

# Dünyadaki şehirlerde enerji verimliliği uygulamalarının değerlendirilmesi

Manas Vijayan\*, Akshay Patil, Vijay Kapse and Sarika Bahadure

Department of Architecture and Planning, Visvesvaraya National Institute of Technology, Nagpur 440 010, India

**Kentsel alanlar, küresel enerjinin yaklaşık üçte ikisini tüketiyor ve toplam sera gazı emisyonlarının %70'inden sorumlu. Bu enerji genel olarak somutlaştırılmış, operasyonel ve ulaşım olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir. Enerji verimli şehir planlaması, hizmet kalitesinden ödün vermeden yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını azaltma girişimidir. Enerji verimliliğini ele almak için formüle edilen stratejiler, yukarıda belirtilen enerji türlerinden bir veya daha fazlasını hedefleyecektir. Bu çalışma, Uluslararası Enerji Ajansı tarafından en iyi uygulamalar olarak gösterilen, dünya genelinde şehirler tarafından benimsenen enerji verimliliği stratejilerini değerlendirmektedir. Bu çalışmadan elde edilen en önemli gözlemlerden biri, çoğu stratejinin operasyonel enerjiyi ele alması, çok azının ise ulaşım enerjisini ele almasıdır. Bu stratejilerin etkilerini değerlendirmek amacıyla, ideal çözüme benzerlik analizine göre tercih sırasına göre teknik uygulanmış ve bu da vaka şehirleri için genel olarak düşük bir performans puanı ortaya koymuş, en yüksek puanı Stockholm ve en düşük puanı Austin için ortaya koymuştur. Çalışmadan, enerji verimliliği stratejilerinin oluşturulmasından önce şehirlerin ayrıntılı enerji değerlendirmesinin eksikliği olduğu da açıktır. Bu çalışma, kentsel enerji verimliliği stratejilerinin değerlendirilmesi için benimsenebilecek bir çerçeve ortaya koymakta ve mevcut uygulamalarla ilgili sorunların belirlenmesine yardımcı olmaktadır.**

**Anahtar Kelimeler:** En iyi uygulamalar, somutlaştırılmış, enerji etkin şehir planlaması, sera gazları, operasyonel ve trans-ort enerji.

KÜRESEL birincil enerji talebi 2017 yılında %1,9 artarak 2010 yılından bu yana en büyük yıllık artışı kaydetti ve önceki yılların oldukça üzerinde gerçekleşti. Bunun büyük bir kısmı, talebin %2,7 oranında arttığı gelişmekte olan ülkelerdeki gelişmekte olan ekonomilerden geldi.

Başlıca tüketiciler, küresel enerjinin yaklaşık üçte ikisini kullanan ve küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının %70'inden sorumlu olan şehirlerdir. Bu enerji payının, Asya ve Afrika'nın gelişmekte olan ülkelerinde devam eden kentleşme nedeniyle 2030 yılına kadar neredeyse dörtte üçüne ulaşacağı tahmin edilmektedir<sup>1</sup>. Bu nedenle, enerji verimli şehirlere duyulan ihtiyaç, onları sürdürülebilir kılmak için her zamankinden daha önemlidir. Şehir planlamasında enerji verimliliği son birkaç on yıldan beri uygulanmaktadır.

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nde (SDG'ler) 2030 yılına kadar dünyayı dönüştürmek için 'Erişilebilir ve Temiz Enerji' ve 'Sürdürülebilir Şehirler ve Toplum' (SDG 11) olarak kabul edilmektedir (ref. 2).

Kentsel enerji verimliliği, sürdürülebilir ve sağlıklı bir gelecek için çok önemlidir, çünkü etkisi enerji kullanımını, sera gazı emisyonlarını ve ortaya çıkan maliyetleri azaltmayı; ve azalan emisyonlar nedeniyle ilişkili çevresel, sosyal ve sağlık yararları. Dünya Bankası, enerji verimli şehirleri enerji maliyetlerini ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için çok önemli bir araç olarak tanımlamaktadır; iklim direnci oluşturmak ve potansiyel olarak istihdam yaratma ve iyileştirilmiş hava kalitesi gibi yerel ortak faydalar sağlamak<sup>3</sup>.

Bir dizi küresel kurum ve kuruluş, farklı ülkelerdeki şehirlerin daha sürdürülebilir bir gelecek için enerji hedefleri belirlemelerine yardımcı oluyor. Stratejiler, fiziksel ve coğrafi koşullar, satın alınabilirlik ve ödeme istekliliği, kaynakların mevcudiyeti ve yönetim yapısı gibi faktörleri içeren, içinde buldukları koşullara göre bir şehirden diğerine değişecektir. Bu nedenle, bu çeşitli faktörlerin enerji tüketimi üzerindeki rolünü değerlendirmek ve anlamak, ilgili stratejileri formüle etmek ve gerçekçi hedefler belirlemek için çok önemlidir.

Kentlerin enerji tüketimini, ulaşım örüntüleri, kentsel form, yoğunluk ve arazi kullanım karışımı gibi sektörler arası ve bireysel parametrelere dayalı olarak incelemek için araştırmalar yapılmıştır. Örneğin, Banister ve ark.<sup>4</sup>, ulaşımda enerji kullanımı ile bir kentin yoğunluğu, büyüklüğü ve açık alan miktarı gibi fiziksel özellikleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Gilbert ve Dajani<sup>5</sup>, ulaşımın rolünü bir arazi kullanımı geliştirme kontrolü olarak tanımladılar ve 'ulaşım performans standartlarının' kullanımını, ulaşım enerjisi hususlarını arazi geliştirme kontrollerine ve kararlarına entegre etmek için bir yöntem olarak önerildi. Uzun ve ark.<sup>6</sup> kentsel formun, yani arazi kullanım modelinin, gelişme yoğunluğunun dağılımının ve iş merkezlerinin sayısının ve dağılımının konutlara gidip gelme enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Arazi kullanım karışımı, bina inşaatı ve araç sahipliği gibi kentsel form göstergelerinin farklı değişimlerinden kaynaklanan yaşam döngüsü enerjisi ve çevresel etkiler Kimball ve arkadaşları tarafından değerlendirildi.<sup>7</sup> Kore'deki küçük ve orta ölçekli şehirler için ulaşım enerji tüketimi ile kentsel form göstergeleri, yani şehir nüfus büyüklüğü, yoğunluğu ve merkez dağılım modeli arasındaki ilişkiler incelenmiştir<sup>8</sup>.

\*For correspondence. (e-mail: manas@students.vnit.ac.in)

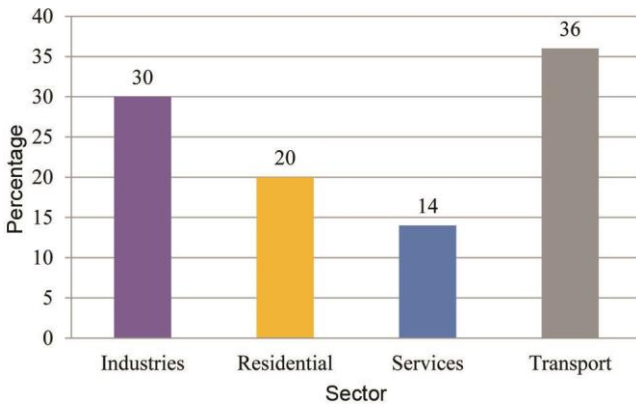
Bu tür çalışmaların sonuçları, şehirlerde 'toplu taşıma odaklı gelişme' ve 'yüksek yoğunluklu gelişmeye' katkıda bulunmuştur. Şehirlerde enerji tüketimi ile ilgili geçmişte yapılan çalışmaların büyük ölçüde ulaşım sektöründe tüketilen enerjiye odaklandığını söylemek yanlış olmaz.

Ulaşım enerjisi tüketimi ile arazi kullanımı, demografi, yoğunluk ve diğer parametreler arasındaki ilişkiler çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiş olsa da, sadece birkaçı şehirler tarafından tüketilen diğer enerji biçimlerini değerlendirmiştir. Bunlar, yapıların inşasında, çeşitli hizmetlerin sağlanması için tüketilen enerjiyi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjiyi içerir. Örneğin, Nichols ve Kockelman<sup>9</sup>, farklı şehir ortamlarındaki sakinler ve işçiler için yaşam döngüsü enerji taleplerini tahmin etmek için günlük operasyonel ve somutlaşmış enerji taleplerini birleştirdi. Kılış<sup>10</sup>, kentsel sistemler için daha sürdürülebilir uygulamaların karşılaştırılması ve yaygınlaştırılması amacıyla 18 ilde yedi boyut ve 35 ana göstergeye dayalı olarak şehir performansını karşılaştırmak için enerji, su ve çevre sistemlerinin sürdürülebilir gelişimi (SDEWES) endeksini kullandı.

Bu çalışmaların ulaştırma enerjisine yönelmesi, bu sektörün sorunlarının günlük hayatta diğerlerine göre daha fazla karşılaşılmışından kaynaklanıyor olabilir. Bununla birlikte, kentsel alanlarda kritik enerji tüketen sektörleri belirlemeye değer.

