı şekilde devam etmesi durumunda gelecekteki (2030 yılı) geçirimsizlik derecelerinin ne olabileceğini belirlemek amacıyla doğrusal ve polinom regresyon modelleri kullanılarak matematiksel hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre, Amasya iline bağlı tüm ilçelerde ilgili yıllar boyunca kentleşmenin artış eğilimi gösterdiği ve bu durumun geçirimsiz yüzey alanlarındaki artışla paralellik gösterdiği tespit edilmiş olup, gelecekte de söz konusu geçirimsiz yüzeylerin önemli ölçüde artmaya devam edeceği öngörülmektedir. Bu bağlamda, Amasya kentinin bir pilot bölge olarak değerlendirildiği bu çalışma ile önümüzdeki yıllarda geçirimsiz yüzey alan değişimlerinin düzenli olarak gözlemlenmesi ve kontrollü bir kentleşme politikasının geliştirilerek uygulanmasının, doğal alanların korunması ve biyolojik tahribatın önlenmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Copernicus, Geçirimsizlik yoğunluğu, Amasya, Kentleşme

Abstract

It is very important to comprehensively address built-up areas in cities and the resulting urban conditions for sustainable urban planning. In this study, using Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Density (HRL IMD) data (2006, 2009, 2012, 2015, and 2018), urban imperviousness degrees were classified and mapped at the scale of Amasya city and urban land change rates were calculated over the years. In the study, mathematical calculations were made using linear and polynomial regression models to determine what the future (2030) imperviousness degrees would be if the determined changes continue in the same way. According to the results of the study, it has been determined that urbanization has shown an increasing trend in all districts of Amasya province during the relevant years and this situation has been parallel to the increase in impervious surface areas, and it is predicted that these impervious surfaces will continue to increase significantly in the future. In this context, with this study, in which the city of Amasya is evaluated as a pilot region, it is concluded that regular observation of impervious surface area changes in the coming years and the development and implementation of a controlled urbanization policy will help to protect natural areas and prevent biological damage.

Keywords: Copernicus, Imperviousness density, Amasya, Urbanization

1. Giriş

Kentler; binalar, yollar, kaldırımlar, ormanlık alanlar, sanayi alanları, parklar, yeşil alanlar, eğitim alanları, sağlık alanlarından oluşan en üst düzeyde iş bölümünün olduğu mekânlardır (Simmel, 1996). Sanayi Devrimi ile birlikte kentlerde görülen ani ve kontrolsüz nüfus artışı kentlerin plansız ve altyapıdan yoksun gelişmesine, yapılaşmanın artmasına, kentleşme sürecinin hızlanmasına, ormanlık alanların tahrip edilerek yeşil alanların azalmasına, çevre kirliliğinin artmasına, arazi kullanımı/arazi örtüsünde (AKAÖ) değişimlere, yüzey akışının değişmesine, buharlaşma yüzeylerinin yok olmasına, geçirimsiz sert zemin yüzeylerin artmasına ve atmosferin olması gerektiğinden fazla ısınmasına neden olmaktadır (Davis, 1955; Ataöv & Osmay, 2007; Berry, 2008; Mohan vd., 2011; Ersoy Tonyaloğlu, 2019; Liang & Gong, 2020; Kim vd., 2022). Bu süreçlerin bir sonucu olarak küresel sıcaklıkta sürekli bir artış meydana gelmekte ve dolayısıyla iklim değişikliği görülmektedir (Dale vd., 2000; Bayraç, 2010; Dong vd., 2014; Kaplan vd., 2018; T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2023). İklim değişikliği; ani yağışlar, kuraklık, çölleşme, orman yangınları, fırtına, sel ve taşkınlar gibi doğal afetlere neden olabilmektedir (Akay, 2019). Nitekim kentleşme, günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan en önemli olgulardan biri olarak görülmektedir (Sarrat vd., 2006; World Health Organization, 2018).

Kentleşme, hem kentlerin hem de kentte yaşayan insanların fiziksel, sosyal ve ekonomik yapılarında önemli değişimlere neden olan bir süreçtir (Zhou vd., 2016). Kentleşme faaliyetleri sonucunda kent ve yakın çevresindeki yeşil alanlar yani geçirimli yüzeyler azalmakta, bitki örtüsü, su kütleleri ve tarım arazileri gibi doğal peyzaj alanları geçirimsiz yüzeylere ve kentsel altyapıya dönüşmekte, yapılaşmayla birlikte geçirimsiz sert zemin yüzeyler artmaktadır. Bu durum, yerel ve bölgesel ölçekte iklimi etkileyerek, kentsel ve kırsal alanlar arasında sıcaklık farklarının ortaya çıkmasıyla tanımlanan kentsel ısı adası oluşumunu tetiklemekte ve nihayetinde çevre koşulları ve ekolojik denge olumsuz etkilenmektedir (Nakata & Souza, 2013; Zhou vd., 2014; Yao vd., 2017; Dai vd., 2018). Bu bağlamda, kentleşme ve sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan ve son yıllarda sıklıkla mikroklimatik bir çevresel sorun olarak gözlemlenen kentsel ısı adası (KIA) etkisi; yüksek yoğunluklu geçirimsiz yüzey alanlarına sahip kentlerde ölçülen ve hissedilen sıcaklık değerinin, bitki yoğunluğunun fazla olduğu kırsal alanlarda ölçülen ve hissedilen sıcaklık değerinden 3-4 °C farklılık göstermesi anlamına gelmektedir (Howard, 1833; Zhou vd., 2016). Yüksek sıcaklık, düşük bağıl nem, düşük rüzgâr hızı ve bulutsuzluk gibi meteorolojik veriler (Oke, 1973; Landsberg, 1981; Jonsson vd., 2004; Weng & Yang, 2006) kentsel ısı adasını etkileyen faktörlerdir (Jonsson vd., 2004; Gago vd., 2013). Kentsel ısı adası da, yapılı çevreler başta olmak üzere kentleri; enerji tüketimi, toprak, su sistemi gibi pek çok alanda etkilemektedir (Santamouris vd., 2015).

Esasında her kentin arazi kullanımı ve yüzey özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle, kentsel alan içerisindeki sıcaklık farklılıkları değişkenlik göstermektedir (Oke, 1973; Gago vd., 2013; Yuan vd., 2017). Bilhassa, sera gazı emisyonları ile beton zeminler, yollar, metal yüzeyler, cam cepheli yapılar gibi antropojenik yüzeylerin neden olduğu etkiler, kentsel alanlardaki sıcaklık artışının temel faktörleri olarak öne çıkmaktadır. Bu unsurlar, yüzey enerji dengesini bozarak sıcaklık değişikliklerine ve KIA yoğunluğunun artmasına yol açmaktadır. Keza bu durum, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki iklimsel farklılıkları da belirgin şekilde etkilemektedir (Wemegah, 2020). Nitekim, kentlerde yer alan yeşil alanlar ile tarım ve orman alanlarının yerini binalar, sokaklar, otoparklar, yollar ve kanalizasyonlar gibi geçirimsiz yüzeylerin alması; radyasyon, termal, nem, pürüzlülük ve emisyon özelliklerinde değişikliklerin yaşanmasına, yüzey akışının azalmasına ve yüzey ısısının da artmasına yol açmaktadır (Mathew vd., 2016; Chapman vd., 2017). Oysa kentlerde yer alan yeşil alanlar, diğer bir deyişle geçirimli yüzeyler, yüzey akış sularını toprağın alt katmanlarına ve yer altı su kaynaklarına ileterek su döngüsü üzerindeki iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına, erozyonun önlenmesine, hava kalitesinin iyileştirilmesine, sera gazı etkilerinin azaltılmasına ve sağlıklı kentsel alanların oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Foster vd., 2011; Tikansak, 2014; Carter vd., 2018; Ersöz vd., 2022).

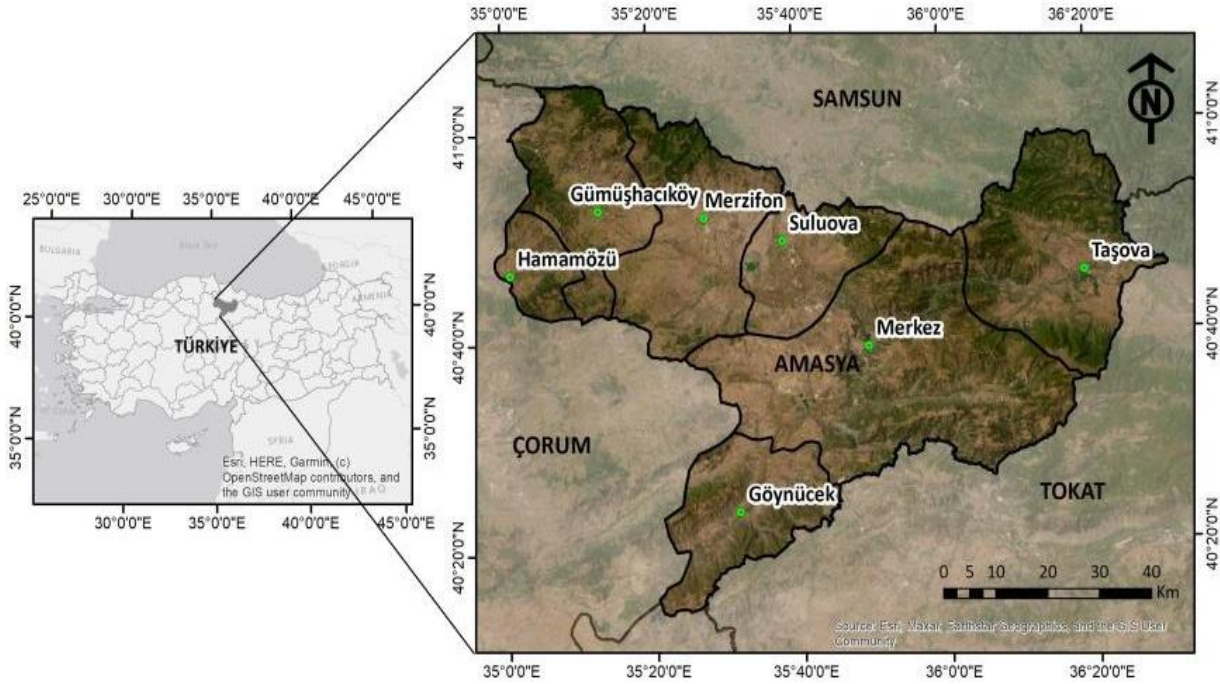
Günümüzde kentlerde yaşayan insan nüfusu verilerine göre, 7.6 milyar olan dünya nüfusunun yaklaşık %57'si (Dünya Bankası, 2022), 85,5 milyon olan Türkiye nüfusunun ise %77'si (Türkiye İstatistik Kurumu, 2022) kentlerde yaşamaktadır. Bununla birlikte, dünya nüfusunun 2030 yılında 8,6 milyara, 2050 yılında ise 9,8 milyara ulaşması beklenmektedir (United Nations, 2024). Bilhassa bu durumun küçük ve orta ölçekli kentlerin genişleyerek gelişigüzel büyümelerine neden olacağı düşünülmektedir (Das & Das, 2019). Bu da hem kent halkının refahı hem de kentsel sürdürülebilirliğin sağlanması adına acil önlemlerin uygulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Öyle ki, hızla artan kentleşme AKAÖ değişimlerinin ivme kazanmasına neden olarak yalnızca kentsel alanlarda termal ısı stresi yaratmakla kalmamakta, aynı zamanda kent halkının yaşam kalitesini de olumsuz etkilemektedir. Öte taraftan, kentsel alanlardaki çevresel bozulmaların altyapı gelişimi ile de yakından ilişkisi bulunmaktadır (Das & Das, 2020). Bu nedenle, hızla kentleşen bölgelerde geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerin analizi, kentsel yüzey ısı adası etkilerinin hafifletilmesi ve sürdürülebilir arazi kullanım planlama stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır. Geçirimli ve geçirimsiz yüzey alanları arasındaki fark, yeryüzü sıcaklığı üzerinden uzaktan algılama verilerinden elde edilen görüntü işleme teknikleriyle hesaplanmakta ve farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak, uydu görüntülerinden yeryüzü sıcaklığını etkileyen yüzey bilgilerini içeren AKAÖ haritaları üretilebilmektedir (Yıldız & Kavzoğlu, 2012; Armour, 2014; Gawuc & Struzewska, 2016; Korkut vd., 2016; Ersoy Tonyaloğlu, 2019; Arda, 2020; Çalhan & Özelkan, 2022; Özmekik vd., 2022;

Topal, 2023). Bu kapsam çerçevesinde bu çalışmada, Amasya il bütününde geçirimli ve geçirimsiz yüzeylerde meydana gelen değişimin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarına ait Copernicus Yüksek Çözünürlüklü Katman Geçirimsizlik Yoğunluğu (HRL IMD) verileri kullanılmıştır. Yapılan analizler doğrultusunda elde edilen sonuçlar ışığında 2030 yılı için gelecek tahmininde bulunularak sürdürülebilir arazi kullanım planlamasına yönelik öneriler sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak, orta ölçekli bir kent olan Amasya ili seçilmiştir. Amasya ili, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümünde $34^{\circ} 57' 06''$ - $36^{\circ} 31' 53''$ Doğu Boyamları ile $41^{\circ} 04' 54''$ - $40^{\circ} 16' 16''$ Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır. Merkez, Suluova, Merzifon, Gümüşhacıköy, Taşova, Göynücek ve Hamamözü olmak üzere toplam 7 ilçeden oluşmaktadır. İl, doğudan Tokat, güneyden Tokat ve Yozgat, batıdan Çorum, kuzeyden Samsun illeri ile çevrili olup, yüzölçümü 5.628 km^2 'dir (Şekil 1). Amasya ilinin 2006 yılındaki nüfusu 328.674, 2012 yılındaki nüfusu 322.283'tür. 2018 yılındaki nüfusu ise geçen 6 yıllık zaman diliminde %8.3 oranında artış göstererek 337.508 olmuştur (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024a). 2006-2018 yılları arasında Merzifon ve Merkez ilçelerinde nüfus artışı olurken Göynücek, Gümüşhacıköy, Hamamözü, Suluova ve Taşova ilçelerinde nüfus azalmıştır. 2018 yılı nüfus büyüklüklerine göre ilçe sıralaması Merkez, Merzifon, Suluova, Taşova, Gümüşhacıköy, Göynücek ve Hamamözü şeklindedir (Tablo 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1. Amasya ili ilçelerinin 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarına ait nüfus bilgileri (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024a)

İlçe	2006 Yılı	2009 Yılı	2012 Yılı	2015 Yılı	2018 Yılı	Değişim Oranı (%)
Merkez	132.646	132.010	133.133	137.549	149.084	+12.4
Göynücek	13.425	12.358	11.432	10.443	10.703	-20.3
Gümüşhacıköy	25.632	25.235	23.673	22.943	23.734	-7.4
Hamamözü	5.264	4.646	4.335	3.873	3.955	-24.0
Merzifon	69.093	68.950	70.167	70.132	71.916	+4.1
Suluova	47.428	47.448	46.479	46.485	46.608	-1.7
Taşova	35.186	33.621	33.064	30.742	31.508	-10.4
Toplam	328.674	324.268	322.283	322.167	337.508	+2.7

Amasya ili, iklim indislerine göre yarı kurak-az nemli iklim tipi içerisine girmektedir. İl ve yakın çevresinde mayıs ile kasım ayları arası kurak, yılın diğer yarısı ise nemli geçmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024a). Yağış rejimi bakımından ise İç Anadolu karasal geçiş tipi özelliğine sahiptir (T.C. Amasya Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, 2021). Merzifon, Suluova, Gümüşhacıköy ve Hamamözü ilçeleri, ilin genel iklim özelliklerini yansıtırken, Merkez, Taşova ve Göynücek ilçelerinde karasal iklim özellikleri daha belirgin şekilde görülmektedir (T.C. Amasya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2024). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün uzun yıllar içerisinde (1961-2023) gerçekleşen istatistikî değerleri göz önünde bulundurulduğunda, Amasya ilinde ortalama olarak en az yağış ağustos ayında, en fazla yağış nisan aylarında görülmektedir. Temmuz ayı en yüksek (45 °C) sıcaklığa, Ocak ayı en düşük (-21,0 °C) sıcaklığa sahiptir. Ortalama güneşlenme süresi ise en fazla Temmuz, en az Aralık aylarında görülmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024b).

