



Kentsel Enerji Sistemlerinde Dijitalleşme

Görünüm 2025, 2030 ve 2040

Beril Alpagut, Dr. Xingxing Zhang, Andrea Gabaldon, Dr. Patxi Hernandez tarafından yazıldı

Mayıs 2022

AVRUPA KOMİSYONU

AVRUPA KOMİSYONU

Avrupa Komisyonu tarafından kurulan Avrupa İklim, Altyapı ve Çevre Yürütme

Ajansı

CINEA

İletişim Christof Marx

E-posta ile gönderin: christof.marx@ec.europa.eu

Avrupa Komisyonu B-

1049 Brüksel

Kentsel Enerji Sistemlerinde Dijitalleşme

Görünüm 2025, 2030 ve 2040

YASAL BİLDİRİM

Bu belge Avrupa Komisyonu için hazırlanmıştır. Sadece yazarların görüşlerini yansıtmaktadır ve Komisyon burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanılmasından sorumlu tutulamaz.

İçindekiler

İçindekiler	1
Şekiller Tablosu	2
1. Giriş	3
2. Metodoloji	4
2.1. Kentsel enerji sistemi çerçevesi	6
3. Kentsel Enerji Sistemlerinin Dijitalleştirilmesinde Son Durum	8
3.1. Vatandaşların ve yerel inovasyon ekosistemlerinin rolü	13
3.2. Kentsel enerji sektörünün dijitalleşmesinin sınırları	15
4. Çoğaltılabilir Teknolojiler ve Araçlar	22
4.1. Dijital teknolojiler ve platformlar	24
4.2. Kentsel enerji dönüşümünü yönlendiren iş modelleri	34
4.3. Vatandaş katılımı için dijital araçlar ve teknolojiler	41
4.4. Enerji sektörü üzerindeki etkisi	43
5. Öğrenme Süreçleri & Bilgi Paylaşımı	49
5.1. Gönüllülerle yapılan görüşmeler	50
5.2. Vizyon belirleme atölyeleri	51
6. Dijitalleşme Enerji Görünümü'ne yol açıyor 2025,2030, 2040	55
6.1. Gelecek için boşlukları doldurun	55
6.2. Outlook 2025,2030, 2040	60
7. Özet, Sonuçlar ve Öneriler	67
Referanslar	73
Annex 1	83
Annex 2	86
Annex 3	90



Şekiller Tablosu

Şekil 1 [11] temel alınarak revize edilmiş bir kentsel enerji sistemi konsepti	7
Şekil 2 TSO, DSO ve arasında güç, hizmetler ve operasyonel sinyallerin akışı DER'ler [23]	11
Şekil 3 Dijitalleşmenin ulaşım, binalar ve sanayi üzerindeki potansiyel etkisi [36]	17
Şekil 4 Tedarik zinciri boyunca DUES sınırlamalarının özeti	22
Şekil 5 AB'deki tüm Akıllı Şehirler ve Topluluklar projeleri	23
Şekil 6 UES çerçevesinde incelenen teknolojiler	25
Şekil 7 ısıtma talebi (kWh/m ² yıl) için örnek modelleme sonuçları Helsinki'deki binaların [69]	32
Şekil 8 Dijital ikizdeki temel bileşenlerin şematik tasarımı [71]	33
Şekil 9 Esnek kentsel enerji piyasası ekosistemi ([83] temel alınarak revize edilmiştir)	38
Şekil 10 Dijital araçların etki potansiyelinin özeti	44
Şekil 11 10 SCIS gösterge çerçevesinin geliştirilmesi [106]	45
Şekil 12 'e göre yenilenebilir enerji sistemlerinin itici güçleri (a) ve engelleri (b)Tablo 5	59
Şekil 13 Senaryo özeti	60



1. Giriş

Birleşmiş Milletler'e (BM) göre, şu anda **nüfusun %55'i şehirlerde yaşamaktadır** ve bu sayının 2050 yılına kadar yüzde 15 puan **artması beklenmektedir** [1]. **Şehirler halen küresel CO₂ emisyonlarının %70'inden ve küresel enerji kullanımının %60-80'inden sorumludur** [2]. Bu nedenle, şehirlerin iklim nötrlüğü hedeflerine ulaşmak için daha güçlü taahhütlere ve isteklere ihtiyacı vardır. **Dijitalleşme bir fırsattır**, çünkü üretilen verilerin yalnızca %10'u analiz edilmekte ve uygulanmaktadır. Dijitalleşme, bir işletmenin veya endüstrinin süreçlerini iyileştirmek için dijital teknolojileri kullanarak dönüşümü olarak tanımlanmaktadır [3]. Dijital araçlar verilerin entegre edilmesine ve analiz edilmesine yardımcı olabilir, **daha etkili ve sürdürülebilir politika oluşturma ve kentsel planlamayı destekleyebilir, bilgi ve içgörü sağlayabilir ve vatandaşlar için fayda yaratabilir**. Özellikle kentsel yoğun alanlar için dijitalleşme, **kaynak talebini azaltmaya ve değişikliklere yanıt verme esnekliğini artırmaya** yardımcı olabilir [4].

'Digital Europe - How to spend it: a digital investment plan for Europe' raporunda belirtildiği üzere, **dijital teknolojiler** özellikle enerji, ulaşım, inşaat, tarım ve imalat gibi sektörlerde **2030 yılına kadar küresel CO₂ emisyonlarını %20 oranında azaltma potansiyeline sahiptir** [5].

Dijitalleşme, sokaklarda güvenlik (örneğin kameralar veya akıllı gözetim sistemleri), sağlık ve refah (teletıp, gerçek zamanlı hava kalitesi izleme vb. ile), ekonomik kalkınma ve barınma (örneğin **eşler** arası konaklama platformları) gibi **birçok alanda şehirlerin yaşanabilirliğini artırabilir**. eşler arası konaklama platformları), katılım ve topluluk (örn. yerel bağlantı platformları) ve mobilite (örn. akıllı trafik sinyalleri), su (örn. sızıntı tespiti), atık (örn. atık toplama rotalarının optimizasyonu) ve enerji (örn. akıllı binalar, akıllı sokak aydınlatması, vb.) yönetimi ve işletimi [6]. McKinsey'in danışmanı **bir şehirde üç akıllı katman** olduğunu düşünmektedir. Bunlardan ilki **teknolojiler**; ikincisi **davranış değişikliği** (fiziksel ve sosyal); sonuncusu ise akıllı uygulamalara ve veri analiz yeteneklerine (verilerin uyarılara, hizmetlere ve araçlara dönüştürülmesi) yerleştirilmesi gereken **zekadır** [7].

Dolayısıyla, **bu** raporun araştırma sorusu, Paris Anlaşması'nın uygulanmasına katkıda bulunmak ve 2030 yılına kadar 100 iklim nötr kente ulaşma hedefine ulaşmak için **etkili iklim eylemine** yönelik olarak **kentlerdeki bu dijital dönüşümden nasıl yararlanabileceğimiz** şeklinde oluşturulmuştur.

Bu raporun **2. bölümünde**, kentsel enerji sistemleri çerçevesinin literatür taraması için geliştirilen **metodoloji** sunulmaktadır. **Bölüm 3**, kentsel enerji sistemlerinin dijitalleştirilmesinde vatandaşların rolünü ve kentsel enerji sistemlerinin dijitalleştirilmesinin sınırlarını detaylandırarak kentsel enerji sistemlerinin dijitalleştirilmesindeki **son durumu** ele almaktadır.



kentsel enerji sektörü. **Bölüm 4**'te, kentsel enerji dönüşümünü, vatandaş katılımını ve enerji sektörleri üzerindeki etkiyi yönlendiren ilgili iş modelleriyle birlikte **tekrarlanabilir dijital teknolojiler ve araçlar incelenmektedir**. **Bölüm 5**, kentsel enerji sistemlerinde dijitalleşme **uzmanları arasında öğrenme süreçleri ve bilgi paylaşımı yürüten**, tüm bölümler **arasında** yatay bir kesişme yönüdür. Son olarak, **6. bölüm 2025, 2030 ve 2040 yılları için bir görünüm sunmakta**, engelleri ve boşlukları tanımlamakta ve **kentsel enerji sistemlerinin dijitalleşmesi için** makul senaryolar belirlemektedir.

2. Metodoloji

Bölüm 3 ve Bölüm 4'te çoğunlukla akademik literatüre, araştırma raporlarına, mevzuata ve dijital kentsel enerji sistemine yönelik temel veri tabanlarına dayanan kapsamlı bir eleştirel inceleme sunulmuştur. Tekrarlanabilir teknolojiler, araçlar ve süreçlerin incelenmesi, **özellikle Horizon Europe Akıllı Şehir Feneri (SCC) projeleri, yenilenebilir enerji toplulukları (REC) projeleri, IEA Ekleri ve küresel ağlar ve kataloglardan vaka çalışmaları gibi kaynaklar** kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Temel literatür, tematik kategorilere ayrılmıştır. İlgili bilgiler literatürden çıkarılmış ve tablo ve şekillerle özetlenmiştir.

Bölüm 3'teki inceleme, şehirlerde ve kentsel enerji sistemlerinde dijitalleşmenin son durumunu ortaya koymaktadır. İnceleme ilk olarak, kavramın ve çalışmanın sınırlarının ortak bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için **'kentsel enerji sistemi' (UES)** kavramını araştırmaktadır. Enerji üretiminden nihai kullanıma kadar olan tedarik zinciri göz önünde bulundurularak, bu sınırlar içinde tanımlanan farklı sektörler için tanımlanan UES kavramı etrafında dijitalleşmenin son durumu derlenmiştir. Daha sonra, teknik ve teknik olmayan sınırlar da dahil olmak üzere UES üzerindeki dijitalleşmenin sınırlamaları incelenmiştir. İnceleme, rapor ve yayınların gözden geçirilmesi yoluyla hem küresel hem de AB düzeyinde tedarikten son kullanıcılara kadar her bir adımın ilgili sınırlamalarını incelemektedir.

Bölüm 3, 'UES'nin dijitalleştirilmesinde gelinen son nokta' ve 'kentsel enerji sektörünün ne ölçüde dijitalleştirildiği' sorularının bir kısmına cevap vermektedir. Ayrıca bu bölümde, kentsel enerji sistemlerinin (DUES) dijitalleştirilmesine yönelik olarak vatandaşların ve daha ileri yerel inovasyon ekosistemlerinin rolü de araştırılmaktadır: Dijital geçişin merkezinde yer alan ve daha güçlü bir sese sahip olmak için topluluklar oluşturan vatandaşlar; ve diğer tüm paydaşlar da geçişi sürdürmek için yenilikçi iş modelleri oluşturmak üzere yerel inovasyon ekosistemleri inşa etmektedir. Buna paralel olarak, bu bölümde *"Vatandaşların / son kullanıcıların enerji dönüşümü sürecine dahil olmalarını sağlayan (dijital) araç ve teknolojilerin kullanımında son durum nedir?"* sorusuna yanıt aranmaktadır.



Bu belgenin 4. Bölümü, "*Küresel pazarda ne tür dijital teknolojiler ve araçlar mevcuttur ve bunlar hangi coğrafi alanlar için uygundur?*" sorusunu yanıtlamak için küresel pazarda mevcut olan dijital teknolojileri ve araçları ele almaktadır. Bunu analiz etmek için **teknik** (sensörler, otomasyon, 3D baskı, robotik, vb.) **ve teknik olmayan** (iş modelleri, ortak yaratım ve dijital araçlar yoluyla vatandaş katılımı) **süreçler ve araçlar** incelenmiştir. Ayrıca, **vaka çalışmaları uygulandıkları sektöre** (kentsel enerji sistemlerine faydaları değerlendirilerek) **ve konuma** (coğrafi bölgeler) **göre analiz** edilmektedir. Dijital araçlar, teknolojiler ve süreçler için bir kıyaslama oluşturulmuştur.

Bölüm 4.1'de rapor ilk olarak yapay zeka (AI), blok zinciri, makine öğrenimi, gelişmiş veri analitiği, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri, bulut bilişim, sensörler, otomasyon, 3D baskı, robotik, veri platformları gibi teknik dijital teknolojilere, araçlara ve süreçlere odaklanmaktadır. **Bu teknolojiler farklı sektörlerde uygulanabilir ve süreçlerin** (enerji verimliliği, lojistik vb. açısından) **iyileştirilmesine olanak tanıyarak nihayetinde enerji ihtiyaçlarını azaltabilir ve** kentsel enerji sistemlerini **karbonsuzlaştırabilir**.

Bölüm 4.2, dijitalleşme yoluyla kolaylaştırılabilecek kentsel enerji dönüşümünü yönlendiren **iş modelleri üzerinde devam etmektedir**. Vatandaşlar piyasa platformlarına bağlanabilir, idari süreçlerin kolaylaştırılmasına katkıda bulunabilir veya eşler arası enerji ticaretini (örneğin blok zinciri yoluyla) mümkün kılabilir. İş modellerini dijitalleştiren vaka çalışmaları, engeller, kolaylaştırıcılar ve boşluklar belirlenerek gözden geçirilmiştir.

Bölüm 4.3, kullanıcılardan geri bildirim almak, davranışlarını anlamak ve onları karar alma süreçlerine dahil etmek için dijitalleşme yoluyla kolaylaştırılan **pratik vatandaş katılımı örneklerini** incelemektedir. Örnek olay incelemelerinde kullanılan veri platformları, dijital katılım platformları ve cep telefonu uygulamaları incelenerek en iyi uygulamalar, engeller, kolaylaştırıcılar ve boşluklar tespit edilmiştir.

Ayrıca, UES'nin dijitalleşmesi çatısı altında farklı sorulara yönelik çözümleri belirlemek ve uygulanan çeşitli projelerden alınan dersleri bir araya getirmek için **çevrimiçi dijital forumlar (ResearchGate aracılığıyla), çalıştaylar ve görüşmeler** gibi diğer yaklaşımlar da kullanılmıştır.

Son olarak, Bölüm 4.4.'te kentsel enerji sistemlerinin farklı sektörlerinin dijitalleşmesinin enerji verimliliği, çevresel, ekonomik ve sosyal yönler üzerindeki etkilerinin analizi, temel referanslardan ve seçilen projelerden elde edilen bilgiler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



2.1. Kentsel enerji sistemi çerçevesi

İnceleme, Kentsel Enerji Sistemi (UES) olarak anladığımız şey açısından düzenlenmiştir. İlk olarak, enerji sistemi kavramı gözden geçirilmiştir. Örneğin, [Cambridge sözlüğüne](#) göre **enerji sistemi**, *enerji üretmek için birlikte kullanılan bir grup şeydir*. Bu tanım esas olarak **enerji zincirinin arz tarafını** içermektedir. Bunun yerine, bir **kentsel enerji sistemi**, *şehirlerdeki ve kentsel alanlardaki enerji talebini karşılamak için tasarlananlar olarak anlaşılabilir* [8]. Bu tanım, **tedarik ve dağıtım ağının yanı sıra entegre altyapıları** (örneğin depolama) da **içeren** biraz daha geniştir. Rutter, **kentsel enerji sistemlerini**, *kentsel bir nüfusun enerji hizmeti taleplerini karşılamak için "enerji elde etme ve kullanma süreçlerinin birleşiminin" bir temsili* olarak görmektedir [9]. Son olarak, [Grubler ve arkadaşlarına](#) göre kentsel enerji sistemi *"ilgili enerji kullanımı ve dönüşümünün uzayda nerede bulunduğu bakılmaksızın, işlevsel bir kentsel sistemle ilişkili enerji hizmetlerinin kullanımı ve sağlanmasıyla ilgili tüm bileşenleri içerir. Tam kentsel enerji sistemi hem gerçek enerji akışlarını (yakıtlar, 'doğrudan' enerji akışları) hem de 'somutlaştırılmış' enerjiyi (malların üretiminde ve kentsel bir sisteme ithal edilen ve aynı zamanda bu sistemden ihraç edilen hizmetlerin sağlanmasında kullanılan enerji) içerir. Yürüttükleri faaliyet türlerini ve kentsel yapıların sağladığı altyapısal ve işlevsel çerçeve koşullarını (hizmet işlevleri) içerir"*. İlk iki tanım oldukça sınırlıdır çünkü yeni bir "entegre kentsel enerji sistemleri" için gerçekten gerekli olan nihai enerji kullanımı iyi bir şekilde ele alınmamıştır [10]. **Bu rapordaki inceleme nihayet kapsamını üçüncü ve dördüncü tanımlar arasında tanımlamaktadır.**

Bununla birlikte, çalışmanın sınırlı zaman çerçevesi nedeniyle, bu araştırma kapsanan sektörleri binalar (sabit enerji ve enerji tedariki) ve mobilite ile sınırlandırmak zorunda kalırken, diğer sektörler veya hizmetler (örneğin, su, atık, mobilite hizmetleri...) dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla, "Kentsel Enerji Sistemlerini" aşağıdaki şekilde anlıyoruz:

ÖLÇEKLENEBİLİR ŞEHİRLER için Kentsel Enerji sistemleri

Bir kentsel enerji sistemi, kentsel bir nüfusun **talepleri için enerji hizmetinin** sağlanması ve kullanılmasıyla ilgili tüm işlevsel süreçleri temsil eder. Enerji sistemi, birincil enerji tedarikinden, dönüştürme, dağıtım, depolama ve farklı sektörlerde (binalar ve mobilite gibi) nihai kullanıma kadar olan süreçleri kapsar. Daha fazla sayıda **bileşen ve aktör** arasındaki etkileşimlerle genel bir sürdürülebilir etkiye yönelik **planlama, uygulama, işletme ve yönetimin** giderek daha fazla **entegrasyonunu** gerektirir.

Prensip olarak, **kentsel enerji sistemleri diğer enerji sistemlerinden temelde farklı değildir, çünkü hem bir dizi enerji ihtiyacını karşılamaları hem de**

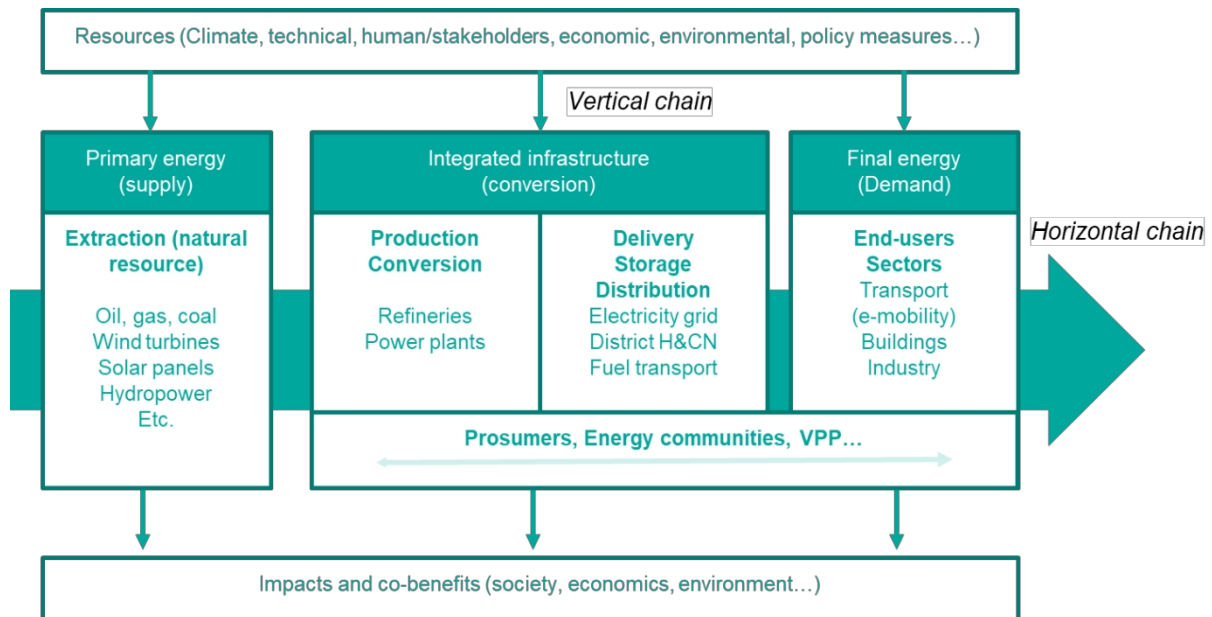


hizmet taleplerini karşılamak ve teknolojik seçenekler ve kaynaklardan oluşan bir portföyü harekete geçirmek.

Bununla birlikte, kentsel enerji sistemleri de kendilerini diğerlerinden ayıran özelliklere sahiptir:

- Enerji kullanımı ve kirliliğe neden olan yüksek yoğunlukta nüfus ve faaliyetler.
- Enerji, bilgi, insan ve kaynak akışlarının alışverişi açısından yüksek derecede açıklık.
- İnovasyon ve geçiş dönemi değişimini başlatmak için harekete geçirilebilecek yüksek yoğunlukta ekonomik ve beşeri sermaye kaynakları.

Kentsel Enerji Sistemlerinin enerji zincirinin farklı aşamalarında (arz, dönüşüm ve talep) **çalışmasını sağlamak için gerekli kaynakları** (iklim, teknik, insan ve paydaşlar, ekonomik, çevresel ve ölçülen politika) **içeren ve topluma, çevreye ve ekonomiye olumlu etkileri (ortak faydalar) ve olumsuz sonuçları olacak** çerçeve Şekil 1'de **haritalandırılmıştır**. Entegre altyapı (enerji dönüşümü) ve nihai enerji tüketimi (talep) arasında, **hem dönüşümün hem de talebin bir parçası olabilen ve enerji varlıklarını yönetebilen** (sanal enerji santralleri gibi araçlarla) **enerji toplulukları ve üreticiler gibi yeni piyasa oyuncuları** bulunmaktadır.



Şekil 1 : [11]'e dayanarak revize edilmiş bir kentsel enerji sistemi konsepti

3. Kentsel Enerji Sistemlerinin Dijitalleştirilmesinde Son Durum

Uzmanlar 2018'den bu yana üç "D "yi, yani karbonsuzlaştırma, ademi merkeziyetçilik ve dijitalleşmeyi değişimin ana itici güçleri olarak değerlendirmektedir [12]. IEA'nın son raporuna göre, **2024 yılına kadar 83 milyar bağlı cihaz ve sensör**, hava kalitesi, enerji tüketimi, coğrafi veriler ve trafik düzenleri gibi konuları kapsayan çok **çeşitli veri kümeleri oluşturacaktır** [4]. Böylece,

"Dijital araçlar, daha etkili ve sürdürülebilir politika oluşturma ve şehir planlamasını destekleyebilecek ve vatandaşlar için fayda yaratabilecek bilgi ve içgörüler sağlamak için bu verilerin birleştirilmesine ve analiz edilmesine yardımcı olabilir." [4]

Bilgi, Kentsel Enerji Sistemini (KES) daha akıllı hale getirebilir ve karar vericilerin daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir. KES, halihazırda çoklu enerji talep eden hizmetlere enerji sağlamak için karmaşık bir enerji altyapısına sahiptir; bu durum nihai enerji kullanımının artan elektrifikasyonunda, başta fotovoltaikler (PV) olmak üzere değişken yenilenebilir enerjinin dağıtılmış üretiminde ve sadece tüketici olarak değil aynı zamanda tedarikçi olarak katılan veya sisteme esneklik katan oyuncuların (vatandaşlar dahil) sayısındaki artışta gözlemlenebilir. Birden fazla enerji taşıyıcısı, altyapısı ve tüketim sektörü arasında bir bütün olarak enerji sisteminin koordineli bir şekilde planlanması ve işletilmesi anlamına gelen "entegre enerji sistemi" tanımı [13] kentsel ölçekte de uygulanabilir ve etkili, uygun maliyetli ve derin bir karbonsuzlaştırmaya giden yolun ancak "entegre kentsel enerji sistemleri" ile sağlanabileceğini söyleyebiliriz.

Dijitalleşme, daha gelişmiş iletişim teknolojilerinin yanı sıra verilerin daha iyi kullanılması yoluyla yenilenebilir enerji üretimi ve depolama gibi bu **yeni dağıtık varlıkların yönetimini ve işletilmesini kolaylaştırabilir**[14]. Dijitalleşme aynı zamanda müşterilerin, kullanıcıların, üreticilerin ve farklı yeni aktörlerin "dijitalleştirilmiş entegre bir kentsel enerji sistemine" katılımını da kolaylaştırmalıdır. Bu anlamda, kentsel enerji sisteminin dijitalleşmesi, dijital geçişin vatandaşların yaşam kalitesini iyileştirmek ve ekonomiyi dönüştürmek için muazzam bir potansiyele sahip olduğu kentsel dijital geçişin diğer birçok yönüyle birleşecektir [15].



Birkaç ülke kentsel enerji sistemlerinin dijitalleştirilmesine büyük yatırımlar yapmaya başlamıştır. Örneğin, **Belçika** ilk olarak 62 projeyi 400 milyon Euro ile desteklemiştir ve ikinci program 400 milyon Euro daha sağlamaktadır. **Finlandiya**'da 2017 yılından bu yana toplam bütçesi 45 milyon Avro olan 26 proje yürütülmüştür. **Fransa**, akıllı şehir sektöründeki start-up'lar için 50 milyon Avroluk "Yarının Şehri" fonu ile mali destek sağlamaktadır. Bir **Alman** finansman programı olan "Geleceğin Şehri" 150 milyon Avro teklif etmiştir. Başlangıç bütçesi 2016 yılında **İtalya**'da 65 milyon dolar açıklanmıştır. İtalya'da akıllı şehirler için bir pilot program

Slovakya, devlet bütçesinden 1 milyon Avro içermektedir. **İngiltere**'de 2017 yılı itibariyle GBP IoT programı için 32 milyon harcanmıştır; Geleceğin Şehirleri Gösterici Programı aracılığıyla Glasgow 24 milyon GBP, Bristol, Londra ve Peterborough ise 3'er milyon GBP ile ödüllendirilmiştir. **ABD**'deki Akıllı Şehirler Girişimi, akıllı şehir çözümlerine 165 milyon **ABD** doları yatırım sözü vermiş ve 2016 yılında 80 milyon **ABD** doları ek yatırımla girişimi genişletmeyi planladığını duyurmuştur. Bu ülkelerin girişimleri ve yatırımlarına ilişkin detaylı bilgiler Ek 1'de yer almaktadır [16].

Dijitalleşmeye yönelik gelecekteki yatırımlara ilişkin tahminler, normalde diğer teknolojilerin benimsenmesi ile bağlantılı olduklarından karmaşıktır. Örnek olarak, bina sektöründe, Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nde (EPBD) [17] önerilen Akıllı Hazırlık Göstergesi'nin (SRI) dijitalleşme yatırımlarını tetiklemesi beklenmektedir. **SRI'nin enerji performans göstergesi ile bağlantılı olarak zorunlu olduğu bir senaryoda, akıllı hazır teknolojilerin ve hizmetlerin yüksek bir alım oranı ile 2030 yılına kadar 58 milyar Avro ve 2050 yılına kadar 181 milyar Avro toplam kümülatif yatırım yapılması beklenmektedir;** o zamana kadar binaların %80'inin en az bir akıllı seviyeye yükseldiği düşünülmektedir [18]. Mobilite sektörü için, elektrikli araçlar için esneklik yönetimini mümkün kılacak **dijital çift yönlü şarj** cihazlarına yapılacak ek yatırımlar, **2030 yılına kadar** yaklaşık 19 milyon aracı kapsayan %35'lik bir benimseme oranı varsayıldığında, 2030 yılına **kadar 55-60 milyar Avro mertebesinde** olacaktır [19]. Bu rapor için yapılan makroekonomik simülasyonlara göre, **2030 yılına kadar, yeni dijital teknolojilerin kümülatif ek GSYİH katkısı AB'de 2,2 trilyon Avro'ya ulaşabilir;** bu da 2017'ye göre %14,1'lik bir artış anlamına gelmektedir [20]. **Avrupa kurumları ve hükümetlerinin** önümüzdeki on yıl içinde BİT yatırımları için **yılda yaklaşık 75 milyar Avro katkıda bulunması gerekebilir.** Buna ek olarak, dijital geçişi yönetmek için işgücünün eğitimi, becerilerinin geliştirilmesi ve yeniden beceri kazandırılması, **yılda toplam 42 milyar Avro yatırım gerektirebilir.**

Judson ve diğerlerine göre, **dijitalleşme değişiklikleri fiziksel ekipman geliştirmek yerine esas olarak yazılım ve veri işleme geliştirmeye odaklanmaktadır** [21]. Aslında dijitalleşme, e-mobilite sistemleri, ısı pompaları, batarya depolama ve dağıtılmış YEK gibi fiziksel enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasından önemli ölçüde etkilenmiştir. Özellikle, UES'deki değişiklikler dijitalleşmeyi aşağıdaki şekilde etkilemiştir[21]:



- **Arz tarafında:** Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) ne kadar çok entegre edilirse, özellikle YEK enerji kullanıcılarına daha yakın kurulursa, bu varlıkların izlenmesi ve yönetilmesi gerekliliği o kadar artar. Bununla birlikte yazarlar, özellikle enerji alışverişi ve esneklikten para kazanılması isteniyorsa, **verilerin daha kısa zaman aralıklarında toplanması ve işlenmesine ihtiyaç** olduğunu belirtmişlerdir. Elektrik sektörü dijitalleşmeden etkilenen tek sektör değildir ve bunun tersi de geçerlidir. Diğerlerinin yanı sıra elektrikli araç akıllı şarj cihazlarının, araçtan şebekeye teknolojilerinin ve bölgesel ısıtma şebekelerindeki prosumerlerin yaygınlaştırılması da elektrik şebekesinin ötesinde enerjinin karbonsuzlaştırılması ve dijitalleştirilmesine yöneliktir.
- **Üretimin dönüşüm tarafında:** depolama, dağıtılmış aralıklı YEK (üreticiler veya enerji toplulukları aracılığıyla), dağıtılmış enerji kaynakları (DER)¹ve esneklik varlıklarının yaygınlaşması, özellikle enerji akışı koordinasyonu üzerindeki dijital inovasyonu etkilemiştir. Esneklik Dağıtım Sistemi Operatörlerine (DSO), İletim Sistemi Operatörlerine (TSO) veya tedarikçi/denge sorumlusu taraflara sunulabilir [22]. Ancak uygulayıcılara göre esnekliğin fiilen kullanıma sunulması, mevcut araçlar ve prosedürler tarafından kolaylaştırılmayan DSO ile iletişim kurma karmaşıklığı nedeniyle kolay değildir. Ayrıca, enerji topluluklarının esneklik piyasalarına katılımı, küçük bir topluluk için çok yüksek olan teklif limitleri (örneğin İspanya'da 1 MW) nedeniyle engellenmektedir.

"[Enerji sisteminin dijitalleşmesi](#)" üzerine düzenlenen son çalıştaylarda

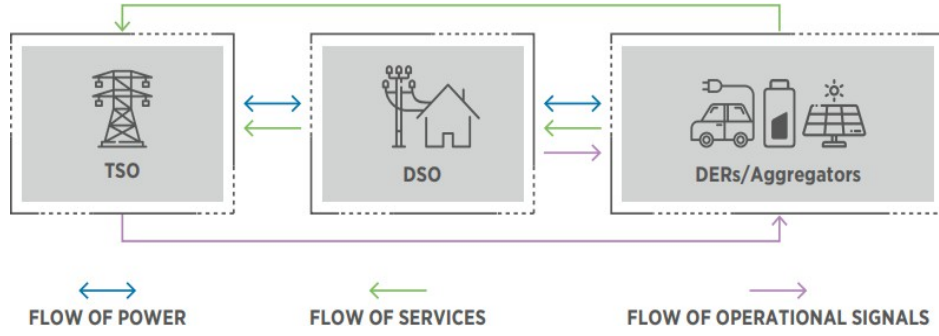
16 Şubat - 3 Mart 2022 tarihleri arasında yapılan bir toplantıda "enerji esnekliği varlıklarının standardizasyon kaydına" ihtiyaç duyulduğu, ancak bunun tüm piyasa oyuncularının katılabileceği kolay bir şekilde yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, enerji zincirinin bu kısımdaki aktörlerin sayısı nedeniyle roller dağılmakta, bu da sorumlulukların ve veri sahipliklerinin net olmamasına neden olmaktadır.

Örneğin, DSO'lar akıllı sayaç verilerine gerçek zamanlı olarak erişebilirken, vatandaşlar ve enerji topluluğu yöneticileri verilere ertesi güne kadar erişememektedir. IRENA'ya göre, DSO'lar DER'ler/toplayıcılar (enerji toplulukları olabilir ancak bunlarla sınırlı değildir) ve TSO'lar arasındaki iletişimi sağlamalıdır. İletişim, platformlar aracılığıyla veya birlikte çalışabilir ortak standartlar (fiziksel ve bilgi ve iletişim teknolojisi düzeyinde) ve Uygulama Programlama Arayüzleri (API'ler) kolaylaştırılarak yapılabilir.

¹DER: Dağıtılmış enerji kaynakları (DER'ler) dağıtım şebekesine doğrudan bağlı küçük veya orta ölçekli kaynaklardır.

Bunlar arasında dağıtılmış üretim, enerji depolama (küçük ölçekli bataryalar) ve elektrikli araçlar (EV'ler), ısı pompaları veya talep yanıtı gibi kontrol edilebilir yükler bulunmaktadır.





