

Sürdürülebilir Mahalle İçin Yeşil Alan Ve Kamu Alanı Yer Seçimi: Keçiören ÖrneğiHüseyin KARATEKE ^{1*}¹Efe Eğitim Danışmanlık, AnkaraORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-5441-2949>**Anahtar Kelimeler****Öz**

Sürdürülebilir mahalle, Tesis yeri seçimi, Küme kapsama problemi, Maksimum kapsama problemi, Matematiksel model, Doğrusal programlama

Kentlerin genel karakteri bina ve yapı alanları, ulaşım alanları, açık ve yeşil alanlar arasındaki ilişkiye göre şekillenir. Kentler, hızlı nüfus artışı ve sanayi faaliyetleri nedeniyle ilişki dengesini kaybetmiş, sağlıksız, düzensiz ve kimliksiz hale gelmiş ve kentler sürdürülebilir olma özelliğini kaybetmiştir. Bina ve yapı alanlarının konumu ve yoğunluğu kentsel yaşamı dengelemek ve kentlerin yaşam kalitesi için açık yeşil alanlar büyük öneme sahiptir. Dengeli kentlerin oluşturulması için açık yeşil alanlara büyük önem veren gelişmiş ülkeler, insanların ihtiyaçlarını karşılamak için sürdürülebilir kent mekanı planlama ve tasarımına öncelik vermektedir. Kentlerde sürdürülebilir yaşamın sağlanması için sürdürülebilir mahallelerin planlamaya dâhil edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada Ankara ilinde kentsel dönüşüme girmiş ve nazım imar planı olan mahallerin yeşil alan, kamu alanı ve okul binası yer seçimi problemi çözülmüştür. Çalışmadaki ele alınan gerçek hayat uygulamasında minimum sayıda yeni tesisin atanması yapılmıştır. Fakat tüm talep düğümlerinin kapsanması gerekmekte, belirli oranda talep düğümünün kapsanması yeterli görülmektedir. Bu sebeple bu çalışmada literatürde bilinen küme kapsama problemi ve maksimum kapsama problemi birleştirilerek yeni bir model geliştirmiştir. Model, doğrusal olmayan yapısı sebebiyle doğrusallaştırılmıştır. Modelin çözüm performansını değerlendirebilmek için, üç farklı gerçek hayat problemi GAMS programı yardımıyla geliştirilen modelle çözülmüş ve sonuçlar verilmiştir. Sonuçlar; beş parsele açık ve yeşil alan, dokuz sivil veya kamu alanı ataması yapılmıştır.

*Sorumlu yazar; e-posta: hsynkarateke89@gmail.com

Green Space And Public Space Location Selection For A Sustainable Neighborhood: Keçiören Example

Keywords	Abstract
<p><i>Sustainable neighborhood, Facility location selection, Set covering problem, Maximum coverage problem, Mathematical model, Linear programming</i></p>	<p><i>The general character of cities is shaped by the relationship between building and structure areas, transportation areas, open and green areas. Due to rapid population growth and industrial activities, cities have lost their balance of relationships, have become unhealthy, irregular and unidentified and cities have lost their sustainability. Open green spaces are of great importance for balancing the location and density of buildings and structure areas, urban life and the quality of life of cities. Developed countries, which attach great importance to open green spaces for the creation of balanced cities, prioritize sustainable urban space planning and design to meet the needs of people. In order to ensure sustainable life in cities, it is important to include sustainable neighborhoods in planning. In this study, the problem of green area, public area and school building location selection in neighborhoods that have undergone urban transformation and have a master development plan in Ankara is solved. In the real-life application discussed in the study, a minimum number of new facilities were assigned. However, it is not necessary to cover all demand nodes; covering a certain percentage of demand nodes is sufficient. For this reason, in this study, a new model is developed by combining the set covering problem and the maximum coverage problem known in the literature. The model is linearized due to its non-linear structure. In order to evaluate the solution performance of the model, three different real-life problems were solved with the model developed by using GAMS program and the results were given. Results; five parcels were assigned as open and green areas, and nine parcel were assigned as civil or public areas.</i></p>
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Başvuru Tarihi : 10.10.2023</p> <p>Kabul Tarihi : 06.08.2024</p>	<p>Research Article</p> <p>Submission Date : 10.10.2023</p> <p>Accepted Date : 06.08.2024</p>

1. GİRİŞ

Çevre, nüfus artışı ve insan faaliyetlerinden büyük ölçüde etkilenecek arazi değişiminde gözle görülür değişikliklere neden olmuştur. Bu değişikliklerin çevre üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Nüfusun artmasıyla birlikte konut, ulaşım ve çevresel müdahaleler gibi çeşitli insan faaliyetlerinin hem dünya yüzeyi hem de kentsel alanlar üzerinde geri dönüşü olmayan sonuçları olmuştur. Bu nedenle, insan faaliyetlerinin çevre ve kentsel alanlar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi büyük önem taşımaktadır (Coppin, Jonckheere, Nackaerts ve Muys, 2004).

Kentsel alanlardaki uygulamalarda ele alınan kriterlerden olan sürdürülebilirlik, kentlerin sürdürülebilir yönetiminden daha fazlasını kapsamaktadır. Köyler, kasabalar, şehirler ve metropoller de dâhil olmak üzere tüm insan yerleşimlerinin çeşitli boyutlarını kapsamaktadır. Bu boyutlar arasında barınma, sağlık, yönetim, iş ve istihdam, refah, güvenlik, temizlik, eşitlik, eğitim, ulaşım, katılım, iş birliği, mimari, sanayi gibi hususlar yer almaktadır (Ng, Cook, ve Chui, 2001). Dünya Çevre ve Planlama Komisyonu tarafından 1987 yılında yayınlanan Brundtland Raporu, sürdürülebilir kentleri, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kentler olarak tanımlamaktadır (Brundtland Report, 1987). Sürdürülebilirliği kentsel alanlara dâhil etmenin temel amacı, kaynakların adil ve çevreye duyarlı bir şekilde yönetilmesini ve planlanmasını hayata geçirerek gelecek nesillerin yaşam hakkını korumaktır. Bu yaklaşım, insan ve çevre sistemlerinin yanı sıra ekosistem hizmetlerinin kent sakinlerinin refah artışı üzerinde etki etmesini sağlamaktır (Meadows, Meadows Randers ve Behrens, 1972). Sonuç olarak, sürdürülebilirlik ilkeleri mahalleler ve binalar da dâhil olmak üzere çeşitli düzeylerde hayata geçirilmesiyle sürdürülebilir şehirler, eko şehirler, yeşil şehirler, sürdürülebilir kentsel kalkınma ve sürdürülebilirlik hedefleri gibi kavramlar ortaya çıkmış ve uygulanmaya başlanmıştır (Jickling, 1994). Kentsel alanları olumsuz etkilenmiş kentlerden sürdürülebilir kentlere dönüşüm gerçekleştirilmesi için kentlerde hayata geçirilen kentsel dönüşüm projeleri fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel dönüşüm projeleri, sürdürülebilirlik ilkesini uyguladıkları takdirde sürdürülebilir kentsel kalkınmayı başarıyla gerçekleştirebilir. Bu projeler, sosyal, ekonomik veya fiziksel gerileme yaşamış bir kentin ekonomik büyümesini sürdürürken aynı zamanda düşük gelirli bireylerin yaşam koşullarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Choguill, 2008). Sürdürülebilir kentsel dönüşüm, kentleri uzun vadede stratejik olarak planlamak için sivil toplum kuruluşları, özel sektör, yerel ve merkezi hükümetlerin ortak çabasını içermektedir. Amaç, kentsel gelişimin olumsuz etkilerini azaltmak, ekonomik rekabet gücünü artırmak, kentlerin genel fiziksel ve çevresel kalitesini artırmaktır (Mc Cormick, 2013).

1933'teki Atina Bildirgesi, işlevsel kentlerin önemini ve binaların bir araya gelerek uyumlu mahalleler oluşturması gerektiğini vurgulayarak mahalle birimi kavramını uluslararası alanda ön plana çıkarmıştır. Plancılar ve kentsel karar vericiler mahallelerin önemini uzun zamandır kabul etmektedir (Rohe, 2009). Yirminci yüzyıl boyunca daha cazibeli ve yaşanabilir mahalleler meydana getirmek için çok sayıda teori ve model geliştirilmiştir. Yaşanabilir mahalleler, kaliteli bir yaşam biçimini destekleyen hem kültürel hem de mimari yönleri kapsayan sürdürülebilirlik ilkelerine dayanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın ortaya çıkışı ve yerel düzeye yaptığı vurgu, mahalle planlamasına olan ilgiyi yeniden canlandırmış ve yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine yol açmıştır (Tang, 2002). Sürdürülebilir ve yaşanabilir mahalleler oluşturmak yaşam kalitesini korumak için önem arz etmektedir. Planlaması iyi yapılmış bir mahallede toplumun sosyal etkileşim potansiyeli artmaktadır. Çeşitli planlama stratejileri, yaya dostu sokakların ve karma kullanım alanlarını içeren kompakt kentsel formların geliştirilmesini teşvik ederek daha güçlü komşuluk ilişkilerini ve sosyal uyumu teşvik etmektedir (Roberts, 2008).