Şekil 1, son kullanıma dayalı küresel enerji tüketimini göstermektedir<sup>11</sup>. Son kullanımlar konut, ulaşım, endüstriler ve hizmetler olarak sınıflandırılır. Şekil 1'den, başlıca enerji tüketen sektörlerin sırasıyla %36 ve %30 tüketen liman ve endüstriler olduğu, bunu konut (%20) ve hizmetler (%14) izlediği görülmektedir. Karşılaştırma ve daha fazla içgörü amacıyla, kentsel alanlarda enerji tüketimi de incelenmiştir. Şekil 2, kentsel alanlardaki son kullanım enerji tüketimini göstermektedir<sup>12</sup>. Son kullanımlar binalar, ulaşım ve diğerleri olarak sınıflandırılır.

Kentsel alanlarda, binalar sağlanan toplam enerjinin % 51'ini, ulaşım % 43'ünü ve diğerleri % 6'sını tüketir. Şekil 2'den de anlaşılacağı gibi, küresel düzeyde en kritik enerji tüketen sektör ulaşım, kentsel düzeyde ise binalardır.



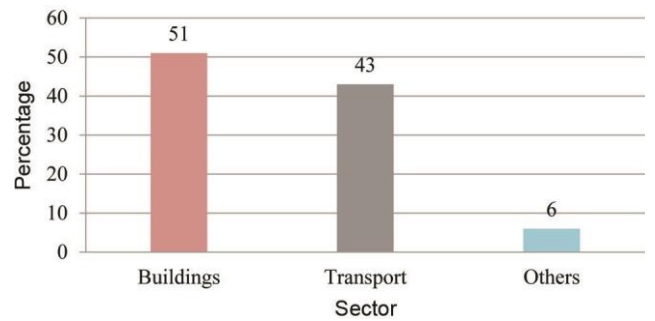
Şekil 1. Küresel enerji tüketimi.

Yukarıda belirtilenler gibi hakemli araştırmaların sonuçları ve bulguları, enerji verimliliği stratejilerinin formüle edilmesi için kentsel alan belediyeleri tarafından benimsenmektedir. Bu tür stratejilerin büyük bir kısmı, su temini<sup>13</sup>, atık su arıtma<sup>14</sup>, yenilenebilir kaynaklardan elektrik<sup>15</sup> ve diğerleri gibi şehre sağlanan belirli bir hizmeti hedeflemek için önerilmektedir. Stratejiler bir şehirdeki belirli bir hizmeti hedeflediğinden, şehirde çeşitli hizmetlerin sağlanması için tüketilen farklı enerji türlerinin incelenmesi esastır.

## Şehirlerde tüketilen enerji türleri

Yukarıdaki tartışmalardan şehirlerin farklı tür ve biçimlerde enerji tükettiği açıktır. Enerji sektörü üzerinde çalışan çeşitli küresel kuruluşlar, kentsel enerji tüketimini ayrı şekillerde sınıflandırmıştır. Örneğin, BM Habitat Küresel Kentsel Gözlemevi (GUO), kentsel enerjiyi son kullanıcılara göre ulaşım, endüstriyel ve ticari faaliyetler, binalar ve altyapı, su dağıtımı ve gıda üretimi olarak sınıflandırır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), son kullanıcılara dayalı olarak konut, endüstriyel, ulaşım, hizmetler ve diğer endüstriler olarak sınıflandırır. Dünya Araştırma Enstitüsü (WRI), kullanılan yakıt türüne göre yenilenebilir ve yenilenemez olarak sınıflandırır. Dünya Bankası tarafından başlatılan bir yardım programı olan Enerji Sektörü Yönetimi Yardım Programı (ESMAP), çeşitli projeler için şehirlerde tüketilen enerjiyi sanayi, ulaşım, binalar ve belediye hizmetleri olarak sınıflandırmaktadır.

Araştırmacılar, bir şehir tarafından tüketilen hizmetlere göre enerjiyi somutlaştırılmış, operasyonel ve ulaşım enerjisi olarak sınıflandırdılar. Örneğin, Nichols ve Kockelman<sup>9</sup> enerjiyi operasyonel olarak sınıflandırdı ve yaşam döngüsü enerji taleplerini hesaplamak için somutlaştırıldı<sup>9</sup>. Troy ve ark.<sup>16</sup> bir kentin somutlaşmış ve operasyonel enerji tüketimini tahmin etmiş ve planlama sisteminde bir gelişim kontrol aracı olarak nasıl kullanılabileceğini önermiştir. Doherty ve ark.<sup>17</sup> tüketilen enerjiyi somutlaştırılmış, operasyonel ve ulaşım olarak kategorize ederek, yapı çevre, mekansal konfigürasyonu ve enerji tüketimi arasındaki temel etkileşimleri ve ilişkileri, konut arazi kullanım türleri içinde ve arasında incelemiştir<sup>17</sup>.



Şekil 2. Kentsel alanlarda enerji tüketimi.

## ARAŞTIRMA

Bir şehir tarafından tüketilen hizmetlere göre tüketilen enerjiyi kategorize etmek, araştırmacıların onu günlük olarak anlamalarını sağlayacaktır. Örneğin, yaz ve kış mevsimlerinde iç mekan konforunu sağlamak için tüketilen enerjideki değişkenlik, tüketilen elektriğe göre incelendiğinde daha iyi anlaşılacaktır. Enerjiyi ele almak için şehirler tarafından çerçevelenen stratejilerin değerlendirilmesi, hedeflenen hizmetlere odaklanıldığında daha anlaşılabilir. Enerji verimli şehir planlamasındaki mevcut eğilimlerin değerlendirilmesi, bununla ilişkili kapsamı, sınırları, kısıtlamaları ve fırsatları belirlemek için çok önemlidir.

### Tanımlamaya ihtiyaç var

Enerji verimli şehir planlaması uzun süredir uygulanıyor olsa da, belirli bir dizi koşul için her bir enerji türünün belirli yönlerinin nasıl ele alınacağı daha fazla analize ihtiyaç duymaktadır. Çeşitli fırsatlar, olası kısıtlamalar ve belirli bir yerel kapasite için önceliklerin nasıl belirlenmesi gerektiğinin yanı sıra coğrafi koşullar ve mevcut kaynaklar hakkında iyi bir anlayış, geleceğe yönelik hedefler belirlemek için zorunludur.

Bu çalışmanın amacı, 2008 tarihli IEA raporunda (ref. 18) en iyi uygulamalar olarak gösterilen şehirler tarafından benimsenen enerji verimliliği stratejilerini değerlendirmek; hedef enerji türlerine, elde edilen etkilere ve stratejilerin formüle edilmesi için benimsenen sürece göre. Çalışma aşağıdaki araştırma sorularına cevap verecektir. (i) Şehirler tarafından benimsenen stratejiler en kritik enerji türlerini (somutlaştırılmış, operasyonel ve ulaşım enerjisi) ele alıyor mu? (ii) Şehirler tarafından benimsenen enerji verimliliği stratejileriyle elde edilen faydalı etkiler nelerdir? Vaka şehirleri tarafından elde edilen bu faydalı etkiler haklı mı? (iii) Enerji verimliliği stratejilerinin çerçevelenmesi için benimsenen süreç, elde edilen faydalı etkilere ne ölçüde katkıda bulunuyor? Çalışma, planlamacıların ve diğer paydaşların şehirlerdeki mevcut enerji uygulamalarındaki potansiyelleri ve zayıflıkları anlamalarını sağlayacaktır.

**Tablo 1.** Seçilen vaka şehirleri

Şehir	Ülke
Adelaide	Avustralya
Sidney	Avustralya
Graz	Avustralya
Austin	ABD
Berkeley	ABD
Berlin	Almanya
Riga	Letonya
Stockholm	İsveç
Christchurch	Yeni Zelanda
Dunedin	Yeni Zelanda
Gwalior	Hindistan

Kullanılan çerçeve, araştırmacılara çeşitli şehirlerin enerji uygulamalarını değerlendirmede yardımcı olacaktır.

### Araştırma metodolojisi

Metodoloji dört aşamaya ayrılmıştır. İlk aşama, şehirlerde tüketilen enerjinin kategorizasyonunu açıklar; ikinci aşama, literatür taraması yoluyla parametrelerin nasıl tanımlandığını açıklar; Üçüncü aşama değerlendirme aracını açıklar ve dördüncü aşama vaka çalışması verilerini sunar.

#### Örnek olay incelemesi

Vaka çalışması şehirleri, 2008 tarihli IEA raporunda belirtildiği gibi enerji verimliliği stratejilerinin en iyi uygulamaları olarak seçilmiştir (ref. 18). Bu raporda adı geçen tüm şehirler konumlarına, ekonomik profillerine veya iklim koşullarına bakılmaksızın dikkate alınmıştır. Tablo 1, bu çalışma için seçilen 11 şehri listelemektedir.

*Birinci aşama: Enerjinin sınıflandırılması* – Tüketilen enerjinin bir kentin aldığı hizmetlere göre sınıflandırılmasıyla elde edilen daha iyi bir algı göz önüne alındığında, bu çalışma kentler tarafından tüketilen enerjiyi somutlaştırılmış, operasyonel ve ulaşım enerjisi olarak sınıflandırmaktadır.