Şekil 2 : TSO, DSO ve DER'ler arasında güç, hizmet ve operasyonel sinyallerin akışı [23]

- **Nihai kullanımda:** enerji verimliliği önlemleri, akıllı olsun (örn. akıllı termostatlar) veya olmasın (örn. bina güçlendirme) enerji talebinin azaltılmasına katkıda bulunur. IoT, akıllı sayaçlar, talep tarafı esnekliği vb. kurulumlar şebeke dengelemesini desteklemek için enerji talebi tepe noktalarının azaltılmasına ve kaydırılmasına yardımcı olabilir. Bunu sağlamak için, kullanıcının verilerin nasıl kullanılacağına ve bazı yükleri başka bir zamana kaydırmak isteyip istemediğine karar vermesine izin vermek için vatandaş katılımı gereklidir. Vatandaş katılımı, telefon uygulamaları veya platformlar gibi dijital araçlar aracılığıyla da kolaylaştırılabilir.
- **Sektörler arası:** dijital araçlar, ısıtma ve soğutma sektörü ile elektrik sektörü gibi sektörler arasında sistem entegrasyonuna yardımcı olabilir. Dijital olarak kolaylaştırılmış talep-yanıtına entegre edilen güç-ısı teknolojileri bu bağlantının kurulmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, dijital araçlar hem şebekelerin hem de dağıtılmış RES'in kullanımını ve planlamasını optimize etmek için yeni yollar sunmaktadır.

Dijital araçların UES'de sunduğu temel işleme işlevleri temel **olarak enerji varlıklarının, akışların, tüketimin ve sistem değişkenlerinin** (voltaj veya frekans) **izlenmesi, tahmin edilmesi ve kontrol edilmesidir**. Dijitalleşme **aynı zamanda sistem genelinde** enerji yönetimi ve talep tarafı yanıtı gibi **otomasyon işlevlerine** de olanak sağlar. Kullanılan en önemli dijital araçlar ve teknikler arasında, bunlarla sınırlı olmamak üzere, şunlar yer almaktadır "optimizasyon algoritmaları, 'büyük veri' işleme teknikleri, blok zinciri, esneklik sağlayan yazılım, tahmin, makine öğrenimi, yapay zeka gelişmeleri, bulut bilişim, uç işleme, siber güvenlik iyileştirmeleri ve akıllı sayaç veri akışları". **Araçlar ve teknikler, otomasyonu ve esnekliğin ayrıntı düzeyini kolaylaştırarak**, UES'ye elektrikli araç (EV) şarj cihazları veya ısı pompaları gibi yeni hareketli yüklerin eklenmesine ve gelir yaratma (P2P: peer to peer) ve karar alma fırsatlarıyla **yeni piyasa oyuncularının katılmasına izin vermek için sistemlerin belirli unsurlarını bozmaya ve hatta demokratikleştirmeye olanak** tanır.

Bu süreçler arasında **siber güvenlik ve gizlilik konuları başlıca zorluklardır**. Dijitalleşme, siber saldırılara ve siber güvenlik olaylarına daha fazla maruz kalınması nedeniyle önemli riskler yaratmaktadır.



enerji arzı ve tüketici verilerinin gizliliği. Avrupa Komisyonu tarafından 'AB Siber Güvenlik Stratejisi (JOIN (2013)01 final)'AB, ' ' 'Siber Paketi (JOIN (2017) 450 final)' Ağ ve Bilgi Sistemlerinin (NIS Direktifi) 2016/1148Güvenliği Direktifi Güvenlik ve gibi **kapsamlı bir yasal çerçeve** oluşturulmuştur [24]. Ayrıca, Komisyon Nisan 2019'da sektöre özel bir kılavuz kabul etmiştir ve 'temiz enerji Tüm Avrupalılar için paketi' enerji sektöründeki dijital dönüşümün siber güvenliğini güçlendirmeye yardımcı olacaktır. Gaz arz güvenliğine ilişkin Yönetmelik ((AB) 2017/1938) de siber güvenliği dikkate alan hükümler içermektedir. 'Elektrik Yönetmeliği' Komisyon'un sınır ötesi elektrik akışlarının siber güvenliğine ilişkin ağ kodu bir geliştirmesini gerektirmektedir.

Bu yasal çerçeveye ek olarak, **kentsel enerji sistemlerinin dijitalleşmesi, gerçek zamanlı/hızlı yanıt, basamaklı etkiler ve otomasyon ve kontrol için en yeni ekipmanlarla etkileşime özel dikkat gerektirir.** Örneğin, akıllı şebekelere yönelik başlıca üç tehdit bulunmaktadır: (i) hizmet reddi (DoS) saldırıları olarak da adlandırılan kullanılabilirliği hedef alan saldırılar, Akıllı Şebekedeki iletişimi geciktirmeye, engellemeye veya bozmaya çalışır; (ii) bütünlüğü hedef alan saldırılar, Akıllı Şebekedeki veri alışverişini kasıtlı ve yasadışı olarak değiştirmeyi veya bozmayı amaçlar; ve (iii) gizliliği hedef alan saldırılar, Akıllı Şebekedeki ağ kaynaklarından yetkisiz bilgi edinmeyi amaçlar. **Bu tür güvenlik ve veri gizliliği/anonimliğini ele almak için mevcut yaklaşımlar vardır, örneğin kriptografik işleme işlemleri için özel bir donanım modülü olan Güvenilir Platform Modülü (TPM) standardı.** Genellikle bir yardımcı işlemci olarak konuşlandırılır ve kriptografik rastgele sayı üretimi, güvenli önyükleme, onaylama ve veri mühürleme için kullanılır [25].

Genel olarak, **siber güvenlikteki zorlukları potansiyel olarak azaltabilecek birkaç yenilik vardır [26]:** (1) Yazılım tanımlı ağlar (SDN) ile birleştirilmiş **blok zinciri**, platformu önemli ölçüde sanallaştırabilir, böylece enerji sistemlerinin merkezi olmayan uygulamalarının pratikliğine katkıda bulunabilir (daha sonra basamaklı riski azaltır). (2) **Oyun teorisi**, yeni ticari ticaret modellerinin (örneğin fiyatlandırma, teklif verme vb.), hükümet politikalarının şirketlerin ürünlerinin güvenlik ve gizlilik özelliklerine yatırım yapma kararları üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılabilir (örneğin, güvenlik özellikleri için prim ödemek ve siber saldırılar ve güvenlik ihlalleri için satıcıları parasal olarak cezalandırmak). (3) **Semantik Sensör Ağı (SSN)** ontolojisi, sensörlerden ham (hatta gerçek zamanlı) verileri alır ve enerji sistemindeki tüm bileşenlerin etkileşimini ve sinerjisini artırmak için bunları birlikte çalışabilir semantiklere dönüştürür. ve (4) **davranışsal ve biyometrik tabanlı tekniklere dayalı kimlik doğrulama ve yetkilendirmenin gelişimi**, gerçek zamanlı yanıtı hızlandırabilir.



3.1. Vatandaşların ve yerel inovasyon ekosistemlerinin rolü

Şimdiye kadar, kentsel enerji sistemlerinin enerji verimliliği ve güvenliği için esas olarak arz tarafı yönetimi söz konusuydu. Daha önceki SCC projelerinde son kullanıcı perspektifi geniş bir şekilde ele alınmamıştır. Bununla birlikte, **enerji dönüşümünü sürdürmek için** aşağıdan **yukarıya yaklaşımlar ve talep tarafı** yönetimi (toplam ödenen maliyeti azaltmak için enerji talebinin yönetimiyle ilgili) **desteklenmelidir**. Dijitalleşme sürecinin gelişmiş uygulamaları, enerji sektörü için talep tarafı fırsatları gibi çeşitli fırsatların önünü açabilir. [INTENSYS4EU](#) projesi, enerji sektörü manzarasının değişmekte olduğunu belirtmektedir:

Tarihsel olarak arz tarafı (üretim ve şebekeler) talebi karşılamak üzere uyarlanmıştır. Geleceğin güç sisteminde arz ve talebin rolü, yenilenebilir kaynakların daha yüksek değişkenliğine uyum sağlamak için modüle edilen taleple birlikte değişecektir. Dijital teknolojiler, güç sistemlerinin talep tarafı kaynak kullanılabilirliğini tahmin etmesini ve iklim, güç sistemi esnekliği ve tüketiciler için fayda sağlamak üzere bunlardan yararlanmasını sağlar [27].

Enerji sektörü manzarasındaki bu değişime ve dijitalleşmenin bu yeni konsepte **entegrasyonuna** paralel olarak, **vatandaşların ve vatandaş kuruluşlarının rolü bilim insanları, yerel politika yapıcılar ve özel sektör arasında büyük ilgi görmüştür [28]**. Vatandaş katılımının sağlanması ve kolaylaştırılması yoluyla, **vatandaşın rolü pasif bir tüketiciden, örneğin yeni, yerel, enerji girişimlerinin başlatıcısı olarak, böyle bir girişimin üyesi olarak veya tüketiciden prosumer'a dönüşerek geçişte aktif bir katılımcıya dönüşmektedir**. Bunun bir örneği, Barselona vatandaşlarına şehir tarafından geliştirilen yeni tekliflere ve politikalara katkıda bulunmaları ve desteklerini ifade etmeleri için dijital bir açık kaynaklı katılımcı platform sağlayan **DECIDIM** işbirliği projesidir. Platform, Belediye Eylem Planı kampanyası "73 mahalle, tek Barselona" için oluşturulmuştur. Bir haklar ve fırsatlar şehrine doğru" kampanyası için oluşturuldu. **Katalonya'nın ilk yenilenebilir enerji kooperatifi Som Energia, 2018 genel kuruluna ve kooperatif üyeleri ve ilgili vatandaşlarla çeşitli tartışmalara ev sahipliği yapmak için DECIDIM platformunu kullandı [4]**.

Bu konuya, vatandaşların sisteme aktif olarak dahil edilmesi gibi daha geniş bir perspektiften bakıldığında, **yerel inovasyon ekosistemleri, insanların yinelemeli inovasyon süreçlerine dahil olmalarını sağlayan ortamlar ve altyapılar oldukları için kentsel enerji sistemlerinin dijitalleştirilmesinde de kilit bir rol oynamaktadır**. Bu ekosistemler, yerel sorunlara çözüm üretmek ve çözümü son kullanıcıya ulaştırarak farkındalığı ve kabulü artırmak için test yataklarıdır. İnkübatörler veya hızlandırıcılar en çok



ve çeşitli sektörlerdeki şehirlerde inovasyonu desteklemeye yardımcı olmak için start-up'lara ve işletmelere işbirliği ve finansman programları sunmaktadır. Valensiya Lanzadera'da inovasyon ekosistemi, dijitalleşme sektöründe birçok start-up'ın faaliyete geçmesine yardımcı olmuş, ortak çalışma alanı ve finansman sunmuştur. Binalarda enerji verimliliği tahmini gibi dijital araçları hizmet olarak sunan "[The predictive company](#)" start-up adlıbuna bir örnektir [29]. AB Misyonu ve [NetZeroCities](#) projesi tarafından sunulan yeni tek durak noktası, tüm sektörlerdeki (enerji, hareketlilik, binalar, döngüsel ekonomi, vb.) şehirlerin kuluçka merkezlerini ve hızlandırıcılarını haritalandıracak ve bu da şehirlerin katılım olanaklarını bilmelerine ve iklim nötrlüğüne yönelik özel programlar oluşturmalarına yardımcı olacaktır.

Şehirler, vatandaşlar ve paydaşlar [+CityxChange](#) kapsamında yerel yenilenebilir enerji kaynaklarını artırıp entegre ederek yerel enerji dönüşümünün bir parçası olmaktadır. Vatandaşlar, Pozitif Enerji Blokları ve Bölgelerinin birlikte oluşturulması ve çoğaltılmasında ortak inovatörler - kaşifler, fikir sahipleri, tasarımcılar ve yayıcılar - olarak yeni roller kazanmaktadır [28]. İnovasyon laboratuvarları şeklindeki vatandaş gözlemevleri ve yerel inovasyon ekosistemlerinin inovasyon oyun alanları aracılığıyla etkinleştirilmesi bu projedeki en iyi uygulamalar olarak sayılabilir.

Ayrıca, [ATELIER](#) için birlikte yaratma, vatandaşların enerji toplulukları ve davranış değişikliği ana stratejilerdir. Proje, inovasyon projesi sırasında paydaşlar arasında ortaya çıkan sorunları ele alan çok paydaşlı bir platform olarak hizmet veren ve aynı zamanda enerji toplulukları gibi belirli PED inovasyonlarının ölçeklendirilmesini sağlayan İnovasyon Atölyeleri kurmuştur [30].

Enerji toplulukları tarafından komşuları bulmayı sağlayan araçlar geliştirilmektedir. Örneğin, [JoinEnergy aracı](#), bir vatandaşın mahallesinde veya evinde bir enerji topluluğu oluşturulmasını önceden değerlendirmesine ve bunu komşularıyla paylaşmasına olanak tanır. Ayrıca, tek durak noktası platformları, vatandaşın veya yöneticinin diğer işlevlerin yanı sıra belgeleri yönetmesine ve idare etmesine, oylama anketleri oluşturmalarına (topluluk üyeleriyle paylaşılacak üzere) olanak tanır [31].

Enerji toplulukları, vatandaşların katılımının artmasına ve yenilenebilir enerji projelerinin kabul görmesine katkıda bulunur. Ayrıca sosyal inovasyon için verimli bir zemin olarak kabul edilmektedirler [32]. Oyunlaştırma stratejileri, proje kararlarının çoğunun topluluk tarafından alındığı, birlikte oluşturulan vatandaş bilimi projelerinde teşvik edilmektedir. Bu tür projelerde oyunlaştırma, sorunun tanımlanması, çalışmanın tasarlanması, örneklerin toplanması, örneklerin analiz edilmesi ve yorumlanması konularında vatandaşın katılımını sağlamak için kullanılmaktadır [33]. Bunu yapmak için, vatandaşlar veya topluluklar veri toplayıcıları, sağlayıcıları ve analizcileri olarak projelerin tasarlanması ve geliştirilmesi için karar verme süreçlerinde rol alırlar.



SCC'de oyunlaştırma:

Finlandiya VTT Teknik Araştırma Merkezi, enerji uzmanlarının ve yatırımcıların ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirilen [CITYOPT Planlama Aracını](#) tasarlamış ve büyük ölçekli kentsel ve bölgesel sistemlerin enerji planlamasının optimize edilmesini sağlamıştır. Araç, maliyet ve işlevsel değerlendirmelerle birlikte alternatif planlar sunmakta, ayrıca kısmi optimizasyon yerine bütünsel çözümler sağlamaktadır. Uzun vadede, kentsel planlamanın faydaları vergi mükelleflerine de aktarılmaktadır [34]. Bu araç Helsinki ve Viyana'da pilot olarak uygulanmıştır. Viyana vaka çalışması, atık ısı ve toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerini en uygun şekilde kullanarak mevcut üç binanın enerji sistemlerini birleştirme olasılıklarını incelemek için Planlama aracını kullanmaktadır. Helsinki örneği, Çevre Binası elektrik depolarının kullanım durumlarının küçük ölçekli test ve simülasyonlarını içermektedir. Vaka konumlarındaki optimum planlama, enerji maliyetlerinde yaklaşık %15 ve CO2 emisyonlarında %30 azalma sağlamıştır. Planlama aracı ayrıca planlama için gereken süreyi de önemli ölçüde azaltmıştır.

3.2. Kentsel enerji sektörünün dijitalleşmesinin sınırları

Bu bölümde, UES çerçevesinde dijitalleşmenin zorlukları ve sınırları ele alınmaktadır (bkz. Şekil 1).

3.2.1. Kaynaklar

- **İklim verileri: Politika tasarımı ve uygulaması henüz geliştirilmemiştir.** İklim verileri ve sonuçları karar vericiler tarafından **her zaman anlaşılammamaktadır** ve bu miktarda bilginin işlenmesi, gerektirdiği beceriler nedeniyle başlı başına bir zorluktur. Doğru ve gelişmiş iklim modellemesinin finanse edilmesi de, özellikle küçük topluluklarda, zor olabilir. Buna ek olarak, **gizlilik, güvenlik ve şeffaflık kaygıları** sıklıkla gündeme gelmekte ve dijitalleşmenin gelişiminde büyük bir engel teşkil etmektedir [35].
- **Teknik hususlar: Verilerin birlikte çalışabilirliğinde** güçlü bir teknik sınırlama vardır. Tele-iletişim tekniği de **gerçek zamanlı veri** iletimini ve enerji sistemlerinin **optimize edilmiş kontrol ve yönetimini kısıtlamaktadır**. **ICT kapsamı**, dijital araçların ne kadar etkili olabileceğinin bir sınırıdır.
- **İnsani yönler:** Eğitim **veya teknolojik beceriler** de bu araçların kullanımının önünde bir engeldir. **Dijitalleşme değer zinciri için ilgili vasıflı işgücünün** eğitiminin **geliştirilmesine** güçlü bir ihtiyaç **vardır** [4].



- **Ekonomik yönler:** Birçok belediye, **kentsel enerji sistemlerinin büyük ölçekli dijitalleştirilmesine tam olarak yatırım yapamamaktadır**. Mevcut net enerji veya iklim finansmanı desteğine nasıl erişileceği konusunda **net bir rehberlik yoktur**.
- **Çevresel boyutlar:** Sensör ağlarının büyük uygulamaları, hammaddelerin çıkarılması, üretim süreçleri, enerji talebi ve 'e-atık' dahil olmak üzere **yaşam döngüsü açısından çevre üzerinde büyük bir etkiye sahiptir [21]**. Karbon ayak izlerini azaltmak için **sensör ağlarını yeniden kullanmaya yönelik özel bilgilerden yoksundur**.

3.2.2. Birincil enerji taşıyıcıları (tedarik)

Birincil enerji arzında aşağıdaki sınırlamalar tespit edilmiştir:

- **Geleneksel yakıtlar:** Mevcut ve **eski altyapılar** (özellikle petrol, kömür ve gaz için) **dijitalleşme ile uyumlu değildir**. Yüksek karbonlu kaynaklara yatırım yapmak mantıklı olmayabilir [36].
- **Yenilenebilir enerji kaynakları:** Yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili özelliği, kentsel enerji sisteminin kısa süreli değişimlere uyum sağlayabilmesi için yüksek çözünürlüklü veri aktarımı ve ilgili yorumlamayı gerektirmektedir. Mevcut **sınırlamalar** çoğunlukla **enerji verilerinin** yorumlanmasında **ve** kentsel enerji sistemine **karşılık gelen kontrol** tepkisinde yatmaktadır. Buna ek olarak, bölgesel veya yerel şehir ve topluluk seviyelerinde enerji ticareti için **düzenleyici destek ve pratik iş** modellerinden **yoksundur**.

3.2.3. Entegre altyapı (dönüşüm)

Entegre altyapıda aşağıdaki sınırlamalar tespit edilmiştir:

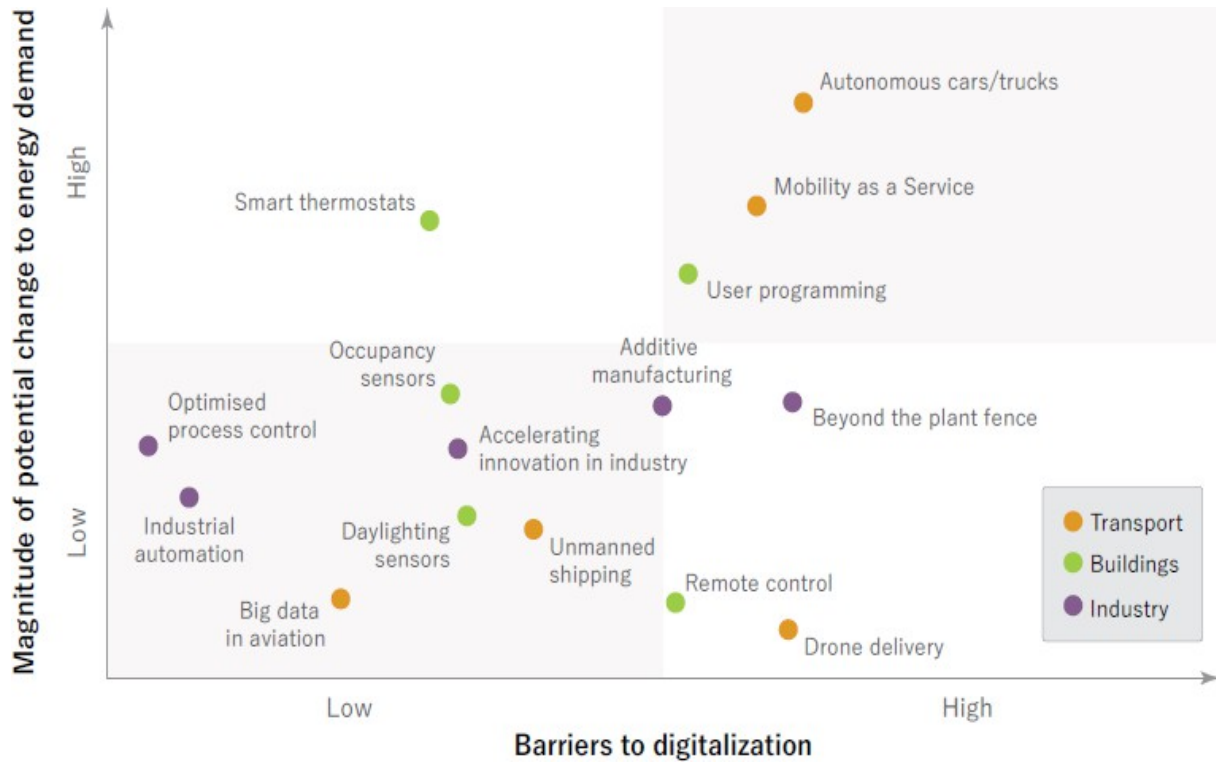
- **Üretim dönüşümü:** Ticari **gizlilik**, veri elde etmeyi karmaşık hale getirmekte ve güç sistemlerinin planlanmasında gelişme potansiyelini azaltmaktadır. Büyük projelerin sermaye yoğun olması ve geliştirilmesinin yıllar alması, **teknolojilerin hızla gelişmesi** nedeniyle sistemin güncel olmamasına neden olmaktadır. **Siber güvenlik**, sistemler özellikle enerji santralleri, şebeke/ağ varlıkları ve depolama tesislerinde dijitalleştirilmiş izleme ve kontrolleri içerdiğinde enerji güvenliği için bir risktir ve siber dayanıklılıkta sürekli iyileştirmeler sağlamak için esas olarak politika yapıcılara bağlıdır [37].
- **Teslimat, depolama ve dağıtım:** Depolama ve dağıtım sistemlerinin verimliliği, dijitalleşmeden gelen gerçek zamanlı izleme ve kontrole dayanır. Dağıtılmış enerji depolama ve dağıtımını desteklemek için sınırlı **politika** mevcuttur. Dağıtık enerji sistemlerinin mülkiyeti **net bir şekilde tanımlanmamıştır, bu da iş modellerini ve yatırımları daha da etkilemektedir**.



- **Tüketiciler, enerji toplulukları:** Çoğu tüketici ve enerji topluluğunda **dijitalleşme altyapısı eksik ya da bağlantısızdır**. Bu nedenle, enerji üretimini daha iyi düzenlemek ve optimize etmek ve genel olarak dengeli ve verimli bir enerji akışı oluşturmak için hem merkezi tesislerle birlikte tüm profesyonel tüketicileri otonom olarak bağlamak bir zorluktur.

3.2.4. Nihai Enerji (talep)

Dijital teknolojiler ve uygulamalar, benimsenme ve kullanım konusunda çeşitli engellerle karşılaşmaktadır ve bunların enerji kullanımı üzerindeki etkileri talep sektörleri arasında farklılık göstermektedir. Şekil 3'te yer alan dijitalleşme eğilimlerinin/stratejilerinin kapsamlı olması amaçlanmamıştır. "Enerji talebindeki potansiyel değişimin büyüklüğü", dijitalleşmenin enerji talebi üzerindeki mutlak anlamda olumlu veya olumsuz olabilecek potansiyel etkisini göstermektedir. "Dijitalleşmenin önündeki engeller" teknolojik, düzenleyici ve kamu algısı bileşenlerini içermektedir. Çeyrekler sadece açıklayıcıdır ve göreceli büyüklük hissi vermeyi amaçlamaktadır.



Şekil 3 : Dijitalleşmenin ulaşım, binalar ve sanayi üzerindeki potansiyel etkisi [36]

- **Ulaşım:** Çoğunlukla bağlantılı ve otomatik araçlarla ilgili teknik, düzenleyici, ahlaki ve etik hususlar gibi birçok **sınırlama** mevcuttur. **Araç ve yazılım sertifikasyonu, sorumluluk, siber güvenlik, veri gizliliği ve istihdamla** ilgili soruların ele alınması gerekecektir [38]. Eski düzenlemeler rekabeti teşvik etmemekte ve denemeleri kolaylaştırmamaktadır.



Farklı **veri protokolleri** sınırlar arasında seyahati zorlaştırmaktadır. Yüksek lojistiğindeki gelişmeler, tedarik zinciri boyunca **bilgi paylaşımının olmaması** nedeniyle sınırlıdır. Yenilikçi mobilite hizmetlerini destekleyebilecek ve çok modluluğu teşvik edebilecek **iyi muhafaza edilmiş ve erişilebilir veri tabanlarının yokluğu söz** konusudur. Hükümet politikaları ve düzenlemeleri, ulaştırmada dijital teknolojilerin yaygınlaştırılmasının yanı sıra gelişmeleri daha düşük enerji ve emisyon yollarına doğru yönlendirmede yeterince güçlü değildir [36].

- **Binalar:** Dijitalleşmenin etkisini zayıflatan gizlilik, teknik ve ekonomik hususlarla ilgili büyük endişeler vardır. Teknolojiler arasında **birlikte çalışabilirliği sağlamak için standartlara** (cihazlarda açık kaynak veya uyumlu yazılım) ve kullanıcı **dostu olma ve ürünün çalışabilirliğine** (tasarım, arayüz ve ergonomi) ihtiyaç vardır. Bu faktörler akıllı bina enerji yönetimi araç ve cihazlarının yaygınlaşmasını engellemektedir. Binalarda optimize edilmiş enerji kullanımından kaynaklanan potansiyel şebeke maliyeti tasarrufları göz önüne alındığında, kamu hizmetlerinin bina sahiplerini ve sakinlerini dijital teknolojileri benimsemeye teşvik etmek için finansal teşvikler sunması ve yenilikçi tarife planları sunması için sınırlı durumlar bulunmuştur. Enerji hizmetleri için **sınırlı iş modelleri** tasarlanırken, çoğunlukla enerji miktarının ölçülmesi hedeflenmektedir. Yeni ürünlerin geniş çapta yaygınlaştırılması için enerji verimli teknolojilerin toplu alımı ve beyaz sertifikalar gibi **destekleyici politika çerçevelerine ihtiyaç** duyulmaktadır [36].
- **Endüstri:** Doğru bilgi eksikliği, teknik uzmanlıktaki eksiklikler ve kültürel engeller, daha fazla dijitalleşme potansiyelini sınırlayabilir. Şimdiye kadar, teknoloji ve hizmet sağlayıcıları dijitalleşme bilgisinin ana kaynağı olmuştur. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin dijital teknoloji için **kaynakları** genellikle **sınırlıdır**. Sanayi firmalarının elektrik şebekelerine ve bölgesel ısıtma ağlarına bağlanmak ve yenilikçi iş modellerinden yararlanmak üzere talep yanıtına katılmaları için **net politikalar** ve **düzenleyici kurumlar bulunmamaktadır**. Firmalar, tedarik zincirleri ve endüstriyel sektörler içinde **bağlantı, veri gizliliği ve siber güvenliğin** iyileştirilmesi gerekmektedir [36].

3.2.5. Kentsel enerji sistemlerinin farklı aşamaları için sınırlamaların yinelenmesi

- **Kavrama ve planlama:** Kentsel enerji sistemleri için planlama araçları sınırlıdır. Örneğin, kentsel planlama için birçok **araç** vardır, ancak çok **sınırlı sayıda kentsel enerji sistemi planlaması için** bulunmaktadır².

²Bu ifade, literatür taraması sırasında uzmanların kendi bulgusudur.



Kent içinde ve kentler arasında farklı departmanlarda ve seviyelerde kalkınmanın daha iyi yönetilmesini ve koordinasyonunu sağlayacak ortak bir süreç olmadan **tüm aşamalar için iletişim zordur [39]**. **Etkili bir dijital destek veya rehberlik**, çoğaltılabilecek şekilde **geliştirilmelidir**, böylece şehirler odaklarını dijital çözümlere yönlendirebilirler.

- **Tasarım:** Tasarım aşamasında çeşitli alt enerji sistemleri arasında **sınırlı birlikte çalışabilirlik** bulunmaktadır. Her bir sektör arasında **bilgi akışı eksiktir** ve ölçeklenebilirlik konusunda sorun yaratmaktadır. Dijital cihazların bilinmeyen dış kontrolünün yarattığı güvensizlik, konuşlandırmanın önündeki bir başka engeldir. Tüm nüfus gruplarının güçlendirilmesine yönelik çabaları artırmak için dijital araçlar için yaş dostu bir ortama ihtiyaç **vardır [40]**. Kentsel enerji sistemlerinin detaylı tasarımı için araştırmacılar tarafından oluşturulmuş araçlar vardır ancak bunların çok azı günlük uygulamada kullanılmaktadır.
- **Uygulama/inşaat:** Akıllı şehirlerin inşası, bilginin iyi paylaşılmadığı veya senkronize edilmediği tesislerin karmaşıklığı nedeniyle artan güvenlik zorluklarıyla birlikte gelmektedir. **Teknik cihazların sayısı ve çeşitliliği, güvenli ağların sürdürülmesinde zorluk yaratmaktadır**. Bir şehrin "akıllı" özelliğine tek bir girişimle ulaşılamaz. Bu tür yapıların ölçeği, yavaş ve adım adım bir gelişim gerektirmektedir.
- **İşletme ve yönetim:** **Şehir** (enerji) verileri **için** operasyonel aşamalarda **birçok platform** vardır, **ancak bunlar çoğunlukla** az sayıda yönetim uygulaması ile **veri toplamak ve izlemek için kullanılmaktadır**. Operasyon, **mevcut araç ve protokollerin çeşitliliği ve bu araçları kullanmak için eğitim ve teknik beceri eksikliği** nedeniyle başka zorluklarla karşı **karşıyadır [37]**. Yönetim, temel olarak mahremiyet kaygıları ve verilere ilişkin açık mülkiyet düzenlemelerinin bulunmaması ile sınırlıdır.

3.2.6. Etki değerlendirmesinin sınırlandırılması

Dijitalleşmenin etkisinin değerlendirilmesi için sistematik bir yöntem eksikliği bulunmaktadır. Hem nicel hem de nitel değerlendirme için tanımlanmış mevcut anahtar performans göstergeleri (KPI'lar) vardır, ancak **akıllı şehirlerde kentsel enerji sistemlerinin dijitalleşmesinin etkisinin genel değerlendirmesi konusunda önemli bir gelişme yoktur**. Dijitalleşme genellikle elektrifikasyon gibi diğer fiziksel müdahalelerle birlikte uygulandığından ve dijitalleşmeden kaynaklanan spesifik etkinin ölçülmesi zor olduğundan, **yetersiz veri** potansiyel sınırlamalardan biridir.



3.2.7. Diğer sınırlamalar

E-ticaret, e-materyalizasyon (örneğin e-kitaplar, DVD'lerden video akışına) ve tele-çalışma gibi enerji sektörü dışındaki dijitalleşme de bir dizi verimlilik, ikame ve geri tepme etkisi yoluyla enerji kullanım modellerini değiştirebilir. Birkaç örnek tartışılmıştır [36]. Ancak, bu çalışmanın ana kapsamı bu değildir.

3.2.8. Özet

Aşağıdaki tabloda kısa bir özet yapılmıştır.

Tablo 1 : Hem yatay hem de dikey zincirler için sınırlamaların özeti, [37]'den uyarlanmıştır.

