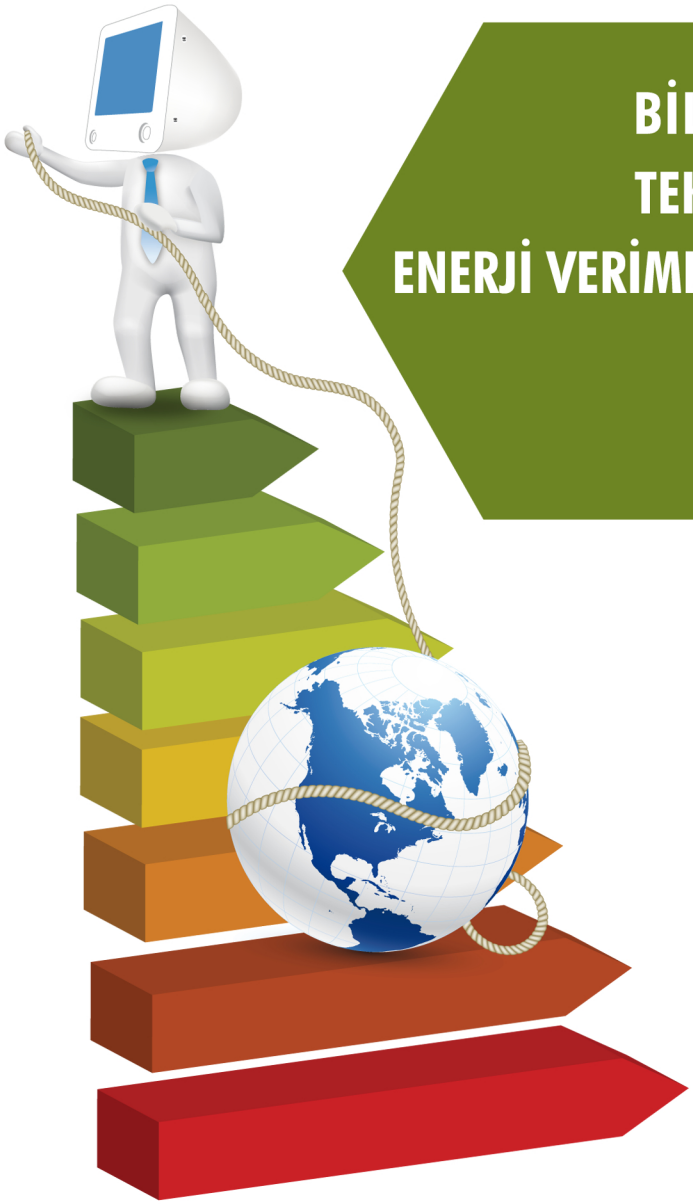
T.C.
KALKINMA BAKANLIĞI



BİLGİ VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE KATKISI

Uzmanlık Tezi

Burak KARAGÖL

BİLGİ TOPLUMU DAİRESİ BAŞKANLIĞI
Mayıs 2013

T.C. KALKINMA BAKANLIĞI
Yayın No: 2850

BİLGİ VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE KATKISI

Uzmanlık Tezi

Burak KARAGÖL

BİLGİ TOPLUMU DAİRESİ BAŞKANLIĞI
Mayıs 2013

ISBN 978-605-4667-35-2

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığının görüşlerini yansıtmaz. Sorumluluğu yazara aittir. Yayın ve referans olarak kullanılması Kalkınma Bakanlığının iznini gerektirmez.

Bu tez Müsteşar Yardımcısı Erhan USTA başkanlığında, Şevki EMİNKAHYAGİL, Mustafa DEMİREZEN, Doç. Dr. Adil TEMEL, Nihal ERCAN, Dr. Vedat ŞAHİN, Recep ÇAKAL ve M. Cengiz SÜRMELİ'den oluşan Planlama Uzmanlığı Yeterlilik Sınav Kurulu tarafından değerlendirilmiştir.

Bu yayın 500 adet basılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya verdikleri katkı ve desteklerden dolayı Bilgi Toplumu Dairesi Başkanı Emin Sadık AYDIN'a, danışmanım Planlama Uzmanı Ercan BOYAR'a, Planlama Uzmanları Özhan YILMAZ, Kubilay KAVAK ve Ahmet ŞİMŞEK'e, Orta Doğu Teknik Üniversitesi İktisat Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Erkan ERDİL'e, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. İletişim ve Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanı Bahadır UÇAN'a, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Ar-Ge ve Dış İlişkiler Şube Müdürü Vedii YEŞİLKILIÇ'a ve Grafik Tasarımcı Münire ŞAHİN'e,

Aileme, dostlarıma ve özel olarak, yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, bana karşı göstermiş oldukları koşulsuz sevgi ve sınırsız güven sayesinde kendimi daha güçlü hissetmemi sağlayan muhterem anne ve babama,

en kalbi duygularla teşekkür ederim.

Burak KARAGÖL

Ankara, 2013

ÖZET

Planlama Uzmanlığı Tezi

BİLGİ VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİNE KATKISI

Burak KARAGÖL

Dünya genelinde enerji gereksinimi giderek artmakta fakat aktif olarak yararlanılabilen enerji kaynakları ile ilgili ciddi kısıtlar bulunmaktadır. Bu sebeple, tüketilen enerjinin mümkün olan en etkin biçimde değerlendirilmesi hayati öneme sahip bir öncelik konumuna gelmiştir. Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çabalar kapsamında bilgi ve iletişim teknolojileri etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, hem daha az enerji tüketimine neden olan bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerini, hem de diğer alanlardaki enerji verimliliğinin artırılmasını sağlayan bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamalarını kapsayan yeşil bilişim kavramı ortaya çıkmıştır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliğinin artırılması konusunda en önemli alanlar, aynı zamanda enerji tüketiminin en çok gerçekleştiği sektörler olan, sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji sektörleridir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin bu sektörlerde yoğun olarak kullanılması ile akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekeleri gibi yeşil bilişim uygulamaları ortaya çıkmaktadır. Söz konusu akıllı uygulamalar sayesinde bahsi geçen sektörlerde önemli enerji verimliliği artışları sağlanmakta ve çevreye verilen zararlar azaltılmaktadır.

Bu çalışmada, bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerdeki enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik kullanımı incelenmiştir. Yeşil bilişim uygulamaları sayesinde ülkemizde sanayi, ulaştırma, binalar ve elektrik şebekeleri gibi alanlarda enerji verimliliğinin önemli ölçüde artırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Türkiye'nin bu uygulamalardan azami ölçüde faydalanabilmesi için, bilgi ve iletişim teknolojileri alanına ilişkin strateji ve politikaların yeşil bilişim konusunu özel olarak ele alması gerektiği ortaya konmuştur. Ayrıca, diğer sektörlere yönelik strateji ve politikaların da bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla elde edilebilecek enerji verimliliği artışlarını ve diğer iyileştirmeleri dikkate alması gerektiği değerlendirilmektedir. Söz konusu akıllı uygulamaların hayata geçirilmesi çeşitli alanları pek çok yönden etkilediğinden dolayı ilgili tüm paydaşlar arasında gerek sektörel gerekse sektörler arası düzeyde işbirliği ve koordinasyonun sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların yanında, bahsi geçen teknolojilere ilişkin ürün ve hizmetlerin üretimi ve tatbiki için gerekli olan kapasitenin oluşturulması da hayati önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi ve İletişim Teknolojileri, Enerji Verimliliği, Yeşil Bilişim, Akıllı Üretim Sistemleri, Akıllı Ulaşım Sistemleri, Akıllı Bina Sistemleri, Akıllı Elektrik Şebekeleri.

ABSTRACT

Planning Expertise Thesis

THE CONTRIBUTION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES TO ENERGY EFFICIENCY

Burak KARAGÖL

Energy demand has been increasing across the globe but there are serious constraints on energy resources that can be used actively. Therefore, consuming energy as efficiently as possible has become a vitally important issue. Within the efforts on increasing energy efficiency, information and communication technologies (ICT) have emerged as an effective tool. In this regard, the concept of "green ICT", which comprises ICT products and services that consume less energy as well as ICT applications that provide energy efficiency improvements in other sectors, has appeared.

Most prominent areas in obtaining energy efficiency improvements via ICT are industry, transportation, buildings and energy, which are at the same time the sectors that consume most of the energy. With the intensive usage of ICT in these sectors, green ICT applications such as smart manufacturing systems, intelligent transportation systems, smart building systems and smart grids emerge. Thanks to these smart applications, great improvements in energy efficiency can be achieved and environmental damages can be reduced in those sectors.

In this study, usage of ICT for improving energy efficiency in other sectors is examined. It is concluded that, energy efficiency in industry, transportation, buildings and electricity grids can be increased considerably via green ICT applications. It is stated that, to be able to take advantage of these applications as much as possible, ICT strategies and policies of Turkey should give special attention to green ICT. Furthermore, we think that strategies and policies regarding other sectors should also consider possible energy efficiency increases and other improvements via ICT. Because implementation of these smart applications affects a number of areas in many respects, ensuring the collaboration and coordination among all relevant stakeholders both in sectoral and inter sectoral levels is necessary. In addition, constituting the required capacity for production and implementation of green ICT products and services is of vital importance.

Keywords: Information and Communication Technologies, Energy Efficiency, Green ICT, Smart Manufacturing Systems, Intelligent Transportation Systems, Smart Building Systems, Smart Grids.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR i
ÖZET ii
ABSTRACT iii
İÇİNDEKİLER iv
TABLOLAR vi
ŞEKİLLER vii
GRAFİKLER viii
KISALTMALAR ix
GİRİŞ 1
1. BİLGİ VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLİŞKİSİ 5
1.1. Enerji Verimliliği ve Önemi 5
1.2. Yeşil Bilişim Kavramı 7
1.3. Yeşil Bilişimin Etkileri 8
1.3.1. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sektörüne Yönelik Etkiler 9
1.3.2. Diğer Sektörlere Yönelik Etkiler 15
1.3.3. Sistemik Etkiler 20
1.4. Bölüm Değerlendirmesi 21
2. DİĞER SEKTÖRLERDEKİ YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARI 23
2.1. Akıllı Üretim Sistemleri 23
2.2. Akıllı Ulaşım Sistemleri 30
2.3. Akıllı Bina Sistemleri 36
2.4. Akıllı Elektrik Şebekeleri 42
2.5. Bölüm Değerlendirmesi 49
3. DİĞER SEKTÖRLERDEKİ YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARINA İLİŞKİN ULUSLARARASI İNCELEMELER 50
3.1. OECD 50
3.2. Avrupa Birliği 52
3.3. Amerika Birleşik Devletleri 65
3.4. Güney Kore 70
3.5. Malezya 74
3.6. Bölüm Değerlendirmesi 77

4. DİĞER SEKTÖRLERDEKİ YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARINA İLİŞKİN TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER 79
4.1. Akıllı Üretim Sistemlerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar 82
4.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar 85
4.3. Akıllı Bina Sistemlerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar 92
4.4. Akıllı Elektrik Şebekelerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar 94
4.5. Bölüm Değerlendirmesi 97
5. DİĞER SEKTÖRLERE YÖNELİK YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARININ TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ 100
5.1. Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği 100
5.2. Türkiye'de Bilgi ve İletişim Teknolojileri 102
5.3. Türkiye'de Bilgi ve İletişim Teknolojileri Vasıtasıyla Enerji Verimliliğinin Artırılması 104
5.3.1. Sanayi 108
5.3.2. Ulaştırma 109
5.3.3. Binalar 110
5.3.4. Elektrik Şebekeleri 111
5.4. Bölüm Değerlendirmesi 112
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 114
EK: Türkiye'de Sektörler İtibarıyla Enerji Tüketimi 126
KAYNAKLAR 127
DİZİN 134

TABLOLAR

Sayfa No

Tablo 5.1. Türkiye ve OECD Genelinde Enerji Tüketiminin Seyri 100

Tablo 5.2. Doğrusal Regresyon Modeline İlişkin Özet İstatistik Çıktıları 105

Tablo 5.3. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sayesinde 2020 Yılı İtibarıyla Türkiye'de Sağlanabilecek Toplam Enerji Tasarrufları 107

Tablo 5.4. Seçilmiş Sanayi Sektörlerinde Yeşil Bilişim Uygulamalarına İlişkin Fayda ve Maliyetler 109

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1.1. Yeşil Bilişimin Etki Seviyeleri 9
Şekil 2.1. Akıllı Üretim Sistemlerinin Temel Bileşenleri 25
Şekil 2.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Temel Bileşenleri 32
Şekil 2.3. Akıllı Bina Sistemlerinin Temel Bileşenleri 38
Şekil 2.4. Akıllı Elektrik Şebekelerinin Temel Bileşenleri 44
Şekil 3.1. Güney Kore Ulusal Yeşil Bilişim Stratejisi 72

GRAFİKLER

Sayfa No

Grafik 1.1. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Kaynaklı Küresel Karbondioksit Emisyonları 10

Grafik 1.2. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürünlerinin Küresel Sera Gazı Emisyonlarındaki Payları 11

Grafik 1.3. Yeşil Bilişimin Yardımcı Etkileri Sayesinde Küresel Karbondioksit Emisyonlarında Sağlanabilecek Düşüşler 19

Grafik 4.1. Türkiye'de Girişimlerde Kurumsal Kaynak Planlaması ve Tedarik Zinciri Yönetimi Yazılımları Kullanımı..... 85

Grafik 5.1. Türkiye ve OECD'de Enerji Yoğunluğunun Yıllar İtibarıyla Değişimi 101

Grafik 5.2. Türkiye'de Hanelerde Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sahipliği 102

Grafik 5.3. Türkiye'de Girişimlerde Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sahipliği..... 103

Grafik 5.4. Türkiye'de Sektörel Enerji Talebi Projeksiyonları..... 106

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AMI	İleri Ölçme Altyapısı (Advanced Metering Infrastructure)
BMS	Bina Yönetim Sistemi (Building Management System)
BMWi	Almanya Ekonomi ve Teknoloji Bakanlığı (Germany Federal Ministry of Economics and Technology)
BTEP	Bin Ton Eşdeğer Petrol
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
CAM	Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacturing)
CIP	Rekabet Edebilirlik ve Yenilik Çerçeve Programı (Competitiveness and Innovation Framework Programme)
CNC	Bilgisayarlı Sayısal Kontrol (Computer Numerical Control)
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DESC	Sayısal Enerji Çözümleri Birliği (Digital Energy Solutions Consortium)
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EC	Avrupa Komisyonu (European Commission)
EIP	Girişimcilik ve Yenilik Programı (Entrepreneurship and Innovation Programme)
ENAR	Enerji Sektörü Araştırma Geliştirme Projeleri Destekleme Programı
EPRI	Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (Electric Power Research Institute)
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning)
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FP7	Yedinci Çerçeve Programı (Seventh Framework Programme)

GeSI	Küresel e-Sürdürülebilirlik İnisiyatifi (Global eSustainability Initiative)
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System)
GPS	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
Gt	Milyar Ton
HGS	Hızlı Geçiş Sistemi
ICT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri (Information and Communication Technologies)
ICT PSP	Bilgi ve İletişim Teknolojileri Politika Destek Programı (Information and Communication Technologies Policy Support Programme)
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IEE	Avrupa Akıllı Enerji Programı (Intelligent Energy Europe Programme)
ITIF	Bilgi Teknolojileri ve Yenilikçilik Kurumu (Information Technology and Innovation Foundation)
ITIS	Entegre Ulaştırma Bilgi Sistemi (Integrated Transport Information System)
ITS	Akıllı Ulaşım Sistemi (Intelligent Transportation System)
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)
İBB TKM	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi
KISDI	Kore Bilgi Toplumu Geliştirme Enstitüsü (Korea Information Society Development Institute)
km	Kilometre
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KSGI	Kore Akıllı Şebeke Enstitüsü (Korea Smart Grid Institute)
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MY EPU	Malezya Ekonomik Planlama Birimi (Malaysia Economic Planning Unit)

MY ITIS	Malezya Entegre Ulaşım Bilgi Sistemi (Malaysia Integrated Transport Information System)
MY KeTTHA	Malezya Enerji, Yeşil Teknoloji ve Su Bakanlığı (Malaysia Ministry of Energy, Green Technology and Water)
OECD	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OGS	Otomatik Geçiş Sistemi
PL MSW	Polonya İçişleri ve Yönetim Bakanlığı (Poland Ministry of Interior and Administration)
RFID	Radyo Frekanslı Tanıma (Radio Frequency Identification)
RITA	Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı Araştırma ve Yenilikçi Teknoloji Birimi (US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration)
SCADA	Uzaktan Kontrol ve Veri Toplama (Supervisory Control and Data Acquisition)
SCM	Tedarik Zinciri Yönetimi (Supply Chain Management)
STB	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TL	Türk Lirası
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UBAK	Ulaştırma Bakanlığı
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Program)
UNESCAP	Birleşmiş Milletler Asya ve Pasifik Ekonomik ve Sosyal Komisyonu (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)
US AMO	Amerika Birleşik Devletleri İleri Üretim Ofisi (US Advanced Manufacturing Office)
US DOE	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı

	(US Department of Energy)
US DOT	Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı (US Department of Transportation)
US EERE	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi (US Office of Energy Efficiency and Renewable Energy)
US EIA	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bilgisi Yönetimi (US Energy Information Administration)
vb.	Ve Benzeri
ve ark.	Ve Arkadaşları
WAAPCA	Geniş Alan Uyarlanabilir Koruma, Kontrol ve Otomasyon (Wide-Area Adaptive Protection, Control and Automation)
WAMS	Geniş Alan İzleme Sistemi (Wide-Area Monitoring System)
WASA	Geniş Alan Durumsal Farkındalık (Wide-Area Situational Awareness)
WEC	Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council)

GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun yaşamının ve uygarlığın devam ettirilebilmesi için zaruri bir ihtiyaç konumundadır. Çeşitli sosyal ve ekonomik dinamiklerin etkisiyle dünya toplam enerji talebi her geçen gün artmakta fakat etkin olarak yararlanılabilen enerji kaynaklarına ilişkin kısıtlar ciddiyetini korumaktadır. Bu nedenle, günümüzde ülkeler enerji alanı ile ilgili pek çok önemli sorunla baş etmek zorunda kalmaktadır. Sahip oldukları enerji kaynakları tüketimlerini karşılamaya yetmeyen ülkelerin diğer ülkelerden ithal ettikleri enerji için ödedikleri meblağlar cari işlemler dengeleri açısından ciddi bir yük oluşturmaktadır. Arzu edilen bir gelişme olan ekonomik büyüme, ülkelerin gereksinim duyduğu enerji miktarının artmasını da beraberinde getirmektedir. Ayrıca, yerli üreticilerin uluslararası pazarlarda rekabet gücünü belirleyen faktörlerin başında üretimde girdi olarak kullandıkları enerjiye ilişkin maliyetleri gelmektedir. Bunların yanında, enerji kaynakları açısından zengin ülkelerle olan ilişkiler dış politika alanında her zaman için gözetilmesi gereken bir husus olarak yerini korumaktadır. Tüm bu faktörler dikkate alındığında temin edilen enerjinin mümkün olan en verimli şekilde kullanılmasının hayati öneme sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

Öte yandan, yirminci yüzyılın sonlarından itibaren dünya genelinde önem kazanmaya başlayan sürdürülebilir kalkınma kavramı kapsamında ekonomik büyümenin ülkeler için yegâne öncelik olamayacağı, başta çevre olmak üzere pek çok sosyal meselenin de kalkınma arayışlarında dikkate alınması gerektiği fikri ön plana çıkmıştır. 1992 yılında Birleşmiş Milletler tarafından Brezilya'nın Rio de Janeiro şehrinde düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda kabul edilen deklarasyonda, sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın sağlanmasında çevreyle ilgili hususların da göz önünde bulundurulmasının önemi vurgulanmıştır. Daha sonra, 2000 yılında düzenlenen Birleşmiş Milletler Binyıl Zirvesi'nde 2015 yılına kadar ulaşılması amaçlanan Binyıl Kalkınma Hedefleri benimsenmiştir. Çeşitli ekonomik ve sosyal konularla ilgili sekiz temel hususu kapsayan Binyıl Kalkınma Hedefleri'nden biri çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır. Son olarak 2012 yılı Haziran ayında yine Brezilya'nın Rio de Janeiro şehrinde gerçekleştirilen Rio+20 Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı'nda da bahsi geçen önceki

iki toplantıda ortaya konan sonuçlar tasdik edilmiş; ekonomik kalkınmanın çevresel faktörleri de göz önünde bulundurarak gerçekleştirilmesinin önemi bir kez daha vurgulanmıştır.

Özellikle 2008 yılından itibaren etkileri dünyanın hemen her bölgesinde ciddi bir biçimde hissedilen küresel ekonomik kriz sonrasında ekonomik canlanmanın yeniden sağlanabilmesi için, çevreye duyarlı yeni teknoloji, ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi temel araçlardan biri olarak görülmeye başlanmıştır. Ayrıca son yıllarda, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması, iklim değişikliği, küresel ısınma ve çevre tahribatı gibi konular dünya gündeminin üst sıralarında yer almaktadır. Bu doğrultuda, hem yaşanan ekonomik sıkıntıların olumsuz sonuçlarının telafi edilmesi hem de sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir ekonomik kalkınma modeli uygulanması amacıyla "yeşil büyüme" (green growth) kavramı ortaya çıkmıştır.

Kısaca çevre dostu büyüme olarak tanımlanan yeşil büyüme, ekonomik kalkınmanın çevresel riskleri ve doğal kaynakların devamlılığını dikkate alan bir anlayışla gerçekleştirilmesini ifade etmektedir. Bu bakımdan yeşil büyüme olgusu hem doğal hem de ekonomik kısıtların bir arada gözetilmesi esasına dayanmaktadır. Bununla birlikte yeşil büyüme kavramı çevre dostu yeni teknoloji, ürün ve hizmetlerin ortaya çıkarılması vasıtasıyla ekonomik büyümenin desteklenerek çevreyle ilgili kısıtların fırsata dönüştürülmesi hedefini de kapsamaktadır. Yeşil büyüme sayesinde doğal kaynakların daha etkin kullanılması ve böylece verimliliğin artırılması, yenilikçiliğin teşvik edilmesi, yeni pazarların ve yeni iş imkânlarının ortaya çıkması, kaynak darboğazlarının ortadan kaldırılması ve çevresel dengesizliklerin önlenmesi amaçlanmaktadır[1].

Son dönemde dünya genelinde yaşanmakta olan başka bir gelişme kapsamında ise, bilgi ve iletişim teknolojileri ekonomik ve sosyal hayatın hemen her alanına nüfuz etmekte; iş yapma usullerini, kamu yönetimi yaklaşımlarını ve sosyal hayatı derinden etkilemektedir. Bu bağlamda, bilgi ve iletişim teknolojileri sürdürülebilir ekonomik ve sosyal kalkınma hedeflerine ulaşılmasında bir araç olarak

[1] OECD, 2011: 9.

görülmeye başlanmıştır. Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojileri, çevre, ulaştırma, tarım, enerji, inşaat, imalat gibi çeşitli sektörlerdeki sorunların çözümünde, yeni ortaya çıkan ihtiyaçların karşılanmasında ve mevcut süreçlerin daha etkin hale getirilmesinde önemli bir yardımcı olarak kullanılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri alanında da yeşil büyüme anlayışı ile uyumlu olarak "yeşil bilişim" (green information and communication technologies - green ICT) kavramı ön plana çıkmıştır. Yeşil bilişim kavramı, hem bizatihi kendi yaşam döngüleri boyunca nispeten daha az enerji tüketen ve dolayısıyla çevreye daha az zarar veren bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerini hem de bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerin enerji tüketiminin ve çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılmasında kullanılmasını kapsamaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonominin hemen her sektörüne giderek artan yoğunlukta nüfuz etmesi dolayısıyla, yeşil bilişimin enerji verimliliği ile ilgili olumlu etkilerinin büyük bölümü diğer sektörlerde görülmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla diğer sektörlerdeki enerji verimliliğinin artırılması konusunda en önemli alanlar ise, aynı zamanda enerji tüketiminin en çok gerçekleştiği sektörler olan, sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji sektörleridir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin bu sektörlerde yoğun ve yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri, akıllı elektrik şebekeleri gibi yenilikçi uygulamalar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu akıllı uygulamalar, hayata geçirildikleri alanlardaki iş ve işlemlerin daha kaliteli ve bol veri ve bilgilerden istifade edilerek, çok daha doğru bir biçimde, optimum seçimler doğrultusunda ve azami etkinlikle gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece, bu sektörlerdeki enerji verimliliği artmakta, çevreye verilen zararlar azalmakta ve başkaca dolaylı iyileşmeler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, bahsi geçen yeşil bilişim çözüm ve uygulamaları bunların geliştirilmesinde ve üretilmesinde ilerleme kaydeden ülkeler için önemli ekonomik fırsatlar sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerdeki enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik kullanımının incelenmesidir. Bu çerçevede, dünya genelindeki gelişmeler ve söz konusu teknolojilerin olası fayda ve maliyetleri

de göz önünde bulundurularak ülkemizin bu uygulamalardan azami ölçüde faydalanabilmesi için öneriler geliştirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde bilgi ve iletişim teknolojileri ile enerji verimliliği arasındaki ilişki genel olarak ele alınmakta; bu kapsamda enerji verimliliği ve yeşil bilişim kavramları incelenmektedir. İkinci bölümde, diğer sektörlerdeki enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik başlıca yeşil bilişim uygulamaları olan akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekelerinin temel bileşenleri, uygulanma yöntemleri ve yol açtıkları iyileştirmeler detaylı olarak açıklanmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin dünya genelindeki gelişmeler incelenmekte, bu alanda önde gelen ülkelerde hayata geçirilen strateji, politika ve uygulamalar ele alınmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin ülkemizdeki mevcut durum değerlendirilmektedir. Beşinci bölüm, Türkiye'de sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarında bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde elde edilebilecek enerji verimliliği iyileştirmelerinin analiz edilmesine ayrılmıştır. Çalışmanın son bölümünde, ulaşılan sonuçlar özetlenmekte ve bunlar doğrultusunda ülkemizin bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliği artışları sağlanması konusunda azami derecede fayda elde edebilmesine yönelik öneriler sunulmaktadır.

1. BİLGİ VE İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLİŞKİSİ

1.1. Enerji Verimliliği ve Önemi

Fizik biliminde iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanan enerji, insanoğlunun biyolojik olarak hayatını sürdürebilmesi için olduğu kadar sahip olduğu uygarlığı devam ettirebilmesi için de vazgeçilemez bir gereklilik durumundadır. Dünya genelinde gerek bireysel gerekse toplumsal olarak yürütülmekte olan iş ve işlemlerin karmaşıklığı ve miktarı arttıkça enerjiye olan gereksinim de giderek artmaktadır. 1973 yılından 2008 yılına kadar geçen sürede küresel enerji tüketiminin yaklaşık iki katına çıktığı hesaplanmaktadır[2]. Ayrıca, 2035 yılına gelindiğinde dünya genelindeki toplam enerji tüketiminin günümüzdekine oranla yüzde 50 daha fazla olacağı tahmin edilmektedir[3].

Öte yandan, ihtiyaç duyulan enerjinin büyük kısmının karşılandığı fosil yakıt rezervlerinin kısıtlı oluşu ve alternatif enerji kaynaklarından henüz yeterli düzeyde yararlanılamıyor olması, enerjiyi dünya gündeminin en önemli meselelerinden biri haline getirmiştir. Ülkelerin enerji kaynaklarına olan ihtiyaçları ve bunlara sahiplik durumları uluslararası politik ve ekonomik kararların alınmasında rol oynayan temel belirleyicilerden biri konumundadır. Enerji gereksiniminin güvenli bir biçimde ve uygun maliyetle karşılanabiliyor olması hem genel olarak bir ülkenin hem de o ülkede bulunan firmaların rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir. Bunların yanında, yol açtığı sera gazı emisyonları ve diğer etkiler dolayısıyla enerji tüketimi çevresel kaygılarla da yakından ilişkilidir.