2.2. Kullanılan Veri Kaynakları ve Analiz

2.2.1. Yüksek Çözünürlüklü Katman Geçirimsizlik Yoğunluğu (HRL IMD) Derecelerinin Belirlenmesi

Çalışmada verilerin işlenmesi ve analizlerin gerçekleştirilmesinde ArcGIS 10.8 yazılımından yararlanılmıştır. Veri seti olarak; Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) (Copernicus Arazi Gözlem Hizmetleri) web sitesinden açık erişimli ve ücretsiz olarak temin edilen High Resolution Layer Imperviousness (HRL IMD) (Yüksek Çözünürlüklü Katman Geçirimsizlik) verileri kullanılmıştır. Copernicus, Avrupa Birliği'nin Dünya Gözlem Programı'dır. Uydu Dünya gözlemi ve yerinde (uzay dışı) verilere dayalı bilgi hizmetleri sağlamaktadır. CLMS, Avrupa'da ve dünyanın dört bir yanındaki kullanıcılara yüksek çözünürlüklü katmanlar ile arazi örtüsü/arazi kullanımı ve değişimleri, bitki örtüsü durumu, su döngüsü vb. hakkında coğrafi bilgiler sunmaktadır. Çalışmada kullanılan HRL IMD verileri ile yapılan analizlerin doğruluk değerlendirmeleri için, kullanıcı ve üretici doğruluğu en az %90 olarak bildirilmektedir (European Union Copernicus Land Monitoring Service, 2024).

İlgili veriler, Amasya ili özelinde temin edilerek kullanılmıştır. HRL IMD verileri raster ürün olup, her pikseldeki geçirimsizlik derecesini tahmin eder. Bu veri seti 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarını kapsamakta olup, 2006-2015 yılları için 20 m ve 2018 yılı için 10 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Burada her piksel geçirimsizlik durumu açısından %0 ve %100 arasında değerlerle temsil edilmekte olup, 0 değeri tüm geçirimsiz olmayan veya geçirgen yüzeyleri (bitki örtüsü, çıplak geçirgen toprak yüzeyi gibi) göstermektedir. %1 ile %100 arasındaki değerler ise farklı oranlarda geçirimsizlik derecesini temsil etmektedir (European Union Copernicus Land Monitoring Service, 2024). Konut alanları, havaalanları, limanlar, demiryolu sahaları, otoparklar, yollar, inşaat alanları, sanayi alanları, fabrikalar, üretim ve dağıtım merkezi, suni çimle kaplı spor sahaları, seralar, kalıcı plastik kaplı toprak örtüsü vb. geçirimsiz yüzeyleri oluştururken; maden alanları, taş ocakları, kum alanları, kum çukurları, çöplük alanlar, bitki örtüsü olmayan ya da seyrek bitki örtüsüne sahip alanlar, bitki örtüsü olmayan tarım alanları, ekilebilir arazi, üzüm bağları, çim alanlar, yeşil çatılar vb. ise geçirimli yüzeyleri oluşturmaktadır (European Union Copernicus Land Monitoring Service, 2018). İlgili verilerin analizler için hazırlanmasında öncelikle European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA) olan projeksiyon sistemi WGS 1984 projeksiyon sistemine dönüştürülmüştür. Ayrıca, her yıla ait veri çözünürlüklerinin aynı olması için 2018 yılına ait 10 m mekânsal çözünürlüklü veri, resample aracı kullanılarak 20 m olarak düzenlenmiştir.

Önceki çalışmalara bakıldığında, araştırmacıların IDM sınıflandırmalarını farklı şekillerde ele aldıkları görülmektedir (Tablo 2). Örneğin, Drašković (2021), Bosna Hersek'i ele aldığı ve Sarajevo, Banja Luka, Tuzla, Mostar ve Zenica'yı irdelediği çalışmasında IDM değerlerini >%80, %50-80, %30-50, %10-30 ve <%10 şeklinde sınıflandırmıştır. Liu vd. (2019) ise Paris, Ankara, Madrid ve Lizbon'u, Topal ve Yılmaz (2024) Tekirdağ'ı ele aldıkları çalışmalarında IDM değerlerinin %1 ile %100 arasında olduğu alanları "yapılaşmış alanlar" olarak, %0'a eşit olduğu alanları ise "yapılaşmamış alanlar" olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise, analizlerde daha anlamlı sonuçlar elde edebilmek için tüm geçirgen yüzeyleri ifade eden 0 değeri tek bir sınıf altında toplanmıştır. %1 ile %100 arasındaki değerler ise; %1 ile %33 arasındaki geçirimsizlik (düşük), %33 ile %66 arasındaki geçirimsizlik (orta) ve %66-%100 arasındaki geçirimsizlik (yüksek) olmak üzere 3 sınıf altında toplanmıştır.

Tablo 2. Literatüre dayalı IDM sınıflandırmaları

IDM Sınıflandırması	İncelenen Şehirler	Kaynak
%1-100 – Yapılaşmış Alanlar	Paris, Ankara, Madrid ve Lizbon	Liu vd. (2019)
%0 – Yapılaşmamış Alanlar	Tekirdağ	Topal & Yılmaz (2024)
>%80, %50-80, %30-50, %10-30, <%10	Bosna Hersek, Sarajevo, Banja Luka, Tuzla, Mostar, Zenica	Drašković (2021)

2.2.2. Regresyon Analizi

Mühendislik problemlerinin çözümünde, çoğu değişkenin birbiriyle ilişkili olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak, bir değişkendeki değişiklik diğer değişkenleri aynı ölçüde etkilemez. Bu nedenle, değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkilerinin belirlenmesi önemlidir. Bu ilişkiler, matematiksel olarak regresyon analizi kullanılarak ortaya çıkarılabilir. Regresyon analizi, iki veya daha fazla bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir istatistiksel yöntemdir (Tolon & Tosunoğlu, 2008).

Doğrusal regresyon analizi basit doğrusal regresyon ve çoklu doğrusal regresyon olarak iki başlık altında incelenmektedir. Regresyon analizi tek bir değişkenin olduğu durumlarda tek değişkenli doğrusal regresyon, birden fazla değişkenin olduğu durumlarda ise çok değişkenli doğrusal regresyon olarak adlandırılır. Lineer regresyon analizi ile, bilinen ya da saptanabilen değişken(ler) kullanılarak belirlenmek istenen bir diğer değişkeni tahmin eden bir tahmin modeli oluşturulur. Eşitlik (1)'de basit regresyon model denklemleri görülmektedir (Yan & Su, 2009).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

Eşitlik (1)'e göre; y bağımlı değişkeni, β_0 regresyon sabitini, β_1 regresyon katsayısını, x bağımsız değişkeni, ε hata terimini temsil etmektedir.

Doğrusal olmayan, diğer bir deyişle bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı durumlarda, regresyon denklemleri çeşitli regresyon fonksiyonları ile ifade edilebilir. Bu durumlarda basit lineer regresyon analizi yerine "Polinom regresyon modeli" kullanılabilir. Tek değişkenli polinom regresyonda kullanılan model denklemleri Eşitlik (2)'de verilmiştir (Ostertagová, 2012).

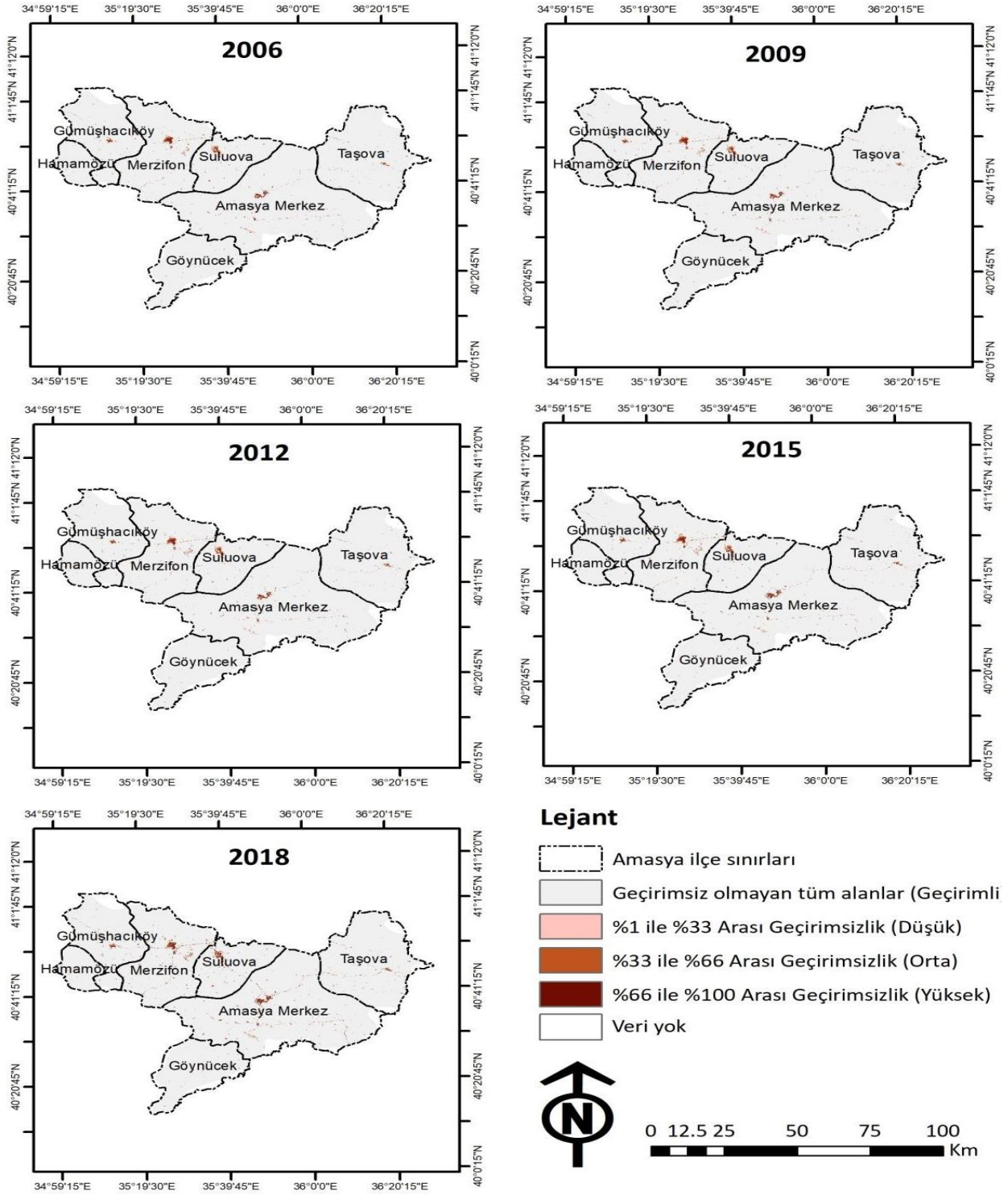
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \beta_3 x_i^3 + \dots + \beta_n x_i^n + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Eşitlik (2)'ye göre; n polinom derecesini ifade eder. Çalışmada yapılan istatistiksel hesaplamalar Microsoft Excel yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. HRL IMD Verilerine İlişkin Bulgular

Amasya il bütününde 2006-2018 yılları arasında geçirimlilik derecesinde (Şekil 2) meydana gelen değişimin incelendiği bu çalışmada, çalışma alanı araç ve yaya yollarından, demiryolundan, sanayi, tarım, konut, eğitim, sağlık, çocuk oyun, rekreasyon alanlarından, yeşil alanlardan, orman alanından, mera alanından, çıplak araziden ve yapılı çevreden (T.C. Amasya Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2024) oluşmaktadır. Yıllara bağlı olarak farklı geçirimlilik derecelerine göre alanların (hektar cinsinden) miktarları ile 2006-2018 yılları arasındaki değişim oranları Tablo 3'te verilmiştir.



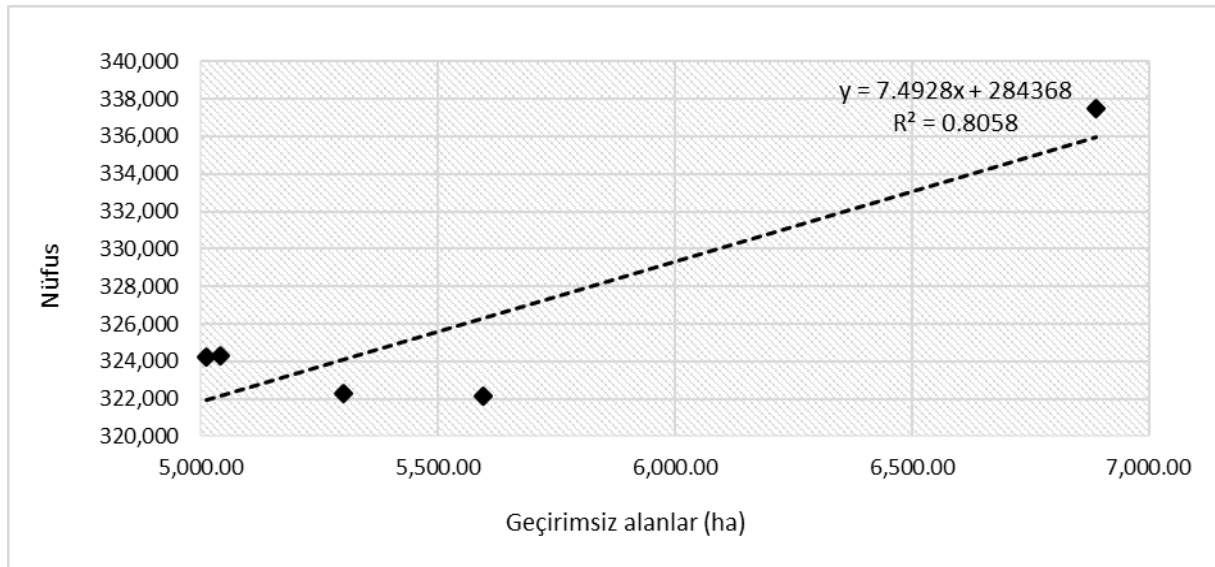
Şekil 2. Amasya il bütününde 2006-2018 yılları arasında geçirimsizlik derecesini gösteren haritalar

Buna göre, Amasya il bütününde yüzey sularının kolaylıkla drene edilmesine imkân tanıyan çim, çalı, ağaç vb. bitki örtüsü ve toprakla kaplı geçirimli yüzeylerin (geçirimsiz olmayan tüm alanlar %0) 2006 yılında 531,012.59 ha iken %0.37'lik küçülme göstererek 2018 yılında 529,072.94 ha olduğu belirlenmiştir (Şekil 2, Tablo 3). Bu durum, doğal alanların bir kısmının geçirimsiz yüzeyler haline geldiğini göstermektedir. Geçirimsizlik derecesi %1%-%33 arasında olan düşük geçirimli yüzeyler, 12 yıllık süreç içerisinde %5.31'lik küçülme ile 968.56 ha olmuştur. Bu değişim, düşük geçirimsizlikteki alanların kentsel gelişim alanları ya da yüksek geçirimsizlik seviyelerine dönüşmüş olabileceğini göstermektedir. Orta geçirimsiz yüzeyler %0.20'lik büyüme göstererek 2,744.81 ha'dan 2,750.27 ha olmuştur.