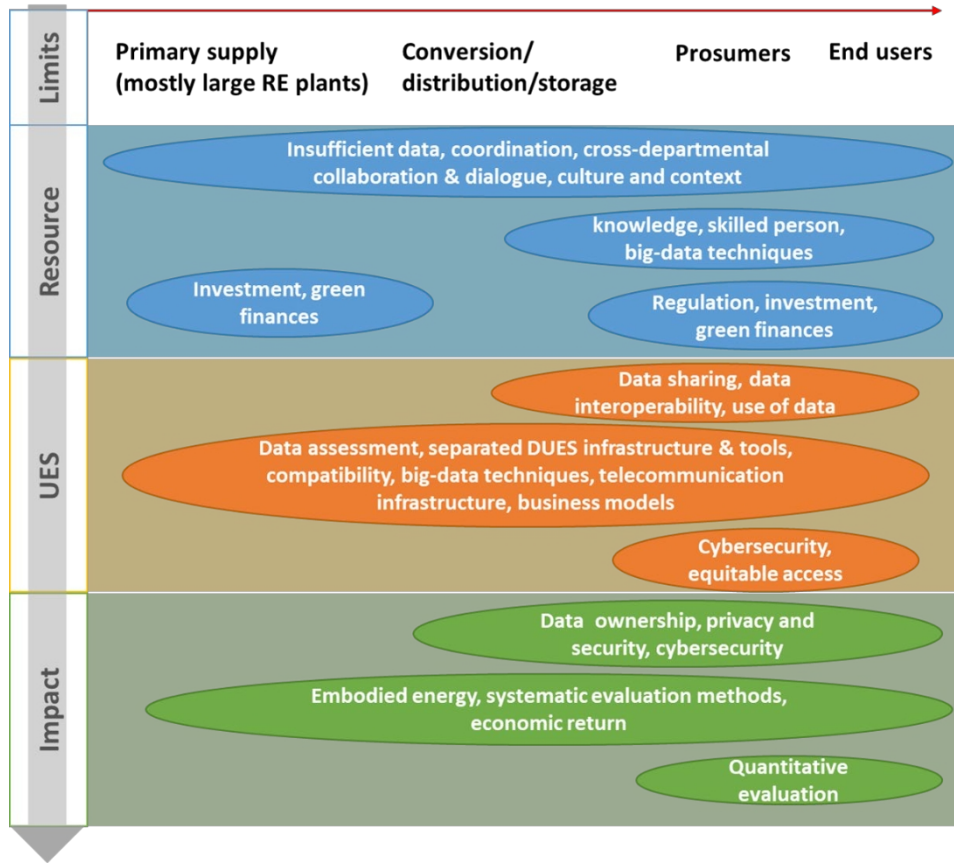
AIDAT SINIRLAMALARI	YATAY ZİNCİR	DİKEY ZİNCİR
Veri zorlukları	→ Birincil enerji (çoğunlukla yenilenebilir enerjiler) → Entegre altyapı → Prosumer, enerji toplulukları → Nihai enerji	> Kaynaklar > Enerji tedarik zinciri > Akıllı şehirlerin farklı aşamaları > Etkiler
Yetersiz koordinasyon ve entegrasyon	→ Birincil enerji (çoğunlukla yenilenebilir enerjiler) → Entegre altyapı → Prosumer, enerji toplulukları → Nihai enerji	> Kaynaklar > Enerji tedarik zinciri > Akıllı şehirlerin farklı aşamaları



Kapasite eksikliği	- Eğitim için bilgi ve ilgili destek eksikliği - Dijitalleşme becerilerine ve kapasitesine sınırlı erişim - Büyük veri tekniklerinin sınırlı kullanımı - Sınırlı telekomünikasyon altyapısı - Tüm zincirlerde sınırlı dijitalleşme aracı - Mevcut UES altyapısı ile sınırlı uyumluluk - Sistematiik değerlendirme yöntemlerinin eksikliği	→ Birincil enerji (çoğunlukla yenilenebilir enerjiler) → Entegre altyapı → Prosumer, enerji toplulukları → Nihai enerji	> Kaynaklar > Enerji tedarik zinciri > Farklı aşamaları akıllı şehirler > Etkiler
Finansmana erişim	- Dijitalleşme altyapısına sınırlı yatırım - Sınırlı ekonomik getiri - Yatırım yapılabilir projelerin geliştirilmesine yönelik iş modellerinin eksikliği - Yeşil finansmana sınırlı erişim	→ Birincil enerji (çoğunlukla yenilenebilir enerjiler) → Entegre altyapı → Prosumer, enerji toplulukları → Nihai enerji	> Kaynaklar > Enerji tedarik zinciri > Akıllı şehirlerin farklı aşamaları
Dijitalleşme riskleri	- Siber Güvenlik - Dijitalleşme altyapısı üzerindeki çevresel etki (somutlaştırılmış enerji genellikle göz ardı edilir) - Eşit erişim veya kapsayıcılık eksikliği	→ Birincil enerji (çoğunlukla yenilenebilir enerjiler) → Entegre altyapı → Prosumer, enerji toplulukları → Nihai enerji	> Kaynaklar > Enerji tedarik zinciri > Akıllı şehirlerin farklı aşamaları > Etkiler



Bilgileri daha da derli toplu hale getirmek amacıyla, aynı bilgiler aşağıdaki diyagramda da görselleştirilmiştir:



Şekil 4 : Tedarik zinciri boyunca DUES'in sınırlamalarının özeti

4. Çoğaltılabilir Teknolojiler ve Araçlar

Bölüm 3'te belirtildiği gibi, analiz edilen veriler daha akıllı UES'ler oluşturabilir ve tüm sistem aşamalarında daha iyi kararlar alınmasına yardımcı olabilir: planlama, tasarım ve işletme. **Dijital araçlar ve teknikler bunun gerçekleşmesi için kolaylaştırıcılardır.** Dijital araçlar ve teknikler, kaynak ve birincil enerjiden (girdi) nihai enerji kullanımına (çıkıtı) kadar UES'nin tedarik zinciri boyunca bulunabilir. Bu bölümde, Akıllı Şehirler ve Topluluklar (SCC) projeleri, hangi çözümlerin kullanıldığını ve bu belgede tanımlanan çerçeveye nerede eşleştiklerini belirlemek için incelenmektedir (bkz. Şekil 1).

Akıllı Şehirler ve Topluluklar Avrupa İnovasyon Ortaklığı (EIP-SCC) Stratejik Uygulama Planına göre, Akıllı şehirler "sürdürülebilir ekonomik kalkınma, dayanıklılık ve yüksek yaşam kalitesini katalize etmek için enerji, malzeme, hizmet ve finansman akışlarıyla etkileşime giren ve bunları kullanan insan sistemleri olarak anlaşılmaktadır; bu akışlar ve etkileşimler akıllı şehirler haline gelmektedir.



Toplumun sosyal ve ekonomik ihtiyaçlarına yanıt veren şeffaf bir kentsel planlama ve yönetim sürecinde bilgi ve iletişim altyapısı ve hizmetlerinin stratejik kullanımı yoluyla" [41]. Daha sonra, SCC projeleri sadece Akıllı Şehirler veya neredeyse sıfır enerji bölgeleri kavramını değil, aynı zamanda enerji akışlarını (ithalat ve ihracat) kontrol etmek (enerjinin ne zaman depolanacağı, ne zaman ihraç edileceği ve ne zaman sınırlar dahilinde kullanılacağı), ihracattan para kazanmak (P2P ticareti veya şebekelere satış yoluyla) veya vatandaşlarla etkileşim kurmak (onlara bilgi göstermek veya onları katılımcı yapmak) için dijital çözümler de içerebilen "Pozitif Enerji Bölgeleri" (PED) kavramını da içermiştir.

Vurgulandığı üzere, dijital araçlar bir şehrin sektörleri ve UES'leri arasında çoklu sinerjileri destekleyebilir. Aşağıdaki inceleme, bu araçların nerelerde uygulandığını ve şimdiye kadar hangi etki ve engellerin bulunduğunu analiz etmeye yardımcı olacaktır.



Şekil 5 : AB'deki tüm Akıllı Şehirler ve Topluluklar projeleri



4.1. Dijital teknolojiler ve platformlar

Akıllı Şehir ve Topluluklar (SCC) projelerinde, literatür taramasında bulunan ana teknolojiler ve araçlar, işlevlerine (örneğin enerji izleme veya işletme ve yönetim), sektörlerine (binalar, ulaşım vb.) ve araç türlerine (sensör, yük dengeleme vb.) göre gruplandırılmıştır. **SCC projelerinde 100'den fazla araç bulunmuştur** ve Şekil 6 araçların ve tekniklerin nerede uygulandığını özetlemektedir.

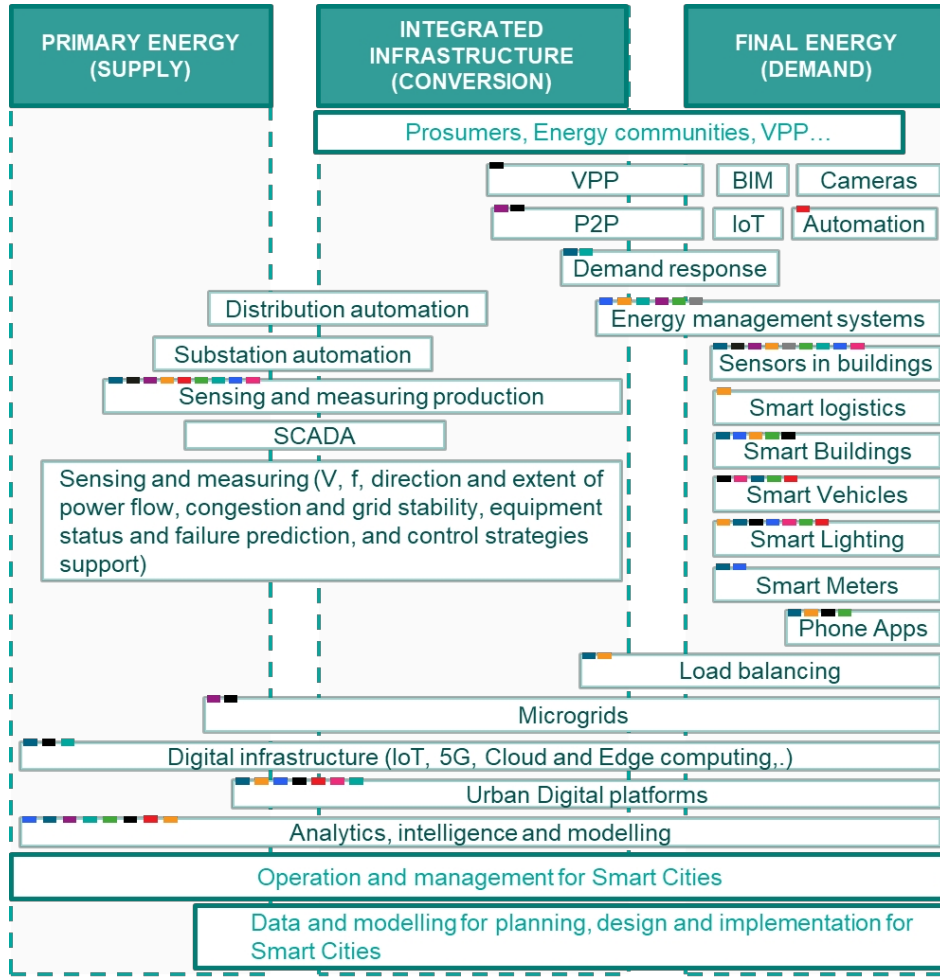
Şekil 6, bu Avrupa projelerindeki çabaların çoğunun akıllı cihazlara (özellikle binalar, araçlar, aydınlatma), kentsel dijital platformlara ve enerji yönetimi (bina veya bölge düzeyinde) ve optimizasyon (örneğin bölgesel ısıtma ağları) tekniklerine odaklandığını göstermektedir. Bazı yük dengeleme ve talebe cevap verme yöntemleri de uygulanmıştır.

4.1.1. Birincil enerji (tedarik)

Birincil enerji tarafında, dijital araçların ana uygulaması çoğunlukla projeye entegre edilen YEK üretimini izlemek için uygulanan sensörlerden bilgi toplamaktır. Sensörler, enerji varlıklarının kontrol ve optimizasyonunu sağlamak için **Enerji Yönetim Sistemlerine** (EMS) dahil edilebilir. YEK'in UES'ye entegrasyonu, şehirlerde güvenilir ve güvenli bir enerji arzına yardımcı olabilir. Ancak bunu sağlamak için, RES kullanımını optimize etmek ve depolama yoluyla kesintiyi azaltmak için dijitalleşmeye ihtiyaç vardır. Ayrıca, tedarik düzeyinde uygulanan kestirimci bakım gibi gelişmiş analitik, **elektrik kesintisi riskini en aza indirmeye ve bir sorun ortaya çıkmadan önce erken uyarılar oluşturmaya** yardımcı olabilir [42]. Bu ileri teknikler henüz bu projelerde uygulanmamıştır. Bunun yerine, [LocalRES](#) gibi Yenilenebilir Enerji Toplulukları projelerinde, bir kesinti durumunda farklı elektrik varlıklarının yeniden başlatılma sırasını tanımlamak için kontrol algoritmaları ve kesinti stratejileri dikkate alınmaktadır. Ayrıca, bir **Çok Vektörlü Sanal Güç Santrali** (MVPP) aracılığıyla şebekeye voltaj kontrolü hizmetleri sağlanacaktır [43].

Trafo merkezi veya dağıtım otomasyonunun yanı sıra şebekenin güç kalitesinin ölçülmesi (voltaj, frekans kontrolü, vb.) SCC projelerinde bulunmamaktadır. Küresel düzeyde, dijital trafo merkezleri uygulanmaktadır. Örneğin, [Hindistan](#)'da İsviçreli mühendislik grubu ABB, **daha kompakt, esnek ve güvenilir olan ve yerel verilerin toplanmasına olanak tanıyan dijital trafo merkezleri** kurmuştur. Ayrıca, fiber optik kablolama kullanılarak, "dijital trafo merkezi, gerçek zamanlı verileri **eyleme dönüştürülebilir zekaya** dönüştürerek ve **maliyet verimliliği getirerek** güç yönetimi verimliliğine de olanak sağlayacaktır" [44].





LEGEND:



Projects co-financed by the European Commission Horizon 2020 Programme.

Şekil 6 : UES çerçevesinde incelenen teknolojiler³

³ SCC projelerinin logoları, hangilerinin incelendiğini göstermektedir. "Diğer" kategorisi belediye projelerini (örneğin Viyana Belediyesi) ve uluslararası katalogları (CityXCity Kataloğu gibi) içerir



Birincil enerji tedarikinde dijitalleşme aşağıdakilere yardımcı olabilir:

- Sistemin güvenilirliğini ve kaliteli enerji arzını arttırmak;
- İyileştirme Bakım (örn, tarafından anlamına gelir . proaktif ve kestirimci bakım) ve elektrik kesintilerini azaltmak;
- TSO'lara voltaj kontrolü gibi hizmetler sunmak.

4.1.2. Entegre altyapılar (dönüşüm)

Entegre altyapı, üretim dönüşümünden (enerji santralleri, rafineriler) enerjinin teslimine, depolanmasına ve dağıtımına (şebekelerde: elektrik şebekesi, bölgesel ısıtma ve soğutma şebekeleri, yakıt nakli, vb.) Geleneksel yatay enerji tedarik zincirinde, üreticiler, toplayıcılar veya enerji toplulukları gibi yeni piyasa oyuncuları olduğu için, bu paydaşlar ve ilgili teknolojileri de bu bölümde bulunabilir. Bulunan **araçlar ve teknikler** bir önceki bölüme benzemekle birlikte, daha çok **akışların** (enerji santrallerinden enerji tedarikine veya depolamaya) ve üretimin (hangi enerji santralinin önce tedarik etmesi gerektiğine karar vermek) **izlenmesi, tahmin edilmesi ve kontrol edilmesine odaklanmıştır**. Akışların paraya çevrilmesi de bulunmakta ve bölüm 4.2'de açıklanmaktadır. SCC projelerinden **PED'ler yatay zincirin bu kısmında kilit bir rol oynamaktadır çünkü PED'lerin dış şebekelerle ve sınırlar içindeki enerji akışları alışverişini yönetmesi gerekmektedir**.

[POCITYF projesi](#) Evora ve Alkmaar'da P2P, enerji depolama ve RES'i entegre etmektedir. [Evora](#)'da 2. el konut bataryaları, **esneklik ve piyasa hizmetlerinin sağlanması için bir P2P enerji ticaret platformu ve kontrol algoritmaları** ile birlikte kullanılmaktadır [45]. [Alkmaar](#)'da esneklik hizmetleri sunmak için şehir düzeyinde merkezi çözümler (bir şehir enerji yönetim sistemi) ve P2P için merkezi olmayan bir enerji ticaret platformu bulunmaktadır [46]. Ayrıca, optimum ısıtma ve soğutma dengesi sağlamak için bir **HeatMatcher** uygulanmaktadır. HeatMatcher, Groningen'deki [MAKING-CITY](#) projesinde de bulunmaktadır ve termal depolamalı ısı pompaları, güneş kolektörleri ve gaz ısıtıcıları gibi **birden fazla enerji üreten bileşen arasında optimizasyona** yardımcı olmaktadır. Groningen ayrıca **PED'lerdeki enerji üretimini ve tüketimini optimize etmek için PED'lerdeki mevcut enerji esnekliğini** (örn. depolama, zaman, kaydırma vb.) **kullanan talep yanıt algoritmalarını** da içermektedir. Aydınlatma kontrolü, 50 kontrolör ve 50 aktivite sensörü kullanarak akşam ve gece saatlerinde aydınlatma seviyesini optimize etmek için **LoRa (Uzun Menzilli) kablosuz ağ** ve aktivite sensörlerinin uygulandığı Oulu gibi KED'lerde de bulunmaktadır [47].

[ATELIER projesi](#) durumunda, yerel PV'nin büyük ölçekli dağıtımı sağlanacaktır. Ayrıca, PED sınırlarına dahil edilen alanlardan biri de P2P ticaretine ve Buiksloterham Enerji Topluluğuna katılıma izin veren bir **akıllı şebekedir** [48]. Bu akıllı şebeke konsepti, Republic ve Poppies yapı taşlarında uygulanacak ve bu yapı taşları aynı zamanda **talebe yanıtı da entegre** edecektir.



pik yükleri ve tıkanıklık yönetimini azaltmak ve YEK'in kesintisini azaltmak için yerel depolama [49].

Özet olarak, enerji zincirinin dönüşüm kısmında dijitalleşme aşağıdakilere yardımcı olabilir

- Aşağıdan yukarıya bir yaklaşımla akışları optimize etmek ve yük yerel dengelemesini iyileştirmek; bu da tepe noktalarını ve dolayısıyla genellikle fosil yakıt⁴jeneratörlerinden gelen birincil enerji tüketimini azaltabilir;
- Daha fazla esneklik sağlayıcıya ve dolayısıyla daha cazip, temiz ve uygun maliyetli eğirme rezervi yükleri sunabilen doğrudan yük kontrolüne izin verir [50].

4.1.3. Nihai enerji (talep)

Araçların çoğu nihai enerji kullanımıyla ilgilidir. Sensörler, bilgi toplamak için bina ve şehir düzeyinde uygulanmaktadır. Örneğin, [Hamburg](#)'da otoparklardaki zemin sensörleri, akıllı temiz mobilite için telefon uygulamaları tarafından sağlanan hizmetin iyileştirilmesine olanak tanıyarak elektrikli araç sürücülerinin ve elektrikli araç kullanımının güvenliğini artırmaktadır [51]. [Viyana](#)'da 111 hane ASCR araştırma programına katılmıştır. Araştırma amacıyla enerji tüketimlerini ve ev verilerini (elektrik, sıcak su, soğuk su, oda sıcaklığı, iç mekan hava kalitesi, vb) sağlamayı kabul etmişlerdir [52].

Akıllı binalar, akıllı araçlar, akıllı sayaçlar ve akıllı aydınlatma SCC projelerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu akıllı cihazlar **izleme ve uzaktan yönetime izin verir** ve buluta bağlandıktan sonra IoT olarak kabul edilebilirler⁵. Bu IoT, ısı adası etkisini tanımaya yardımcı olan toplam on bin hava ve çevre **sensörüyle** donatılan Viyana trafik sinyal sistemleri gibi **farklı amaçlar** için sensörleri de **entegre** edebilir. IoT ve akıllı cihazlar, **bulut verileriyle bağlantı kurlmaları sayesinde kentsel enerji sistemleri (şebekeler) üzerindeki etkinin azaltılmasına** da yardımcı olabilir. Örneğin Helsinki'de, şebeke yükü dengelemesi ve değişken elektrik fiyatı dikkate alınarak kişisel elektrikli araç şarjı için bir çözüm oluşturmak üzere [Akıllı kişisel şarj](#) elektrikli araç cihazı geliştirilmiştir [53]. [Tepebaşı](#)'nda dört sokakta akıllı aydınlatma sistemi uygulanmıştır. Sistemin yüksek basınçlı sodyum (HPS) lambalardan ışık yayan diyotlara (LED) dönüştürülmesi yalnızca %37,5 tasarruf sağlayabilirdi, ancak akıllı aydınlatma sayesinde (hiçbir faaliyet olmadan ışıkları %80 oranında kısan) %85,33 tasarruf elde edilmiştir [54]. Son olarak, IoT **veri kullanılabilirliği sayesinde yeni hizmetleri iyileştirebilir ve/veya geliştirebilir**, örneğin [New York](#)'akıllı trafik ta [sinyal sistemleri işe](#) gidip gelme sürelerini azaltmak ve toplu taşımayı iyileştirmek için otobüslerle (coğrafi konumlandırılmış) bağlantılıdır [55]. San Sebastian'da gelişmiş veri

⁴Geleneksel olarak, elektrik şebekelerinde talep ve arzın kısa bir zaman aralığında ayarlanması gerektiğinde, işletme rezerv sistemleri (hızlı devreye giren jeneratörler, dönen r e z e r v , vb.) ihtiyaç duyulan ekstra kapasiteyi üretmeye başlar.

⁵Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel nesnelerin internete bağlanmasını sağlayan teknolojiler bütünüdür



analitik yöntemleri, şehirdeki insanların hareketliliği hakkında hareketlilik ısı noktaları, menşe-menzil matrisi vb. gibi çok kesin toplu bilgiler sağlayabilir.

IoT uygulamasını analiz ederken, **etkiyi ölçmek zordur, çünkü etkileri yalnızca temel durumla değil, aynı zamanda akıllı bileşen olmadan aynı çözümle de karşılaştırmak gerekir.** IoT ve akıllı cihazlar genel bir şekilde şunları yapabilir

- Şehri bütünsel ve entegre bir şekilde izleyebilir;
- Talep tarafı esnekliğini artırmak (birleştirilmiş akıllı IoT'lerin);
- Birincil enerji ve fosil yakıtların azaltılmasına ve esnek olmayan taleplere öncelik verilmesine yol açabilecek pik noktaları (ve şebekeler üzerindeki etkiyi) azaltmak.

Nihai enerji kullanımında bulunan diğer araçlar, bölüm 4.2'de açıklanan vatandaş katılımı dijital araçlarıdır.

4.1.4. Sektörler arası araçlar

Mckinsey'e göre, akıllı bir şehir oluşturmak için akıllılık katmanlarına ihtiyaç vardır. İlk katman **ağlara (1G'den 5G'ye), bağlı cihazlara (akıllı telefonlar) ve sensörlere** ihtiyaç duymaktadır [7]. Farklı sensör türlerinden daha önce bahsedilmişti. Sensörler, yüksek hızlı ağlar, IoT'ler ve akıllı telefonlardan veya uygulamalardan gelen verilerle birlikte (veri toplamayı sağlayan vatandaş katılımı uygulamaları için bkz. bölüm 4.3), **şehirlerin hizmetlerini** (örneğin toplu taşıma gecikmeleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlamak için dijital tabelalar veya mobil uygulamalar kullanmak) ve **vatandaşların refahını** iyileştirmelerine **yardımcı olabilir** (örneğin Viyana'da trafik sinyalleri ve sensörler trafik akışını iyileştirmeye ve işe gidip gelme süresini azaltmaya izin verir; Pekin'de kirlilik tespit edildiğinde trafik düzenlenir). Sensörlerden elde edilen gerçek veriler **aynı zamanda enerji modellerinin ve araçlarının belirsizliğinin azaltılmasını ve dijital ikizlerin geliştirilmesini sağlayabilir.** Ayrıca, yapay zeka ile birlikte uygulandığında, nihayetinde temiz mobilité ve daha hızlı işe gidip gelme süreleri sunabilen otonom araçlar gibi **yıkıcı teknolojilerin pazara yaklaştırılmasına da yardımcı olabilir** [56]. Oulu'da, MAKING-CITY projesinin bir parçası olarak şehir düzeyinde **ve ayrıca PED içinde bir 5G ağı uygulanmakta ve veri paylaşımının hızı ve güvenilirliği artırılmaktadır.** PED'de kablosuz veri aktarım ağı, kontrol ve veri toplama için tüm alanı kapsayacaktır.

Akıllılığın ikinci katmanı, **platformların ve telefon uygulamalarının kullanımıyla teşvik edilebilecek davranış değişikliğidir.** Örneğin İsveç'te ["Platform olarak Şehir"](#), veri paylaşımı ve birlikte çalışabilirlik konularının yanı sıra veri modelleri ve Uygulama Programlama Arayüzleri (API'ler) üzerinde anlaşmaya varmak için İsveç'teki 18 belediyeyi bir araya getiren bir **işbirliği alanıdır** [57]. Amsterdam gibi diğerleri, Amsterdam'da araştırılanları paylaşmak (açık veri ilkeleri altında) ve araştırmacıları birbirine bağlamak için [Open Research Amsterdam](#) gibi araştırmacılar ve kamu kurumları arasında işbirliği alanları oluşturmaktadır. Paydaş platformları bir şehir için potansiyel olarak faydalı olsa da



Yeni hizmetler oluşturmak ve insanları birbirine bağlamak, **şehirleri gerçekten şekillendirmeye yardımcı olmak için kullanılabilecek çok sayıda veri mevcuttur ve kullanılmayan potansiyel vardır [58]**. Daha fazla vatandaş katılımı dijital aracı bölüm 4.2'de bulunabilir.

Son katman, **verilerin** paydaşlar, vatandaşlar ve belediye aktörleri tarafından kullanılabilecek **uyarılara, hizmetlere ve araçlara dönüştürülmesine** yardımcı olan **akıllı uygulamaları ve veri analizi yeteneklerini** kapsar.

Kentsel veri platformları

"Kentsel veri platformu (UDP), kamu ve özel sektörün şehir sistemleri ve şehir altyapısı içinde ve arasında açık standartlar aracılığıyla veri akışlarını bir araya getirebilen ve entegre edebilen dijital teknolojileri mümkün kılar. Ayrıca veri kaynaklarının ve bilgi araçlarının geliştirilmesini kapsamlı, güvenilir ve uygun maliyetli bir şekilde daha fazla kullanım, görselleştirme ve modelleme için erişilebilir hale getirir."

2015 yılında EIP-SCC '2025 yılına kadar 300 milyon Avrupalıya şehirlerinde kentsel veri platformları ile hizmet verme' hedefini belirlemiştir. [Erasmus Veri Merkezi Analitiği 'ne \(ECDA ECDA\)](#) göre, UDP geliştiren 80 Avrupa kentinin çabalarını araştıran , 80 kentin hala %44'ünün **UDP'leri** keşfetmeye başladığını ve **sadece %31'inin UDP'yi operasyonel olarak kullandığını** tespit etti.

Paydaşların UDP'lere katılımı şehirden şehre değişmektedir: %19'u belediye bünyesinde dahili bir veri platformu geliştirmekte, %45'i belediyeden ve diğer iş paydaşlarından gelen verileri içermekte ve %16'sı belediyeden veri içermeyen harici bir paydaş tarafından yönetilen bir kentsel veri platformuna sahiptir. ECDA'ya göre, şehirlerin karşılaştığı başlıca zorluklar şunlardır [\[59\]](#):

- silolar arasında veri yönetimi (şehir departmanları arasında iletişim) ve yeni çevik yönetim de dahil olmak üzere ekiplerinde ekstra kapasiteler geliştirmek;
- sözleşme karmaşıklıkları ve mevzuat (gizlilik ve tedarik gibi)
- siber güvenlik riskleri;
- veri etiği ve toplumsal kaygılar;
- dijital okuryazarlık;
- son kullanıcıların becerileri.

Genel olarak, "bağlı veri kaynakları, gerçek son kullanıcılar ve UDP üzerinde çalışan uygulamalar açısından operasyonel **UDP'lerin** kullanımı hala düşüktür". Ancak bazı iyi uygulamalar da var. Örneğin, [3D Helsinki Enerji ve İklim Atlası](#), su, DHN ve elektrik tüketimi, güneş ve jeotermal potansiyelin hesaplanmış verilerini görmeye olanak **t a n ı y a r a k** paydaşların **senaryoları değerlendirmelerine, potansiyel yatırımlar için alanlar bulmalarına veya** bölgesel ısıtma gibi **kentsel sistem ağlarının optimizasyonuna potansiyel** olarak yardımcı olabilir [60]. Ayrıca, UDP'ler veri kullanılabilirliği sayesinde yeni hizmetlerin iyileştirilmesine ve/veya geliştirilmesine ve insanların geri bildirimlerinin toplanmasına yardımcı olabilir. [Lyon veri platformu](#) aşağıdakiler için açık veri setleri sağlar



vatandaşlar ve özel şirketler. Daha sonra gelenler bu sayede yeni vatandaş hizmetleri geliştirmektedir. Lyon ayrıca çok modlu bir rota planlayıcısı için bir araç sağlamıştır[61].

Genel olarak konuşursak:

"UDP'ler bir şehrin daha bütüncül bir şekilde (enerji ve diğer sektörlerde) daha iyi kararlar almasına yardımcı olabilir, enerji verimliliğini teşvik edebilir ve enerji maliyetlerini azaltabilir (optimizasyon ve daha iyi yönetim sayesinde). "

Bununla birlikte ECDA, "kentlerde kentsel veri platformlarının uygulanmasında ilerleme kaydedilmiş olmasına rağmen, gerçek potansiyelin gerçekleştirilmesi ve EIP-SCC tarafından belirlenen hedefe ulaşılması için daha gidilecek uzun bir yol olduğu" yorumunu yapmaktadır [59].

Kentsel enerji planlama ve tasarım araçları

Kentsel enerji planlaması, mekânsal kentsel analiz, enerji sistemi mühendisliği, sosyal ve davranışsal bilim veya politika ve düzenleyici unsurlar gibi çeşitli alanlardan gelen çoklu girdilerin birleşik analizini gerektiren karmaşık bir disiplindir.

Dijitalleşme, verilerin ve süreçlerin dünya çapında dijitalleştirildiği ve şehirlerin planlama departmanlarında büyük miktarda coğrafi verinin kullanıldığı genel şehir planlamasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu verilerin giderek artan bir kısmı da veri portalları aracılığıyla kentsel planlama, turizm gibi konularda ve mevcut park yerleri, toplu taşıma veya bisiklet planları gibi ulaşım ve hareketlilik alanında giderek daha fazla gerçek zamanlı veriye açık hale getirilmektedir. Bu **verilerin** vatandaşlar veya diğer özel veya **kamu** paydaşları tarafından kullanılması, **trafik sıkışıklığı ve kirlilik gibi tipik kentsel zorlukların üstesinden gelinmesine ve kentsel kamu hizmetlerinin kalitesinin ve yerel yönetim ile vatandaşlar arasındaki etkileşimin iyileştirilmesine yardımcı olabilir** [62].

Bununla birlikte, bu verilerin kentsel enerji planlaması için kullanımı **çok yaygın değildir ve diğer veri kaynaklarının ele alınması, işlenmesi ve birleştirilmesi için ek çaba gerektirir.** REMOUBAN projesinde. [Nottingham'ın Şehir Bilgi Platformu](#) [63] farklı müdahale alanlarına ilişkin veri kümeleri toplamıştır ve izlenecek çok sayıda değişken olduğundan ve alınan veriler farklı protokoller ve formlarda geldiğinden en büyük zorluk tüm cihazlardan gelen verileri yönetmek ve yorumlamak olmuştur. **Büyük veri teknikleri ve standart formatlar, veri analitiğini ve daha büyük sistemlere (bulutlar, platformlar vb.) entegrasyonunu hızlandırmak için sensörlere "tak ve çalıştır" sistemi olarak entegre edilmelidir.**

Kentsel enerji verileri şu anda çok az mevcuttur. Ayrıştırılmış enerji verilerine (örneğin bina düzeyinde) erişim, gizlilik ve veri koruma sorunları nedeniyle veya dijitalleştirilmediği için genellikle mevcut değildir.



Bununla birlikte, mevcut verilerin bulunmadığı kentsel alanlar için CBS enerji verilerine erişimi kolaylaştırabilecek çeşitli AB girişimleri bulunmaktadır. Örneğin, [HOTMAPS aracı](#) ile şehirler mevcut ısıtma ve soğutma talebini tahmin edebilir, yenilenebilir enerjiyi belirleyebilir veya belirli bir alanda bölgesel ısıtma tedariki için en uygun enerji karışımını hesaplayabilir [64].

Başlangıçta sadece termal talep ve potansiyel arz ile ilgili verileri içeren [Pan-Avrupa Termal Atlası \(Peta\)](#), sEEnergies projesi aracılığıyla sektörler arası bir haritalama platformu olarak bina, ulaşım ve sanayi sektörlerindeki enerji verimliliği ve altyapıları hakkında coğrafi bilgileri içerecek şekilde genişletilmektedir [65].

Kentsel ölçekte daha ayrıntılı modeller de son yıllarda geliştirilmiştir; modelleme araçları ve uygulamaları eksik verileri oluşturmak ve kentsel alanlar için daha iyi bir temsil sağlamak için farklı yollar aramaktadır, örneğin enerji sertifikalarından veri toplamak veya bina stoku enerji modelleri geliştirmek gibi.

Kentsel enerji sistemi modelleri, belirli bir kentsel alanın enerji hizmeti taleplerini karşılamak için enerji elde etme ve kullanma süreçlerini bir arada temsil eden resmi sistemlerdir [66]. **Bu modeller, bölge veya şehir ölçeğinde talep ve arzı ayrıntılı olarak tanımlayabilir ve hem simülasyon hem de optimizasyon sağlayabilir. Hem planlama hem de tasarım için potansiyel olarak güçlü bir araç olmakla birlikte, [Sola ve diğerleri](#) tarafından incelendiği üzere, bu detay modelleri çoğunlukla akademik çevreler tarafından kullanılmaktadır [67].**

Bina stoku enerji modelleri (BSEM'ler) kentsel enerji sistemi modellemesi yelpazesinde özel bir yere sahiptir. Bu modeller geniş ölçüde yaygınlaştırılmıştır ve temel özellikleri olarak **(a)** genellikle coğrafi olarak eş konumlu **birden fazla binayı temsil edebilir; (b) çıktı olarak enerji kullanım ölçütleri üretebilir; ve (c) örnek dışı tahminler oluşturmak [68].** Enerji Performans Sertifikalarının kadastro verileri gibi bina ölçeğinde mevcut olan farklı ayrıntılı coğrafi referanslı verilerden beslenen enerji modelleri, bina stokunun enerji kullanımını haritalamak için bina arketipleri veya temsili binalar kullanılarak **genellikle aşağıdan yukarıya bir yaklaşımla** oluşturulur.

Bir kentsel alanın bina stoku için simüle edilen sonuçlar, her bina için enerji kullanımını ve enerji sistemi türünü gösterecek kadar ayrıntılı olabilir. Bu simüle edilmiş **veriler**, genellikle Dağıtım Sistemi Operatörlerinden (DSO) sağlanan ve yalnızca tüm kentsel alan için veya ilçe düzeyinde sağlanan gerçek **verilerin** mevcudiyetine bağlı olarak **kalibre edilebilir**.