Enerjiye olan talebin taşıdığı hayati önem ve bu talebin karşılanmasıyla ilgili kısıtlar dolayısıyla enerjinin mümkün olan en etkin şekilde kullanılması bir zaruret haline gelmiştir. Belirli bir işin yapılması için harcanan enerji miktarı o işe ilişkin enerji verimliliği düzeyini belirlemektedir. Söz konusu işin, nicelik ve niteliğinde bir azalma olmaksızın, daha düşük bir enerji tüketimiyle gerçekleştirilmesi durumunda

[2] OECD, 2012a: 6.
[3] US EIA, 2011: 1.

enerji verimliliği artışından söz edilir[4]. Enerji verimliliği, teknolojik ilerlemeler sayesinde ortaya çıkan yeni ürün ve uygulamalar vasıtasıyla olduğu gibi, mevcut ürün ve uygulamalarda yapılan iyileştirmelerle de artırılabilmektedir. Bunların yanında, organizasyon yapılarındaki ve insan davranışlarındaki değişimler gibi doğrudan teknolojik olmayan gelişmeler de enerji verimliliği artışlarına katkı sağlayabilmektedir. Mevcut bir sürecin iyileştirilmesi, daha az enerji gereksinimi olan araç gereçlerin kullanılması, ekonomik ve sosyal aktivitelerin daha etkin bir biçimde organize edilip yönetilmesi vb. her türlü değişiklik neticesinde gereksiz enerji tüketiminden kaçınılması enerji verimliliği artışlarını beraberinde getirmektedir.

Makro düzeydeki enerji verimliliği değişiklikleri enerji yoğunluğu olarak adlandırılan bir göstergeyle izlenmektedir. Bir birim hâsıla üretebilmek için gerçekleştirilen enerji tüketimi olarak tanımlanan enerji yoğunluğu, bir ülkedeki yıllık toplam enerji tüketiminin o ülkeye ait gayri safi yurtiçi hâsılaya (GSYH) bölünmesi ile bulunur. Enerji yoğunluğu düşük olan ülkelerin enerjiyi daha verimli bir biçimde kullandığı sonucuna varılabilir. Ayrıca, bir ülkedeki enerji yoğunluğunda sağlanan düşüşler enerjinin daha verimli kullanılmaya başlandığı anlamına gelmektedir.

Enerji verimliliğinin sahip olduğu öneme uygun olarak, başta en fazla enerji tüketiminin gerçekleştiği sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji gibi sektörler olmak üzere hemen her alanda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yasal, mali ve teknik tedbirler alınmaktadır. Bu kapsamda ülkeler, enerji verimliliği daha yüksek yapı, ürün ve uygulamaların geliştirilmesi ve bunların kullanımının teşvik edilmesi ya da zorunlu tutulması vasıtasıyla enerji yoğunluklarını düşürmeye çalışmaktadırlar. Bu çabalar kapsamında, enerji verimliliğini artırmak için bilgi ve iletişim teknolojilerinden istifade edilmesi son zamanlarda üzerinde önemle durulan konulardan biri haline gelmiştir.

[4] WEC, 2008: 9.

1.2. Yeşil Bilişim Kavramı

Bilgi ve iletişim teknolojileri kavramı; iletişim amacıyla ya da veri ve bilgileri işleme, saklama, yayma ve yönetmeye yönelik olarak kullanılan teknolojik araç ve kaynakların tamamını ifade etmek için kullanılmaktadır. Radyo, televizyon, mobil ve sabit telefonlar, bilgisayar, internet, bunlarla ilgili donanım ve yazılımlar, uydu sistemleri ile bunlara ilişkin hizmet ve uygulamalar genel olarak bilgi ve iletişim teknolojileri olarak adlandırılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde özellikle yirminci yüzyılın sonlarından itibaren yaşanan önemli gelişmeler neticesinde bu teknolojiler ekonomik ve sosyal hayatın hemen her alanına nüfuz etmiş ve çok çeşitli amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Buna paralel olarak, bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı yenilikçi ürün ve çözümler vasıtasıyla diğer alanlardaki ihtiyaç ve problemlere cevap verilmesi anlayışı da giderek ağırlık kazanmaktadır. Bu doğrultuda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin toplumun temel sorunlarına çözüm bulunmasında etkin bir araç olarak kullanılmasına yönelik strateji, politika ve uygulamalar geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması hedefiyle uyumlu olarak ortaya çıkan yeşil büyüme kavramıyla birlikte, akıllı bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamaları ve yeşil bilişim konuları da bilgi toplumu politikalarının öncelikleri arasında yer almıştır. Hem bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün bizatihi kendisinin çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması hem de bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak diğer sektörlerin çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılmasında akıllı çözümlerden faydalanılması konuları bu önceliklerin çerçevesini oluşturmaktadır.

Yeşil bilişim kavramı, çevresel etkileri bakımından öncekilere göre daha iyi performansa sahip bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetleri ile ekonomik ve sosyal hayatın genelinde yürütülen faaliyetlerin çevreye olan zararlarının azaltılmasında yararlanılan bilgi ve iletişim teknolojileri çözümlerinin tamamını kapsayacak şekilde tanımlanmaktadır[5]. Bir başka deyişle yeşil bilişim, bir taraftan gerek üretim gerekse tüketimleri sırasında daha az enerji ihtiyacı olan ve böylece daha az karbondioksit emisyonuna neden olan bilgi ve iletişim teknolojilerini; diğer

[5] OECD, 2010b: 7.

taraftan ise teknolojik, kurumsal ve davranışsal dönüşümlere imkân tanımak suretiyle diğer alanlardaki enerji verimliliğini artıran ve bu sayede çeşitli sosyo-ekonomik faydaların ortaya çıkmasını sağlayan bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamalarını kapsamaktadır[6].

Genel olarak bakıldığında, yeşil bilişimin getirdiği avantajlar ekonomik ve çevresel olmak üzere iki boyutta değerlendirilebilir. Yeşil bilişim sayesinde enerji verimliliğinde sağlanan artışlar maliyet tasarruflarını mümkün kılmaları dolayısıyla doğrudan ekonomik faydaları beraberinde getirmektedir. Enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılması ise karbondioksit ve diğer atıkların emisyonlarının düşürülmesini, böylece çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılmasını mümkün kılmaktadır. Kısacası, yeşil bilişimin çevreye duyarlı olması enerji verimliliğinde sağladığı iyileştirmelerin doğal bir sonucudur.

1.3. Yeşil Bilişimin Etkileri

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevreye olan etkilerini üç farklı seviyede incelemek mümkündür. Şekil 1.1'de görüldüğü gibi, yeşil bilişim kavramının ilk seviyesini bilgi ve iletişim teknolojilerinin kendilerinin çevreye daha duyarlı hale getirilmesini kapsayan "doğrudan etkiler" (direct impacts) oluşturmaktadır. Etki alanı itibarıyla çok daha geniş olan ikinci seviyedeki "yardımcı etkiler" (enabling impacts) bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak diğer sektörlerin çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılmasını ifade etmektedir. Üçüncü ve en geniş kapsamlı seviye ise bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik ve sosyal hayatın çeşitli alanlarda kullanımı sonucunda insanların davranışlarında uzun dönemde meydana gelen değişimleri kapsayan "sistemik etkiler" (systemic impacts) olarak nitelendirilmektedir[7].

Yeşil bilişimin bu farklı etki katmanları arasında, gerek ekonominin tüm sektörlerini kapsaması gerekse çeşitli alanlarda bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı yenilikçi uygulamaların ortaya çıkmasına imkân vermesi dolayısıyla yardımcı etkiler ön plana çıkmaktadır. Bu bölümün devam eden kısımlarında yeşil bilişimin her bir

[6] UNESCAP, 2009: ii.
[7] OECD: 2010b: 8.

etki seviyesi ayrı ayrı incelenecektir. Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmada kullanılmasını ifade eden yardımcı etkiler bir sonraki bölümde daha ayrıntılı bir biçimde ele alınacaktır.

Şekil 1.1. Yeşil Bilişimin Etki Seviyeleri

Kaynak: OECD, 2010b: 8.

1.3.1. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sektörüne Yönelik Etkiler

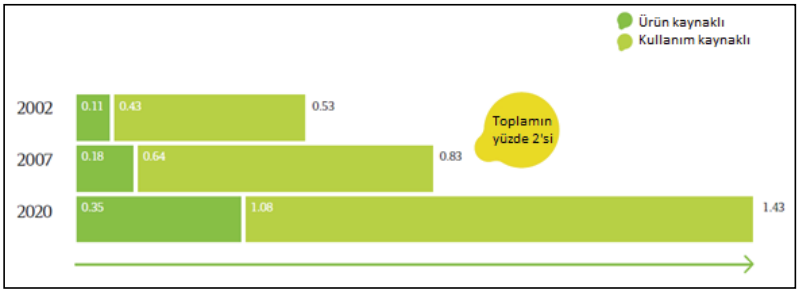
Bilgi ve iletişim teknolojilerinin çevre üzerindeki doğrudan etkileri, bu teknolojilerin fiziksel olarak mevcudiyetinden ve bunlarla ilişkili tüm süreçlerden kaynaklanan çevresel sonuçları ifade etmektedir. Bilgisayar, cep telefonu, televizyon gibi günlük yaşamımızda sıklıkla kullandığımız donanım ürünlerinin ve bunlara ait yazılımların üretimi, dağıtımı, kullanımı ve geri dönüşümü sırasında olduğu kadar bilgi ve iletişim teknolojileri hizmetlerinin sağlanabilmesini mümkün kılan veri merkezi gibi yapılar tarafından tüketilen enerji ve doğaya bırakılan karbondioksit de doğrudan etkilerin kapsamına girmektedir[8].

Bilgi ve iletişim teknolojileri alanında yaşanan önemli gelişmeler, bu teknolojilerin ekonomik ve sosyal hayatın geneline nüfuz etmesi, hem kurumsal hem

[8] OECD, 2010b: 9.

de bireysel tüketicilerin bu teknolojilere yönelik sürekli ve artan talebi bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün ciddi ölçüde genişlemesine yol açmıştır. 2010 yılında dünya genelinde gerçekleşen toplam bilgi ve iletişim teknolojileri harcamasının yaklaşık 4,4 trilyon ABD Doları olduğu tahmin edilmektedir[9]. Bu genişlemeye paralel olarak, sektörün ürün ve hizmetlerinin gerek üretimi gerekse kullanılmaları sırasında ihtiyaç duyulan toplam enerji miktarı ve dolayısıyla ortaya çıkan olumsuz çevresel etkiler de her geçen gün artmaktadır. Grafik 1.1'de görüldüğü gibi, 2007 yılı itibarıyla dünya genelinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden kaynaklanan toplam karbondioksit emisyonlarının 0,83 Gt olduğu hesaplanmıştır. Toplam karbondioksit emisyonlarının yaklaşık yüzde 2'sine tekabül eden bu değerin 2020 yılına gelindiğinde 1,43 Gt'ye yükseleceği tahmin edilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerinin kullanımı sırasında ortaya çıkan karbondioksit emisyonları bunların üretimi sırasında oluşan emisyonlara göre çok daha fazla olmaktadır[10]. Bu durum, bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerinin daha az enerjiye gereksinim duyarak çalışabilecek şekilde tasarlanması ve üretilmesinin önemini göstermektedir.

Grafik 1.1. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Kaynaklı Küresel Karbondioksit Emisyonları (Gt)



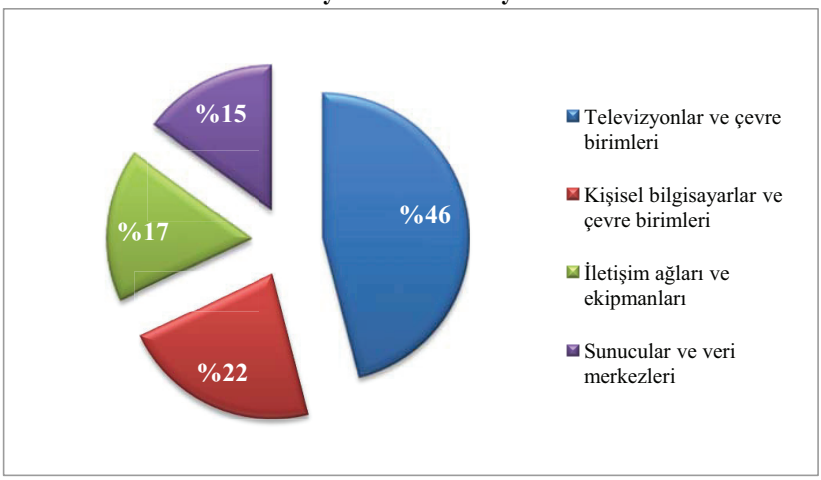
Kaynak: GeSI, 2008: 17.

Kişisel bilgisayarlar ve çevre birimlerinin yanı sıra, hemen hemen her evde en az bir tane bulunan televizyonlar ve bunların çevre birimleri, sunucu ve veri merkezleri ile iletişim ağları ve ekipmanları enerji tüketimleri bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Grafik 1.2'de görüldüğü üzere, 2007 yılı itibarıyla, bilgi ve iletişim

[9] OECD, 2012b: 55.
[10] GeSI, 2008: 17.

teknolojilerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yaklaşık yarısı (yüzde 46) televizyonlar ve çevre birimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu ürün grubunu, kişisel bilgisayarlar ve çevre birimleri (yüzde 22), iletişim ağları ve ekipmanları (yüzde 17) ile sunucular ve veri merkezleri (yüzde 15) izlemektedir[11].

Grafik 1.2. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürünlerinin Küresel Sera Gazı Emisyonlarındaki Payları



Kaynak: Malmodin ve ark., 2010: 13-14

Bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerinde sıklıkla kullanılan elektronik devreler ve yarı iletkenler gibi bileşenlerin üretiminde ciddi miktarlarda enerji gereksinimi ortaya çıkmakta, bu kapsamda yürütülen soğutma, ısıtma, temizleme gibi işlemler nedeniyle ihtiyaç duyulan su miktarı da önemli boyutlarda olmaktadır. Bunların yanında, kadmiyum, galyum, tantal gibi doğada nadir bulunan metallerin en çok kullanıldığı alanlardan biri bilgi ve iletişim teknolojileri ürünleri imalatıdır[12]. Öte yandan, son yıllarda sayısal ortamda ulaşılabilir bilginin aşırı derecede artması, bu bilginin üretimi, işlenmesi, saklanması ve paylaşılması için gerekli olan sunucu ve veri merkezlerine yönelik ihtiyacı da artırmıştır. Bu doğrultuda bu merkezlerdeki donanımların enerji gereksinimleri de giderek artmaktadır. Örneğin, dünya genelinde büyük yaygınlık kazanan Google, YouTube, Facebook gibi hizmet sağlayıcılarının faaliyetleri sahip oldukları çok geniş veri merkezlerinin varlığı ile mümkün

[11] Malmodin ve ark., 2010: 13-14.
[12] OECD, 2010b: 18.

olabilmekte, bu veri merkezlerinde tüketilen enerji söz konusu şirketlerin önemli maliyet kalemlerinden biri konumuna gelmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla yaygınlaşması neticesinde ortaya çıkan bir başka sorun da bu ürünlerin geri dönüşümü meselesidir. Ekonomik ömrünü tamamlamış elektrikli ve elektronik ürünlerin kontrolsüz bir şekilde elden çıkarılması sonucu ortaya çıkan atıklar "e-atık" (e-waste) olarak adlandırılmaktadır. Hem söz konusu yaygınlaşma dolayısıyla hem de bu alanda yaşanan hızlı teknolojik gelişmelerin etkisiyle bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerinin aktif ömürlerinin çok kısa olması nedeniyle e-atıklar çevre için giderek daha büyük bir problem haline gelmektedir. Dünya genelindeki yıllık e-atık miktarının 20 ile 50 milyon ton arasında olduğu tahmin edilmektedir[13]. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Program - UNEP), 2020 yılına kadar e-atık miktarındaki artış oranlarını, kişisel bilgisayarlar için 4-8 kat, cep telefonları için 7 kat ve televizyonlar için 1,5-2 kat olarak tahmin etmektedir[14].

Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün çevreye olan olumsuz etkilerini kontrol altına almak amacıyla çeşitli ürün ve süreç iyileştirmelerine yönelik çabalar artarak devam etmektedir. Bu kapsamda, bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerinin giderek daha enerji tasarruflu ve daha uzun ömürlü olarak üretilmelerine çalışılmaktadır. Masaüstü bilgisayar, tüplü televizyon ve monitör, eski tip sunucu gibi ürünlerin yerine onlara kıyasla daha az enerjiyle çalışabilen dizüstü bilgisayar, "ince istemci" (thin client), LCD televizyon ve monitör, "bıçak sunucu" (blade server) gibi yeni ürünler tercih edilmeye başlanmıştır[15].

İnce istemciler, merkezi bir sunucunun donanım ve yazılım kaynaklarını kullanan, normal bir bilgisayarın yaptığı işleri yaklaşık yüzde 10'luk bir enerji tüketimiyle gerçekleştirebilen ürünlerdir. Bu teknolojilerin kullanıldığı sistemlerde bilgi işleme ve saklama işi merkezi donanım ve yazılım kaynakları vasıtasıyla gerçekleştirilmekte, ince istemci denilen düşük maliyetli bilgisayarlar kullanıcı ile bu

[13] OECD, 2010b: 8.
[14] UNEP, 2009: 49-50.
[15] GeSI, 2008: 19-23.

merkezi sunucu arasında bir arayüz vazifesi görmektedir[16]. İnce istemciler, çok sayıda bilgisayar kullanıcısı bulunan kamu kurumları ve bankalar gibi kuruluşlar tarafından enerji maliyetlerini düşürmek için bir araç olarak görülmektedir.

Bıçak sunucular, normal bir sunucuya göre çok daha az yer kaplayacak ve daha az enerjiye gereksinim duyacak şekilde tasarlanan yeni nesil ürünlerdir. Bıçak sunucular, çalışmaları sırasında daha az elektrik tükettikleri gibi, aynı sayıda sunucunun çok daha küçük bir fiziksel alan kaplaması nedeniyle sistem odasıyla ilgili ihtiyaçların düşürülmesine de imkân vermektedirler. Bu sayede, bıçak sunucular normal bir sunucuya göre ortalama olarak yüzde 20 enerji tasarrufu sağlamaktadır[17].

Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü bünyesinde enerji kullanımını daha etkin bir hale getirmeye yönelik bir başka yenilikçi uygulama ise "sanallaştırma" (virtualization)'dır. Sanallaştırma, bilgi ve iletişim teknolojilerinde mevcut fiziksel kaynağın mantıksal parçalara bölünerek yazılım ve donanım bağımlılıklarının ortadan kaldırılmasıdır. Sanallaştırma ile tek bir fiziksel makine üzerinde o fiziksel makinenin kaynaklarını paylaşan, farklı işletim sistemleri ve uygulamalar çalıştırabilen birden çok sanal makine oluşturulabilir. Bu teknolojinin tam olarak ne olduğunu anlatabilmek için şöyle bir analoji kurulabilir: Bilgisayar, sunucu gibi cihazları otomobillere, aynı cihazların sanallaştırma teknolojisi uygulanmış halleri ise toplu taşıma araçlarına benzetilebilir. Otomobiller genellikle taşıma kapasitelerini tam olarak doldurmamış halde kullanılmalarına rağmen her biri için ayrı satın alma, yakıt, bakım vb. masraflar üstlenilmek durumundadır. Toplu taşımada ise aynı yöne farklı araçlarla gidecek birçok insanın çok daha az bir maliyetle taşınması mümkün olmaktadır. Sanallaştırma teknolojisi de benzer şekilde bilgi işlem altyapısındaki atıl kapasitelerin kullanılarak maliyet avantajlarından faydalanılmasına imkân vermektedir[18].

Sanallaştırmanın en çok yararlanılan çeşidi, farklı işletim sistemlerinin aynı sunucu üzerinde güvenli bir biçimde çalıştırılmasını sağlayan sunucu

[16] IGEL Technology, 2007: 2-3.
[17] Rasmussen, 2006: 8.
[18] DeAngelis, 2010: 1.

sanallaştırmasıdır. Her hizmet ya da iş kalemi için ayrı bir sunucu kullanıldığında her biri için fiziksel alan, tesisat, donanım, yazılım, personel, enerji, soğutma, bakım, yedekleme vb. maliyetlerin üstlenilmesi gerekirken, sunucu sanallaştırması aynı sunucu üzerinden farklı taleplere aynı anda cevap verilmesini sağlayarak maliyetleri ciddi oranda düşürmektedir. Sunucu sanallaştırması, sunucuların atıl kapasitelerinin kullanılarak daha yüksek verimle çalışmalarını ve daha esnek, tek bir merkezden izlenme ve raporlanma imkânı olan bir yapının kurulmasını sağlar. Ayrıca bu yolla ihtiyaç duyulduğunda sanal olarak çok hızlı bir şekilde yeni sunucu oluşturulabilir. Sunucu sanallaştırması başta internet servis sağlayıcıları ve bilgi işlem merkezleri olmak üzere pek çok profesyonel kullanıcı tarafından tercih edilmektedir.

Son zamanlarda bilgi ve iletişim teknolojileri alanındaki en popüler konulardan biri, sanallaştırma ile benzer bir mantığa sahip olan "bulut bilişim" (cloud computing) kavramıdır. Bulut bilişim, ihtiyaca göre ölçeklenebilen ortak bilgi ve iletişim teknolojileri kaynaklarına (şebeke, sunucu, bellek, uygulama ve hizmetler) isteğe bağlı olarak, elverişli ve hızlı bir şekilde, en az düzeyde yönetilme ve hizmet sağlayıcı etkileşimine ihtiyaç duyularak, ağ üzerinden ulaşılabilmesine imkân sağlayan teknoloji olarak tanımlanmaktadır[19]. Kullanıcılara sağladığı esneklik, hız, etkinlik gibi avantajların yanı sıra bulut bilişim, bilgi ve iletişim teknolojileri kaynaklarının ihtiyaca göre ve ortak kullanımına imkân vermesi sayesinde bu kaynakların kapasite kullanım oranlarını artırmaktadır. Böylece hem yazılım ve donanım ürünlerinin satın alınmaları için yapılan harcamalar azaltılabilmekte, hem de bu ürünlerin kullanılmaları sırasında ortaya çıkan başta enerji tüketiminden kaynaklananlar olmak üzere her türlü maliyette önemli tasarruflar yapılabilmektedir.

Ekonomik ömürlerini dolduran bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerinin çevreye olan zararlarını mümkün olan en az seviyede tutmak için de çeşitli önlemler alınmaktadır. Bu konuda aktif bir tutum takınan Avrupa Birliği (AB), e-atıkların toplanması, miktarının kısıtlanması ve geri dönüşümün sağlanması için çeşitli yasal zorunluluklar ve mali teşvikler uygulamak suretiyle e-atıkların çevreye ve insan sağlığına karşı doğurduğu tehlikeleri kontrol altına almaya çalışmaktadır[20]. Ayrıca,

[19] Mell and Grance, 2011: 3.
[20] EC, 2003: 1.

bilgi ve iletişim teknolojileri ürünlerinin büyük oranda geri dönüştürülebilen ve daha uzun ömürlü olarak üretilmesine yönelik teknolojik çalışmalar yürütülmektedir. E-atıkların geri dönüşümü, bu ürünlerin üretimi sırasında kullanılan bazı nadir bulunan metallerin ve ekonomik değeri olan bileşenlerin yeniden kullanılmasına imkân vermesi dolayısıyla doğrudan maliyet avantajlarına ve dolaylı enerji tasarruflarına yol açmaktadır.

1.3.2. Diğer Sektörlere Yönelik Etkiler

Yeşil bilişimin yardımcı etkileri, bilgi ve iletişim teknolojileri ile insanoğlunun her türlü ekonomik ve sosyal faaliyeti neticesinde ortaya çıkan çevresel sonuçlar arasındaki ilişkileri ifade etmektedir. Günümüzde herhangi bir ürün ya da hizmetin üretilmesi ve tüketilmesi sürecinde olduğu kadar insanların öğrenme, eğlenme, iletişim gibi sosyal aktiviteleri sırasında harcanan enerji miktarı ve çevreye verilen zarar, bilgi ve iletişim teknolojilerinin bu süreçlere ne kadar dâhil olduğu ile yakından alâkalıdır. Bu teknolojiler sayesinde enerji, ulaştırma, üretim gibi alanlarda çeşitli iyileştirmelerin yapılması ve geleneksel olarak fiziksel ortamda gerçekleştirilen iş ve işlemlerin sayısal ortama taşınması yeşil bilişimin olumlu dolaylı etkilerinin kapsamını oluşturmaktadır[21].

Bilgi ve iletişim teknolojileri, dünya genelindeki karbondioksit emisyonlarının yüzde 98'inden sorumlu olan diğer sektörler tarafından tüketilen enerjinin ve çevreye verilen zararın azaltılmasında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Çeşitli akıllı bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamaları sayesinde sanayide, ulaştırmada, binalarda ve elektrik dağıtımında ciddi enerji verimliliği artışları sağlanabilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla, küresel karbondioksit emisyonlarında 2020 yılına kadar 7,8 Gt civarında bir düşüş sağlanabileceği hesaplanmaktadır. Bu değer, toplam küresel karbondioksit emisyonlarının yüzde 15'ine, bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün kendisinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının ise 5 katına tekabül etmektedir[22].

[21] OECD, 2010b: 9.
[22] GeSI, 2008: 29.

Dolayısıyla, yeşil bilişimin enerji verimliliği ile ilgili faydalarının esas olarak diğer sektörlere yönelik olduğu görülmektedir.

Öte yandan, bilgi ve iletişim teknolojilerinin getirdiği çeşitli iyileştirmeler neticesinde belirli ürün ve hizmetlere olan talebin çoğalması dolayısıyla çevreye verilen zararın artması ve diğer sektörlere ait ürünlerde bilgi ve iletişim teknolojileri bileşenlerinin bulunmasının bu ürünlerin geri dönüşümünü zorlaştırması yeşil bilişimin olumsuz dolaylı etkileri olarak değerlendirilmektedir[23]. Örneğin, daha kaliteli yazıcılar kâğıt tüketimini, daha rahat seyahat olanağı sunan akıllı ulaşım sistemleri kişisel araçlarla seyahat etme eğilimini artırıcı yönde etki gösterebilmektedir. Ayrıca, içlerine çip yerleştirilerek daha fonksiyonel hale getirilen çeşitli ürünlerin geri dönüşümü normale göre daha karmaşık işlemler gerektirdiği için çevreye daha zararlı olmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri, diğer sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmak amacıyla başlıca beş uygulama alanında kullanılmaktadır. Bunlardan, yüksek karbonlu ürün ve aktivitelerin düşük karbonlu alternatifleriyle değiştirilmesi olarak tanımlanan "cisimsizleştirme" ya da "kaydileştirme" (dematerialisation) bütün sektörlerde tasarruf sağlanabilecek yatay bir alan konumundadır[24]. Cisimsizleştirme dışındaki temel alanlar ise, her türlü maddi üretimi kapsayan "sanayi", insanların ve eşyaların taşınması amacıyla yürütülen "ulaştırma", insanların barınma ve çalışma amacıyla kullandıkları "binalar" ile elektrik üretim, iletim ve dağıtım faaliyetlerini kapsayan "elektrik şebekeleri" alanlarıdır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik ve sosyal hayatta yol açtığı dönüşümlerden bir kısmı, insanlara ait bazı faaliyetlerin geleneksel yöntemlere göre enerji ve diğer kaynaklara daha az ihtiyaç duyularak gerçekleştirilebilmesini mümkün kılmaktadır. Cisimsizleştirme olarak tanımlanan bu etki sayesinde, küresel karbondioksit emisyonlarının 2020 yılına kadar 0,46 Gt azaltılabileceği tahmin edilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin cisimsizleştirme etkisi sayesinde karbondioksit emisyonlarında sağlanacak toplam iyileşmenin yaklaşık yarısı

[23] OECD, 2010b: 9.
[24] GeSI, 2008: 29.