Bu artış, sınırlı bir genişleme olduğunu işaret etmektedir. Geçirimsizlik derecesi %66-%100 arasında olan asfalt, beton gibi yüksek geçirimsiz yüzeyler ise, süreç içerisinde %154.41'lik artış ile 3,168.69 ha olmuştur. Bu değişim, kentsel alanların genişlemesi ve yüksek geçirimsiz yüzeylerin hızlı bir şekilde arttığını ortaya koymaktadır. Yüksek geçirimsiz yüzeylerdeki bu artış, halihazırda geçirimsiz olan bazı yüzeylerin geçirimsizlik derecelerinin artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu da bu alanlarda yapılaşmaya yönelik birtakım faaliyetlerin arttığını veya hâlihazırda inşaat halinde olan bu alanların yapılaşmasının kısmen veya tamamen tamamlandığını göstermektedir. İlgili yıllar için saptanan geçirimsiz yüzey alanlarının, yine ilgili yıllara ait nüfus verileri ile ilişkileri korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir (Şekil 3). Buna göre geçirimsiz alanlar ile nüfus verileri arasında pozitif korelasyon ilişkisi olduğu görülmüştür. Geçirimsiz alanlar ile nüfus verileri arasındaki korelasyon katsayısı 0.8977 olarak hesaplanmıştır. Bu yüksek korelasyon değeri, nüfus artışı ile yeni yerleşim yeri ihtiyaçlarının ortaya çıktığını bu doğrultuda da yapılaşma ve dolayısıyla kentleşme faaliyetlerinin artış gösterdiğini düşündürmektedir.

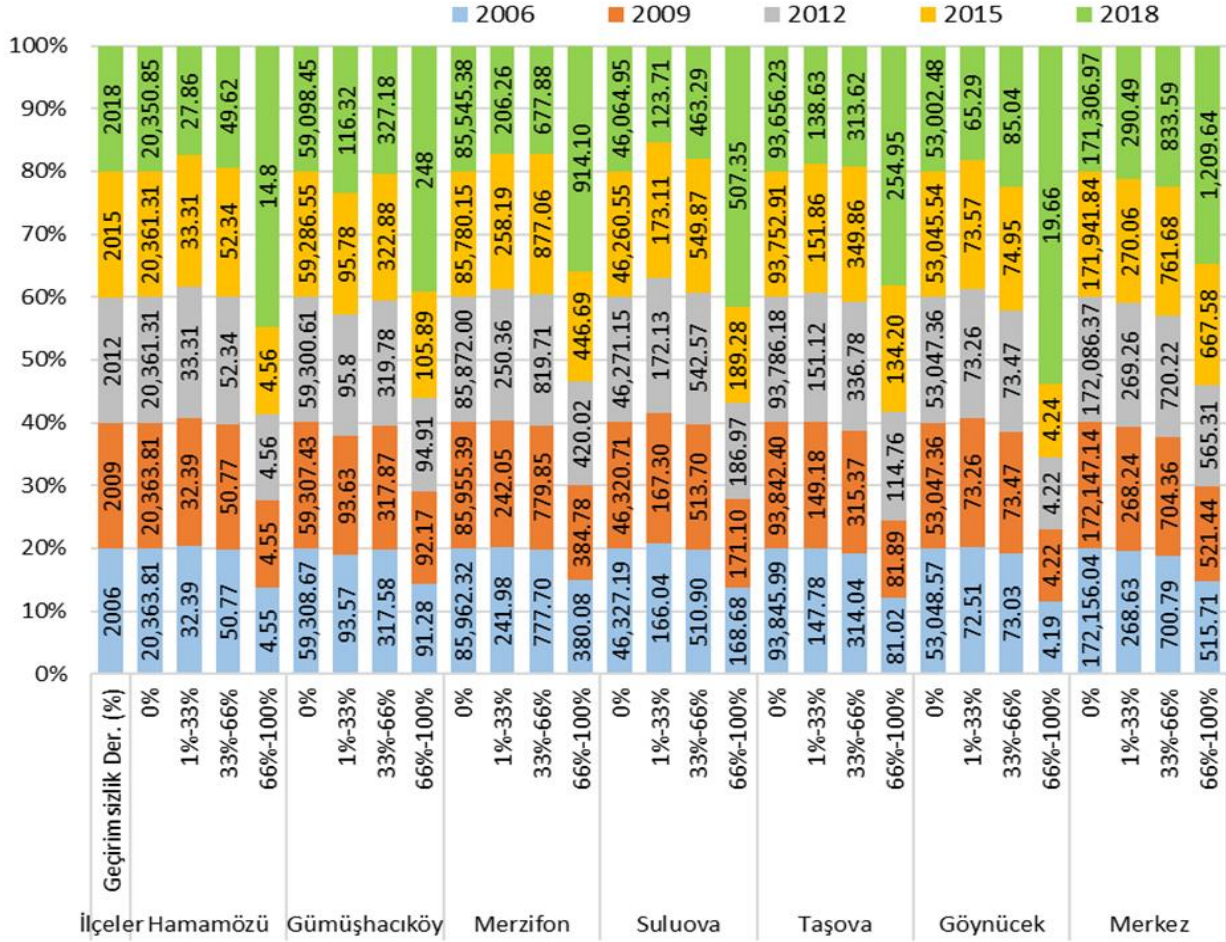
Tablo 3. Amasya il bütününde 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarındaki farklı geçirimsizlik derecelerindeki alanlar ve 2006-2018 yılları arasındaki değişim oranları (%)

Geçirimsizlik Derecesi (%)	Geçirimsizlik Durumu	Geçirimsizlik Seviyesi	Alan (ha)					2006-2018 Δ (%)	
			2006	2009	2012	2015	2018		
%0	Geçirimsiz olmayan tüm alanlar	Geçirimli	531,012.59	530,984.23	530,724.99	530,428.86	529,072.94	-0.37	↔
%1-%33	%1 ile %33 Arası Geçirimsizlik	Düşük Geçirimsizlik	1,022.91	1,026.04	1,045.24	1,055.88	968.56	-5.31	↓
%33-%66	%33 ile %66 Arası Geçirimsizlik	Orta Geçirimsizlik	2,744.81	2,755.38	2,864.87	2,988.64	2,750.27	+0.20	↔
%66-%100	%66 ile %100 Arası Geçirimsizlik	Yüksek Geçirimsizlik	1,245.49	1,260.14	1,390.74	1,552.44	3,168.69	+154.41	↑



Şekil 3. Amasya ilinin 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarındaki nüfus verileri ve geçirimsiz alanlar arasındaki korelasyon

Amasya ili, ilçeleri bazında ele alındığında ise, geçirimsizlik derecesine göre alanların yıllara bağlı durumları Şekil 4'te, 2006-2018 yılları arasındaki her bir geçirimsizlik derecesindeki alansal durum ve değişimlerin yüzdesel oranları Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Amasya ilçelerinin 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarındaki geçirimsiz ve farklı geçirimsizlik derecelerindeki arazi büyüklüklerini gösterir grafik

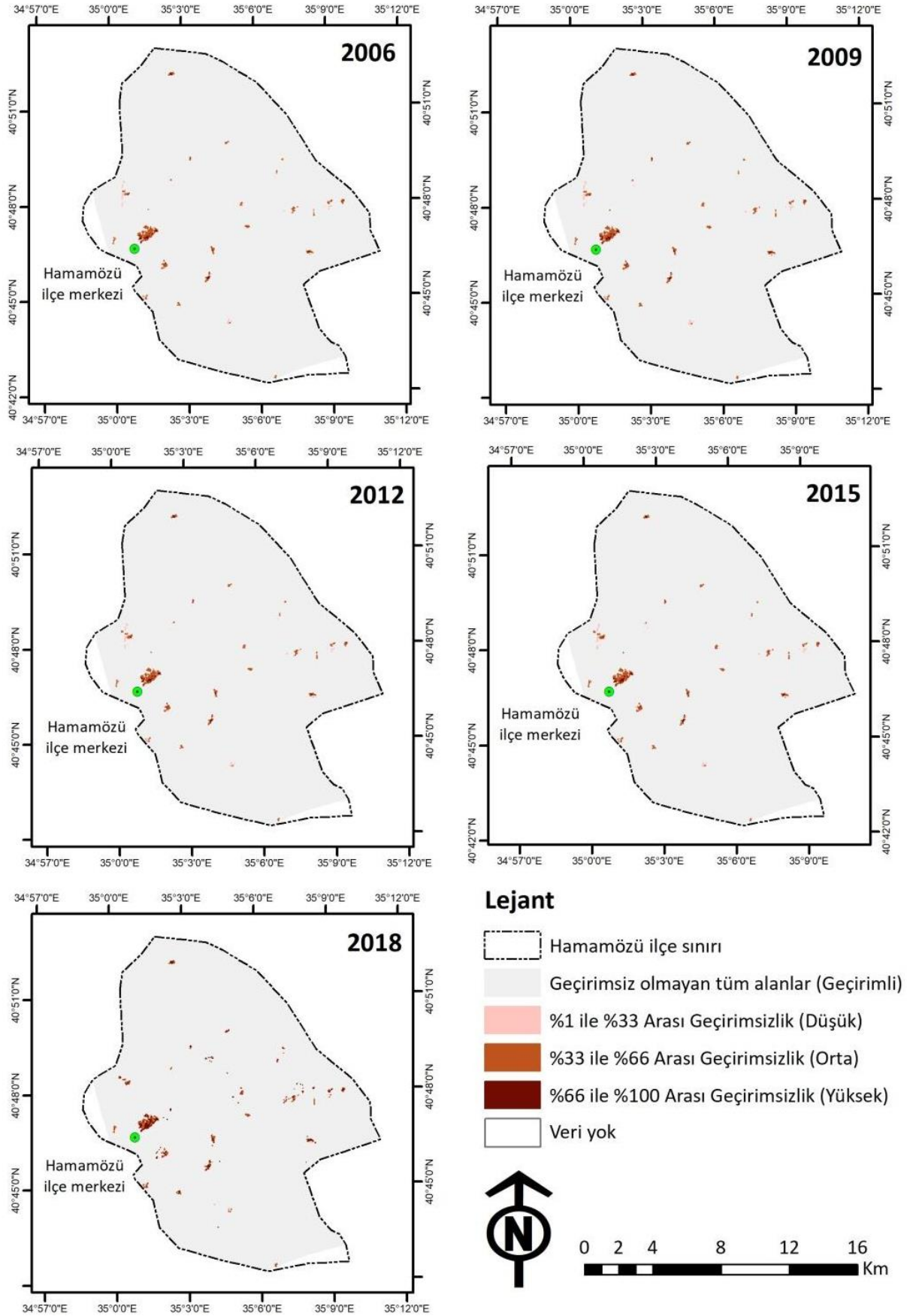
Tablo 4. Amasya ilçelerinin 2006-2018 yılları arasındaki geçirimsiz ve farklı geçirimsizlik derecelerindeki arazilerin değişim oranları (%)

İlçeler	Geçirimsizlik Derecesi (%)	2006 (ha)	2018 (ha)	Δ Değişim (%)	
Hamamözü	0%	20,363.81	20,350.85	0%	↔
	1%-33%	32.39	27.86	-14%	↓
	33%-66%	50.77	49.62	-2%	↓
	66%-100%	4.55	14.8	225%	↑
Gümüşhacıköy	0%	59,308.67	59,098.45	0%	↔
	1%-33%	93.57	116.32	24%	↑
	33%-66%	317.58	327.18	3%	↑
	66%-100%	91.28	248	172%	↑
Merzifon	0%	85,962.32	85,545.38	0%	↔
	1%-33%	241.98	206.26	-15%	↓
	33%-66%	777.70	677.88	-13%	↓
	66%-100%	380.08	914.10	141%	↑
Suluova	0%	46,327.19	46,064.95	-1%	↓
	1%-33%	166.04	123.71	-25%	↓
	33%-66%	510.90	463.29	-9%	↓
	66%-100%	168.68	507.35	201%	↑