Şekil 7 : Helsinki'deki binaların ısıtma talebi (kWh/m²yıl) için örnek modelleme sonuçları [69].

Bina stoku veri modellerinin kentsel enerji sistemi tasarımında yaygın olarak kullanılabilmesi için, geliştirilmesi ve verilere erişimin daha da standartlaştırılması ve açık hale getirilmesi gerekmektedir. Bu alanda bazı ilerlemeler kaydedilmiştir; bina enerji modellerinde bilgi depolama ve alışverişi için en yaygın veri formatı, **CityGML**'nin semantik yapısını korurken veri modelini yeni özellik sınıfları ve niteliklerle zenginleştirebilen çeşitli Uygulama Alanı Uzantılarına (ADE'ler) sahip olan CityGML formatıdır [70].

Enerji planlaması ve kentsel enerji sistemi tasarımı için önemli bir araç olabilecek kentsel enerji sistemlerinin dijital ikizlerini geliştirmek için bina stok modellerini diğer sektörleri (elektrik şebekesi, mobilite, termal şebekeler) simüle etmek için diğer araçlarla birlikte kullanmak için büyük bir potansiyel vardır. Zhang ve arkadaşları, dijital PED ikizlerinin birkaç başarılı uygulamasını incelemiş, potansiyelini kabul etmiş ve veri analizi, anlamsal birlikte çalışabilirlik, iş modelleri, veri güvenliği ve yönetimi ile ilgili daha fazla zorluk ve fırsat keşfetmiştir [71].

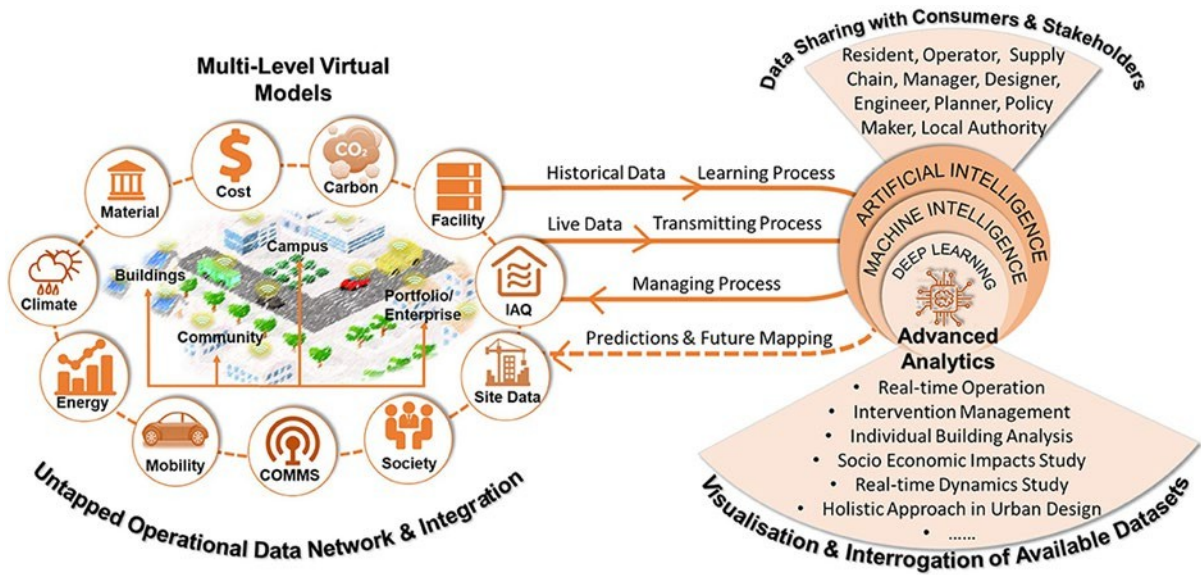
Dijital İkizler

Dijital bir PED ikizi genellikle dört önemli bileşenden oluşur: (1) PED'in sanal modeli, (2) sensör ağı entegrasyonu, (3) veri analitiği ve (4) sanal model, veri yönetimi, analitik, simülasyon, sistem kontrolleri, görselleştirme ve bilgi paylaşımı kapasitelerini bir araya getiren paydaş katmanı. Şekil 'de 8dijital PED ikizinin nasıl oluşturulduğuna dair bir şema gösterilmektedir



yapılmıştır. Dijital ikiz, bilgisayar modeli, fiziksel model, iletişim hizmetleri ve veri analitiği gibi çeşitli modüllerin bir kombinasyonudur. Bu modüller, tüm sistem çalışmasını izlemek, öğrenmek ve optimize etmek için senkronize olarak çalışır.

2020 yılına kadar çeşitli dijital ikiz geliştirmeleri olmuştur [72]. **Helsinki'deki bir dijital ikiz projesi**, semantik, genişletilebilir bir bilgi Açık Jeo-uzamsal Konsorsiyum modeli olan CityGML üzerinde geliştirilmiştir [73]. **Fransa'nın Rennes kenti**, çeşitli kentsel çalışmalar (vatandaşlarla kentsel arabuluculuk gibi) ve kentsel gelişim amaçları (güneş ışığı simülasyonu, gürültü modellemesi ve binalar üzerindeki ağaç gölgesi etkisi gibi) için **dijital bir 3B model oluşturmuştur** [74]. **Hollanda'nın Rotterdam kenti**, **kentin altyapı varlıklarını yönetmek için bir dijital ikiz uygulamaktadır** [72]. ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki **Pasadena kenti**, **kentin kamu sektörü oyuncularını için faydalı bir denetim aracı** geliştirmiştir. Bu arada, ABD'nin Oregon eyaletindeki **Portland kenti**, kent sakinlerinin hücrel verileriyle etkinleştirilen **bir dijital ulaşım sistemi kurmayı** planlamaktadır [75]. Kanada'nın **Toronto kentindeki sahil**, **kentsel inovasyon kuruluşu Sidewalk Labs ile birlikte sahilin yeniden canlandırılmasına yönelik bir kamu savunuculuğu başlatmak** için dijital ikiz teknolojisini kullanmaktadır [76].



Şekil 8 : Dijital ikizdeki temel bileşenlerin şematik tasarımı [71].

Dubai'deki bir proje, dijital ikiz kullanarak **kullanıcıların deneyimine** odaklanmaktadır. Hindistan'ın Jaipur kenti, kentsel planlama ve denetim için bir dijital ikiz projesi kullanmaktadır [72] ([Research Markets, 2020](#)). Çin'in **Şangay kentinde**, demiryolu mühendisliğinde kullanılan **sürükleyici dijital ikizler**, bir kanalizasyon arıtma tesisi kurmak için yeni uygulamalar geliştirmiştir [77].



Dijital ikizlerin üç kademede kategorize edilebileceğine dair bazı dersler ve gözlemler edinilmiştir: (1) yalnızca Yapı bilgi modellemesi (BIM) modelinin geliştirilmiş bir versiyonu, (2) veri akışı için semantik platformlar ve (3) veri analizi ve geri bildirim işlemi için yapay zeka özellikli araçlar. **Projelerin/şehirlerin** çoğu, kentsel enerji sisteminin **planlanmasını desteklemek** için **ilk iki** adımda yer alırken, üçüncü adım, şehirleri optimize edilmiş şekilde işletmek ve yönetmek için daha fazla geliştirme gerektirmektedir. **Dijital ikiz özellikli enerji yönetim platformlarına entegre edilen** zamansal olarak bölümlere ayrılmış **günlük verimlilik ölçümleri**, güvenilir bir model (gerçek zamanlı verilerle kalibre edilmiş) ve mekansal analizi entegre ettiğinden, **bir bina portföyü [78] genelinde enerji yönetimi yaklaşımlarını dönüştürebilir** ve **şehrin farklı aşamalarında** (planlama, tasarım ve işletme) **yardımcı olabilir**.

VAKA ÇALIŞMASI: Helsinki Dijital İkiz

Finlandiya'nın başkenti Helsinki şu anda dijital bir ikiz şehir geliştirme sürecindedir. Verileri coğrafi olarak referanslandırarak ve modeli verilerle (enerji, su, ulaşım, güvenlik, binalar ve sağlık hizmetleri) besleyerek şehrin üç boyutlu bir temsili (bir model) geliştiriyorlar. Farklı paydaşları yeni ürünler ve yenilikler üretmek üzere bu verileri kullanmaya teşvik etmek için her şey açık veri olarak paylaşılacaktır [79].

3B temsili oluşturmak için şehir lazer tarama ve eğik fotogrametri kullanmıştır. İki modelleri vardır: cityGML ve ContextCapture tabanlı bir şehir bilgi modeli. Verileri dijital ikiz ile bağlamak için ProjectWise kullanmışlardır. Ayrıca bu modelleri süreçlere entegre etmek için bir pilot proje portföyleri var. Vatandaşların 3D modelde yeşil alanların artırılması gibi senaryoları simüle etmelerini sağlamak için ciddi oyunlar kullandılar [80].

4.2. Kentsel enerji dönüşümünü yönlendiren iş modelleri

UES, birleştirme veya bireysel enerji ticareti etrafında ortaya çıkan **yeni değer teklifleri ve yeni piyasa oyuncularından hızla etkilenmektedir**. Bölüm 4.2.1'de enerji ticaretinden para kazanmayı kolaylaştıran başlıca dijital teknolojiler açıklanırken, Bölüm 4.2.2'de enerji ticareti planlarının türleri ele alınmaktadır. Her iki bölüm de son olarak bölüm 4.2.3'te iş modellerinin ve kullanılan teknolojilerin türünü tanımlamak için bağlamı belirlemektedir. Bölüm 4.2.4 Avrupa'daki bazı iyi uygulamaları vurgulamaktadır.



4.2.1. Enerji ticareti için teknolojiler

Enerji ticaretine yönelik ana teknolojiler öncelikle incelenmiş ve aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Tablo 2 bu teknolojilerin temel özelliklerini derlemektedir.

- **Yapay zeka (AI)** - geçmişini anlamak, bugünü optimize etmek ve geleceği tahmin etmek için gelişmiş bir yaklaşım.
 - Şu anda akıllı sistemler elektrik piyasalarında farklı uygulamalarda kullanılabilmektedir: (1) alarm işleme, teşhis ve arıza sonrası restorasyon, (2) tahmin ve (3) güvenlik değerlendirmesi [81].
- **Makine öğrenimi** - yapay zekayı uygulamanın yollarından biri.
 - Çoğunlukla kümeleme, regresyon ve sınıflandırma yaklaşımlarıdır.
 - Müşteri segmentasyonu, fiyat tahmini, dolandırıcılık tespiti ve öngörücü bakım ve operasyon için uygulanır [82].
- **Derin öğrenme** - makine öğrenimine ulaşmanın araçlarından biri.
 - Denetimsiz veya üretken öğrenme için derin ağlar: gözlemlenen verilerin örüntü analizini yapmak ve hedef sınıf etiketleri hakkında hiçbir bilgi mevcut olmadığında veri kümeleri arasındaki korelasyonu yakalamak.
 - Denetimli öğrenme için derin ağlar: Mevcut yakalanan verilerdeki sınıf dağılımları ile örüntü sınıflandırma amacıyla gözlemlerin korelasyonunu doğrudan yakalamak için.
 - Hibrit derin ağlar: veri yardımı ile örüntü ayrımı elde etmek ve üretken denetimsiz derin ağların sonuçlarını üretmek.
- **Blok zinciri:** tek bir merkezi otorite kullanmak yerine işlem bilgilerini bir 'düğüm' ağı içinde kaydedebilen, doğrulayabilen ve saklayabilen dağıtılmış bir kronolojik defter.
 - Bu merkezi doğrulamayı ortadan kaldırarak işlem süresini büyük ölçüde kısaltır ve işlemlerin neredeyse anında gerçekleşmesini sağlar [83].
 - Blok zinciri, ticaret ekosisteminin merkezi **olandan** merkezi olmayana geçişini başlatabilir [84]:
 - doğrudan uçtan uca enerji ticareti yoluyla aracılara olan bağımlılığı ortadan kaldırarak
 - bireylerin ve toplulukların kitlesel fonlama yoluyla elde ettikleri ilk yatırımla enerji üretimine başlamalarını sağlayarak



- Bir dizi enerji hizmetini (örneğin faturalama, tedarikçi değiştirme) genel olarak daha düşük bir fiyata entegre bir çözüm olarak paketlemek;
- Bir hanenin çamaşır yıkama, HVAC ve araç aküsü şarjını içerebilecek günlük enerji tüketimini birleştirmek için entegre bir sistem gibi enerji girişimlerine izin vermek için bir platform sağlamak.

Enerji sistemi değer zincirinin farklı seviyelerinde kullanılabilir (örneğin, varlıklara yapılan yatırımlar, enerji varlıklarının tokenleştirilmesi, işlemlerin kaydedilmesi ve doğrudan ödemeler vb.)

- **Nesnelerin interneti (IoT)** - enerji hizmetleri için akıllı cihazların entegrasyonu

4.2.2. Enerji ticareti programı türleri

Farklı **enerji ticareti planları** aşağıdaki gibi özetlenmekte [83] ve Şekil 9'da görselleştirilmektedir.

- **Geleneksel enerji ticareti şeması**
 - İkili sözleşmeler [85].
 - Saat (veya gün) ilerisi piyasaları [86].
 - Yan hizmetler piyasaları [83].
 - Kapasite piyasaları [87].
- **Feed-in-Tariffs (FITs)** - elektrik şebekesine geri beslenen yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik için ödenir.
 - Tüketicinin elektriğini aktif olarak 'takas etme' ihtiyacını ortadan kaldırır, çünkü bunun için zaman içinde veya şebeke koşullarına göre değişmeyen sabit bir fiyat teklif edilir.
- **Esneklik toplayıcısı** (dağıtılmış sistem platformu veya enerji merkezi olarak da bilinir) - esnekliği bir havuzda toplar ve enerji piyasalarını dengelemek veya bir şebeke operatörüne esneklik sunar ve bu arada yatırımı, yeniliği teşvik eder ve müşteri seçeneklerini iyileştirir. Esneklik etkinleştirildiğinde, toplayıcı sağlanan esneklik hizmetinden gelir elde eder. Toplayıcı, gelirin bir kısmını esnek tüketicilere prim şeklinde yeniden dağıtır [88][89][90].
 - Bazı tedarikçiler ya da üçüncü taraf bir operatör **Sanal Enerji Santralleri (VPP)** gibi piyasalarda toplama hizmetleri (örneğin ticaret, dengeleme ve şebeke hizmetleri) sunabilir.



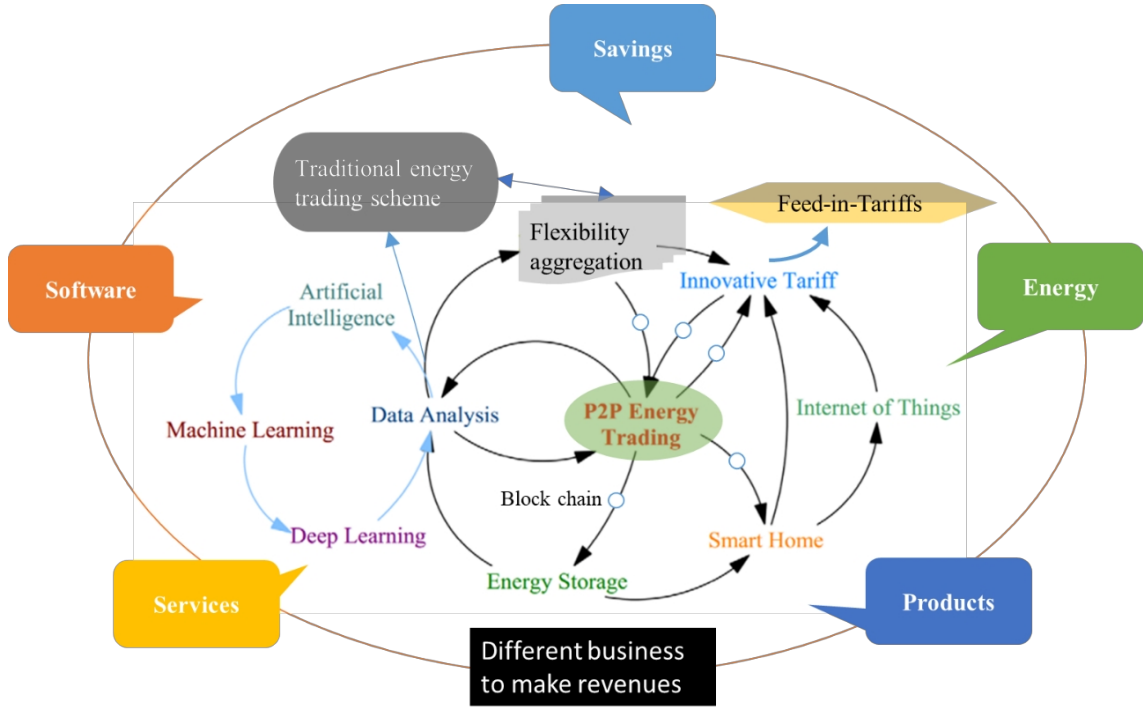
- Çoğu durumda, "bağımsız toplayıcı" dağıtım sistemi kullanıcılarının **talep tarafı katılımı (DR)** gibi elektrik piyasalarına dolaylı ya da açık bir şekilde aktif olarak katılmalarını sağlar.
- **Eşler Arası (P2P) ticaret** - üreticiler aynı zamanda tüketici olabilir ve bir tüketici tarafından üretilen enerji (hem üretici hem de tüketici olarak işlev görür) başka bir tüketiciyle paylaşılabilir. P2P ticareti genellikle aşağıdaki gibi birkaç özellik içerir:
 - Bazı P2P enerji piyasaları, tüm işlemlerin ağı her düğümü tarafından onaylanacağı ve merkezi bir otoritenin müdahalesi olmadan kalıcı olarak saklanacağı **blok zinciri ile tasarlanmıştır**.
 - **Akıllı enerji sözleşmeleri**, blok zincirinin enerji ticareti ile entegrasyonu yoluyla kullanılabilir.
 - **P2P enerji ticareti**, enerji piyasasında **sisteme ek esneklik getirebilir**:
 - **Yenilikçi tarifeler**: enerji piyasasının yeni modellerine uyacak şekilde tasarlanmış esnek ve yenilikçi tarife;
 - **Akıllı ev cihazları**: çevrimiçi esneklik piyasasını esnek enerji ekipmanlarına bağlamak için Nesnelerin İnternetini (IoT) kullanmak;
 - **Enerji depolama teknolojileri**: talep zirveleri ve vadileri arasındaki boşluğu doldurmak için elektrik tasarrufu sağlamak ve aynı zamanda esnekliği ve likiditeyi artırmak;
 - **Makine öğrenimi kullanarak tüketici verilerinin toplanması ve tahmin edilmesi**: tüketici verilerini analiz etmek ve mevcut arz ve talebi daha iyi eşleştirmek için dijital teknolojinin uygulanması.
 - **Esneklik toplayıcı ile bağlantı**: şebeke üzerinden diğer topluluklara/şehirlere enerji sağlanması.

4.2.3. İş modeli türleri

Bu raporda DUES için 5 kategoride iş modeli tanımlıyoruz:

- **Tasarruf** - enerji ve maliyet tasarrufu yoluyla gelir;
- **Yazılım** - yazılım satışı veya araç/platform uygulaması;
- **Ürünler** - malzemeler, donanım (akıllı prizler, bataryalar, sayaçlar veya diğer bileşenler);
- **Hizmetler** - analiz, enerji dengesi, diğer verilerle ilgili faaliyetler;
- **Enerji** - doğrudan enerji satışı.





Şekil 9 : Esnek kentsel enerji piyasası ekosistemi (aşağıdakilere göre revize edilmiştir [83])

Tablo 2 : İş modellerine yönelik teknolojilerin özeti

Teknoloji	İçin kullanılır	Açıklama	Etkinleştiriciler	Engeller
Yapay Zeka	- Karbon yönetimi - Enerji verimliliği	Geçmiş verileri kullanarak optimizasyon ve tahmin	Büyük miktarda mevcut veri ve algoritma	- Mevcut piyasa mekanizması - Veri kaynağına bağlı
Makine Öğrenimi	- Elektrikli araç yönetimi - Şebeke hizmetleri	Yapay zekayı mümkün kılan analitik araç	Enerji sistemindeki karmaşıklık	Önceki deneyim eksikliği
Derin Öğrenme	- Platformlar & P2P - Akıllı ölçüm	Doğru enerji tüketimi tahminleri üretim aracı	Kaynak kullanımının optimize edilmesi	
Blok Zinciri	- Karbon yönetimi - Enerji verimliliği - Elektrikli araç yönetimi - Şebeke hizmetleri - Platformlar & P2P - Akıllı ölçüm	Dağıtılmış defter	- Sıkıcı ticaret süreci - Ticaret verimliliğinin artırma ihtiyacı - Merkezi sistemden merkezi olmayan sisteme ticaret - Gereksiz işlerin azaltılması	- Kavram kanıtı nedeniyle yavaş işlem - Yönetmelik eksikliği - Enerji yoğun hesaplama - Önceki deneyim eksikliği - Çıkar çatışmaları



			mali yükler • Piyasa katılımcılarıyla etkileşim • Profesyonel tüketiciler arasında güven oluşturun	yerleşik ticaret planları • Yerel enerji piyasasındaki zorluklar
Nesnelerin İnterneti	• Enerji verimliliği • Elektrikli araç yönetimi • Şebeke hizmetleri • Platformlar & P2P	Enerji hizmetleri için akıllı cihazları entegre edin	• Piyasa katılımcılarının katılımını sağlayın • Talep yanıtı • Şebeke hizmetinin iyileştirilmesi • Veri toplama	• Sensörlere güvenmek • Veri yorumlama ile sınırlıdır • Kullanım katılımı için rehberlik eksikliği

Farklı iş modelleri için 48 şirket/projede kısa bir anket yapılmıştır (ayrıntılar Ek 2'de listelenmiştir). Ayrıca, Tablo 3'te tüm bu iş modellerini ve iş alanlarını ankete göre analiz ettik. **P2P ticaret modellerinin** müşterilere daha fazla seçenek sunarak, ticaret verimliliğini artırarak ve kaynak kullanımını optimize ederek, gereksiz mali yükleri azaltarak, daha fazla piyasa katılımcısı **getirerek**, üreticiler arasında güven oluşturarak ve işlem prosedürünü daha basit hale getirerek **genel enerji sistemine fayda sağlama potansiyeline sahip** olduğu tespit edilmiştir. **Blok zinciri gibi yeni bir teknolojiyi kullanarak** P2P ticareti için iş hizmetinde **nispeten yüksek sayıda aktörü bir araya getirmektedir**.



Tablo 3 : İş modellerinin ve iş alanlarının özeti

İş Dünyası modeller	İş ALANLARI:						
	Karbon YÖNETİM	Veri analizi ve YÖNETİM	Enerji verimlilik, enerji tasarruf, EV içi uygulamalar	Elektrikli araçlar ve filo Yönetim, akıllı şarj ve park yeri	Şebeke hizmetleri, ızgara performans ve izleme	Platformlar, P2P enerji Ticaret, esneklik, depolama	Akıllı ölçüm, Fatura, ve anahtarlam a
Tasarruf	2	1	2	2	1	1	2
Yazılım	n/a	n/a	5	n/a	2	4	n/a
Ürünler	1	2	3	1	n/a	2	n/a
Hizmetler	2	3	8	3	5	15	1
Enerji	n/a	n/a	1	3	n/a	6	1

4.2.4. Dijital iş modellerinin kullanıldığı vaka çalışmaları

Aşağıda P2P için bir platform ve menşe garantisinin izlenebilirliği için veri kullanan bir enerji ticareti vaka çalışması bulunmaktadır.

VAKA ÇALIŞMASI: Viyana'nın OurPower enerji topluluğu

Viyana'da kar amacı gütmeyen Avrupa Kooperatifi (SCE) OurPower, üyeleri tarafından üretilen RES elektriği için eşler arası bir pazar oluşturmuştur. OurPower, çevrimiçi eşleştirme hizmetlerinin yanı sıra tüm elektrik tedariki ve faturalandırma sürecini de yönetmektedir. Artık üreticiler, düşük piyasa fiyatlarından anonim olarak şebekeye elektrik vermek yerine, topluluklara daha adil bir fiyattan (tüketiciler ve üreticiler için) elektrik satıyorlar. OurPower pazaryeri alıcı ve satıcıları bir araya getirerek tüm enerji ve ödeme süreçlerinin şeffaf ve güvenli olmasını sağlar. Bu, yeşil elektriğiniz için uzun vadeli, istikrarlı ve adil bir fiyat sağlar ve sizi elektrik borsalarından bağımsız hale getirir.

[OurPower](#), üreticilerin elektrik sayaçlarına E-Control menşe garantisi veri tabanına erişim yetkisine sahiptir [91].



Araç paylaşımı gibi diğer iş modelleri de mobilite sektörünün dijitalleşmesini etkilemektedir. Halihazırda [car2go](#) (Stuttgart, Amsterdam, Madrid, Paris) ve [DriveNow](#) (Kopenhag) gibi çeşitli araç paylaşım programları tamamen elektrikli filolar işletmektedir. Car2go'nun iş modeli, insanların sadece 20 dakika öncesinden araç rezervasyonu yapabilmelerini sağlarken, DriveNow her yerde ücretsiz park imkanı sunuyor ve araç park edildiğinde kiralama süresinin sona ermesine gerek yok. **Genel** olarak, araçların kiralınması için **telefon uygulamalarına güvenirler**. **Bazen küçük bir abonelik ücretinin yanı sıra zamana ve kat edilen kilometreye dayalı ücretlerle ücretlendirilirken, diğerleri yalnızca kullanıldıklarında ödenir**. Car2go ve DriveNow **serbest** dolaşan bir hizmettir ve belirtilen bir alanda çalışır (A noktasından B noktasına **gitmeye** izin verir), **diğerleri havuz istasyonlarına ihtiyaç** duyarken (Autolib, Bluetorino, vb.) **ve diğerleri** başladıkları bölgeye veya istasyona geri **dönmelidir** (Ubee, Cambio, Greenwheels, Io Guido gidiş-dönüş gerektirir) [92]. Son olarak, Belçika'daki "[CarAmigo](#)" gibi **P2P platformları** da **ortaya** çıkmakta **ve sistem üyelerinin arabalarını yükümlülük altına girmeden kiralamalarına** izin vermektedir. Araç sahibi, talepleri doğrudan e-posta adresinize veya SMS ile alır [93].

Bir başka iş modeli örneği de **kâr** amacı gütmeyen ve farklı değer önermelerini kucaklayan "**sürdürülebilir iş modeli**" dir. Viyana'nın kültür token'ı **buna** harika bir örnektir; **burada değer, token'ın kültürel hizmetlerle takas edilmesiyle teşvik edilen CO2 azaltımıdır**. Dolaylı olarak, **sosyal refahı** (örneğin daha sağlıklı yaşam tarzı, daha az gürültü vb.) ve **hava kalitesini** (araba kullanımının azalması nedeniyle) **iyileştirir** [94].

VAKA ÇALIŞMASI: Viyana'nın Kultur-Token'ı

Viyana, vatandaşların iklim dostu davranışlar için ödüller alabilecekleri "[culture-token](#)" adlı bir araştırma projesi başlatmıştır. Uygulama, sürdürülebilir hareketlilik davranışını görselleştirmeye, simgeleştirmeye ve ödüllendirmeye izin vermektedir. Vatandaşlar bilgi veriyor ve uygulamanın kullanıcıların seyahat ettikleri mesafeleri ölçmek için hareket takibini kullanmasına izin veriyor. Ardından, kişisel CO2 dengelerini hesaplar (aynı mesafeyi arabayla kat etmeye kıyasla yürüyerek, bisikletle veya toplu taşıma kullanarak tasarruf edilen CO2) [94].

4.3. Vatandaş katılımı için dijital araçlar ve teknolojiler

Kentsel dijital platformlara erişim, dijital politika önlemleri, vatandaş katılımı için özel platformlar, Telefon uygulamaları, vatandaş kartları, dijital eğitim:

- **Vatandaşlara sunulacak hizmetlerin dahil edilmesi:** Kentsel dijital platformlar ve kentsel veri platformları, sensör verileri ve KPI'ların hesaplanmasının yanı sıra, arka uçta kullanıcının aşağıdakileri yapmasına olanak tanıyan hizmetler ve modeller de içerebilir



şehirdeki (veya evlerindeki) farklı senaryoları test edebilirler. Örneğin, [Nantes'Kentse Veri Platformu](#)taki , elektrik sözleşmelerini optimize etmek için bir algoritmanın yanı sıra kamu binalarında enerji azaltımı için en önemli fırsatları teşhis etmek için bir araca sahiptir [95].

- **Vatandaşları ve paydaşları bilgilendirin**, onlarla ve onlar arasında paylaşım ve etkileşime olanak tanıyan bir işbirliği alanı oluşturun. Örneğin, [Viyana](#) [52] ve [Amsterdam](#) [96] akıllı şehir platformları paydaşlar arasında proje, girişim, fikir vb. paylaşımına olanak tanımakta ve aramayı kolaylaştırmak için anahtar kelimeler kullanılmaktadır. [Open Research Amsterdam](#) [58] da benzer bir yaklaşım izlemektedir ancak açık veri zorunludur ve akademi ile kamu sektörüne yöneliktir.
- **Deneyim paylaşımı** için telefon uygulamaları veya vatandaş algılama yaklaşımları olarak **veri toplama**. Örneğin, [Nottingham'daki "Enerji tasarrufu için ciddi oyunlar"](#) [97] oyunun oyuncularının enerji kullanımlarını paylaşımlarına ve karşılaştırmalarına izin vermektedir. [Valensiya](#)'daki bir başka örnek [98]- kent sakinleri şehirle doğrudan iletişim kurabilmekte ve ayrıca çalışmalar, etkinlikler, Covid ile ilgili haberler vb. ile ilgili bildirimler ve bilgiler alabilmektedir. Valensiya uygulaması halkın katılımını teşvik etmek için de kullanılabilir ve toplu taşıma hakkında gerçek zamanlı bilgiler sunar.

VAKA ÇALIŞMASI: Helsinki'de Carbon Ego mobil uygulaması

Carbon Ego mobil uygulaması, kullanıcıya farklı istatistikleri gösteren bir mobil uygulamadır. Kullanıcı evini seçerek tahmini karbon ayak izini görebilmekte, test yapabilmekte ve komşularıyla mücadeleye girebilmektedir. Daha fazlası [MYSMARTLIFE Helsinki](#) [99]

Vatandaş katılımı faaliyetleri sıklıkla dijital haklar ve ilgili fırsatlar ve zorluklar konusunda bölge sakinleri, uzmanlar ve politika yapıcılarla atölye çalışmalarını içermektedir. Bunlar, vatandaş katılımının aşağıdaki gibi etkilerini genişletmeye hizmet eder:

- **Kamu politikalarının uygulanmasına destek;**
- **Elektrik sözleşmelerimizi gerçek tüketime göre ayarlayarak tasarruf sağlamak;**
- **Vatandaşları ve paydaşları bilgilendirmek;**
- **Şehirlerde dijital hakların korunması.**

Vatandaşlar, [Telraam projesinde](#) olduğu gibi veri toplama süreçlerinin bir parçası olabilir. Şehirde bir sorun olduğunda (örn. AppValencia) doğrudan bilgilendirin ve onlara gerçek zamanlı olarak cevap verin ([Viyana](#)'da olduğu gibi sohbet robotları aracılığıyla [52]).



VAKA ÇALIŞMASI: Telraam projesi

Telraam projesi kapsamında Transport & Mobility Leuven, düşük maliyetli donanıma ve vatandaşların trafik sayımı yapmasına olanak tanıyan halka açık bir çevrimiçi platforma dayalı entegre bir uygulama geliştirmiştir. Vatandaşlar küçük bir ölçüm cihazını ve bir mikrobilgisayarı pencerelerinin yanına koyarak bu uygulamaya katılabilirler.

Yayalar, bisikletliler, otomobiller ve ağır vasıtaların her biri trafik sayım sensörünün yanından geçerken ayrı ayrı sayılıyor. Elde edilen trafik verileri, trafik mühendisliği çalışmaları yapmak için kullanılabilir. Bunun gibi, vatandaşlar ve vatandaş platformları objektif veriler toplayarak yerel yönetimleriyle diyaloga girmelerine olanak tanır. Bu da potansiyel olarak sürüş yönünün değiştirilmesi, kamusal alanın yeniden tasarlanması, bisiklet koşullarının iyileştirilmesi veya park olanaklarının değiştirilmesi gibi eylemlerle sonuçlanabilir. WeCount adlı Avrupa projesinde Telraam ile trafik sayım verileri örneğin hava kalitesi ölçümleriyle ilişkilendirilmektedir. Daha fazlası: telraam.net [100]

4.4. Enerji sektörü üzerindeki etkisi

Dünya nüfusu artıyor ve şehirlerin büyüklüğü ve karmaşıklığı hızla artıyor. Örneğin, elektrikli mobilité ulaşım ve enerji sektörü operasyonlarını birbirine bağlamakta ve aynı zamanda prosumerlar gibi yeni oyuncular pazara girmektedir. **Bu sistemin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak için gereken platformların ve verilerin yönetilmesi, ilgili siber güvenlik ve veri gizliliği risklerinin azaltılması gibi yeni enerji ekonomisinin merkezi bir parçası haline gelmektedir [36].** İklim eylemi için dijital çözümler hakkındaki son Küresel Etkinleştirici Sürdürülebilirlik Girişimi (GeSI) raporuna göre, "Bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT'ler) sera gazı emisyonlarına katkıda bulunmaktadır [6], ancak etkileri, enerji üretimi, ulaşım ve binalar gibi yüksek enerji yoğun ve kirlenici sektörler üzerindeki azaltıcı etkisi ve iklim değişikliğine uyum sağlama çabalarına yardımcı olması açısından çok daha fazladır".