"uzaktan çalışma" (teleworking) yöntemiyle ilişkilendirilmektedir[25]. Çalışanların belirli bir fiziksel mekânda bulunmalarına gerek olmaksızın herhangi bir yerden internet, bilgisayar, telefon vb. vasıtasıyla işlerini yapabilmeleri, gerek fiziksel işyerindeki gerekse o işyerine ulaşım sırasındaki enerji tüketimlerini ciddi oranda azaltmaktadır. Telekonferans sistemleri sayesinde insanlar gerçekte nerede bulunduklarından bağımsız olarak aynı odadaymış gibi görüşebilmekte, bir araya gelmek için yapmaları gereken seyahatlerden kaçınabilmektedir. Benzer şekilde elektronik öğrenme yöntemleri sayesinde öğrencilerin ve öğretmenlerin belirli bir fiziksel mekânda toplanması ihtiyacı bazı durumlar için ortadan kalkmakta, bu da daha az ulaşım ve bina maliyeti anlamına gelmektedir.

Elektronik ticaret sayesinde herhangi bir yer değiştirme ihtiyacı olmaksızın çeşitli ürün ve hizmetlere ilişkin bilgilere erişmek ve bunları satın almak mümkün olmaktadır. İnternet üzerinden satış yapan firmalar fiziksel bir mekâna ihtiyaç duymaksızın faaliyetlerini yürütebilmektedir. Geleneksel ya da elektronik ortamda faaliyet gösteren tüm firmalar, elektronik faturalama yöntemi sayesinde önemli kâğıt tasarrufları sağlayabilmektedir. Ayrıca, bilgi ve iletişim teknolojilerinin, tedarik zinciri yönetimi uygulamalarını çok daha etkin hale getirmesi, firmaların daha az stokla çalışabilmesine ve dolayısıyla daha az depo alanına ihtiyaç duymalarına yol açmaktadır.

Başta müzik, film, kitap, gazete gibi yaygın olarak kullanılanlar olmak üzere her türlü yazılı, sesli ve görsel materyalin sayısal ortama taşınması da fiziksel kaynaklara olan ihtiyacı azaltmaktadır. Kitap ve gazetelerin internet üzerinden ulaşılabilir olması bunların geleneksel yöntemlerle basılmaları sırasında harcanan kâğıt ve enerji ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Müzik, film, bilgisayar oyunu, bilgisayar programı gibi sayısal içeriklerin CD ve DVD benzeri fiziksel vasıtalar yerine doğrudan internet üzerinden sunulması söz konusu fiziksel vasıtaların üretilmesi ve satın alınması sırasında tüketilen kaynakları azaltmaktadır.

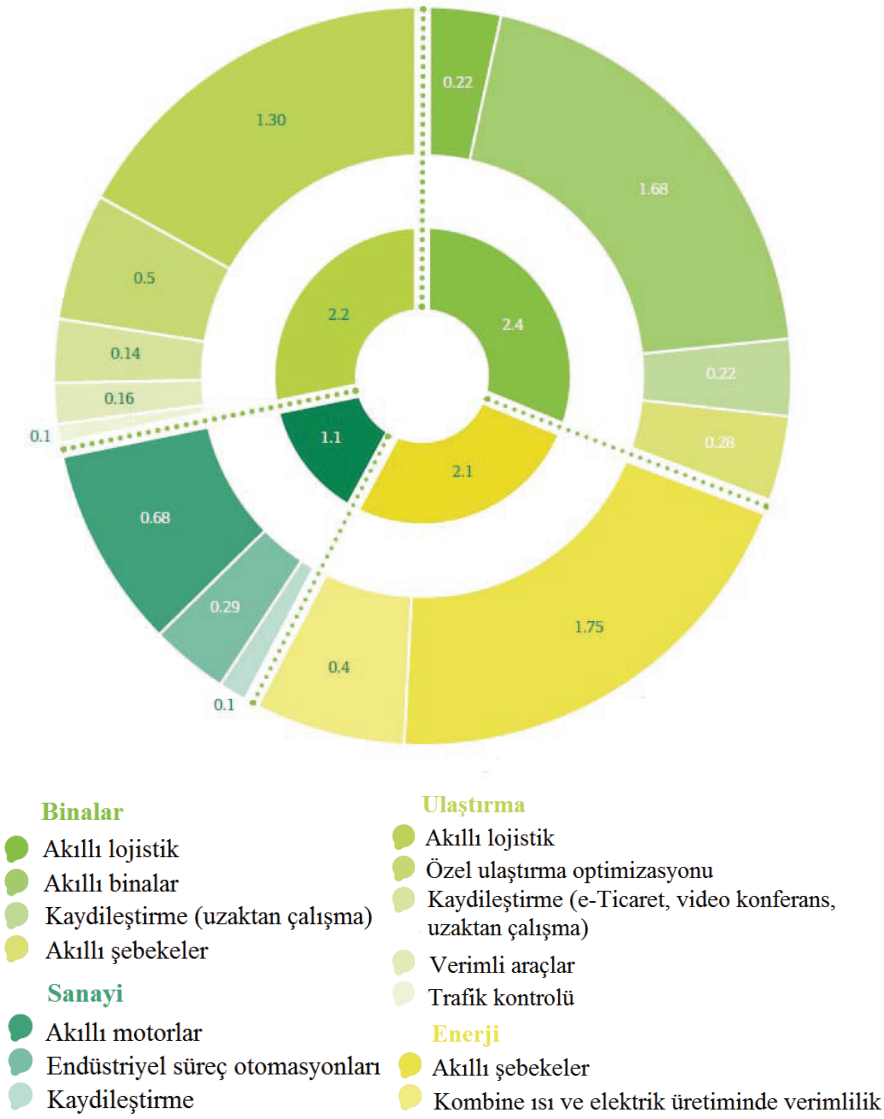
Cisimsizleştirmenin olumlu etkilerinin görüldüğü bir başka alan elektronik devlet uygulamalarıdır. Kamu sektörünün gerek kendi içerisinde yürüttüğü bazı

[25] GeSI, 2008: 29-30.

işlemlerin gerekse vatandaşa sunduğu bir takım hizmetlerin elektronik ortama taşınmasıyla birlikte çeşitli fiziksel kaynaklardan tasarruf etme imkânı doğmuştur. İzin, tescil, başvuru, ödeme, bilgi alışverişi, duyuru gibi pek çok işlemin elektronik ortamda gerçekleştirilmesi vatandaşlarla kamu kurumları arasındaki fiziksel temas ihtiyacını azaltmakta, bu da yukarıda anlatılanlara benzer şekilde kâğıt, enerji, bina gibi maliyet kalemlerinde tasarruf yapma imkânı doğurmaktadır. Bunun yanında, gerek kamu sektörü gerekse özel sektörde giderek artan oranda kullanılmaya başlanan e-posta, ofis programları, elektronik belge sistemi vb. araçlar iş yerlerinde tüketilen kâğıt miktarını azaltmaktadır.

Özetle cisimsizleştirme etkisi, insanların ekonomik ve sosyal faaliyetleri sırasında karşılaşılan kâğıt, ulaşım ve fiziksel mekân gibi çeşitli ihtiyaçlarını tamamen ya da kısmen ortadan kaldırmaktadır. Bu durum enerji tasarrufu sağlanmasına dolaylı ve dolaysız pek çok yönden katkı sağlamaktadır. Daha az kâğıt tüketimi, hem daha az ağacın kesilmesini hem de bu ağaçlardan kâğıt üretilip kullanıcılara ulaştırılıncaya kadar geçen süreçte harcanan enerjinin düşürülmesini beraberinde getirmektedir. Daha az seyahat edilmesi araçların yakıt tüketiminin düşürülmesini sağlamaktadır. Depo, ofis, dükkân, sınıf, toplantı salonu gibi fiziksel mekânlara olan gereksinimin azalması bunlarla ilgili inşaat, ısıtma, aydınlatma gibi nedenlerle harcanan enerjide tasarruf etme imkânı doğurmaktadır.

Grafik 1.3. Yeşil Bilişimin Yardımcı Etkileri Sayesinde Küresel Karbondioksit Emisyonlarında Sağlanabilecek Düşüşler (Gt)



Kaynak: GeSI, 2008: 30.

Cisimsizleştirmenin ötesinde, yukarıda bahsedilen sanayi, ulaştırma, binalar ve elektrik şebekeleri alanlarında bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılarak sağlanan karbondioksit emisyonları düşüşü çok daha fazla olup, toplam tasarrufun yaklaşık yüzde 94'ünün bu alanlarda elde edilebileceği tahmin edilmektedir[26]. Grafik 1.3 bu dört dikey alanda hayata geçirilecek yeşil bilişim uygulamalarının karbondioksit emisyonlarını düşürmede sahip olduğu potansiyeli alt konular itibarıyla ortaya koymaktadır. Buna göre, yeşil bilişim uygulamaları sayesinde sanayide 1,1; ulaştırmada 2,2; binalarda 2,4 ve enerji sistemlerinde 2,1 Gt'lik karbondioksit emisyonu düşüşü sağlanabilecektir. Bu doğrultuda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerdeki enerji verimliliğinin artırılmasında kullanıldığı başlıca çözümler olan akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekeleri bir sonraki bölümde detaylı olarak incelenecektir.

1.3.3. Sistemik Etkiler

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik ve sosyal hayatın geneline gün geçtikçe daha fazla nüfuz etmesiyle birlikte insan davranışlarında ortaya çıkan değişimlerin çevre açısından olumlu ve olumsuz sonuçları yeşil bilişimin sistemik etkilerini teşkil etmektedir. Bilginin üretilmesi, işlenmesi, saklanması, paylaşılması ve kullanılması ile ilgili süreçler; iş yapış şekilleri, meslekler ve görev tanımları, organizasyon yapıları, fiziksel iş ortamı, iş gücü piyasası dinamikleri; eğitim, sağlık, bankacılık gibi hizmetlerin sunum şekilleri; üretim, dağıtım, alışveriş yöntemleri; kamu hizmetlerinin vatandaşa ulaştırılma biçimi; insanların eğlenme, iletişim vb. sosyal alışkanlıkları bilgi ve iletişim teknolojileri tarafından derinden etkilenmekte ve dönüştürülmektedir. Bu dönüşümler uzun vadede ve başka birçok faktörle etkileşim halinde ortaya çıktığından dolayı bunların çevre üzerindeki net etkilerinin sayısal olarak ölçülebilmesi mümkün olmamaktadır.

Genel olarak, yukarıda cisimsizleştirme etkisi kapsamında da açıklanan, daha az kâğıt tüketme eğilimi, daha az seyahat etme olanağı, fiziksel ortamlara daha az bağlı hale gelme durumu gibi dolaylı etkiler netice itibarıyla insan davranışlarındaki

[26] GeSI, 2008: 32.

değişimlerden kaynaklandıklarından dolayı aynı zamanda yeşil bilişimin olumlu sistemik etkileri içerisine de girmektedir. Bunların yanında, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla dünya genelindeki çevresel gelişmelerin ve sorunların takip edilebilmesi; firmaların, ürünlerin ve devletlerin çevreye ne kadar zarar verdiklerinin izlenebilmesi kamuoyunda bir farkındalık oluşmasına katkıda bulunmakta ve gerek bireysel gerekse kurumsal karar ve davranışların belirlenmesinde etkili olmaktadır. Ayrıca, arz ve talep dalgalanmalarına göre enerji fiyatlarında anlık ayarlanmaların yapılmasına ve bunların kullanıcılara bildirilmesine imkân tanıyan akıllı enerji sistemleri, tüketicilerin kullanım eğilimlerini etkileyebilmektedir. Teknolojik gelişmeler de, insan tercihlerinin masaüstü bilgisayarlardan onlara göre daha az enerji tüketen dizüstü bilgisayara doğru evirilmesi örneğinde olduğu gibi, yeşil bilişimin sistemik etkileri kapsamında değerlendirilebilir[27].

Yukarıda bahsi geçen eğilimler çeşitli insan faaliyetleri neticesinde çevreye verilen zararların azaltılmasına ve enerji tüketiminin kısıtlanmasına dolaylı yoldan olumlu etki etmektedir. Öte yandan, "sekme etkisi" (rebound effect) diye adlandırılan durumda, sağlanan etkinlik artışları neticesinde insanların belirli ürün ve hizmetlere olan toplam talebinin artması dolayısıyla mikro ölçekteki kazanımlar makro düzeydeki iyileştirmelere tam olarak dönüştürülememektedir. Örneğin, akıllı ulaşım sistemlerinin getirdiği kolaylıklar bireyler için büyük rahatlık ve yakıt tasarrufu imkânı sağlamakta iken bu iyileşmeler neticesinde daha çok sayıda insanın kişisel araçlarıyla seyahat etmeye başlaması toplam enerji tüketiminin hedeflendiği kadar düşürülememesine hatta artmasına yol açabilmektedir[28].

1.4. Bölüm Değerlendirmesi

Dünya genelinde enerjiye olan gereksinim giderek artmaktadır. Gerek enerji kaynakları ile ilgili ciddi kısıtlar gerekse son zamanlarda artmaya başlayan çevresel kaygılar nedeniyle enerjinin mümkün olan en verimli biçimde kullanılması hayati bir öncelik konumuna gelmiştir. Öte yandan, bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan önemli gelişmeler ve bu teknolojilerin kazandığı yaygınlık düzeyi, diğer alanlardaki

[27] OECD, 2010b: 10.
[28] OECD, 2010b: 10.

sorunların çözümünde bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin bir araç olarak kullanılmasının yolunu açmıştır. Bu kapsamda giderek önem kazanmakta olan konulardan biri bilgi ve iletişim teknolojileri ile enerji verimliliği ilişkisidir. Bu bölümde, hem bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün hem de bu teknolojiler sayesinde diğer sektörlerin enerji verimliliğinin artırılmasını ve böylece çevreye daha duyarlı hale gelmesini ifade eden yeşil bilişim kavramı ele alınmıştır.

Yeşil bilişimin enerji verimliliği ve çevre ile ilgili etkileri; bilgi ve iletişim teknolojileri sektörüne ilişkin doğrudan etkiler, diğer sektörlere ilişkin yardımcı etkiler ve insanların uzun dönemli davranış değişikliklerine ilişkin sistemik etkiler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu etki kategorileri arasında enerji tasarrufu açısından en büyük potansiyele sahip olanı yardımcı etkilerdir. Söz konusu yardımcı etkiler en çok sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarında ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda, bir sonraki bölümde akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekeleri incelenecektir.

2. DİĞER SEKTÖRLERDEKİ YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARI

Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliği artışları sağlanması bakımından en büyük potansiyele sahip alanlar olan sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji sektöründe bu teknolojilere dayalı çözüm ve uygulamaların yoğun olarak kullanılmasıyla akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekeleri ortaya çıkmaktadır. Bu bölümde, söz konusu sistemlere ilişkin detaylar ile bunlar sayesinde elde edilen enerji verimliliği artışları ve diğer iyileştirmeler ele alınacaktır.

2.1. Akıllı Üretim Sistemleri

Son yıllarda gerek ülkemizde gerekse dünya genelinde hizmetler sektörünün ekonomi içerisindeki payı ve önemi giderek artmakta ise de, başta temel ihtiyaç maddeleri olmak üzere, insanoğlunun hayatını idame ettirebilmesi için gereksinim duyduğu ürünlerin bir şekilde, bir yerde ama mutlaka üretilmesi zorunluluğu nedeniyle, sanayi ekonomilerin vazgeçilmez bir unsuru olmaya devam etmektedir. Sanayi sektörünün söz konusu üretimi gerçekleştirebilmesi de ancak yüksek miktarlarda enerji sarfiyatı ile mümkün olmaktadır. Dünya genelinde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık yarısının sanayi sektörü tarafından kullanıldığı tahmin edilmektedir[29]. Sanayi sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin temel maliyet kalemlerinden birisi enerji giderleridir. Maliyet avantajı sağlamak ve böylece rekabetçilik düzeyini artırmak küreselleşmeyle birlikte firmalar için daha önemli bir öncelik halini almıştır. Özellikle dünyanın diğer ülkelerine göre işgücü maliyetlerinin çok düşük olduğu Çin gibi ülkelerdeki üreticilerle rekabet etmek isteyen sanayi firmaları enerji giderlerini azaltmaya yönelmektedir. Firmaların üretimle ilgili faaliyetlerine ilişkin yaptıkları optimizasyonlarda, geleneksel kısıtların yanında enerji tüketimini ve neden olunan çevresel zararları en az düzeye indirmek de özel olarak dikkate alınmaya başlamıştır.

Üretimde enerji hem imalatın gerçekleştirilmesi sırasında makine, motor, robot vb. ekipmanlar tarafından hem de üretimle ilgili tasarım, planlama, lojistik,

[29] GeSI, 2008: 32.

yönetim gibi diğer işlerin yerine getirilmesi sırasında kullanılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde, 2020 yılına gelindiğinde sanayiden kaynaklanan küresel karbondioksit emisyonlarında yüzde 17'lik bir düşüş (1,1 Gt) sağlanacağı tahmin edilmektedir[30]. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gerek doğrudan üretim ortamında gerekse üretimle ilişkili diğer süreçlerde giderek artan bir yaygınlıkla kullanılmaya başlanması sanayi sektöründe önemli değişimlere yol açmaktadır. Bu teknolojilere dayalı çözüm ve uygulamaların fabrika genelinde ve tedarik zincirinin çeşitli kısımlarında yoğun ve yaygın bir biçimde kullanılması ve böylece söz konusu süreçlerdeki bilgi yoğunluğunun ve etkinliğin artmasıyla oluşan yapı "akıllı üretim" (smart manufacturing) sistemi olarak nitelendirilmektedir[31]. Temel bileşenleri Şekil 2.1'de görülmekte olan akıllı üretim sistemleri sayesinde, hammaddenin temininden üretilen ürünlerin son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar geçen süreçteki tedarik zinciri yönetimi çok daha hızlı ve doğru bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Tasarım, kişiselleştirme ve üretim aşamalarında daha etkin yeni yöntemler ve anlayışlar hayata geçirilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri, gerek fabrika içi fiziksel organizasyonda gerekse üretim süreçlerinde önemli iyileştirmeleri de mümkün kılmaktadır.

[30] GeSI, 2008: 30, 33.
[31] Davis ve ark., 2012: 2.

Şekil 2.1. Akıllı Üretim Sistemlerinin Temel Bileşenleri

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretim ortamındaki enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanımında odak nokta, üretim sisteminin tüm yaşam döngüsünün bütüncül bir bakış açısıyla ele alınması ve gerçekleştirilecek optimizasyonlar ve iyileştirmeler vasıtasıyla toplam enerji tüketiminin düşürülmesidir. Bu amaçla benimsenen "yeşil ürün yaşam döngüsü yönetimi" (green product lifecycle management) yaklaşımı, ürünlerin tasarım, üretim, dağıtım, tüketim ve geri dönüşüm aşamalarının tamamında mümkün olan en az enerji tüketimine ve çevresel zarara neden olunması anlayışına dayanmaktadır[32].

Sanayi alanındaki enerji tüketiminin büyük kısmı üretim tesislerinde kullanılan motor sistemleri tarafından gerçekleştirilmektedir. 2020 yılına gelindiğinde küresel karbondioksit emisyonlarının yüzde 7'sinin motor sistemlerinden kaynaklanacağı hesaplanmaktadır. Öte yandan, bilgi ve iletişim

[32] Kuhn ve ark., 2011: 36.

teknolojilerinin motor sistemlerine adapte edilmesiyle sanayiden kaynaklanan toplam karbondioksit emisyonlarında yaklaşık yüzde 10'luk bir düşüşün sağlanabileceği tahmin edilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri destekli araç ve uygulamalarla gerçek zamanlı olarak kontrol edilen ve yönetilen akıllı motorlar, bu özelliğe sahip olmayan eşdeğerlerine göre yaklaşık yarı yarıya daha az enerji tüketmektedir. Akıllı motor sistemlerinde; kompresör, pompa, yük taşıyıcı, kaldırıcı gibi ekipmanlara çeşitli dönüştürücüler ve "değişken hızlı sürücüler" (variable speed drive) gibi bileşenler eklenerek bunların ihtiyaç duyulan ölçüde çalışması sağlanmaktadır[33]. Böylece, atıl zamanlarında daha düşük bir enerji tüketim seviyesinde bekleyen cihazların toplam enerji tüketimi önemli ölçüde düşmektedir. Ayrıca, motor sistemlerine eklenen çeşitli alıcılar yardımıyla makinelerde ortaya çıkabilecek olası bir arızaya ilişkin belirtiler takip edilmekte, bu sayede önleyici bakım işlemleri zamanında yerine getirilebilmektedir. Bu da, makinelerin daha az arıza yapmasına, tamir için harcanan toplam zaman ve enerjinin düşmesine ve üretimdeki kesintilerin asgari düzeye çekilmesine yardımcı olmaktadır.

Bunların yanında, çeşitli tasarım ve simülasyon yazılımları vasıtasıyla, üretim ortamında kullanılan motor, makine, robot vb. araçların mümkün olan en az enerji tüketimiyle çalışacak biçimde tasarlanması ve üretilmesi de mümkün olmaktadır. Bu yazılımlar, hem yeni üretilecek hem de mevcut üretim araçlarının enerji akımlarının analiz edilmesine, enerji kayıplarının düşürülmesine, ölçülerinin optimize edilmesine ve bunlarda kullanılacak malzemelerin ve bileşenlerin en uygun şekilde seçilmesine imkân sağlamaktadır[34].

Bilgi ve iletişim teknolojileri, üretim araçlarında olduğu kadar üretim yöntemlerinde yol açtıkları değişikliklerle de enerji verimliliği artışlarına neden olmaktadır. Fabrikalarda uygulanan otomasyon ve "bilgisayar destekli üretim" (computer aided manufacturing - CAM) sistemleri sayesinde maliyet tasarrufları, kalite iyileştirmeleri ve verimlilik artışları sağlanabilmektedir. Bu kapsamda, sürekli tekrarlanan veya yüksek düzeyde hassasiyet gerektiren bazı işler bilgisayar kontrollü robotlar tarafından daha hızlı bir biçimde ve daha az enerji tüketilerek

[33] GeSI, 2008: 32.
[34] Kuhn ve ark., 2011: 37.

yapılabilmektedir. “Bilgisayarlı sayısal kontrol” (computer numerical control - CNC) makinelerinde, hammaddelerden yarı mamul bileşenler elde edilirken yapılan kesim, delme, baskı gibi işlemler belirli optimizasyon algoritmalarına göre yürütülmekte, böylece makinenin istenilen parçayı üretirken gereksiz işlemler yapmasının önüne geçilmektedir. Bu da, işlem sürelerinin ve dolayısıyla tüketilen enerjinin asgari düzeye çekilmesi anlamına gelmektedir. Üretim yöntemlerindeki tüm bu iyileşmeler, genel kalite düzeyini yükselttiği için üretim sırasında ortaya çıkan ıskarta miktarını da düşürmektedir. Yarı mamul ve nihai ürünlerin hatalı olarak üretilmesi, bunların elde edilmesi sırasında tüketilen enerjinin israf olması anlamına geldiğinden dolayı, ıskarta miktarının azaltılması enerji verimliliği artışlarını beraberinde getirmektedir[35].

Ürünlerin seri üretimine başlanmadan önceki aşamalarda da, bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı araçlar kullanılarak, çeşitli iyileştirmeler sağlanabilmektedir. “Bilgisayar destekli tasarım” (computer aided design - CAD) ve çeşitli simülasyon yazılımları sayesinde, ürünlerin üç boyutlu modelleri daha hızlı ve sıhhatli bir biçimde elde edilebilmekte, üretilecek ürüne ilişkin yapılması gereken akışkan dinamiği, çarpışma, basınç, germe gibi analizlerin fiziksel kaynaklara asgari düzeyde ihtiyaç duyularak gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Bu yolla, söz konusu işlemler sırasında gereksinim duyulan enerji miktarı azaltılmaktadır. Bunun yanında, gelişmiş tasarım ve simülasyon yazılımları üretilecek ürünün kullanımı sırasında ihtiyaç duyulacak enerji miktarını minimize etme imkânı da sunmaktadır[36].

Bir üretim tesisinde ürünlerin hangi kaynaklar kullanılarak üretileceği belirlendikten sonra, üretim işlemlerinin nasıl ve nerede gerçekleştirileceği kararı verilmek durumundadır. Günümüzde giderek gelişmekte olan üretim planlama yazılımları sayesinde fabrika yerleşimi, üretim süreçleri ve ürün bileşimleri ile ilgili optimizasyonlar ileri seviyede ve detaylı olarak yapılabilmektedir. Bu yazılımlar sayesinde, bütün bir üretim süreci alt işlemlere ayrılmakta ve bu işlemlerin hangi sırayla yapılmasının en uygun olacağı tespit edilmektedir. Süreç optimizasyonu diye nitelendirilen bu planlama faaliyeti sırasında göz önünde tutulan kısıtlardan biri de

[35] Kuhn ve ark., 2011: 37.
[36] Kuhn ve ark., 2011: 36.

toplam enerji tüketiminin mümkün olan en az düzeyde gerçekleşmesidir. Üretim süreci boyunca katma değer yaratmayan işlemlerin tespit edilerek bunların elimine edilmesi, üretim çevrim sürelerinin kısaltılması, farklı zamanlarda ihtiyaç duyulan işgücü, makine, malzeme gibi kaynakların miktarının dengelenmesi, temel üretim akış rotasında bir aksama olduğunda alternatif rotaların devreye sokulması gibi uygulamalar enerji tüketimiyle ilgili kısıtların sağlanmasına katkı sağlamaktadır.

Söz konusu üretim planlama yazılımları, süreç optimizasyonu yanında, bununla bağlantılı olarak, fabrika içi yerleşimin en etkin şekilde gerçekleştirilmesini de mümkün kılmaktadır. Bu yazılımlar, fabrika içerisinde yer alacak olan farklı iş istasyonları arasındaki girdi çıktı ilişkileri, buralarda oluşacak tahmini yoğunluklar, iş istasyonlarının kapladıkları fiziksel alanlar, güvenlik endişeleri gibi pek çok faktörü dikkate alarak fabrika içi yerleşim planını en ideal şekilde ortaya koymaktadır.