Mahalle düzeyinde ekolojik sürdürülebilirliği hayata geçirmek için çok sayıda standart geliştirilmiş ve bu standartları birleştiren sertifikasyon sistemlerinin uygulamaya konulması konusu önem kazanmıştır. Sertifikasyon prosedürleri, değerlendirmenin odağına göre üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar; binalar, mahalleler ve tüm kent şeklinde sıralanabilir. Mahallelerin sürdürülebilirlik ölçütleri çerçevesinde değerlendirilmesi 2006 yılında ilk defa CASBEE komitesi tarafından tanıtılmıştır ve CASBEE UD (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency Urban Development) ismiyle bilinmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümde literatür taramasına yer verilmektedir. Öncelikle literatür taraması yapılmış ve ardından çalışmada yer verilen modeller açıklanmıştır. Üçüncü bölümde tesis yeri seçimi problemleri hakkında bilgiler verilmiş ve yer seçim modeli ve geliştirilen model açıklanmıştır. Dördüncü bölümde gerçek hayat uygulaması detaylıca açıklanmıştır. Beşinci bölümde analizden elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Altıncı bölümde sonuç ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2. LİTEATÜR TARAMASI

Bu bölümde öncelikle sürdürülebilir mahalle sertifikasyon sistemleri açıklanmış ve çalışmada yer verilen sertifika sistemi nedenleriyle anlatılmıştır. Ardından tesis yeri seçimi problemi türleri ve uygulamaları açıklanmış ve çalışmada yer verilen problem türleri nedenleriyle açıklanmıştır.

Dünyada yaygın olarak kullanılan sürdürülebilir mahalle sertifikasyon sistemleri DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen E.V), BREEAM (The Building Research Establishment's Environmental Assessment Method), LEED ND (Leadership in Energy and Environment Design Neighborhood Development), GREEN STAR ve GREEN MARK şeklindedir. Bahsedilen sertifika sistemleri arasında yeşil kentsel alan proje tasarımı ve uygulamasına yönelik geliştirilen sertifikasyon süreçleri öne çıkmaya başlamıştır. Literatürde mevcut bu sistemler farklı açılardan değerlendirilmiş ve etkinlikleri üzerine tartışmalar yürütülmüştür. Reith ve Orova (2015) beş UD sisteminin (LEED, CASBEE, BRE'09, BRE'12 ve DGNB) konularına, endekslerine ve göstergelerine göre bir karşılaştırmasını yapmıştır. Bu karşılaştırma, bu araçların sürdürülebilirlik konularını ele almak üzere tasarlanmış olmasına rağmen, sürdürülebilir kalkınmanın belirli alanlarının ya kapsamadığını ya da yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, DGNB'nin sürdürülebilirlik konuları ve ayrıntılı göstergeler konusunda en kapsamlı olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, CASBEE UD kendine özgü arka planı nedeniyle birçok açıdan farklılık gösterirken, LEED ND ve BREEAM Communities çoğu konuda ortalama bir performans sergilemektedir (Reith ve Orova, 2015). Son olarak Ergönül, Olgun, Tekin, Seçkin, Özgünler, Baççioğlu, Turgut ve Boso Hanyalı (2023) tarafından SEEB-TR mahalle sertifikasyon sistemi geliştirilmiştir. SEEB-TR mahalle sertifikasyon sistemi, Türkiye'nin kendine özgü koşulları göz önünde bulundurularak özel olarak tasarlanmıştır. SEEB-TR mahalle sertifikasyon sistemi, daha önce kurulmuş olan SEEB-TR (2014) yeşil binalar için Sürdürülebilir Enerji Verimli Binalar (SEEB-TR) sertifikasyon sisteminin bir uzantısı olarak oluşturulmuştur. Bu sistem, sürdürülebilir mahalle değerlendirme sisteminin oluşturulmasında temel teşkil etmiştir.

Literatürdeki pek çok çalışma sürdürülebilir mahalle planlaması yapmak için farklı yöntemler (örneğin; CASBEE UD, LEED ND, BREAAM ve Green Star Communities sertifika sistemleri) kullanmışlardır (Akten ve Kaya, 2022; Akyol ve Şenik, 2019; Bottero, 2015; Camcı, 2022; Çelikyay ve Öztaş, 2018; Ergönül ve diğ., 2023; Gutierrez, 2015; Joss ve Molella, 2013; Küçük, 2022; Odaman Kaya, 2012; Orova ve Reith, 2019; Özdal Oktay ve Özdede, 2012; Sharifi ve Murayama, 2013; Sharifi, 2016; Ünal ve Erol, 2020; Yıldız, Yılmaz, Kıvrak, Aslan ve Gültekin, 2015). Fakat hiçbir araştırmacı sürdürülebilir mahalle planlamasında tesis yeri seçimi problemini dikkate almamış ve mahalle planlamasında sürdürülebilirlik şartlarını sağlayacak tesis yeri seçimini araştırmamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın literatüre katkısı tesis yeri seçimi problemi modelini kullanarak sürdürülebilir mahalle planlamasını yapmasıdır. Bu çalışmada kullanılan tesis yeri seçimi probleminin literatürde pek çok türü farklı yöntemler kullanılarak araştırılmıştır (Farahani, Asgari, Heidari, Hosseini ve Goh, 2012; Chauhan, Unnikrishnan ve Figliozzi, 2019; Laporte, Nickel ve Saldanha-da-Gama, 2019; Wang, Wu, Wang, Zhen ve Qu, 2021; Kahriman, 2021; Soner Kara ve Yurdakul, 2021; Ekiz, Avcı ve Özkale, 2021; Dinç Yalçın, Özsoy ve Taşkın, 2021; Derse, 2022; Dörtköşe, Yazgan ve Ercan Cömert, 2022; Çayır Ervural, 2022; Aydınoglu, Şişman ve Ergül, 2022; Ercan, Özdim ve Avcı, 2023; Demirtaş ve Turan, 2023).

Yazarın yaptığı literatür taramasına göre, tesis yeri seçimi modelini kullanan çalışmalar içerisinde çalışmamıza en yakın uygulama olan Çayır Ervural (2022) çalışmasında gıda imalat firmasının ilin içerisinde yer alan satış mağazalarının tesis yer seçimleri için üç aşamalı bir optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Çalışma öncelikle küme kapsama problemi kapsamında kurulacak optimum tesis sayısını belirlemiştir. Daha sonra, p-medyan modeli kullanılarak, talep ağırlıklı minimum mesafe amacına dayalı olarak belirli sayıda tesisin konumunu belirlemiştir. Ardından, farklı mesafe kriterlerine (kilometre cinsinden) dayalı olarak kapsanacak alanları belirlemek için maksimum kapsama modeli kullanılmıştır. Modelde, belli sayıda açılacak olan tesis ile bu tesislerden hizmet alacak talep noktası sayısının maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Fakat çalışmamızda sürdürülebilir mahalle sertifika sistemlerinde yer alan kriterlerine göre kurulacak minimum sayıdaki tesisin yerlerinin ve mesafe bazlı (metre cinsinden) kapsanacak alanların aynı model üzerinde optimize edilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, gerekli tesis sayısı Çayır Ervural (2022) çalışmasındaki modelden farklı olarak sabit (parametre) değildir, değişken olarak tanımlanmıştır. Literatür taramasının ardından çalışmamızda ihtiyaç duyulan modele en benzer model içsel maksimum kapsama problemi ve maksimum kapsama problemi türlerinden birisidir. İçsel maksimum kapsama problemi esas olarak kapsanan toplam karşılanan talebi maksimize etmektedir. Bu modelde gerekli olan tesis sayısı parametre olarak modele girilmektedir. Fakat bizim çalışmamızda tesis sayısının değişken olması gerekir. Bu yönüyle model çalışmamızdan ayrılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı en temel yerleşim birimi olarak mahallelerin açık yeşil alanları, okul binaları, sivil ve kamu alanlarının yer seçiminin belirlenmesidir. Sürdürülebilir kalkınmayı hızlandırmak için belirli kriterler göz önünde bulundurularak mahalle ölçeğinde bina ve yeşil alan yerleşim planlaması modeli geliştirmiştir. Sürdürülebilir mahalle dönüşümünü gerçekleştirmek isteyen belediyelerin hızlı şekilde hayata geçirmesi için önemli bir adımdır. Bu nedenle literatürde var olan bir model doğrudan çalışmamızda kullanılmamış, bunun yerine

yeni bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, yenilikçi ve etkili sürdürülebilir projelere ihtiyaç duyan kentler için mahalle düzeyinde çözümleri test etme ve entegre etme fırsatı sunmaktadır. Bu modelin gerçek hayata uygulanması, önemli bir katma değer sağlamaya devam ederken hızlı şekilde inovasyona olanak tanımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada sürdürülebilir mahalle olarak yakın zamanda kentsel dönüşüme giren ve nazım imar planı hazırlanmış mahaller olan Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahalleri seçilmiştir. Sürdürülebilir mahalle yeşil alan, kamu alanı ve okul binası yer seçimi için çalışmada doğrusal karma tam sayılı programlama (MIP) modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen kapsama probleminin matematiksel modeli GAMS 24.1.2 programı yardımıyla çözülmüş ve mahallede açık yeşil alan, kamu alanı ve okul binası olması gereken yeni yerleşimler önerilmiştir.

3. TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİ

Tesis yeri seçimi problemi ele alınırken, talep ve hizmet noktaları arasındaki mesafe, ihtiyaç duyulan tesis sayısı ve ilgili maliyetler ve ulaşım süresi dâhil olmak üzere çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Tesis yeri seçimi problemleri benzerlik gösterse de farklı kısıt veya amaç fonksiyonlarına göre farklı şekillerde ele alınabilmektedir. Literatürde tesis yerleşim problemleri, kareli atama problemi, küme kapsama problemi, maksimum kapsama problemi, sabit maliyetli tesis yerleşim problemi, ana dağıtım üssü yerleşim problemi, maksimum toplam problemi, p-merkez problemi ve p-medyan problemi gibi kapsamlı bir şekilde sınıflandırılmaktadır (Basti, 2012; Daskin, 1995). Çalışmamızda yer seçimi problemi türlerinden olan küme kapsama ve maksimum kapsama problemleri kullanılarak matematiksel model geliştirilmektedir. Bu sebeple öncelikle küme kapsama ve maksimum kapsama problemleri anlatılmaktadır. Sonrasında ise çalışmamıza en yakın olan içsel maksimum kapsama problemi detaylıca açıklanmaktadır.

3.1. Kapsama Problemleri

Yer seçimini içeren birçok problemde, müşteriler ile belirlenen tesisler arasındaki yakınlık, hizmetlerin sunulmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Ortalama mesafelerin en aza indirilmesi belirli yer seçimi senaryolarında yaygın bir amaç olsa da, her durumda uygun olmayabilir. Tesis yeri seçimi problemleri, fabrikalar, işletmeler, alışveriş merkezleri gibi ticari kuruluşlar veya okullar, hastaneler ve postaneler gibi kamu kurumları için yer seçimi de dâhil olmak üzere çeşitli konuları kapsamaktadır. Ayrıca, ambulans, itfaiye ve polis birimleri gibi acil durum araçlarının yerleştirilmesini de kapsamaktadır. Örneğin, bir şehirde acil servis araçlarının konumları belirlenirken, talebin anında karşılanması büyük önem taşıdığından, müdahale için maksimum makul bir mesafe veya zaman belirlemek çok önemlidir. Buradaki en önemli faktör kapsama kavramıdır (Owen ve Daskin, 1998). Genel olarak, bir talep düğümü ile tesis arasındaki mesafe kapsama mesafesine eşit veya daha az ise talepler karşılanmış olarak kabul edilmektedir. Kapsama mesafesi tüm talep düğümleri için aynı olabilir veya kapsanan talep düğümlerine ve tesis konumlarına bağlı olarak değişebilir (Daskin, 1995).

Kapsama problemleri; tüm taleplerin kapsanması gereken küme kapsama problemleri (set covering problems) ve taleplerin mümkün olan en yüksek kapsamını elde etmeyi amaçlayan maksimum kapsama problemleri (maximum covering problems) olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir (Owen ve Daskin, 1998). Kapsama problemlerinin daha iyi anlaşılması için

Farahani ve diğ. (2012) çalışması incelenebilir. Küme kapsamı problemi, tüm müşterilere tam kapsama sağlamak için gereken tesis sayısını incelemektedir. Pratik senaryolarda, karar vericiler genellikle istenen kapsama seviyelerinde tesisler kurmak için sınırlı kaynaklarla karşılaşmaktadırlar. Bu gibi durumlarda, yer seçimi probleminin amacı, istenen kapsama mesafesi içinde mümkün olduğunca çok müşteriye ulaşmak için kaynakları kullanmaktır. Bu yeni amaç, maksimum kapsama problemi olarak bilinmektedir. Church ve ReVelle (1974) maksimum kapsama problemi kavramını ilk kez ortaya atmıştır. Maksimum kapsama problemlerinin temel amacı, sabit sayıda tesisin optimum hizmet mesafesini (D_c) göz önünde bulundurarak maksimum sayıda talebe hizmet vermesidir. Maksimum kapsama problemi türlerinden birisi olan içsel maksimum kapsama problemi esas olarak kapsanan toplam karşılanan talebi maksimize etmektedir. Modelde gerekli olan tesis sayısı parametre olarak girilmektedir. Model, k . seviyede sağlanabilecek kapsamayı en büyüklemektedir (Farahani ve diğ., 2012).

3.2. İçsel Maksimum Kapsama Problemi

Murray, Tong ve Kim (2010) içsel maksimum kapsama problemi modelini şu şekilde sunmaktadır.

İndisler:

i : talep düğümlerinin kümesi

j : tesis düğümlerinin kümesi

k : kapsama düzeyleri,

Parametreler:

P : Gereken toplam tesis sayısı

β_k : k . seviyede gerekli minimum kapsama yüzdesi,

α_k : k . seviyede tam kapsama için gerekli minimum tesis sayısı,

h_i : i düğümündeki talep sayısı (örneğin bu düğümdeki nüfus sayısı) ve

Ω_{ik} : en az β_k alanını kapsayan potansiyel tesisler kümesi,

Karar değişkenleri:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer tesis } j \text{ aday yerine atanırsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ düğümü } k. \text{ seviyede kapsaniyorsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ düğümü kapsaniyorsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Model aşağıdaki gibidir:

$$\text{Maks } \sum_i h_i z_i \quad (1)$$

Kısıt

$$\sum_{j \in \Omega_{ik}} x_j \geq \alpha_k Y_{ik} \quad \forall i, k \quad (2)$$

$$\sum_k Y_{ik} = z_i \quad \forall i \quad (3)$$

$$\sum_j x_j = P \quad (4)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (5)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (6)$$

$$Y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i, k \quad (7)$$

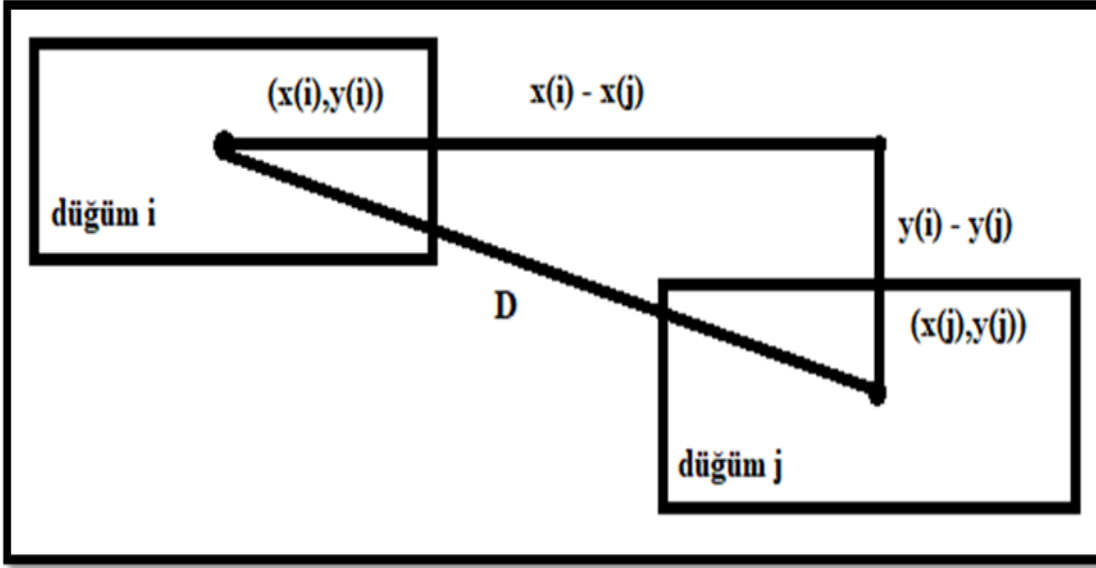
Amaç fonksiyonu (1), kapsanan toplam talebi maksimize etmektedir. Kısıt (2), j . tesisin atanmasında i . talep düğümünün kapsanmasını garanti eder. Kısıt (3), kapsamın k düzeyinde sağlanmasını gerçekleştirir. Kısıt (4) toplam tesis sayısını belirtmektedir. Kısıtlar (5)–(7), işaret kısıtlarıdır. İşsel maksimum kapsama probleminde tesis yer seçimi kararı model tarafından belirlenmektedir. Amaç fonksiyonu kapsanan toplam talebi maksimize etmektedir. Toplam tesis sayısı parametre olarak önceden belirlenmektedir (Murray ve diğ., 2010). Gerekli olan tesis sayısının parametre olması sebebiyle çalışmamızda kullanılması istenen modelle örtüşmemektedir. Bu sebeplerle çalışmada yeni bir modelin geliştirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada ele alınan gerçek hayat uygulamasında ihtiyacı karşılayacak minimum sayıda yeni tesisin atamasının yapılması gerekmektedir, bu yönüyle küme kapsama problemi özelliği taşımaktadır. Fakat tüm talep düğümlerinin kapsanması gerekmemekte, belirli oranda talep düğümünün kapsanması yeterlidir, bu yönüyle maksimum kapsama problemi özelliği taşımaktadır. Bu sebeple literatürde bilinen küme kapsama problemi ve maksimum kapsama problemi birleştirilerek yeni model geliştirilmektedir. Yeni geliştirilen model karma kapsama problemi matematiksel modeli olarak isimlendirilmektedir.

3.3. Karma Kapsama Problemi Matematiksel Modeli

Çalışma kapsamında geliştirilen karma kapsama problemi matematiksel modelinde öncelikle parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Parametrelerden birisi olan d_{ij} parametresinin belirlenmesi için düğümlerin orta noktaları referans olarak kabul edilmekte ve düğümlerin birbirine uzaklıkları öklid yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır.

Şekil 1’de öklid uzaklık yöntemi örneği verilmektedir. Geliştirilen modelde talep düğümleri ile aday tesisler arasındaki uzaklık şekil 1’de gösterildiği gibi hesaplanarak d_{ij} parametresi olarak girilmektedir.