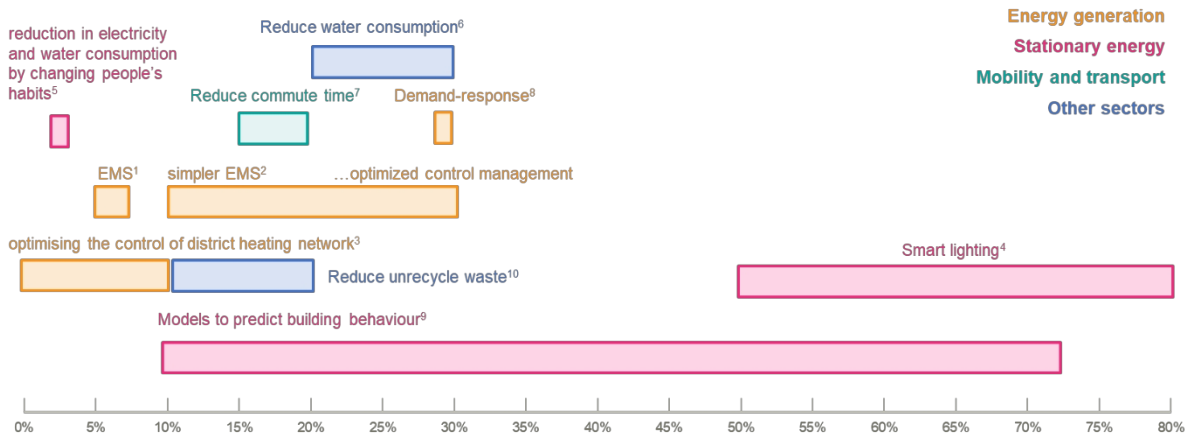
Mobilité sektöründe dijitalleşme, bağlantılı ve otonom araçların yaygınlaşmasının ve talep üzerine mobilité veya hizmet olarak mobilitenin (MaaS) yükselişinin özünde yer almaktadır. Bunlar, elektrifikasyonla birlikte, kentsel enerji sisteminde önemli ancak belirsiz enerji ve emisyon etkileriyle sonuçlanabilecek radikal değişiklikler getirecektir [36]. Ayrıca, bu rapora göre, **dijitalleşme konut ve ticari binalardaki toplam enerji kullanımını 2040 yılına kadar yaklaşık %10 oranında azaltabilir.**

Ancak bu tahmini tasarruflar, büyük ölçüde kullanıcı kabulü ve davranış değişikliğine bağlı olduğundan çok belirsizdir. Daha iyimser tahminler



Isıtma ve soğutma sektörüne özel olarak, **bina davranışını tahmin etmeye yönelik modellerin %5-70 oranında enerji tasarrufu ve %10-40 oranında pik güç tasarrufu sağlayacağını** göstermektedir [101]. Bununla birlikte, dijitalleşmenin getirdiği yeni hizmetler ve konforların yanı sıra atıl cihazlar ve aletler tarafından daha fazla bekleme gücü kullanımı, potansiyel tasarrufları dengeleyebilir. Şekil 10'da dijital araçların farklı sektörlerdeki potansiyel etkisi ve sağladığı tasarrufların (enerji, su, işe gidip gelme süresi ve atık) bir özeti gösterilmektedir. Detaylı açıklamalar 5.4.2, 5.4.3 ve 5.4.4 bölümlerinde bulunabilir.

Digitalization could cut total energy use in residential and commercial buildings by around 10% to 2040⁹



Şekil 10 : Dijital araçların etki potansiyelinin özeti

Şekildeki referanslar: 0-IEA, 2017 [36]; 1-REMOURBAN [63]; 2-AI-Ghaili ve diğerleri, 2021 [102]; 3-CITYFIED projesi [103]; 4-Tepebaşı [54]; 5-DEWA'da Sürdürülebilir Yaşam Programı[104]; 6 ve 7-McKinsey 7[]; 8- Making- City projesi [47]; 9-Lyons,L., 2019 [101]; 10-New York City Akıllı trafik sinyal sistemleri [55]

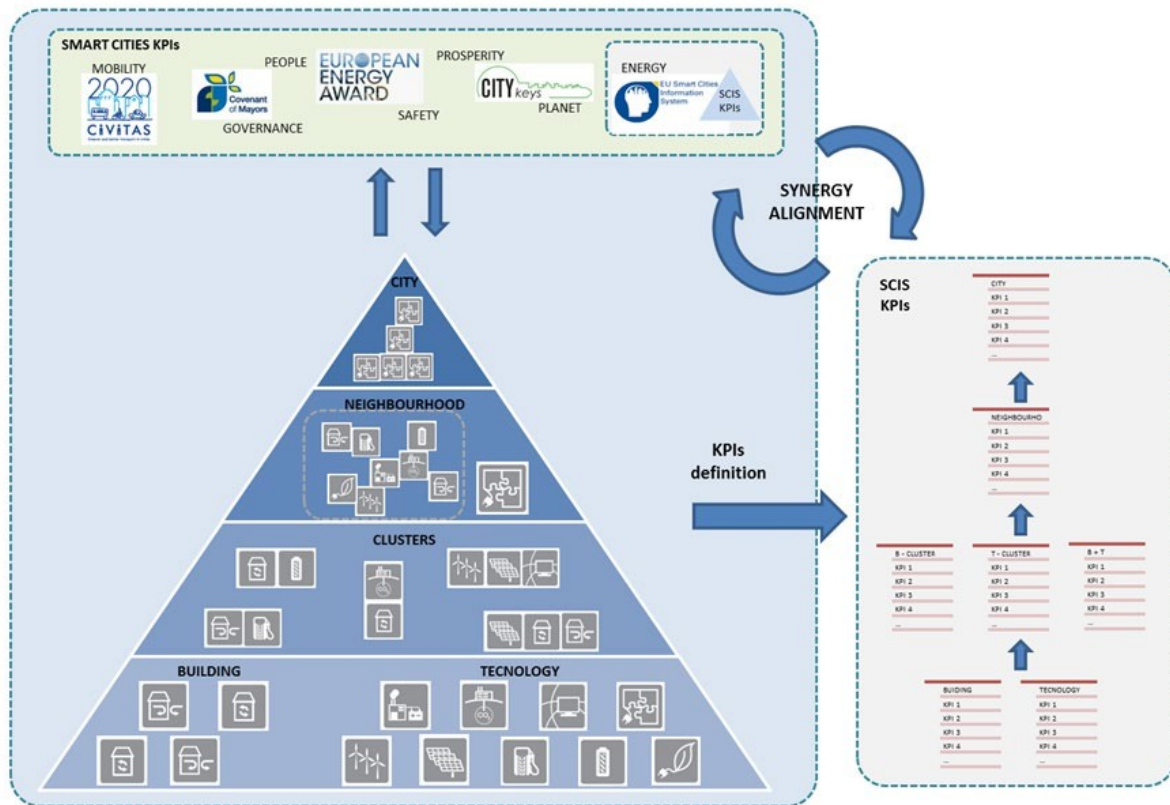
4.4.1. Kentsel enerji sistemlerinde dijitalleşme için etki değerlendirme çerçeveleri

Son on yılda, birçok girişim akıllı şehir çözümlerinin etkisini değerlendirmek için farklı izleme ve değerlendirme çerçeveleri önermiştir. [CITYKEYs projesi \[105\]](#) halihazırda çok sayıda girişimi ve çerçeveyi derlemiş ve değerlendirme için göstergelerin uyumlaştırılmasını teşvik etmiştir. Veri, deneyim ve know-how alışverişinde bulunmak ve akıllı şehirlerin oluşturulması konusunda işbirliği yapmak için bir bilgi platformu olan Akıllı Şehirler Bilgi Sistemi (SCIS), CityKeys ve diğer bazı girişimlerden yola çıkarak değerlendirme için bir çerçeve ve göstergeler geliştirmiştir. SCIS, farklı 'akıllı şehir projelerinden' farklı birleştirme seviyelerinde (örneğin bina, bina kümesi, enerji tedarik birimi, enerji tedarik birimi kümesi, mahalle) KPI'lar toplamaktadır. Üst seviyelerdeki bazı KPI'lar alt seviyelerin basit bir şekilde toplanmasıyla hesaplanabilirken, diğer bazı KPI'lar her seviyeye özgüdür.



Dijitalleşmenin değerlendirilmesi için **SCIS çerçevesine dahil edilen bilgiler ve KPI'lar**, akıllı şehir projelerindeki farklı dijitalleşme eylemlerinin teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal performansına ilişkin iyi bir genel bakış sağlayabilir. Bununla birlikte, [Akıllı Şehirler Pazaryeri](#)'nde [106] bulunan mevcut veri tabanından elde edilen gözden geçirilmiş bilgiler, **dijitalleşmenin etki değerlendirmesine izin vermek için hala yeterince sağlam değildir**.

Alternatif olarak, dijital çözümlerin sağladığı potansiyel karbon azaltımının ve bununla birlikte gelebilecek yan faydaların (sosyal yapı, sosyal refah, ekonomi vb. için yan faydalar) net bir şekilde gösterilmesi için farklı çözümlere ilişkin genel yorumlarla birlikte Akıllı Şehir projelerinden vaka çalışmalarının bir incelemesi yapılmıştır.



Şekil 11 : 10 SCIS gösterge çerçevesi gelişimi [106].

4.4.2. Mobilite sektöründe dijitalleşmenin etkileri

Mobilite sektöründe, şehirlerdeki dijitalleşmenin önemli bir ekonomik etkisi, otonom araçların ortaya çıkmasıyla maliyetin düşmesi olacaktır; bu da Hizmet Olarak Mobilite'nin (MaaS) özel araç sahipliğinden %40'a kadar daha ucuz olmasıyla sonuçlanabilir [107]. Brüksel'deki [Volvero](#) [108], Trentino'daki [OpenMove](#) [109] veya Biot'taki [Instant System](#) [110] gibi uygulamalar halihazırda mülk yerine araçların kiralanmasını ve paylaşılmasını teşvik etmektedir.



Elektrikli mobilité, şehirlerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesi ve ayrıca toplam CO₂ emisyonlarının azaltılması için kilit öneme sahiptir. Elektrikli araçların (EV) performansını **dijitalleşme yoluyla** iyileştirmek için de birçok fırsat vardır ve bu da ekonomik ve sera gazı tasarrufu sağlar. Elektrikli halk otobüsleri, eko-sürüş modellerini belirlemek ve daha uzun batarya ömrü elde etmek için özel yazılım ve sensörler kullanarak **enerji kullanımlarını %10 ila 15 arasında azaltabilir.** Valensiya'da [MAtchUP projesinde \[111\]](#) uygulandığı gibi **akıllı yük yönetimi ve akıllı şarj istasyonları, bina düzeyinde elektrik talep yönetimi hizmetleri sağlamak için araç bataryası depolamayı kolaylaştırabilir, en yüksek talebi azaltabilir ve merkezi olmayan elektrik üretiminin entegrasyonuna yardımcı olarak hem finansal hem de sera gazı faydaları sağlayabilir.**

Akıllı bisikletler [112] veya bisiklet paylaşımı [54] gibi dijital olarak etkinleştirilmiş yeni hizmetler de vatandaşlar için mobilité maliyetlerinde tasarruf sağlayabilir. [Kargo bisikletleri \[113\]](#) de büyük eşyaları araba yerine bisikletle teslim etme imkanı sunmaktadır.

Floransa'nın Akıllı Şehir Kontrol Odası veya San Sebastian Akıllı Hareketlilik Platformu ([REPLICATE projesi \[114\]](#)) gibi **veri platformları, bir şehrin hareketlilik sorunlarının daha iyi anlaşılmasını sağlar ve şehirdeki genel hareketlilik maliyetlerini ve sera gazı emisyonlarını azaltan yönetim stratejileriyle sonuçlanır.**

Hareketliliğin sosyal etkileri çok çeşitlidir. Dijitalleşme, şu anda daha zor erişime sahip olan topluluklar da dahil olmak üzere, daha verimli ve sürdürülebilir bir mobilitéye uygun fiyatlı erişimi kolaylaştırmalıdır. Bununla birlikte, **farklı yaklaşımlara ve mobilitéye erişime sahip sosyal gruplar arasında daha fazla bölünme riski bulunmaktadır.** Özellikle potansiyel sosyal dezavantajları olan kentsel alanlar için mobilitenin dijitalleştirilmesi kullanım kolaylığı, esneklik, güvenlik, seyahat süresi ve karşılanabilirlik gibi hususları dikkate alınmalıdır. Dijitalleşmenin mobilitéye getirdiği ilerlemelerin vatandaşlar arasındaki sosyal ve ekonomik engellerin kaldırılmasına katkıda bulunabilmesini sağlamak için kamu-özel sektör anlayışına ve mobilité çözümlerine yönelik ortak yaklaşımlara ihtiyaç duyulacaktır.

Dijitalleşmenin mobilité sektörüne getirdiği yıkıcı değişiklikler, örneğin otonom sürüşün ortaya çıkmasıyla ticari sürücüler için muhtemelen iş kayıpları anlamına gelecektir. İşlerin adil bir şekilde yeniden dağılımının sağlanması önemlidir. Yeniden beceri kazandırma, halkın katılımı, farkındalık ve eğitim çalışmaları, bu geçişi etkin bir şekilde yönetmesi gereken paydaşlar tarafından yaygın bir şekilde benimsenmelidir [\[115\]](#).

4.4.3. Dijitalleşmenin inşaat sektöründeki etkileri

Yapı sektöründeki dijitalleşme, tasarım ve inşaat aşamalarından işletme ve bakıma kadar inşaatın tüm yaşam döngüsü aşamalarını etkilemektedir. Örnek olarak, şu anda tasarım ve inşaat aşamalarında giderek daha fazla kullanılan BIM, sensör tabanlı sistemlerle daha da güncellenebilir.



bilgiler, **işletme ve bakım aşamaları boyunca performansı optimize edebilecek** bir binanın dijital ikizlerini oluşturur.

Açıklanan kentsel enerji sistemi çerçevesiyle ilgili olan bu bölüm, dijitalleşmenin bir binanın işletme aşaması üzerindeki etkisine ve özellikle de enerji ve maliyet tasarrufu için dijitalleşme potansiyeline ve bununla ilişkili çevresel ve sosyal etkilerine odaklanacaktır.

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yapılan genel bir küresel değerlendirmeye göre, **dijitalleşme konut ve ticari binalardaki toplam enerji kullanımını 2040 yılına kadar yaklaşık %10 oranında azaltabilir [36]**. Bununla birlikte, dijitalleşmenin getirdiği yeni hizmetler ve konforların yanı sıra atıl cihaz ve aletlerin daha fazla bekleme gücü kullanması, potansiyel tasarrufları dengeleyebilir. Bu genel rakamın ötesinde, dijitalleşmenin farklı bina türlerini ve bina sakinlerini nasıl etkilediği konusunda büyük bir belirsizlik vardır.

Akıllı Şehir projelerinin incelenmesinden, bireysel dijitalleşme araçlarının etkisine ilişkin bazı tahminler çıkarılmıştır. **Vatandaş katılımı için sadece enerji kullanımının görselleştirilmesini sağlayan özel platformların ([CITYFIED projesi \[103\]](#), Soma ve Lund demo siteleri) kullanımından yaklaşık %5 enerji tasarrufu elde edildiği tahmin edilmektedir**. Benzer sonuçlar, insanların alışkanlıklarını değiştirerek Dubai'nin elektrik ve su tüketiminde %2 ila %3 arasında bir azalma elde ettiği [DEWA'daki Yaşam Programım Sürdürülebilir \[104\]](#) tarafından da bildirilmiştir.

Bina tipleri, bina sakinleri, bina enerji sistemleri ve uygulanabilecek enerji yönetim stratejileri arasındaki kombinasyonların çeşitliliği, bina yönetim sistemlerinin uygulanmasına ilişkin bir etki değerlendirmesi yapılmasını çok zorlaştırmaktadır. [Al-Ghaili ve diğerleri . \[102\]](#) tarafından yapılan incelemede, **en optimize kontrol yönetiminde %30 gibi yüksek bir tasarruf potansiyeline ulaşılacağı, daha basit yönetim sistemleriyle ise %10 tasarruf sağlanabileceği** belirtilmektedir. [REMOURBAN \[63\]](#) projesinin Valladolid sahasında ise **ev enerji yönetim sisteminden %5-7 oranında daha az bir tasarruf sağlandığı rapor edilmiştir**.

[CityFied \[103\]](#) projesi için Lund demo sahasında yapıldığı gibi, **veri toplama ve analiz yoluyla bölgesel ısıtma ağının kontrolünün optimize edilmesiyle de tahmini %10 tasarruf elde edilebilir**.

4.4.4. Dijitalleşmenin entegre altyapı üzerindeki etkileri

Dijitalleşme, elektrik ve ısı yüklerinin yönetiminde yıkıcı değişiklikler yapabilir, enerji esnekliğini ve değişken yenilenebilir enerjinin şebekeye potansiyel entegrasyonunu destekleyebilir.



Elektrikli araçların akıllı şarjı, esneklik piyasasının en önemli oyuncusu olacak ve kullanıcılar, elektrik maliyetinin en düşük olduğu zamanlarda şarj etmeyi seçebilirlerse şarj maliyetlerinden tasarruf edebileceklerdir. Elektrikli araç şarjının öz tüketim için PV sistemleri ile kombinasyonu ve V2G (Araçtan şebekeye) de esneklik piyasalarını etkileyecek önemli eğilimlerdir.

Bölgesel ısıtma ve soğutma şebekelerinin talep ve arzı birbirinden ayırma potansiyeli de çok büyüktür ve yeni bölgesel şebekelerin ekonomik olarak uygulanabilirliği için bir gerekçe oluşturabilir. Groningen'de ([MAKING-CITY \[47\]](#) projesi) **bölge ölçeğinde talep yanıt yönetimi stratejilerinin enerji maliyetlerini %30 oranında azaltma potansiyeline** sahip olduğu tahmin edilmektedir.

Bireysel binalar için, özelliklerine, bina bileşenlerinin U değerlerine ve iklim koşullarına bağlı olarak, ısı **pompaları tarafından sağlanan ısıнын %17,6 ila %35,3'ü esneklik potansiyeline sahip olabilir [19]** ve bunun yönetimi hem nihai kullanıcılara hem de şebekeye fayda sağlayabilir.

Ev enerji yönetim sistemleri de esnekliği yönetmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Sabit bataryalar, çatı üstü FV sistemleri ve ısı pompaları ile birleştirildiğinde, bunlar, çoğu enerji toplulukları aracılığıyla olmak üzere, nihai tüketicileri enerji esnekliği piyasasında önemli aktörler haline getirecektir. Bu enerji topluluklarının enerji değer zincirinin farklı bölümlerindeki rolü, şu anda esas olarak paylaşılan tedarik, öz tüketim veya P2P ticareti yoluyla, esneklik piyasalarındaki operasyona aşamalı olarak genişletilecektir.

4.4.5. Verilerin enerji kullanımı

Kentsel enerji sistemlerindeki tüm sektörlerde **dijitalleşme, büyük miktarda verinin toplanmasını ve yönetilmesini gerektirmektedir**. Veri düzenlemelerinin ötesinde, veri toplama ve işleme yöntemlerini sürekli olarak iyileştirmek için farklı aktörler tarafından veri stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Veri erişilebilirliğini ve açıklığını **en üst düzeye çıkarmak, tüketicilerin, profesyonel tüketicilerin, TSO'nun ve genel olarak özel ve kamu sektörünün, veri erişilebilirliği için mevcut varsayıları kapalıdan açığa çeviren "varsayılan açık" ile en iyi uygulamaları takip etme konusunda hemfikir olması gereken çok önemli bir konudur [3]**. Çoğu kentin benimsediği bir ilke olarak, ne kadar çok Açık Veri sağlanırsa, topluluk o kadar çok yeni içgörü yaratabilir ve kenti daha akıllı hale getirebilir [62]. Bu ilke, verilerin açıklığının ilke olarak daha fazla enerji, çevresel ve ekonomik tasarrufla doğrudan ilişkili olacağı kentsel enerji sistemlerine uygulanabilir.

Dijitalleşmenin doğasında olan veri kullanımının doğrudan çevresel ve ekonomik etkileri de vardır. Bunun en açık örnekleri veri iletim ağlarının ve veri merkezlerinin enerji talebi ile sensörlerin, aktüatörlerin ve IoT cihazlarının enerji gereksinimleriyle ilgilidir.



Veri merkezleri ve iletim ağlarının enerji kullanımıyla ilgili olarak, **küresel internet trafiği son yıllarda** artarken (2020'de %40'tan fazla), enerji verimliliğindeki hızlı gelişmeler elektrik kullanımını oldukça sabit tutmayı başarmıştır. **Veri merkezleri ve iletim** ağlarının her biri **küresel elektrik kullanımının yaklaşık %1'ini** oluşturmaktadır. Ancak veri kullanımının çoğu, 2022 yılında küresel tüketici internet trafiğinin %87'sini oluşturması beklenen video akışı ve oyunlardan kaynaklanmaktadır [116].

Enerji sistemiyle ilgili olarak işlenen veri miktarı, bu büyük veri akışlarıyla karşılaştırıldığında nispeten çok küçüktür. Örnek olarak, **Barselona şehri için günlük tahmini veri üretimi yaklaşık 8 GB'tır** ve çoğunlukla Akıllı Şehir ağı üzerinden aktarılması gereken enerji ve kentsel parametrelerin izlenmesine karşılık gelmektedir [117].

Bu, **Orta ve Doğu Avrupa'da her bir akıllı telefon için kullanılan ortalama 9,9 GB ile karşılaştırıldığında çok mütevazı bir veri miktarı olarak kabul edilebilir** [118]. Her halükarda, kentsel enerji sistemleriyle ilgili veriler diğer veri süreçlerine kıyasla nispeten küçük olsa bile, kendileri de kentsel enerji sistemlerinin bir parçası olarak değerlendirilebileceklerinden, ağlar ve veri merkezlerinin enerji kullanımına dikkat edilmelidir. "[Veri merkezleri için davranış kuralları](#)" [119] gibi girişimlere bağlı kalınması ve veri merkezlerinin hem yenilenebilir enerji elektrik kullanıcıları hem de bölgesel ağlar için atık ısı üreticileri olarak kentsel enerji sistemine daha fazla entegre edilme potansiyelinin araştırılması.

Sensörlerin, aktüatörlerin ve IoT cihazlarının enerji gereksinimleri ile ilgili olarak, verimli iletişim protokolleri aracılığıyla ilgili enerji kullanımlarını azaltma konusunda ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, tüketimleri hala geçerli olabilir. Örneğin, [Gray arkadaşları](#) [120] ve ev enerji yönetim sistemleri için ev ve yıl başına 1.460 kWh ile 289 kWh arasında değişen değerlerde çok büyük bir enerji kullanımı tahmin etmiştir ve bu da muhtemelen tüm potansiyel enerji ve çevresel faydaları dengeleyecektir. Bu nedenle, enerji tüketimini optimize etmek ve azaltmak ve IoT ağlarının ömrünü uzatmak için IoT ağlarında enerji tasarrufu ve yönetimine odaklanan Yeşil IoT ilkelerini içeren standardizasyon ve politikalara açık bir ihtiyaç **vardır** [121].

5. Öğrenme Süreçleri & Bilgi Paylaşımı

"Kentsel Enerji Sistemlerinin Dijitalleştirilmesi" konulu bu araştırma, **Outlook 2025'in geliştirilmesi süreci boyunca katılımcı bir yaklaşım izlemektedir**,



2030 ve 2040. Farklı uzmanlardan (hem teoriden hem de pratikten) öğrenme, çevrimiçi dijital forum, atölye çalışmaları, görüşmeler ve çeşitli Akıllı Şehirler ve Topluluklar projelerinin sonuçlarına ilişkin derin literatür taraması, çok yönlü öğrenme ve bilgi ve deneyim paylaşımı için zemin hazırlamaktadır. Bu yapıya uygun olarak, ağırlıklı olarak bilgi ve deneyim paylaşımı kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler iki grupta sınıflandırılmıştır: i) SCC projelerinden gönüllülerle yapılan görüşmeler ve ii) 2040 yılına kadar senaryoların oluşturulmasına yönelik öngörü egzersizleri olarak düzenlenen atölye çalışmaları.

5.1. Gönüllülerle görüşmeler

SCC projelerinde geliştirilen dijital araçları ve teknolojileri belirlemek için literatür taraması yapılırken, bu projelerde kullanılan araçların engellerini, kolaylaştırıcılarını, etkilerini, boşluklarını ve iş modellerini anlamak için çeşitli sorular ortaya çıkmıştır. Aşağıdaki sorular iki SCC projesinden gönüllülere yöneltilmiştir.

1. Vatandaşları dijitalleştirilmiş enerji sisteminin çekirdeğine nasıl dahil ediyorsunuz? Veri sağlayıcıları olarak mı? Ortak planlayıcılar olarak?
2. Vatandaşları enerji dönüşümüne dahil etmenin bir yolu olarak dijitalleşmeyi (şehir/enerji hizmetleri/altyapı) nasıl kullanıyorsunuz?
3. Projelerinizde kentsel enerji sistemlerinin dijitalleşmesinden türetilen veya buna dayanan uygulanabilir iş modelleri nelerdir?
4. Şehirler (kentsel) enerji sistemlerinin dijitalleşmesine yönelik yatırımları yönlendirmek için hangi araçlara sahip? Bildiğiniz herhangi bir örnek var mı?
5. Projelerinizde kentsel enerji sisteminin dijitalleşmesinin önündeki ana engeller nelerdir ve potansiyel çözümler nelerdir?
6. Enerji dönüşümünü hızlandırmak / kolaylaştırmak için şehirler olarak çalışmalarını desteklemek için hangi verilere erişmek isterler (şu anda kendileri için mevcut olmayan veya genel olarak mevcut olmayan)?
7. Projelerinizde kentsel enerji sisteminin dijitalleşmesinin veri, koordinasyon/yönetişim, kapasite, finansman, riskler ve benzeri açılardan sınırlamaları nelerdir?
8. Sizce dijitalleşmenin gerçekleşmesi için alınması gereken önlemler neler olmalıdır?
9. Kamu Kurumlarının yeşil ve dijital becerilerini geliştirmeleri için herhangi bir eğitim programı / programı var mı?



Maalesef bu soruların cevapları gönüllülerden toplanamamıştır. Önümüzdeki dönemde gönüllülerin daha işbirlikçi olması halinde sonuçlar bu rapora entegre edilecektir.

5.2. Vizyon belirleme çalışmaları

Vizyon belirleme çalıştaylarının amacı, gelecek için (kısa ve uzun vadede) kentsel enerji sistemlerinin dijitalleşmesini hayal etmek için sinerji oluşturmaktır. Outlook 2040 için çeşitli senaryolar ve hayaller oluşturmak için farklı alanlardan ve seviyelerden uzmanları bir araya getirmek çok önemlidir. Bu nedenle, KOBİ'ler, üniversiteler, RTO'lar, endüstriler, STK'lar, Yenilenebilir Enerji Topluluklarından enerji, mobilite ve ICT sektörlerinde uzmanlaşmış dış uzmanlar, çalışmaya davet edilmek üzere araştırma başlatılmadan önce belirlenmiştir.

"Vizyon belirleme çalıştay" olarak adlandırılan ilk Öngörü çalışması 1 Nisan 2022 tarihinde gerçekleştirilmiş ve 2040 yılında gerçekleşecek bir hikaye ile başlamıştır. Hikaye **[Adım 1]**, uzmanları kentsel enerji sistemlerini kullanarak (arzdan entegre altyapılara ve talep tarafına doğru) bu geleceği hayal etmeye (2040 için bir vizyon belirlemeye) yönlendirmektedir. Bir süre sonra kolaylaştırıcı, katılımcıların vizyonlarını şekillendirmek için birkaç soru (aşağıdaki gibi) yöneltir.

Adım 1 - Gelecek Anlatıları - Vizyonunuz nedir?

Lütfen gözlerinizi kapatın.

2040 yılında olduğunuzu ve "akıllı bir şehirdeki" "akıllı evinizde" olduğunuzu hayal edin. Güneşli bir gün ve sabah kahvesi yapacaksınız. Kahve makinesinin düğmesine bastınız ve **hmm enerji nereden geliyor? Kaynağı nedir?** Sonra, çok fazla boş zamanınız olmadığını fark ettiniz ve dışarıda bazı arkadaşlarınızla buluşmak için evden çıktınız. **Nasıl seyahat ediyorsunuz?** Bir şehir parkında buluşuyorsunuz. Her yer yemyeşil; doğanın (kentsel doğal ortamın) içinde sakinsiniz ve gülümsüyorsunuz.

- Orada herhangi bir teknoloji öngörüyor musunuz?
- Nasıl bir 2040 hayal ediyorsunuz?
- Ne tür enerji sistemleri kullanıyorsunuz? Dijitalleştirilmiş özellikler var mı?
- Önümüzdeki birkaç on yıl içinde enerjinin tedariki, dönüştürülmesi, dağıtımı ve nihai kullanımına ilişkin gerçekçi kentsel enerji sistemleri neler olacak?

Katılımcılar siyah daireler üzerine notlar alarak ve bunları bulutların içine sürükleyerek bir vizyon belirlemeye çalıştılar. Bir sonraki adım, vizyona yönelik büyük adımları test etmek için bireysel yazma oturumudur **[Adım 2]**. Bunu yaparken, potansiyel boşlukları, engelleri, araçları, katılım stratejilerini, iş modellerini ve senaryolarının vizyon aracılığıyla beklenen etkisini anlamak için katılımcılara aşağıdaki sorular yöneltildi.



1. Bu gelecekteki kentsel enerji sistemine ulaşmak için olası bir yol ne olacaktır? Dijitalleşme kaçınılmaz mı? Bu gelecek dijitalleşmemişse (veya daha az dijitalleşmişse) - ilk senaryo ile karşılaştırmak mümkün mü?
2. Bu gelecek herkes için çalışan bir iş mi? Hangi yeni iş modellerine sahip olabiliriz?
3. Şimdiye kadar enerji verimliliği ve güvenliği için esas olarak arz tarafı yönetimi söz konusuydu. Peki ya son kullanıcı perspektifi? Talep tarafı gelecekteki sistemlere nasıl dahil edilir? Vatandaşları doğrudan kentsel enerji sistemlerine nasıl dahil edebiliriz?
4. Geliştirilen dijital araçların ve genel olarak dijital teknolojilerin boşlukları, engelleri nelerdir? AB dışından herhangi bir deneyim var mı?
5. Kentsel enerji sistemlerinin farklı sektörlerinde dijitalleşmenin olumlu etkileri neler olabilir? Risklerden kaçınmak için dijitalleşmenin olumsuz etkileri neler olabilir?

Her bir soruya ilişkin katkılar, katılımcılar tarafından belirlenen vizyonlar aracılığıyla yollar, iş modelleri, vatandaşların nasıl dahil edileceği ve engeller/boşluklar için radar diyagramlarında **Ek 3**'te görülebilir. Bir sonraki adım ortak vizyon için kümelemedir **[Adım 3]**. Katılımcıların tartışmalarındaki vizyonlardan birkaç ortak tema belirlenmiş ve 6 küme geliştirilmiştir: i) Otonom yerel enerji sistemleri, ii) insan merkezli yaklaşımlar, iii) daha fazla zeka, iv) bütüncül yaklaşım - kentsel enerji planlaması - döngüsellik, v) paylaşım ekonomisi ve vi) her şeyin dijitalleşmemesi (Tablo 4).

Son olarak, son adım 2040 için ortak bir vizyon beyanı belirlemektir. Katkılar aşağıdaki gibidir:

Tablo 4 : Çalıştay Vizyonunun Özeti

VİZYONLAR - Adım 1	VİZYON KÜMELERİ - Adım 3	VİZYON BEYANLARI - Sonuçlar
Öz tüketim	Otonom yerel enerji sistemi	- Kentsel enerji sistemi temiz, esnek, birlikte çalışabilir, verimli, güvenilebilir ve özerklikten vazgeçmeden tüm aktörler tarafından paylaşılabılır olacaktır. - Vatandaşlar kentsel enerji sistemine katılımcıdır
Mahalle Enerjisi		
Ortak RES üretimi		
e-Mobilite ve PV tabanlı şarj		
e-Mobilite ve rüzgar bazlı şarj		



BIPV ve yüksek kaliteli mimari tasarım		ve bilinçli kararlar alabilirler.
Görünür dijital teknoloji yok		• Şehirler, sektörleri ve sistemin farklı katmanlarını (veriler, vatandaşlar, paydaşlar dahil) birbirine bağlayan bütünsel bir şekilde şekillenmektedir.
Enerjinin döngüsellliği		• Dijitalleşmenin her yerde olması gerekmiyor ve her şey doğal görünüyor. Özerkliği elden bırakmadan.
Görünür ısıtma/soğutma sistemi yok		• Teknolojiler köle değil hızlandırıcıdır ve akıllı bir şekilde kullanılmaktadır.
Otonom e-mobilité		• Kentsel Enerji Sistemleri birkaç farklı katmandan oluşan bütüncül ve entegre yaklaşımlar olmalıdır - Süreç önemlidir ve farklı aktörler ekler.
Hologramlara dayalı etkileşim		• Şehirler bağlantılı sektörleri şekillendirir. Doğal yönler olarak dijitalleşme - insan merkezli yaklaşım.
Dijitalleştirilmiş doğal kaynaklar		
Uygun fiyatlı enerji		
Ev enerji sistemi yönetimi		
Eyleme geçirilebilir istihbarat ile bilgilendirilmiş kararlar ve seçimler	Daha fazla istihbarat	
Çevresel ayak izi farkındalığı		
Enerji Güvenliği		
Entegre ve insan merkezli enerji sistemleri	İnsan Merkezli Yaklaşım	
Bozulmamış doğal çevre		
Standart hareketlilik		
Dijital dünya yok	Her şey dijitalleşmiyor	
P2P enerji paylaşımı		
Enerji toplulukları	Paylaşım ekonomisi	
Paylaşılan e-mobilité		
Son mil		
Karbon Yakalama - ev bahçeleri	Bütüncül yaklaşım - Kentsel enerji planlaması - Döngüsellik	
Peyzaj / Kentsel Peyzaj entegre PV		

İlk çalıştayın sonuçlarını sunmak üzere 27 Nisan'da ikinci Vizyon Belirleme Çalıştayı düzenlendi. İlk çalıştayda belirlenen vizyonlar ve vizyon ifadelerinden yararlanılarak 2025, 2030 ve 2030 sonrası için senaryolar oluşturulmuştur.