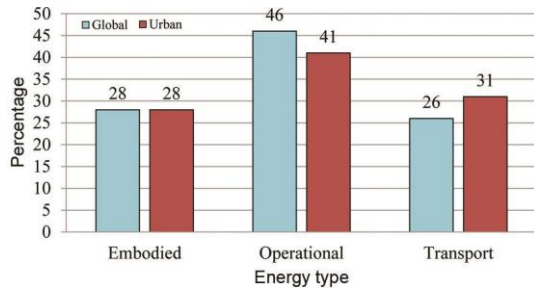
Bir şehirdeki somutlaşmış enerjinin kuantumu, büyük ölçüde kentsel alanlardaki inşaat sektörü tarafından belirlenir; fiziksel altyapı, işleyişi ve kullanılan mekanizmalar ile operasyonel enerji ve ikamet noktaları, iş ve olanaklar ile ulaşım modu arasındaki bağlantı ile ulaşım enerjisi. Bu türlerde kullanılan yakıtlar, konuma, coğrafyaya, kaynakların mevcudiyetine, teknolojiye, iklime ve sakinlerin gelirine göre büyük ölçüde değişecektir.

Somutlaşmış enerji, bir malzemenin çıkarılması, işlenmesi ve kullanım veya uygulama noktasına taşınması için gereken enerji miktarıdır<sup>19</sup>. Herhangi bir ürünün toplam yaşam döngüsü enerjisinin %10-20'sini oluşturur<sup>9</sup>. Kentsel bir alanda somutlaşmış enerjinin ana bileşeni, büyük ölçüde binalardan, yollardan ve diğer altyapılardan oluşan inşaat endüstrisidir. Kullanılan malzemeler, üretim yeri; Yapım yöntemi ve yaşam süresi, somutlaşmış enerjinin kuantumunu belirleyen başlıca faktörlerden bazılarıdır.

Operasyonel enerji, bir şehirde güç kaynağı, su temini ve kanalizasyon sistemi gibi çeşitli hizmetlerin sağlanması için tüketilen enerjidir<sup>16</sup>. Bu hizmetlerin her birinde tüketilen enerji, kullanılan sistemin türüne, kullanılan yakıtın türüne, bölgenin coğrafyasına ve konumuna ve alternatif kaynakların mevcudiyetine bağlıdır. Örneğin, yerçekimi ile çalışan bir su tedarik sistemi, bir pompalama sistemi kullanan daha az enerji yoğunudur. Benzer şekilde, kömürle çalışan teknolojiyi kullanan bir güç kaynağı sistemi, bir hidroelektrik sistemden daha fazla enerji yoğunudur.

**Tablo 2.** Enerji verimliliği stratejilerini değerlendirmek için kullanılan değerlendirme araçları

Değerlendirme aracı	Kullanılan parametreler					
	Enerji tasarrufu	Emisyon azaltımı	Maliyet tasarrufu	Pazar dönüşümü	Ortak faydalar	Diğer
Kaliforniya değerlendirme çerçevesi	1	1	1	1	1	2
EMEE'ler	1	0	1	0	0	0
ESMAP (ESMAP)	1	1	2	0	0	1
Milli Enerji Verimliliği EMV	1	1	0	1	1	2
Enerji Verimliliği Ulusal Eylem Planı	2	1	1	0	1	0
NYSERDA BELEDİYESİ	2	0	1	1	0	1
ACEEE (ACEEE)	1	0	0	0	0	4
RCEEE (Türkçe)	1	1	2	1	0	3
ATLAMAK	2	1	1	0	0	1
MARKAL	1	1	2	0	0	2
KERE	0	2	1	0	0	4
KAPSARC	2	0	1	0	1	0
İşletim Sistemi	1	1	0	0	1	6
Enerji YOLLARI	1	1	1	0	0	1
ETEM (ETEM)	1	1	0	0	0	1
İLETİ	1	1	1	0	1	3
KÜÇÜK GÖZLER	1	1	0	0	4	1
Toplam	20	14	15	4	9	32
Yüzde	21	15	16	4	10	34
Hayır. belirli bir parametreyi kullanan araç sayısı (toplam 17 üzerinden)	16	13	12	4	6	13

**Şekil 3.** Enerji türlerinin düzeydeki ve kentsel alanlardaki yüzde dağılımı.

Ulaştırma enerjisi, insanların, malların ve hizmetlerin taşınmasında ortaya çıkan enerjidir. Tüketilen enerji, iş yeri, konaklama, diğer sosyal ve çevresel olanaklar arasındaki bağlantıya bağlıdır; taşıma şekli, kullanılan yakıt ve toplu taşımanın kullanılabilirliği.

Bu hizmetlerin her biri için tüketilen enerji miktarı çeşitli faktörler tarafından belirlenir. Küresel ve ulusal inisiyatifleri benimseyen, inşaat için yeşil ve yenilenebilir malzemelerin kullanımı için politikalar, kurallar ve düzenlemeler uygulayan şehirler, diğer şehirlerden daha düşük toplam somutlaşmış enerjiye sahip olacaktır. Yapılı çevrenin yerel iklim koşullarına ne ölçüde uyum sağladığı, güç kaynağı taleplerini etkiler. Daha yüksek yoğunluğa sahip şehirler, kişi başına düşen altyapı uzunluğunun daha düşük olma eğilimindedir, bu da kişi başına potansiyel olarak daha düşük yaşam döngüsü maliyetine ve dolayısıyla daha enerji verimli hizmetlere işaret eder<sup>20</sup>.

Kentsel alanların mekânsal boyutu, yerleşik ve iş yoğunluklarının koordinasyonu, işlerin, hizmetlerin erişilebilirliği; yürüme, bisiklete binme ve toplu taşıma ile sağlanan olanaklar ulaşım enerjisinin tüketimini doğrudan etkiler. Yüksek yoğunluklu kentsel alanlar, azalan seyahat mesafesi nedeniyle daha düşük ulaşım enerjisi tüketimine sahip olma eğilimindedir.

Şehirler tarafından benimsenen enerji verimliliği stratejilerini değerlendirmeden önce, kentsel ve küresel düzeyde kritik enerji türlerini anlamak önemlidir.

Şekil 1 ve 2'de verilen son kullanım enerji tüketimi verileri, kentsel ve küresel düzeylerde somutlaşmış, operasyonel ve ulaşım enerji tüketiminin yüzde dağılımını hesaplamak için normleştirilmiştir (Şekil 3). Yüzde dağılımı, somutlaşmış enerjinin tüketilen toplam enerjinin %15'ini9 ve ayrıca bireysel enerji türlerinde %15'ini alacağı düşünülecek hesaplanmıştır. Şekil 3, operasyonel enerjinin hem küresel düzeyde (%46) hem de kentsel düzeyde (%41) kritikliğini ortaya koymaktadır. Şehirlerin Şekil 3'te belirtilen kritik enerji türlerini ele alıp alamayacağı konusunda formüle edilmiş enerji verimliliği stratejilerinin incelenmesi esas olacaktır; ve bu stratejilerin etkileri nelerdir? Elde edilen etkilere dayalı stratejileri değerlendirmek için, ilgili sonuçları ortaya çıkaracak bir dizi parametrenin tanımlanması gerekir.

*İkinci aşama: Parametrelerin seçimi* – Parametreler, dünya çapında farklı kurum ve kuruluşlar tarafından şehirlerde enerji verimliliği stratejilerini değerlendirmek için kullanılan çeşitli değerlendirme araçları incelenerek belirlenmiştir.

## ARAŞTIRMA

Bir teklifteki stratejileri değerlendirmek için kullanılan program genellikle ölçüm ve doğrulama (M&V) olarak adlandırılır. Bu, projeleri değerlendirmek ve paranın karşılığını almak, devam eden veya artan finansmanı gerekçelendirmek, elde edilen etkileri incelemek ve performansa dayalı ödeme mekanizmalarının temelini sağlamak gibi çeşitli işlevler için herhangi bir enerji verimliliği projesinin kritik bir yönüdür<sup>21</sup>. Parametreleri belirlemek için dünya genelinde kullanılan on yedi değerlendirme aracı değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Her araç, enerji verimliliği stratejilerinin performansını değerlendirmek için farklı parametreler kullanır. Tablo 2, stratejileri değerlendirmek için her bir araç tarafından kullanılan parametreleri, toplam parametre sayısının yüzde dağılımını ve parametrelerin her birini kullanan toplam 17 değerlendirme aracının sayısını göstermektedir.

Değerlendirme araçlarında kullanılan tüm parametrelerin %21'i enerji tasarrufu, %15'i emisyon azaltımı, %16'sı maliyet tasarrufu, %10'u yan haklar, %4'ü piyasa dönüşümü ve %34'ü geri kalan tüm parametreler için olmuştur (Tablo 2). İncelenen 17 değerlendirme aracından 16'sı enerji tasarrufu, 12'si maliyet tasarrufu ve 13'ü stratejileri değerlendirmek için bir parametre olarak emisyon azaltımına sahipti. 'Ortak faydalar' altı araç tarafından parametre olarak kullanıldı. Veriler, değerlendirme araçlarında enerji tasarrufu, emisyon azaltımı ve maliyet tasarrufuna verilen önemi vurgulamaktadır. Birden fazla parametre kullanarak stratejilerin değerlendirilmesi, tatmin edici bir şekilde yapılabileceği bir yöntem gerektirecektir.