Bunlara ilave olarak, bir fabrikada ürün çeşitlerinin hangi parti büyüklükleriyle ve hangi sırayla üretileceğinin tespit edilmesi anlamına gelen ürün karması kararının belirlenmesi de temel üretim planlama faaliyetlerinden birisidir. Üretim planlama yazılımları, bir ürün çeşidinin üretiminden diğerine geçişte kaybedilecek zaman ve ihtiyaç duyulacak ayarlamaları dikkate alarak, farklı ürünlere ait üretim parti miktarları ve sıralarına ilişkin seçimlerin optimal olarak yapılmasına olanak tanımaktadır. Böylece, toplam üretim hedeflerine, bahsi geçen ayarlamalar için gereken ve bunlar sırasında boşa harcanan enerji en aza indirilerek, ulaşılabilmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sanayi sektöründeki enerji verimliliği artışlarına katkı sağladığı en önemli alanlardan biri de tedarik zinciri yönetimi araçlarıdır. Bu teknolojiler, tedarikçiler, üreticiler ve tüketicileri içine alan bütün bir ağ boyunca yürütülen bilgi alışverişinin daha hızlı, daha kolay ve daha yoğun yapılmasına imkân tanımak suretiyle tedarik zincirinin etkinliğini ciddi oranda artırmaktadır. “Kurumsal kaynak planlaması” (enterprise resource planning - ERP) yazılımları sayesinde firmalar, malzeme ihtiyaç planlamalarını üretim planlarıyla uyumlu ve optimal şekilde yapabilmekte, böylece, hammadde ve yarı mamul

stoklarını üretimi aksatmayacak asgari düzeyde tutabilmektedir. Stoklarda sağlanan bu düşüş tedarikçilerin ana üreticilerin ERP sistemlerine entegre olmaları durumunda daha ileri boyutlara taşınabilmektedir. Tedarik zincirindeki etkinliği artıran bir başka teknolojik uygulama, geleneksel barkot sisteminin daha ileri bir aşaması konumunda olan ve birimlere ilişkin verilerin anlık olarak alınmasını ve güncellenmesini mümkün kılan "radyo frekanslı tanıma" (radio frequency identification - RFID) teknolojisidir. Üzerlerinde bulunan RFID etiketleri sayesinde, fabrika içinde ve dışında, tedarik zinciri boyunca hareket eden hammadde, yarı mamul, nihai ürün gibi her türlü elemanın konumunun ve durumunun anlık takibi mümkün olmakta, bu da tedarik zinciri yönetimi açısından büyük kolaylık ve esneklik sağlamaktadır. Yukarıda anlatılan ERP ve RFID sistemleri birbirleriyle entegre edildiklerinde bunlardan sağlanan faydalar daha ileri boyutlara taşınmaktadır.

Üretim işlemleri sırasında hem fabrika genelinde hem de her bir iş istasyonu ya da ekipman tarafından münferiden tüketilen enerji miktarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi enerji tasarrufu sağlamaya yönelik uygulamaların başarılı olmasında hayati öneme sahiptir. Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı enerji takip sistemleri üretim ortamındaki anlık enerji tüketimlerini izlemekte, uzun dönemli ortalamalardan belirli bir seviyenin ötesinde uzaklaşıldığında gerekli önlemlerin alınmasına yönelik uyarılar vermektedir. Söz konusu sistemler, enerji israfının önlenmesine yönelik müdahalelerin yerinde ve zamanlıca yapılmasına imkân tanımaları dolayısıyla enerji verimliliği iyileştirmelerinde rol oynamaktadırlar[37].

Akıllı üretim uygulamaları yukarıda açıklanan farklı alanlarda doğrudan enerji tasarruflarına imkân verdiği gibi üretim süreçlerinin genel etkinliğini ve verimliliğini artırmaları nedeniyle dolaylı ilave enerji verimliliği iyileştirmelerini de tetiklemektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretim ortamına adapte edilmesiyle birlikte hem işlenebilir ham veri hem de çeşitli kararların daha doğru verilmesini sağlayan değerli bilgi miktarında önemli artışlar olmaktadır. Karar destek sistemi yazılımları sayesinde, fabrika genelinden ve tedarik zincirinin diğer kısımlarından toplanan bol miktardaki veri işlenmekte ve bunlardan üretimle ilgili seçimlerin en

[37] Kuhn ve ark., 2011: 35.

uygun biçimde yapılmasına yardımcı olacak bilgiler üretilmektedir. Böylece, üretim faktörlerinin daha etkin bir şekilde kullanılması ve verimlilik artışları mümkün olmaktadır. Bunun yanında, bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretimde kullanımının yaygınlık kazanması bu alanda çalışan personelin, yaptıkları görevlere bağlı olarak bazı yeni yetkinlikleri edinmesini gerekli kılmaktadır. Bu durum, sanayi sektöründeki insan kaynağının niteliğinin artmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, firmalar bilgi ve iletişim teknolojilerinden istifade ederek tüketicilerle daha fazla ve daha yakın iletişim kurabilmekte, onların tercihleri hakkında daha geniş bilgiye sahip olmaktadır. Bu sayede, ürünlerin kişiselleştirilmesi kolaylaşmakta, tüketici taleplerine daha hızlı ve daha doğru şekilde cevap verilebilmekte, üretim organizasyonunun esnekliği artmaktadır. Tüm bu gelişmeler üretim ile ilgili işlemlerin daha etkin bir biçimde yürütülmelerine yardımcı olmaları dolayısıyla, enerji verimliliği artışlarına da neden olabilmektedir.

2.2. Akıllı Ulaşım Sistemleri

Dünya nüfusunun ve küresel ekonominin toplam büyüklüğünün gün geçtikçe artması, küreselleşme ile birlikte dünyanın farklı bölgeleri arasında insan ve malların daha fazla yer değiştirmeye başlaması, nüfusun kırsal kesimlerden kentlere doğru kayması, dünyanın az gelişmiş bölgelerinin de modern hayat tarzıyla tanışması gibi faktörlerin etkisiyle gerek bireysel gerekse ticari amaçlarla ulaştırma sistemlerine olan talep giderek artmaktadır. Buna paralel olarak hava, su ve gürültü kirliliği, trafik kazaları ve enerji tüketimi de artış göstermektedir. Dünya genelindeki toplam yıllık petrol tüketiminin yaklaşık yarısının ve toplam enerji tüketiminin üçte birinin ulaştırma sektörü tarafından gerçekleştirildiği hesaplanmaktadır.[38] Dolayısıyla, ulaştırma sistemlerinde yapılacak çeşitli iyileştirmeler ile hem sektör kaynaklı enerji tüketiminin kontrol altında tutulması hem de belirtilen diğer olumsuz etkilerin azaltılmasıyla insanların yaşam kalitesinin yükseltilmesi büyük önem arz etmektedir. Ticari amaçlarla yük ve yolcu taşımacılığı yapan firmalar kadar ulaştırma sistemlerinin bireysel kullanıcıları da yer değiştirme işleminin mümkün olduğunca

[38] OECD, 2012c: 62, 88.

daha az enerji gereksinimiyle yapılmasına giderek daha büyük bir özen göstermektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri, ulaştırma sektöründeki enerji verimliliğinin artırılması açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu teknolojiler vasıtasıyla, 2020 yılına gelindiğinde ulaştırmadan kaynaklanan küresel karbondioksit emisyonlarında yüzde 11'lik bir düşüş (2,2 Gt) sağlanacağı tahmin edilmektedir[39]. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ulaştırma sistemlerinin genelinde yaygın olarak kullanılması, sistemde bulunan farklı birimlerin faaliyetlerini daha fazla bilgiyle ve birbirleriyle daha yoğun etkileşim halinde yürütmesi ve böylece etkinlik ve kaynak kullanımı bakımından çeşitli iyileştirmelerin hayata geçirilmesi neticesinde "akıllı ulaşım sistemleri" (intelligent transportation system - ITS) ortaya çıkmaktadır. Temel bileşenleri Şekil 2.2'de görülmekte olan akıllı ulaşım uygulamaları sayesinde genel olarak, yolcu ve sürücü güvenliği artmakta, ulaştırma ağının performansı yükselmekte, ağda yaşanan sıkışıklıklar azalmakta, yer değiştirme işlemi daha kolay ve konforlu bir biçimde yapılabilmekte, olumsuz çevresel etkiler ve enerji tüketimi düşmekte, verimlilik artışları sağlanmakta ve dolaylı olarak ekonomik büyüme ve istihdam artışı desteklenmektedir[40]. Uygulama alanı araçlar, sürücüler, ulaştırma ağları gibi farklı unsurlar olan çeşitli akıllı ulaşım çözümlerinin bir arada ve birbirleriyle entegre şekilde kullanılmasıyla ortaya çıkan dışsallıklar ve ağ etkisi sayesinde, bunlardan elde edilen faydalar daha da artmaktadır.

[39] GeSI, 2008: 30, 37.
[40] Ezell, 2010: 2-3.

Şekil 2.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Temel Bileşenleri

Akıllı ulaşım sistemlerinin temel unsurlarından birisi, ulaştırma ağlarının bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı uygulama ve çözümler yardımıyla kontrol edilmesi ve işletilmesini sağlayan, "ileri ulaşım yönetim sistemleri" (advanced transportation management systems)'dir. Bu sistemlerin karayollarında uygulanmasıyla, hem sürücüler hem de trafiğin düzgün ve sorunsuz bir biçimde yönetilmesinden sorumlu olanlar tarafından ihtiyaç duyulan bilgiler daha kolay, hızlı ve bol miktarda elde edilmekte, böylece yer değiştirme işlemlerinin çok daha etkin bir biçimde gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. İleri ulaştırma yönetim sistemleri, trafikte yaşanan yoğunluklar ve beklenmedik olaylardan kamera ve alıcılar yardımıyla anında haberdar olunmasına ve bunlar karşısında hız limitleri, trafik ışıkları, elektronik trafik levhaları, şerit ayrımları gibi araçların otomatik olarak ya da merkezi bir yapı tarafından ihtiyaca cevap verecek şekilde yeniden düzenlenmesine olanak tanımaktadır. Bu sistemler ayrıca, karayolu ağında erişimin sınırlı ya da ücretli olduğu bölümlere girişlere kontrolün ve ücret toplama işleminin

uzaktan veya otomatik olarak gerçekleştirilmesini de sağlayabilmektedir. Bazı durumlarda, trafiğin akışkanlığını temin etmek amacıyla, ücretli yollara ilişkin fiyatlandırmalar araç tipinin yanında trafiğin sıkışıklığı ve zaman gibi faktörler de göz önünde bulundurularak dinamik olarak yapılabilmektedir[41]. Öte yandan, gelişmiş simülasyon yazılımları sayesinde yeni oluşturulacak bir ulaştırma sisteminin en etkin şekilde dizayn edilmesi veya mevcut bir ulaştırma sisteminde yapılacak değişikliklerin etkilerinin önceden görülebilmesi mümkün olmaktadır. Bahsi geçen tüm akıllı uygulama ve çözümler sayesinde karayolu trafiğinde yaşanan yoğunluklar asgari düzeye çekilebilmekte; dolayısıyla, araçların trafikte beklemelerinden ya da yavaş ilerlemelerinden kaynaklanan fazla yakıt tüketiminin önüne geçilebilmektedir.

İleri ulaştırma yönetim sistemleri kapsamında karayollarına yerleştirilen kamera, alıcı gibi aygıtlar vasıtasıyla çok geniş bir alandan toplanan veriler trafik bilgi merkezlerinde analiz edilmekte ve işlenmekte; elde edilen bilgiler gerçek zamanlı ya da gecikmeli olarak çeşitli şekillerde sürücülere ulaştırılmaktadır. Elektronik tabelalar, ışıklı işaretçiler, internet, radyo, cep telefonu, araç içi bilgisayar, navigasyon cihazı gibi araçlar vasıtasıyla yayılan bu bilgiler genellikle, trafik yoğunluğu veya kaza olan bölgeler, yol yapım çalışmasının olduğu alanlar, hava durumu, alternatif güzergâhlar, belirli bir yerdeki özel etkinlikler, bekleme gerektirecek geçişlere ilişkin tahmini bekleme süreleri ve diğer prosedürler, tatil günleri, trafik kuralları ve özel düzenlemeler, hız limitleri, diğer ulaştırma hatlarının mevcut durumu ve bunlarla olan bağlantılar, yakın çevredeki park yerleri, taşıt paylaşımı gibi konulara ilişkin olmaktadır[42]. Bu bilgiler sayesinde insanlar, gidecekleri yere ulaşabilecekleri en kısa güzergâhı belirleyebilmekte, daha müsait yolları tercih edebilmekte, yoğun saatlerde yola çıkmaktan kaçınabilmekte, yolculuklarıyla ilgili belirsizlikleri azaltabilmekte, trafikteki problemlerden haberdar olabilmekte, yapılan uyarıları dikkate alarak yeni problemlere neden olmaktan sakınabilmekte, seyir halinde iken ortaya çıkan anlık durumlara göre yeni kararlar alabilmekte, farklı ulaştırma şekillerine geçiş yapabilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri böylece, varılmak istenilen yere en kısa ya da en az yoğun yoldan

[41] Black ve ark., 2006: 52.
[42] Giannopoulos, 2004: 4.

gidilebilmesini temin etmeleri dolayısıyla yakıt tüketiminin düşürülmesine doğrudan katkı sağlamaktadır. Ayrıca, sürücülerin bahsi geçen bilgilere kolayca ulaşabilmeleri sayesinde trafikte arıza, kaza, sıkışıklık gibi problemlerin görülme riski azalmakta; bu da dolaylı olarak enerji tasarrufu anlamına gelmektedir.

İleri ulaştırma yönetim sistemleri karayollarının yanında diğer ulaşım modlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Trenlerin rota ve zaman planlamalarının optimal biçimde yapılmasında ve bunların ve bunlarla ilgili değişikliklerin en kısa sürede ilgililere iletilmesinde bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı kontrol ve yönetim sistemlerinden yararlanılmaktadır. Benzer sistemlerin deniz ulaşımında kullanılmasıyla gemiler arası ve gemilerle limanlar arasında yapılan bilgi alışverişinin daha etkin olarak gerçekleştirilmesi, böylece deniz trafiğinin daha kolay ve daha iyi bir şekilde kontrol edilip yönetilmesi mümkün olmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı ve uydu destekli gelişmiş navigasyon sistemleri deniz araçlarının seyirlerini en uygun rotaları izleyerek gerçekleştirmelerini sağlamaktadır. Ayrıca, limanların gemiler tarafından kullanılmasına ilişkin kapasite ve zaman planlamaları, ilgili yazılımlar sayesinde en uygun biçimde yapılabilmektedir. Benzer şekilde, hava trafiğinin izlenmesi ve yönetilmesi ile havaalanı operasyonlarının planlanması bilgi ve iletişim teknolojileri çözüm ve uygulamaları sayesinde daha etkin olarak gerçekleştirilebilmektedir[43]. Karayolu ulaşımında olduğu gibi diğer ulaşım modlarında da rota, hız vb. konulardaki kararların akıllı ulaşım sistemleri sayesinde en uygun şekilde verilmesi ve böylece yakıt tasarrufu sağlanması mümkün olmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri yardımıyla, terminal, havaalanı, liman, gar gibi ulaşım araçlarının durduğu, yolcu ve yük indirip bindirdiği yerlerin zaman ve kapasite tahsisleri açısından en etkin şekilde işletilmesiyle, araçların buralarda gereksiz yere beklemesi önlenmekte, dolayısıyla hem araçların çalışır durumda kalmasından hem de söz konusu tesislerin verimsiz şekilde işletilmesinden kaynaklanan enerji kayıpları ortadan kaldırılabilmektedir.

Bunlara ilave olarak, bilgi ve iletişim teknolojilerinin toplu taşıma sistemlerinde kullanılmasıyla, bu sistemlerde çeşitli ek iyileştirmeler ortaya

[43] Giannopoulos, 2004: 6-10.

çıkabilmektedir. Çeşitli optimizasyon yazılımları toplu taşıma ağlarındaki hatların, güzergahların ve hareket saatlerinin en uygun şekilde belirlenmesini, dolayısıyla daha etkin bir yapının ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Böylece, daha az sayıda araç kullanarak ya da toplamda daha az mesafe kat ederek toplu taşıma hizmetinin verilmesi mümkün olmaktadır. Bu durum toplu ulaşım araçlarının toplam yakıt tüketiminde önemli tasarrufları beraberinde getirmektedir. Toplu ulaşım ağındaki gecikmelerin ve değişikliklerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi, bunların elektronik panolar, cep telefonu mesajları, internet siteleri gibi ortamlar vasıtasıyla yolculara anında iletilmesi ve elektronik ödeme imkânları gibi yenilikler sayesinde toplu ulaşım sistemlerinin cazibesi artmaktadır. Toplu ulaşım sistemlerine olan talebin artması da bireysel araç kullanımını azaltıcı yönde etki göstermekte; böylece yakıt tüketiminde ve trafik yoğunluğunda önemli düşüşler yaşanmaktadır[44].

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin lojistik ağının geneline entegre edilmesiyle, yük taşımacılığı alanında da ilave iyileştirmeler ortaya çıkabilmektedir. RFID etiketi, akıllı kart, "küresel konumlama sistemi" (global positioning system - GPS) aygıtı gibi cihazlar sayesinde araçların konumları, taşıdıkları yükler ve rotalarıyla ilgili bilgiler anlık olarak izlenebilmektedir. Bunlarla birlikte ağdaki farklı arz ve talep noktalarının göndereceği veya alacağı yüklere ilişkin zaman, miktar gibi bilgileri ve bu arz ve talep noktaları arasındaki ulaşım bağlantılarıyla ilgili hususları da dikkate alan çeşitli optimizasyon yazılımları, nakliye işlemlerinin mümkün olan en az ulaştırma maliyetiyle gerçekleştirilmesine yönelik planlamaları en uygun şekilde yapmaktadır[45]. Bu sayede, lojistik faaliyetleri çok daha az miktarda yakıt tüketimi ile aksamadan gerçekleştirilebilmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla hayata geçirilen "araç ortaklama" (car pooling) sisteminde, aynı vakitte ve aynı güzergâhta seyahat edecek kişiler çeşitli internet siteleri ve akıllı telefon uygulamaları sayesinde birbirleriyle iletişim kurarak yolcu kapasitesini doldurmamış birden fazla araç kullanmak yerine tam dolu tek bir araçla yolculuk etmekte, böylece yakıt tüketimi ciddi oranda düşmektedir. Bu uygulama sayesinde ayrıca, trafikte seyreden toplam araç sayısının dolayısıyla trafik

[44] Ezell, 2010: 12.
[45] Giannopoulos, 2004: 12-14.

yoğunluğunun düşmesi de enerji verimliliği açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı uygulama ve çözümlerin araçlara entegre edilmesiyle daha güvenli ve ekonomik sürüş imkanı ortaya çıkmaktadır. Sürücülerin araç kullanımına ilişkin davranışlarını analiz edip, gereksiz yakıt tüketimine yol açan hareketlerle ilgili uyarı ve yönlendirme yapan sistemler araçlardaki enerji verimliliğinin artırılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Ayrıca, gece görüş ve kör nokta kameraları, otomatik fren mekanizmaları, hız ve şerit sabitleme sistemleri, otomatik pilot uygulamaları gibi teknolojik yenilikler trafikteki güvenliği önemli ölçüde artırmaktadır[46]. Karayollarına yerleştirilen kamera, radar gibi cihazlar sayesinde hız kontrolü etkin bir biçimde yerine getirilebilmekte; bu durum aşırı hızdan kaynaklanan trafik kazalarının önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır. Gerek ulaştırma ağı boyunca gerekse araçlara yerleştirilen çeşitli cihazlarla kaza ve arızalar otomatik olarak ilgili merkezlere bildirilebilmektedir. Böylece ambulans, itfaiye, çekici, tamirci gibi olay yerine ivedilikle intikal etmesi gereken unsurlar vakit kaybetmeden gereken müdahaleyi yapabilmekte; bu da hem can ve mal kayıplarını azaltmakta hem de trafikte yaşanabilecek olası aksaklıkların bir an önce ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Bahsi geçen tüm bu uygulama ve çözümler sayesinde trafik kazalarının azaltılması, bu kazalarla ilgili müdahalelerin yapılması ve kaza sonrasında ortaya çıkan hasarların tamiri sırasında harcanacak olan toplam enerjiyi de azaltmaktadır. Ayrıca, trafikteki güvenliğin artmasıyla birlikte trafik kazaları ve arızalardan kaynaklanan trafik yoğunlukları düşürülmekte, böylece yakıt israfı önlenmiş olmaktadır.

2.3. Akıllı Bina Sistemleri

İnsanoğlu, barınma ortamı, çalışma alanı ve diğer amaçlara yönelik kullanım gibi ihtiyaçları nedeniyle binalara zaruri bir biçimde gereksinim duymaktadır. Sürekli olarak artan dünya nüfusu ve çeşitli sosyo-ekonomik dinamiklerin etkisiyle binalara yönelik talep hem nicelik hem de nitelik olarak giderek genişlemektedir. Genel olarak bakıldığında binaların gerek inşa edilmeleri gerekse kullanılmaları

[46] Figueiredo ve ark., 2001: 4-5.

sırasında tüketilen enerji önemli boyutlardadır. 2020 yılına gelindiğinde küresel karbondioksit emisyonlarının yaklaşık yüzde 23'ünün binalardan kaynaklanacağı tahmin edilmektedir[47]. Ayrıca, Avrupa genelindeki toplam enerji tüketiminin yaklaşık yüzde 40'ının binaların üretimi ve kullanımıyla ilişkili olduğu hesaplanmaktadır. Binalarla ilişkilendirilen enerji tüketiminin büyük bir kısmı binaların kullanımı sırasında ortaya çıksa da inşaat, restorasyon ve yıkım aşamalarında da ciddi enerji sarfiyatı gerçekleşmektedir. Binaların kullanılmaları süresince oluşan enerji tüketiminin sebeplerine bakıldığında toplam tüketimin yarıdan fazlasının ortam ısıtmasından kaynaklandığı, bunu su ısıtma, aydınlatma, elektrikli ev aletleri kullanımı ve pişirme gibi amaçların takip ettiği görülmektedir. Öte yandan, aydınlatma ve elektrikli ev aletleri kullanımı nedeniyle harcanan enerjinin toplam tüketim içerisindeki payı giderek artmaktadır[48]. Bahsi geçen tüm bu alanlarda yapılacak çeşitli iyileştirmelerle hem önemli enerji tasarruflarının sağlanması hem de çevreye verilen zararların azaltılması mümkün olmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde sağlanabilecek enerji verimliliği artışları bakımından en büyük potansiyele sahip alan binalardır. Bu teknolojiler sayesinde, 2020 yılına gelindiğinde binalardan kaynaklanan küresel karbondioksit emisyonlarında yüzde 21'lik bir düşüş (2,4 Gt) sağlanacağı tahmin edilmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı dizayn, simülasyon, izleme, ölçme, kontrol, geri bildirim ve optimizasyon araçları sayesinde binaların yaşam döngülerinin tasarım, inşaat, kullanım ve yıkım gibi tüm aşamalarında tüketilen toplam enerjinin azaltılması mümkün olmaktadır[49]. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin binaların geneline ileri düzeyde entegre edilmesiyle binalarda bulunan iklimlendirme, aydınlatma, otomasyon, güvenlik, telekomünikasyon, yönetim gibi çeşitli sistemlerin birbirleriyle uyumlu ve birbirlerini destekler bir şekilde çalıştığı yapılar "akıllı binalar" (smart buildings) olarak tanımlanmaktadır[50]. Hem mevcut hem de yeni yapılacak binalara uygulanabilen akıllı bina çözümleri sayesinde binanın inşa edilmesi ve kullanımı ile ilgili süreçler daha etkin, güvenli, çevreye duyarlı, esnek ve ekonomik bir biçimde

[47] GeSI, 2008: 41.
[48] Kuhn ve ark., 2011: 47-49.
[49] GeSI, 2008: 30, 40, 41.
[50] Greenbang, 2012.

yürütülebilmektedir. Akıllı bina sistemlerinin temel bileşenleri Şekil 2.3'te görülmektedir.

Şekil 2.3. Akıllı Bina Sistemlerinin Temel Bileşenleri

Enerji verimliliği artışları sağlama bakımından en önemli akıllı bina uygulamalarından biri "bina yönetim sistemleri" (building management systems - BMS)'dir. Bina yönetim sistemleri kapsamında, bina genelinde enerji tüketimine neden olan ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi sistemlere ve cihazlara çeşitli bilgi ve iletişim teknolojileri çözümlerinin entegre edilmesiyle bu sistem ve cihazların birbirleriyle ve merkezi yönetim sistemiyle iletişim halinde ve optimum şartlarda çalışması sağlanmaktadır. Bina içerisindeki sistem ve cihazların anlık enerji tüketiminin izlenmesi sayesinde olası enerji kayıpları ve diğer aksaklıklara yönelik gerekli tedbirler otomatik olarak ya da uyarı mekanizmaları vasıtasıyla kullanıcılar tarafından zamanlıca alınabilmektedir. Ayrıca, gereksiz yere çalıştığı tespit edilen cihaz ve sistemlerin kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duyulmadan kapatılması ya da

binadaki cihaz ve sistemlerin radyo frekansları, cep telefonu, internet vb. vasıtalarla uzaktan kontrol edilebilmesi mümkün olmaktadır. Bina içerisindeki sistem ve cihazların sürekli olarak izlenmesiyle bunlara yönelik önleyici bakım işlemleri daha etkin bir biçimde yerine getirilebilmekte; bu da olası arızaların ortadan kaldırılması için ve bu arızalar sırasında tüketilecek toplam enerji miktarını düşürmektedir. Bunların yanında, cihaz ve sistemlerin mevcut çalışma durumu ile ilgili bilgilerin hava durumuna ilişkin tahminlerle birlikte değerlendirilmesi sonucunda, enerji tüketimini düşürecek çeşitli yönlendirmeler yapılabilmektedir[51].

Bina yönetim sistemlerinin binada bulunan güvenlik sistemleriyle entegre edilmesiyle yangın, su baskını, gaz sızıntısı, hırsızlık gibi olumsuz durumlarla karşılaşıldığında hem ambulans, itfaiye, polis gibi vakit kaybedilmeden durumdan haberdar edilmesi gereken birimlere otomatik olarak bilgi verilebilmekte hem de tehlikenin durumuna göre evde bulunan elektrik, doğalgaz, su vb. tesisatların çalışması durdurulmaktadır. Böylece söz konusu sorunlardan kaynaklanan ve bu sorunların çözümü sırasında ortaya çıkan gereksiz enerji tüketimlerinin önüne geçilebilmektedir. Bina yönetim sistemlerinin getirdiği tüm bu iyileştirmeler ve imkânlar sayesinde önemli enerji verimliliği artışları sağlanmaktadır.

Bina yönetim sistemleri yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasını ve bunlardan elde edilen enerjinin depolanmasını ya da şebeke üzerindeki diğer binalarla paylaşılmasını da kolaylaştırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etmeye yönelik sistemlerin bilgi ve iletişim teknolojileri destekli uygulamalarla kontrol edilmesi ve binada bulunan diğer sistemlerle entegre halde çalışması bunlardan sağlanan faydaları artırmaktadır[52]. Örneğin, güneş enerjisi panellerinin pozisyonunun güneş ışınlarının gün içerisinde değişen geliş açılarına göre otomatik olarak ayarlanmasıyla bu sistemlerden azami verim alınabilmektedir. Ayrıca, söz konusu yenilenebilir enerji sistemlerinin bina yönetim sistemleri vasıtasıyla binadaki enerji ile ilgili diğer sistemlerle entegre edilmesiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarından sadece su ısıtılması gibi basit amaçların ötesinde enerji gerektiren diğer işlere yönelik olarak da istifade edilebilmektedir.

---

[51] REEB, 2010: 25.
[52] Nikolaou ve ark., 2012: 21.