Tablo 4'ün devamı

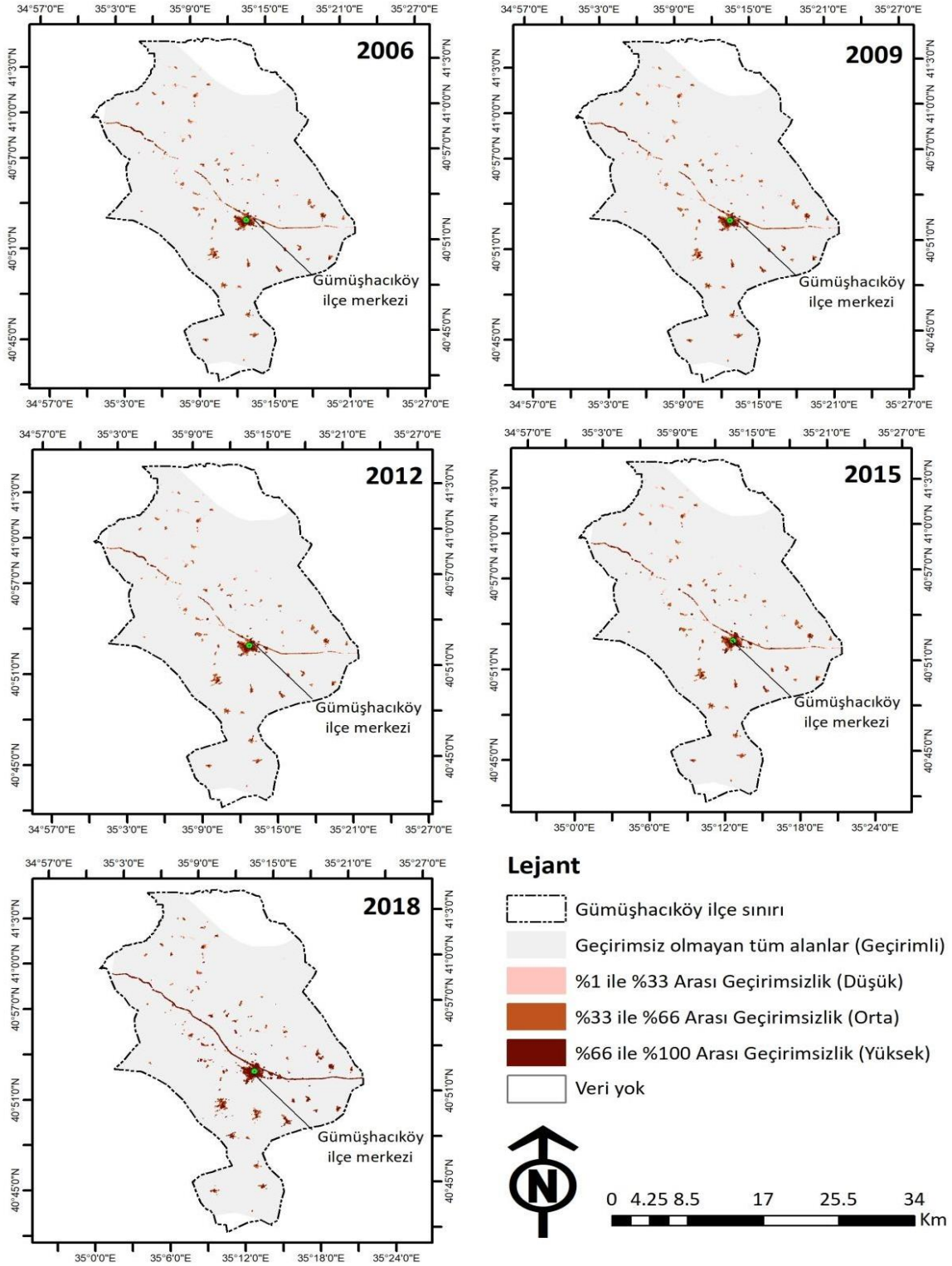
İlçeler	Geçirimsizlik Derecesi (%)	2006 (ha)	2018 (ha)	Δ Değişim (%)	
Taşova	0%	93,845.99	93,656.23	0%	↔
	1%-33%	147.78	138.63	-6%	↓
	33%-66%	314.04	313.62	0%	↔
	66%-100%	81.02	254.95	215%	↑
Göynücek	0%	53,048.57	53,002.48	0%	↔
	1%-33%	72.51	65.29	-10%	↓
	33%-66%	73.03	85.04	16%	↑
	66%-100%	4.19	19.66	369%	↑
Merkez	0%	172,156.04	171,306.97	0%	↔
	1%-33%	268.63	290.49	8%	↑
	33%-66%	700.79	833.59	19%	↑
	66%-100%	515.71	1,209.64	135%	↑

Şekil 4 ve Tablo 4'e göre; Hamamözü ilçesinde 12 yıllık süreçte geçirimli yüzeyler yani doğal alanların 20,363.81 ha'dan 20,350.85 ha'a düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte, geçirimsizlik derecesi %1-%33 arasında olan düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %14'lük bir azalma görülürken, geçirimsizlik derecesi %33-%66 arasında olan orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %2'lik bir azalma, geçirimsizlik derecesi %66-%100 arasında olan asfalt, beton gibi yüksek geçirimsiz yüzeylerde ise %225'lik artış olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Hamamözü ilçesindeki yapılaşmış alanların arttığı açık bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Şekil 5).



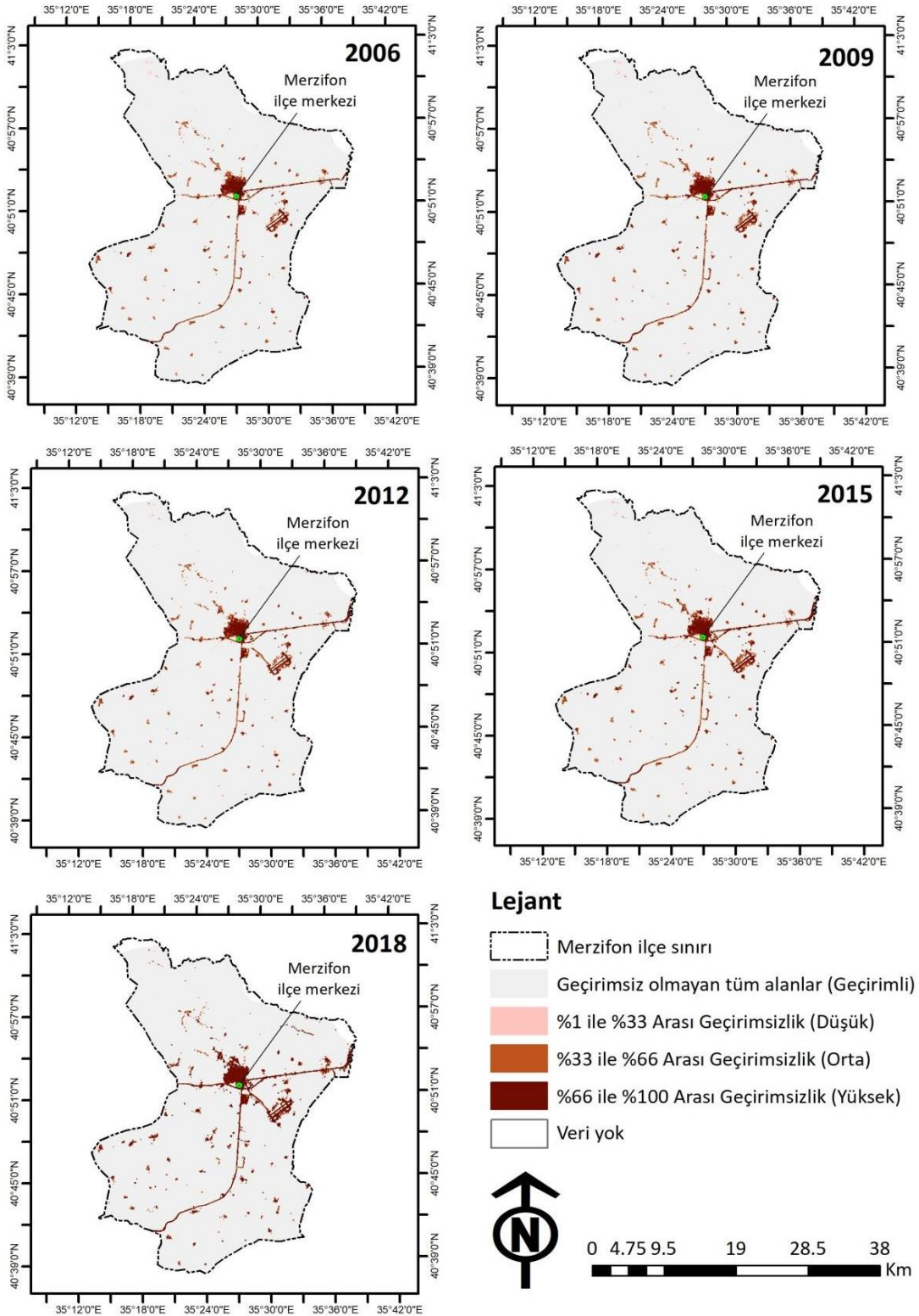
Şekil 5. Hamamözü ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Gümüşhacıköy ilçesinde de Hamamözü ilçesine benzer şekilde 2006 ile 2018 yılları arasında geçirimli yüzeyler 59,308.67 ha'dan 59,098.45 ha'ya düşmüştür. Geçirimsizlik derecesi %1-%33 arasında olan düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %24 artış olmuş, geçirimsizlik derecesi %33-%66 arasında olan orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %3 artış yaşanmıştır. Bu sonuçlar düşük ve orta dereceli geçirimsiz derecelerindeki alanlarda bir genişleme olduğunu göstermektedir. Geçirimsizlik derecesi %66-%100 arasında olan yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise %172'lik bir artış olduğu görülmekle birlikte, bu durumun da Gümüşhacıköy ilçesindeki artan kentleşme faaliyetleri ve altyapı gelişimiyle ilişkili olduğu söylenebilir (Şekil 6).



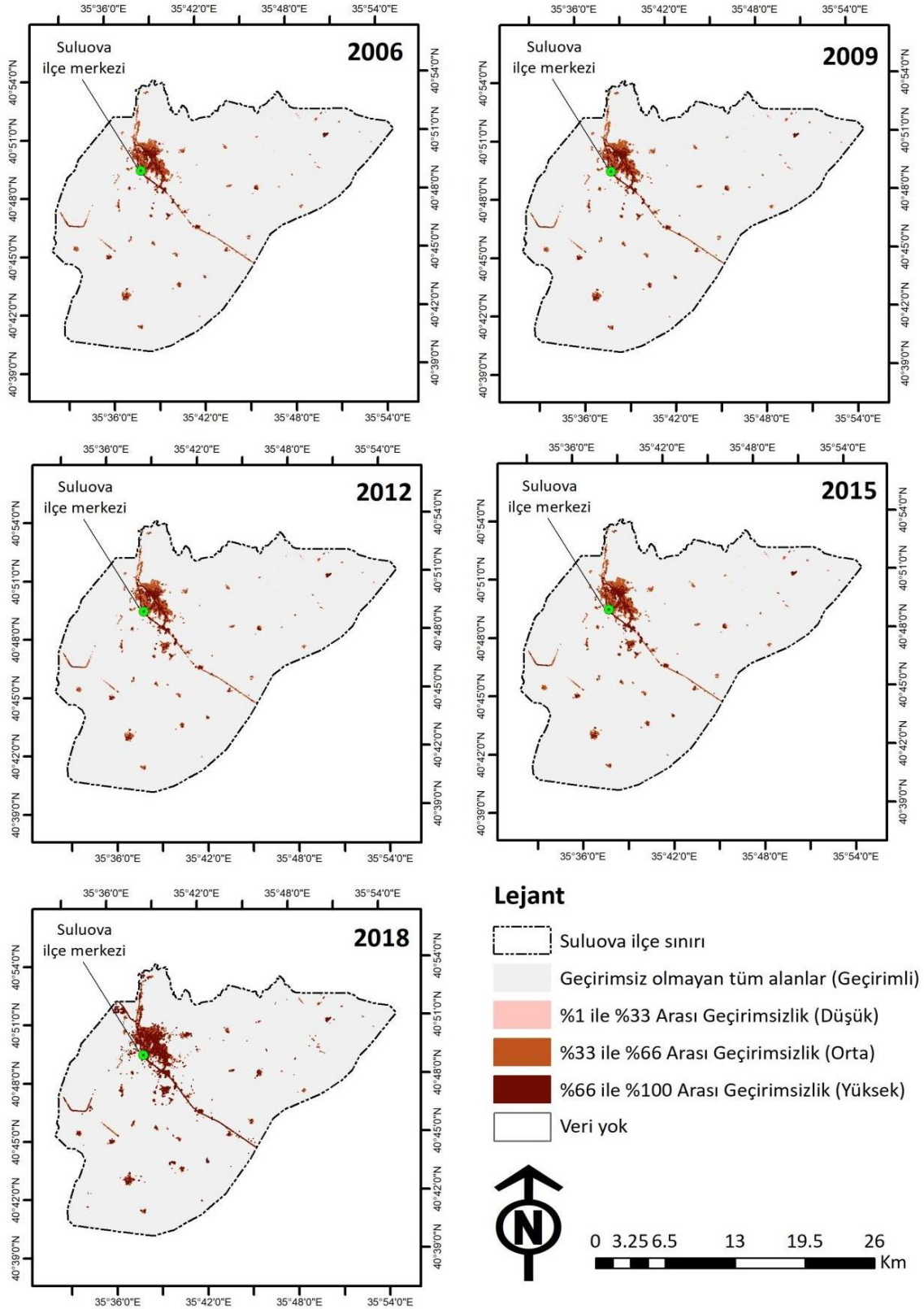
Şekil 6. Gümüşhacıköy ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Merzifon ilçesinde de Hamamözü ve Gümüşhacıköy ilçelerine benzer şekilde 12 yıllık süreçte geçirimsiz yüzeylerde 85,962.32 ha'dan 85,545.38 ha'a düşüş gözlenmiştir. Bununla birlikte, düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %15 azalma, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %13 azalma yaşandığı, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise %141 artış yaşandığı görülmüştür. Bu da bu alanların, yüksek geçirimsizliğe sahip kentsel yapılaşmış alanların yoğunluğuna olan dönüşümünü işaret etmektedir. Bu durum, Hamamözü ve Gümüşhacıköy ilçelerine benzer şekilde kentleşme faaliyetlerinin ve yoğun altyapı gelişiminin hızlandığını ve kentsel karakterdeki alanların arttığını ortaya koymaktadır (Şekil 7).



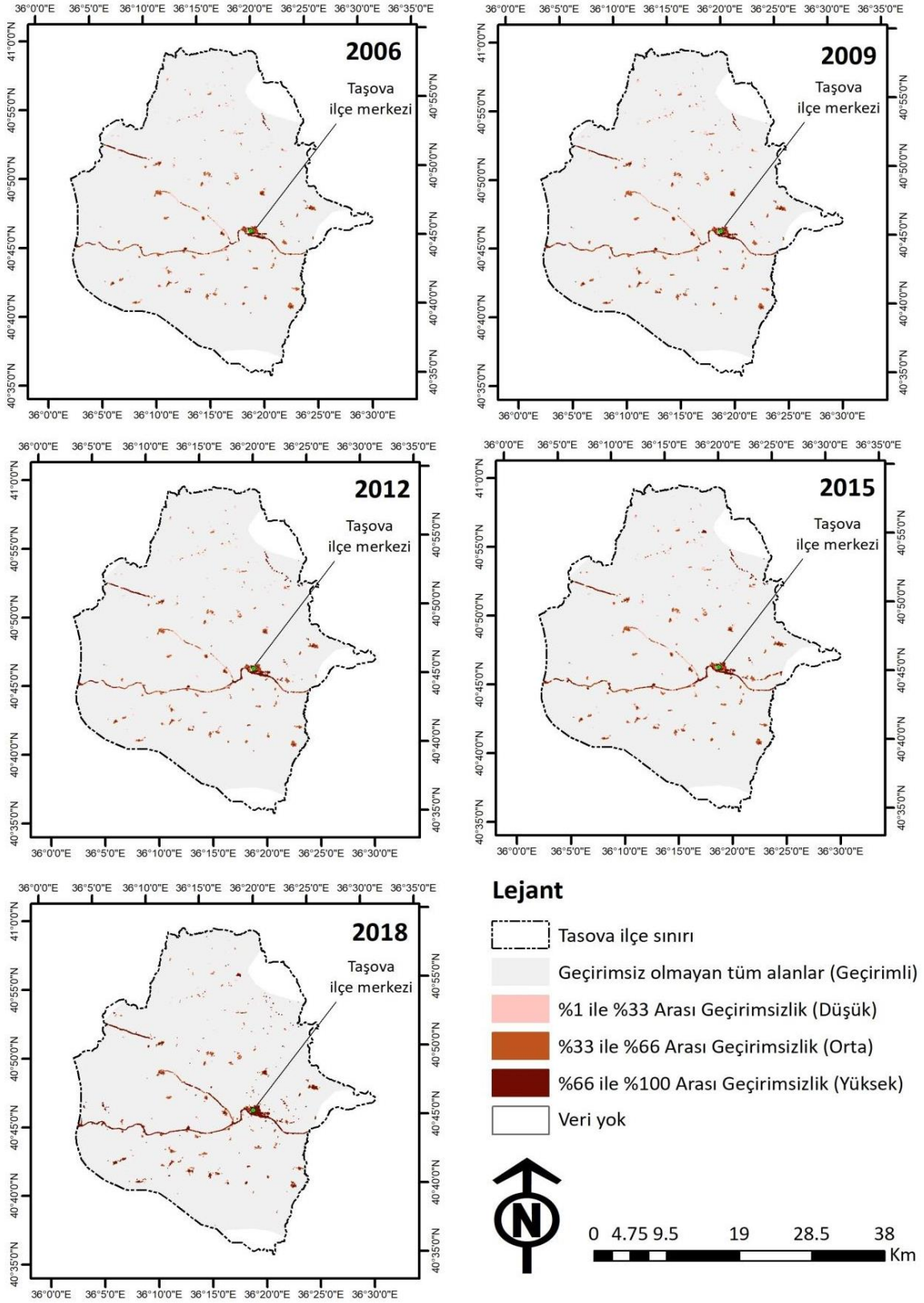
Şekil 7. Merzifon ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Suluova ilçesinde de geçirimli yüzeylerde 46,327.19 ha'dan 46,064.95 ha'a azalma yaşanmıştır. Düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %25 azalma, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %9 azalma, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde %201 artış yaşanmıştır. Bu durum, ilçedeki yüzey özelliklerindeki dönüşümünü işaret etmekte ve kentleşme ve sanayi faaliyetleri (Bilgin vd., 2017; Dede vd., 2017) gibi yapılaşma faaliyetlerinin arttığını göstermektedir (Şekil 8).