*Üçüncü aşama: Değerlendirme aracı – Enerji verimliliği stratejileri ile elde edilen etkilerin değerlendirilmesi için, ideal çözüme benzerlik (TOPSIS) aracına göre tercih sırasına göre teknik kullanılarak çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi benimsenmiştir. Bu araç, bir raştırmacının her parametreye göreli ağırlıklar atamasına ve rden çok senaryo geliştirmesine olanak tanır.*

TOPSIS ilk olarak 1981'de Ching-Lai Hwang ve Yoon tarafından geliştirildi, 1987'de Yoon ve 1993'te Hwang, Lai ve Liu tarafından daha da geliştirildi. Seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en kısa mesafeye ve diğer yandan negatif ideal çözüme en uzak mesafeye sahip olması gerektiği fikrine dayanmaktadır<sup>22</sup>. Farklı parametrelerin ağırlıkları araştırmacı tarafından atanacaktır. Bu çalışmada enerji verimliliği stratejileri ile elde edilen etkileri değerlendirmek için seçilen parametreler enerji tasarrufu, maliyet tasarrufu ve emisyon azaltımı olmuştur. Her üç parametre de şehirlerin M&V organizasyonları tarafından sağlanan doğrudan ölçülebilir verilerdir.

**Tablo 3.** Seçilen parametreler ve atanan ağırlıklar

Parametre	Ağırlığı (%)
Doğrudan enerji tasarrufu	0,33
Sera gazı (GHG) emisyon azaltımı	0,33
Yatırım getirisi	0,33

Parametreler, M&V araçları üzerinde yapılan literatür taramasına göre seçilmiştir. Tablo 3, nihai parametreleri ve ilgili ağırlıklarını göstermektedir.

Bu çalışmada, Tablo 3'te belirtilen her üç parametreye de analiz için 0.33 (toplam 1.00 üzerinden) eşit ağırlık verilmiştir. Parametrelere ağırlık atamak için kullanılan yöntem, ya çalışma alanının ayrıntılı bir bağlam çalışmasını ya da bir uzman görüşü anketini ve ardından analitik hiyerarşi süreci (AHP) veya analitik ağ süreci (ANP) yoluyla bir matris analizini içerir. Vaka çalışması şehirleri farklı iklim, konum ve ekonomik profillere ait olduğu için yöntemlerin hiçbiri bu çalışma için uygun değildir; ve bu kriterlere göre seçilmemiştir. Bir uzman görüşü anketinden elde edilen bulgular da aynı nedenle sonuçsuz ve öznel olacaktır. Bu nedenle parametrelere analizde eşit ağırlıklar atandı. Enerji tasarrufu (kWh), sera gazı emisyonlarının azaltılması (CO<sub>2</sub>- eşdeğeri) ve maliyet getirilerinde (US\$) elde edilen etkilerin normalleştirilmesi, değerlerin yüzdeye (tasarruf/azaltım/getiri) dönüştürülmesiyle yapılmıştır.

Seçilen parametreleri kullanarak ideal pozitif ve ideal negatif çözümlere Öklid mesafesini hesaplamak için kullanılan denklemler aşağıda belirtilmiştir.

*İdeal pozitiften uzaklık*

$$S_{i+} = \left[ \sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_{j+})^2 \right]^{0.5}$$

*İdeal negatiften uzaklık*

$$S_{i-} = \left[ \sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_{j-})^2 \right]^{0.5}$$

$S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  i vaka şehri için sırasıyla ideal pozitif ve ideal negatif değerden Öklid uzaklığıdır,  $V_{ij}$  j parametresinde i vaka şehrinin ağırlıklı normalleştirilmiş değeridir,  $V_{j+}$  ve  $V_{j-}$  j parametresi için ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde sırasıyla maksimum ve minimum değerler ve m, çalışmada değerlendirilen şehir sayısını temsil eder. İdeal pozitiften diğer şehirlere kıyasla daha büyük bir Öklid mesafesi düşük performansı gösterir ve ideal negatiften daha büyük bir mesafe iyi performansı gösterir ve bunun tersi de geçerlidir. Bu iki değer, her şehir için performans puanını hesaplamak için kullanıldı.

Her şehrin performans puanını hesaplamak için kullanılan denklem

$$P_i = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}}$$

burada  $P_i$ , i vaka şehrinin performans puanıdır ve  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  i vaka şehri için sırasıyla ideal pozitif ve ideal negatif değerden Öklid uzaklığıdır.

Bir şehrin performans puanı değerleri 0 ile 1 arasında değişebilir, 0 çok düşük performansı gösteren en düşük puan ve 1 en iyi performansı gösteren en yüksek puandır.

### *Strateji formülasyonu*

Elde edilen etkilere ve hedef enerji türüne dayalı stratejileri değerlendirmeden önce, formülasyonlarında yer alan süreci incelemek önemlidir. Bir kentte benimsenen stratejiler, ilk adımın eldeki bir konu hakkında farkındalık/bilinç olduğu bir sürecin sonucu olarak incelenir; ikincisi, öznenin konuyu ele almak için benimsediği yaklaşım; üçüncüsü, benimsenen yaklaşımı uygulamak için formüle edilen strateji ve dördüncüsü, formüle edilen stratejiye göre kullanılan nihai şemalar. Stratejilerin oluşturulmasında yer alan süreci değerlendirmek için bir özneye oluşturulan farklı farkındalık türlerinin ve bir konuya yönelik benimsenen yaklaşım türlerinin incelenmesi gereklidir.

Bir konuya yönelik farkındalık veya bilinç, içe dönük, benlik ve çıkarımsal olarak sınıflandırılır. İçsel farkındalık, daha yüksek bir beden aracılığıyla ve aynı zamanda öznenin üzerinde hareket ettiği öz-bilinç yoluyla üretilen bir konunun farkındalığıdır. Öz farkındalık, sorunlar kişinin anladığı ve hareket ettiği çeşitli göstergelerin gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi ile belirlendiğinde kendisi tarafından üretilir<sup>23</sup>. Çıkarımsal farkındalık, bir konunun bağımsız bir olay olarak kabul edildiği ve belirli bir yerde gerçekleştiği küçük bir öz farkındalık ölçeğidir. Çıkarımsal farkındalık yoluyla belirlenen sorunlar genellikle ulusal veya küresel ölçekte yansıtılmamaktadır<sup>24</sup>.

Bir sorunun çözümüne yönelik yaklaşım analitik, rasyonel, mantıklı, mutlak, yaratıcı veya olumlu tipte olabilir. Analitik düşünür, bir problemin ayrıntılarına girme, tüm bileşenleri, göstergeleri değerlendirme ve onu anlamak ve neyin eksik olduğunu belirlemek için bakış açıları geliştirme yeteneğine sahiptir<sup>25</sup>. Rasyonel bir problem çözücü, mevcut bilgileri alır ve buna dayalı varsayımlarda bulunur; kişisel bakış açısı göz önüne alındığında en uygun çözümü çıkarmak. Böyle bir karar verici, bir toplumun bir bütün olarak karşılaştığı sorunları ele alamaz, çünkü bazılarını karşı kör taraflıdır. Mantıksal bir düşünür, bir olayın ayrıntılarını sürekli olarak toplama, sıraya koyma, daha büyük resmi görmesine, sorunun nerede ve neden var olduğunu değerlendirmesine izin verme yeteneğine sahiptir. Tarihsel örnekleri kullanarak benzer durumlara dayalı çözümler çıkarabilir. Mutlak bir problem çözücü, bir sorunu siyah ya da beyaz, bir çözümü doğru ya da yanlış olarak görme yeteneğine sahiptir. Cevabı doğrulayabilecek yetkili bir kaynak arayarak bu çözümü bulmaya çalışır. Yaratıcı bir problem çözücü, çeşitli sonuçları öngörme, bir sonuca ulaşmak için ne yapılması gerektiğine dair varsayımlarda bulunma ve kendi kararına güvendiği için risk almaya istekli olma yeteneğine sahiptir.

Olumlu bir problem çözücü, bir sorunu bireysel bir olay olarak bölümlere ayırma ve açık fikirli bir şekilde çözüm arama yeteneğine sahiptir. Olumlu düşünenlerin sınırlaması, sorunları çözmek için yeterince pragmatik olmadıkları için, çözümler uygulanmadan önce sorunların birkaç kez tekrarlanmasıdır<sup>26</sup>.

Bir şehir tarafından formüle edilen stratejilerden önce belirli bir farkındalık ve yaklaşım türü gelecektir. Örneğin, küresel 'sıfır karbon emisyonu' gündemini benimseyen bir şehir, bir konuya yönelik içe dönük farkındalığa sahiptir; Bölgedeki tükenen yeraltı suyu seviyesini ele alan bir şehir, çıkarımsal veya öz farkındalığa sahiptir. Benzer şekilde, trafik sıkışıklığını azaltmak için bir üst geçit köprüsü inşa eden bir şehir mantıklı/mutlak bir yaklaşım benimserken, analitik veya rasyonel bir problem çözücü, çalışma saatlerini değiştirerek, yük trafiği hareketini kontrol ederek vb. trafik sıkışıklığının temel nedenini bulmaya çalışabilir.