Binalarda enerji verimliliğinin artırılmasında bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılması, binanın inşaatına başlanmadan önceki aşamalara kadar uzanmaktadır. Gerek binanın inşa edileceği yer belirlenirken gerekse binaya ilişkin plan ve tasarımlar yapılırken, bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamaları sayesinde rahatlık, sağlık, görünüş, toplam maliyet gibi faktörlerin yanında enerji verimliliği de dikkate alınarak mümkün olan en uygun seçimler yapılabilmektedir. Bilgisayar destekli tasarım uygulamaları, binanın konumlandırılmasının ve pencerelerinin miktar, büyüklük, şekil gibi özelliklerinin belirlenmesinin güneş ışınlarının binanın ısınmasına yazın olabildiğince az, kışın ise olabildiğince fazla; aydınlatılmasına ise her zaman için mümkün mertebe fazla katkıda bulunmasına imkân verecek şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Gelişmiş simülasyon yazılımları, bina kullanılmaya başlandığında bina genelinde ortaya çıkacak enerji sarfiyatının miktarının ve kaynaklarının önceden görülebilmesine ve böylece toplam enerji tüketiminin asgari düzeyde gerçekleşmesine yönelik önlemlerin alınmasına olanak tanımaktadır. Simülasyon yazılımları ayrıca, binanın kullanım amacı ve yapıldığı yerin coğrafik özellikleri gibi faktörlerin de göz önünde bulundurularak binada kullanılacak malzemelerin enerji verimliliği açısından en iyi sonuçları verecek şekilde seçilmesini mümkün kılmaktadır[53]. Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde bina henüz kullanılmaya başlanmadan gerçekleştirilen bu uygulamalar binanın yaşam döngüsü boyunca tüketilecek enerji miktarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı karar destek sistemleri ile yönetim, kontrol ve planlama uygulamaları binaların üretimi sırasında gerçekleştirilen her türlü faaliyetin en etkin şekilde yapılmasına, böylece bunlar için ihtiyaç duyulacak enerji miktarının asgari düzeyde tutulmasına imkân vermektedir. Ayrıca, binanın üretilmesi sürecinde tasarım, inşaat, aydınlatma, ısıtma, havalandırma gibi farklı konulardan sorumlu olan uzmanların "katılımcı mühendislik" (concurrent engineering) anlayışı çerçevesinde birlikte çalışmasına olanak tanıyan yazılımlar, yapılacak işlerin tek seferde ve her yönden en uygun biçimde yerine getirilmesini

[53] EC, 2008c: 18.

sağlamaktadır[54]. Böylece, bir uzmanlık alanıyla ilgili bir işin, bitirilmesinin ardından diğer bir uzmanlık alanına ait kısıtlar açısından sakınca doğurması durumunda boşa harcanmış olacak emek ve enerjinin önüne geçilebilmektedir. Dolayısıyla bu yolla, binanın üretimi tamamlanana kadar geçen sürede tüketilen toplam enerji düşürülebilmektedir.

Yeni inşa edilen binalarda uygulanan akıllı bina çözümleri sayesinde enerji verimliliği yüksek yapıların üretilmesinin yanında, toplam bina stokunda önemli bir yer tutan eski binaların enerji verimliliği açısından daha etkin hale getirilmesi de büyük önem arz etmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri mevcut binaların restore edilerek enerji verimliliklerinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Öncelikle çeşitli bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamaları vasıtasıyla mevcut bir binanın enerji sarfiyatı analiz edilerek toplam enerji tüketiminin düşürülmesi bakımından yeterli potansiyel bulunan alanlar tespit edilmektedir. Daha sonra uygun bilgi ve iletişim teknolojileri çözümlerinin binada bulunan ilgili cihaz ve sistemlere entegre edilmesiyle bunların daha etkin ve daha enerji tasarruflu bir biçimde çalışması sağlanmaktadır[55].

Bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı çözüm ve uygulamaların binalardaki enerji verimliliğini artırmaya yönelik olarak kullanıldığı bir başka önemli alan aydınlatmadır. "Akıllı aydınlatma" (smart lighting) teknolojileri sayesinde aydınlatma sistemlerinin mekânın boşluk/doluluk durumu, zaman, gün ışığı seviyesi gibi hususlar dikkate alınarak otomatik olarak yönetilmesi ve böylece enerji israfının önüne geçilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, bilgi ve iletişim teknolojileri destekli yeni nesil lambalar belirli bir süre sonra tekrar açılmak üzere kapatıldıklarında bekleme durumuna geçmektedir. Böylece lambalar tarafından tüketilen toplam enerjide önemli bir paya sahip olan lambanın açılmasından ışık vermesine kadar olan süredeki enerji tüketiminde ciddi boyutlarda tasarruf sağlanabilmektedir[56].

---

[54] Kuhn ve ark., 2011: 51.
[55] Kuhn ve ark., 2011: 50.
[56] GeSI, 2008: 42.

Akıllı bina uygulamaları sayesinde binada bulunan cihaz ve sistemler tarafından tüketilen enerji miktarının kontrol edilmesinin yanında binanın genel enerji performansının izlenmesi imkânı da doğmaktadır. "Akıllı sayaç" (smart meter)'lar kullanıcılara anlık enerji tüketimlerini görme imkânı sağlayarak olağandışı durumlar söz konusu olduğunda gerekli önlemlerin zamanlıca alınmasına yardımcı olmaktadır. Binanın genel enerji tüketimine dair bilgilerin tutulmasıyla binanın geçmişteki durumuyla ya da benzer özellikteki binaların tüketimiyle kıyaslama yapılması da mümkün olmaktadır. Bu kıyaslama neticesinde enerji verimliliği açısından performans düşüklüğü tespit edilen binalara yönelik tedbirler alınabilmektedir. Bunların yanında, binaların enerji tüketimlerinin ve enerji verimliliğini artırmaya yönelik örnek uygulamaların internet üzerinden paylaşılması konuyla ilgili bilgi ve farkındalık düzeyini artırmaktadır. Binaların enerji tüketiminin izlenmesi, buna ilişkin bilgilerin başkalarıyla paylaşılması ve binaların enerji verimliliği düzeylerine göre sınıflandırmaya tabi tutulması insanlar üzerinde enerji tüketimi konusunda daha hassas olmaya yönelik davranışsal etkiler oluşturmaktadır. Ayrıca, binaların enerji verimliliği seviyelerine göre uygulanan dinamik fiyatlandırma gibi çeşitli ceza ve ödül mekanizmaları bu davranışsal etkilerin olumlu sonuçlarını daha ileri boyutlara taşımaktadır[57].

Binaların enerji tüketimine dair elde edilen veriler çeşitli yazılımlar sayesinde analiz edilerek geleceğe yönelik enerji talebi tahminleri yapılabilmektedir. Böylece belirli bir bölgede gerçekleşecek olan enerji talebinin yıl içerisindeki olası değişimine dair güvenilir öngörüler oluşturulmakta, enerji arz planları bunlarla uyumlu şekilde yapılabilmektedir. Bu durum enerji arzı bakımından yaşanabilecek darlıkların ve atıl kapasitelerin önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır. Enerji talep yönetiminde sağlanan iyileştirmeler genel enerji verimliliği seviyesine olumlu olarak yansımaktadır.

2.4. Akıllı Elektrik Şebekeleri

Günümüzde en temel ve yaygın olarak kullanılan enerji çeşitlerinden biri elektrik enerjisidir. Üretim, binalar, ulaştırma ve diğer alanlarda talep edilen enerji

[57] EC, 2009a: 27.

miktarı arttıkça elektrik enerjisi ihtiyacı ve dolayısıyla elektrik iletim ve dağıtım şebekelerine olan gereksinim de artmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminden son kullanıcılara ulaştırılmasına kadar geçen süreçte tüketilen enerji önemli boyutlardadır. Üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık yüzde 12'sinin iç tüketim ve şebekede yaşanan kayıplara gittiği bilinmektedir[58]. Öte yandan, 2020 yılına gelindiğinde küresel karbondioksit emisyonlarının yaklaşık yüzde 27'sinin enerji sektöründen kaynaklanacağı tahmin edilmektedir[59]. Bu açıdan bakıldığında, elektrik şebekelerinde sağlanacak çeşitli iyileştirmeler gerek toplam enerji verimliliğinin artırılması gerekse çevreye verilen zararların azaltılması bakımından büyük önem arz etmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliğinin artırılması konusunda en büyük potansiyele sahip alanlardan biri elektrik şebekeleridir. Bu teknolojiler vasıtasıyla, 2020 yılına gelindiğinde enerji sektöründen kaynaklanan küresel karbondioksit emisyonlarında yüzde 15'lik bir düşüşün (2,1 Gt) gerçekleştirilebileceği tahmin edilmektedir[60]. Üretilen elektriğin santrallerden alınmasından son kullanıcı taleplerinin karşılanmasına kadar olan tüm aşamalarda bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak sistemdeki üretici, aracı, tüketici gibi farklı paydaşların ihtiyaçlarının ve kapasitelerinin birbirleriyle uyumlu bir biçimde yönetilmesinin mümkün olduğu elektrik şebekeleri "akıllı şebeke[61]" (smart grid) olarak tanımlanmaktadır[62]. Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı izleme, ölçme, kontrol, analiz, optimizasyon ve karar destek uygulamaları sayesinde elektrik şebekesindeki tedarik zinciri etkin ve ekonomik bir biçimde işletilebilmekte; sistemin esnekliği, ulaşılabilirliği, güvenilirliği ve sürdürülebilirliği artırılırken çevreye olan zararlı etkileri asgari düzeyde tutulabilmektedir. Akıllı şebekelerin temel bileşenleri Şekil 2.4'te görülmektedir.

---

[58] Ye ve ark., 2010: 16.
[59] GeSI, 2008: 45.
[60] GeSI, 2008: 30, 47.
[61] Akıllı şebeke kavramı, elektrik sistemlerindeki üretim, iletim ve dağıtım bileşenlerinin bütünü ifade etmek için kullanılmıştır.
[62] IEA, 2011: 6.

Şekil 2.4. Akıllı Elektrik Şebekelerinin Temel Bileşenleri

Akıllı şebekelerin en temel bileşenlerinden biri, tüketiciler ile şebeke arasında iki yönlü bilgi alışverişini mümkün kılan ve böylece hem kullanıcıların enerji tüketiminin hem de tedarikçilerin enerji arzının daha etkin bir biçimde gerçekleştirilmesine olanak tanıyan, "ileri ölçme altyapısı" (advanced metering infrastructure - AMI)'dır. İleri ölçme altyapısı kapsamında yer alan akıllı sayaçlar, kullanıcıların elektrik tüketimi ve şebekede geçerli olan elektrik fiyatları hakkında hem anlık hem de geçmişe dönük detaylı bilgiler sağlamaktadır[63]. Akıllı sayaçların enerji verimliliği açısından getirdiği faydalar; anlık elektrik enerjisi talebinin izlenmesi, gelecekte ortaya çıkacak talebin doğru bir biçimde tahmin edilmesi ve bunların arzu edilen şekilde yönlendirilmesiyle ortaya çıkan talep yönünden iyileştirmeler ile şebekede yaşanan kayıp, kaçak ve diğer sorunların önlenmesi vasıtasıyla şebeke genelinde gerçekleştirilen arz yönünden iyileştirmelerden oluşmaktadır.

[63] OECD, 2012a: 23-24.

Enerji üretim ve dağıtım sistemlerinin kapasiteleri herhangi bir anda ortaya çıkabilecek en yüksek talep seviyesini karşılayabilecek şekilde belirlendiğinden dolayı elektrik enerjisine olan talebin gün, hafta gibi değişik zaman dilimleri boyunca mümkün olduğunca dengeli dağılması söz konusu sistemlerin azami verimlilikte çalışabilmesi açısından arzu edilen bir durumdur. Çünkü belirli bir santraldeki enerji üretimi, santralin kapasite sınırlarına yaklaşıldıkça, daha az etkin ve dolayısıyla daha maliyetli hale gelmeye başlamaktadır. Ayrıca, normal seviyelerde ortaya çıkan elektrik enerjisi ihtiyacı genel olarak daha verimli santrallerden karşılanırken talep arttıkça daha az verimli santrallerden de istifade edilmek zorunda kalınabilmektedir. Akıllı sayaçlar sayesinde, hem belirli zamanlarda uygulanacak elektrik fiyatları önceden farklılaştırılarak hem de sistemdeki toplam arz ve talebin anlık durumuna göre dinamik fiyatlandırma yapılarak elektrik tüketimi düzgünleştirilebilmekte, azami talep seviyelerinde önemli düşüşler sağlanabilmekte ve böylece sistem genelindeki enerji verimliliği artırılabilmektedir. Örneğin, akıllı sayaçların günün farklı saatlerinde tüketilen elektrik enerjisini farklı birim fiyatlardan ücretlendirebilmesi sayesinde tüketiciler zaman açısından esnek olan enerji tüketimlerini elektrik fiyatlarının daha ucuz olduğu saatlere kaydırabilmektedir. Benzer şekilde, dinamik fiyatlandırmanın mümkün olduğu durumlarda kullanıcılar şebekede satılan elektriğin fiyatının düştüğünü gördüklerinde elektrik tüketimi gerektiren işlerini yapabilmekte, elektrik fiyatlarının yükseldiğini gördüklerinde ise ötelenebilir kullanımlarını erteleyebilmektedirler. Akıllı sayaçların sunduğu bilgiler, insanlar tarafından dikkate alınabildiği gibi bazı ileri uygulamaların söz konusu olduğu durumlarda elektrik enerjisini tüketen cihazlara doğrudan iletilmekte ve onların bu bilgiler doğrultusunda ve kullanıcıların önceden belirlediği tercihlerle uyumlu bir biçimde otomatik olarak durum değiştirmesi sağlanmaktadır[64]. Ayrıca, akıllı sayaçlar sayesinde anlık elektrik tüketimlerini ve bunlara ilişkin ücretleri izleyebilen kullanıcılar ortaya çıkan davranışsal etkiler neticesinde elektrik israfının önüne geçme konusunda daha aktif davranabilmektedir.

Bunların yanında, bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çeşitli çözüm ve uygulamalar elektrik iletim ve dağıtım hatlarının daha etkin bir biçimde izlenmesi,

[64] US DOE, 2008: 13-19.

kontrol edilmesi ve işletilmesini, dolayısıyla elektrik enerjisinin son kullanıcılara ulaştırılması sürecindeki enerji verimliliğinin artırılmasını sağlamaktadır. "Uzaktan kontrol ve veri toplama" (supervisory control and data acquisition - SCADA), "geniş alan izleme sistemi" (wide-area monitoring system - WAMS), "geniş alan uyarlanabilir koruma, kontrol ve otomasyon" (wide-area adaptive protection, control and automation - WAAPCA), "geniş alan durumsal farkındalık" (wide-area situational awareness - WASA), "coğrafi bilgi sistemi" (geographic information system - GIS), karar destek sistemi ve ERP gibi sistemler; akıllı sayaç, alıcı, ağ teçhizatı gibi cihazlar ve internet, telefon, kablo, radyo gibi iletişim kanalları vasıtasıyla şebekedeki farklı bileşenlerin kapasite, yük, çalışma ve performans durumlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve kontrol edilmesi mümkün olmaktadır. Bu sayede, şebekenin işletilmesine yönelik kararlar daha fazla bilginin analiz edilmesiyle en uygun şekilde verilmektedir. Şebeke genelindeki etkinliğin artırılması ile hatlardaki yükler daha iyi dengelenebilmekte, elektrik iletimi ve dağıtımı sırasında ortaya çıkan enerji kayıpları azaltılmakta ve dolayısıyla şebekenin enerji verimliliği artırılmaktadır[65].

Bahsi geçen izleme ve kontrol sistemleri sayesinde elektrik şebekesinde ortaya çıkabilecek arıza ve diğer sorunlara dair belirtiler önceden tespit edilip gerekli tedbirler zamanlıca alınabilmekte, böylece şebekede yaşanabilecek aksaklıklardan kaynaklanan her türlü enerji kaybının önüne geçilmiş olmaktadır. Bunun yanında, etkin izleme ve kontrol mekanizmaları kaçak elektrik kullanımının önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji tüketiminin karşılığında herhangi bir ücret ödenmediği durumlarda gereksiz kullanım ihtimali daha yüksek olacağından, bu tarz kullanımların engellenmesi enerji verimliliğinin artırılması bakımından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, mevcut elektrik şebekesinin söz konusu sistem ve teknolojiler sayesinde etkin olarak işletilmesi enerji üretimine ve dağıtımına yönelik yeni yatırımların yapılması ihtiyacını azaltmakta, bunlarla ilişkili gereksiz enerji tüketiminin önlenmesine dolaylı olarak katkı sağlamaktadır.

[65] IEA, 2011: 17-19.

Bilgi ve iletişim teknolojileri, mevcut elektrik şebekelerinin daha etkin hale getirilmesi vasıtasıyla sağladığı iyileştirmelerin yanında yeni kurulacak elektrik üretim ve dağıtım sistemlerine ilişkin kararların en uygun biçimde alınmasına yardımcı olmak suretiyle de enerji verimliliği kazanımlarına olanak tanımaktadır. Çeşitli tahmin ve planlama yazılımları sayesinde, gelecekte ortaya çıkacak elektrik arz ve talebine ilişkin öngörüler mümkün olan en isabetli biçimde yapılabilmekte; kapasite ve üretim planlaması optimal şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Gelişmiş modelleme ve simülasyon yazılımları, yeni kurulacak elektrik şebekesinde yer alacak her türlü fiziksel birimin davranış ve performansına, kullanıcıların tercihlerine ve pazar dinamiklerine ilişkin muhtemel durumları ve farklı senaryo analizlerini dikkate alarak en etkin şekilde çalışacak sistemler oluşturulmasına yardımcı olmaktadır[66]. Elektrik şebekelerinin kurulumu aşamasında hayata geçirilen tüm bu uygulamalar şebekenin çalışması sırasında ortaya çıkacak kayıpların ve aksaklıkların asgari düzeyde tutulmasına ve böylece enerjinin son kullanıcılara daha verimli bir biçimde ulaştırılmasına katkı sağlamaktadır.

Elektrik enerjisi arzı geleneksel olarak geniş kapasiteli merkezi enerji santrallerinden karşılanmakta ise de yaşanan teknolojik gelişmeler daha küçük ölçekli, daha esnek, daha etkin ve daha çevre dostu elektrik üretim ve dağıtım imkânlarının ortaya çıkmasına yol açmaktadır. “Sanal enerji santralleri” (virtual power plants) farklı bölgelerdeki küçük enerji üreticilerinin bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamalarıyla mantıksal olarak birbirine bağlanmasını ve böylece teknik ve ticari açıdan tek bir birimmiş gibi yönetilmesini sağlamaktadır. Bu da, küçük kapasiteli elektrik üreticilerinin ana şebekeye dâhil olmasını kolaylaştırmaktadır. Bazı durumlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından da yararlanan söz konusu küçük üreticiler kendilerine daha yakın olan dar bir bölgedeki talebi büyük enerji santrallerine göre daha verimli bir biçimde karşılayabilmektedir. Ayrıca, yeni tedarikçilerin katılmasıyla elektrik piyasasındaki rekabet ve dolayısıyla etkinlik de artmaktadır. Bunun yanında, normalde ana şebekeye bağlı olarak çalışan fakat gerektiğinde bağımsız bir şebeke gibi faaliyet gösterebilen alt birimler olan bilgi ve iletişim teknolojileri destekli “mikro şebekeler” (microgrids), ana şebekede

[66] Kuhn ve ark., 2011: 24-25.

yaşanan herhangi bir aksaklık durumunda otomatik olarak kendini ana şebekeden ayırabilmekte ve sahip olduğu yedek kaynakları kullanarak küçük bir bölgeye hizmet vermeye devam edebilmektedir[67]. Bahsi geçen tüm bu uygulamalar şebekede yaşanan etkinsizlik ve aksaklıklardan kaynaklanan verimsizliklerin önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır.

Elektrik enerjisine olan talebin giderek artmasıyla birlikte rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan azami ölçüde faydalanılması daha zaruri hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesine dâhil edilebilmesi ve bunlardan gerektiği ölçüde yararlanılabilmesi için gelişmiş yönetim sistemlerinin varlığı hayati önem taşımaktadır. Fosil yakıtların aksine, yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak sağlanan elektrik arzı süreklilik göstermemektedir. Bu yüzden, şebeke üzerindeki toplam talebin, diğer kaynaklar kullanılarak sunulan arzın ve yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim kapasitesinin gerçek zamanlı olarak ve birbirleriyle uyumlu bir biçimde yönetilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çeşitli çözüm ve uygulamalar sayesinde, yenilenebilir enerji kaynaklarından istifade edilerek üretilen elektriğin bollaştığı zamanlarda diğer kaynakları kullanarak üretim yapan santrallerin çıktı seviyesi otomatik olarak düşürülebilmekte, birim enerji fiyatlarının azaltılması gibi talep yönetim mekanizmaları işletilerek gelecekteki olası tüketimlerin öne çekilmesi sağlanabilmekte ya da fazla enerji gelişmiş saklama aygıtları vasıtasıyla depolanabilmektedir[68].

Öte yandan, fosil yakıtların arzında yaşanan sıkıntılar ve bunların çevreye olan olumsuz etkileri dolayısıyla elektrik enerjisi ile de çalışabilen yeni nesil hibrit araçların yaygınlaşmasına yönelik çabalar da artarak devam etmektedir. Elektrikli araçların geniş çapta kullanılabilirliği bu araçların bataryalarının şarj edilmesine imkân tanıyan akıllı şebekelerin varlığıyla yakından ilişkilidir. Bu bakımdan akıllı şebekeler, elektrikli araçların gereksinim duyduğu enerjinin sağlanabileceği bir kaynak konumundadır. Ayrıca, akıllı şebekeler ile elektrikli araçlar arasında mümkün olan iki yönlü enerji alışverişi sayesinde şebekedeki arz ve talep dalgalanmalarının

[67] EC, 2009b: 32-33.
[68] OECD, 2012a: 13-14.

dengelenmesinde elektrikli araçlardan yararlanılabilmektedir. Normal elektrik abonelerine yönelik olarak uygulanan talep yönetim mekanizmalarına benzer şekilde, elektrik arzının müsait olduğu zamanlarda elektrikli araçlara iletilen sinyallerle bunların şarj edilmesi sağlanabilmekte, böylece bir anlamda, ihtiyaç fazlası enerji elektrikli araçlarda depolanabilmektedir. Elektrik talebinin yüksek olduğu zamanlarda ise elektrikli araçlarda depolanan enerjinin şebekeye geri satılması teşvik edilebilmekte, bu sayede arz sıkıntısının çözülmesi kolaylaşmaktadır[69]. Gerek yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasının gerekse elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması elektrik şebekelerinin daha etkin ve ekonomik bir biçimde işletilebilmesine yardımcı olmakta, sistemin güvenilirliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasına katkıda bulunmakta, sistemdeki enerji verimliliği iyileştirmelerine dolaylı yönden destek olmaktadır.

2.5. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji gibi alanlarda yoğun ve yaygın bir biçimde kullanılmasıyla ortaya çıkan akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekeleri detaylı olarak incelenmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı yenilikçi çözüm ve uygulamalardan oluşan söz konusu akıllı sistemler vasıtasıyla sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarında yürütülmekte olan tasarım, planlama, kurulum, işletme, kullanım gibi pek çok faaliyet daha etkin, daha kaliteli ve daha çevre dostu bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede, dünya genelindeki toplam enerji tüketimi içerisinde önemli bir paya sahip olan söz konusu alanlardaki enerji verimliliğinde ciddi artışlar sağlanabilmektedir.

Bahsi geçen akıllı sistem ve uygulamaların yaygınlaştırılmasına ve bunlardan elde edilen faydaların artırılmasına yönelik çabalar gerek uluslararası gerekse ulusal platformlarda yoğunlaşarak devam etmektedir. Bu bağlamda, bir sonraki bölümde akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı şebekeler alanında dünya genelinde benimsenen strateji ve politikalar ile hayata geçirilen uygulamalardan örnekler incelenecektir.

[69] EC, 2009b: 36-37.

3. DİĞER SEKTÖRLERDEKİ YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARINA İLİŞKİN ULUSLARARASI İNCELEMELER

Dünya genelinde son yıllarda yaşanmakta olan ekonomik sıkıntılar hemen hemen tüm ülkeleri ciddi bir biçimde etkilemektedir. Öte yandan; nüfusun çoğalması, modern hayat tarzının yaygınlaşması, ekonomik aktivitelerin daha karmaşık bir hal alması, yeni gelişmekte olan ülkelerin istikrarlı ve hızlı bir biçimde büyümesi gibi dinamikler neticesinde enerji kaynaklarına olan talep giderek artmaktadır. Bununla yakından ilişkili olarak; çevre kirliliği, küresel ısınma, sera gazı emisyonlarındaki artış gibi sorunlar dünya gündemini daha çok meşgul etmeye başlamıştır. Söz konusu ekonomik ve çevresel sorunlarla baş edilmesine yönelik çabalar kapsamında, bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı yenilikçi çözüm ve uygulamalar vasıtasıyla enerji verimliliğinin artırılması gerek ulusal gerekse uluslararası platformlarda ön plana çıkan bir öncelik konumuna gelmiştir.

Bu bölümde; sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji gibi alanlarda bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin olarak İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD) ve AB gibi uluslararası ve uluslarüstü kuruluşlar ile çeşitli ülkeler tarafından benimsenen strateji ve politikalar ele alınacak, bu kapsamda hayata geçirilen örnek projeler incelenecektir.

3.1. OECD

Dünyanın çeşitli bölgelerinden 34 ülkenin ekonomik, sosyal ve çevresel problemlere ilişkin ortak çözümler geliştirmek üzere işbirliği yaptığı bir platform durumunda olan OECD, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kıt kaynakların daha etkin bir biçimde yönetilmesinde, enerji verimliliğinin artırılmasında, çevresel sorunların çözümünde ve ekonomik canlanmanın tekrar sağlanmasında kilit bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır[70]. OECD, bilgi ve iletişim teknolojilerinden

[70] OECD, 2010a: 5.

yararlanılarak enerji verimliliği iyileştirmelerinin sağlanabileceği en önemli uygulama alanlarının sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji olduğunu belirtmektedir[71].

OECD, ekonomik ve sosyal aktivitelerin çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılmasında ve enerji verimliliğinin artırılmasında bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılmasına yönelik strateji ve politikalar belirlenirken genel bir çerçeve olarak göz önünde bulundurulması ve yol gösterici bir rol oynaması amacıyla üye ülkelere temel tavsiyelerde bulunmaktadır. Bunlar genel olarak şöyle özetlenebilir:

- Bilgi ve iletişim teknolojileri, çevre ve enerji alanlarına ilişkin politikalar birbirleriyle uyumlu bir biçimde belirlenmeli ve uygulanmalıdır.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim ürün ve uygulamalarının Ar-Ge, tasarım, üretim, kullanım ve geri dönüşüm gibi farklı yaşam döngüsü evreleri bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmalıdır.
- Başta büyük çaplı öncü projeler olmak üzere, yeşil bilişim alanındaki Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetleri vergi teşviki, karbon dengelemesi vb. mekanizmalarla desteklenmelidir.
- Yeşil bilişim ile ilgili olarak gerek bilgi ve iletişim teknolojileri, enerji, çevre gibi farklı alanlara özgü gerekse bunların tamamını ilgilendiren bilgi, beceri ve yetkinliklerin kazanılması ve geliştirilmesi teşvik edilmelidir.
- Kamuoyunun, bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde enerji verimliliği ve çevresel konularla ilgili sağlanabilecek faydalar hakkındaki bilinç düzeyi artırılmalıdır.
- Yeşil bilişim alanında hayata geçirilmiş en iyi uygulama örneklerinin ulusal ve uluslararası platformlarda paylaşılması sağlanmalıdır.
- Kamu sektörü, yeşil bilişim uygulamaları vasıtasıyla etkinlik ve enerji verimliliği iyileştirmeleri sağlamak konusunda diğer kesimlere örnek teşkil edecek öncü adımlar atmalıdır.

[71] OECD, 2010b: 6.

- Kamu kurumları, bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerini satın alırken bunların enerji verimliliği ve çevresel etkiler bakımından durumlarını da göz önünde bulundurmalıdır.
- Yeşil bilişim ürün ve uygulamalarının enerji verimliliği ve çevre üzerindeki etkilerini ölçmeye yönelik çabalar desteklenmelidir.
- Yeşil bilişim ürün ve uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yönelik politika ve hedefler net olarak belirlenmeli, bunların hayata geçirilmesine ilişkin tedbirler etkin bir biçimde alınmalı ve bunlarla ilgili yasal düzenlemeler gerçekleştirilmelidir[72].