Şekil 1. Öklid uzaklık örneği

Düğüm i ile *düğüm j* arasındaki uzaklık hesaplanırken öklid uzaklık yöntemi kullanılmaktadır. Öklid uzaklığı formülü Eşitlik (8)'de gösterildiği gibidir.

$$D = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (8)$$

Karma kapsama problemi matematiksel modelinin indisleri ve parametreleri aşağıdaki gibidir.

İndisler:

i: Talep düğümlerinin kümesi

j: Aday tesis yerlerinin kümesi

Parametreler:

N: Toplam talep düğümü sayısı

O: Tesisleri kapsama oranı

M: Çok büyük bir sayı

f_j = *j* aday yerine tesis yerleştirme maliyeti

d_{ij} = *j* aday yeri ile *i* talep düğümü arasındaki mesafe

D_c = En fazla yürüme mesafesi uzaklığı

Karar değişkenleri:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer tesis } j \text{ aday yerine atanırsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ aday yeri } i \text{ düğümündeki} \\ & \text{talebi karşılayabiliyorsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$\text{Min } \sum_{j \in J} f_j x_j \quad (9)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (10)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Y_{ij} \geq N * O \quad (11)$$

$$Y_{ij} d_{ij} \leq D_c \quad \forall j \in J \quad \forall i \in I \quad (12)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (13)$$

$$a_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad \forall i \in I \quad (14)$$

Biçiminde formüle edilebilir.

Eşitlik (9)'da yer alan amaç fonksiyonu, ataması yapılan tesisler için toplam maliyetin en küçüklenmesidir. Eğer tüm j aday tesisleri için $f_j = 1$ olursa veya ataması yapılacak tesis sayısı en küçüklenecekse amaç fonksiyonu şu şekle dönüşmektedir:

$$\text{Min } \sum_{j \in J} x_j \quad (15)$$

Amaç fonksiyonu amaç fonksiyonu (15)'teki biçiminde sadeleşir.

Kısıt (10), j . aday tesis her i talep düğümünün en az bir tesis tarafından kapsanmasını sağlar. Kısıtın sol tarafı, i talep düğümünü kapsayabilen, yerleştirilmiş tesis sayısını vermektedir. Kısıt (10) doğrusal olmayan yapıdadır. Görüldüğü gibi bu kısıtta Y_{ij} ve x_j iki karar değişkeninin çarpımı yer aldığı için doğrusallık bozulmaktadır. j . aday yeri i . düğümdeki talebi karşılama durumu ve j . tesis aday yerine yerleştirilme durumu yer almaktadır. i . talep düğümü j . aday yerine atanırsa x_j değişkeninin j . aday yerine atanmasını garanti eder. Çalışma kapsamında bu kısıt doğrusallaştırılarak yeni kısıt geliştirilmiştir.

$$\sum_{i \in I} Y_{ij} \leq x_j * M \quad \forall j \in J \quad (16)$$

Kısıt (10)'un doğrusallaştırılarak Kısıt (16) haline getirilmesi ile model doğrusal MIP modeli haline dönüşmektedir.

Kısıt (11) kapsama sayısını ifade eder. Bu kısıt çözülen gerçek hayat problemlerinin özelliklerini karşılamak için geliştirilmiştir. Gerçek hayat problemlerinde talep düğümlerinin tümünün bir tesise atanıp bir küme tarafından kapsanması gerekmemektedir. Belirli bir oranda talep düğümünün kapsanması yeterlidir. Kısıt (11), örneğin toplam talep sayısının %50'sinin kapsanması isteniyorsa, j . tesise atanan i . talep düğümlerinin toplamı toplam talep sayısının %50'sine eşit veya büyük olmasını garanti eder.

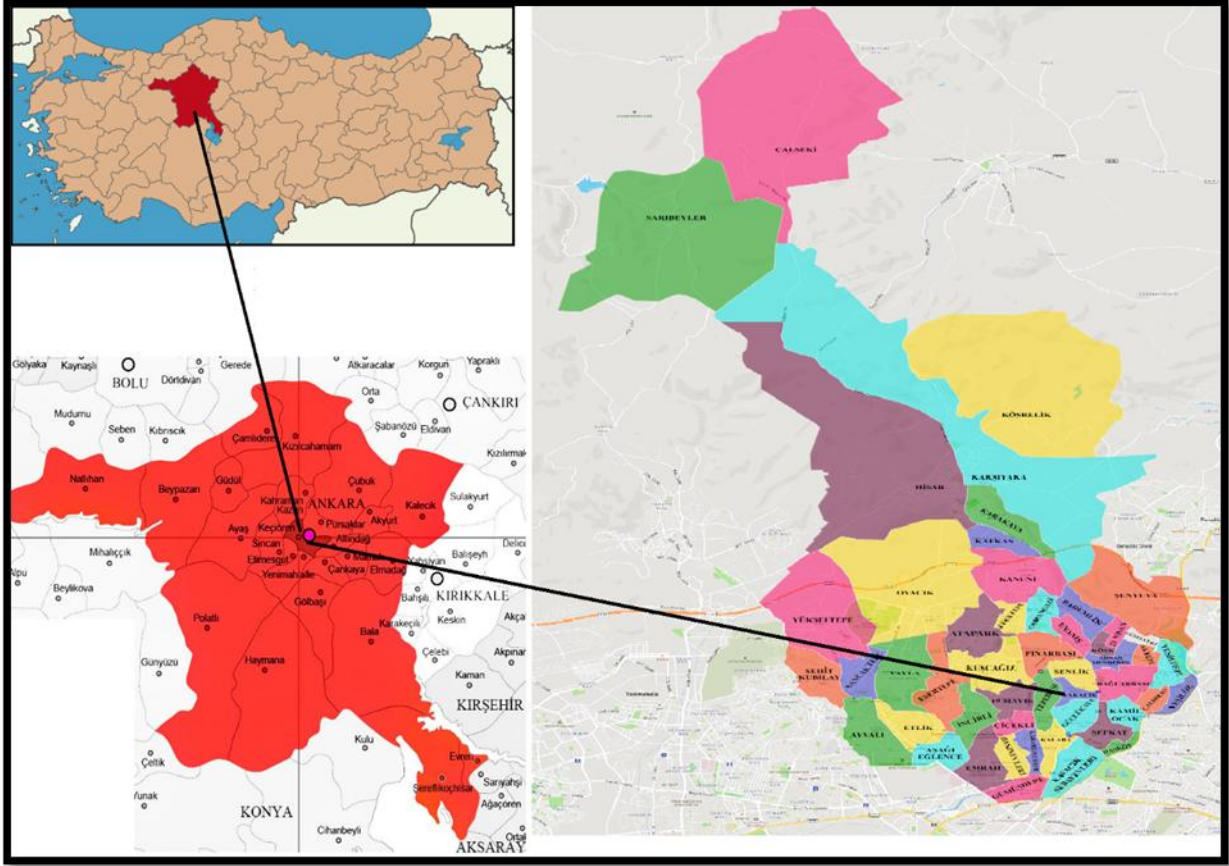
Kısıt (12)'de i talep düğümü ile aday tesis yeri arasındaki uzaklığın en fazla D_c olmasını sağlar. Kapsama uzaklığı D_c alındığında, $d_{ij} \leq D_c$ için $Y_{ij} = 1$ şeklinde gösterilebilir (Drezner ve Hamacher, 2002). Son olarak Kısıt (13) ve Kısıt (14) ise işaret kısıtlarıdır.

Geliştirilen modelin son halinde Eşitlik (15) amaç fonksiyonudur. Kısıt (16), Kısıt (10)'un yerine modelin son halinde yer almaktadır. Kısıt (11), (12), (13), (14) değişikliğe uğramadan modelin son halinde kullanılmaktadır.

4. UYGULAMA

Önerilen modelin performansını gösterebilmek için, farklı tesis tiplerini barındıran gerçek hayat problemleri çözülmüştür. Öncelikle bu bölümde uygulama olarak seçilen sürdürülebilir mahalle için yeşil alan, kamu ve sivil alan, okul binası yeri seçimi problemlerinin özellikleri açıklanmıştır. Sürdürülebilir mahalle için yeşil alan, kamu ve sivil alan, okul binalarının yer seçiminde Ankara ilindeki kentsel dönüşüme girmiş tüm mahalleler çalışmanın evrenini temsil etmektedir. Ankara ilindeki kentsel dönüşüm alanlarının belediye meclisi tarafından onaylanmış nazım ve uygulama imar planlarının mahkemeye taşındığı ve durdurma kararları alındığı görülmüştür. Kentsel dönüşüm projesi olarak başlamakta fakat mahkeme tarafından iptal edilmektedir. Bu sebeple tüm kentsel dönüşüme girmiş mahalleler örneklem olarak alınamamıştır. Ankara ilindeki nazım imar planları kesinleşmiş kentsel dönüşüm alanları içerisinde örneklem seçimi yapılmıştır.