2040 (Bölüm 6.2'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır). Bu araştırmaya dayanan üç senaryo dış uzmanlara sunulmuştur. **Üç senaryo arasında bir senaryoya öncelik vermek amacıyla bir oylama oturumu gerçekleştirilmiştir. "Açık, güvenilir, verimli dijitalleştirilmiş UES" olarak adlandırılan üçüncü senaryo uzmanlar arasında tanıtılmıştır.** Bu senaryo ile ilgili daha fazla bilgi Bölüm 6.2'de bulunabilir. Daha sonra dinleyiciler, belirledikleri senaryoya **veri, koordinasyon, kapasite, finans ve dijitalleşme açılarından** öneriler sunmaya yönlendirilmiştir. Sonuçlar, bu araştırma sonucunda elde edilen tanımlanmış tavsiyelerle birlikte Bölüm 7'de Gelecekteki tablo için tavsiyeler başlığı altında yer almaktadır. İki vizyon belirleme çalıştayının sonucunda katılımcılar hem bu araştırma hem de çalıştayların formatı için çok iyi geri bildirimler sağlamıştır. Geleceği hayal etmeye yönelik bir öngörü egzersizi, dış uzmanların kolayca beyin fırtınası yapmasına yardımcı oldu ve kendilerini sonuçlara ve tavsiyelere ulaşmaya adanmışlar.



6. Dijitalleşme Enerji Görünümü 2025, 2030, 2040'a götürüyor

6.1. Gelecek için boşlukları doldurun

Kentsel alanlarda yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasının önündeki itici güçler ve engeller Tablo 5'te özetlenmiştir. Dijital teknolojilerin bazı engellere katkıda bulunma potansiyelleri de çözüm örnekleriyle birlikte belirtilmiştir.

Tablo 5 : YE'nin uygulanmasının önündeki ana itici güçlerin ve engellerin özeti [122]; [[[126][123]; 124]; 125]; ; 127]; [128].

	Sürücüler	Engeller	Dijital fırsatlar
EKONOMİK	İş modelleri: YE'ye yatırım ile teşvik edilir avantajlı modelleri (örn. vergi, yönetmelik, hibeler, kotalar, sübvansiyonlar, ticaret).	İnovasyon: Olası yeni keşifler için molalar mevcut YE'ye yatırım teknolojiler: yeni bir bileşeni veya daha uygun bir mevcut olanı kullanmanın yolu geçmiş yatırımları yapabilir yararsız ve olarak kabul boşa gitti.	Dijital araçlar şunlar olabilir YE'yi teşvik etmek için kullanılır aracılığıyla yatırımlar platformlar (örn. Solar Bir Hizmet Olarak Messukeskus Solar Enerji Santrali[129])
	Tarife garantisi: Elektrik hizmetleri ödemek zorunda piyasa fiyatlarının üzerinde RE için.	Rekabet Gücü: Olmayan-yenilenebilir kaynakları enerji genellikle finansal yavaşlatan avantajlar YATIRIMLAR.	



SOSYAL	Adalet: Prosedürel ve dağıtımsal adalete saygı duymak (adil planlama ve maliyet/fayda paylaşımı) YE projelerinin toplumsal kabulünü artırır.	Peyzaj: YE'nin görsel etkisi genellikle vatandaşlar tarafından reddedilmektedir.	Tiran'daki BiblioTech _projesi[130] veya Barcelona'daki Connectem, internet ve bilgisayar kullanımı için bir alan sunmanın yanı sıra nasıl kullanılacağını öğretmek sosyal uçurumları azaltmaktadır.
	Yeni iş fırsatları: YE endüstrisi yeni iş fırsatları ve yerel olarak ilgili vergi/gelir artışını temsil etmektedir.	Katılımcılık: Tüketicilerin tüketimlerini ve enerjilerinin kaynağını yönetebilmeleri için veri erişiminin olmaması.	Gent'teki De Energiecentrale [131] (The Energyhub), enerji verimliliği konusunda tavsiye ve rehberlik için tek durak noktasıdır. Bu sayede 660 yeni iş yaratılmıştır.
	Yaşam kalitesi: Daha yüksek bir yaşam kalitesi genellikle daha yüksek enerji ihtiyacına ve esnekliğine yol açar.	Farkındalık: Son kullanıcılar her zaman YE potansiyeli ve mevcut finansal yardım hakkında bilgi sahibi değildir.	Helen [132], Suylahti bölgesi platformunda üretim ve tüketim bilgilerini herkes için anlaşılabilir bir şekilde anlatan kamu hisselerine sahip bir enerji kuruluşudur.
	Enerji demokrasisi: Kendi enerji arzını ve kullanımını kontrol etme talebi artmaktadır.	Geleneksel enerji endüstrisi: Fosil yakıt piyasası genellikle bir ülkenin gelirinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bundan vazgeçilmesi, hükümet tarafından toplanan ilgili vergileri azaltacaktır.	OurPower [91], vatandaşların kendi enerjilerini satmalarına ve komşularından satın almalarına olanak tanıyan bir enerji kooperatiftir.



POLİTİK	Uzun vadeli politikalar: Uzun vadeli stratejiler sürdürülebilir enerji sisteminin geliştirilmesine yardımcı olur ve araştırmayı teşvik eder.	Endüstri: Birçok endüstri fosil yakıtlara dayanmaktadır ve politika oluşturma sürecinde güçlü bir etkiye sahiptir.	Nantes Enerji Veri Laboratuvarı [95] kentin talep ve kümelerini haritalayan binalardan elde edilen veriler ve ayrıca bir karar yardımcısını desteklemek için DHN aracı (operatörler için, optimizasyon için vb.).
	Kotalar: Elektrik üreticilerinin belirli bir kısmının yenilenebilir kaynaklardan geldiğini gerekçelendirme zorunluluğu.	Liderlik: Davranış değişikliklerini ve YE sistemlerinin geliştirilmesini teşvik etmek için politika yapımcıların motivasyon eksikliği.	
TEKNİK	Coğrafya: Kaynakların varlığı (rüzgar, güneş, hidro ve jeotermal) YE üretiminin gelişmesini sağlar. Hibrit sistemler: YE sistemleri genellikle hava koşullarına bağlıdır. İki kaynağın kombinasyonu kesintileri telafi edebilir ve yeni YE'nin geliştirilmesini teşvik edebilir.	Coğrafya: Kaynakların yokluğu (rüzgar, güneş, hidro ve jeotermal) YE üretiminin gelişmesini engeller. Üretim sistemi: Üretimi olmayan mevcut altyapılar (örneğin hidroelektrik üretimi olmayan barajlar) mevcut YE kaynaklarının bir kısmını azaltır.	Windcentrale [133] gibi platformlar, evinizin yakınında olmasa bile YE üretimine yatırım yapmanıza yardımcı olabilir.
	Dijitalleşme: Enerji sistemlerinin etkinliğini artıran daha iyi kontrol ve yönetim sağlar.	Beceriler: Teknik beceri ve nitelikli insan gücü eksikliği YE sistemlerinin yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır.	Dijital eğitim ile bu engeller ortadan kalkabilir. City As a platform [57] gibi işbirliğine dayalı platformları, daha düşük kaynaklara sahip şehirlerin daha büyük şehirlerle bilgi ve birikim alışverişinde bulunmasına olanak tanır.



	Akıllı tasarımlar: Akıllı teknolojiler elektriğin daha iyi kullanılmasını sağlayarak YE sistemlerinin genel verimliliğini artırır ve gelişimi teşvik eder.	Kesintiler: YE her zaman şebekeye bağlı değildir ve üretim verimli bir şekilde kullanılamaz.	Akıllı şebekeler veya depolama optimizasyonu [63].sayesinde kesintiler azaltılabilir
ÇEVRESEL	Karbonsuzlaştırma: YE yoluyla enerji üretimi daha düşük karbon ayak izine ve iklim değişikliği üzerinde daha az etkiye sahiptir.	Yan etki: Yeni YE tesislerinin (örneğin hidroelektrik) uygulanması, ekosistemlerin tahrip edilmesi (sel) gibi çevresel endişeleri artırır.	E-atık ve YE ve dijital araçların malzemelerinin yaşam döngüsü dikkate alınmalıdır. Akıllı atık teknikleri vatandaşları bilgilendirmek ve atıkların etkisini azaltmak için de kullanılabilir. Daha fazlası için buraya bakınız [134]
	Geri dönüşüm: Geri dönüşüm sürecindeki yüksek gelişmeler, yakma tesislerine kıyasla YE'nin çevresel faydalarını artırmıştır.	Malzemeler: Temiz enerji teknolojileri, özellikle rüzgar ve güneş enerjisi, mineral talebini ve maden çıkarma yükünü artırmaktadır.	
* Ana itici güçler ve engeller, kentsel enerji sistemlerinin tedarik zincirine göre kategorize edilmiştir. Her bir adım, tabloda gösterildiği gibi kendi bireysel rengine sahiptir: Birincil enerji (arz), Entegre altyapı (dönüşüm), Nihai enerji (talep), Kesit			



(a)



(b)



Şekil 12 : Tablo 5'e göre yenilenebilir enerji sistemlerinin itici güçleri (a) ve engelleri (b).



6.2. Görünüm 2025, 2030, 2040

Dijitalleşmenin kentsel enerji sistemlerindeki potansiyel etkileri şu anda çok belirsizdir. Raporda da belirtildiği üzere, veri, kamu ve özel sektörler arasında koordinasyon ve entegrasyon, bilgi ve kapasite, finans, vatandaş katılımı gibi farklı konularda çeşitli sınırlamalar ve engeller bulunmaktadır. Vatandaşların, özel sektörün ve kamu sektörünün kentsel ortamlarda dijitalleşmeyi benimsemek ve uygulamak için izleyebileceği çeşitli yolları tartışmak ve potansiyel sonuçları ve etkileri tanımlamak için, bu bölümde 2025, 2030 ve 2040 için bir görünüm sunmak üzere bir senaryo yaklaşımı kullanılmıştır.

Bu görünümünden, 2^{nci} çalıştaydaki girdilerle desteklenerek en çok arzu edilen senaryoya doğru ilerlemeye yönelik tavsiyeler çıkarılacak ve sonuç bölümünde Enerji Sisteminin Dijitalleşmesine ilişkin AK Eylem Planına bir girdi olarak özetlenecektir.

Aşağıdaki şekil, üç senaryoyu ve UES çerçevesinin her bir sektöründeki etkilerini özetlemektedir. Daha fazla ayrıntı her bir senaryonun açıklamasında bulunabilir.

		Scenario 1. Slow and reluctant digitalisation of UES.	Scenario 2. Private sector reaps digitalisation benefits	Scenario 3. Open, trusted, efficient digitalised UES
BUILDINGS (DEMAND AND SUPPLY SIDE)		Slow digitalisation due to concerns on data privacy, mistrust on AI, and difficulty of participation in energy markets. RES have been adopted but are not being optimised	Private companies have service contracts in most buildings, and have optimised efficiency, renewable energy production and flexibility management , with no upfront costs for building owners.	SRI has triggered investments in buildings' digitalisation . Widely adopted solutions for renewable energy integration and participation in energy markets, including flexibility .
MOBILITY (DEMAND SIDE)		Traditional active mobility (cycling, walking) and car-free zones are increasingly adopted in cities. Digitalised mobility solutions are mostly used for public transport .	Cost effective private MaaS is displacing public transport. Complex management of urban mobility as the pace of digitalisation within the public sector is comparatively very slow .	Cities operate efficient urban mobility platforms . Very successful and cost effective MaaS solutions have been deployed and widely in use, together with multimodal solutions for public transport.
INTEGRATED INFRASTRUCTURE		Slow penetration of distributed storage and flexibility solutions , and low participation of citizens in energy markets .	ESCOs and large utilities have control of most of the UES through service contracts . They efficiently manage renewables, storage, flexibility assets .	Citizens fully participating in the energy market. High rate of distributed RES and storage , 100s GW flexible capacity in operation in cities.
CITIZEN ENGAGEMENT		Low	Medium	High
DATA AVAILABILITY AND DATA ACCESS		Low	Medium	High

Şekil 13 : Senaryo özeti



6.2.1. Senaryo 1. UES'in yavaş ve isteksiz dijitalleşmesi

Bu senaryoda, **sınırlı veri açıklığı ve değişimi ile vatandaşların veri gizliliği ve siber güvenliğe ilişkin endişeleri** söz konusudur. Dijital uçurum, karmaşık kültürel ve sosyoekonomik değişkenleri olan bir gerçekliktir ve toplumun bazı kesimleri, mobilite veya ev enerji sistemleri için dijitalleştirilmiş çözümleri benimseme konusunda açıkça isteksizdir.

Akıllı şehir "dijital ikiz" **konsepti**, şehir enerji planlaması ve yönetimi için kullanışlı değildir, çünkü **standardizasyon eksikliği**, sensörlerin ve cihaz platformlarının özel aktörler tarafından kendi protokolleriyle konuşlandırılmasına ve çoğunun özel erişime sahip olmasına ve açık olmamasına neden olmuştur.

- **Binalar**

2025 ve 2030 yıllarında bina sektörü için akıllı çözümlerin benimsenmesi konusunda yavaş ilerleme kaydedilmiştir. **Hane halkı, piyasadaki standartlaştırılmamış ve şüpheli enerji tasarrufu sunan birçok ürüne** güvenmemektedir. Net kılavuzların ve düzenlemelerin yokluğunda, sensörlerin, aktüatörlerin, veri aktarımının ve depolamanın enerji kullanımının, ürün malzemelerinin ve üretiminin diğer yaşam döngüsü etkileriyle birlikte, vatandaşlar tarafından kentsel enerji sistemindeki dijitalleşmenin potansiyel faydalarından daha ağır bastığından şüphelenilmektedir.

2040 yılına kadar tüm binalar akıllı ölçüm sistemine sahip olacak ve her kullanıcının enerji sistemine katılması için teknoloji gerçekten geliştirilecektir. Ancak akıllı ölçüm, IoT cihazları ve ev enerji yönetim sisteminin etkileşimi ve birlikte çalışabilirliği **optimize edilmediğinden, dijitalleşme** vatandaşlar için enerji ve maliyet tasarrufu **sağlamamıştır**. Akıllı Hazırlık Göstergesi (SRI) için daha iyi bir puanı haklı çıkarmak amacıyla kurulan mevcut çok sayıda marka ve platformun kullanımı kolay değildir ve kullanıcılara net faydalar sunmamaktadır. Ayrıca **veri gizliliğine ilişkin endişeler ve özel evleri yönetmek için yapay zekaya** duyulan **güvensizlik** de söz konusudur, bu nedenle konut sektöründe akıllı ölçümün ötesinde **dijitalleşmenin benimsenmesi yavaştır**.

- **Mobilite**

2025 ve hatta 2030'da şehirler, şehir içindeki hareketliliği iyileştirmek için verileri yakalama, işleme ve kullanma becerilerinden yoksundur ve kapasiteye sahip değildir. Akıllı **mobilité platformları nadiren uygulanmaktadır**, çünkü standardizasyon eksikliği birçok şehirde sensörlerin ve cihazların bir şekilde kaotik bir şekilde konuşlandırılmasına yol açmıştır, bunların çoğu özel veri erişimine sahiptir ve şehirden merkezi bir veri yönetimi yoktur. Olumlu bir özellik olarak, giderek daha fazla vatandaşın yürümeyi ve bisiklete binmeyi benimsemesi ve yerel yönetimlerin otomobilsiz şehir vizyonları için çalışmasıyla **aktif hareketliliğe** yönelik **tutarlı bir eğilim** vardır.



2040 yılına gelindiğinde, **az sayıda özel şirket**, çoğunlukla toplumun bazı kesimlerinde popüler olan otonom araçlara dayalı **Hizmet Olarak Mobilité (MaaS) uygulamasını** hayata **geçirmiştir**. Bunların otonom olmayan araçlarla ve toplu taşıma araçlarıyla bir arada bulunması, net Avrupa veya ulusal yönergelerin ve standartların yokluğunda, birçok yerel yönetim için yönetilmesi ve düzenlenmesi zordur. Bazı şehirlerde bu durum, **insan sürücülerin ve özellikle de iş kaybına uğrayan taksi şoförlerinin hak ve sorumluluklarıyla ilgili ek sorunlara ve protestolara** yol açmıştır. Araçsız şehirler hareketi büyümekte ve birçok kişi tarafından **şehirlerdeki** yaşam kalitesini iyileştirmek için en iyi seçenek olarak görülmektedir ve giderek daha fazla şehir, **kentsel alanlarda araçlara çok sınırlı erişim** ile aktif hareketliliğe doğru ilerlemektedir. Bu da vatandaşlar için daha fazla **kamusal alan ve yeşil alan** ile popüler çok modlu çözümleri benimseyen daha verimli toplu taşıma ile sonuçlanmaktadır.

- **Entegre Altyapı**

2025 ve 2030'da, öz tüketim için **dağıtılmış YEK çözümlerinin** (çoğunlukla PV) **hızlı bir alımı söz konusudur**. Ancak **dijitalleşme, vatandaşların küçük tesislerinin enerji piyasasına katılımını hâlâ desteklememiştir** ve P2P ticareti, sanal enerji santralleri ve esneklik hizmetleri sunan enerji topluluklarında yalnızca pilot deneyimler mevcuttur.

2040 yılına kadar yenilenebilir enerji tesisleriyle, bölgesel ısıtma şebekeleriyle veya konut dışı binalarla ilişkili **esneklik varlıklarından hâlâ yeterince yararlanılmamaktadır**. Talep toplayıcılar ve kullanıcılar verilere erişmekte ve bunları yönetmekte güçlük çekmekte, faydalarından tam olarak yararlanamamakta ve esneklik piyasasında rekabet edememektedir. Vatandaşlar için, vatandaşları güçlendirmeyi ve onları enerji piyasasında katılımcı yapmayı amaçlayan **birkaç platform vardır**, ancak **karmaşıktır ve maliyet-fayda belirsizdir, bu nedenle çok az vatandaş katılmaktadır**. **Vatandaşların depolama sistemlerine yaptığı yatırım hala küçüktür** ve bu da değişken YEK'in daha fazla yaygınlaşmasını engellemektedir.

6.2.2. Senaryo 2. Özel sektör dijitalleşmenin faydalarından yararlanır

Bu senaryoda veri sahipliği, ana faydalanıcılar olan ve verileri enerji sistemini iyileştirmek ve yenilenebilir enerji veya mobilité alanlarında yeni iş fırsatları yaratmak için kullanan birkaç (çoğunlukla özel) aktörde toplanmıştır. Çeşitli teknoloji ve araçların kullanılması ve vatandaşlara sunulmasıyla birlikte iş fırsatları ortaya çıkmaktadır. Dijitalleşme günlük hayatta mevcut olsa da ve ısı, elektrik veya mobilité maliyetlerini düşürmüş olsa da, her şey özel sektör aracılığıyla sunulduğundan ve vatandaşın tek rolü müşteri veya nihai kullanıcı olduğundan, faydalar hala birçok kişi tarafından açıkça görülmemekte veya anlaşılmamaktadır.



- **Binalar**

2025 yılında, giderek artan sayıda konut dışı binaya **EVD'ler ve kamu hizmetleri** tarafından yaklaşılmakta **ve daha sofistike enerji yönetim sistemleri kurulmaktadır**. Ayrıca bu binalara yenilenebilir enerji üretimi ve depolama yatırımları teklif edilmekte, talep tarafı **katılımı ve esneklik piyasalarına yeni başlayan bazı katılımlar** yoluyla enerji maliyetlerini düşürmek için **gelişmekte olan platformlara katılma** imkanı verilmektedir. Bu dijitalleşmenin faydalarının çoğu, bu EVD'ler ve kamu hizmetleri tarafından ve şebeke yönetimini iyileştirerek DSO'lar ve TSO'lar ile yaptıkları sözleşmelerden elde edilmektedir. Ev sektöründe, veri politikaları veya enerji kullanımı üzerindeki etkileri hakkında **çok şeffaf bilgilerin olmadığı** durumlarda **vatandaşlara sunulan çok çeşitli sensörler, aktüatörler, uygulamalar ve hizmetler** vardır. Bu durum, kentsel enerji bağlamında **dijitalleşmenin maliyetlerine karşı potansiyel faydalarının değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır**. Bunun üstesinden gelmek ve **2030 yılına kadar** konut sektörünün faydalarından yararlanmak için ESCO'lar **ve** kamu hizmetleri, **'Hizmet Olarak Isıtma' (HaaS) ve talep yönetimi** dahil olmak üzere eksiksiz **bir** enerji hizmeti sunan uzun vadeli sözleşmelerle bağlantılı yeni iş modelleri geliştirmektedir. Bu sözleşmeler kapsamında depolama çözümlerine ve yenilenebilir enerjilere yatırım yapmayı teklif ediyorlar, böylece iyi bir dağıtılmış üretim ve depolama portföyüne ve yükleri yönetebilmek için geniş bir enerji hizmeti sözleşmesi tabanına sahip olmaya başlıyorlar.

2040 yılına gelindiğinde, bina yönetimi, yapay zeka ile bağlantılı daha fazla sensör ve kontrol ile özellikle konut dışı binalarda genel enerji verimliliğini **gerçekten geliştirmiştir**. Bina sahipleri ve yöneticileri, çoğunlukla **büyük kamu hizmetleri ve ESCO'lar** aracılığıyla, ısıtma, elektrik ve talep tarafı yönetimi, yenilenebilir **enerji** üretimi ve depolamanın işletilmesi gibi binalardaki **farklı enerji hizmetlerini kapsayan** ve elektrikli araçların şarj edilmesiyle de bağlantılı olan hizmet sözleşmelerinden yararlanmaktadır. Bu şekilde, genellikle ön ödeme gerekmez **ve dijital çözümler ve yapay zeka geniş çapta uygulanır**. Binaların genel verimliliği genel **olarak iyileşmiş**, büyük enerji hizmet sağlayıcıları binaların enerji esnekliğinden gerçekten faydalanmış, enerji piyasasında talep tarafı toplayıcıları ile ortaklaşa faaliyet **göstermiştir**, çünkü **net bir düzenleme ve DSO'larla ilişki hala mevcut değildir**. Genel olarak, özel sektör ortak öz tüketim veya evler için esneklik yönetimi için iş modelleri yaratmış olsa da, vatandaşlar için faydalar genellikle küçük ve belirsizdir. **Esnekliğin doğrudan vatandaşlar veya enerji toplulukları tarafından kullanılmasına yönelik tam potansiyel henüz hayata geçirilmemiştir**.

- **Hareketlilik**

2025 ve hatta 2030'da özel sektör dijitalleşmenin faydalarından gerçekten yararlanacak ve Hizmet Olarak Mobilite için **platformların sayısı artacak**



(MaaS) ortaya çıkmıştır ve toplu taşıma ile kıyasıya rekabet etmektedir. **Kamu sektörü**, dijitalleşme ve özellikle çok modlu çalışma yoluyla toplu taşımanın **verimliliğini artırmaya** çalışmakta, **ancak** hızlı ve uygun maliyetli mobilite çözümleri arayan vatandaşlara ulaşacak **kaynak ve kapasiteden yoksundur**.

2040 yılına gelindiğinde, **özel şirketler çok rekabetçi fiyatlardan başlayarak özel ve paylaşımlı mobilite için mümkün olan her türlü seçeneği sunduğundan, toplu taşıma ağları düşüşe geçecektir**. Sıklıkla otonom araçlara dayanan MaaS norm haline gelmiş ve genel olarak mobilite maliyetlerini düşürürken, özel şirketler için kazançlı bir iş modeli ortaya çıkarmıştır. Şehirler bu değişikliklerle başa çıkmakta ve şehir içindeki mobiliteyi yönetmekte zorlanmaktadır. Başta otobüs güzergahları olmak üzere bazı toplu taşıma ağlarını durdurmak ya da özel ve MaaS araçlarının şehrin bazı bölgelerine erişimini düzenlemek ve sınırlamak gibi zor kararlarla karşı karşıyadırlar.

- **Entegre Altyapı**

2025 ve 2030'da iş modelleri ortaya çıkmıştır, böylece **PV öz tüketim** kurulumları, **ısı pompaları (HaaS modelleri aracılığıyla)** ve **depolama çözümleri hızla uygulanmaktadır**. Mobilite hizmet sağlayıcılarının elektrikli araçlarıyla birlikte, şehirlerin enerji kullanımının büyük bir bölümünü yönetmeye başlayan büyük hizmet sağlayıcıları tarafından verimli bir şekilde yönetilmektedir.

2040 yılına gelindiğinde, **büyük ESCO'lar ve kamu hizmetleri, şehrin enerji kaynaklarının çoğunu kontrol etmekte**, talebin büyük bir bölümünü yönetmekte ve dağıtılmış depolama çözümleri, elektrikli araçlar, ısı pompaları ve bölgesel ısıtma ve soğutma ağları dahil olmak üzere büyük esnek kapasiteye **sahip olmaktadır**. Enerji piyasasında kentsel enerji sistemi esnekliğinden faydalanma konusunda çok başarılılar. Büyük MaaS sağlayıcılarının özel araç filoları, elektrikli araçları için optimize edilmiş çift yönlü şarj ağları kurmuş ve esneklik hizmetlerinin sağlanması için TSO ve DSO ile önemli anlaşmalar ve sözleşmeler yapmıştır. Bu durum, **bu büyük şirketlere ekonomik büyüme ve faydalar getirmiş**, daha fazla yenilenebilir enerji projesini ve depolamayı tetiklemiş ve genel olarak kentsel enerji sisteminin çevresel etkisi büyük ölçüde azalmıştır.

6.2.3. Senaryo 3. Açık, güvenilir, verimli dijitalleştirilmiş UES

Bu senaryoda, veri koruması, gizlilik ve güvenlik sağlanırken, evlerinde ve mobilitealarında enerji kullanımını ve enerji maliyetlerini azaltmalarına yardımcı olacak bilgilere sahip olan **vatandaşların temel faydalanıcılar olduğu iyi kurulmuş** bir veri **politikası vardır**. Ayrıca hem bireysel olarak hem de enerji topluluklarının bir parçası olarak enerji piyasasına profesyonel tüketiciler veya esneklik hizmetleri sağlayıcıları olarak aktif bir şekilde katılabilmektedirler. Kentsel enerji sisteminin verimliliğini artırmaya yönelik yeni iş fırsatları ortaya çıkmakta ve çok başarılı bir şekilde benimsenmektedir.



Hizmet olarak Mobilite (MaaS) veya Hizmet olarak Isıtma (HaaS) gibi örnekler. IoT, veri iletimi ve veri merkezleri için enerji verimliliği ve döngüsellik ilişkisi için açık düzenlemeler mevcut olup, bu düzenlemelere göre göreceli enerji kullanımları ve çevresel etkileri faydalarına oranla çok küçüktür.

Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nin (EPBD) her Üye Devlette binaların enerji performansına ilişkin veri tabanları oluşturma zorunluluğu, enerji planlama uygulamalarının iyileştirilmesi için önemli bir girdi olmuştur. Bu veri tabanları, özellikle dijital araçlar tarafından saatlik veya alt saatlik adımlarla toplanan gerçek enerji verilerini içerdiğinden, bina ve elektrikli araçlar için enerji kullanımını birleştirerek bina, bölge ve şehir düzeyinde potansiyel müdahalelerin değerlendirilmesine olanak tanır. Bu yeni veri tabanları, kentsel enerji sistemlerini planlamak, yerinde yenilenebilir enerji kullanımını en üst düzeye çıkarmak, kentsel enerji sistemi esnekliğini artırmak ve vatandaşlar için enerji hizmetlerinin toplam maliyetini azaltmak için güvenilir bir kaynak sağlar. Şehirler kapasite geliştirmeye yatırım yapmıştır ve dijital ikizler enerji planlaması ve yönetimi için değerli bir araç olduğunu kanıtlamaktadır.

- **Binalar**

2025 yılına kadar, ev enerji yönetim sistemleri ve dijitalleştirilmiş evler için pazar hızla büyümektedir. Birlikte çalışabilirliği, veri erişimini ve sahipliğini sağlayan yeni düzenlemeler, vatandaş katılımına yönelik engellerin aşılmasına yardımcı olmaktadır. Konut dışı binalarda verimlilik, elektrifikasyon ve dijitalleşmenin birleşimiyle hızla artmakta, bina enerji yönetim sistemleri talep tarafı müdahalesine ve yerinde yenilenebilir enerji üretiminin optimizasyonuna olanak sağlamaktadır.

2030 yılına gelindiğinde, binalar için Akıllı Hazırlık Göstergesi farkındalığının artırılmasında gerçekten etkili olmuştur ve enerji yönetim sistemlerinin yaygınlığı çok geniştir. **Dijital uçurum, büyük katılım ve güçlendirme kampanyaları ile büyük ölçüde aşılmıştır.** Konut dışı binalarda ve giderek artan bir şekilde evlerde enerji son kullanıcılarının çoğu dijitalleştirilmiştir. Akıllı ölçümün tamamlanan **yaygınlaştırılması** ve fiyatlandırmaya talep yanıtı sağlayan çok iyi geliştirilmiş **araçlarla** birlikte, evde enerjinin dijitalleştirilmesi vatandaşlar tarafından büyük ölçüde benimsenmiştir ve önemli tasarruflar sağlayabilir. HaaS (Hizmet olarak ısıtma) sunan **ESCO'ların ve** kamu hizmetlerinin çok **başarılı iş modelleri de** vardır, bu nedenle **esneklik yönetimi de dahil olmak üzere elektrifikasyon ve ısıtmanın dijitalleştirilmesinin tüm sinerjilerinden yararlanılmaktadır.**

2040 yılında, binalardaki neredeyse tüm enerji kullanımları, standartlaştırılmış iletişim ve aralarında ve tüm binalarda bulunan akıllı sayaçlarla birlikte çalışabilirlik ile dijitalleştirilmiştir. Talep tarafı yönetimi yoluyla maliyetler optimize edilebilir ve binalar, özellikle ısı pompaları ve depolamaya sahip olanlar olmak üzere esneklik hizmetleri de sağlayabilir.



Yapay zeka, enerji verimliliğini artırmada ve bu esneklik hizmetlerini sağlamada **önemli bir rol oynamaktadır**. Yapay zeka, insan merkezli bir yaklaşımı göz ardı etmemiştir ve özellikle konutlarda, vatandaş katılım araçları enerji farkındalığını yaygınlaştırmayı başarmıştır, böylece yapay zeka kontrollerini geçersiz kılmak için insan kararları bilinçli olarak verilmektedir.

- **Hareketlilik**

2025 yılında şehirler kapasite geliştirmeye yatırım yapıyor ve gelişmiş mobilite veri platformları mobilite planlama ve yönetimi geliştirmeye başlıyor. Kullanımı kolay mobil uygulamalarla desteklenen kâğıtsız **çok modlu** mobilite, çoğu Avrupa şehrinde **norm haline gelmektedir**.

MaaS pazarı, ortaya çıkan çeşitli araç paylaşım platformları ile **büyümekte** ve düzenleyici çabalar, paydaşlar arasında işbirliğini sağlamakta ve kullanıcı ihtiyaçlarını ve seçimlerini dikkate almaktadır.

2030 yılına kadar şehirler **açık mobilite verilerinden en iyi şekilde yararlanmakta ve 2040 yılı için sürdürülebilir bir mobiliteye giden yolu belirleyen Sürdürülebilir Kentsel Mobilite Planları** geliştirmektedir.

Kentsel alanlarda çok modluluk, farklı kamusal hareketlilik çözümlerinin kullanımını kolaylaştıran kullanımı kolay kamu araçlarıyla **başarılı olmuştur. Bunlar, özel MaaS çözümleri ve işbirliğine dayalı mobilite platformları ile bir arada var olmaktadır**. Otonom araçlar gerçeğe dönüşürken yapay zeka da önemli bir araç haline gelmektedir. Otonom araçların mobilite ekosistemine verimli bir şekilde geçişini sağlamak için veri kullanılabilirliği, erişimi ve alışverişine yönelik politikalar da dahil olmak üzere çok sayıda düzenleyici çalışma yürütülmektedir.