3.2. Avrupa Birliği

OECD'ye benzer şekilde AB de bilgi ve iletişim teknolojilerini ekonomik, sosyal ve çevresel sorunların çözümünde etkili bir araç olarak görmektedir. 2010 yılında AB, 2020 yılına kadar olan zaman diliminde bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik ve sosyal potansiyelinden azami ölçüde faydalanılabilmesine yönelik bir yol haritası olan "Avrupa için Sayısal Gündem" (A Digital Agenda for Europe) belgesini kabul etmiştir. Avrupa için Sayısal Gündem belgesi bilgi ve iletişim teknolojilerine enerji verimliliği ile ilgili politika hedeflerine ulaşılmasında kritik bir rol atfetmektedir. 2020 yılına kadar enerji verimliliğinde yüzde 20'lik bir artış kaydetmek isteyen AB; binalar, elektrik şebekeleri, ulaştırma gibi alanlarda daha az enerji tüketen ürün ve hizmetlere doğru sağlayabileceği yapısal dönüşüm nedeniyle bilgi ve iletişim teknolojilerinin bu süreçte hayati öneme sahip olduğunu belirtmektedir. AB ayrıca, bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü ile diğer sektörler ve kamu otoriteleri arasında işbirliği tesis edilmesinin ve gerek bireysel gerekse kurumsal kullanıcıların konuyla ilgili yeterli bilinç düzeyine sahip olmalarının, bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamaların başarıyla hayata geçirilmesindeki ve bunlardan istenilen faydaların elde edilebilmesindeki ehemmiyetini vurgulamaktadır[73].

[72] OECD, 2010a: 5-7.
[73] EC, 2010a: 27-28.

AB, bilgi ve iletişim teknolojilerine atfettiği bu özel öneme uygun olarak, bir takım programlar kapsamında, bu alanda yapılacak Ar-Ge ve yenilikçilik projelerini desteklemektedir. AB'nin her türlü teknolojik araştırma faaliyetini teşvik etmek amacıyla tasarladığı "çerçeve program"larından (framework programme) 2007-2013 yıllarını kapsayan Yedinci Çerçeve Programı bünyesinde desteklenen ana temalardan biri bilgi ve iletişim teknolojileridir. Söz konusu Program kapsamında bilgi ve iletişim teknolojileri alanına toplam 9,1 milyar Avro'luk kaynak ayrılmıştır[74]. Bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak çeşitli alanlarda enerji verimliliği artışları sağlanması ve çevresel sürdürülebilirliğin temin edilmesi Program'ın temel önceliklerinden biri konumundadır. Üretim ortamında, binalarda, ulaştırmada ve elektrik şebekelerinde hayata geçirilecek akıllı uygulamalara ilişkin Ar-Ge projeleri bu öncelik kapsamında desteklenmektedir.

Öte yandan AB, Ar-Ge süreci tamamlanmış yeni teknolojilerin ticarileştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik proje ve faaliyetleri "Rekabet Edebilirlik ve Yenilik Çerçeve Programı" (Competitiveness and Innovation Framework Programme - CIP) vasıtasıyla desteklemektedir. CIP, "Girişimcilik ve Yenilik Programı" (Entrepreneurship and Innovation Programme - EIP), "Bilgi ve İletişim Teknolojileri Politika Destek Programı" (Information and Communication Technologies Policy Support Programme - ICT PSP) ve "Avrupa Akıllı Enerji ve Teknoloji Programı" (Intelligent Energy Europe Programme - IEE) şeklinde üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan, ICT PSP'nin ana temalarından biri bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılarak enerji verimliliğinin artırılması ve düşük karbon ekonomisine geçişin sağlanmasıdır. Bu ana tema çerçevesinde belirli özel amaçlara yönelik olarak gerçekleştirilen uygulama projelerine finansal destek sağlanmaktadır. Ayrıca, Avrupa'nın enerji verimliliği hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olması amacıyla tasarlanan IEE Programı bünyesinde, enerji alanında çeşitli iyileştirmeler getiren diğer pek çok yeni teknolojinin yanında akıllı elektrik şebekelerinin yaygınlaştırılması da teşvik edilmektedir[75].

[74] EC, 2012g.
[75] EC, 2012a.

AB, sanayi sektöründe bilgi ve iletişim teknolojilerinden etkin bir biçimde faydalanılmasını hem sektörün enerji verimliliğinin artırılması hem de üretici firmaların rekabetçiliklerinin güçlendirilmesi bakımından önemli görmektedir. 2008 yılı sonunda yayımlanan "Avrupa Ekonomik İyileştirme Planı" (A European Economic Recovery Plan) kapsamında desteklenen üç kamu-özel işbirliğinden biri olan "geleceğin fabrikaları" (factories of future) inisiyatifine 1,2 milyar Avro bütçe ayrılmıştır. Bu kapsamda başta küçük ve orta büyüklükteki işletme (KOBİ)'ler olmak üzere, Avrupa genelindeki üreticilerin bilgi ve iletişim teknolojileri, gelişmiş mühendislik yöntemleri, uyarlanabilir makineler ve yenilikçi iş süreçleri gibi vasıtaları kullanarak teknik ve ekonomik açıdan daha güçlü bir yapıya kavuşmaları hedeflenmektedir[76]. Geleceğin fabrikaları inisiyatifini de içine alan Yedinci Çerçeve Programı kapsamında Avrupa'nın farklı ülkelerinden kurumların birlikte yürüttükleri çeşitli projelerin odaklandıkları amaçlardan bazıları şöyledir:

- Üretim sürecindeki işlemlerin enerji performansına ilişkin anlık detaylı veriler toplanması, bu verilerin analiz edilmesiyle enerji tüketimiyle ilgili olası problemlerin hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi ve bunlara yönelik çözümlerin etkin bir biçimde geliştirilmesi,
- Üretim işlemlerinin enerji tüketimi ve çevreye olan olumsuz etkilerini de dikkate alarak en uygun şekilde tasarlanması ve bütün bir süreç boyunca optimal enerji verimliliğini sağlamaya yönelik etkin izleme ve karar destek sistemlerinin oluşturulması,
- Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı tasarım, modelleme ve simülasyon araçları vasıtasıyla makinelerin enerji akışlarının ve kayıplarının analiz edilmesi ve böylece enerji tüketimlerinin optimize edilmesi[77].

Avrupa için Sayısal Gündem belgesi, bilgi ve iletişim teknolojilerinden ekonomik ve sosyal problemlerin çözümünde faydalanılması şeklindeki genel önceliğin ötesinde, akıllı ulaşım sistemlerini özel olarak ele almaktadır. Akıllı ulaşım sistemlerinin daha etkin, hızlı, kolay ve güvenilir ulaşım imkânı sağladığını vurgulayan AB, bu alanda yolcu ve yük akımlarının farklı ulaşım modları arasındaki

[76] EC, 2008a: 16.
[77] EC, 2012c.

entegrasyonuna ve ulaştırma altyapılarındaki darboğazları aşmaya yönelik sürdürülebilir akıllı çözümlere odaklanılması gerektiğini belirtmektedir[78]. Ayrıca, Avrupa Ekonomik İyileştirme Planı'nda yer alan "Avrupa Yeşil Araçlar İnisiyatifi" (European Green Cars Initiative) ile trafikte akışkanlığın ve güvenliğin sağlanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve özellikle elektrikli araçların kullanımının yaygınlaştırılması gibi amaçlara yönelik yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve yenilikçi uygulamaların hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Söz konusu inisiyatif AB, Avrupa Yatırım Bankası, özel sektör ve üye ülkelerin katkılarıyla oluşan toplam 5 milyar Avro'luk bir bütçeye sahiptir[79]. Öte yandan, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ulaştırma alanında kullanılmasına yönelik Yedinci Çerçeve Programı destekleri aşağıdaki konularda yeni teknolojilerin geliştirilmesine ayrılmıştır:

- Sürücüler, araçlar ve ulaştırma altyapısı arasında etkileşimi mümkün kılan işbirlikçi sistemler,
- Proaktif trafik kontrol ve yönetim sistemleri,
- Elektrikli araçlar,
- Farklı ulaşım modları arasında entegrasyon sağlayan sistemler,
- Araç güvenlik sistemleri,
- Çevreye duyarlı sürüş destek sistemleri,
- Kent içi ve kentler arası uyarlanabilir akıllı karayolu ulaştırma altyapıları[80] [81] [82].

Bunun yanında, ICT PSP Programı kapsamında da;

- Güvenli ve enerji tasarruflu ulaştırma için işbirlikçi akıllı sistemler,
- Elektrikli araçlar ve bunlarla uyumlu ulaşım altyapıları,
- Uyarlanabilir kent içi ulaştırma yönetimi altyapı ve hizmetleri gibi alanlardaki yenilikçi pilot projeler desteklenmektedir[83] [84].

[78] EC, 2010a: 13.
[79] EC, 2008a: 16.
[80] EC, 2007: 46-47.
[81] EC, 2009c: 65-66.
[82] EC, 2011: 85-89.
[83] EC, 2010b: 11.

Avrupa genelindeki enerji kullanımının yüzde 40'ının gerçekleştiği binalarda enerji verimliliğinin sağlanması AB'nin enerji ve çevre ile ilgili hedeflerine ulaşabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda AB, bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı simülasyon, modelleme, analiz, izleme ve görüntüleme araçlarından binaların hem tasarımı hem de kullanımı sırasında bütüncül bir yaklaşımla yararlanılarak enerjinin daha etkin bir biçimde tüketilmesini kritik bir konu olarak değerlendirmektedir. Ayrıca, bilgi ve iletişim teknolojilerinin binaların enerji performanslarının ölçülmesinde, verimsizliklerin tespitinde ve giderilmesinde önemli fırsatlar sunduğu belirtilmektedir[85]. Avrupa Ekonomik İyileştirme Planı'ndaki 1 milyar Avro bütçeli "Avrupa Enerji Tasarruflu Binalar İnisiyatifi" (European Energy-Efficient Buildings Initiative) hem mevcut hem de yeni yapılacak binaların enerji tüketimlerinin ve karbondioksit emisyonlarının azaltılmasını hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda, inşaat sektöründe çevre dostu teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılması ve enerji verimliliğini sağlamaya yönelik sistem ve malzemelerin geliştirilmesine ilişkin çalışmalar yürütülmektedir[86]. Yedinci Çerçeve Programı kapsamında, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla binalarda enerji verimliliği iyileştirmelerinin sağlanmasına yönelik destekler;

- Evlerdeki cihazların enerji sarfiyatlarının izlenmesi ve birbirleriyle uyumlulaştırılmış bir biçimde yönetilmesi,
- Kullanıcıların enerji tüketimleri hakkındaki bilinç düzeylerinin yükseltilmesi,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla istifade edilmesi,
- Binalarla enerji şebekeleri arasındaki etkileşimin artırılması,
- Bina enerji izleme ve yönetim sistemlerinin geliştirilmesi,
- Enerji elektroniği,
- Binalardaki enerji talebinin tahmin edilmesi,

[84] EC, 2008b: 17.
[85] EC, 2012b.
[86] EC, 2008a: 16.

- Kamu binalarındaki ve spor tesislerindeki enerji verimliliğinin artırılması gibi konulardaki Ar-Ge projelerine verilmiştir[87].

ICT PSP Programı bünyesinde ise,

- Kamu binalarındaki ve yolların aydınlatılmasındaki enerji verimliliğinin merkezi olarak izlenmesi, yönetilmesi ve iyileştirilmesi,
- Hastanelerdeki potansiyel enerji tasarrufu imkânlarına yönelik karar destek sistemleri oluşturulması,
- Enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- Binalardaki enerji tüketiminin anlık olarak izlenmesi,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme dâhil edilmesi,
- Binalarda gereksiz enerji tüketiminin önlenmesi konusunda insan davranışlarının yönlendirilmesi,
- Sosyal konutlardaki ve okullardaki enerji verimliliğinin artırılması gibi alanlarda hayata geçirilen çeşitli pilot projeler desteklenmektedir[88].

Bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak enerji verimliliği iyileştirmelerinin sağlanması konusunda AB'nin üzerinde önemle durduğu bir başka alan akıllı elektrik şebekeleridir. Enerji şebekelerinin etkin bir şekilde kontrolünde ve yönetiminde bilgi ve iletişim teknolojilerine temel bir rol atfeden AB, akıllı şebekelerin düşük karbon ekonomisine geçişteki önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, üye ülkelerde akıllı şebeke uygulamalarının yaygınlaştırılması, bunlara ilişkin ortak standartların belirlenmesi ve farklı ülkelerdeki şebekelerin birbirleriyle entegre edilmesi öncelikli konular durumundadır[89]. Bu doğrultuda Yedinci Çerçeve Programı kapsamında;

- Enerji hatları üzerindeki iletişim uygulamalarının geliştirilmesi,
- Sistemdeki arz ve talebin durumuna göre enerji fiyatlarının anlık olarak belirlenmesi,
- Yeni nesil enerji dağıtımı yönetim sistemleri,

[87] EC, 2012d.
[88] EC, 2012d.
[89] EC, 2012f.

- Entegre izleme, işletme, kontrol ve kaynak yönetimi sistemleri,
- Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin mevcut elektrik şebekelerine entegre edilmesi,
- Elektrik şebekesi üzerindeki çeşitli cihaz ve sistemlerin birbirleriyle uyumlu bir biçimde yönetilmesi,
- Akıllı binalarla akıllı elektrik şebekelerinin entegrasyonunun sağlanması,
- Akıllı sayaçlar,
- Akıllı enerji yönetim sistemleri gibi konularda yeni teknolojiler geliştirmeye yönelik projeler desteklenmektedir[90].

Ayrıca, ICT PSP Programı'nın tematik ağ[91] isimli destekleme enstrümanı vasıtasıyla,

- Küçük üreticilerin elektrik üretip şebekeye satabilme imkânlarının genişletilmesi,
- Yerel elektrik şebekelerindeki etkinliğin artırılması,
- Akıllı şebekelerin izlenmesi ve yönetimi,
- Elektrik talep yönetimi sistemlerinin akıllı şebekelerle entegrasyonu,
- Akıllı şebekelere ilişkin iş modellerinin geliştirilmesi,
- Akıllı şebekelerin çevreye daha duyarlı hale getirilmesi,
- Akıllı şebekeler alanındaki en iyi uygulama örneklerinin desteklenmesi ve yaygınlaştırılması gibi konularda enerji ve bilgi ve iletişim teknolojileri sektöründen katılımcıların bir araya gelerek politika ve uygulama önerileri geliştirilmesi teşvik edilmektedir[92].

Almanya

Yeşil bilişim alanında en ileri durumda olan AB ülkelerinden biri Almanya'dır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanarak ekonominin genelindeki enerji verimliliğini iyileştirmek, enerji verimliliğine yönelik yeni

[90] EC, 2012e.
[91] Belirli bir konuyla ilgili paydaşların somut politika ve uygulama önerileri ortaya koymak üzere toplantı ve faaliyetler gerçekleştirdiği birliktelik.
[92] EC, 2012e.

teknoloji ve uygulamalar geliştirerek ihracat kapasitesini artırmak, yeşil bilişimde dünya lideri olmak gibi hedefleri benimsemiş durumda olan Almanya bu konuda önemli adımlar atmaktadır. Almanya'da bu doğrultudaki çalışmalar hem bilgi ve iletişim teknolojileri hem de enerji alanlarına ilişkin politikaların belirlenmesinden ve uygulanmasından sorumlu olan Ekonomi ve Teknoloji Bakanlığı liderliğinde yürütülmektedir. Ayrıca, Çevre, Doğayı Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı da bu çalışmalara destek olmaktadır.

2008 yılında hazırlanan "Yeşil Bilişim Öncüsü Almanya" (Germany: Green IT Pioneer) Eylem Planı Almanya'nın, bilgi ve iletişim teknolojileri, mühendislik ve çevre teknolojileri alanlarındaki yetkinliklerinden yararlanarak yeşil bilişim konusunda önemli ilerlemeler kaydetmesini; dünya genelinde öncü bir rol oynamasını ve böylece ekonomik durumunu güçlendirmesini hedeflemektedir. Bu kapsamda; kamu kesimi, özel sektör ve bilimsel kurumların işbirliğiyle çeşitli sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmaya yönelik bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerinin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yapılması öngörülmektedir. Bu çalışmalara merkezi yönetim bütçesinden 400 milyon Avro kaynak ayrılması ve önceliğin enerji tasarrufu sağlanması bakımından yüksek potansiyel barındıran ya da kolay uygulama imkânı sunan alanlara verilmesi planlanmaktadır. Bu doğrultuda enerji, ulaştırma, binalar ve sanayi sektörlerinde enerji verimliliğini artırmaya yönelik proje ve programlar başlatılmıştır. Bu çerçevede; akıllı elektrik şebekeleri, elektrikli araçlar, gelişmiş batarya sistemleri, elektronik ödeme sistemleri, enerji tasarruflu bina çözümleri, otomotiv sektöründe kaynak etkinliği, çevre dostu süreç optimizasyon yazılımları gibi konulara odaklanılmıştır[93].

Söz konusu Eylem Planı ile uyumlu olarak yürütülen "e-Enerji: Geleceğin Bilgi ve İletişim Teknolojileri Tabanlı Enerji Sistemi" (e-Energy: ICT-based Energy System of the Future) Projesi ile akıllı elektrik şebekelerinin yaygınlaştırılmasıyla ortaya çıkacak potansiyel enerji verimliliği iyilileştirmelerinin, yeni istihdam olanaklarının ve ekonomik fırsatların ortaya konması hedeflenmektedir. Bu

[93] BMWi, 2008a: 1-2.

doğrultuda, belirli bölgelerde pilot uygulamalar gerçekleştirmek üzere özel firmalara ait 6 proje belirlenmiş ve bunlara toplam 60 milyon Avro devlet desteği sağlanmıştır. Bu projeler kapsamında, hem akıllı şebekeler alanında yeni teknolojilerin geliştirilip test edilmesine hem de ekonomik, teknik ve yasal açıdan uygulanabilir akıllı şebeke sistemlerinin oluşturulmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir. e-Enerji Projesi bünyesinde ayrıca akıllı şebekeler alanında yeterli bilgi birikimi ve uzmanlığa sahip insan kaynağının yetiştirilmesine yönelik faaliyetler de gerçekleştirilmektedir[94].

2010 yılında yayımlanan, Almanya'nın bilgi ve iletişim teknolojileri alanındaki politika çerçevesinin çizildiği ve 2015 yılına kadar geçerli olacak önceliklerinin belirlendiği "Almanya Bilgi ve İletişim Teknolojileri Stratejisi"nde (ICT Strategy of the German Federal Government: Digital Germany 2015) yeşil bilişim konusuna önemli bir yer ayrılmıştır. Söz konusu Strateji'nin temel amaçları arasında bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak ekonominin tüm katmanlarındaki rekabetçiliğin güçlendirilmesi; enerji, ulaştırma gibi geleneksel sektörlerde hayata geçirilecek akıllı uygulamalarla yeni fırsatların yakalanması; bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde çevre kirliliği ve sürdürülebilir büyüme ile ilgili sorunlara çözümler geliştirilmesi gibi öncelikler bulunmaktadır. Bu kapsamda,

- Yeşil bilişim ürünlerine yönelik yatırımların artırılması ve bu ürünlerin ihracat potansiyelinin geliştirilmesi,
- Elektrik şebekeleri ve ulaştırma gibi alanlarda bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı altyapıların kurulması ve bunlarla ilgili akıllı uygulamaların hayata geçirilmesi,
- Enerji tasarruflu sistem çözümleri için modern enerji elektroniği ürünlerinin geliştirilmesi,
- Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü ile diğer sektörler arasındaki işbirliğinin geliştirilmesi,
- Yenilikçi enerji yönetim araçlarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gibi konularda çalışmalar yapılması öngörülmektedir[95].

[94] BMWi, 2008b: 5-7.
[95] BMWi, 2010: 3, 7, 9, 22, 28.

İngiltere

Avrupa Birliği'nin önde gelen ülkelerinden olan İngiltere'de de yeşil bilişim alanında çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde kamuda elde edilebilecek enerji verimliliği artışları İngiltere'nin özel önem verdiği bir konudur. 2011 yılında hazırlanan "Kamu Yeşil Bilişim Stratejisi" (Greening Government: ICT Strategy) ile bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak kamu sektörünün enerji verimliliği ve maliyet açısından etkinliğinin artırılması, çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması ve daha sürdürülebilir çalışma biçimlerinin benimsenmesi amaçlanmaktadır[96]. Koordinasyonu Kabine İşleri Bakanlığı bünyesinde oluşturulan Yeşil Bilişim Birimi tarafından sağlanan söz konusu Strateji sayesinde bir yılda yaklaşık 1,262 milyon Sterlin tasarruf sağlandığı ve karbondioksit emisyonlarında yaklaşık 232.000 tonluk bir düşüş gerçekleştirildiği hesaplanmıştır[97]. Bunun yanında, İngiltere'de Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı ve Ulaştırma Bakanlığı da görev alanlarına giren konularda bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılarak enerji verimliliği ve etkinlik açısından bir takım iyileştirmeler gerçekleştirilmesine yönelik politikaları hayata geçirmektedir.

İngiltere'de akıllı ulaşım sistemlerine ilişkin çalışmalar AB'nin öncelikleri ve politikaları ile uyumlu bir biçimde yürütülmektedir. Bu kapsamda hem ülke genelini kapsayan hem de yerel düzeyde çeşitli akıllı ulaşım sistemi uygulamaları hayata geçirilmektedir. Bu çalışmalarda gözetilen öncelikler şunlardır: yol, trafik ve yolculuk bilgisinin optimal kullanımı; trafik ve kargo yönetimini sistemlerinin sürekliliği; akıllı ulaşım sistemleri güvenlik uygulamaları; taşıtlarla ulaşım altyapısının entegre edilmesi[98].

Enerji ve İklim Değişikliği Bakanlığı, enerji sistemlerinin dengeli ve esnek bir biçimde çalışabilmesine olanak tanımak ve çevreye verilen zararların azaltılmasına katkı sağlamak amacıyla akıllı elektrik şebekelerinin ülke genelinde yaygınlaştırılmasını hedeflemektedir. Bu çerçevede, bilgi ve iletişim teknolojilerinin elektrik şebekelerine aşama aşama entegre edilmesiyle gerçek zamanlı bilginin daha

[96] UK CO, 2011:2.
[97] UK CO, 2012:5.
[98] UK DfT, 2011:1.

dinamik bir biçimde paylaşılması ve kullanıcılar ile tedarikçiler arasında daha fazla etkileşim olmasına yönelik politikalar geliştirilmektedir. Bu doğrultuda Bakanlık 8 adet akıllı elektrik şebekesi pilot projesine toplam 2,8 milyon Sterlin kaynak sağlamıştır[99].

İsveç

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımında ve üretiminde dünyanın ileri ülkeleri arasında yer alan İskandinav ülkelerinden biri olan İsveç, bu teknolojilerden yararlanılarak enerji verimliliğinin artırılması konusuna önem vermektedir. İsveç'te bu alandaki çalışmalara hem bilgi ve iletişim teknolojileri hem de enerji alanlarından sorumlu olan Girişim, Enerji ve İletişim Bakanlığı liderlik etmekte; Çevre Bakanlığı, Enerji Ajansı ve Çevre Koruma Ajansı da görev alanlarına giren konularda katkı sağlamaktadır.

2011 yılında yayımlanan "İsveç için Sayısal Gündem" (A Digital Agenda for Sweden) belgesindeki dört stratejik alandan biri olan "Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sosyal kalkınmadaki rolü" başlığı altında bu teknolojilerin çevreye katkısı ele alınmaktadır. Bu kapsamda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin cisimsizleştirme, akıllı ulaşım sistemleri, enerji karar destek sistemleri, akıllı elektrik şebekeleri, akıllı binalar, akıllı üretim sistemleri gibi vasıtalarla İsveç'in enerji verimliliği ve çevre alanlarındaki hedeflerine ulaşmada oynayabileceği kritik rol vurgulanmaktadır[100].

Girişim, Enerji ve İletişim Bakanlığı tarafından yayımlanan "Daha çevreci yönetim için bilgi ve iletişim teknolojileri" (ICT for a Greener Administration) belgesi ile yeşil bilişimden faydalanılarak kamu kurumlarının çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak için alınması gereken önlemler ortaya konmakta ve devletin bu konuda öncü rol oynaması hedeflenmektedir. Bu belgede tanımlanan üç öncelikli eylem alanı daha çevre dostu bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerinin tercih edilmesi, bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak kamu kurumlarının

[99] UK DECC, 2013.
[100] SE MEEC, 2011: 51.

faaliyetlerinde enerji verimliliğinin artırılması ve yer değiştirme ihtiyacı yaratmayan toplantı olanaklarının yaygınlaştırılmasıdır[101].

İsveç Enerji Ajansı bilgi ve iletişim teknolojilerinden istifade edilerek binalardaki enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda, akıllı bina sistemleri ile ilgili bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmekte, enerji simülasyonu çalışmaları ile enerji verimliliği tedbirlerinin potansiyel faydaları ortaya konmaktadır[102].

İsveç Ulaştırma Kurumu tarafından hazırlanan Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi ve Eylem Planı ile akıllı ulaşım sistemlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ve böylece sürdürülebilir ve güvenilir bir ulaşım sisteminin kurulması; bireyler, şirketler ve toplum için kolaylıklar getirilmesi; birden fazla ulaştırma modu ile kapıdan kapıya ulaşımın mümkün kılınması; İsveç sanayinin rekabetçiliğinin artırılması ve yeni iş imkânlarının yaratılması hedeflenmiştir. Söz konusu Strateji ve Eylem Planının hayata geçirilmesi amacıyla Akıllı Ulaşım Sistemleri Konseyi kurulmuştur[103].

2011 yılında çıkarılan bir yasa ile İsveç'in akıllı elektrik şebekelerinden istifade etmesi gerekliliği ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, 2012 yılı bütçesinde akıllı elektrik şebekeleri ile ilgili koordinasyon, işbirliği ve bilinçlendirme faaliyetleri için yaklaşık 1 milyon Avro'luk kaynak ayrılmıştır[104]. Bunun yanında, İsveç Enerji Ajansı akıllı elektrik şebekeleri alanında çeşitli araştırma projelerine destek sağlamaktadır. Bu kapsamda, Stockholm'ün Norra Djurgårdsstaden bölgesinde akıllı elektrik şebekelerinin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına yönelik olarak iki özel enerji şirketinin işbirliği ile gerçekleştirilen pilot projeye finansal destek sağlanmıştır. İsveç ayrıca, akıllı sayaçların yaygınlaştırılması konusunda oldukça ileri durumdadır. Yaklaşık 1-1,5 milyar Avro'luk bir yatırımla İsveç'teki tüm elektrik sayaçları akıllı sayaçlarla değiştirilmiştir[105].

---

[101] SE MEEC, 2010b:4.
[102] SE MEEC, 2010a:14,15.
[103] SRA, 2010:5,6.
[104] SE MEEC, 2011: 52.
[105] SE MEEC, 2010a:18.

Polonya

Yukarıda bahsi geçen diğer AB ülkeleri kadar ileri bir düzeyde olmamakla birlikte, AB'ye 2004 yılında üye olan Polonya'da da 2000'li yılların başlarından itibaren bilgi ve iletişim teknolojileri alanına verilen önem artmaya başlamıştır. Bu konuda hazırlanan çeşitli strateji ve eylem planlarında e-devlet altyapı ve hizmetlerinin sağlanması, internet altyapısının güçlendirilmesi ve yaygınlaştırılması, bilgi ve iletişim teknolojileri okuryazarlığının geliştirilmesi, elektronik ticaretin desteklenmesi gibi temel önceliklere odaklanılmış; bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanımına ilişkin politika ve uygulamalara yer verilmemiştir. Son olarak, 2008 yılında hazırlanan "Polonya'da Bilgi Toplumu'nun Geliştirilmesi Stratejisi" (The Strategy for the Development of the Information Society in Poland until 2013)'nde ise bilgi ve iletişim teknolojilerinden enerji ve çevre ile ilgili problemlerin çözümünde yararlanılmasına dair hedefler bulunmaktadır. Söz konusu Strateji'nin hayata geçirilmesiyle ortaya çıkması beklenen faydalar arasında elektrik enerjisi tasarrufunun sağlanması ve çevreye olan duyarlılığın artırılması da yer almaktadır. Bu doğrultuda, enerji sektöründe kaynak tasarrufu sağlayacak yeni teknolojilerin ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi ve böylece ekonominin etkinliğinin ve rekabetçiliğinin artırılması Strateji'de vurgulanan konulardan biri durumundadır[106].