*Dördüncü aşama: Veri sunumu* – Örnek şehirlerde stratejilerin oluşturulmasının arkasındaki süreci değerlendirmek için, Tablo 4, her şehrin karşılaştığı soruna yönelik oluşturulan farkındalık türünü ve bunları ele almak için benimsenen yaklaşımı ve formüle edilen stratejileri göstermektedir. Tablo 4, vaka şehirlerinden dördünün konuya yönelik içe dönük farkındalığa, ikisinin öz farkındalığa, birinin çıkarımsal farkındalığa ve birinin iç gözlem ve öz farkındalığın bir kombinasyonuna sahip olduğunu göstermektedir. 11 vaka kentinden sekizi konuya rasyonel bir yaklaşım benimsemiş, ikisi mutlak bir yaklaşım benimsemiş ve bir şehir analitik bir yaklaşım benimsemiştir. Teorik olarak, konu hakkında öz farkındalığa sahip olan ve bu konuyu ele almak için analitik bir yaklaşım seçen bir şehir, diğer şehirlere kıyasla daha iyi bir performansa sahip olmalıdır. Her bir şehrin performansını değerlendirmek için, enerji tasarrufu, emisyon azaltımı ve maliyet getirileri açısından elde edilen etkiler TOPSIS analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Tablo 5, belirli bir strateji ile elde edilen etkileri ve 11 vaka şehri için TOPSIS analizi yoluyla oluşturulan performans puanını göstermektedir.

### **Analiz**

#### *TOPSIS analizi: performans puanı*

Şekil 4, 11 vaka şehri için ideal pozitif ve ideal negatiften Öklid uzaklığını ve ideal pozitif ve ideal negatiften birleşik ortalama uzaklığı göstermektedir. Şekil 4, ideal pozitiften ortalama uzaklığın 26.00 ve ideal negatiften 14.84 olduğunu göstermektedir. Rakamlar, ideal pozitiften uzaklık, ideal negatiften uzaklıktan daha az olması gerektiğinden, vaka şehirleri için düşük bir performansa işaret etmektedir. Stockholm, ideal pozitiften 5.00 ve ideal negatiften 35.11'e olan mesafesiyle en iyi performansa sahip. Austin, 38.34'te ideal pozitiften ve 0.00'da ideal negatiften uzaklaşarak en kötü performansı gösteriyor.

**Tablo 4.** Şehirler, farkındalık türleri, konuyla başa çıkmak için formüle edilen yaklaşımlar ve

	Kent Bilinci	stratejiler Yaklaşım	Stratejisi
Adelaide39 ve	Inferential: yüksek karbon emisyonları Kamu aydınlatma maliyetleri	Mantıkcı: Teknolojik olarak gelişmiş, yüksek verimli armatürlerle azaltma	Yüksek enerji tüketen ışıkların enerji tasarruflu ışıklarla değiştirilmesi
Sydney40	Introspective: Enerji Verimliliği Hükümet Operasyonu (EEOG) politikası	Mantıklı: Avustralya Hükümeti operasyonlarının enerji verimliliğinin artırılması	Güçlendirme politikalarının ve uygulama stratejilerinin tanıtılması. Kamu binalarında enerji ve su verimliliğinin artırılması
Graz41	–	Rational: Enerji verimliliğini artırmak için 'Thermoprofit' planı	Eski armatürlerin ve lambaların yüksek verimli ünitelerle değiştirilmesi
Austin42	Self: İklim Koruma Planı 2007	Rational: enerji verimliliği iyileştirmeleri ve talep tarafı yönetim önlemleri	Uygun maliyetli talep tarafı yönetimi
Berkeley43	İçe Dönük: Meclis Yasa Tasarısı 32, Küresel Isınma Çözümleri Yasası	Akılcı: sera gazı emisyonlarının azaltılması	Verimliliği yakalamak için politika araçları Mevcut binada iyileştirmeler
Berlin44 azaltmak için	Self: Enerji Planı 1994: kullanımı sera gazı emisyonlarını azaltmak için enerji, kojenerasyon, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı	Analitik: 2010 yılına kadar kişi başına düşen sera gazı emisyonlarının %25 azaltılması	Enerji verimliliği potansiyelini gerçekleştirmek için enerji performans sözleşmelerini kullanan 'kamu-özel ortaklığı' Belediyeye ait binalar
Riga45	–	Absolute: Verimli Aydınlatma Girişimi (ELI) Programı	Kamu binası aydınlatma sisteminin yenilenmesi
Stockholm46	İçe dönük, benlik: Avrupa Birliği Eko Tasarım Yönetmelikleri	Rasyonel: Şehirdeki sokak aydınlatmasından kaynaklanan elektrik tüketiminin %60-80'ini azaltmak	Yeni aydınlatma teknolojilerine geçmek, özellikle de bunlar ışık kalitesinden ödün verme riski taşıyorsa
Christchurch47	Introspektif: ortak uygulama Kyoto Protokolü kapsamında proje (JI) ve 'emisyonları azaltma projeleri' (PRE)	Akılcı: karbon emisyonunun azaltılması azaltılması	Kamusal alanda karbon emisyonunun  Yenilenebilir yakıtlar/düşük karbon emisyonlu yakıtlar kullanan binalar
Dunedin48	–	Rational: potansiyel finansmana erişim enerji verimliliği ve koruma otoritesinden (EECA) uygulamaya yardımcı olmak için İyileştirme Projeleri	Belediye meclisine bağlı olarak faaliyet gösteren bir dizi yüzme havuzu için su ısıtmasında ortaya çıkan enerji maliyetlerini azaltın
Gwalior49	İçe dönük: 'akıllı şehir Gwalior'	Mutlak: akıllı enerjide enerji verimliliği şehir	Akıllı ve enerji tasarruflu aydınlatma

Her ilin performans puanını hesaplamak için ideal pozitif ve negatif değerlere uzaklık kullanılmıştır (Şekil 5). Şekil 5, şehirlerin ortalama performans puanının 0,36 olduğunu ve şehirlerin %66'sının bu puanın altında kaldığını göstermektedir. Stockholm en yüksek performans puanına sahip 0.88 ve Austin en az 0'a sahip. Stockholm, %90 oranında enerji tasarrufu ve sera gazı emisyonlarında azalma ve %134'lük maliyet getirisine sahiptir ve bu da ona en yüksek performans puanını verir. Bu şehir, 530 trafik kontrol noktasında 27.000 akkor lambayı ışık yayan diyot (LED) trafik sinyalleriyle değiştirerek operasyonel enerji sektörünü hedef aldı. Austin, enerji tasarrufu ve sera gazı emisyonlarında %1 azalma ve maliyet getirilerini -%66 olarak gösteriyor ve bu da ona en düşük performans puanını veriyor. Bu şehir, enerji talebindeki zirvelere katkıda bulunan ekipmanların verimliliğini artırmak için işletmelere sağlanan indirimleri ve teşvikleri içeren uygun maliyetli talep tarafı yönetimi ile operasyonel enerji sektörünü hedefledi. Austin'in düşük performansı, diğerlerine kıyasla uzun vadeli bir strateji olmasına ve istenen sonuçlara ulaşmanın daha uzun zaman alabilmesine bağlanabilir.

### Strateji formülasyonu

Strateji oluşturma sürecinin elde edilen etkiler üzerindeki etkisini belirlemek için, şehirler ve performans puanları, oluşturulan farkındalık türü ve benimsenen yaklaşım ile karşılaştırılmıştır (Tablo 6). Tablo 6, söz konusu konuya yönelik içsel farkındalığa sahip şehirlerin 0,51 ile en yüksek konsolide performans puanına sahip olduğunu göstermektedir. Bu konuda bilinçli olan şehirler 0.45. Benzer şekilde, konuyu ele almak için analitik bir yaklaşım benimseyen şehirler 0,47 ile en yüksek konsolide performans puanına sahipken, bunu rasyonel bir yaklaşım benimseyen şehirler izlemektedir. 0.37. Veriler, strateji oluşturma sürecinin önemini, bunlar kullanılarak elde edilen etkiler aracılığıyla göstermektedir.

### Hedef enerji türü

Enerji verimliliği stratejilerinin kritik enerji türlerini ele almadığını değerlendirmek için, şehirler tarafından benimsenen stratejiler somutlaştırılmış, operasyonel ve ulaşım enerjisi olarak sınıflandırılmıştır.



**Tablo 5.** Vaka şehirlerinde ideal çözüm analizine benzerlik sırasına göre tercih sırası tekniği

Strateji kabul edildi	Şehir	Hedef enerji türü*	Enerji getirisi tasarrufu (%)	Emisyonu azalma (%)	Maliyet (%)	Öklid uzaklığı (+)	Öklid mesafesi (-)	Performans puanı (0-1)
Işık yayan diyet (LED) 107 noktada trafik işaretleri	Adelaide	2	59	57-29		28.9	9.7	0.25
Şehirdeki büyük bir kütüphane verimsiz düşük voltajlı down-light'ları değiştirmek için güçlendirildi ve Klima kontrol sistemi	Sydney	2	46	46	89	23.7	16.3	0.41
720 lambanın değiştirilmesi oldukça eski. Önlemler	Graz	2	56	56	-60	32.2	8.1	0.20
lamba rekonstrüksiyonu, lamba değişimi ve kontrol sistemlerinin kurulumundan oluşur								
Uygun maliyetli talep tarafı yönetimi – ekipmanın verimliliğini artırmak için indirimler ve teşvikler	Austin Belediyesi	2	1	1	-66	37.8	0	0.00
Pik elektrige katkıda bulundu								
Berkeley' tasarrufu yönetmeliği, Satış veya kiralama zamanı	deki enerji	2	15	15	63	30.5	10.4	0.25
Berlin'in sunduğu okul binaları performansı için ihale	enerji	1	20	20	117	25.1	22.6	0.47
Sözleşme								
Riga spor eğitim akademisinin yenilenmiş iç aydınlatması		2	48	48	11	29.7	8.1	0.21
Stockholm'e kurulan LED trafik sinyalleri 530'da 27.000 lambanın yerini alıyor		2	90	90	134	4.9	34.7	0.88
Trafik Kontrol Noktaları								
Christchurch'ün bir yüzme havuzu kompleksi		2	100	100	100	9.9	31.2	0.76
Daha önce LPG kullanılarak ısıtılan artık ısıtma ve kojenerasyon için çöp gazı kullanıyor								
Halka açık bir yüzme havuzundaki ısı pompası kurulumu, çıkarmak ve geri döndürmek için atık ısı akışıyla eşleştirildi	Dunedin	2	39	31	54	29.3	9.7	0.25
Havuz enerji								
Şehirde enerji tasarruflu sokak aydınlatması	Gwalior	2	25	25	65	29.5	10.9	0.27