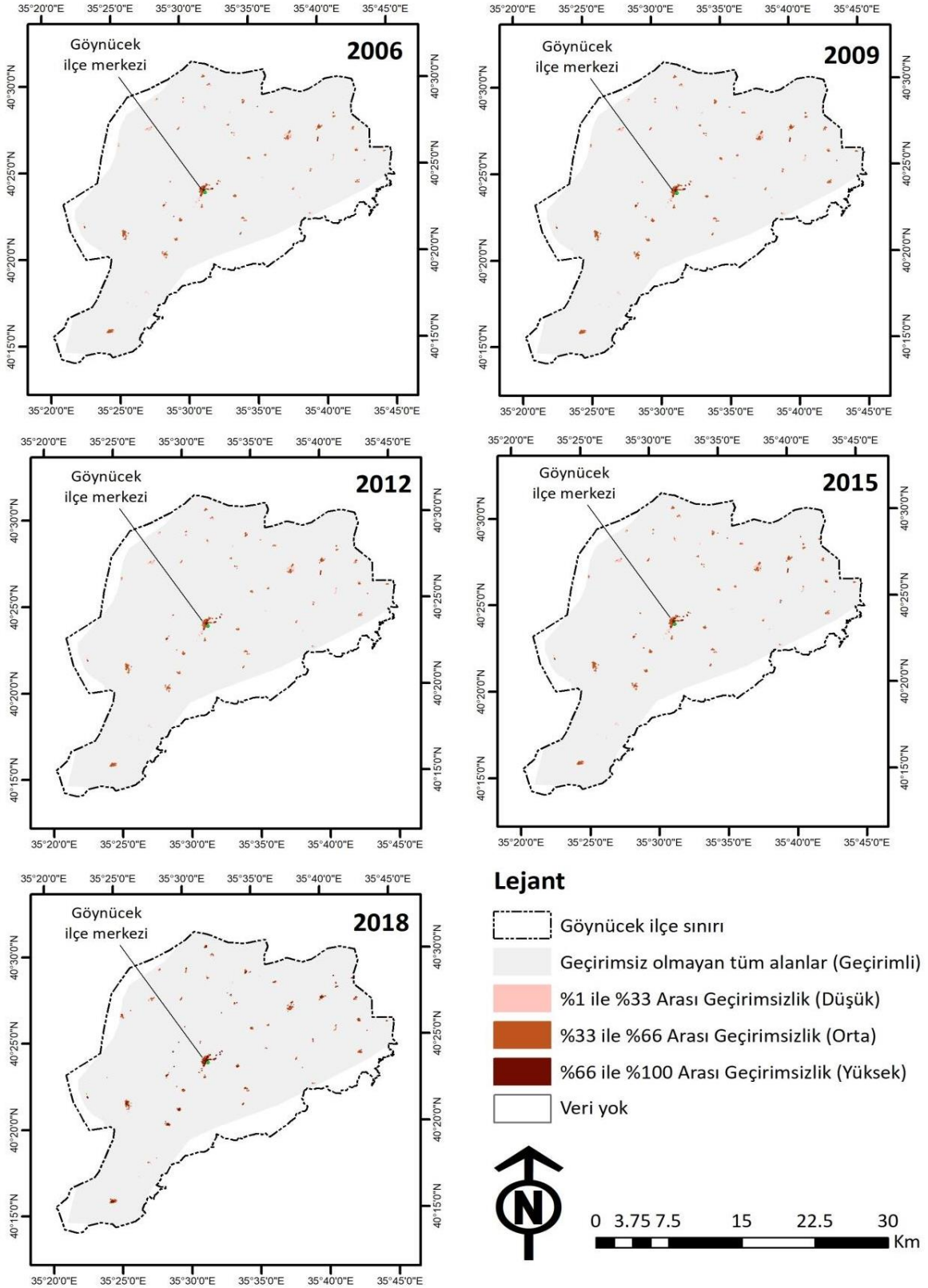
Şekil 8. Suluova ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Taşova ilçesinde ilgili yıllar arasında geçirimsiz yüzeyler 93,845.99 ha'dan 93,656.23 ha'a düşmüştür. Bununla birlikte düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %6'lık azalma, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde %215 artış yaşanmıştır. Bu sonuç, düşük dereceli geçirimsiz yüzeylere sahip alanların bir kısmının kentsel gelişime geçerek yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylere dönüşümünü ve ilçenin kentleşme eğiliminde olduğunu göstermektedir (Şekil 9).



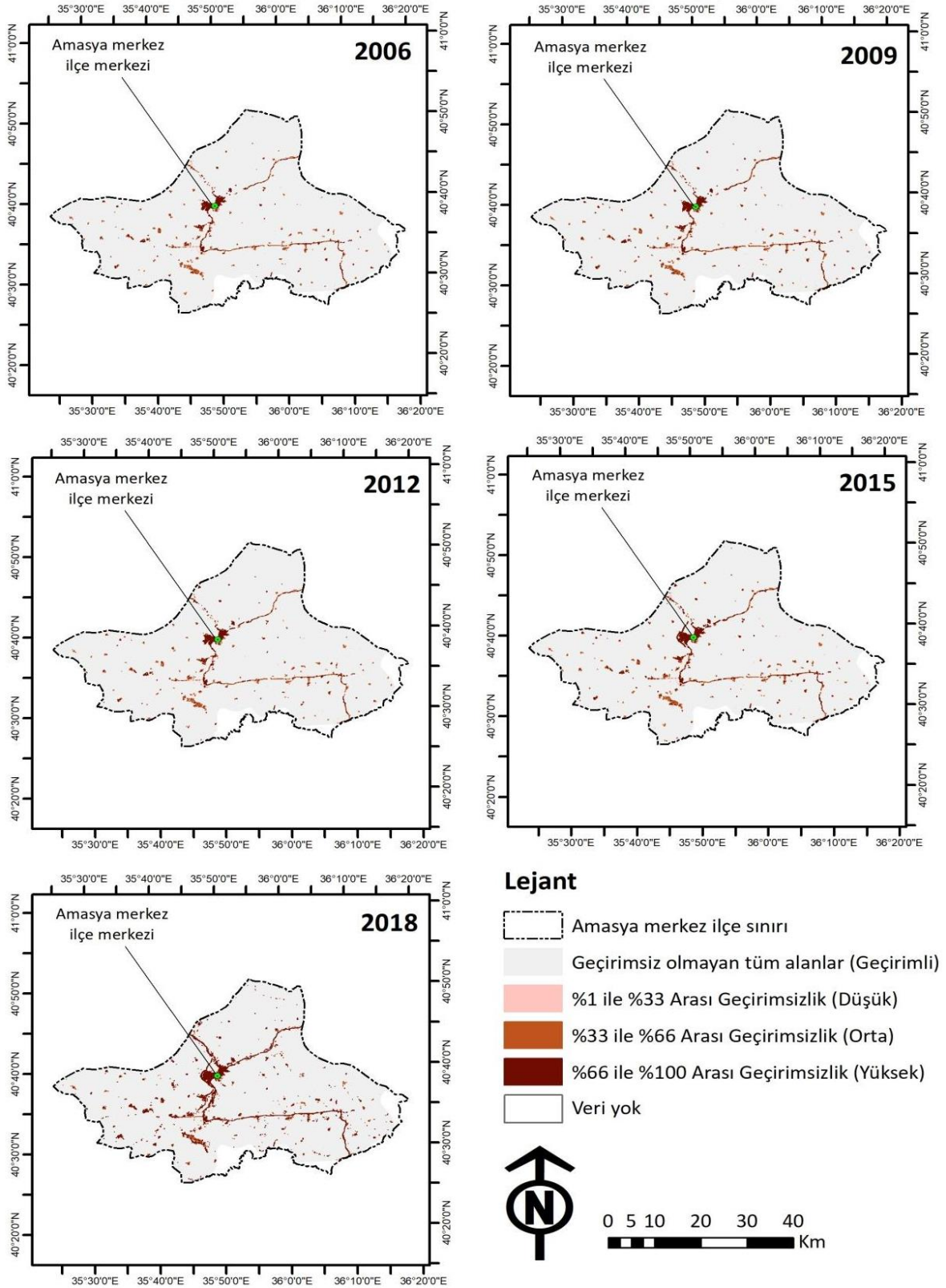
Şekil 9. Taşova ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Göynücek ilçesinde ilgili yıllar arasında geçirimsiz yüzeyler 53,048.57 ha'dan 53,002.48 ha'a düşmüştür. Bununla birlikte, düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %10 azalma, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %16 artış, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde %369'luk artış yaşandığı görülmektedir. Bu durum, ilçede yüksek geçirimsiz yüzeylerin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Göynücek ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Merkez ilçesinde de ilgili yıllar arasında geçirimsiz yüzeyler 172,156.04 ha'dan 171,306.97 ha'a düşmüştür. Öte yandan, düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %8 artış, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %19 artış, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise %135'lik artış yaşandığı görülmektedir. Bu değişim, kent merkezindeki artan kentleşme hareketlerini ve altyapı gelişimini ortaya koymaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Merkez ilçesinin 2006 ile 2018 yılları arasındaki geçirimsizlik derecelerini gösteren haritalar

Özetle, Amasya il bütününde 2006 yılından 2018 yılına gelindiğinde bilhassa yüksek geçirimsizlik derecesine sahip alanların arttığı görülmektedir. İlçeler genel olarak değerlendirildiğinde ise, neredeyse tüm ilçelerde %0 geçirimsizlik derecesine sahip alanlarda çok ciddi ölçüde bir azalma olmaması doğal karaktere sahip alanların korunması açısından olumlu bir durum olarak değerlendirilmektedir. Ancak, birçok ilçede %1–%33 geçirimsizlik derecesine sahip alanlar düşüş trendine sahip olup, kentsel dönüşümler ve faaliyetler nedeniyle azalarak orta ve yüksek geçirimsizlik derecelerine kaymıştır. Geçirimsizlik derecesi %33-%66 arasında olan orta geçirimli yüzeylerde de belirli bir azalma olduğu, bu alanların yüksek geçirimsiz yüzeylere dönüştüğü anlaşılmaktadır. Geçirimsizlik derecesi %66-%100 arasında olan yüksek geçirimsiz yüzeylerde tüm ilçelerde bir artış görülürken yüzde değişim oranı açısından bakıldığında en yüksek sonucun Göynücek ve Hamamözü ilçelerinde olduğu görülmektedir. Özellikle 2015 ve 2018 yıllarında yüksek geçirimsiz yüzeylerin oranının tarımsal, nüfus ve yapısal faktörlerle ilişkili olarak tüm ilçelerde baskın hale geldiği görülmektedir. Öte yandan, 2018 yılı itibarıyla en fazla yüksek geçirimsizlik derecesine sahip alanlarla kaplı ilçenin 1,209.64 ha ile Merkez ilçe olduğu görülmüştür. Bunu 914.10 ha ile Merzifon ilçesi, 507.35 ha ile Suluova ilçesi izlemektedir. Bu sonuçlar, kentleşme faaliyetlerinin bu ilçelerde daha yoğun yaşandığını göstermektedir. İlçelerin yüzölçümlerine göre geçirimli ve geçirimsiz alanlar tümüyle değerlendirildiğinde ise, yüzölçümüne göre en yüksek geçirimsiz alanlara sahip ilçenin %2.32 toplam geçirimsiz alanlar ile Suluova olduğu görülmüştür. Bunu %2.06 ile Merzifon, %1.34 ile Merkez ilçe izlemektedir. Bu sonuçlar ve oranlar Amasya ilçelerinin esasında kırsal kimlikte alanlar olduğunu, ancak büyük ölçüde, mevcut geçirimsiz alanların geçirimsizlik yoğunluklarının yıllara bağlı olarak arttığını ortaya koymaktadır.