AB üyeliğinin getirdiği gereksinimler ve yeni finansman olanaklarının da etkisiyle son yıllarda Polonya'da bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı akıllı teknoloji ve uygulamalara yönelik yatırım ve projelere verilen önem artmaktadır. Bu doğrultuda, akıllı ulaşım sistemleri alanında çalışmalar yürütmek üzere ITS Polska kurulmuştur. Kamu kurumları, özel sektör ve üniversitelerden uzmanların ve karar vericilerin işbirliğini sağlamaya yönelik bir platform olan ITS Polska, Polonya'da akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına ve böylece ulaşımda güvenlik, etkinlik ve çevreye duyarlılığın artırılmasına yönelik faaliyetler gerçekleştirmektedir[107]. Öte yandan, elektrik şebekelerinde de bilgi ve iletişim

[106] PL MSW, 2008: 11, 21.
[107] ITS Polska, 2012.

teknolojilerinin getirdiği avantajlardan daha fazla yararlanmaya yönelik tasarılar geliştirilmeye başlanmıştır. Polonya'nın kamu elektrik şirketi olan Energa, 2015 yılına kadar akıllı şebeke teknolojilerine yaklaşık 2,2 milyar ABD Doları yatırım yapmayı planlamaktadır[108].

Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalar vasıtasıyla diğer sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmaya yönelik çalışmaların henüz başlangıç aşamasında olduğu Polonya'da bu alandaki en önemli ilerleme AB destek programları çerçevesinde yürütülen çeşitli projeler sayesinde sağlanmaktadır. Polonya'dan çeşitli kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları AB'nin Yedinci Çerçeve, ICT PSP ve IEE Programları kapsamında, akıllı üretim sistemleri, akıllı bina sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı elektrik şebekeleri gibi konularda gerçekleştirilen Ar-Ge ve yaygınlaştırma projelerine katılım sağlamaktadır.

3.3. Amerika Birleşik Devletleri

Bilgi ve iletişim teknolojileri alanında dünyanın en ileri ülkelerinden biri konumunda olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde, bu teknolojilerden yararlanılarak çeşitli sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmak amacıyla pek çok çalışma yürütülmektedir. Enerji Bakanlığı bünyesinde faaliyet gösteren ve özellikle binalar, ulaştırma, sanayi, elektrik şebekeleri gibi alanlarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik Ar-Ge ve yaygınlaştırma projelerini destekleyen Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi bu konuda öncü bir rol oynamaktadır. Bunun yanında, Ulaştırma Bakanlığı ve Çevre Koruma Ajansı ile diğer alt birimler de sorumlu oldukları alanlarda enerji verimliliği, etkinlik, çevreye duyarlılık gibi konularda iyileştirmeler sağlanmasında bilgi ve iletişim teknolojilerinin bir araç olarak kullanılması anlayışını benimsemiş durumdadır.

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi bünyesinde kurulan İleri Üretim Ofisi, sanayi sektöründe enerji verimliliğini ve etkinliği artırmaya yönelik yenilikçi üretim teknolojileri konusundaki projelere kaynak sağlamakta ve bu alanda araştırma, teknik destek, eğitim, toplantı gibi çalışmalar yürütmektedir. İleri Üretim

[108] TELECOM ENGINE, 2012.

Ofisi, özellikle kimya, orman ürünleri, cam, madencilik, petrol arıtımı, metal gibi yoğun enerji sarfiyatının olduğu endüstrilerde enerji tüketimini ve karbondioksit emisyonlarını düşürmeye yönelik Ar-Ge projelerine kamu-özel işbirlikleri vasıtasıyla finansal ve teknik destek sağlamaktadır. Bu kapsamda, 1990-2010 yılları arasında 251 adet patent alınmış, 229 yeni teknoloji ticarileştirilmiş ve yaklaşık 33.000 adet üretim tesisinde akıllı üretim sistemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür. 1.000 tanesi büyük 2.300 tanesi küçük ve orta boy olmak üzere toplam 3.300 üretim tesisinde yapılan değerlendirmeler neticesinde akıllı üretim sistemleri sayesinde yıllık 1,6 milyar ABD Doları tasarruf sağlandığı hesaplanmıştır. İleri Üretim Ofisi'nin odaklandığı, tepkime, ayrıştırma, yüksek sıcaklıkta işleme gibi üretim süreçlerinde enerji tasarrufu sağlanması; fabrikaların buhar kazanı, fırın gibi yüksek ısılı kısımlarındaki enerji kayıplarının asgari düzeye çekilmesi; üretim sürecindeki gereksiz işlemlerin ve malzeme kullanımının ortadan kaldırılması; daha uzun ömürlü ve fonksiyonel malzemelerin tasarlanması gibi konuların tamamında bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalardan önemli ölçüde istifade edilmektedir. Ayrıca, geliştirilen yeni teknolojilerin ve ortaya çıkan en iyi uygulama örneklerinin yaygınlaştırılması amacıyla İleri Üretim Ofisi bünyesinde oluşturulan Enerji Kaynakları Merkezi sayesinde üreticiler enerji performanslarını optimize etmeye yönelik teknoloji, uygulama ve standartlar hakkında bilgi sahibi olabilmekte ve bunları kendi fabrikalarına adapte edebilmektedir[109].

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ulaştırma ağının geneline entegre edilmesi ve akıllı ulaşım sistemlerinin ülke çapında yaygınlaştırılması amacıyla ABD Ulaştırma Bakanlığı tarafından Akıllı Ulaşım Sistemi Programı yürütülmektedir. Bu Program kapsamında hazırlanan Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejik Araştırma Planı (2010-2014) araçlar, ulaştırma altyapısı ve yolculara ait taşınabilir iletişim cihazları arasındaki iletişimin temin edilmesi ve böylece bilgi akışının, etkileşimin ve bütünlüğün geliştirilmesi ile ulaştırma sistemindeki güvenlik, hareket kabiliyeti ve verimliliğin artırılmasını hedef olarak belirlemiştir. Yıllık yaklaşık 100 milyon ABD Doları tutarında kaynağın dağıtıldığı Akıllı Ulaşım Sistemi Programı çerçevesinde akıllı araçlar, akıllı ulaşım altyapıları ve bu ikisi arasındaki entegrasyonun

[109] US AMO, 2012.

sağlanmasına yönelik araştırma faaliyetleri desteklenmektedir. Program bünyesinde yürütülen projelerin odaklandıkları alanlar şunlardır:

- Araçlar arası ve araçlarla trafik altyapısı arası iletişim,
- Gerçek zamanlı trafik verisinin toplanması ve yönetimi,
- Farklı ulaşım modlarının entegrasyonu,
- Hava durumuna ilişkin anlık bilgilerin oluşturulması ve dağıtılması,
- Ulaştırma sistemlerinin çevresel etkilerinin ölçülmesi,
- Araç-sürücü etkileşimi,
- Trafik yönetim sistemleri,
- Elektronik ödeme sistemleri,
- Liman yönetim sistemleri,
- Kent içi ulaşımdaki sıkışıklığın önlenmesine yönelik sistemler,
- Kavşak çarpışma önleme sistemleri,
- Araç güvenlik sistemleri,
- Elektronik navlun yönetim sistemleri,
- Acil durum ulaştırma yönetim sistemleri[110].

Ulaştırma Bakanlığı'nın akıllı ulaşım sistemleri ile ilgili çalışmalarının yanında, Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi de karayolları üzerindeki ulaştırma faaliyetlerinin daha az enerji tüketilerek ve daha etkin ve çevre dostu bir biçimde yürütülmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi, tanıtılması ve yaygınlaştırılması amacıyla Araç Teknolojileri Programı'nı yürütmektedir. Bu kapsamda çoğunlukla kamu-özel işbirliğiyle hayata geçirilen projeler temel olarak motorlu taşıtların daha enerji tasarruflu hale getirilmesi ve akaryakıt haricindeki enerji kaynaklarıyla da çalışabilen araçların geliştirilmesi konularına odaklanmaktadır[111]. Bunların yanında, Çevre Koruma Ajansı tarafından 2004 yılında başlatılan "Akıllı Yol" (SmartWay) Programı ile ulaştırma sektöründe enerji verimliliğini artırmak ve çevreye verilen zararları azaltmak amacıyla bir dizi faaliyet yürütülmektedir. Bu çerçevede, akıllı ulaşım teknolojileri geliştirmeye yönelik

[110] US RITA, 2012.
[111] US EERE, 2012b.

faaliyetlere teknik ve finansal destek sağlanmakta; ilgili paydaşlar arasında işbirliği tesis edilmekte; araçlar enerji performanslarına göre sınıflandırılarak düşük yakıt sarfiyatına sahip araçların kullanımı özendirilmekte; yakıt tüketimini düşürmeye yönelik standartlar belirlenmekte ve yaygınlaştırılmaktadır. Bu Program sayesinde 2010 yılı itibarıyla yakıt maliyetlerinde 6,1 milyar ABD Doları tutarında tasarruf sağlandığı belirtilmektedir[112].

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi'nin teknolojik uygulamalar sayesinde enerji verimliliğini artırmak için çalışmalar yürüttüğü temel alanlardan biri de binalardır. Bu kapsamda yürütülen Bina Teknolojileri Programı ile uygun maliyetli ve enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi çözümler yardımıyla hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerji verimliliği iyileştirmeleri sağlanması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, üniversite ve özel sektörden paydaşlarla işbirliği içerisinde, başta bilgi ve iletişim teknolojileri olmak üzere enerji verimliliğini artıracak yeni teknolojilere yönelik Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Söz konusu Ar-Ge faaliyetleri, elektrikli ev aletleri; pencere sistemleri; ısı yalıtımı malzemeleri; ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri; ısıtma ve soğutma ekipmanları; aydınlatma sistemleri gibi alanlarda enerji verimliliğini artıracak teknolojiler geliştirmeye odaklanmış durumdadır. Bunun yanında, binalarda enerji verimliliği iyileştirmelerine imkân tanıyacak teknoloji ve uygulamaların kullanımının standart belirleme, zorunluluk getirme, teşvik etme gibi mekanizmalar vasıtasıyla yaygınlaşması sağlanmaktadır. Bina Teknolojileri Programı çerçevesinde yürütülen faaliyetler neticesinde, 2010 yılı itibarıyla ülke genelindeki binalarda 15 milyar ABD Doları tasarruf sağlandığı ve bu tutarın önümüzdeki yıllarda daha da artacağının tahmin edildiği belirtilmektedir[113]. Ayrıca, Enerji Bakanlığı ve Çevre Koruma Ajansı tarafından ortaklaşa yürütülen "Enerji Yıldızı" (Energy Star) Programı özel ve ticari amaçla kullanılan tüm binalarda enerji tasarruflu ürün ve uygulamaların tercih edilmesini temin etmeyi hedeflemektedir[114]. Çevre Koruma Ajansı, "Yeşil Binalar" (Green Buildings) teması altında, binalardaki enerji verimliliğini artırmaya yönelik her türlü teknoloji, araç, uygulama ve malzemenin geliştirilmesi ve

[112] US EPA, 2012c.
[113] US EERE, 2012a.
[114] US EPA, 2012a.

ticarileştirilmesine yönelik çalışmalara finansal destek sağlamakta; bu konuya ilişkin çeşitli bilinçlendirme ve eğitim faaliyetleri yürütmektedir[115].

Akıllı elektrik şebekeleri, ABD'nin özel önem verdiği bir konu durumundadır. 2007 yılında kabul edilen "Enerji Bağımsızlığı ve Güvenliği Yasası" (Energy Independence and Security Act) ve 2009 yılında kabul edilen "ABD Kurtarma ve Yeniden Yatırım Yasası" (American Recovery and Reinvestment Act) akıllı şebekelerin geliştirilmesini ve ülke çapında yaygınlaştırılmasını idari ve finansal olarak desteklemektedir. ABD Kurtarma ve Yeniden Yatırım Yasası çerçevesinde akıllı şebeke yatırımlarına 4,5 milyar ABD Doları kaynak ayrılmıştır. Bu kapsamda, farklı eyalet ve şehirlerde akıllı elektrik şebekeleri altyapılarının kurulmasına yönelik toplam 114 proje Enerji Bakanlığı'nın desteğiyle özel firmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bölgeye ve projeye göre değişmekle birlikte söz konusu projelerin bütçelerinin genellikle yaklaşık yarısına yakın kısmı devlet tarafından karşılanmaktadır. Bu projelerle akıllı sayaçlar, iletişim ağları, veri yönetim sistemleri, ileri ölçme altyapısı, iletim ve dağıtım sistemleri gibi akıllı şebeke uygulamalarının yaygınlaştırılması sağlanmaktadır. Bu sayede azami talep seviyeleri ve toplam enerji tüketimi azaltılmakta; işletim ve bakım maliyetleri düşürülmekte; elektrik şebekesi genelindeki enerji verimliliği, güvenilirlik, güvenlik ve etkinlik önemli ölçüde artırılmaktadır. Bunların yanında Enerji Bakanlığı, akıllı şebekelerle ilgili mevcut teknolojilerin uygulanmasıyla elde edilecek faydaların ortaya konması; akıllı şebekeler alanında çalışacak işgücünün yetiştirilmesi; tüketicilerin akıllı şebekelerin getirdiği yenilikler karşısındaki davranışlarının analiz edilmesi; akıllı şebekelerle ilgili standartların belirlenmesi; akıllı şebekelerde birlikte çalışabilirliğin ve siber güvenliğin temin edilmesine yönelik çeşitli programlar yürütmektedir[116]. Ayrıca, aralarında Enerji Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, Savunma Bakanlığı, Çevre Koruma Ajansı gibi kuruluşların da bulunduğu 11 farklı kamu kurumundan uzmanların bir araya gelmesiyle "Federal Akıllı Şebeke Görev Gücü" (Federal Smart Grid Task Force) oluşturulmuştur. Söz konusu Görev Gücü'nün amacı akıllı elektrik şebekeleriyle ilgili farkındalığın artırılması ve bu alandaki teknoloji, uygulama ve

[115] US EPA, 2012b.
[116] US DOE, 2012b.

hizmetlere ilişkin olarak yürütülen çalışmaların koordinasyonunun ve entegrasyonunun sağlanmasıdır[117].

3.4. Güney Kore

Hem bilgi ve iletişim teknolojileri hem de çevre dostu büyüme konularında ileri bir ülke konumunda olan Güney Kore, 2008 yılı itibarıyla kalkınma vizyonunun odak noktası olarak yeşil büyümeyi belirlemiştir. Bu alanda yapılacak çalışmalara yönelik olarak "Düşük Karbonlu Yeşil Büyüme Çerçeve Yasası" (Framework Act on Low Carbon, Green Growth) kabul edilmiş; "Ulusal Yeşil Büyüme Stratejisi" (National Strategy for Green Growth) ve "Yeşil Büyüme için Beş Yıllık Plan" (Five-Year Plan for Green Growth) hazırlanmıştır. Bu kapsamda, yeşil büyüme konusunda üç temel hedef ve bunların altında da on farklı politika yönelimi oluşturulmuştur:

1) İklim değişikliğiyle mücadele ve enerji bağımsızlığı
- Sera gazı emisyonlarının etkin bir biçimde azaltılması
- Fosil yakıt kullanımının düşürülmesi ve enerji bağımsızlığının güçlendirilmesi
- İklim değişikliğine adapte olmaya yönelik kapasitenin oluşturulması

2) Ekonomik büyüme için yeni lokomotiflerin oluşturulması
- Yeşil teknolojilerin geliştirilmesi
- Mevcut endüstrilerin daha çevre dostu hale getirilmesi, çevre dostu endüstrilerin desteklenmesi
- Sanayi altyapısının güçlendirilmesi
- Yeşil ekonomi için yapısal temelin tesis edilmesi

3) Yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve uluslararası konumun güçlendirilmesi
- Yeşil karayolu ve denizyolu ulaşım altyapısının oluşturulması
- Yeşil büyüme ile ilgili gelişmelerin günlük hayata taşınması
- Yeşil büyüme konusunda uluslararası rol model haline gelinmesi

Güney Kore yukarıda sayılan politikaların hayata geçirilebilmesi amacıyla 2009-2013 dönemi için, büyük çoğunluğu çevre dostu altyapı yatırımlarına ve

[117] US DOE, 2012a.

belirlenen temel teknoloji alanlarındaki Ar-Ge projelerine harcanmak üzere, 83,6 milyar ABD Doları tutarında kaynak ayırmıştır. Bunun karşılığında yaklaşık 140-160 milyar ABD Doları değerinde üretim artışı sağlanması ve 1,2-1,5 milyon yeni iş imkânı yaratılması hedeflenmektedir[118].

Bilgi ve iletişim teknolojileri, Güney Kore'nin yeşil büyüme ile ilgili strateji ve hedeflerinde önemli bir yere sahiptir. Yukarıda bahsi geçen çevre dostu altyapı yatırımlarının önemli bir kısmının akıllı ulaşım sistemleri ve akıllı şebekelere yönelik olması planlanmaktadır. Bunun yanında, belirlenen öncelikli temel alanlar arasında enerji izleme sistemleri, fabrika iyileştirme teknolojileri, çevre dostu araçlar, akıllı ulaşım altyapıları, çevre dostu binalar, çevre dostu üretim teknolojileri, bilgi ve iletişim teknolojileri destekli makineler gibi teknolojiler bulunmaktadır[119].

Güney Kore'de, yeşil büyüme ile ilgili strateji, politika ve uygulamalarla uyumlu bir şekilde, bilgi ve iletişim teknolojileri alanına özgü önemli çalışmalar da gerçekleştirilmektedir. Bu çerçevede, çeşitli kamu kurumları faaliyet alanlarına giren yeşil bilişim konuları ile ilgili faaliyetler yürütmektedir. Bilgi Ekonomisi Bakanlığı bilgi ve iletişim teknolojileri sektörüne, Kamu Yönetimi ve Güvenliği Bakanlığı kamu yönetimine, İletişim Komisyonu haberleşme ve ulaştırma sektörlerine yönelik yeşil bilişim strateji ve planları hazırlamıştır. Bu çalışmaların birbirleriyle koordineli bir biçimde gerçekleştirilmesi ve bunlardan istenilen etkilerin elde edilebilmesi amacıyla detayları Şekil 3.1'de görülen "Ulusal Yeşil Bilişim Stratejisi" (National Green IT Strategy) oluşturulmuştur[120].

[118] UNEP, 2010: 16-17.
[119] UNEP, 2010: 37.
[120] KISDI, 2011: 371-372.

Şekil 3.1. Güney Kore Ulusal Yeşil Bilişim Stratejisi

Kaynak: KISDI, 2011: 372.

Ulusal Yeşil Bilişim Stratejisi'ne göre bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak sanayi, binalar, ulaştırma, elektrik şebekeleri gibi alanlarda enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanan ve çevreye daha az zarar veren yapıların oluşturulması hedeflenmektedir. Ayrıca, internet ağının güçlendirilmesiyle birlikte, bu alanlarda oluşturulacak akıllı altyapı ve uygulamaların daha etkin bir şekilde çalışabilmesi beklenmektedir.

Akıllı şebekeler sayesinde ulusal elektrik tüketimini yüzde 6 oranında düşürmeyi hedefleyen Güney Kore, akıllı elektrik şebekelerinin ülke genelinde yaygınlaştırılmasını sağlamak ve bu alanda yürütülen çalışmaları koordine etmek ve desteklemek amacıyla Akıllı Şebeke Enstitüsü'nü kurmuştur. Söz konusu Enstitü, hem ülke içerisindeki enerji hizmetlerini iyileştirmek hem de katma değerli yenilikçi ürünler geliştirerek ihracat potansiyelini artırmak amacıyla akıllı şebekeler alanında 10 temel proje yürütmektedir. Bu projelerin odaklandıkları konular genel olarak şöyledir:

- Ulusal enerji yönetim sistemi,
- Akıllı enerji iletim ve dağıtım sistemleri,
- Enerji santralleri yönetim ve işletim sistemleri,
- Mikro şebekeler[121].

Ayrıca, Akıllı Şebeke Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmekte olan başka bir proje kapsamında Jeju Adası'nda kurulan test ortamında akıllı şebeke teknoloji ve uygulamalarının geliştirilmesine yönelik pilot çalışmalar yürütülmektedir. 2009-2013 yıllarını kapsayan, 168 firmanın dâhil olduğu ve 50 milyonu devlet tarafından 150 milyonu özel sektör tarafından karşılanmak üzere, toplam 200 milyon ABD Doları bütçeye sahip olan projenin nihai amacı elde edilen akıllı şebeke teknoloji ve uygulamalarının ticarileştirilerek ihraç edilebilir duruma getirilmesidir[122].

Güney Kore akıllı ulaşım sistemleri alanında dünyadaki lider ülkelerden biri konumundadır. 1990'lı yılların sonlarında başlayan akıllı ulaşım sistemleri çalışmaları çeşitli planlar çerçevesinde ve İmar ve Ulaştırma Bakanlığı liderliğinde yürütülmektedir. Son olarak 2000 yılında hazırlanan "Akıllı Ulaşım Sistemleri Ana Planı" (ITS Master Plan) ile akıllı ulaşım sistemleri alanında 7 öncelik belirlenmiştir. Bu öncelikler şunlardır:

- Gelişmiş araç ve karayolu,
- Gelişmiş yolcu bilgisi,
- Gelişmiş toplu taşıma,
- Ticari araç operasyonları,
- Gelişmiş trafik bilgisi,
- Elektronik ödeme,
- Gelişmiş trafik yönetimi[123].

Söz konusu Plan kapsamında 2020 yılına kadar olan dönemde merkezi yönetim, yerel yönetimler ve özel sektörün katkısıyla toplam yaklaşık 6,7 milyar ABD Doları tutarında akıllı ulaşım sistemi yatırımı yapılması öngörülmektedir. Bu

[121] KSGI, 2012a.
[122] KSGI, 2012b.
[123] Ezell, 2010: 24-25.

yatırımlar belirli şehirlerdeki pilot uygulamalar, diğer şehirlere yaygınlaştırma ve farklı şehirlerdeki akıllı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu şeklinde kademeli olarak ilerleyen üç aşamada gerçekleştirilmektedir. Çeşitli şehirlerde yapılan pilot uygulamalar neticesinde yolculuk hızında ortalama yüzde 20'lik artış ve trafik sıkışıklıklarından kaynaklanan zaman kayıplarında ortalama yüzde 39'luk düşüş olduğu tespit edilmiştir. Toplam 29 şehirde akıllı ulaşım sistemleri kurulumu gerçekleştiren Güney Kore bu suretle önemli ekonomik faydalar elde etmektedir. Trafik yönetim sistemi, elektronik ödeme sistemi ve gerçek zamanlı trafik bilgi sistemi gibi uygulamalar sayesinde, ortalama yolculuk süresi, kaza miktarı, çevreye verilen zararlar ve işletme maliyetlerinde ortaya çıkan önemli düşüşler dolayısıyla, yıllık toplam 1,5 milyar ABD Doları tutarında tasarruf sağlandığı tahmin edilmektedir[124].

3.5. Malezya

Bilgi ve iletişim teknolojileri sektörünün ekonomi içerisinde kayda değer bir yer tuttuğu Malezya'da, çevre dostu teknolojilere ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanmasında önemli bir rol atfedilmektedir. Başbakanlık Ekonomik Planlama Birimi tarafından hazırlanan kalkınma planlarından biri olan ve 2011-2015 dönemini kapsayan Onuncu Malezya Planı, çevre dostu teknolojiler ve enerji verimliliği konularının üzerinde önemle durmakta, bu alanlardaki genel hedefleri belirlemekte ve yürütülecek çalışmalara yön vermektedir. Bu bağlamda, düşük karbon ekonomisine geçiş ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması amacı çerçevesinde, bu konulara ilgili olarak ortaya konan öncelikler şunlardır:

- Çevre dostu teknoloji yatırımlarının finansal teşvik ve destek mekanizmaları ile özendirilmesi,
- Gerek bireysel kullanıcıların gerekse sanayi ve hizmetler sektöründe faaliyet gösteren firmaların enerjiyi daha verimli bir biçimde kullanmasına yönelik teknoloji ve uygulamaların geliştirilmesi,
- Enerji verimliliğini artırmaya yönelik teknolojiler üzerinde çalışan firmalardan oluşan kümelenmelerin kurulması,

[124] Ezell, 2010: 17, 24-25.

- Çevreye duyarlı teknoloji ve uygulamalara ilişkin farkındalığın, becerilerin, finansman sağlama imkânlarının, altyapının, araştırma faaliyetlerinin ve piyasa koşullarının geliştirilmesi[125].

Malezya'da çevre dostu teknolojilere yönelik politikalar Enerji, Yeşil Teknoloji ve Su Bakanlığı tarafından uygulanmaktadır. Söz konusu Bakanlık koordinasyonunda yürütülmekte olan "Ulusal Yeşil Teknoloji Politikası" (National Green Technology Policy) yeni teknolojiler sayesinde enerji verimliliğinin artırılması, çevreye verilen zararların azaltılması, ekonomik büyümenin desteklenmesi ve yaşam standartlarının yükseltilmesi şeklinde dört temel unsur etrafında şekillendirilmiştir. Ulusal Yeşil Teknoloji Politikası'nın etkin bir biçimde hayata geçirilebilmesi amacıyla Başbakan başkanlığında oluşturulan Ulusal Yeşil Teknoloji ve İklim Değişikliği Konseyi, ilgili kamu kurumları, özel sektör ve diğer paydaşlar arasında yüksek düzeyde koordinasyonu sağlamaktadır. Ulusal Yeşil Teknoloji Politikası çerçevesinde; enerji, inşaat, ulaştırma, sanayi, bilgi ve iletişim teknolojileri gibi sektörlerde çevreye duyarlı yenilikçi çözüm ve uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu alanlardaki faaliyetler, yaklaşık 500 milyon ABD Doları bütçeli "Yeşil Teknoloji Finansman Planı" (Green Tecnology Financing Scheme) ile desteklenmektedir[126]. Ayrıca, enerji verimliliğini artırmaya yönelik çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesini ve kullanılmasını teşvik etmek amacıyla çeşitli vergi muafiyetleri ve teşvikler de uygulanmaktadır.

Bunların yanında, kamuya yönelik bilgi ve iletişim teknolojileri politikalarının belirlenmesi ve bunlara ilişkin yatırımların yönlendirilmesinden sorumlu olan Başbakanlık İdari Modernizasyon ve Yönetim Planlama Birimi; bilgi ve iletişim teknolojileri sektöründe faaliyet gösteren firmalara bir takım teknik, idari ve finansal kolaylıklar sağlayan Malezya Ulusal Bilgi ve İletişim Teknolojileri İnisiyatifi; enerji verimliliğine yönelik yeni teknolojilere ilişkin çeşitli araştırma, geliştirme ve yaygınlaştırma faaliyetleri gerçekleştirmek üzere kurulan Malezya

[125] MY EPU, 2010: 26, 113, 170, 299.
[126] MY KeTTHA, 2012.

Yeşil Teknoloji Kurumu Malezya'da yeşil bilişim konusunda yapılan çalışmalara katkı sağlayan diğer kurum ve kuruluşlardır.