\*Not: (i) Somutlaşmış enerji, (ii) Operasyonel enerji ve (iii) Enerjinin taşınması

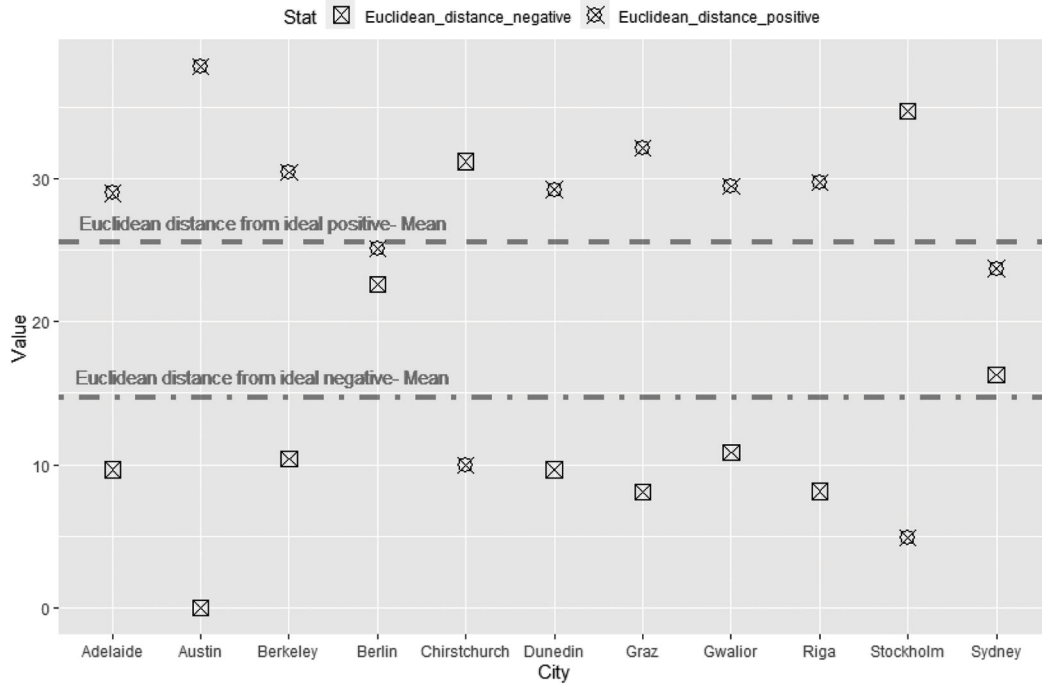
Şekil 6, her bir enerji türünü hedefleyen şehirlerin yüzdesini göstermektedir. Şekil 6, 10 şehrin (%91) operasyonel enerjiyi, bir şehrin (%9) somutlaşmış enerjiyi hedeflediğini ve hiçbir şehrin ulaşım enerjisini hedeflemediğini göstermektedir. Veriler, Şekil 3'te gösterilen küresel ve kentsel enerji tüketim kalıpları ile karşılaştırılmıştır. Stratejilerin yüzde dokuzu, hem kentsel hem de küresel düzeyde tüketilen toplam enerjinin %28'ini oluşturan somutlaşmış enerjiyi hedefliyor. Ayrıca, şehirler tarafından benimsenen stratejilerin %91'i, küresel düzeyde %46'sını ve kentsel düzeyde %41'ini oluşturan operasyonel enerjiye yöneliktir. Şehirlerin hiçbiri ulaşım hitap etmiyor. Küresel düzeyde tüketilen enerjinin %26'sını, kentsel düzeyde ise %31'ini oluşturan enerji, literatür taramasından bu yana enerji tüketimi ile ilgili geçmiş çalışmaların ağırlıklı olarak ulaşım sektörüne odaklandığını göstermiştir.

Veriler, kentlerin tükettiği en kritik enerji türleri ile oluşturulan stratejilerde hedeflenen enerji türleri arasında bir farklılık olduğunu göstermektedir.

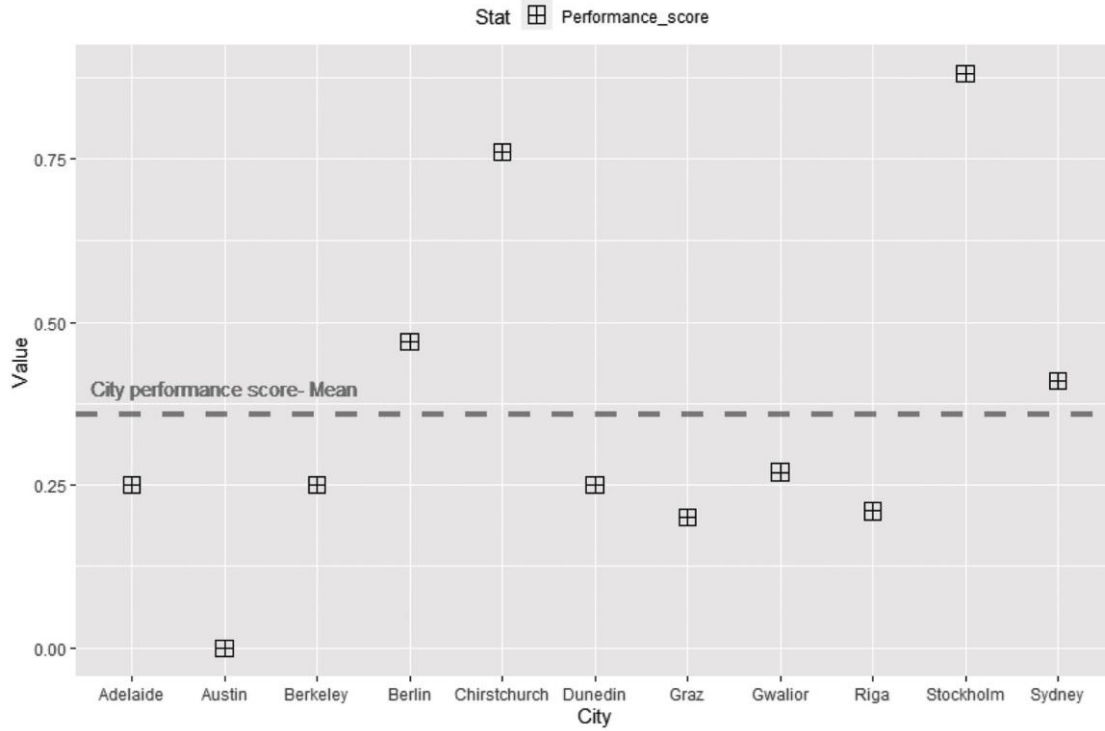
### Çalışmanın sınırlılıkları

Örnek olay çalışması şehirleri IEA'nın en iyi uygulamalar 18 raporundan alınmıştır ve dolayısıyla seçim sürecinde başka spesifik kriter bulunmamaktadır. Aynı nedenle stratejiler, hedef enerji türü ile kritik enerji türü, strateji oluşturma süreci ve Ö&D araçlarında en yaygın kullanılan parametrelere dayalı olarak elde edilen etkiler gibi bir dizi evrensel kritere göre değerlendirildi. Bu nedenle çalışmada her şehre özgü koşullar ve benimsenen strateji dikkate alınmamıştır.





Şekil 4. İdeal çözüme benzerlik (TOPSIS) analizine göre tercih sırasına göre teknik ile hesaplanan ideal pozitif ve ideal negatif senaryolara Öklid uzaklığı.



Şekil 5. Şehirlerin TOPSIS analizine göre performans puanı.

## Tartışma

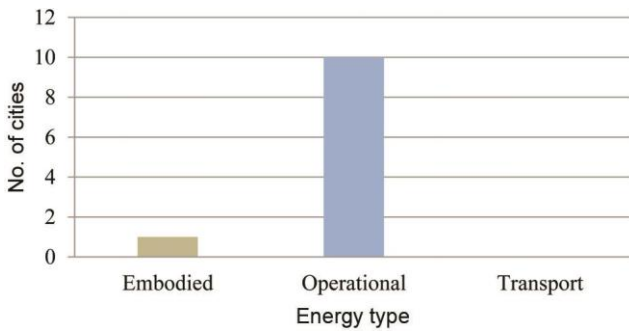
Yukarıdaki tartışmalardan, şehirlerin küresel enerjinin başlıca tüketicileri olduğu ve küresel sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmından sorumlu olduğu iyi bir şekilde ortaya konmuştur. Şehirler en büyük tehditleri oluşturduğundan, en büyük fırsatlar da onların içinde yatmaktadır. Enerji verimli şehirler muazzam bir potansiyele sahiptir ve gelecekte sürdürülebilir kalkınma için kritik bir unsur olacaktır<sup>27</sup>.