“Mahalle Alanın Ölçekli Nazım İmar ve Ölçekli Uygulama İmar Planı ile Bu Alanın İmar Uygulamasının (Parselasyon Planının) Yapma/ Yaptırma İş” belediyeler tarafından ihale yoluyla uygulamaya geçirilmektedir. Çalışmamız kapsamında da ele alınacak mahallenin nazım imar planının hazırlanmış olması gerekmektedir. Ankara'daki ilçe belediyelerinin imar plan değişiklikleri kesinleşmiş olan nazım imar planlarının erişime açılmaması veya el çizimi imar planlarının okunaklılığının düşük olması gibi sebeplerle örnekleme dâhil edilememiştir. Bahsi geçen sebeplerden dolayı kentsel dönüşüme giren birçok mahalle örneklem olarak alınamamıştır. Bunlardan dolayı örneklem olarak Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahalleri için hazırlanan nazım imar planı çalışmada uygulama alanı (örneklem) olarak seçilmiştir. Şekil 2'de Ankara İli, Keçiören İlçesi, Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı Mahalleleri konumları detaylı biçimde verilmiştir.

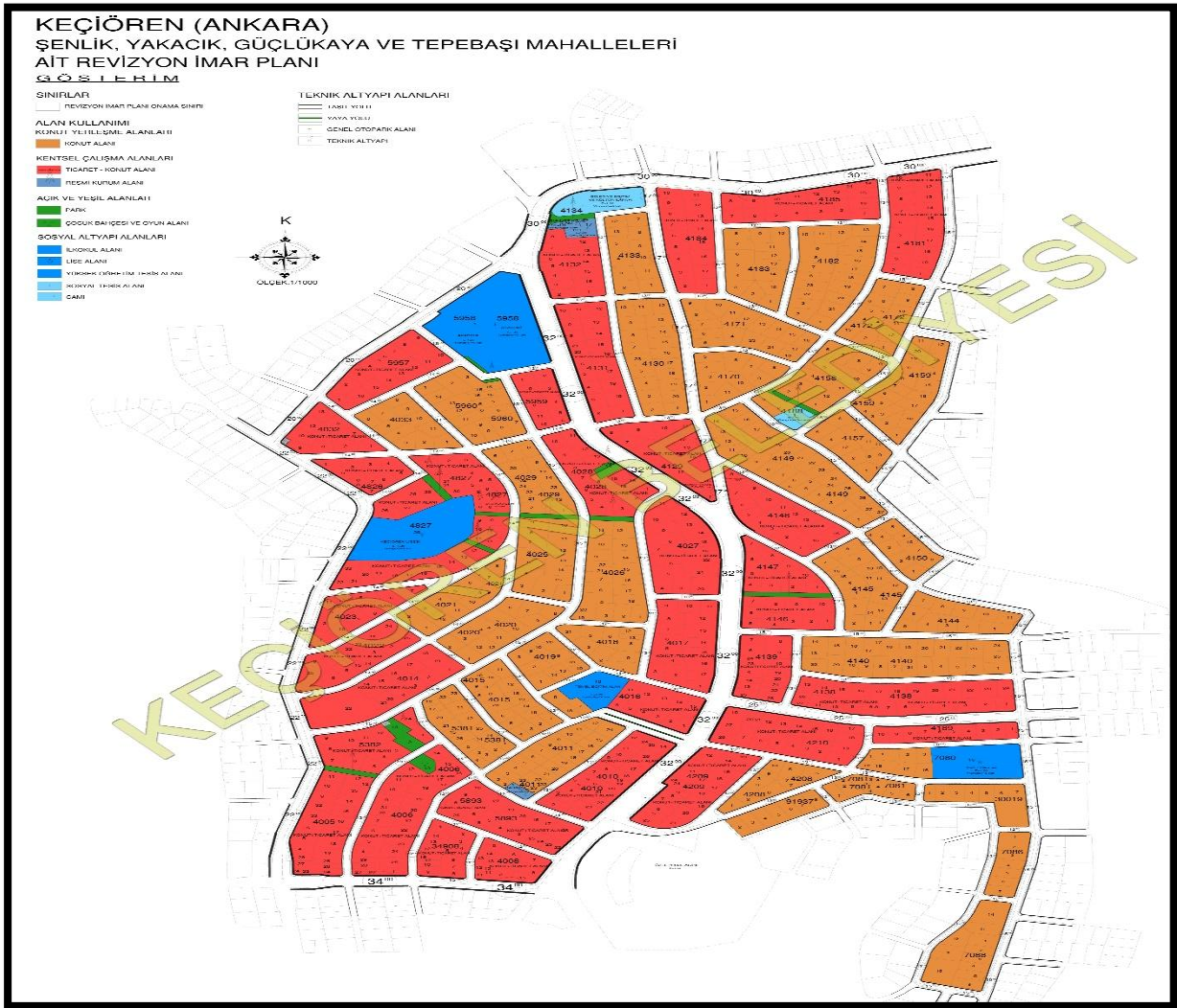


Şekil 2. Ankara ili, Keçiören ilçesi, Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahallelerinin konumu (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Şekil 3’te Keçiören Belediyesi tarafından 2023 yılında hazırlanan Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahallelerin nazım imar planı verilmiştir. Çalışmamız bu imar planı temel alınarak yürütülmüştür. İmar planındaki ada ve parseller numaralandırılmış ve her bir düğümün birbirine öklid uzaklıkları hesaplanmıştır. Matematiksel modelde atamaların yapılmasının ardından yapılan atamalar mevcut nazım imar planı üzerinde gösterilerek yeni yerleşim elde edilmiştir.

Çalışmamızda problemin çözümü için gerekli olan sürdürülebilir mahalle kriterleri olarak sertifika sistemlerinden olan LEED ND referans alınmıştır. Diğer mahalle sertifika sistemlerinin çalışmamızda referans olarak alınmamasının sebebi sistemlerdeki kriterlerin modelimize uygun parametreleri barındırmamasıdır. LEED ND sertifikasında yer alan tüm kriterler çalışmamıza dahil edilmemiştir. Çünkü birçok kriter çalışmamızın kapsamı dışındadır. LEED ND sertifikasında “Mahalle Deseni ve Tasarımı” ana kategorisi altındaki “Rekreasyon İmkânlarına Erişim”, “Mahalle Okulları” ve “Sivil ve Kamusal Alanlara Erişim” alt kriterleri kullanılmıştır. LEED ND sertifikası “Mahalle Deseni ve Tasarımı” ana kategorisi altındaki “Rekreasyon İmkânlarına Erişim” alt kriterine göre mahallede en az 1 dönüm alanda kamuya açık bir açık hava dinlenme tesisi veya en az 2325 m² alanda kamuya açık bir kapalı dinlenme tesisi, 800 metre mesafe içinde yer alacak şekilde konumlandırılmalı veya tasarlanmalıdır. Yeni ve mevcut konutların ve konut dışı kullanım girişlerinin %90’ı rekreasyon alanlarına yürüme

mesafesi ile 800 metre içerisinde yer almalıdır (LEED ND v4, 2018). Bir diğer alt kriter olan ‘‘Mahalle Okulları’’ kriterine göre konut birimlerinin en az %50’si 800 metre mesafede ilkokul veya ortaokul binasına, 1600 metre içerisinde ise en az bir lise binasına erişebilmelidir (LEED ND v4, 2018). Bir diğer alt kriter olan ‘Sivil ve Kamusal Alanlara Erişim’e göre planlanan ve mevcut konut birimlerinin ve konut dışı kullanım girişlerinin %90’ı en az bir sivil ve pasif kullanım alanına 400 metre yürüyüş mesafesinde olmalıdır. Boş alanlar, en az 674 m² olmalıdır. 1 dönümden daha küçük olan alanlar, 1 birim genişlikten 4 birim uzunluk oranına sahip olmalıdır (LEED ND v4, 2018).çalışmada ele alınan gerçek hayat problemlerinin çözümünde çalışma kapsamında geliştirilen matematiksel model kullanılmıştır. Her bir örnek uygulamadaki yürüyüş mesafesi değeri D_c parametresi olarak girilmiştir. Son olarak mevcut durumda yeşil açık alan, ilkokul, ortaokul, lise binaları, sivil ve pasif kullanım alanlarının konumları x_j değişkenine sabit değeri ‘‘1’’ olarak atanmış ve değişiklik yapılması engellenmiştir. Diğer x_j değişkenlerine atama yapılmasına imkn tanınmıştır.



Şekil 3. Örneklem olarak belirlenen Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahallelerin nazım imar planı (Keçiören Belediyesi, 2023)

5. BULGULAR

Gerçek hayat uygulaması olarak çalışmada tanımlanan problemler geliştirilen matematiksel model ile GAMS 24.1.2 paket programının CPLEX çözücüsü kullanılarak Intel(R) Core (TM) i7-4702MQ CPU 2.20GHz işlemcisi, 8 GB ram özelliklerine sahip bir bilgisayarda çözülmüştür.

Birinci problemde “Rekreasyon İmkânlarına Erişim” kriteri temelinde örnekleme yer alan yeşil açık alanlar göz önünde bulundurulmuştur. Mevcut mahallelerde 16 dönümlük açık hava rekreasyon alanı bulunmaktadır. Yeşil açık alan olan toplam 16 parselin x_j değişkenine sabit değeri “1” olarak atanmış ve D_c parametresi 800 m yürüme mesafesi değeri olarak girilmiştir. Tüm konumları kapsama oranı olan K parametresi 0.90 olarak belirlenmiştir. GAMS programında MIP modeli CPLEX çözücü ile 3.907 saniyede çözülmüştür. İkinci problemde “Mahalle Okulları” kriteri temelinde örnekleme yer alan ilkokul, ortaokul ve liseler göz önünde bulundurulmuştur. Mevcut nazım imar planında Fevzi Altıoğlu İlkokulu, Keçiören Anadolu İmam Hatip Lisesi (kampüs içindeki ilkokul ve ortaokul) ve Keçiören Lisesi (kampüs içindeki ilkokul ve ortaokul) bulunmuştur. Tüm konumları kapsama oranı olan K parametresi 0.50 olarak belirlenmiştir. Okulların parsellerinin x_j değişkenine sabit değeri “1” olarak atanmıştır. İlkokul ve ortaokul binası için D_c parametresi 800 m ve lise binası için 1600 m yürüme mesafe değerleri iki farklı modele girilmiştir. GAMS programında MIP modeli CPLEX çözücü ile ilkokul binası modeli 4.188 saniyede ve lise binası modeli 3.969 saniyede çözülmüştür.