2040 yılında şehirler, dijitalleştirilmiş araçlardan, mobil ağ verilerinden ve şehir genelindeki sensörlerden elde edilen zengin verilerden beslenen mobilite platformlarını kullanarak mobiliteyi **optimize etmeyi** başarmıştır. Çeşitli şirketler tarafından sunulan **çeşitli akıllı elektrikli mobilite** çözümleri, dijital olmayan aktif mobilite (yürüme, bisiklete binme) ve toplu taşıma için çok modlu çözümlerle bir arada bulunarak sürdürülebilir bir eko-sistem oluşturmaktadır. Sistem, **mobilite platformunun dijital ikizinde** etkili bir şekilde yeniden üretilmekte, iyileştirmeler için tahminlerde bulunmaya ve hızlı kararlar almaya veya belirli mobilite sorunlarını çözmeye olanak sağlamaktadır. Otonom araçlar, siber güvenlik, veri gizliliği ve sorumluluk konularını çözüme kavuşturan etkili bir **şekilde** düzenlenmiş ve çok uygun maliyetli MaaS, daha iyi trafik yönetimi **ve** park alanının **aktif hareketlilik ve** şehir içinde **yeni yeşil alanlar** için serbest bırakılmasıyla özel araç sayısının azalmasına neden olmuştur.



- **Entegre Altyapı**

2025 yılında dijitalleşme, yenilenebilir enerji sistemlerinin ve esnek yüklerin kentsel enerji sistemleri aracılığıyla yönetilmesine yardımcı olmak için **hızla ilerlemektedir**. Çift yönlü şarj istasyonları, ek yatırımın çoğu kullanıcı için birkaç yıl içinde geri kazanılabilmesi nedeniyle son derece popüler hale gelmektedir. **2030 yılına gelindiğinde, vatandaşların** bina ve elektrikli araç şarjının ortak yönetimi yoluyla genel enerji kullanımlarını optimize etmek için **platformlara aşına olmaları** yaygındır. **Enerji** varlıklarını talep yanıtı yoluyla yönetmek ve **enerji toplulukları içindeki diğer vatandaşlarla bağlantılı esneklik hizmetleri** sunmak için **sistemlere** ve yapay zekaya **giderek daha fazla** güveniyorlar.

2040 yılında enerji vatandaşlığı bir gerçeklik haline gelecek ve hanelerin çoğu, bireysel olarak veya enerji toplulukları aracılığıyla enerji sisteminde aktif oyuncular olacak, enerji maliyetini düşürmek için talep yanıtını kullanacak, kendi tüketimi için yenilenebilir enerjiyi paylaşacak ve esneklik piyasalarına katılacaktır. Yeni bir enerji yönetim sistemi, depolama sistemi veya elektrikli araç satın alındığında **bu platformlara** erişim için uyumluluğun sağlanması perakendeciler ve tesisatçılar için zorunlu olduğundan, **kullanımı kolay standartlaştırılmış** platformlar bu **katılımı kolaylaştırmaktadır**. Bu, şu ana kadar şehirlerde yüzlerce GW esnek kapasitenin faaliyet gösterdiği Avrupa'daki esneklik piyasasının başarısına katkıda bulunmaktadır. Bu kapasitenin büyük bir kısmı, zorunlu hale gelen **elektrikli araçların çift yönlü şarj** edilmesinin yanı sıra bölgesel ısıtma ve soğutma ağları ve dağıtılabilir enerji kaynaklarına sahip Sanal Enerji Santralleri ile ilişkilidir.

7. Özet, Sonuçlar ve Öneriler

Bu rapor, sınırlamalar, araçlar ve teknolojiler, iş modelleri ve potansiyel etkiler de dahil olmak üzere kentsel enerji sistemlerinin dijitalleşmesine ilişkin bir inceleme sunmuştur. Bu incelemeden yola çıkılarak ve çalıştaylar gibi bilgi paylaşımı faaliyetleriyle desteklenerek 2025, 2030 ve 2040 yılları için bir görünüm hazırlanmış ve öneriler kaleme alınmıştır.

İnceleme ilk olarak **'kentsel enerji sistemi' (UES) kavramını incelemektedir**. Çalışma için kavram ve sınırların ortak bir şekilde anlaşılmasını sağlamak.

Enerji üretiminden nihai kullanıma kadar olan tedarik zinciri göz önünde bulundurularak **dijitalleşmenin** sınırlarda belirlenen farklı sektörleri nasıl etkilediği de dahil olmak üzere **UES'nin** dijitalleştirilmesindeki son **durum sunulmuştur**. Bu inceleme, değişken yenilenebilir enerjilerin yüksek girdileri ile karbondan arındırılmış bir kentsel enerji sistemini mümkün kılmak için dağıtılmış üretim, depolama ve nihai kullanımın yönetilmesinde dijitalleşmenin ne kadar önemli olduğunu vurgulamıştır. Mevcut ve gelecekteki yatırım ihtiyaçlarının yanı sıra



siber güvenlik ve gizlilik konularının kilit önemi bu incelemeye dahil edilmiştir. Vatandaşların diğer kamu ve özel sektör paydaşlarıyla birlikte yinelemeli inovasyon süreçlerine dahil olmalarını sağlayan ortamlar ve altyapılar olarak yerel inovasyon ekosistemlerinin önemli rolü de incelemede vurgulanmıştır.

Kentsel enerji sistemleri için tedarik zincirinin her adımında veri zorlukları, yetersiz koordinasyon ve entegrasyon, kapasite eksikliği, finansmana sınırlı erişim ve dijitalleşme riskleri gibi mevcut dijitalleşmenin çok sayıda sınırlaması bulunmaktadır. Ayrıca, kentsel enerji sistemlerinin konsept/planlamadan işletme ve yönetime kadar farklı aşamalarında sınırlamalar mevcuttur.

UES'nin **dijitalleştirilmesine yönelik araçlar ve teknolojiler**, esas olarak Horizon 2020 programı tarafından finanse edilen mevcut ve geçmiş Akıllı Şehirler ve Topluluklar (SCC) projelerinden belirlenmiştir. Arz tarafında, enerji izleme ve yönetim sistemleri, dijital trafo merkezleri ve sanal enerji santralleri (VPP), gelişmiş veri analitiği yoluyla enerji tedarik sisteminin güvenilirliğini ve kalitesini artırabilir, bakımı iyileştirebilir ve voltaj kontrolü gibi hizmetler sunabilir. Akışların izlenmesi, tahmini ve kontrolüne odaklanan araçlar ayrıca bölgesel ısıtma ve soğutma ağları veya depolama dahil olmak üzere entegre altyapının kullanımını optimize edebilir, yük dengelemesini iyileştirebilir ve daha fazla esneklik sağlayıcının pazara girmesine izin verebilir. Ancak araçların ve teknolojilerin çoğu, **akıllı binalar, akıllı araçlar, akıllı sayaçlar ve akıllı aydınlatma** projelerinin bir parçası olan dijital çözümler olarak nihai enerji kullanıcıları için kullanılmakta, verimliliği artırmakta, talep tarafı esnekliğini artırmakta ve şebekenin pik yüklerini azaltırken kullanıcılar için maliyetleri düşürmektedir. Bu uygulamalardan elde edilen veriler, **kentsel veri platformları, kentsel enerji planlama araçları ve dijital ikizler** için güçlü bir veri kaynağı olabilir. Bu sektörler arası araçlar, **tasarımdan işletme ve bakıma kadar kentsel enerji sistemlerinin verimliliğini artırma** potansiyeline sahiptir. Ancak, bu araçların tam potansiyeli henüz gerçekleştirilmemiştir. Örnek olarak, bina stoku ve kentsel enerji sistemi modelleri, bölge veya şehir ölçeğinde talep ve arzı ayrıntılı olarak tanımlayabilir ve hem simülasyon hem de optimizasyon sağlayabilir. **Hem planlama hem de tasarım için potansiyel olarak güçlü bir araç olmasına rağmen, bu ayrıntılı modeller hala çoğunlukla akademi tarafından kullanılmaktadır.**

Bu araçların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi ve tasarım ve planlama aşamasından kentsel enerji sisteminin işletilmesine kadar verimli bir iş ve veri akışının sağlanabilmesi için kamu sektöründe **kapasite geliştirme** çabalarına **ihtiyaç** duyulmaktadır.

P2P ticaret modellerinin, müşterilere daha fazla seçenek sunarak, ticaret verimliliğini artırarak ve kaynak kullanımını optimize ederek, gereksiz mali yükleri azaltarak, daha fazla piyasa katılımcısı sunarak, üreticiler arasında güven oluşturarak ve işlem prosedürünü daha basit hale getirerek genel enerji sistemine fayda sağlama potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Nispeten yüksek sayıda



blok zinciri gibi yeni teknolojileri kullanarak P2P ticareti için iş hizmetindeki aktörler.

Kentsel alanlarda yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasına yönelik **itici güçler ve engeller ile** potansiyel dijital çözümler **ekonomik, sosyal, siyasi, teknik ve çevresel açılardan özetlenmiştir**. Sosyal ve teknik yönlerin şu anda diğer yönlerden daha fazla dikkate alındığı tespit edilmiştir. Dijital çözümlerin kentsel enerji sistemi üzerindeki siyasi, ekonomik ve çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç vardır.

Kentsel enerji sisteminin farklı sektörlerinde **dijitalleşmenin** bu **etkileri** şu anda **çok belirsizdir, ancak enerji verimliliği ve kaynak verimliliği için** büyük potansiyele sahip **potansiyel olarak yıkıcıdır**.

Hizmet olarak **mobilité** (MaaS) ve işbirliğine dayalı mobilité platformları, dijitalleşmenin elektrifikasyonla birlikte, özel araç sayısını azaltarak, genel verimliliği artırarak ve enerji kullanımını, CO₂ emisyonlarını ve kirliliği azaltarak kentsel enerji sistemi üzerinde derin etkileri olabilecek radikal değişikliklerle bir sektörü nasıl tamamen değiştirebileceğinin açık bir örneğidir. Otonom araçların ortaya çıkışı bu etkileri yoğunlaştırabilir ve kentler için düzenleme, toplu taşımanın rekabet gücü veya potansiyel iş kayıpları (örneğin, taksi ve ticari sürücüler) ile ilgili yeni zorlukları beraberinde getirebilir. Veri odaklı sürdürülebilir kentsel hareketlilik planlaması, kentsel hareketlilik sisteminin tüm bileşenlerinin verimli bir şekilde entegre edilmesini sağlamalı ve örneğin dijital araçlar aracılığıyla çok modluluğu benimsemek ve kolaylaştırmak gibi toplu taşıma çözümlerinin verimliliğini artırmalıdır.

Bina **sektörü** için de dijitalleşmenin birçok etkisi olması beklenmektedir; bina bilgi modellemesi (BIM) gibi araç ve teknolojiler planlama ve tasarım aşamasından inşaat ve işletme aşamasına ve kullanım ömrünün sonuna kadar verimliliği artırmaktadır. **Çeşitli sensör ve aktüatörlerle bağlantılı ve yapay zeka ile optimize edilmiş bina** yönetim sistemleri (BMS), **bina işletiminde bina enerji kullanımını büyük ölçüde azaltabilir**. Etkisi çok belirsiz olmakla ve çeşitli kaynaklar farklı tahminler sunmakla birlikte, **dijitalleşme nedeniyle bina sektöründeki potansiyel tasarruf 2040 yılına kadar %10-20 arasında olabilir**. Bununla birlikte, iletişim ve yönetimi optimize etmek ve **ilgili enerji ve kaynak kullanımını mümkün olduğunca azaltmak** için binalardaki **sensörlerin, aktüatörlerin ve IoT cihazlarının standardizasyonuna güçlü bir ihtiyaç vardır**.

Bölgesel ısıtma ve soğutma ağları gibi kentsel **altyapılar** da veri toplama ve analitik ile etkinleştirilen daha iyi yönetim yoluyla verimliliği artırabilir. Bu ağ için ısıtma ısı pompaları tarafından sağlandığında önemli bir esneklik potansiyeline de sahip olabilirler. Elektrikli araçların şarjı, bina enerji sistemleri ve diğer kentsel enerji altyapılarının dijital esnekliği ile birlikte bu esneklik, talep yanıtı yoluyla nihai maliyetleri azaltabilir ve entegrasyonu mümkün kılabilir.



enerji sisteminde daha fazla YEK'in kullanılması. Vatandaşlar için, enerji piyasasına katılımlarının gerçekleştirilmesi isteniyorsa, onları korumak ve güçlendirmek için açık veri politikalarının uygulamaya konulması gerekecektir. Vatandaşların bu katılımı bireysel olabileceği gibi, enerji toplulukları aracılığıyla, ortak öz tüketim, P2P ticareti ya da sanal enerji santralleri şeklinde de gerçekleştirilebilir.

Verilerin enerji kullanımı üzerindeki etkisiyle ilgili olarak, kentsel enerji sistemleriyle ilgili veri miktarının, çevrimiçi video veya oyun gibi **diğer veri akışlarına kıyasla nispeten çok küçük** olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Her halükarda, iletişim ağlarının ve veri merkezlerinin verimliliğine ve kentsel alanlarda bulunduklarında enerji sistemine entegrasyonlarına (örneğin, yenilenebilir enerji kullanıcıları ve atık ısı sağlayıcıları olarak) odaklanması gerekmektedir.

Bu etkiler, kentsel enerji sistemlerinde dijitalleşmenin tartışılan sınırlamaları ve araç ve teknolojilerin gözden geçirilmesi ile birlikte dikkate **alınarak, senaryo yaklaşımı ile 2025, 2030 ve 2040 yılları için bir görünüm hazırlanmıştır**. Dijitalleşmenin kentsel enerji sistemlerindeki belirsiz etkileri göz önünde bulundurularak ve farklı sektörlerdeki potansiyel etkileri araştırılarak üç senaryo ele alınmıştır.

Senaryo 1, verilere düşük erişim ve düşük vatandaş katılımı ile UES'nin yavaş ve isteksiz bir şekilde dijitalleşmesini tanımlamaktadır. Senaryo 2, verilerin çoğunu kontrol eden ve başarılı iş modelleri geliştiren özel sektör tarafından yönlendirilen daha yüksek bir dijitalleşme seviyesini tanımlamaktadır. Senaryo 3, veriye erişimin ve kullanılabilirliğin yüksek olduğu ve dijitalleşmenin sadece özel sektör için değil, aynı zamanda 'enerji vatandaşlığı' ve vatandaşların ve enerji topluluklarının enerji piyasasına etkin katılımını sağlayan bir geleceği tasvir etmektedir.

Bu senaryoların tartışılmasının ardından ve ikinci bir paydaş çalıştayında toplanan girdilerle desteklenerek tavsiyeler oluşturulmuştur.

Tablo 6'da sırasıyla 2025, 2030 ve 2040 yılları için birkaç öneri listelenmiştir. Bunlar DUES'in sınırlamaları doğrultusunda 'veri', 'koordinasyon', 'kapasite', 'finans' ve 'dijitalleşme' olarak kategorize edilmiştir. Her bir öneri, potansiyel uygulama için ilgili hükümet düzeyi ile ilişkilendirilmiştir.



Tablo 6 : 2025, 2030 ve 2040 yılları için öneriler, [37]'den uyarlanmıştır.

YIL	ÖNERİLER		HÜKÜMET DÜZEYİ
2025	Veri	Veri depolama, kullanım erişimi, paylaşımı ve güvenliğinin kolaylaştırılmasına yönelik yasal ve stratejik çerçevenin daha da geliştirilmesi	AB
		Kamu makamlarının desteğini güçlendirmek	Şehir
		Şehirler için farklı aşamalarda veri paylaşım araçlarının ve platformlarının teşvik edilmesi	AB ve Ulusal
	Koordinasyon	Uygulama toplulukları geliştirin	Şehir
		Potansiyel sinerjiyi belirlemek ve koordinasyonu kolaylaştırmak için genel kalkınmayı denetlemek üzere yerel yönetimde merkezi bir birim veya çekirdek bir grup oluşturulması	Şehir
		Atölye çalışmaları, popüler bilim, sergiler vb. gibi çeşitli yollarla yerel paydaşları kentsel enerji sistemlerinin dijitalleştirilmesine dahil edin.	Şehir
	Kapasite	IEA, Cost Actions, JPI Urban Europe vb. gibi mevcut girişimler aracılığıyla bilgi alışverişi fırsatlarının genişletilmesi.	AB
		Kamu sektörünün kapasite geliştirmeye yönelik yatırımlarının artırılması	Ulusal ve Şehir
		Vatandaşlar arasında enerji okuryazarlığı ve bilinç düzeyinin artırılması	Ulusal ve Şehir
	Finans	Açık mali faydaları olan müdahalelere kamu/özel sektör ve vatandaşların katılımının sağlanması	Şehir
		Özellikle yenilenebilir enerji sistemlerine (güneş parkları, rüzgar çiftlikleri vb.) yönelik yatırımlarda kamu-özel sektör ortaklıklarının teşvik edilmesi	Ulusal
		Olası finansman/sübvansiyon mekanizmaları konusunda vatandaşlar arasında farkındalığın artırılması	Şehir
		Eşler arası enerji ticareti fırsatlarını düzenleyerek yükleri azaltın	AB ve Ulusal



	Dijitalleşme	Siber güvenlik çerçevelerinin ve kılavuzlarının uygulanmasının güçlendirilmesi	AB
		Farklı sektörlerde enerji sistemi altyapısının dijitalleştirilmesi ve dijital ikizin ilk katmanının geliştirilmesinin teşvik edilmesi	AB ve Ulusal
		Kentsel enerji sistemi modellemesinin geniş çapta uygulanmasını teşvik etmek	AB ve Ulusal
		Veri paylaşımından elde edilen değerler hakkında vatandaşlara şeffaflık sağlamak	Şehir
		Yerel ihtiyaçları takip eder ve trendi körü körüne izlemez	Şehir
2030	Veri	Veri iletim altyapısını geliştirerek veri iletişimini hızlandırmak	Ulusal
		Veri kullanımında şeffaflığın güçlendirilmesi	AB
		Açık uygulama programlama arayüzlerine (API) ulaşılmasını sağlamak	AB
		Birlikte çalışabilirliğin geliştirilmesi için gerekliliklerin teşvik edilmesi (örneğin ortak veri modelleri, iletişim protokolleri vb.)	AB
	Koordinasyon	Birlikte yaratım için kesişen ağlar oluşturun	Şehir
		Özel amaçlı araç oluşturmak	Şehir
	Kapasite	Kapasite ve becerileri çekmek için yeni girişimler geliştirmek	Ulusal
		Eğitim ve beceri kazandırma programları geliştirmek	Ulusal
	Finans	Yeni iş modellerinin geliştirilmesinin teşvik edilmesi	AB
		Bankaya yatırılabilir projeler geliştirmek için eğitimler düzenleyin	AB
		Müdahalelerin önceliklendirilmesi ve kaynakların optimum kullanımı için açık mali rehberlik	Ulusal ve Şehir
		Kamu ve özel şirketlere adil sözleşme yapılmasının sağlanması	Şehir
	Dijitalleşme	Yeşil IoT tasarımının teşvik edilmesi, Eko-etiketleme	AB
		Enerji hizmetlerinde dijitalleşmenin güçlendirilmesi ve dijital ikizin ikinci katmanının geliştirilmesinin teşvik edilmesi	Ulusal
		Düşük eşikli çözümler oluşturun ve farklı paydaşlar için adım adım dijitalleşme kılavuzları geliştirin	AB
2040	Veri	Büyük veri setlerini kullanarak kentsel enerji sistemini optimize etmek ve şehirlerin işletimi ve yönetimi için dijital ikizin 3 ^{üncü} katmanını güçlendirmek	Ulusal
	Koordinasyon	Şehir düzeyleri ve departmanlar arasında koordinasyon çerçevesi geliştirmek	Şehir
		Güvenilir/tarafsız aktörleri koordinasyon için teşvik edin	Şehir



	Kapasite	Eğitim sisteminin farklı kademelerinde eğitim ve beceri kazandırma programlarının yaygınlaştırılması	Ulusal
		"Aydınlanmış" belediyelerin öncülük etmesi ve İK/eğitim sistemlerini güncellemesi	Şehir
	Finans	Finansmanın yeniden yönlendirilmesi ve özel finansman araçlarının geliştirilmesi	Ulusal
		Daha hızlı dönüşüm için yatırımları riskten arındırın veya nakit akışı ihtiyaçlarını azaltın	Ulusal
		Yeşil tahviller gibi yeni araçların geliştirilmesinin desteklenmesi	Ulusal
	Dijitalleşme	Kapasite oluşturma ve kapsayıcı politikalar geliştirme	AB
		Adil ve eşit geçiş ve kâr paylaşımının sağlanması	AB
		Kentsel enerji sisteminin bir bütün olarak dijitalleştirilmesi	AB
		Dijitalleşme konusunda Avrupa standartlarına ve yol haritalarına uyum sağlayın ve daha kolay entegrasyon ve ölçeklendirme için satıcıdan bağımsız çözümleri teşvik edin	AB

Referanslar

- [1] Birleşmiş Milletler, "The World 's Cities in 2018," *World's Cities 2018 - Data Bookl. (ST/ESA/ SER.A/417)*, 2018.
- [2] Birleşmiş Milletler, "UN-HABITAT STRATEJİK PLANI 2020-2023," 2020.
- [3] L. Sandys, R. Dobson, E. Brown, G. Graham, R. Lane ve J. Verma, "Energy Data Taskforce: A Strategy for a Modern Digitalised Energy System - Energy Systems Catapult," *Energy Data Taskforce Rep.*, 2019.
- [4] Uluslararası Enerji Ajansı, "Net Sıfır Gelecek için Şehirleri Güçlendirmek: Dirençli, akıllı, sürdürülebilir kentsel enerji sistemlerinin kilidini açmak," 2021. Erişim tarihi: Mar. 01, 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4d5c939d-9c37-490b-bb53-2c0d23f2cf3d/G20EmpoweringCitiesforaNetZeroFuture.pdf>.
- [5] Digital Europe, "A digital investment plan for Europe," 2020. Erişim tarihi: Nisan 27, 2022. [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.digitaleurope.org/wp/wp-content/uploads/2020/10/DIGITALEUROPE_How-to-spend-it_A-digital-investment-plan-for-Europe.pdf.
- [6] Global Enabling Sustainability Initiative, "Digital solutions for climate action." <https://www.gesi.org/events/report-launch-digital-solutions-for-climate-action> (erişim tarihi 09 Mart 2022).
- [7] McKinsey, "Akıllı Şehirler: Digital Solutions for a More Livable Future," *McKinsey Co.* Haziran, 2018, Erişim tarihi: Mar. 07, 2022. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Public> ve Sosyal



Sector/Our Insights/Smart cities Digital solutions for a more livable future/MGI-Smart-Cities-Executive-summary.pdf.

- [8] N. ten Caat, L. Graamans, M. Tenpierik, ve A. Van der Dobbelsteen, "Towards Fossil Free Cities-A Supermarket, Greenhouse & Dwelling Integrated Energy System as an Alternative to District Heating: Amsterdam Case Study," *Energies*, vol. 14, p. 347, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/en14020347>.
- [9] P. Rutter ve J. Keirstead, "A brief history and the possible future of urban energy systems," *Energy Policy*, vol. 50, 2012, doi: 10.1016/j.enpol.2012.03.072.
- [10] A. Grubler ve diğerleri, "Urban Energy Systems," *Global Energy Assessment içinde: Toward a Sustainable Future*, Global Energy Assessment Writing Team, Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012, s. 1307-1400.
- [11] J. Rosales Carreón ve E. Worrell, "Urban energy systems within the transition to sustainable development. Kentsel metabolizma için bir araştırma gündemi," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 132, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.08.004.
- [12] M. L. Di Silvestre, S. Favuzza, E. Riva Sanseverino ve G. Zizzo, "How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.05.068.
- [13] Avrupa Komisyonu, "Powering a climate-neutral economy: an EU strategy for energy system integration," 2020.
- [14] M. Webb, A. Scott, I. Gençsü, ve D. Broekhoff, "Urban energy and the climate emergency: Ademi merkezîyetçilik ve dijitalleşme yoluyla karbonsuzlaştırmaya ulaşmak," *Coalition for Urban Transitions, Londra ve Washington, DC*, 2020. https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2020/03/Urban_Energy_and_the_Climate_Emergency_we_b_FINAL.pdf (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [15] U. A. for the EU., "Digital transition action plan.", 2018.
- [16] OECD, "DİJİTALLEŞMENİN AKILLI EKONOMİYE KATKISININ ARTIRILMASI ŞEHİRLER OF THE GELECEK," 2019. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Smart-Cities-FINAL.pdf> (erişim tarihi 21 Nisan 2022).
- [17] E. Komisyon, "Binaların enerji performansına ilişkin bir AVRUPA PARLAMENTOSU VE KONSEY DİREKTİFİ için Teklif (yeniden düzenleme) COM/2021/802 final." 2021.
- [18] E. Komisyon, "Enerji Genel Müdürlüğü, Verbeke, S., Aerts, D., Reynders, G., ve diğerleri, Binalar için akıllı bir hazırlık göstergesinin geliştirilmesine yönelik teknik desteğe ilişkin nihai rapor: nihai rapor," *Publ. Off. Avrupa. Birlik*, 2020, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/41100>.
- [19] C. Europea ve diğerleri, *Enerji esnekliğinin dijitalleştirilmesi*. 2022.



- [20] Avrupa Komisyonu, "AVRUPA'DA DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ ŞEKİLLENDİRMEK," 2020. https://www.ospi.es/export/sites/ospi/documents/documentos/Sstudy_Shaping_the_digital_transformation_in_Europe_Final_report_202009.pdf (erişim tarihi 27 Nisan 2022).
- [21] E. Judson, I. Soutar ve C. Mitchell, "Governance Challenges Emerging from Energy Digitalisation," 2020.
- [22] E.DSO, "DSO'lar olarak kolaylaştırıcılar için enerji topluluklar," 2021. <https://www.edsoforsmartgrids.eu/wp-content/uploads/E.DSO-Position-Paper-on-Energy-communities-FINAL.pdf> (erişim tarihi 08 Nisan 2022).
- [23] IRENA, "İnovasyon manzara özeti: İletim ve dağıtım arasında işbirliği sistem operatörleri," 2020. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_TS%0AO-DSO_co-operation_2020.pdf?la=en&hash=5D78444F4339DC130204A0F9A99A30753368AABC (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [24] EC, "siber güvenlik zorluklarıyla enerji alanında mücadele: Komisyon tavsiye kararını kabul etti üzerinde siber güvenlik içinde ve enerji sektörü," 2019. https://ec.europa.eu/info/news/tackling-cybersecurity-challenges-energy-commission-adopts-recommendation-cybersecurity-energy-sector-2019-apr-03_en (erişim tarihi 21 Nisan 2022).
- [25] POCITYF, "D11.12 Siber Veri güvenlik YÖNETİM planlar," 2020. https://pocityf.eu/wp-content/uploads/2020/09/POCITYF-864400_D11.12_Cyber-Data-Security-Management-Plans.pdf.
- [26] H. Habibzadeh, B. H. Nussbaum, F. Anjomshoa, B. Kantarci ve T. Soyata, "A survey on cybersecurity, data privacy, and policy issues in cyber-physical system deployments in smart cities," *Sustain. Cities Soc.*, cilt 50, s. 101660, Ekim 2019, doi: 10.1016/J.SCS.2019.101660.
- [27] E. SNET, "ENERJİ SİSTEMİNİN DİJİTALLEŞMESİ VE MÜŞTERİ KATILIM: Teknolojilerin tanımı ve önerileri, Kullanım Örnekleri ve Siber Güvenlik," 2018. <https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2018/11/ETIP-SNET-Position-Paper-on-Digitalisation-short-for-web.pdf>.
- [28] M. Van Wees ve diğerleri, "Energy Citizenship in New Energy Concepts †," *Environ. Sci*, doi: 10.3390/environsciproc2021011027.
- [29] LANZADERA, "The öngörülebilir şirket," 2022. <https://lanzadera.es/proyecto/the-predictive-company/> (erişim tarihi 27 Nisan 2022).
- [30] J. Zuo ve diğerleri, "Energy Citizenship in Positive Energy Districts-Towards a Transdisciplinary Approach to Impact Assessment," 2022, doi: 10.3390/buildings12020186.
- [31] AIGUASOL, "JoinEnergy Tool," 2022. <https://www.joinenergy.eu/> (erişim tarihi 27 Nisan 2022).



- [32] E. Cities, "Community Energy: Gücü geri kazanmak için pratik bir rehber," 2020. <https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2020/10/Community-Energy-Guide-web.pdf>.
- [33] E. Velis, D. Torres ve G. Caballero, "Sosyal algı için oyunlaştırma: Introducing scientific literacy to dabblers in citizen science," *J. Sci. Commun.*, vol. 20, no. 6, 2021, doi: 10.22323/2.20060208.
- [34] M. R. Zica, A. C. Ionica ve M. Leba, "Gamification in the context of smart cities," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 294, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/294/1/012045.
- [35] A. L. Balogun ve diğerleri, "Assessing the Potentials of Digitalization as a Tool for Climate Change Adaptation and Sustainable Development in Urban Centres," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 53, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101888.
- [36] IEA, "International Energy Agency - Digitalization & Energy," *Digitalization & Energy*. 2017.
- [37] Uluslararası Enerji Ajansı, "2050'ye kadar Net Sıfır: Küresel Enerji Sektörü için Bir Yol Haritası," 2021.
- [38] A. Hern, "Assume self-driving cars are a hacker's dream? Think again," *The guardian*, 2017. www.theguardian.com/technology/2017/aug/30/self-driving-cars-hackerssecurity. (erişim tarihi 02 Mart 2022).
- [39] V. Şehirler, "Dijitalleşme stratejisi ve iklim nötr dönüşümü için dijital araçlar şehirler," 2021. https://static1.squarespace.com/static/5dd54ca29c9179411df12b85/t/616ed6f31e2fc310b32e9d48/1634653940238/20211019_Digitalisering_och_digitala_verktyg.pdf (accessed Mar. 02, 2022).
- [40] C. S. Lai ve diğerleri, "A Review of Technical Standards for Smart Cities," *Clean Technol.*, vol. 2, no. 3, 2020, doi: 10.3390/cleantechnol2030019.
- [41] AK, "Akıllı Şehirler ve Topluluklar üzerine Avrupa İnovasyon Ortaklığı: Stratejik Uygulama Planı.", 2013.
- [42] A. Ptak, "Smart city management in the context of electricity consumption savings," *Energies*, vol. 14, no. 19, 2021, doi: 10.3390/en14196170.
- [43] LocalRES, "LocalRES web sitesi: Ollersdorf," 2022. <https://www.localres.eu/demonstration-sites/ollersdorf/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [44] SmartCitiesWorld, "ABB yükler dijital trafo merkezi içinde Kerala.," 2017. <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/abb-installs-digital-substation-in-kerala-1406> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [45] Pocityf, "Pocityf Evora çözümler," 2018. <https://pocityf.eu/city/evora/#solutions> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [46] Pocityf, "Pocityf Alkmaar çözümler," 2018. <https://pocityf.eu/city/alkmaar/#solutions> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [47] ŞEHİR YAPMAK, "ŞEHİR YAPMAK web sitesi," 2018. <https://makingcity.eu/> (erişim tarihi 04 Nisan 2022).



- [48] JPI Urban Europe / SET Plan Eylem 3.2, "Avrupa Pozitif Enerji Bölgelerine Doğru," *PED Bookl.*, no. Şubat, 2020.
- [49] ATELIER, "Amsterdam Deniz Feneri," 2018. <https://smartcity-atelier.eu/about/lighthouse-cities/amsterdam/general-information/> (erişim tarihi 09 Nisan 2022).
- [50] T. Hesser ve S. Succar, "Renewables Integration Through Direct Load Control and Demand Response," in *Smart Grid*, 2012.
- [51] MySMARTLife, "Soyma uzay tespit Hamburg," 2019. https://www.mysmartlife.eu/fileadmin/user_upload/Info_packs/info-packs_pdf/PSD_SNH.pdf (erişim tarihi 14 Nisan 2022).
- [52] OASC, "Viyana ve sermaye . dijitalleşme," 2022. <https://catalogue.city/en/cities/vienna> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [53] MySMARTLife, "Helsinki'de Akıllı Kişisel Elektrikli Araç Şarj Sistemi," 2019. https://www.mysmartlife.eu/fileadmin/user_upload/Info_packs/info-packs_pdf/Smart_personal_EV_Charger_System.pdf (erişildi Nisan. 10, 2022).
- [54] REMOURBAN, "En iyisi uygulamalar ve dersler öğrendim." 2020. http://www.remourban.eu/kdocs/1986507/REMOURBAN_BestPractices.pdf (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [55] M. Engelhardt, "IoT hayatımızın kalitesini artırıyor." <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/infrastructure/2019/internet-of-things-interview-with-wef-expert-jeff-merritt.html> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [56] G. Kamiya ve J. Teter, "Shared, automated... and electric?", *Uluslararası Enerji Ajansı*, 2019. <https://www.iea.org/commentaries/shared-automated-and-electric> (erişim tarihi 27 Nisan 2022).
- [57] CityAsAPlatform, "City As a Platform," 2021. <https://cityasaplatform.se/> (erişim tarihi 04 Nisan 2022).
- [58] O. R. Amsterdam, "Open Research Amsterdam," 2018. <https://openresearch.amsterdam/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [59] ECDA, "Digitally managed cities of the future - how close are we?", 2020. <https://ecda.eur.nl/2020/04/17/digitally-managed-cities-of-the-future-how-close-are-we/> (erişim tarihi 27 Nisan 2022).
- [60] Kartta, "Helsinki enerji ve iklim atlası." <https://kartta.hel.fi/3d/atlas/#/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [61] GrandLyon, "Açık Veri Büyük Lyon." 2022. <https://data.grandlyon.com/actualites/les-communes-mobilisees-pour-developper-lopen-data> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [62] O. de Publicaciones, J. Berends, W. Carrara ve H. Vollers, *Şehirlerde açık veri 2*. Yayınlar Ofisi, 2020.
- [63] REMOURBAN, "Bilgi Paketi Nr.2," 2019. <http://www.remourban.eu/technical-insights/infopacks/building->



integrated-photovoltaics-bipv--energy-storage-and-smart-grid-management.kl (erişim tarihi 10 Nisan 2022).