3.2. Regresyon Analizine İlişkin Bulgular

Tablo 4'te, Amasya ili ilçelerinde x ekseninde zaman/yıl ve y ekseninde ise geçirimsizlik derecesinin değişikliği gözlemi (y eksenini) sırasıyla bağımsız ve bağımlı değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu tablodan, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiden Amasya ili ilçeleri için doğrusal ve polinom denklemler hesaplanmıştır. Ayrıca, her ilçe için hesaplanan denklemlere karşılık gelen korelasyon katsayıları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Amasya ili ilçeleri için bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki matematiksel ilişki ile elde edilen doğrusal ve polinom denklemler ile korelasyon katsayıları

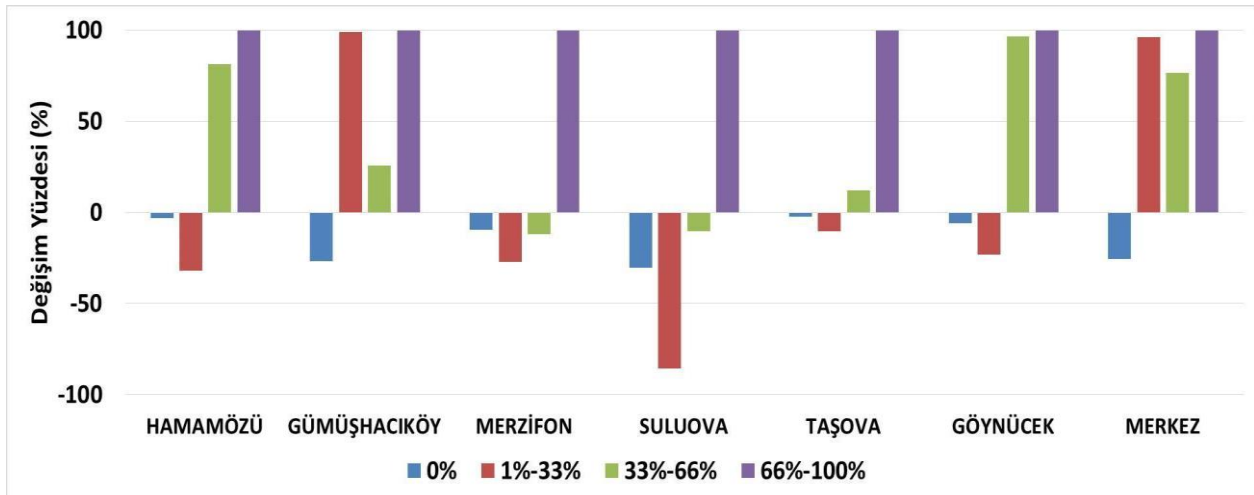
İlçeler	Geçirimsizlik Derecesi (%)	Eşitlik	Korelasyon Katsayısı
Hamamözü	0%	$y = -0.6644x^3 + 4.6623x^2 - 10.618x + 20371$	0.9799
	1%-33%	$y = -0.8148x + 34.2928$	0.5653
	33%-66%	$y = 0.0825x^4 - 1.3479x^3 + 6.8092x^2 - 12.2299x + 57.4602$	1
	66%-100%	$y = 0.4279x^3 - 4.2818x^2 + 14.9970x - 21.4373x + 14.8414$	1
Gümüşhacıköy	0%	$y = -14.0383x^3 + 99.1341x^2 - 212.1729x + 59,438.1075$	0.9941
	1%-33%	$y = 1.1278x^4 - 11.9962x^3 + 44.8409x^2 - 67.4099x + 127.0071$	1
	33%-66%	$y = -0.0345x^3 + 0.9693x^2 - 2.3439x + 318.9788$	0.9998
	66%-100%	$y = 4.8527x^4 - 47.4584x^3 + 164.3516x^2 - 232.7388x + 202.2688$	1
Merzifon	0%	$y = -5.5379x^3 + 16.6861x^2 - 32.6763x + 85,987.7361$	0.9975
	1%-33%	$y = -5.5301x + 256.3603$	0.4393
	33%-66%	$y = -10.2435x + 817.1701$	0.2223
	66%-100%	$y = 20.3509x^4 - 210.0274x^3 + 766.6634x^2 - 1,130.3631x + 933.4541$	1
Suluova	0%	$y = -11.8279x^3 + 82.2172x^2 - 192.2010x + 46,453.3780$	0.9853
	1%-33%	$y = -7.8854x + 184.1149$	0.6004
	33%-66%	$y = -5.9046x + 533.7799$	0.2735
	66%-100%	$y = 14.8452x^4 - 152.9495x^3 + 553.2823x^2 - 809.4519x + 562.9502$	1

Tablo 5'in devamı

İlçeler	Geçirimsizlik Derecesi (%)	Eşitlik	Korelasyon Katsayısı
Taşova	0%	$y = -0.8990x^3 - 3.5688x^2 + 1.8403x + 93,850.9340$	0.9923
	1%-33%	$y = -1.5624x + 152.4005$	0.4637
	33%-66%	$y = 3.3655x + 315.8379$	0.3216
	66%-100%	$y = 6.6743x^3 - 74.3159x^2 + 295.0407x - 464.1534x + 317.7719$	1
Göynücek	0%	$y = -3.5373x^3 + 25.7281x^2 - 56.2331x + 53,083.1313$	0.9941
	1%-33%	$y = -1.4139x + 75.8181$	0.6322
	33%-66%	$y = 0.2167x^3 - 1.8464x^2 + 5.4391x - 6.2000x + 75.4176$	1
	66%-100%	$y = 0.6378x^3 - 6.3693x^2 + 22.2578x - 31.7296x + 19.3939$	1
Merkez	0%	$y = -36.5396x^3 + 233.4493x^2 - 480.2337x + 172,444.7124$	0.9980
	1%-33%	$y = 0.8958x^3 - 9.2321x^2 + 33.7070x - 50.3257x + 293.5858$	1
	33%-66%	$y = 1.5130x^3 - 2.0253x^2 - 1.5526x + 702.9762$	0.9999
	66%-100%	$y = 15.0470x^3 - 147.0946x^2 + 525.4654x - 766.7106x + 888.9997$	1

Tablo 5'te de görüldüğü üzere, bağımsız (yıl) ve bağımlı (geçirimsiz yüzey değişimi) değişkenler arasında genellikle çok yüksek korelasyon katsayısına sahip polinomal ilişkiler gözlemlenmiştir. Hiçbir ilçede iki değişken arasında hesaplanan korelasyon katsayısının 0.20'den az olmaması, değişkenler arasında en azından zayıf ilişki olduğunu göstermektedir. Söz konusu zayıf ilişki Merzifon, Suluova ve Taşova ilçeleri için hesaplanan orta dereceli geçirimsiz yüzeyler için olmuştur. Hamamözü, Merzifon ve Taşova ilçelerinde düşük dereceli geçirimsiz yüzeyler için hesaplanan korelasyon değerleri 0.40 ile 0.59 arasında olduğu için iki değişken arasında orta düzeyde ilişki olduğu söylenebilir. Suluova ve Göynücek ilçelerinde ise düşük dereceli geçirimsiz yüzeyler için hesaplanan korelasyon değerleri 0.60 ile 0.79 arasında olduğu için iki değişken arasında yüksek düzeyde ilişki olduğu yorumu yapılabilir. Hesaplanan 0.80 ve üzeri korelasyon değerine sahip olan formüllerde iki değişken arasında çok yüksek ilişki olduğu söylenebilir. İlçe bazında Merkez ve Gümüşhacıköy ilçelerinin tüm derecedeki geçirimsiz yüzeylerde iki değişken arasındaki ilişkiyi polinomsal olarak kurulabildiği ve hesaplanan korelasyon katsayı değerlerinin 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Amasya ilindeki her bir ilçe için Tablo 5'te gösterilen denklemler kullanılarak ilçeler için 2030 yılında farklı derecelerdeki geçirimsiz yüzeylerin değer tahmini yapılmış ve elde edilen sonuçlar 2006 yılına göre artış miktarları hesaplanarak Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. 2006 ile 2030 yılları arasında geçirimsizlik derecesi değişimi (%)

Şekil 12'deki 2030 yılı Hamamözü ilçesi için yapılan tahmine göre geçirimli ve düşük dereceli geçirimsiz alanlarda azalma olduğu, orta ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise yüksek seviyede artış olabileceği belirlenmiştir. Gümüşhacıköy ilçesi için yapılan tahminlerde geçirimli alanda en az %25 oranında azalma olurken diğer geçirimsiz yüzeylerde artış olduğu görülmektedir. Bu artışların en fazla düşük ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde olabileceği belirlenmiştir. Merzifon ilçesi için yapılan 2030 yılına ait tahminlerine göre, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerin alanında yaklaşık %100'lük bir artış olurken, diğer alanlarda azalma olduğu görülmektedir. Benzer durum Suluova ilçesi için de söylenebilir. Ancak bu ilçe için düşük dereceli geçirimsiz yüzeydeki azalışın oldukça fazla olabileceği hesaplanmıştır. Taşova ilçesi için yapılan tahminde geçirimli yüzey ve düşük dereceli geçirimsiz yüzeyde azalış olurken, orta ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeyde artış görülmektedir. Benzer durum Göynücek ilçesi için de söylenebilir. Ancak bu ilçede orta dereceli geçirimsiz yüzey artışı oldukça fazladır. Yapılan tahminlerde Merkez ilçesini diğer tüm ilçelerden ayıran en önemli sonuç, geçirimli yüzeylerin alanındaki azalma değil, geriye kalan tüm farklı seviyedeki geçirimsiz yüzey alanlarındaki yüksek artış miktarıdır.

4. Sonuç ve Tartışma

Hızlı kentleşme sürecinin devam ettiği ve mevcut yapılaşmış alanların değerlendirilmesinin giderek daha da önemli bir hale geldiği günümüz koşullarında, kentlerin geleceğine yönelik planlama çalışmaları oldukça önem kazanmıştır. Bu doğrultuda çalışmada, Amasya il bütününde 2006, 2009, 2012, 2015 ve 2018 yıllarına ait Copernicus Yüksek Çözünürlüklü Katman Geçirimsizlik Yoğunluğu (HRL IMD) verileri kullanılarak geçirimsizlik dereceleri sınıflandırılmış, bu dereceler haritalanmış, yıllara göre kentsel arazi değişim oranları hesaplanmış ve 2030 yılı için geçirimsizlik derecelerine yönelik tahminler üretilmiştir.

Geçirimsiz yüzey alanlarının zaman içindeki değişimi, kentsel büyüme ve arazi kullanımı dönüşümleri açısından doğal bir süreç olarak değerlendirilebilir. Ancak, bu artışın belirli bir eşik değeri aşması durumunda ekolojik denge, hidrolojik döngü ve biyolojik çeşitlilik üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği bilinmektedir. Literatürde, geçirimsiz alan artışının çevresel sürdürülebilirliği tehdit edebileceği belirli eşik değerleri üzerine çalışmalar (UZF Center for Environmental Research, 2004; Bayramoğlu vd., 2019; Doygun & Kısakürek, 2023) bulunmakla birlikte, bu eşik değerler bölgesel bağlam, ekosistem hassasiyeti ve arazi kullanım planlaması gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. UZF Center for Environmental Research (2004), Bayramoğlu vd. (2019), Doygun ve Kısakürek (2023)'in yapmış oldukları çalışmalara göre; yeşil alanların geçirgenlik durumlarının değerlendirilmesinde sert zeminle kaplı alanların bütün içerisindeki oranları %20'den büyük ise, bu parkın geçirgenlik düzeyinin ekolojik bakımdan "uygun olmadığı" sonucuna varılmıştır. %10-20 arasındaki sert zemin oranları, yoğun olarak kullanılan yeşil alanlar için ekolojik bakımdan "kabul edilebilir" düzey olarak değerlendirilirken, %5-10 oranı yeşil alanların geneli için "iyi", %5'ten küçük oranlar için ise "ideal" değerlendirmesi yapılmıştır.

Amasya ilçelerinden yoğunlukla kırsal karaktere sahip olan Hamamözü, Gümüşhacıköy, Taşova, Göynücek ve Suluova ilçelerinde 2006-2018 yılları arasında nüfus kaybının yaşandığı görülmüştür. Bu durum, söz konusu ilçelerde çeşitli faktörlerin etkisi ile nüfusun göç hareketi gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu ilçelerin aksine Merkez ve Merzifon ilçelerinde ise ilgili yıllar arasında nüfus artışı yaşanmıştır. Bu durumun ortaya çıkmasında, bu ilçelerdeki kentleşme faaliyetlerinin daha yoğun olması ve ekonomik imkânlarının fazlalığı vb. pek çok sebebin etkili olmuş olabileceği söylenebilir. Buna karşılık ilçelerde özellikle 2015 sonrasında özellikle yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde artış gözlemlendiği görülmektedir. Merzifon ve Suluova ilçelerinde görülen artışın sebebi sanayi alanlarının giderek büyümesi ve konut alanı talebinin artmasıdır (Bilgin vd., 2017; Dede vd., 2017). Daha kırsal özelliklere sahip Gümüşhacıköy, Hamamözü ve Göynücek ilçelerinde de ilçe insanı tarım ve hayvancılıkla geçimini sağlamaktadır. Bu ilçelerde 2006'dan 2018 yılına nüfus artışı olmamasına rağmen tarım alanı olarak kullanılan yerlerin bir kısmının miras nedeni ile küçülmesi, tarım faaliyetlerinden elde edilen gelirin azalması vb. nedenlerden dolayı tarım alanları satışa çıkartılarak inşaat firmalarının eline geçmekte, dolayısıyla tarım alanları hızla konut alanlarına dönüşmektedir (T.C. Amasya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2013; Şenol, 2014; T.C. Amasya Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2024). Yapılaşma arttığı için de geçirimsiz yüzeylerin oranında artış olmaktadır. Nitekim, ilçeler arasındaki nüfus artış ve azalma oranları ekonomik ve sosyal altyapı farklılıklarını yansıtmakta olup, Merkez ve Merzifon ilçelerindeki artış diğer ilçelerden aldığı göç faaliyetleri (Eren, 2020) ile desteklenmektedir. Bu durum, Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü (2019) tarafından yayımlanan "Nüfus Yoğunluğu ve Kentsel İşlevler ile Türkiye'de İlçelerin Kentleşme Düzeyinin Ölçülmesi" başlıklı raporunda belirtilen Türkiye'de ilçe düzeyinde nüfus yoğunluğuna bağlı olarak hesaplanan kentleşme oranı tahminleriyle benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde, çalışmada Amasya il bütününe nüfus yoğunluğuna bağlı olarak hesaplanan kentleşme oranının %29-%53 aralığında olduğu ve orta derecede yoğunluklu bir kent olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, Sarı vd. (2020)'ne göre kentin hem nüfus yoğunluğu hem de kentsel işlev düzeyinin düşük olduğu, Eren (2020)'e göre kent nüfusunun Türkiye nüfusunun %0.78'ini oluşturduğu, Dede vd. (2017)'ne göre kentin ekonomisinde tarımın ilk sırada yer aldığı, Kızılaslan ve Arslan (2022)'a göre kentin temel geçim kaynağı tarımın terk edilip kentleşmeye bağlı kırsal göç faaliyetlerinin görüldüğü sonucuna varılmıştır.

Amasya ilinin 2006 ile 2018 yıllarındaki toplam nüfusları ile kentli nüfus sayıları karşılaştırıldığında; 2006 yılında kentli nüfus toplam nüfusun %61.25'i iken, 2018 yılında bu oran %71'e ulaşmıştır. Kırsal nüfus oranı da %38.73'ten %29'a düşmüştür (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024b). Bu kentleşme süreci, kent içerisinde boş/kullanılmayan alanlarda yapılaşmanın artmasına ve bağ/bahçe/tarım alanlarının yerleşim, sanayi ve ticaret alanlarına dönüştürülmesine neden olmuştur (Amasya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2013). Bu süreç, hem kent merkezinde hem de ilçelerde yeşil alan miktarında yani geçirimli yüzeylerde azalmalara, geçirimsiz yüzeylerde artışa neden olmuştur.

2006 ile 2018 yılları arasındaki durum ilçeler bazında değerlendirildiğinde ve Şekil 5-11 incelendiğinde; geçirimsiz alan yoğunluğunun ilçe merkezlerinde toplandığı görülebilmektedir. Hamamözü ilçesinin nüfusu %24 oranında azalma ile 5,264'ten 3,955'e düşmüştür. Bu demografik gerileme, kırsal alanların boşalması ve ekonomik faaliyetlerin zayıflaması (Dede vd. 2017) ile ilişkilendirilebilir. Aynı süreç içerisinde geçirimli yüzeylerde önemli ölçüde bir değişiklik gözlenmezken arazi kullanımında dönüşümler (düşük ve orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde azalma, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde artış) meydana geldiği görülmektedir. Bu da, ilçe genelinde nüfusun azalmasına rağmen kentsel nitelikli alanlarda birtakım faaliyetlerin arttığını göstermektedir. Kentsel gelişmenin artmasının demografik ve yerel ekonomik yapının değişimiyle doğrudan bağlantılı bir süreç olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, kentsel gelişmelere rağmen ilçenin halihazır haritaları ile imar planı bulunmamaktadır (Dede vd., 2017; Hamamözü Belediyesi, 2024). 2030 yılına yönelik tahminlerde ise ilçede düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerin azalacağı, geçirimsiz yüzeylere göre orta ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise belirgin bir artış yaşanacağı öngörülmektedir.