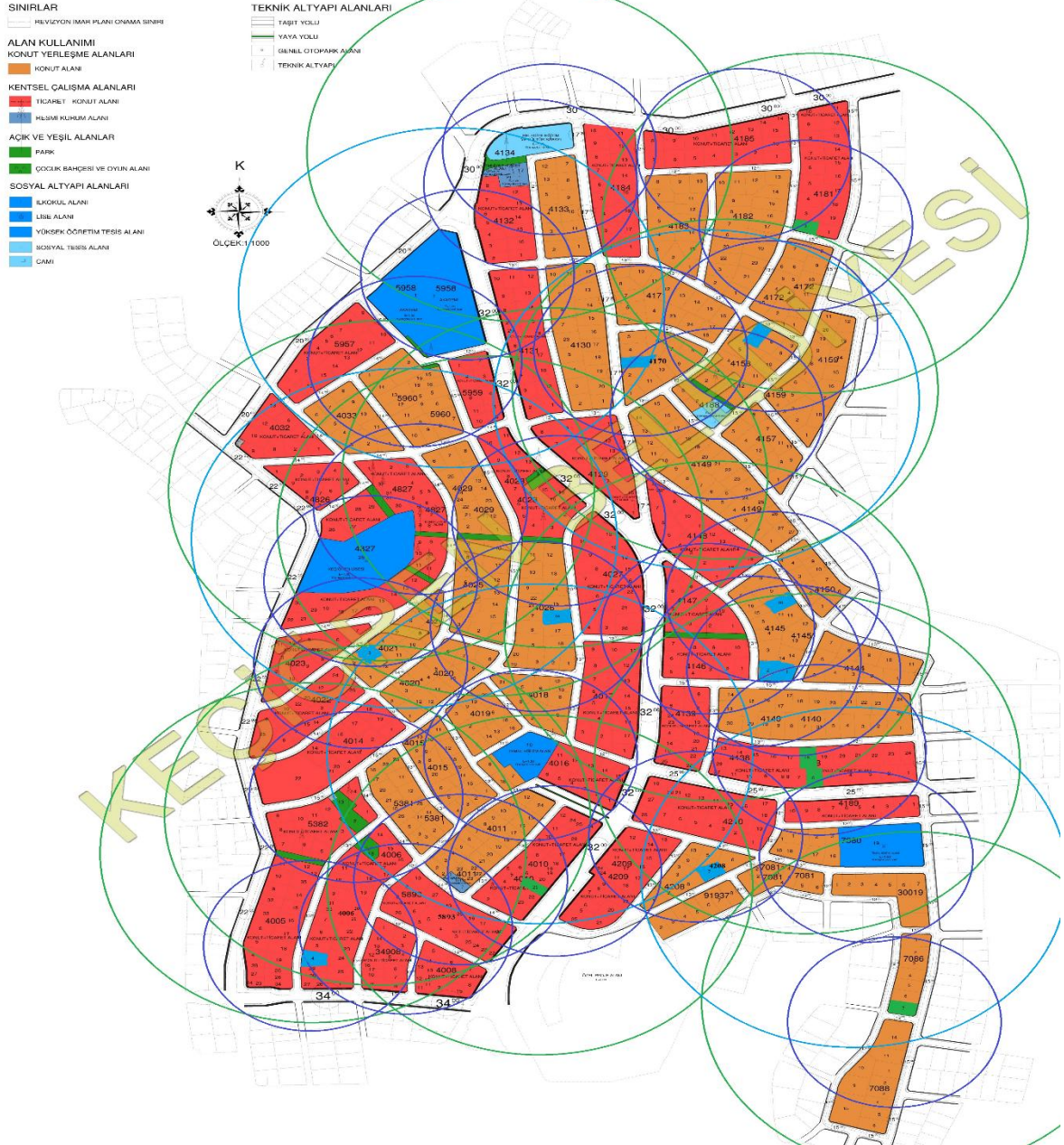
Üçüncü problemde “Sivil ve Kamusal Alanlara Erişim” kriteri temelinde örnekleme yer alan yeşil açık alanlar, sivil ve kamusal alanlar göz önünde bulundurulmuştur. Mevcut durumda 16 açık yeşil alan ve 7 kamusal alan en az 1 dönümden oluşmaktadır. Birinci problemde yeni olarak eklenen 5 açık yeşil alan üçüncü probleme dâhil edilmiştir. Toplamda 33 konumun x_j değişkenine sabit değeri “1” olarak atanmış ve D_c parametresi 400 m yürüme mesafesi değeri olarak girilmiştir. Tüm konumları kapsama oranı olan K parametresi 0.90 olarak belirlenmiştir. GAMS programında MIP modeli CPLEX çözücü ile 4.063 saniyede çözülmüştür. Her bir problem için elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir.

Çalışmada çözülen birinci problemde dört mahalle içerisinde toplamda 16 dönümlük yeşil açık alan bulunmalıdır ve mevcut durumda da 16 dönümlük açık hava rekreasyon alanı bulunmaktadır. Karşılması gereken bir diğer kriter ise konutların %90'ının 800 metre yürüme mesafesi içerisinde yeşil açık alanlarına veya açık hava rekreasyon alanlarına erişmesinin sağlanmasıdır. Açık yeşil alan modelinin çözümü neticesinde 4010 ada 21 parsel, 4181 ada 2 parsel, 7086 ada 7 parsel, 4138 ada 6 parsel, 4138 ada 18 parsellerine atama yapılmıştır.

Çözülen ikinci problemdeki mahalleler içerisinde yer alan okullara tüm yerleşimlerin %50'sinin 400 metre mesafede erişmesi sağlanmalıdır. Mevcut nazım imar planında Fevzi Altıoğlu İlkokulu, Keçiören Anadolu İmam Hatip Lisesi (kampüs içinde ilkokul ve ortaokul) ve Keçiören Lisesi (kampüs içinde ilkokul ve ortaokul) bulunmaktadır. Öncelikle lise binası modelinin çözümü neticesinde mevcut olan iki lise yeterli gelmekte ve yeni bir lise binasının ataması yapılmamıştır. İlkokul veya ortaokul binası modelinin çözümü neticesinde de yeni bir

ilkokul veya ortaokul binası ataması yapılmamıştır. Çözülen üçüncü problemdeki mahalle içerisinde yer alan park alanları yanı sıra sivil ve kamusal alanlara tüm yerleşimlerin %90'ının 400 metre içerisinde erişmesi sağlanmalıdır. Birinci problemde yeni olarak eklenen 5 açık yeşil alan dâhil edilmiştir. Mevcut durumda toplamda 33 konuma sivil ve kamusal alan tesis olarak tanımlanmıştır. Modelinin çözümü neticesinde 4170 ada 3 parsel, 4158 ada 7 parsel, 4145 parsel 1, 4145 parsel 2, 4145 parsel 10, 4026 parsel 16, 4021 parsel 3, 4208 parsel 7 ve 4006 parsel 4 adaylarına sivil veya kamusal alan ataması yapılmıştır. Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahallelerin sürdürülebilir mahalle kriterlerini sağlanması için tesis yeri seçimi yapılan ve mevcutta yer alan açık yeşil alan, ilkokul, ortaokul, lise binaları ve sivil veya kamu alanlarının konumları ve maksimum kapsama alanları Şekil 4'te gösterilmiştir.