- [64] T. U. Wien, "HOTMAPS TOOLBOX supporting strategic heating & cooling planning at local leve," 2020.
- [65] SEnergies, "D5.3 Çevrimiçi web harita uygulaması ve ilk harita katmanları seti," 2019. <https://seenergies.eu/>.
- [66] J. Keirstead, M. Jennings ve A. Sivakumar, "A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 6. 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.02.047.
- [67] A. Sola, C. Corchero, J. Salom, ve M. Sanmarti, "Multi-domain urban-scale energy modelling tools: A review," *Sustainable Cities and Society*, vol. 54. 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101872.
- [68] C. Năgeli ve diğ erleri, "Best practice reporting guideline for building stock energy models," *Energy Build.*, vol. 260, p. 111904, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2022.111904.
- [69] E. Arrizabalaga ve diğ erleri, "Methodology for the Advanced Integrated Urban Energy Planning †," *Proceedings*, s. 5-7, 2019, doi: 10.3390/proceedings2019020017.
- [70] F. Biljecki, K. Kumar ve C. Nagel, "Open Geospatial Data, Software and Standards CityGML Application Domain Extension (ADE): overview of developments," doi: 10.1186/s40965-018-0055-6.
- [71] X. Zhang ve diğ erleri, "Pozitif Enerji Bölgesinde Sürdürülebilirliği Hızlandırmak için Dijital İkiz: A Review of Simulation Tools and Applications," *Frontiers in Sustainable Cities*, vol. 3. 2021, doi: 10.3389/frsc.2021.663269.
- [72] R. ve Markets, "Digital Twin Cities. 2020: Küresel Ekosistem, Şehir Destekli Projeler, Ana Uygulama Sektörleri ve Çözüm Tedarikçileri, s.l," 2020.
- [73] A. Heiskanen, "Helsinki Şehrin Dijital İkizini İnşa Ediyor," 2019. <https://aec-business.com/helsinki-is-building-a-digital-twin-of-the-city/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [74] S. Poppe, "Dijital 3D Modelleme . Rennes Metropole.," 2016. <https://sharingcities.eu/eurocities/allcontent/Digital-3D-modelling-of- Rennes-Metropole-WSPO-A8JDUM> (erişim tarihi 31 Mart 2022).
- [75] R. Fischer, "Dijital Ulaşım: The Future of Urban Mobility," 2019. <https://usgtima.org/perspectives/digital-transportation-the-future-of- urban-mobility/> (erişim tarihi 14 Nisan 2022).
- [76] S. (IET) Doyle, "Digital urban planning: twins help make sense of smart cities," *Eng. Technol.*, cilt 14, no. 1, 2019.
- [77] A. Parrott ve D. L. Warshaw, "Industry 4.0 ve the digital twin Manufacturing meets its match," 2017.
- [78] A. Francisco, N. Mohammadi ve J. E. Taylor, "Akıllı Şehir Dijital İkiz-



Etkin Enerji Yönetimi: Toward Real-Time Urban Building Energy Benchmarking," *J. Manag. Eng.*, cilt 36, no. 2, 2020, doi: 10.1061/(asce)me.1943-5479.0000741.

- [79] Bentley, "City of Helsinki Expands Digitalization with Citywide Digital Twin." https://assets.ctfassets.net/pnliwdxhy0tx/3QXa4p03pq5qJ6VEeq54NW/de3935d8584121636e34d0d64fb280c2/CS_City_of_Helsinki_Citywide_Digital_Twin_LTR_EN_LR.pdf (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [80] Bentley, "Şehir . Helsinki: Helsinki 3D+," 2016. https://www.bentley.com/en/project-profiles/city-of-helsinki_helsinki-3d (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [81] C. Ramos ve C. C. Liu, "AI in power systems and energy markets," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 26, no. 2, 2011, doi: 10.1109/MIS.2011.26.
- [82] R. Bose, "Advanced analytics: opportunities and challenges," *Ind. Manag. Data Syst.*, vol. 109, no. 2, 2009, doi: 10.1108/02635570910930073.
- [83] S. Kufeoğlu, G. Liu, A. Karim, ve M. Pollitt, "Digitalisation and New Business Models in Energy Sector," *EPRG Work. Pap. Energy Policy Res. Group, Univ. Cambridge*, no. Aralık, 2019.
- [84] D. W. E. Allen, "Blok zinciri uygulamalarının girişimci keşfini yönetmek," *J. Entrep. Public Policy*, vol. 9, no. 2, 2020, doi: 10.1108/JEPP- 03-2019-0017.
- [85] G. Gao, K. Lo ve J. Lu, "İngiltere elektrik piyasasında elektrik fiyat tahmini belirsizliğine bağlı risk değerlendirmesi," *2017 52nd International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2017*, 2017, vol. 2017-January, doi: 10.1109/UPEC.2017.8231903.
- [86] G. Zhang, E. Ela, ve Q. Wang, "Market Scheduling and Pricing for Primary and Secondary Frequency Reserve," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 34, no. 4, 2019, doi: 10.1109/TPWRS.2018.2889067.
- [87] A. S. M. Khan, R. A. Verzijlbergh, O. C. Sakinci, ve L. J. De Vries, "How do demand response and electrical energy storage affect (the need for) a capacity market?", *Appl. Energy*, vol. 214, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.01.057.
- [88] M. Kubli ve P. Canzi, "Esneklik toplayıcılarının 'teklif veremeyecek kadar küçük' olmaktan uzak durmaları için iş stratejileri," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 143, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110908.
- [89] M. Zheng, B. Joy Dalmacio ve J. Bo Nørregaard, "İş modelleriyle ilgili toplama potansiyeli: IEA EBC Annex 67 Energy Flexible Buildings teknik raporu," *International Energy Agency*, 2017. <https://www.annex67.org/media/1568/aggregation-potential-related-to-business-models.pdf> (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [90] M. Beus, I. Pavic, H. Pandzic, T. Capuder, I. Stritof ve I. Androcec, "Evaluating flexibility of business models for distributed energy resource aggregators," in *International Conference on the European Energy Market, EEM*, 2018, vol. 2018-June, doi: 10.1109/EEM.2018.8469776.



- [91] OurPower, "OurPower," 2022. <https://www.ourpower.coop/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [92] S. Tart, P. Wells, S. Beccaria ve E. Sanvicente, "Deliverable D3.1: Analysis of business models for car sharing.", 2019. <http://www.lgi-consulting.com/wp-content/uploads/2019/10/STARS-D3.1.pdf> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [93] Araba Amigo, "Araba Amigo Web sitesi." <https://www.caramigo.eu/be/fr/commentcamarche/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [94] G. J. Foster, M. J. Lamura ve J. Hackel, "*Kultur-Token*" *Sürdürülebilir İş Modeli: Viyana, Avusturya'da Hareketliliğin Görselleştirilmesi, Tokenizasyonu ve Ödüllendirilmesi*, no. Ekim. 2020.
- [95] MySMARTLife, "Enerji Veri laboratuvar içinde Nantes," 2019. https://www.mysmartlife.eu/fileadmin/user_upload/Energy_Datalab.pdf (erişim tarihi 14 Nisan 2022).
- [96] Amsterdam Şehir, "Amsterdam Şehir Web sitesi." <https://amsterdamsmartcity.com/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [97] REMOURBAN, "Sanal oyunları üzerinde enerji tasarrufları Nottingham," 2019. http://www.remourban.eu/kdocs/1949819/REMOURBAN_IP3_Virtual_games_energy_savings.pdf (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [98] R. Garcia, "Valencia invests to become become a smart city," 2022. <https://eurocities.eu/stories/valencia-invests-to-become-a-smart-city/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [99] MySMARTLife, "Karbon Ego Mobil uygulama içinde Helsinki," 2019. https://www.mysmartlife.eu/fileadmin/user_upload/Info_packs/info_packs_pdf/Carbon_Ego_mobile_application_fin_update.pdf (erişim tarihi 14 Nisan 2022).
- [100] T. Web sitesi, "Telraam Web Sitesi." telraam.net (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [101] L. Lyons, "Dijitalleşme: Isıtma ve soğutma için fırsatlar," 2019.
- [102] A. M. Al-Ghaili, H. Kasim, N. M. Al-Hada, B. N. Jorgensen, M. Othman ve W. Jihua, "Binalar Sektöründe Enerji Yönetim Sistemleri ve Stratejileri: A Scoping Review," *IEEE Access*, vol. 9. 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3075485.
- [103] Cityfied, "Cityfied web sitesi," 2022. <http://www.cityfied.eu/> (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [104] Advizzo, "Örnek Olay İncelemesi: Behavioural Insights-Driven Customer Engagement," *Uluslararası Enerji Ajansı*, 2019. <https://www.iea.org/articles/case-study-behavioural-insights-driven-customer-engagement> (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [105] P. Bosch ve E. Al., "CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities.", 2017.
- [106] S. C. Marketplace, "Self-Reporting Tool aracılığıyla elde edilen veriler," 2022.



- <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/scis-kpis> (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [107]C. Simpson, E. Kemp, E. Ataii ve Y. Zhang, "Mobility 2030: Transforming the mobility landscape," *KPMG Int.* Eylül, 2019.
- [108] Volvero, "VOLVERO web sitesi," 2022. <https://volvero.com/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [109] OpenMobe, "Trentino'da bir hizmet olarak mobilite." .
- [110]I. Sistem, "Anında Sistem Web Sitesi." <https://instant-system.com/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [111]M. H. Project, "D2.20: New Services on sustainable mobility in Valencia," 2020. <https://www.matchup-project.eu> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [112] SmartenCity, "SmartenCity," 2020. <https://smartencity.eu/about/solutions/public-bike-sharing-system-tartu/>(erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [113] Viyana şehri, "Graetzlrاد Web Sitesi." <https://www.graetzlrاد.wien/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [114] REPLICATE, "REPLICATE projesi web sitesi." <https://replicate-project.eu/> (erişim tarihi 04 Nisan 2022).
- [115]A. Nikitas, A. E. Vitel, ve C. Cotet, "Autonomous vehicles and employment: An urban futures revolution or catastrophe?," *Cities*, vol. 114, 2021, doi: 10.1016/j.cities.2021.103203.
- [116]Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), "Veri Merkezleri ve Veri İletim Ağları," 2021. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks> (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [117]A. Sinaeepourfard *et al.*, "Estimating Smart City sensors data generation," 2016, doi: 10.1109/MedHocNet.2016.7528424.
- [118]ERICSSON, "Ericsson Hareketlilik Rapor," 2021. <https://www.ericsson.com/4ad7e9/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/ericsson-mobility-report-november-2021.pdf> (erişim tarihi 28 Nisan 2022).
- [119]Paolo BERTOLDI ve P. BERTOLDI, "EC JRC Data Centers - Code of Conduct," *Navigasyon yolu Avrupa Komisyonu JRC IET*. 2012.
- [120]C. Gray, R. Ayre, K. Hinton ve L. Campbell, "'Akıllı' Bedava Değildir: Tüketici Ev Otomasyon Sistemlerinin Enerji Tüketimi," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 66, no. 1, 2020, doi: 10.1109/TCE.2019.2962605.
- [121]S. Benhamaid, A. Bouabdallah ve H. Lakhlef, "Yeşil-IoT için enerji yönetimindeki son gelişmeler: Güncel ve kapsamlı bir araştırma," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 198, p. 103257, Feb. 2022, doi: 10.1016/J.JNCA.2021.103257.
- [122]EESI, "Amerika'da Hidroelektrik: Enerji Üretimi ve İş Potansiyeli," 2011. <https://www.eesi.org/briefings/view/hydropower-in-america-energy-generation-and-jobs-potential> (erişim tarihi 01 Nisan 2022).



- [123]R. Madurai Elavarasan, S. Afridhis, R. R. Vijayaraghavan, U. Subramaniam ve M. Nurunnabi, "SWOT analizi: Önemli ülkelerde yenilenebilir enerji gelişimine yönelik itici güçlerin ve engellerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi için bir çerçeve," *Energy Reports*, cilt 6, 2020, doi: 10.1016/j.egyr.2020.07.007.
- [124]G. Sherriff, "Birleşik Krallık'ta kentsel enerjinin itici güçleri ve önündeki engeller: A Delphi survey," *Local Environ.*, vol. 19, no. 5, 2014, doi: 10.1080/13549839.2013.836164.
- [125]G. J., "İsveç yenilenebilir enerji sektörünün güçlü ve zayıf yönleri -bir değerlendirme Rapor," 2019. https://www.ltu.se/cms_fs/1.156688!/file/Jonas_Grafström_-_Full_text.pdf (erişim tarihi 01 Nisan 2022).
- [126]G. Lobaccaro ve diğerleri, "A cross-country perspective on solar energy in urban planning: Uluslararası vaka çalışmalarından çıkarılan dersler," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 108, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.03.041.
- [127]F. Mosannenzadeh, A. Bisello, C. Diamantini, G. Stellin ve D. Vettorato, "A case-based learning methodology to predict barriers to implementation of smart and sustainable urban energy projects," *Cities*, vol. 60, 2017, doi: 10.1016/j.cities.2016.07.007.
- [128]A. Tabi ve R. Wüstenhagen, "Keep it local *and* fish-friendly: Social acceptance of hydropower projects in Switzerland," *Renewable and Sustainable Enerji Yorumlar*, cilt. 68. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.10.006.
- [129]Helen, "Güneş Enerjisi Santrali Messukeskus." .
- [130]W. Dragonetti, "How to make digital rights a reality," 2022. <https://eurocities.eu/stories/how-to-make-digital-rights-a-reality/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [131]A. Colclough, "Enerji Verici dönüşüm," 2022. <https://eurocities.eu/stories/energising-transformation/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [Helen, "Suylahtı enerji sistemi." <https://www.helen.fi/tasapaino>. (erişim tarihi 10 Nisan 2022).
- [133]W. Centrale, "Windcentrale." <https://www.windcentrale.nl/> (erişim tarihi 04 Ekim 2022).
- [134]P. Buckley, "Akıllı Şehir- Bu Akıllı Bin," 2020. <https://business.blogthinkbig.com/waste-management-in-a-smart-city-the-smart-bin/> (erişim tarihi 10 Nisan 2022).



Ek 1

Tablo 6 : Yatırım detaylarına ilişkin seçilmiş örnekler [16]

Ülke	Kentsel enerji sisteminin dijitalleştirilmesi veya akıllı şehir programı	Yatırım detayları
Belçika	Belfius (banka) - Avrupa Yatırım Bankası (AYB) ortak finansman programı: "Akıllı Şehirler ve Sürdürülebilir Kalkınma" (2014) ve "Akıllı Şehirler, İklim Eylemi ve Döngüsel Ekonomi" (2016)	İlk program 62 projeyi 400 milyon Avro ile desteklemiştir ve ikinci program da 400 milyon Avro daha sağlamaktadır. Belfius, Belçika teknoloji endüstrisi federasyonu Agoria ile bir Akıllı Şehirler ortaklığına sahiptir.
Finlandiya	2014'te başlatılan Altı Şehir Stratejisi (6Aika), Finlandiya'nın en büyük altı şehrinin (Helsinki, Espoo, Vantaa, Tampere, Oulu ve Turku) paydaşlarının akıllı çözümleri paylaşabileceği ve kentsel sorunlarla başa çıkmayı amaçlayan deneysel projelerin uygulanabileceği bir açık inovasyon platformudur. Çevre.	Platform, Ekonomik İşler ve İstihdam Bakanlığı tarafından yönetilmektedir ve şirketler yenilikçi çözümlerini altı şehirde özgürce deneyebilmektedir. Tüm veriler, deneyimler ve standartlar paydaşlar arasında paylaşılmaktadır. Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu, Avrupa Sosyal Fonu, Finlandiya Hükümeti ve katılımcı şehirler tarafından finanse edilmektedir. 2017 yılı itibarıyla, o tarihten bu yana toplam bütçesi 45 milyon Avro olan 26 proje yürütülmüştür.
Fransa	1/ Fransa'nın araştırma vergi kredisi 2/ Akıllı şebekeler ve bağlantılı şehirler, Mayıs 2015'te başlatılan "Yeni Endüstriyel Fransa (Nouvelle France Industrielle; NFI)" projesinin bir parçası olarak "Sürdürülebilir Şehir" planına tamamen entegre edilmiştir. 3/ "La French Tech" girişimi Kasım 2013'te oluşturuldu	Fransa'da araştırma ve geliştirme yapan akıllı şebeke ve bağlantılı şehir şirketleri Fransa'nın araştırma vergisi kredisinden yararlanabilir NFI çerçevesinde, Fransa'nın kamu yatırım bankası Bpifrance finansal destek sağlamaktadır. (örneğin akıllı şehir sektöründeki start-up'lar için 50 milyon Euro'luk "Yarının Şehri" fonu) Akıllı şebekeler ve akıllı şehirler konusunda çalışan yenilikçi şirketler "La French Tech" girişimi aracılığıyla iş geliştirme desteği alıyor.



Almanya	1/ "Geleceğin Şehri", Alman Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (BMBF) tarafından yürütülen 150 milyon Avroluk bir finansman programı 2/ Akıllı Şehirler Diyalog Platformu tarafından geliştirilen Akıllı Şehir Şartı (Haziran, 2017) 3/ Alman Çevre, Doğa Koruma, İnşaat ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı (BMUB) ve Federal İnşaat, Kentsel İşler ve Mekânsal Gelişim Araştırma Enstitüsü (BBSR) tarafından kurulan Akıllı Şehirler araştırma kümesi	"Geleceğin Şehri" fonu, yerel sakinleri, araştırmacıları, yerel yönetimleri ve belediye hizmetlerini bir araya getirerek şehirler için fikir ve çözümler üreten bir dizi proje için verilmektedir. Akıllı Şehir Tüzüğü, 2016 yılında BMUB tarafından kurulan Akıllı Şehirler Diyalog Platformu tarafından geliştirilmiştir. Platform kapsamında şehirlerden, kasabalardan, ilçelerden ve belediyelerden, yerel yönetim birliklerinden, çeşitli bakanlıklardan, arazi düzeyinde kentsel kalkınma yetkililerinden, bilim camiasından, mesleki, ekonomik ve sosyal kuruluşlardan ve sivil toplumdan temsilciler, entegre ve sürdürülebilir kentsel kalkınma bağlamında akıllı şehirleri tartışmak üzere bir araya geldi. Küme, dijital teknolojilerin toplumsal olarak benimsenmesinin kentsel gelişim üzerindeki etkisini anlamak, dijital ve büyük veri yöntemlerini ve araçlarını kentsel gelişim için yeniden kullanmak, kentsel politikadaki eylem alanlarını dijital bilgi birikimi ile yeniden düşünmek ve şehirlerden, belediyelerden ve işletmelerden profesyonellerle çalışmaktır.
İtalya	Akıllı elektrik şebekeleri, geniş bant bilgisayar ağı altyapısı ve akıllı şehir hizmetlerinin geliştirilmesine yönelik kamu-özel sektör projelerini desteklemek için yatırım bütçesi Ekonomik Kalkınma Bakanlığı.	İlk bütçe 65 milyon Avro olarak 2016 yılında açıklanmıştır.
Letonya	1/ Akıllı Uzmanlaşma Stratejisi 2/ AB Uyum Fonu 2014- 2020 3/ Paydaş bakanlıklar arasında planlama belgesi uyumu. 4/ Yerel Akıllı Şehir Görev Gücü.	Akıllı Uzmanlaşma için Araştırma ve İnovasyon stratejisinin (RIS3) geliştirilmesi, Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu'ndan (ERDF) fon alabilmek için şu anda bir ön koşuldur. Letonya Stratejisi ileri ICT, Akıllı enerji ve Akıllı malzeme/teknoloji/mühendislik konularını içermektedir. AB Uyum fonlarından 10 milyar Euro dijitalleşme ve akıllı kalkınma için kullanılmaktadır. Akıllı şehrin tanımı, gerekliliği ve olası çözümlerin bir sonraki AB Uyum planlama döneminin ilgili planlama belgelerine entegre edilmesi, bakanlıklar arasındaki faaliyetlerin uyumlaştırılması ve Akıllı şehir işbirliği platformu aracılığıyla akıllı şehir çözümlerinin oluşturulması ve uygulanması için fon tahsis edilmesi beklenmektedir. Sorunların belirlenmesi için akademi, kamu ve özel sektörden paydaşlarla yerel bir Akıllı şehir Görev Gücü (işbirliği platformu) oluşturulması, Letonya'da Akıllı şehir ortamının çözümleri ve fırsatları.
Slovak Cumhuriyeti	Akıllı şehirlerin oluşturulmasında deneysel gelişim ve yenilikleri desteklemeyi amaçlayan pilot yardım programı (2017, Yatırımlar ve Bilişimden Sorumlu Başbakan Yardımcılığı Ofisi)	Program, devlet bütçesinden 1 milyon Avro içermektedir. Sübvansiyonlar 1/ Şehir yönetiminin dijitalleştirilmesi, şehir sakinlerine sunulan hizmetler ve kamu güvenliği ve 2/ Ulaşım yönetimi konularına odaklanmak üzere tasarlanmıştır.



Birleşik Krallık	1/ Innovate UK'den (inovasyon ajansı) inovasyon yatırımları 2/ Geleceğin Şehirleri Gösterici Yarışması (2012, Innovate UK)	2017 yılı itibarıyla Innovate UK tarafından Birleşik Krallık'ın IoT programı için 32 milyon GBP harcanmıştır. Geleceğin Şehirleri Gösterici Programı kapsamında Glasgow'a teklifini uygulaması için 24 milyon GBP, Bristol, Londra ve Peterborough'a ise tekliflerinin bir kısmını uygulaması için 3'er milyon GBP verildi. önerilen plan.
Birleşik Devletler	1/ Akıllı Şehirler Girişimi (2015, Beyaz Saray) 2/ Akıllı Şehir Mücadelesi (2015, Ulaştırma Bakanlığı) 3/ Ağ ve Bilgi Teknolojileri Araştırma ve Geliştirme (NITRD) Programı kapsamında bir organ olan Akıllı Şehirler ve Topluluklar Görev Gücü	Akıllı Şehirler Girişimi, akıllı şehir çözümlerine 165 milyon ABD doları yatırım sözü vermiş ve Eylül 2016'da 80 milyon ABD doları ek yatırımla girişimi genişleteceğini duyurmuştur. Yedi finalist (şehir), akıllı bir ulaşım sistemi geliştirmeye yönelik fikirlerini hayata geçirmek için DOT ile birlikte çalıştı. Ulaştırma Bakanlığı Akıllı Şehir Mücadelesi, Yeşil Tahviller ve Konut ve Kentsel Gelişim Bakanlığı'nın kredi garantileri ile koordinasyon



Ek 2

Tablo 7 : Farklı şirketlerin ve projelerin iş modelleri üzerine kısa bir anket [83]; [91]; Entsoe, 2022, ; Blockdata2022; EatLocalChallenge, 2021.

Şirket/Proje	Ülke	Hizmet	Hedeflenen Müşteriler	Kullanılmış teknoloji	Ticaret türü	İş modeli
Adaptricity	İsviçre	Güç şebekeleri optimizasyonu ve şebeke operatörleri için tekrarlayan görevlerin verimliliğinin artırılması	İş Dünyası	Yapay Zeka, Büyük Veri	Geleneksel	Yazılım Hizmetleri
BeeBryte	Fransa ve Singapur	Enerji tüketimini azaltmaya yönelik yazılım	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	YAPAY ZEKA	Geleneksel	Tasarruf
Araba e-Cüzdanı	Almanya	Ödeme platformu	Son kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Tasarruf
Conjoule	Almanya	Yenilenebilir enerji tüketicileri ve üreticileri için işlem P2P pazar platformu.	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Enerji
Kalabalık Ücreti	BİRLEŞİK KRALLIK	Elektrikli araç şarj optimizasyon programı	Son kullanıcılar	MAKİNE ÖĞRENİMİ, YAPAY ZEKA	Geleneksel	Enerji
Daisee	Fransa	Enerji yönetimi aracı	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	IoT, Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
Dajie	BİRLEŞİK KRALLIK	Enerji ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	IoT, Blok Zinciri	P2P	Hizmetler Ürün
Sürüklenme	ABD	Yönetim ve ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	ML, AI, Blok Zinciri	Geleneksel	Enerji
Elektron	BİRLEŞİK KRALLIK	Ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler



Enerji Web Vakfı	İsviçre	İşletim ve ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	Geleneksel	Hizmetler
Energo Labs	Çin	Ticaret platformu	Son kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Enerji
Enerji21	Hollanda	Enerji piyasası	İş Dünyası	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
EnLedger	ABD	Optimizasyon ve ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
EQuota Enerji	Çin	Yönetim hizmetleri	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Yapay Zeka, Büyük Veri	Geleneksel	Tasarruf Hizmetleri
Taze Enerji	Almanya	Veri analizi	Son kullanıcılar	ML	Geleneksel	Ürünler
Greenbird	Norveç	Veri yönetimi	Yardımcı Programlar	YAPAY ZEKA	Geleneksel	Ürünler
Gridcure	ABD	Tahmine dayalı analitik yazılımı	Yardımcı Programlar	Makine Öğrenimi, Büyük Veri	Geleneksel	Hizmetler
Izgara Tekilliği	Avusturya	Ticaret platformu	İş Dünyası	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
GridWatch MAC	İrlanda	Dijital izleme platformu	Yardımcı Programlar	YAPAY ZEKA	Geleneksel	Hizmetler
BM Energy Blockchain Labs Inc.	Çin	Yönetim platformu	İş Dünyası	Blok Zinciri	Esneklik toplayıcı	Tasarruflar (CO2)
Orman Yapay Zekası	Portekiz	Performans izleme	İş Dünyası	YAPAY ZEKA, MAKİNE ÖĞRENİMİ	Geleneksel	Yazılım
Kisensum	ABD	Filo yönetimi yazılım platformu	Son kullanıcılar	YAPAY ZEKA	Geleneksel	Enerji Hizmetleri
ÖÇ3 Enerji	ABD	Enerji yönetimi ve optimizasyonu	Son kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Enerji
Motion Werk	Almanya	Mobilite için ticaret platformu	İş Dünyası	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
OmegaGrid	ABD	Enerji optimizasyon platformu	İş Dünyası	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler



Origami Enerji	BİRLEŞİK KRALLIK	Ticaret platformu, optimizasyon ve yönetim	İş Dünyası	Büyük Veri, Makine Öğrenimi	Esneklik toplayıcı	Yazılım
Orison	ABD	Evsel akü depolama sistemi	Son kullanıcılar	YAPAY ZEKA	P2P	Ürün
Piclo	BİRLEŞİK KRALLIK	Pazar yeri platformu	İş Dünyası	YAPAY ZEKA	P2P	Hizmetler
PONTON	Almanya	Enerji ticareti ve şebeke yönetimi	İş Dünyası	Blok Zinciri	P2P	Yazılım
Güç Defteri	Avustralya	Enerji ticareti ve yönetimi için yazılım çözümleri	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Yazılım
PowerPeers	Hollanda	Ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	YAPAY ZEKA	P2P	Hizmetler
PROSUME	İsviçre	Ticaret ve yönetim platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	Esneklik toplayıcı	Enerji Hizmetleri
Relectrify	Avustralya	Kullanılmış EV akülerinden hepsi bir arada akü sistemi	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	IoT	Geleneksel	Ürünler
Sensgreen	Türkiye	Enerji analizi ve optimizasyonu	İş Dünyası	Yapay Zeka, DL, IoT	Geleneksel	Ürünler Hizmetler
Slock.it	Almanya	Paylaşım platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	IoT, Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
SOLshare	Bangladeş	Güneş enerjisi paylaşım platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	IoT	P2P	Ürünler
Spektral	Hollanda	Yönetim ve ticaret platformu	İş Dünyası	AI, Blok Zinciri	Esneklik toplayıcı	Hizmetler
Sterblue	Fransa	Sistemler için denetim ve yönetim çözümü	İş Dünyası	YAPAY ZEKA	Geleneksel	Hizmetler
Verv Enerji	BİRLEŞİK KRALLIK	Enerji yönetimi araçları	Son kullanıcılar	Yapay Zeka, IoT	Geleneksel	Yazılım Hizmetleri
WePower	BİRLEŞİK KRALLIK	Yönetim ve ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	Esneklik toplayıcı	Hizmetler
Bizim Gücümüz	Avusturya	Elektrik ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler



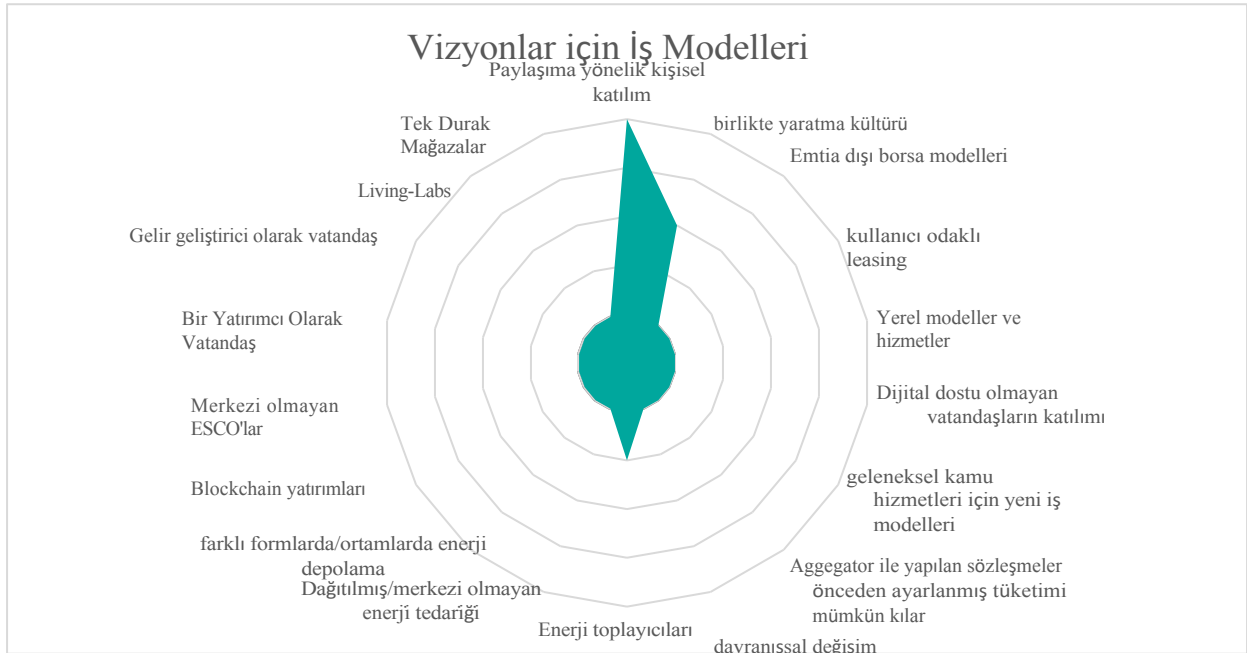
Enervalis	Hollanda	Enerji yönetimi ve optimizasyonu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Yapay Zeka, IoT	Geleneksel	Ürün Yazılım Hizmetleri
EnHelix	ABD	Enerji yönetimi ve ticareti	İş Dünyası	AI, Blok Zinciri	P2P	Yazılım
FSight	İsrail	Enerji yönetimi ve optimizasyonu	İş Dünyası	YAPAY ZEKA, MAKİNE ÖĞRENİMİ	Geleneksel	Hizmetler
Çakıl Taşı	Almanya	Enerji ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
Arayüz	Bulgaristan	Enerji ticaret platformu	İş Dünyası	Blok Zinciri	P2P	Hizmetler
Enerjiyi Yeniden Başlat	Romanya	Enerji ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Blok Zinciri	Esneklik toplayıcı	Enerji
ApolloChain	Avustralya	Enerji ticaret platformu	İşletmeler ve Son Kullanıcılar	Yapay zeka, IoT, Blok Zinciri	P2P	Hizmetler



Ek 3



Şekil 14 : Vizyon belirleme çalıştay sonuçları - vizyonlar için olası yollar



Şekil 15 : Vizyon belirleme çalıştay sonuçları - vizyonlar için iş modelleri





Şekil 16 : Vizyon belirleme çalıştay sonuçları - vatandaş vizyona nasıl dahil edilir?



Şekil 17 : Vizyon belirleme çalıştay sonuçları - dijital araçlar için engeller / boşluklar



Tablo 9 : ÜES'de dijitalleşmenin olumlu ve olumsuz etkileri

Olumlu Etkiler	Olumsuz Etkiler
Enerji sistemlerinin gerçek işleyişi hakkında gerçek verilere dayanan veri odaklı iş modelleri	Siyasi sistem ve kültürel unsurlara bağlı olarak kontrol yetkisi verme potansiyeli
Ulaşım ve enerji verimliliğini artıran yerel optimizasyon	tamamen dijital olması enerji talebini artıran ekipmanlar gerektirir
Sistem işletiminin verimliliği	Sisteme bağımlılık. Başarısız olursa ne olur?
Karar alma sürecine kitlesel katılımı sağlayacak tekniklerin mevcudiyeti	Dijital enerji sistemi saldırılara karşı daha savunmasız olabilir
Dijitalleşme işleri daha rahat, daha güvenilir ve daha akıllı bir kontrol haline getiriyor	Aşırı kontrol algısı, öğrenilmiş veri paylaşımı çaresizliği
Dijitalleşme: daha fazla optimizasyon	Güvenlik açığı; siber güvenlik ihlalleri
Optimize edilmiş ve daha etkili kentsel süreçler	Çok fazla yapay zeka, son kullanıcıların karar verme yetkisini elinden alıyor
Daha fazla verimlilik	Daha büyük ve daha büyük ICT sistemlerinin artan enerji tüketimi
	Güvenlik sorunları