Gümüşhacıköy ilçesi nüfusu %7.4 oranında azalarak 25,632'den 23,734'e gerilemiştir. Bu durum, ilçenin ekonomik cazibesinin azalması veya genç nüfusun dış göç eğiliminde olması (Eren, 2020) ile ilişkilendirilmiştir. Aynı dönemde, ilçedeki doğal yani geçirimli yüzeylerde azalış meydana gelirken, arazi kullanımındaki değişimlerin (düşük, orta ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde artış) meydana geldiği görülmektedir. Bu sonuçlar, geçirimsiz yüzeylerde artış yaşanarak ilçede kentleşme süreçleri ile altyapı gelişiminin ivme kazandığını ortaya koymaktadır. Hamamözü ilçesine benzer şekilde Gümüşhacıköy ilçesinin de imar planı bulunmamaktadır (Dede vd., 2017; Gümüşhacıköy Belediyesi, 2024). 2030 yılı için ilçedeki geçirimli yüzeylerin en az %25 oranında azalacağı, buna karşılık tüm geçirimsiz yüzey türlerinde artışların gerçekleşeceği öngörülmektedir.

Merzifon ilçesi nüfusu %4.1 oranında artış göstererek 69,093'ten 71,916'ya yükselmiştir. Bu nüfus artışı, ilçenin eğitim, sanayi ve ticaret potansiyelindeki gelişmenin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Bilgin vd., 2017). Söz konusu dönemde, Merzifon'da da geçirimli yüzeylerde azalış yaşandığı gözlenmiştir. Düşük ve orta dereceli geçirimsizlik düzeyindeki alanlar ise kentsel yoğunluk içeren alanlara dönüşmüş ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeyler artış göstermiştir. Bu durum, ilçede kentleşme faaliyetlerinin ve yoğun altyapı gelişiminin hızlandığını ortaya koymaktadır. Arazi kullanımındaki bu dönüşüm, nüfus artışı ile uyumlu bir şekilde ilçenin ekonomik ve sosyal yapısındaki değişimle de ilişkilendirilmektedir. Öte yandan ilçenin imar planı bulunmaktadır (T.C. Amasya Valiliği, 2023; Merzifon Belediyesi, 2024). Çalışma kapsamında gerçekleştirilen 2030 yılına ilişkin öngörüler, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerin yaklaşık %100 oranında artacağını, buna karşılık diğer yüzey türlerinde de azalmaların yaşanacağını ortaya koymaktadır.

Suluova ilçesi nüfusu %1.7 oranında azalarak 47,428'den 46,608'e gerilemiştir. Bu azalma, diğer ilçelere kıyasla sınırlı düzeyde kalmış olup, ilçede ekonomik stabilitenin devam ettiğini (Bilgin vd., 2017; Dede vd., 2017) göstermektedir. İlçede geçirimli yüzeylerde azalma gözlenmiştir. Buna karşılık, düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %25, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %9 oranında azalma, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise %201 oranında artış yaşanmıştır. Bu durum, ilçede kentleşme ve sanayi gibi yapılaşmaya yönelik faaliyetlerin arttığını ve arazi kullanımında dönüşümlerin meydana geldiğini ortaya koymaktadır. 2030 yılına ilişkin tahminler de benzer bir eğilime işaret etmekte, ancak düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerdeki azalmanın daha belirgin bir düzeyde olacağı öngörülmektedir. Tahminler, ilçede sanayi ve kentsel faaliyetlerin artmaya devam edeceğini ve bu süreçlerin arazi üzerindeki etkilerinin daha da yoğunlaşacağını göstermektedir.

Taşova ilçesi nüfusu %10.4 oranında azalarak 35,186'dan 31,508'e düşmüştür. Bu nüfus kaybı, kırsal göç ve genç nüfusun başka bölgelere taşınması (Eren, 2020) ile ilişkilendirilmektedir. Aynı dönemde geçirimli yüzeyler ile orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde azalma gözlenmiştir. Düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde ise %6 oranında azalma görülmektedir. Bu durum, bu alanların kentsel gelişim alanlarına dönüşerek yüksek geçirimsiz yüzeylerde %215 oranında bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Söz konusu artış, ilçede kentleşme eğiliminin ve kentsel altyapı faaliyetlerinin yoğunlaştığını işaret etmekte olup bu dönüşüm, nüfus kaybı olmasına rağmen, arazi kullanımında kentleşmeye yönelik dinamiklerin güçlendiğini ortaya koymaktadır. 2030 yılına ilişkin öngörüler de ilçede geçirimli yüzeyler ile düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde azalma yaşanacağını, buna karşılık orta ve yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde artışların meydana geleceğini ortaya koymaktadır.

Göynücek ilçesi nüfusu %20.3 oranında azalarak 13,425'ten 10,703'e düşmüştür. Bu nüfus kaybı, kırsal göç, ekonomik yetersizlikler, tarım alanlarının işlev kaybı (Çağlar vd., 2017; Eren, 2020) gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir. Aynı dönemde, ilçedeki doğal yani geçirimli yüzeyler ile düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde azalma, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %16 oranında ve yüksek geçirimsiz yüzeylerde ise %369 oranında olmak üzere bir artış görülmüştür.

Bu durum, ilçede geçirimsiz yüzeylerin arttığını, dolayısıyla kentleşme ve altyapı yoğunluğunun yükseldiğini göstermektedir. Arazideki bu dönüşüm, ilçenin demografik gerilemesine rağmen yapılaşmaya yönelik faaliyetlerin ve kentleşmenin, bölgedeki arazi kullanımını şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Benzer bir süreç 2030 yılına ilişkin yapılan tahminlerde de öngörülmektedir.

Merkez ilçesi nüfusu %12.4 oranında artarak 132,646'dan 149,084'e yükselmiştir. Bu nüfus artışı, ilçenin kentsel çekim gücünün artması, ekonomik ve sosyal olanakların daha fazla bireyi bölgeye çekmesi (Eren, 2020) ile ilişkili olup; kentleşme süreçleri ve göç dinamiklerinin etkisini de yansıtmaktadır. İlgili yıllar arasında ilçedeki geçirimsiz yüzeylerde azalma yaşandığı görülmüştür. Bununla birlikte düşük dereceli geçirimsiz yüzeylerde %8, orta dereceli geçirimsiz yüzeylerde %19, yüksek dereceli geçirimsiz yüzeylerde %135 oranında bir artış gerçekleşmiştir. Bu değişim, kent merkezinde hızlı kentleşme süreçlerinin ve altyapı yatırımlarının yoğun bir şekilde gerçekleştiğini (Bilgin vd., 2017; Özdemir & Özkaynak, 2023); Kurt (2013), Kurdoğlu vd. (2014), Kurdoğlu vd. (2016), Kurdoğlu ve Kurt (2017), Kurdoğlu ve Kurt Konakoğlu (2018)'in çalışmalarında belirlemiş olduğu yeşil alanların ise sert zemin yüzeylere dönüştüğünü ortaya koymaktadır. İlçenin arazi kullanımındaki bu dönüşümün, kentsel büyüme ve altyapı gelişimi ile uyumlu bir şekilde olduğu görülmektedir (Ergen, 2017). 2030 yılı için tüm farklı derecedeki geçirimsiz yüzeylerde yüksek artış miktarının görüleceği tahmin edilmektedir.

Doğrusal ve polinom regresyon modelleri kullanılarak Amasya ilinin her bir ilçesi için 2006 yılından 2030 yılına yönelik yapılan tahminler genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut kentsel büyümenin devam edeceği, yerel dinamiklerin ekonomik ve fiziksel yapısı üzerindeki etkilerinin daha belirgin hale gelebileceği, ancak arazi kullanımındaki geçişlerin farklı derecedeki geçirimsiz yüzeyler arasında yeniden dağılım gösterebileceği öngörülmektedir. Ayrıca, nüfus azalışının sürmesi beklenirken, kentsel alanlardaki yoğunlaşmanın dolayısıyla geçirimsiz yüzeylerin artacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan, geçirimsiz yüzeylerin artışıyla kentlerin ekolojik açıdan olumsuz olarak etkilenmesi kaçınılmazdır. Nitekim bu durum, iklim değişikliği azaltım stratejisi ve eylem planı (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2023a) ile iklim değişikliğine uyum stratejisi ve eylem planı (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2023a)'n da kent in şiddetli yağış riski ile tehlikeli sıcak hava dalgasına maruz kalacağı şeklinde değerlendirilmiştir.

5. Öneriler

Çalışmada elde edilen bulgular dâhilinde, arazilerin geçirimsizlik oranlarında gözlemlenen değişimlerin altında yatan doğal ve insan kaynaklı faktörlerin detaylı bir şekilde incelenmesi, yüksek ve düşük geçirimsizlik oranlarına sahip alanların sürdürülebilir yönetimini sağlamak amacıyla uygun stratejilerin geliştirilerek alanların bölgesel özelliklerine uygun arazi kullanım politikalarının uygulanması önerilmektedir. Bununla birlikte, geçirimsiz yüzeylerdeki değişimin düzenli olarak izlenmesi ekolojik sürdürülebilirlik açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle, geçirimsiz yüzeylerde görülen artışın ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Yüksek geçirimsiz yüzeylerin artması hususu yerel farklılıklar bağlamında ele alındığında, bölgesel farklar ve yüzeylerin geçirimsizlik durumları üzerindeki antropojenik etkilerin incelenmesi gerektiğini ortaya koymakta olup, bölgesel ve yerel ölçekte detaylı analiz ve politika geliştirme ihtiyacını vurgulamaktadır.

Çeşitli toplumsal ihtiyaçlar nedeniyle kentlere müdahalede bulunulacaksa, kentin fiziksel, toplumsal ve tarihi vb. tüm dinamikleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmalı, tespit edilen sorunları çözüme kavuşturmak adına önerilerin ekolojik planlama ilkeleri çerçevesinde geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kente dair eksik olan mevcut duruma ilişkin ve geleceğe dair gelişime yön verecek tüm planların kapsamlı bir şekilde ele alınarak, detaylı irdelemeler sonucunda hazırlanması önerilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan veri seti ile kentteki geçirimsizlik dereceleri sınıflandırılmış, elde edilen alansal sonuçlar nüfus verileri ve kentleşme faaliyetlerine bağlı olarak irdelenmiştir. Bu bağlamda Amasya ili özelinde elde edilen sonuçlar, sürdürülebilir arazi yönetimi ve yerel düzeyde uygulanabilir politikaların geliştirilmesine yönelik önemli bir kaynak niteliği taşımakta olup, sonuçların kent düzeyinde hazırlanacak stratejik planlar için de önemli bir veri oluşturacağı düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarında, kentsel arazi kullanım durumlarını ortaya koyan arazi kullanım durumu haritaları, uzaktan algılama yöntemleri ile geliştirilmiş kent indislerinin uygulanması ile kentsel alan kullanım durumlarının ortaya konulması vb. farklı yöntemler kullanılarak sonuçların bu veri seti sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmesi sağlanabilir.

Kaynaklar

- Akay, A. (2019). *İklim değişikliğinin neden olduğu afetlerin etkileri*. <https://www.iklimin.org/moduller/afetmodulu.pdf>
- Arda, G. (2020). Landsat uydu görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile alan kullanım/arazi örtüsü değişiminin değerlendirilmesi: Muğla-Ula örneği. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 2(1), 49–61.

- Armour, T., Armour, S., Hargrave, J., & Revell, T. (2014). *Cities alive: Rethinking green infrastructure*. ARUP. <https://www.arup.com/insights/cities-alive-rethinking-green-infrastructure/>
- Ataöv, A., & Osmay, S. (2007). Türkiye’de kentsel dönüşüme yöntemsel bir yaklaşım. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(2), 57–82.
- Bayraç, H. N. (2010). Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229–259.
- Bayramoğlu, E., Yeniçirak, P. Ö., & Kurdoğlu, B. Ç. (2019). Kentsel açık alanların geçirimsizlik açısından incelenmesi: Trabzon kenti örneği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 45(6), 3868–3873.
- Berry, B. J. (2008). Urbanization. In J. M. Marzluff, E. Shulenberg, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, & C. ZumBrunnen (Eds.), *Urban ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature* (pp. 25–48). Springer.
- Bilgin, M. B., Biçer, E., & Kabacı, M. A. (2017). *Amasya ili sanayi sektörel eylem planı (2018-2023)*. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı. <https://oka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/49amasya-cevre-ve-altyapi-eylem-planı---revize-sayfalar-silindi.pdf>
- Carter, J. G., Handley, J., Butlin, T., & Gill, S. (2018). Adapting cities to climate change—exploring the flood risk management role of green infrastructure landscapes. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(9), 1535–1552. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1355777>
- Chapman, S., Watson, J. E. M., Salazar, A., Thatcher, M., & McAlpine, C. A. (2017). The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: A systematic review. *Landscape Ecology*, 32, 1921–1935.
- Çağlar, Ö., Kılınc, G., Koparan, E., Yivli, A., & Topsakal, H. (2017). *Amasya ili tarım ve kırsal kalkınma eylem planı (2018-2023)*. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı. https://oka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/52amasya-tarim-ve-kirsal-kalkinma-eylem-planı_v2.pdf
- Çalhan, E., & Özelkan, E. (2022). Şehirleşmenin yer yüzeyi sıcaklıklarına etkisinin incelenmesi: Denizli ili kent merkezi örneği. *Journal of Research in Atmospheric Science*, 4(1), 20–30. <https://doi.org/10.29228/resatmsci.64012>
- Dai, Z., Guldman, J. M., & Hu, Y. (2018). Spatial regression models of park and land-use impacts on the urban heat island in central Beijing. *Science of the Total Environment*, 626, 1136–1147.
- Dale, V. H., Joyce, L. A., McNulty, S., & Neilson, R. P. (2000). The interplay between climate change, forests, and disturbances. *Science of the Total Environment*, 262(3), 201–204. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00522-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00522-2)
- Das, M., & Das, A. (2019). Estimation of ecosystem services (EESs) loss due to transformation of local climatic zones (LCZs) in Sriniketan-Santiniketan planning area (SSPA) West Bengal, India. *Sustainable Cities and Society*, 47, Article 101474. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101474>
- Das, M., & Das, A. (2020). Assessing the relationship between local climatic zones (LCZs) and land surface temperature (LST) - A case study of Sriniketan-Santiniketan planning area (SSPA), West Bengal, India. *Urban Climate*, 32, Article 100591. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100591>
- Davis, K. (1955). The origin and growth of urbanization in the world. *American Journal of Sociology*, 60(5), 429–437. <https://doi.org/10.1086/221602>
- Dede, O. M., Altanlar, A., Özcan, C., & Çorsuz, N. (2017). *Amasya ili çevre ve altyapı sektörel eylem planı (2018-2023)*. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı. <https://oka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/amasya-cevre-ve-altyapi-eylem-planı.pdf>
- Dong, W., Liu, Z., Zhang, L., Tang, Q., Liao, H., & Li, X. (2014). Assessing heat health risk for sustainability in Beijing’s urban heat island. *Sustainability*, 6(10), 7334–7357. <https://doi.org/10.3390/su6107334>
- Doğun, N., & Kısakürek, Ş. (2013). Kahramanmaraş’da bazı kent parklarının geçirimsiz zemin yeterliği bakımından incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 3(7), 23–29.
- Drašković, B. J. (2021). Urban expansion of the largest cities in Bosnia and Herzegovina over the period 2000-2018. *Geographica Pannonica*, 25(4), 276–288. <https://doi.org/10.5937/gp25-32535>
- Dünya Bankası. (2022). *Urban population (% of total population)*. World Bank Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?contextual=default>
- Eren, Ş. (2020). Türkiye’de, Amasya iline kayıtlı nüfusun coğrafi dağılışı. *Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (ASOBİD)*, 7, 161–210.
- Ergen, Y. B. (2017). Amasya’s urbanization problems. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, 18(2), 113–119.
- Ersoy Tonyaloğlu, E. (2019). Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1–13.
- Ersöz, N. D., Ersoy Mirici, M., & Sayan Atanur, G. (2022). Geçmişten günümüze yeşil altyapı ve gelecek için öngörüler. In G. Bayrak (Ed.), *Yeşil Altyapı* (pp. 39-62). *IKSAD Yayınevi*.
- European Union Copernicus Land Monitoring Service. (2018). *Copernicus Land Monitoring Service - High Resolution Layer Imperviousness Product Specifications*. European Environment Agency (EEA). <https://land.copernicus.eu/en/technical-library/hrl-imperviousness-technical-document-prod-2015/@@download/file>