KEÇİÖREN (ANKARA)
ŞENLİK, YAKACIK, GÜÇLÜKAYA VE TEPEBAŞI MAHALLELERİ
AİT REVİZYON İMAR PLANI
GÖSTERİM



Şekil 4. Sürdürülebilir mahalle kriterlerini sağlayan mahalle yerleşimi ve yerleşimlerin maksimum kapsama alanları (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Şekil 4'te görüldüğü üzere, açık yeşil alanların maksimum kapsama alanları yeşil renkli çemberlerle gösterilmiş ve kapsama alanları tüm yerleşimlerin %90'ını içine almıştır. Benzer şekilde ilkokul, ortaokul veya lise binalarının maksimum kapsama alanları açık mavi renkle gösterilmiş ve kapsama alanları tüm yerleşimlerin %50'sini içine almıştır. Sivil veya kamu alanlarının maksimum kapsama alanları koyu mavi renkle gösterilmiş ve kapsama alanları tüm yerleşimlerin %90'ını içine almıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile mevcut durumdaki yerleşim karşılaştırıldığında, mevcut durumda açık yeşil alanlar ve sivil veya kamu alanları mahallelerde istenen kapsama alanını karşılamamaktadır. Bu sebeple sürdürülebilir mahalle kriterlerini karşılamamaktadır. Fakat matematiksel modelden elde edilen yeni yerleşimlerin uygulanması ile sürdürülebilir mahalle kriterleri karşılanacağı öngörülmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada sürdürülebilir mahalle için Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahallerinin yeşil alan, sivil veya kamu alanı ve okul binası yer seçimi incelenmiştir. Gerçek hayat probleminin çözümünde kullanılan model, literatürde bilinen küme kapsama problemi ve maksimum kapsama problemi birleştirilerek geliştirilmiş ve karma kapsama problemi matematiksel modeli olarak isimlendirilmiştir. Model, doğrusal olmayan yapısı sebebiyle doğrusallaştırılmıştır. Modelin çözüm performansını değerlendirebilmek için, üç farklı gerçek hayat problemi geliştirilen modellerle çözülmüş ve sonuçlar verilmiştir. Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı mahalleri için beş parsel için açık ve yeşil alan, dokuz parsel için sivil veya kamu alanı ataması yapılmıştır. Bu atama yapılan parsellerin bazıları konut alanı, bazıları ise konut + ticari alandır. Kentsel dönüşüme girmiş bu bölgede yeniden yapılaşma olacağı için kamulaştırma yapıldığı takdirde öneriler kolaylıkla uygulamaya konabilir. Sivil veya kamu alanı ataması yapılan parsellere sivil alan olarak ticari tesis kurulması sağlanabilir. Bu sayede sadece beş parselin kamulaştırılması yeterli olabilir. Anayasa'nın 46. maddesinde belirtildiği üzere kamulaştırma kavramı, devletin ve kamu tüzel kişilerinin kamu yararı için gerekli görüldüğünde özel mülkiyete ait arazi veya binaların kısmen veya tamamen zorla el koyulmasıdır. Süreç, bedelin peşin ödenmesi şartı ile izlenecek usul ve esasları belirleyen kanunlarla yönetilmektedir. İdare sadece kendisine verilen kamu hizmetlerini ve teşebbüslerini yürütmek için ihtiyaç duyduğu mallara el koyma konusunda yetkilidir. Kamulaştırma bedeli için yeterli fon tahsis edildikten sonra, yetkili makamlar kamu yararına dayalı bir karar alır (Günday, 2017). Görüldüğü üzere Keçiören Belediyesi kolaylıkla kamulaştırma yapabilir ve önerilen parsellere açık ve yeşil alanları inşa edebilir.

Çalışmanın katkıları aşağıdaki maddelerde belirtildiği gibidir.

- Literatür incelendiğinde tesis yeri seçimi modelleri üretilen test problemleri kullanılarak çözülmekte ve gerçek hayatta karşılaşılan durumlar göz ardı edilmektedir. Bu durumda da gerçek hayat uygulamalarında karşılaşılabilecek sorunlara yönelik çözümler modeller

üzerinde görülememektedir. Bu durum akademik çalışmalarda görülen bir eksiktir. Literatüre katkı sağlanmıştır.

- Çalışmamızda görüldüğü üzere, gerçek hayat uygulaması olması sebebiyle literatürde iki farklı şekilde var olan (küme kapsama problemi ve maksimum kapsama problemi) problemler birleştirilmiş ve yeni bir model geliştirilmiştir. Gerçek hayat uygulaması sayesinde literatüre katkı sağlanmıştır.
- Türkiye'deki mahallelerin sürdürülebilir olabilmesi için gereken kriterlerden olan açık ve yeşil alan, ilkokul, ortaokul ve lise binaları, sivil ve kamusal alan kriterlerinin karşılanması için politikacıların, planlamacıların ve uygulayıcıların faydalanabileceği model geliştirilmiş ve mahalle planlaması uygulamalarına örnek oluşturulmuştur.
- Bu çalışmada, kapsama problemi için doğrusal bir matematiksel model geliştirilmesi literatüre önemli bir katkı sunacağı öngörülmektedir.
- Kentsel dönüşüme giren bölgelerde belediyeler sürdürülebilir mahalle dönüşümü için geliştirilen modeli kullanabilir. Bu sayede önerilen modelin çok sayıda gerçek hayat uygulamasında hayata geçirilebileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda kısıtlılık olarak literatürdeki sadece iki tesis yerleşim problemi türünün kullanılmasıdır. Farklı gerçek hayat problemlerinin doğası gereği geliştirilen model yetersiz gelebilir ve diğer problem türlerini içeren yeni modellerin geliştirilmesi gerekebilir. Bu sebeple gelecek araştırmalarda literatürde yer alan ve çalışma kapsamında kullanılmayan kareli atama problemi, sabit maliyetli tesis yerleşim problemi, ana dağıtım üssü yerleşim problemi, maksimum toplam problemi, p-merkez problemi ve p-medyan problemi türleri kullanılarak sürdürülebilir mahalle kriterlerine göre yeni matematiksel modeller geliştirilebilir.

Çalışmamızdaki bir diğer kısıtlılık örneğinin dar olmasıdır. Örneğinin dar olması sebebiyle çok daha verimli sonuçlar elde edilmesi sağlanamamıştır. Bu sebeple gelecek çalışmalarda geliştirilen model kullanılarak daha büyük örneklem olarak farklı mahaller çözülebilir. Bu sayede geliştirilen modelin performansı değerlendirileceği düşünülmektedir. Çalışmamızdaki bir diğer kısıtlılık ise Küme kapsama problemi ve maksimum kapsama problemi NP-Zor sınıfında yer almasıdır (Al-Sultan, Hussain ve Nizami, 1996). Bu nedenle sıklıkla sezgisel ve arama algoritmaları kullanılarak ele alınmaktadır (Chvatal, 1979). Görüldüğü üzere, geliştirilen modelin daha büyük örnekte kesin çözüm algoritmaları ile çözülmesi mümkün değildir. Sezgisel veya meta sezgisel algoritmalar modelin çözülmesi için kullanılabilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

YAZAR KATKISI

Bu çalışmada yer alan yazar Hüseyin Karateke; çalışmanın fikir, tasarım, kaynaklar, veri toplama, literatür taraması, yöntemlerin uygulanması, analiz ve sonuç bölümlerine katkıda bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Akten, S. ve Kaya, L. G. (2022). *Isparta Çünür Mahallesi'nin LEED Mahalle Gelişim Kriterleri Kapsamında İncelenmesi*. (Ed. Murat Dal), *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Gelişmeler* (s.105-133) İçinde, Ankara: Duvar Yayınları.

Akyol, D. ve Şenik, B. (2019). Sürdürülebilir Mahalle Ölçeğinde Yerele Özgü Bir Setifikasyon Sistemi: Trabzon Konaklı Örneği . *Artium*, 7 (1), 1-11. Erişim adresi: <https://artium.hku.edu.tr/tr/pub/issue/43057/428967>

Al-Sultan, K.S., Hussain, M.F. ve Nizami, J.S. (1996). A genetic algorithm for the set covering problem. *Journal of the Operational Research Society*, 47(5), 702-709. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1057/jors.1996.82>

Aydınöglü, A. Ç., Şişman, S. ve Ergül, İ. (2022). Sezgisel Ağ Tabanlı Konum Tahsis Analiz Algoritmaları ile Tesis Yeri Optimizasyonu: İtfaiye Tesisleri Yer Seçimi Örneği. *Journal of Turkish Operations Management*, 6 (1), 955-976. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/70951/962890>

Basti, M. (2012). P-medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımlar. *Online Acad. J. Inf. Technol.*, 3(7), 47-75. <https://doi.org/10.5824/1309-1581.2012.2.004.x>

Bottero, M. (2015). A Multi-Methodological Approach For Assessing Sustainability Of Urban Projects. *Management Of Environmental Quality An International Journal*, 26 (1), 138–154. <https://doi.org/10.1108/MEQ-06-2014-0088>

Brundtland Report (1987). 1987: Brundtland Report. Erişim adresi: <https://www.are.admin.ch/are/en/home/media/publications/sustainable-development/brundtland-report.html>

Camcı, A. (2022). Sürdürülebilir Mahalle Olarak Sivas İstiklal Mahallesi'nin LEED ND Sertifikasyon Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 8(57),1457-1479. <http://dx.doi.org/10.29228/JOSHAS.65076>

Chauhan, D., Unnikrishnan, A. & Figliozzi, M. (2019). Maximum coverage capacitated facility location problem with range constrained drones. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 99, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.12.001>

Choguill, C. L. (2008). Developing Sustainable Neighbourhoods. *Habitat International*, 32, 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2007.06.007>

Church, R. & ReVelle, C. (1974) Maximal Covering Location Problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-118. <https://doi.org/10.1007/BF01942293>

Chvatal, V. (1979). A greedy heuristic for the set-covering problem. *Mathematics of operations research*, 4(3), 233-235. <https://www.jstor.org/stable/3689577>

Coppin P., Jonckheere I., Nackaerts K. & Muys B., (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring. *Int. J. Remote Sensing*, 25(9), 1565-1596. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>

Çayır Ervural, B. (2022). Çok Aşamalı Yer Seçim Modelleriyle Satış Mağazası Yerinin Belirlenmesi: Konya Örneği. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34 (4), 489-503. <https://doi.org/10.7240/jeps.1085547>

Çelikyay, S. ve Öztaş, R., G. (2018). LEED ND Yeşil Sertifika Sistemleri Bağlamında Ekolojik Mahalle Tasarımı. *International Eurasian Conference On Science, Engineering and Technology*, 2031-2038, Ankara. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/329799909_ND_yesil_sertifika_sistemleri_baglami_nda_ekolojik_mahalle_tasarimi

Daskin, M.S. (1995). *Network and Discrete Location, Models, Algorithms, and Applications*. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118537015>