Enerji verimli şehirler için planlama yapmak amacıyla, enerji verimli şehirlerdeki mevcut uygulamaların eleştirel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Şehirler tarafından benimsenen ve en iyi uygulamalar olarak gösterilen on bir enerji verimliliği stratejisi, elde edilen etkilere, strateji oluşturma sürecine ve hedef enerji türüne göre değerlendirilmiştir.

Bir şehirdeki enerji sektörünü ele almak, kullanımlarını, miktarlarını ve kalitelerini etkileyen birçok faktör nedeniyle karmaşıktır. Şehirlerde enerji verimliliği, nüfus davranışı, ulaşım, sanayi, tarım, binalar ve inşaat sektörü gibi çok boyutlu sektörleri hedef alan hızlı bir evrim içinde stratejik bir kalkınma vektörü oluşturmaktadır<sup>28</sup>. Çoğu şehir, enerji tüketimini güçlü bir şekilde etkileyen binalara,

**Tablo 6.** Farkındalık türüne ve benimsenen yaklaşıma göre şehir performans puanı

	Performans Puanı	Şehir sayısı
<b>Konuyla ilgili farkındalık</b>		
Çıkarımsal	0.25	1
Öz	0.45	2
Özeleştirisel	0.51	5
<b>Benimsenen yaklaşım</b>		
Pozitif	–	0
Yaratıcı	–	0
Mutlak	0.24	2
Rasyonel	0.37	8
Mantıksal	–	0
Analitik	0.47	1



**Şekil 6.** Seçilen şehirler için hedef enerji sektörü.

ulaşım ve belediye hizmetlerine sahip olma eğilimindedir; Bununla birlikte, endüstrilerin enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturduğu şehirler, Çin ve Hindistan gibi ülkelerde bulunmaktadır.

Dünya Bankası, şehirlerin enerji verimliliğini artırmak için somut adımlar atabilmeleri için, enerji tasarrufu fırsatlarının ne, nerede ve ne kadar büyük olduğunu, tasarrufları elde etmek için hangi önlemlerin gerekli olduğunu ve hangi maliyetlerle, uygulama kısıtlamalarının neler olduğunu ve belirli bir yerel kapasite ve kaynaklar için önceliklerin nasıl belirlenmesi gerektiğini anlamının gerekli olduğunu belirtmektedir<sup>20</sup>. Bir örnek vermek gerekirse, Hindistan'ın Kuzeybatı Himalaya'daki Uttarakhand eyaletinde, yerleşik nüfus herhangi bir enerji kaynağına erişim eksikliği nedeniyle zorluklarla karşı karşıya kaldı. Bölge ayrıca yaklaşık 3.43 lakh hektarda yayılan ve her yıl 20.58 lakh ton kuru biyokütle döken çam ormanındaki orman yangınları nedeniyle tehditlerle karşı karşıya kaldı. Sivil toplum kuruluşları (STK'lar) ve yetkililer, bölgede başarılı bir şekilde elektrik sağlayan biyokütle gazlaştırma teknolojisi ve ormanlarda kesilen ağaçların azalmasına neden olan pişirme yakıtı olarak verilen biyokütle kalıntısı yoluyla enerji üretimini benimsedi. Bu aynı zamanda bölge sakinlerine iş fırsatları sundu ve yangınları ve buna bağlı sera gazı emisyonlarını azalttı<sup>29</sup>. Proje, Hükümet yetkililerinin dikkatini çekti ve teknolojinin güçlendirilmesi ve daha fazla alana uyarlanmasının önündeki olası engellerin belirlenmesi için daha fazla değerlendirildi<sup>30</sup>.

Comprehensive assessment of energy performances in cities is an essential starting point to facilitate enhanced energy efficiency in cities<sup>28</sup>. Formulating energy efficiency strategies for a city requires detailed assessment of the different factors which influence their use in the city. For instance, city energy performance assessment models like SDEWES<sup>10</sup>, TRACE<sup>31</sup>, CASBEE<sup>32</sup>, ENVI-met<sup>33</sup>, GIS<sup>34</sup>, etc. are used in various countries to assess the performance of cities, regions and districts with regard to energy efficiency and sustainability. They are used in assessing energy performance, calculate the associated GHG emissions, developing future scenarios, identifying critical areas, formulating strategies and estimating the costs incurred for a given set of conditions which exists in a city. These methods have been practised in developed countries since the last few decades and are now being adopted by developing countries as well<sup>35</sup>.

### India's initiatives towards energy-efficient cities

Daha önce sözü edilen Uttarakhand örneği, yerel sorunların ve fırsatların bilimsel olarak değerlendirildiği ve topluma birçok sosyal, ekonomik ve çevresel fayda sağlayabilecek politikaların geliştirilmesinde rehberlik sağlayan bir durumu göstermektedir. Bu çalışmadan elde edilen ana sonuçlar şunlardır: Şehirlerde enerji verimliliği stratejilerinin formüle edilmesinde ve arzu edilen faydalı etkilerin elde edilmesinde oluşturulan farkındalık türünün ve benimsenen yaklaşımın önemi. Karşılaştığı bir sorun hakkında farkındalık sahibi olan

ve bu sorunu çözmek için analitik bir yaklaşım benimseyen şehirler, bağlamın farkındalığından dolayı diğer şehirlere göre daha yüksek bir performansa sahip oluyor. Geddes<sup>38</sup>'in önerdiği gibi, belediye ve bölgesel düzeyde bağlam araştırması şehirlerde enerji verimliliği stratejilerini resmileştirmeden önce bir ön koşuldur. Kentin kapsamlı bir çalışması yoluyla kritik enerji türlerini ve ilgili konuları belirlemek, yerel potansiyelleri, fırsatları ve kısıtlamaları anlamak, küresel ve ulusal girişimleri körü körüne benimsemekten daha iyi sonuçlar verecektir. Hindistan bağlamındaki mevcut uygulamalar, şehir düzeyinde kapsamlı çalışmaların eksikliğini ortaya koyuyor; ve şehirlerin yerel bağlamı değerlendirmeden başka yerlerden başarılı örnekleri nasıl benimsedikleri. Bu durum aynı zamanda tüm şehirler için akıllı altyapıya ve enerji derecelendirmeli cihazlara odaklanmanın Hindistan için doğru bir yaklaşım olup olmadığı sorusunu da gündeme getiriyor. Gelişmiş ülkelerde olağanüstü sonuçlar sağlayan buna benzer stratejiler, bölge sakinlerinin daha iyi bir gelecek için yaşam tarzlarını uyarlama ve değiştirme konusunda farkındalığa, bilgiye, zenginliğe ve istekliliğe sahip olduğu yerlerde başarılıydı. Aynı yaklaşımı benimsemek ve bunun çok daha karmaşık sosyo-ekonomik katmanlara ve abartılı servet eşitsizliklerine sahip bir ülkede işe yaramasını beklemek, ulaşılamaz olmasa da çok zor görünüyor. Sıradan insanın günlük mücadeleleri, çevresel tehditlere ek olarak konu Hindistan olduğunda başlı başına bir sorun teşkil ediyor. Dolayısıyla bu tür sorunlarla başa çıkmak için daha duyarlı ve yenilikçi bir yaklaşıma ihtiyacımız var. Bu stratejilerin yalnızca kısa vadeli faydalar sağlaması beklenebilir. Bu çalışma aynı zamanda enerji tüketiminde rol oynayan tüm faktörlerin ağırlığını ortaya koyacak bir enerji dengesi modeline/denklemine ihtiyaç olduğunu da ortaya koymaktadır. Gelecekteki araştırmalar kentsel alanlar için bu göstergelerin belirlenmesine yönelik olacaktır. Göstergeler daha sonra

Bu durum aynı zamanda tüm şehirler için akıllı altyapıya ve enerji dereceli cihazlara odaklanmanın Hindistan için doğru yaklaşım olup olmadığı sorusunu da gündeme getiriyor. Gelişmiş ülkelerde istisnai sonuçlar veren bu gibi stratejiler, sakinlerin daha iyi bir gelecek için yaşam tarzlarını uyarlamak ve değiştirmek için farkındalık, bilgi, zenginlik ve istekliliğe sahip oldukları yerlerde başarılıydı. Aynı yaklaşımı benimsemek ve bunun çok daha karmaşık bir sosyo-ekonomik tabakaya ve abartılı servet eşitsizliklerine sahip bir ülkede işe yaramasını beklemek, imkansız olmasa da çok zor görünüyor. Çevresel tehditlere ek olarak, sıradan insanın günlük mücadeleleri, Hindistan söz konusu olduğunda başlı başına tuhaf bir sorun teşkil ediyor.

çeşitli iklim ve coğrafi bölgelerdeki şehirleri değerlendirmek ve enerji tüketimi ile aralarında bir ilişki kurmak için kullanılacak. Bu stratejilerin sorunlarla başa çıkmak için daha duyarlı ve yalnızca kısa vadeli faydalar sağlaması beklenebilir. Bu çalışma aynı zamanda enerji tüketiminde rol oynayan tüm faktörlerin ağırlığını ortaya koyacak bir enerji dengesi modeline/denklemine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Gelecekteki araştırmalar, kentsel alanlar için bu göstergelerin belirlenmesine yönelik olacaktır. Göstergeler daha sonra çeşitli iklim ve coğrafi bölgelerdeki şehirleri değerlendirmek ve enerji tüketimi arasında bir ilişki kurmak için kullanılacaktır.