- European Union Copernicus Land Monitoring Service. (2024). *User Manual - Copernicus Land Monitoring Service High Resolution Land Cover Characteristics Lot1*. European Environment Agency (EEA). <https://land.copernicus.eu/en/technical-library/hrl-imperviousness-2018-user-manual/@@download/file>
- Foster, J., Lowe, A., & Winkelmann, S. (2011). *The value of green infrastructure for urban climate adaptation*. Center for Clean Air Policy. https://www.ca-ilg.org/sites/main/files/file-attachments/the-value-of-green-infrastructure-for-urban-climate-adaptation_ccap-february-2011.pdf?1376354679
- Gago, E. J., Roldan, J., Pacheco-Torres, R., & Ordóñez, J. (2013). The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 749–758.
- Gawuc, L., & Struzewska, J. (2016). Impact of MODIS quality control on temporally aggregated urban surface temperature and long-term surface urban heat island intensity. *Remote Sensing*, 8(5), Article 374. <https://doi.org/10.3390/rs8050374>
- Gümüşhacıköy Belediyesi. (2024). Duyurular. 11 Aralık 2024'te <https://www.gumushacikoy.bel.tr/> adresinden alındı.
- Hamamözü Belediyesi. (2024). *İmar İşleri*. 11 Aralık 2024'te <https://hamamozu.bel.tr/hizmet/imar-isleri.html> adresinden alındı.
- Howard, L. (1833). *The climate of London, deduced from meteorological observations, made in the metropolis and at various places around it*. Harvey and Darton.
- İklim Değişikliği Başkanlığı. (2023a). *İklim değişikliği azaltım stratejisi ve eylem planı (2024-2023)*. 11 Aralık 2024'te [https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20Azalt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20\(2024-2030\).pdf](https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20Azalt%C4%B1m%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan%C4%B1%20(2024-2030).pdf) adresinden alındı.
- İklim Değişikliği Başkanlığı. (2023b). *İklim değişikliğine uyum stratejisi ve eylem planı (2024-2030)*. 11 Aralık 2024'te https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf adresinden alındı.
- Jonsson, P., Bennet, C., Eliasson, I., & Lindgren, E. S. (2004). Suspended particulate matter and its relations to the urban climate in Dar es Salaam, Tanzania. *Atmospheric Environment*, 38(25), 4175–4181.
- Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü. (2019). *Nüfus yoğunluğu ve kentsel işlevler ile Türkiye'de ilçelerin kentleşme düzeyinin ölçülmesi*. 28 Kasım 2024'te <https://www.mevka.org.tr/assets/upload/dosyalar/turkiyede-ilcelerin-kentlesme-duzeyinin-olculmesi-raporu.pdf> adresinden alındı.
- Kaplan, G., Avdan, U., & Avdan, Z. Y. (2018). Urban heat island analysis using the Landsat 8 satellite data: A case study in Skopje, Macedonia. *Proceedings*, 2(7), Article 358. <https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05171>
- Kızılaslan, N., & Arslan, F. (2022). Kırsaldan kente göç hareketlerinin nüfusun cinsiyet ve eğitim faktörlerine etkisi (Amasya ili örneği). *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(3), 147–158.
- Kim, Y., Yu, S., Li, D., Gatson, S. N., & Brown, R. D. (2022). Linking landscape spatial heterogeneity to urban heat island and outdoor human thermal comfort in Tokyo: Application of the outdoor thermal comfort index. *Sustainable Cities and Society*, 87, Article 104262. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104262>
- Korkut, A., Gültürk, P., & Topal, T. Ü. (2016). Kentsel peyzaj yapılarında zemin geçirimsizliği üzerine bir araştırma: Tekirdağ örneği. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 412–422.
- Kurdoğlu, B. Ç., & Kurt Konakoğlu, S. S. (2018). Amasya kent örneğinde rekreasyon alanları bilgi sistemi oluşturulmasına yönelik bir çalışma. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 66–79.
- Kurdoğlu, B. Ç., & Kurt, S. S. (2017). Determination of greenway routes using network analysis in Amasya, Turkey. *Journal of Urban Planning and Development*, 143(1), Article 05016013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000352](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000352)
- Kurdoğlu, B. Ç., Demirel, Ö., Kalın, A., Kurt, S. S., Usta, Z., & Çelik, K. T. (2014). *Amasya kenti için Yeşilirmak koridorunu içine alan bir kentsel yeşilyol modeli oluşturmak* (TÜBİTAK Hızlı Destek Projesi Sonuç Raporu). TÜBİTAK.
- Kurdoğlu, B. Ç., Kurt Konakoğlu, S. S., Usta, Z., Çelik, K. T., Demirel, Ö., & Kalın, A. (2016). Amasya kent örneğinde yeşilyol güzergâhlarının AHP ile öncelikli işlevlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2), 21–30.
- Kurt, S. S. (2013). *Amasya kenti için Yeşilirmak koridorunu içine alan bir kentsel yeşilyol önerisi* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Landsberg, H. E. (1981). *The urban climate*. Academic Press.
- Liang, L., & Gong, P. (2020). Urban and air pollution: A multi-city study of long-term effects of urban landscape patterns on air quality trends. *Scientific Reports*, 10, Article 74524. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74524-9>
- Liu, C., Yang, K., Bennett, M. M., Guo, Z., Cheng, L., & Li, M. (2019). Automated extraction of built-up areas by fusing VIIRS nighttime lights and Landsat-8 data. *Remote Sensing*, 11(13), Article 1571. <https://doi.org/10.3390/rs11131571>
- Mathew, A., Sreekumar, S., Khandelwal, S., Kaul, N., & Kumar, R. (2016). Prediction of surface temperatures for the assessment of urban heat island effect over Ahmedabad city using linear time series model. *Energy and Buildings*, 128, 605–616. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.004>

- Merzifon Belediyesi. (2024). *İmar Planı*. 11 Aralık 2024'te <https://merzifon.bel.tr/tag/imar-planı> adresinden alındı.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024a). *İklim sınıflandırmaları*. 30 Kasım 2024'te <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=AMASYA> adresinden alındı.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024b). *İl ve ilçeler istatistik verileri*. 28 Kasım 2024'te <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=AMASYA> adresinden alındı.
- Mohan, M., Pathan, S. K., Narendrareddy, K., Kandya, A., & Pandey, S. (2011). Dynamics of urbanization and its impact on land-use/land-cover: A case study of megacity Delhi. *Journal of Environmental Protection*, 2(9), 1274–1283.
- Nakata, C. M., & Souza, L. C. (2013). Verification of the influence of urban geometry on the nocturnal heat island intensity. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 7(2), 286–292.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8), 769–779.
- Ostertagová, E. (2012). Modelling using polynomial regression. *Procedia Engineering*, 48, 500–506.
- Özdemir, Z., & Özkaynak Yolcu, M. (2023). Kentli hakkı kapsamında kamusal yeşil alanların erişilebilirliğinin incelenmesi: Amasya kenti örnekleme. *Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(14), 329–375.
- Özmeçik, İ. M., Ersoy Tonyaloğlu, E., & Göktuğ, T. H. (2022). Kent atlası verilerinden kentsel saçaklanmanın belirlenmesi: Samsun ili örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 102–111.
- Santamouris, M., Cartalis, C., & Synnefa, A. (2015). Local urban warming, possible impacts and a resilience plan to climate change for the historical center of Athens, Greece. *Sustainable Cities and Society*, 19, 281–291.
- Sarı, V. İ., Gökyurt, F., & Doğan, T. (2020). Türkiye'de ilçelerin kentleşme düzeyinin ölçülmesi. *Şehir ve Medeniyet Dergisi*, 136–162.
- Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., & Guedalia, D. (2006). Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, 40, 1743–1758.
- Simmel, G. (1996). Metropol ve tinsel yaşam. *Cogito Üç Aylık Düşünce Dergisi*, 8, 81–91.
- Şenol, E. (2014). Amasya kentinin Cumhuriyet dönemi mekânsal gelişimi ve tarım alanlarının amaç dışı kullanımı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(30), 1307–9581.
- T.C. Amasya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2024). *Amasya'nın iklim özellikleri*. 21 Kasım 2024'te <https://amasya.ktb.gov.tr/TR-59460/iklim.html> adresinden alındı.
- T.C. Amasya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2013). *Amasya ili kentleşme ve mekânsal inceleme raporu 2013*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/amasya/haberler/haberler11213_1.pdf
- T.C. Amasya Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. (2024). *Amasya ili 2023 yılı çevre durum raporu*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/amasya_cdr2023-20241022130528.pdf
- T.C. Amasya Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. (2021). *İl afet risk azaltma planı*. 21 Kasım 2024'te <https://amasya.afad.gov.tr/kurumlar/amasya.afad/planlar/AMASYAIRAP.pdf> adresinden alındı.
- T.C. Amasya Valiliği. (2023). *Amasya İli, Merzifon İlçesi Sofular Mahallesi içerisinde yer alan 1480 ada 244 parseli kapsayan rezerv yapı alanına ilişkin 1/500 ölçekli nazım imar planı açıklama raporu*. 12 Aralık 2024'te <https://webdosya.csb.gov.tr/db/amasya/duyurular/amasya-5000-plan-aciklama-raporu-20230120123730.pdf> adresinden alındı.
- T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2023). *İklim değişikliği izleme raporu 2023*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. 21 Kasım 2024'te <https://cevre.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2024/11/2023-İKLİM-DEĞİŞİKLİĞİ-İZLEME-RAPORU-11.11.2024-Filigranlı-TR.pdf> adresinden alındı.
- Tıkansak, T. E. (2014, 8-11 Mayıs). *Kentsel dönüşüm ve sürdürülebilirlik* [Bildiri sunumu]. 1. Uluslararası Kentsel Planlama-Mimarlık-Tasarım Kongresi: Kentsel Dönüşüm Ekonomik, Sosyal ve Fiziksel Yönü, Kocaeli, Türkiye.
- Tolon, M., & Tosunoğlu, N. G. (2008). Tüketici tatmini verilerinin analizi: Yapay sinir ağları ve regresyon analizi karşılaştırması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 247–259.
- Topal, T. Ü. (2023). Evaluation of the relationship between spatial-temporal changes of land use/land cover (LULC) and land surface temperature (LST): A case study of Nilüfer, Bursa. *Turkish Journal of Landscape Research*, 6(1), 56–74.
- Topal, T. Ü., & Yılmaz, R. (2024, December 14-16). *Mapping ground imperviousness conditions in urban areas and analyzing temporal-spatial changes: The case of Süleymanpaşa District, Tekirdağ Province* [Congress presentation]. 3rd International Paris Applied Science Congress, Paris, France.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). *Dünya Nüfus Günü*. 28 Kasım 2024'te <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dunya-Nufus-Gunu-2024-53680#:~:text=T%C3%BCrkiye%2C%2085%20milyon%20372%20bin,1%2C1'ini%20olu%C5%9Fturdu> adresinden alındı.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024a). *AMASYA Demografik Göstergeler İl Bilgi Kartı*. 28 Kasım 2024'te <https://nip.tuik.gov.tr/?value=İlGostergeKartlari> adresinden alındı.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024b). 7 Şubat 2025'de <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> adresinden alındı.
- United Nations. (2024). *World population projected to reach 9.8 billion in 2050 and 11.2 billion in 2100*. <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>

- UZF Center for Environmental Research. (2004). *Making greener cities: A practical guide*. <https://www.yumpu.com/en/document/read/4425328/making-greener-cities-urges-ufz>
- Wemegah, C. (2020). *Systematic assessment of Urban Heat Island (UHI) warming in Greater Accra Region* [Master's thesis, Kwame Nkrumah University]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11121.51040>
- Weng, Q., & Yang, S. (2006). Urban air pollution patterns, land use, and thermal landscape: An examination of the linkage using GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 117, 463–489.
- World Health Organization. (2018). *COP24 Special Report: Health & Climate Change*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/276405/9786057496713-tur.pdf>
- Yan, X., & Su, X. (2009). *Linear regression analysis: Theory and computing*. World Scientific.
- Yao, L., Yang, X., Zhu, C., Jin, T., Peng, L. L., & Ye, Y. (2017). Evaluation of a diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect. *Procedia Engineering*, 205, 2863–2870.
- Yıldız, M., & Kavzoğlu, T. (2012, 16–19 Ekim). Nesne tabanlı sınıflandırma tekniği ile arazi örtüsünün belirlenmesi: QuickBird ve Landsat örneği [Bildiri sunumu]. IV. UZAL-CBS Sempozyumu, Zonguldak, Türkiye.
- Yuan, Y., Xi, C., Jing, Q., & Felix, N. (2017). Seasonal variations of the urban thermal environment effect in a tropical coastal city. *Advances in Meteorology*, 2017, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2017/8917310>
- Zhou, D., Zhao, S., Liu, S., Zhang, L., & Zhu, C. (2014). Surface urban heat island in China's 32 major cities: Spatial patterns and drivers. *Remote Sensing of Environment*, 152, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.05.017>
- Zhou, W., Pickett, S. T. A., & Cadenasso, M. L. (2016). Shifting concepts of urban spatial heterogeneity and their implications for sustainability. *Landscape Ecology*, 32, 15–30. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0432-4>