Demirtaş, M. ve Turan, A. (2023). Muğla ili 112 acil sağlık istasyonlarının optimizasyonu. *Turkish Studies - Economy*, 18(1), 97-107. Erişim adresi: <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.66107>

Derse, O. (2022). Dematel Tabanlı TOPSIS Yöntemi Ve Küme Kapsama Modeli İle Afet Lojistiği İçin Depo Yeri Seçimi: Ege Bölgesi Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25 (4), 702-713. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1159925>

Dinç Yalçın, G., Özsoy, C. Y., & Taşkın, Y. (2021). A multi-objective mathematical model for the electric vehicle charging station placement problem in urban areas. *International Journal of Sustainable Energy*, 41(8), 945-961. <https://doi.org/10.1080/14786451.2021.2016761>

Dörtköşe, S., Yazgan, H. R. ve Ercan Cömert, S. (2022). Elektrikli Araç Şarj İstasyon Yerlerinin Akış Yakıt İkmal Yer Modeli Kullanılarak Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 38 (2), 371-382. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesfen/issue/72216/1113808>

Drezner Z. & Hamacher, H. (2002). *Facility Location: Applications and Theory*. Berlin: Springer-Verlag. Erişim adresi: <https://link.springer.com/book/9783540421726>

Ekiz, M. K., Avcı, S., ve Özkale, C. (2021). Sürekli Uzayda Tesis Yeri Seçimi İçin Matematiksel Model: p-Medyan Problemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 28, 386-390. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1001560>

Ercan, B., Özdilim, S., ve Avcı, M. G. (2023). Orman yangınlarına ilk müdahale ekiplerinin yerleşim planlaması: Aliğa-İzmir örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9 (1), 96-103. <https://doi.org/10.53516/ajfr.1259506>

Ergönül, S., Olgun, İ., Tekin, Ç., Seçkin, N.P., Özgünler, M., Baççioğlu, C., Turgut, E. & Boso Hanyalı, Ö. (2023). Development of A Neighborhood Sustainability Assessment System for

Turkey: SEEB-TR Neighbourhood, *Planlama*, 33(1),105–122.
<https://doi.org/10.14744/planlama.2022.35683>

Farahani, R. Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseini, M., & Goh, M. (2012). Covering problems in facility location: A review, *Computers & Industrial Engineering*, 62, 368- 407.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.08.020>

Gutierrez, E.E. (2015). *Collaborative Neighborhood-Scale Sustainability Assessment And Planning Using The Spatial Optimization For Urban Resource Conservation And Engagement (SOURCE) Tool: Applying The Analytic Hierarchy Process For Spatial Decision Support* (Doktora tezi). Erişim adresi:
https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/qb98mk02m

Günday, M. (2017). *İdare Hukuku* (11. Baskı). Ankara: İmaj Kitabevi.

Jickling, B. (1994). Studying Sustainable Development: Problems and Possibilities. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 19(3), 231-240.
<https://doi.org/10.2307/1495129>

Joss, S., & Molella, A.P. (2013). The Eco-City As Urban Technology: Perspectives On Caofeidian International Eco-City (China). *Journal Of Urban Technology*, 20(1), 115–137.
<https://doi.org/10.1080/10630732.2012.735411>

Kahrıman, B. (2021). *İnsansız hava aracı (İHA) ve insansız su aracı (İSA) baz istasyonlarının kara ve su altı ağlarda maksimum kapsama sağlayacak şekilde yerleşimi*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://gcris.etu.edu.tr/handle/20.500.11851/7859>

Keçiören Belediyesi (2023). İmar Plan Değişikliği (Şenlik, Yakacık, Güçlükaya ve Tepebaşı) Erişim adresi:
https://www.kecioren.bel.tr/imar_plan_degisikligi_senlik_yakacik_guclukaya_ve_tepebas_i_-264-duyuru.html

Küçük, M. (2022). *Sürdürülebilir Kentsel Dönüşüm: Leed-Nd Ölçütleri Bağlamında İstanbul Metropolitan Alanında 'Piyalepaşa İstanbul' Ve 'Bayrampaşa Eski Cezaevi' Kentsel Dönüşüm Projelerinin Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> veri tabanından erişildi (Tez No. 733647).

Laporte, G., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2019). *Introduction to Location Science*. In: Laporte, G., Nickel, S., & Saldanha da Gama, F. (eds) *Location Science*. Springer, Cham.

LEED ND v4 (2018). LEED v4 for Neighborhood Development - current version Erişim adresi:
<https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-neighborhood-development-current-version>

Mc Cormick, K. (2013). Advancing Sustainable Urban Transformation, *Journal of Cleaner Production*, 50, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.003>

Meadows D. H.; Meadows D. L. Randers, J.& Behrens W., W. III. (1972). The Limits to Growth, Universe Book, New York. <https://www.clubofrome.org/publication/the-limits-to-growth/>

Murray, A. T., Tong, D., & Kim, K. (2010). Enhancing classic coverage location models. *International Regional Science Review*, 33(2), 115–133. <https://doi.org/10.1177/0160017609340149>

Ng, M. K., Cook, A. ve Chui, E. W. T. (2001). The Road Not Travelled: A Sustainable Urban Regeneration Strategy for Hong Kong. *Planning Practice&Research*, 16(2), 171-183. Doi: <https://doi.org/10.1080/02697450120077370>

Odaman Kaya, H. (2012). *Ölçütlere Dayalı Değerlendirme ve Sertifika Metotlarından LEED ve BREEAM'in Türkiye Uygulamalarına Yönelik İrdeleme ve Öneriler*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> veri tabanından erişildi (Tez No. 307115).

Orova, M., & Reith. (2019). Multiscalariry in International Sustainable Assessment Systems: A Qualitative Comparison of LEED, CASBEE, BREEAM, DGNB and ESTIDAMA on Building, Neighbourhood and City Scale. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 290, 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012056>

SEEB-TR (2014). Yapılarda Enerji Verimliliği Araştırma-Geliştirme, Bilgi Paylaşım Sisteminin Oluşturulması Projesi, ISTKA BIL-74. Erişim adresi: https://www.academia.edu/4729960/Yap%C4%B1larda_Enerji_Verimlili%C4%9Fi_Ara%C5%9Ft%C4%B1rma_Geli%C5%9Firme_Bilgi_Payla%C5%9F%C4%B1m_Sisteminin_Olu%C5%9Fturulmas%C4%B1_Projesi_S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir_Enerji_Etkin_Binalar_Sustainable_Energy_Efficient_Buildings_SEEB_Tr_Sertifika_Sistemi

Owen, S. H. & Daskin, S. M. (1998). Strategic facility location: A review, *European Journal Of Operational Research*, 111(3), 423–447. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00186-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00186-6)

Özdal Oktay, S. ve Özdede, S. (2012). Mevcut Mahallelerin Dönüşümünde Yerele Özgü Çevresel Değerleme Metotlarının Karşılaştırılması. *Dünya Şehircilik Günü 36. Kolokyumu*, 217-231, Ankara. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/277639105_MEVCUT_MAHALLELERIN_DONU_SUMUNDE_YERELE_OZGU_CEVRESEL_DEGERLEME_METOTLARININ_KARSILASTIRILMASI

Reith, A., & Orova, M. (2015). Do green neighbourhood ratings cover sustainability? *Ecological Indicators*, 48, 660-672. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.005>

Roberts, P. (2008). *The Evolution Definition and Purpose of Urban Regeneration*. Roberts P., Sykes H. (Ed.), *Urban Regeneration a Handbook* (9-37), London: Sage Publication.

- Rohe, W. (2009). From Local To Global: One Hundred Years Of Neighborhood Planning. *Journal Of The American Planning Association*, 75(2), 209–230. <https://doi.org/10.1080/01944360902751077>
- Sharifi, A. (2016). From Garden City To Eco-Urbanism: The Quest For Sustainable Neighborhood Development. *Sustainable Cities and Society*, 20, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.002>
- Sharifi, A., & Murayama, A. (2013). A Critical Review Of Seven Selected Neighborhood Sustainability Assessment Tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 38:73–87. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2012.06.006>
- Soner Kara, S. ve Yurdakul, G. (2021). Raylı Sistem İstasyon Yeri Belirleme Problemi İçin Küme Kapsama ve Alternatif Servis Seviyeli P-Medyan Modelleriyle Çözüm Arayışı: Gebze-Darıca Metro Hattı Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23 (69), 845-856. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2021236912>
- Tang, B.S. (2002). *From Privatization to Bureaucratization: Implementing Urban Renewal in Hong Kong*. Thornley A. & Rydin Y. (ed), *Planning in a Global Era* (307-325). UK: Ashgate, Aldershot.
- Ünal, S. G., & Erol. D. (2020). The Variation of Sustainable Neighborhood Planning, Planning New Trends “Ecodistrict” Approaches and its Application in Turkey. *Planning*. 30(1), 15-35. <https://doi.org/10.14744/planlama.2019.27676>
- Wang, W., Wu, S., Wang, S., Zhen, L., & Qu, X. (2021). Emergency facility location problems in logistics: Status and perspectives. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 154, 102465. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102465>
- Yıldız, S., Yılmaz, S., Kıvrak, S., Aslan, G., ve Gültekin, A.B. (2015). Mahalle Sürdürülebilirlik Değerlendirme Sistemlerine Yönelik Bir İnceleme Çalışması, 1. *Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, 1-20, Kocaeli. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/309512809_MAHALLE_SURDURULEBILIRLIK_DEGERLENDIRME_SISTEMLERINE_YONELIK_BIR_INCELEME_CALISMASI