## Sonuç

TOPSIS analizi kullanılarak yapılan vaka şehirleri üzerindeki etki değerlendirmesi, genel olarak zayıf bir performans ortaya koymuştur. Bu sonuç, şehirlerin karşılaştıkları sorunlara yönelik olarak benimsedikleri strateji oluşturma sürecine bağlanabilir. Şehirlerin sadece %18'i sorunlarını öz farkındalık yoluyla tanımlamış ve %73'ü bu konuda rasyonel bir yaklaşım benimsemiştir. Bu, şehirlerin çoğunun, yerel bağlamlarını değerlendirmeden, bir konuya yönelik olarak daha yüksek bir otorite tarafından çerçevelenen bir gündemi benimsediğini göstermektedir.

Şehirlerin hedef sektör değerlendirmesi, resmileştirilen stratejilerde kritik enerji türleri ile hedef enerji türleri arasında bir tutarsızlık olduğunu göstermektedir. Hindistan bağlamında enerji verimli şehirler geliştirmeye yönelik mevcut stratejilerin yaklaşımlarında bir yenilenmeye ihtiyacı var; burada şehir düzeyinde strateji ve taktikleri uyarlamak için sorunların bireyselliği anlaşılmalıdır. Gelecekteki politikalar, 'akıllı şehirler' geliştirmeden önce araştırma ve geliştirmeye yatırım yapmaya, insanları duyarlı hale getirmeye ve farkındalık yaratmaya daha fazla dikkat edilmesini gerektirebilir.

1. International Energy Agency, India Energy Outlook 2015 Paris, 2015.
2. Nations, U., Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, 2015.
3. Bose, R. K., Energy efficient cities: assessment tools and benchmarking practices. The World Bank, Washington, 2010.
4. Banister, D., Watson, S. and Wood, C., Sustainable cities: transport, energy, and urban form. *Environ. Plant B*, 1997, **24**, 125–143.
5. Gilbert, G. and Dajani, J. S., Energy, urban form and transportation policy. *Transp. Res.*, 1974, **8**, 267–276.
6. Long, Y., Mao, Q. and Shen, Z., Urban form, transportation energy consumption, and environment impact integrated simulation: a multi-agent model. In *Spatial Planning and Sustainable Development*, Springer, The Netherlands, 2013, pp. 227–247.
7. Kimball, M., Chester, M., Gino, C. and Reyna, J., Assessing the potential for reducing life-cycle environmental impacts through transit-oriented development infill along existing light rail in Phoenix. *J. Plant Educ. Res.*, 2013, **33**, 395–410.
8. Shim, G.-E., Rhee, S.-M., Ahn, K.-H. and Chung, S.-B., The relationship between the characteristics of transportation energy consumption and urban form. *Ann. Reg. Sci.*, 2006, **40**, 351–367.
9. Nichols, B. G. and Kockelman, K. M., Urban form and life-cycle energy consumption: case studies at the city scale. *J. Transp. Land Use*, 2015, **8**, 115–128.

10. Kılıç, Ş., Benchmarking south east European cities with the sustainable development of energy, water and environment systems index. *J. Sustain. Dev. Energy, Water Environ. Syst.*, 2018, **6**, 162–209.
11. IEA Market Report Series, Energy Efficiency 2018: Analysis and outlooks to 2040, Paris, 2018.
12. Arup, W. E. C., Perspective input into the World Energy Council Scenarios: 'Innovating Urban Energy', London, 2016.
13. Frijns, J., Middleton, R., Uijterlinde, C. and Wheale, G., Energy efficiency in the European water industry: learning from best practices. *J. Water Climate Change*, 2012, **3**, 11–17.
14. Crawford, G. and Sandino, J., Energy efficiency in wastewater treatment in North America: a compendium of best practices and case studies of novel approaches, Report, Water Environment Research Foundation, Alexandria, 2010.
15. Nazir, C. P., Coastal power plant: a hybrid solar-hydro renewable energy technology. *Clean Energy*, 2018, **2**, 102–111.
16. Troy, P., Holloway, D., Pullen, S. and Bunker, R., Embodied and operational energy consumption in the city. *Urban Policy Res.*, 2003, **21**, 9–44.
17. Doherty, M. *et al.*, Relationships between form, morphology, density and energy in urban environments. GEA Backgr. Pap., 2009, no. 28.
18. Jollands, N., Kenihan, S. and Wescott, W., Promoting energy efficiency: best practices in cities. Paris International Energy Agency, Canberra, 2008.
19. Khatib, J., *Sustainability of Construction Materials*, Woodhead Publishing, 2016.
20. World Bank, E., Energy Efficient Cities. Energy Sector Management Assistance Program, 2014.
21. Program, E. S. M. A., Assessing and Measuring the Performance of Energy Efficiency Projects, World Bank, Washington, 2017.
22. Jahanshahloo, G. R., Lotfi, F. H. and Izadikhah, M., Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data. *Appl. Math. Comput.*, 2006, **181**, 1544–1551.
23. Audi, R., *Epistemology: A Contemporary Introduction to the Theory of Knowledge*, Routledge, 2010.
24. Myers, G. E., Introspection and self-knowledge. *Am. Philos. Q.*, 1986, **23**, 199–207.
25. Sadegh-Zadeh, K. *et al.*, *Handbook of Analytic Philosophy of Medicine*, 2012.
26. Woods, L., 6 Approaches to Problem Solving- How Does Your Mind Work? *Manag. Am.*, 2017.
27. Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., and Chidzero, B., Our common future, Report, Oxford University Press., Oxford, United Kingdom, 1987.
28. Poggi, F., Firmino, A. and Amado, M., Assessing energy performances: a step toward energy efficiency at the municipal level. *Sustain. Cities Soc.*, 2017, **33**, 57–69.
29. Government of India, V., Electricity generation using pine needles in Uttarakhand. *Energy Best Pract.*, 2016.
30. Sengar, A. *et al.*, Prioritization of barriers to energy generation using pine needles to mitigate climate change: evidence from India. *J. Clean. Prod.*, 2020, **275**, 123840.
31. ESMAP, *Tool for Rapid Assessment of City Energy (TRACE 2.0): A Manual for Experts and City Officials*, The World Bank, Washington, 2018.
32. Berardi, U., Sustainability assessment of urban communities through rating systems. *Environ. Dev. Sustain.*, 2013, **15**, 1573–1591.
33. Yang, X., Zhao, L., Bruse, M. and Meng, Q., An integrated simulation method for building energy performance assessment in urban environments. *Energy Build.*, 2012, **54**, 243–251.
34. Ascione, F., De Masi, R. F., de Rossi, F., Fistola, R., Sasso, M. and Vanoli, G. P., Analysis and diagnosis of the energy performance of buildings and districts: methodology, validation and development of urban energy maps. *Cities*, 2013, **35**, 270–283.
35. World Bank, E., Annual Report 2017 Washington, 2017.
36. World Bank, E., Good practices in city energy efficiency: Akola Municipal Corporation, India - Performance Contracting for Street Lighting Energy Efficiency Washington, 2009.
37. Sarkar, A., Singh, S. K. and Neelima Jain, V. D., India – energy-efficient street lighting: implementation and financing solutions, Washington, 2015.
38. Geddes, P., *Cities in Evolution: an Introduction to the Town Planning Movement and to the Study of Civics*, Williams, London, UK, 1915.
39. Ratings, E., Street and public lighting, 2014.
40. Patrick, X. W. and Zou, R. S., Sustainable Built Environment National Research Center, 2017.
41. Markus Radocha, B. B., ELTIS: The Urban Mobility Observatory.
42. Council, A. C., Sustainability Resolution, 2007.
43. Elkind, E. N., Saving energy: how California can launch a state-wide retrofit program for existing residences and small businesses, 2011.
44. Secretariat, E. C., Third party financing: achieving its potential, 2003.
45. Commission, U. of the B. C. S. C., UBC Wheel, Good Practice Database, 2009.
46. Jägerbrand, A., LED (light-emitting diode) road lighting in practice: an evaluation of compliance with regulations and improvements for further energy savings. *Energies*, 2016, **9**, 357.
47. Manatū Mō Te Taiao, M. for the E., United Nations Framework Convention on Climate Change, 2007.
48. Energy Management Association of New Zealand.
49. Ministry of Housing, Government of India, Smart Cities Mission, 2017.

ACKNOWLEDGEMENTS. We thank Ms Nilanjana Dasgupta Sur (Assistant Professor, Urban Planning Department, School of Planning and Architecture, New Delhi) for guidance during the initial stages of the study, and Ms Ranjini Mukherjee (Disaster Risk Reduction Specialist, United Nations Resident Coordinator's Office), Ms Aparna Soni (Assistant Professor, Department of Urban and Regional Planning, School of Planning and Architecture, Bhopal), Mr Jagdeep Kapoor (Associate Town and Country Planner, UIDSSMT Division) for their valuable inputs. We also thank Ms Nony Gupta (Urban Planner, IPE Global Limited) for the assistance she provided.

Received 18 November 2020; revised accepted 9 April 2021

doi: 10.18520/cs/v121/i3/372-383