Kamu kurumları tarafından belirlenen bu öncelikler ve hedefler doğrultusunda özel sektör kuruluşları da bazı akıllı bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve uygulamalarına ilişin çalışmalar yürütmektedir. Bu kapsamda; giderek artan elektrik talebinin daha etkin ve güvenli bir biçimde karşılanması, elektrik şebekelerindeki işletme maliyetlerinin düşürülmesi ve enerji verimliliğinin artırılması, karbondioksit emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması gibi amaçlarla akıllı şebeke yatırımlarına önem verilmeye başlanmıştır. 2011 yılı itibarıyla 35,2 milyon ABD Doları olan Malezya akıllı şebeke teknolojileri pazar büyüklüğünün 2016 yılında 109 milyon ABD Doları'na ulaşması beklenmektedir. Malezya'nın üç elektrik dağıtım şirketinden en büyüğü olan TNB (Tenaga Nasional Berhad) üç farklı bölgede toplam 5.000 kullanıcıyı kapsayan bir pilot akıllı şebeke projesi gerçekleştirmektedir. 2009 yılının sonunda başlayan ve akıllı elektrik şebekelerinin ülke geneline yaygınlaştırılması öncesi bir hazırlık niteliğinde olan bu pilot projenin 2015 yılı itibarıyla tamamlanması planlanmaktadır[127].

Malezya'da akıllı ulaşım sistemleri alanında da önemli çalışmalar yürütülmektedir. Başkent Kuala Lumpur'u da içine alan bir bölgede 2005 yılında hayata geçirilen "Entegre Ulaştırma Bilgi Sistemi" (Integrated Transport Information System - ITIS) sayesinde trafiğin daha etkin bir biçimde işlemesi sağlanmıştır. ITIS bünyesinde yer alan ileri trafik yönetim sistemi cihaz ve uygulamalarıyla elde edilen güncel ve doğru trafik verileri, sistemin kilit noktası konumunda olan ulaştırma yönetim merkezinde toplanmakta ve işlenmektedir. Burada üretilen bilgiler hem ileri yolcu bilgi sistemi sayesinde yolculara iletilmekte hem de trafik akışının etkin bir biçimde yönetilmesinde kullanılmaktadır. Böylece, ulaşımda yaşanan sıkışıklıklar, yolculuk süreleri, yakıt tüketimi ve çevreye verilen zararlar önemli ölçüde azaltılmış; güvenlik, kalite ve etkinlik artışları sağlanmıştır[128].

---

[127] ZPRYME, 2012: 2-5.
[128] MY ITIS, 2012.

3.6. Bölüm Değerlendirmesi

Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamaları gerek uluslararası ve uluslarüstü örgütlerin gerekse pek çok ülkenin öncelikli gündem maddeleri arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda; akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı şebekeler gibi teknolojilerden azami düzeyde istifade edilebilmesine yönelik strateji, politika ve uygulamalar hayata geçirilmektedir.

Dünya genelindeki örnekler incelendiğinde yeşil bilişim konusunun, bilgi ve iletişim teknolojileri politikalarının önemli bir parçasını teşkil ettiği görülmektedir. Bunun yanında, enerji, çevre, sanayi, ulaştırma, iskân vb. alanlara ilişkin politikalar da yeşil bilişim uygulamaları sayesinde elde edilebilecek faydaları dikkate alarak geliştirilmektedir. Söz konusu politikaların birbirleriyle uyum içerisinde oluşturulup uygulanabilmesi için ilgili kamu kurumları ve diğer paydaşlar arasındaki işbirliği ve koordinasyonu sağlamayı hedefleyen yapılar tesis edilmektedir.

Öte yandan, diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının yaygınlaştırılması amacıyla önemli mali kaynakların ayrılmakta olduğu görülmektedir. Söz konusu kaynaklar belirli öncelik ve hedefler doğrultusunda kamu, özel sektör ya da kamu-özel işbirlikleri marifetiyle gerçekleştirilen projelere aktarılmaktadır. Bu kapsamda, önemli boyutlarda altyapı yatırımı gerektiren akıllı ulaşım sistemi ve akıllı elektrik şebekeleri ile ilgili yaygınlaştırma çalışmalarında kamuya ait mali kaynaklara daha fazla ihtiyaç duyulduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının ülke genelinde yaygınlaştırılmasından önce gerçekleştirilen pilot projeler ile söz konusu yeniliklerin teknik, hukuki, yasal, tüketici davranışları, güvenlik gibi tüm açılardan uygulanabilirliği analiz edilmektedir.

Benzer şekilde, kamu otoriteleri yeşil bilişim ürün ve hizmetlerine yönelik olarak özel sektör tarafından yürütülen Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetlerini gerek finansal gerekse teknik ve idari olarak desteklemekte; bazı durumlarda ise söz konusu faaliyetlere bizzat dâhil olarak öncülük etmektedirler. Bu kapsamdaki başarılı örneklerde, kamu otoritelerinin önemli boyutlardaki destekleme fonlarını etkin

mekanizmalar vasıtasıyla dağıtmanın ötesinde, sahip oldukları uzmanlık kapasitesi sayesinde yaptıkları yönlendirmeler ve oynadıkları öncü rol dikkat çekmektedir.

Diğer taraftan, yeşil bilişim konusunda önemli aşama kaydetmiş ve kendilerine iddialı hedefler koymuş olan ülkeler bu teknolojileri sadece enerji verimliliğinin artırılmasına ve çevreye verilen zararların azaltılmasına yönelik bir araç olarak görmemektedir. Söz konusu ülkeler bunların ötesinde yeşil bilişim ürün ve çözümlerinin üretiminde kazanacakları yetkinlik ve üstünlükler sayesinde ihracat kapasitelerini, istihdam olanaklarını ve ekonomik durumlarını iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda, akıllı uygulamaların yaygınlaştırılmasının yanısıra bu uygulamalara ilişkin teknolojilerin yurtiçinde geliştirilmesine ve bunlara yönelik gerekli bilgi ve becerilere sahip insan kaynağının yetiştirilmesine de büyük önem vermektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla sanayi, ulaştırma, binalar, enerji gibi alanlardaki enerji verimliliğinin artırılması konusunda dünya genelindeki gelişmelerin ve eğilimlerin incelendiği bu bölümün ardından bir sonraki bölümde, Türkiye'deki durum ele alınacaktır.

4. DİĞER SEKTÖRLERDEKİ YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARINA İLİŞKİN TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER

Enerji verimliliğinin artırılması ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaştırılması ülkemizde son yıllarda giderek daha fazla önem verilen iki konu durumundadır. Bu iki alana ilişkin olarak hem politika belirleme hem de uygulama düzeyinde kayda değer çalışmalar yürütülmekle birlikte, söz konusu iki alanın kesiştiği noktada yer alan yeşil bilişim konusunun özel olarak ve gereken önemle ele alındığını söylemek mümkün değildir. Öte yandan, ülkemizde son dönemde hazırlanan bazı üst düzey genel politika belgeleri ve mevzuat ile sektörel bazda hazırlanan diğer politika belgeleri ve yasal düzenlemelerde sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji gibi alanlarda enerji verimliliğinin artırılmasında bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalardan yararlanılmasına yönelik ifadeler yer almakta; bu doğrultuda bir takım çalışmalar yürütülmektedir. Bu bölümde söz konusu strateji, politika ve uygulamalar incelenecektir.

Ülkemizin 2007-2013 dönemine yönelik temel hedeflerinin ortaya konduğu Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda hem enerji verimliliğinin önemi hem de bilgi ve iletişim teknolojilerinin getirdiği avantajlar vurgulanmakta; fakat enerji verimliliğini sağlamak için bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılması konusuna özel olarak değinilmemektedir. Benzer şekilde, Orta Vadeli Program (2013-2015) ve 2013 Yılı Programı'nda da hem bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaştırılması hem de elektrik üretim ve dağıtımı, binalar, ulaştırma ve sanayide enerji verimliliğinin artırılması temel politika hedefleri arasında yer almalarına rağmen bu iki konu arasında doğrudan bir bağlantı kurulmamaktadır.

2006 yılında hazırlanan Bilgi Toplumu Stratejisi (2006-2010) ve eki Eylem Planı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin vatandaşlar, kamu sektörü ve işletmeler açısından yol açtığı dönüşümü analiz etmekte ve söz konusu teknolojilerden en üst düzeyde yararlanılmasına yönelik öncelik, hedef ve uygulamaları ortaya koymaktadır. Bahsi geçen Strateji ve Eylem Planı'nda bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliği sağlanması konusu özel olarak incelenmemiştir. Bu durum büyük oranda bu belgelerin hazırlandığı dönem itibarıyla ülkemizin bilgi ve

iletişim teknolojileri alanındaki düzeyi ile ilişkilidir. Bilgi Toplumu Stratejisi ve eki Eylem Planı'nda, söz konusu dönemin şartlarına uygun olarak, ülkemizde bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının artırılması, e-devlet uygulama ve hizmetlerinin geliştirilmesi ve ülke genelindeki iletişim altyapı ve hizmetlerinin iyileştirilmesi gibi konular ön plana çıkmıştır. Önümüzdeki dönemde hazırlanacak benzer politika belgelerinde ise yeşil bilişim konusunun üzerinde önemle durulması beklenmektedir.

2007 yılında yayımlanan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çeşitli önlemler belirlenmiş; fakat bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalardan yararlanılması bu kapsama doğrudan dâhil edilmemiştir. Diğer taraftan, söz konusu Kanun ile Elektrik İşleri Etüd İdaresi'nin[129] görevleri arasına yeni enerji teknolojilerinden faydalanılması amacıyla faaliyette bulunacağına dair bir ifade eklenmiştir.

2012 yılında kabul edilen Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde enerji verimliliğinin artırılması ile ilgili olarak bir takım hedefler belirlenmekte ve bunlara ulaşılabilmesi için atılacak adımlar ortaya konmaktadır. Söz konusu Strateji Belgesi'nde, enerji alanında bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamaların geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmesi amacıyla idari, kurumsal, teknolojik ve finansal altyapının güçlendirileceği belirtilmektedir. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nde ayrıca, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla çeşitli alanlarda enerji verimliliği artışları sağlanmasına yönelik önlemler yer almakta olup, bunlar aşağıdaki ilgili kısımlarda ele alınmaktadır.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından hazırlanan Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde belirlenen stratejik teknolojiler arasında bilgi ve iletişim teknolojileri ile enerji ve çevre teknolojileri de yer almaktadır. Benzer şekilde, Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016)'nde bilgi ve iletişim teknolojileri ve enerji stratejik önceliğe sahip alanlar arasında sayılmaktadır. Buna paralel olarak, söz konusu iki konu TÜBİTAK tarafından yürütülmekte olan Öncelikli Alanlar

[129] 2011 yılında ismi Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü olarak değiştirilmiştir.

Araştırma, Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı kapsamındaki alanlar arasındadır. Bu Program çerçevesinde enerji verimliliği teknolojileri projelerine özgü çağrılar açılmamakta, fakat yenilenebilir enerji ve enerjinin depolanması gibi konularda desteklenen projeler bu teknolojileri de kapsayabilmektedir.

Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2020) ve İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2020)'nda enerji verimliliğinin artırılmasında ve böylece çevreye verilen olumsuz etkilerin azaltılmasında yeni teknolojilerden yararlanılmasının önemi üzerinde durulmaktadır. Bu bağlamda, hem bu teknolojilerin yaygınlaştırılması hem de bunların yurtiçinde geliştirilmesine yönelik çeşitli önlemler ortaya konmaktadır.

2023 yılı hedef alınarak hazırlanan Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi, Türkiye'de yeşil bilişim kavramına doğrudan yer veren tek üst düzey politika belgesi durumundadır. Söz konusu Strateji'de, mevcut kaynaklardan mümkün olan en üst düzeyde verim elde edilmesinin öneminden hareketle yeşil bilişimin öncelikli teknolojiler arasında yer alması gerektiği belirtilmektedir.

Kamu ve özel sektör kuruluşlarına ait kaynakları kullanarak, firmaların Ar-Ge ve teknolojik yenilik faaliyetlerine finansal destek sağlayan bir kurum olan Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) enerji verimliliği alanına ilişkin özel bir destek programını hayata geçirmiştir. TTGV Enerji Verimliliği Destek Programı ile başta sanayi ve enerji sektörleri olmak üzere enerjinin yoğun olarak kullanıldığı alanlarda yenilikçi ve ileri teknolojiye dayalı uygulamalara yönelik projeler desteklenmektedir. Bu kapsamda, yararlanıcılara 1 milyon ABD Doları'na kadar kaynak bir yılı geri ödemesiz olmak üzere 4 yıllığına ve faizsiz olarak sağlanmaktadır[130]. Ayrıca Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB), 30.000 TL üst limiti bulunan Enerji Verimliliği Desteği ile KOBİ'lerde, enerji verimliliğini artırmaya yönelik yeni teknolojilerin uygulanmasını teşvik etmektedir.

[130] TTGV, 2012.

Ülkemizde, bilgi ve iletişim teknolojileri ile enerji verimliliği ilişkisine dair yukarıda anlatılan genel gelişmelerin yanında, sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarındaki bilgi ve iletişim teknolojileri destekli akıllı ürün ve çözümlere yönelik daha özel strateji, politika ve uygulamalar da bulunmaktadır.

4.1. Akıllı Üretim Sistemlerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar

Türkiye'de, üretim ortamında etkinlik ve enerji verimliliği iyileştirmeleri sağlayan bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması konusunda ortaya konan strateji, politika ve düzenlemeler şunlardır:

1) Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde, üretim süreç ve teknolojileri ile bilgisayar destekli tasarım teknolojileri stratejik alanlar arasında sayılmaktadır. Ayrıca, "sınai üretimde rekabet üstünlüğünün sağlanması" hedefi doğrultusunda belirlenen öncelikli teknolojik faaliyet konuları arasında akıllı üretim sistemlerine ilişkin şu alanlar bulunmaktadır:

- Esnek Üretim ve Esnek Otomasyon Süreç ve Teknolojilerini Geliştirmede Yetkinleşme:
    - İleri alıcı sistemleri ve akıllı makineler gibi teknolojilerin tasarım ve üretiminde beceri kazanmak,
    - Kimya sanayiinde esnek üretim süreçleri geliştirebilmek,
    - Tekstilde her türlü veri ve bilgi akışını elektronik ortamda sağlayabilmek,
    - Tekstil üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknikleri geliştirebilmek,
    - Hem esnek hem de seri üretim için kullanılabilen makine ve teçhizatların tasarım ve üretiminde yetkinlik kazanmak.
- Temiz Üretim Yapabilme Yeteneği Kazanma:
    - Yüksek verimli, temiz üretim süreç, sistem ve teknolojileri geliştirebilmek,
    - Üretim süreçlerinde enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler geliştirebilmek,

- Tekstil terbiyesinde enerji tasarrufu sağlayan çevre-dostu teknolojiler geliştirip kullanabilmek[131].

Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde ayrıca, ortaya konan hedeflere ulaşılabilmesi için Ar-Ge desteklerine ayrılan kaynağın artırılmasının; belirlenen öncelikli alanlara yönelik insan kaynağının geliştirilmesinin ve kamu, özel sektör, üniversiteler ve araştırma kuruluşları arasında işbirliğinin tesis edilmesinin önemi vurgulanmaktadır[132].

2) Bilgi Toplumu Stratejisi (2006-2010)'nde, işletmelere kurumsal kaynak planlaması yazılımlarının ve tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının yaygınlaştırılmasının gerekliliğine dikkat çekilmektedir[133].

3) Bilgi Toplumu Stratejisi eki Eylem Planı'nda yer alan İş Süreçlerinin Elektronik Ortama Entegrasyonu eylemi kapsamında KOBİ'lere kurumsal kaynak planlaması, tedarik zinciri yönetimi, e-imza, donanım altyapısı ve eğitim gibi konularda destek ve krediler sağlanmaktadır[134].

4) Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016)'nin 2012 Yılı Eylem Planı'nda "Sanayicilerin üretim sürecinde verimli enerji teknolojilerinin geliştirilmesinin teşvik edilmesi ve üretim sürecinde yeşil teknoloji kullanım yoğunluğunun artırılması"na yönelik bir eylem bulunmaktadır[135].

5) Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde yer alan "Sanayi ve hizmetler sektörlerinde enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak" stratejik amacı kapsamında üretim ortamında enerji verimliliğini artıracak teknoloji ve uygulamalara ilişkin yürütülecek Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetlerine yönelik desteklerin etkinleştirilmesi öngörülmektedir[136].

6) Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi (2011-2014), işletmelerin verimliliklerinin ve rekabet güçlerinin artırılmasında bilgi ve iletişim teknolojilerini

[131] TÜBİTAK, 2004: 12-13, 17.
[132] TÜBİTAK, 2004: 32.
[133] DPT, 2006c: 11.
[134] DPT, 2010: 91.
[135] TÜBİTAK, 2011: 5.
[136] ETKB, 2012: 10.

önemli bir araç olarak görmekte, ayrıca sanayi sektöründeki enerji verimliliğinin artırılmasının önemine değinmektedir[137]. Fakat akıllı üretim sistemleri vasıtasıyla sanayideki enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik belirgin bir politika ya da öncelik içermemektedir.

7) Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik'te, sanayide kullanılan makinelerin enerji verimliliği yüksek teknolojiler arasından seçilmesi enerji verimliliğini artırıcı önlemler arasında yer almaktadır.

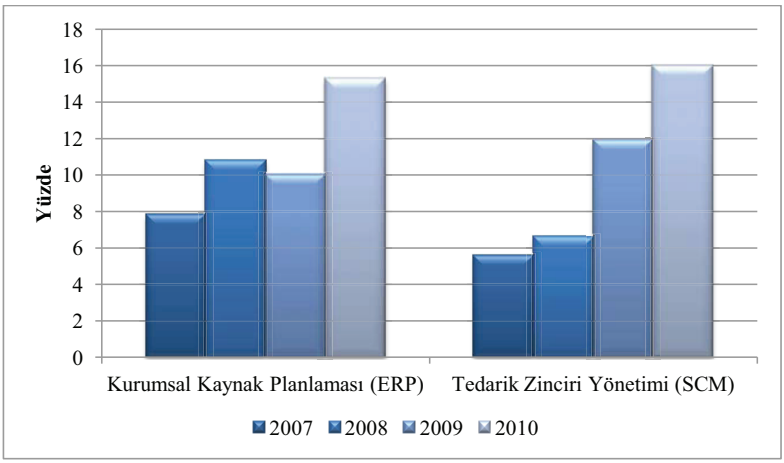
Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak sanayi sektöründe enerji verimliliği artışları sağlanmasına yönelik kamu eliyle yürütülen özel bir uygulama bulunmamaktadır. Bu konudaki çalışmalar, kendi finansal ve operasyonel kararları çerçevesinde firmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Firmalar, üretim süreçlerinin etkinliğini artıracak ve hem enerji tüketimi açısından hem de genel olarak verimlilik iyileştirmeleri sağlayacak bilgi ve iletişim teknolojileri çözüm ve uygulamalarını giderek daha yaygın olarak kullanmaktadır. Bu noktada, gerek üretim süreçlerinin kapsamı ve karmaşıklığı dolayısıyla söz konusu teknolojilerden daha fazla fayda sağlayabilme potansiyelleri gerekse bu teknolojilere yönelik yatırımlara daha çok kaynak ayırabilme olanakları nedeniyle, enerji verimliliği artışlarına yol açan bilgi ve iletişim teknolojileri çözüm ve uygulamalarının büyük sanayi kuruluşlarında yaygınlaşması küçük üreticilere kıyasla daha kolay olmaktadır. Öte yandan, büyük sanayi kuruluşlarında hâlihazırda yaygın olarak kullanılmakta olan bilgisayar destekli tasarım ve üretim uygulamaları, esnek üretim sistemleri ve kurumsal kaynak planlaması ve tedarik zinciri yönetimi yazılımları KOBİ'ler tarafından da daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde, 2011 yılı itibarıyla imalat sanayiindeki firmalarda bilgisayar kullanımı ve internet erişimi oranı sırasıyla yüzde 94,4 ve yüzde 93,3'tür[138]. Bunun yanında, Grafik 4.1'de görüldüğü üzere kurumsal kaynak planlaması ve tedarik zinciri yönetimi yazılımlarını kullanan işletmelerin oranı giderek artmaktadır. Söz

[137] STB, 2010: 59, 108.
[138] TÜİK, 2013.

konusu teknolojilerden azami derecede faydalanılabilmesini temin etmek amacıyla Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmalara yönelik olarak, bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde sağlayabilecekleri enerji verimliliği iyileştirmeleri hakkında çeşitli eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütmektedir.

Grafik 4.1. Türkiye'de Girişimlerde Kurumsal Kaynak Planlaması ve Tedarik Zinciri Yönetimi Yazılımları Kullanımı



Kaynak: DPT, 2011: 65.

4.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar

Akıllı ulaşım sistemleri, ülkemizde son dönemde hazırlanan üst düzey temel politika belgelerinde özel olarak yer bulan bir konu durumundadır. Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda tüm ulaştırma şekillerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden azami düzeyde faydalanılmasına önem ve öncelik verileceği belirtilmektedir[139]. Orta Vadeli Program (2013-2015)'da ulaştırma altyapısının geliştirilmesi hedefi doğrultusunda akıllı ulaşım sistemlerinin karayollarında ve kent içi ulaşımda yaygınlaştırılacağı ifade edilmektedir[140]. 2013 Yılı Programı'na göre, otomatik geçiş, sürücü bilgilendirme ve trafik yönetim sistemleri gibi akıllı ulaşım uygulamaları ülke genelinde yaygınlaştırılacaktır. Bunun yanında söz konusu Program'da, farklı akıllı ulaşım sistemleri arasındaki uyumsuzlukları önlemek ve entegre trafik yönetim

[139] DPT, 2006a: 70.
[140] Kalkınma Bakanlığı, 2012b: 38.

sistemlerinin kurulmasını sağlamak amacıyla Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı sorumluluğunda Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi hazırlanması öngörülmüştür[141].

Ülkemizde akıllı ulaşım sistemlerine ilişkin olarak ortaya konan diğer strateji, politika ve düzenlemeler şöyle özetlenebilir:

1) Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde yer alan yaşam kalitesinin yükseltilmesi hedefi doğrultusunda belirlenen öncelikli teknolojik faaliyet konularından biri "Çağdaş ve güvenli ulaştırma sistemleri geliştirme yeteneği kazanma" şeklinde ifade edilmiştir. Bu kapsamda özellikle şu teknolojilerin geliştirilmesi ve üretilmesi amaçlanmaktadır:

- Raylı taşımada sinyalizasyon ve bilgi sistemleri,
- Karayolu ulaşımında akıllı araç, akıllı yol ve trafik yönetim sistemleri,
- Yük taşımacılığında yüklerin elektronik olarak izlenmesini sağlayan teknolojiler,
- Ulaştırma üstyapısındaki yangın ve güvenlik önlemlerine yönelik akıllı yönetim sistemleri[142].

2) Bilgi Toplumu Stratejisi (2006-2010)'nde trafik yoğunluğunun engellenmesi ve mevcut altyapıların etkin kullanılabilmesi amacıyla yeni teknolojilerden yararlanılması stratejik bir öncelik olarak belirlenmiş, elektronik ödeme sistemlerinin geliştirileceği belirtilmiştir.

3) Bilgi Toplumu Stratejisi eki Eylem Planı'nda yer alan Ulusal Ulaştırma Portalı Eylemi ile ülke çapındaki ulaşım bilgilerinin tek bir noktadan sunulacağı bir portal oluşturulması; Ulaştırma Sistemlerinde e-Ödeme Standartları Eylemi ile ise ülke çapındaki toplu taşıma sistemlerinde akıllı kart, mobil ve e-bilet uygulamaları ve elektronik ödeme sistemlerinin standartlaştırılması, yaygınlaştırılması ve entegrasyonuna yönelik bir fizibilite raporu hazırlanması hedeflenmiştir. Bunların

[141] Kalkınma Bakanlığı, 2012a: 122, 124.
[142] TÜBİTAK, 2004: 68.

yanında, söz konusu Eylem Planı'nda yer alan Ulaştırma Talep Yönetimi Sistemi Eylemi'nin amaçları şunlardır:

- Ulaşımda yoğunluğun engellenmesi ve mevcut altyapının etkin kullanılabilmesi için yeni teknolojilerden faydalanarak ulaşım talebinin yönetilmesine ilişkin uygulamalar geliştirilmesi,
- Farklı ulaşım modlarına ilişkin ihtiyaçlar, alışkanlıklar ve eğilimler ile çevresel faktörlerin belirlenmesinde ve buna bağlı politikalar geliştirilmesinde yararlanılacak, veriye dayalı karar destek sistemleri oluşturulması,
- Ulaştırma talebinin yönlendirilmesine yönelik olarak yolcu ve sürücü bilgilendirme sistemleri kurulması,
- Özel sektörle yapılacak işbirlikleri çerçevesinde ulaştırma ihtiyaçlarına yönelik veri ve bilgi paylaşımı sağlanması[143].

Bilgi Toplumu Stratejisi eki Eylem Planı'nda yer alan bu üç eylemden Ulusal Ulaştırma Portalı kurulmasına ilişkin eylem kapsamında yürütülen çalışmalar tamamlanarak Portal hizmete açılmıştır. Portalde seyahat planlama, uçuş ve hava durumu bilgileri, kargo takip sistemi gibi özellikler bulunmaktadır. Ulaştırma Sistemlerinde e-Ödeme Standartları ve Ulaştırma Talep Yönetimi Sistemi eylemlerinin hayata geçirilmesine yönelik faaliyetler ise devam etmekle birlikte henüz başlangıç aşamasındadır.

4) Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016)'nin 2012 Yılı Eylem Planı'nda "Ulusal Akıllı Ulaşım Sisteminin hazırlanarak hizmete sunulması"na ilişkin bir eylem bulunmaktadır[144].

5) Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde yer alan "Ulaşımda enerji verimliliğinin artırılması ve ağ verimliliğinin sağlanması için bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanıldığı akıllı trafik yönetimi uygulamaları ve akıllı ulaşım

[143] DPT, 2006b: 25-26.
[144] TÜBİTAK, 2011: 16.

sistemlerinin yaygınlaştırılması" eylemi ile akıllı ulaşım sistemlerine yönelik Ar-Ge ve yaygınlaştırma faaliyetlerinin yürütülmesi planlanmaktadır[145].

6) Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2020)'nde ulaştırma alanına ilişkin belirlenen orta vadeli hedefler arasında akıllı ulaşım sistemi uygulamalarının daha ileri seviyelere taşınması da yer almaktadır[146]. Bu doğrultuda, İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2020)'nda akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmaları yapılmasına yönelik eylemler bulunmaktadır[147].

7) Ulaştırma sistemlerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden azami ölçüde faydalanılmasının öneminin vurgulandığı Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi'nde bu konuya ilişkin şu hedefler ortaya konmaktadır:

- Karayolu sektöründe;
    - Trafik akışının iyileştirilmesi amacıyla akıllı ulaşım sistemlerinin yaygınlaştırılması,
    - Ülke genelinden trafik verilerinin toplanıp değerlendirilmesi amacıyla Trafik Yönetim Sistemi Merkezi kurulması,
    - Enerji verimliliğini artıran yenilikçi bilgi ve iletişim teknolojileri ürünleriyle desteklenen karayolu taşımacılık hizmetlerinin yaygınlaştırılması,
    - Otomatik taşıt takip sistemleri ve gerçek zamanlı karayolu yönetim sistemlerine yönelik araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi,
    - Akıllı ulaşım sistemlerinin yaygınlaşmasını temin etmek amacıyla araçların bu sistemlerle daha uyumlu hale getirilmelerine yönelik çalışmalar yapılması,
    - Karayolu ağındaki ana güzergâhlara fiber optik kablo altyapısı kurulması[148].
- Demiryolu sektöründe;

[145] ETKB, 2012: 14.
[146] ÇOB, 2010: 7.
[147] ÇŞB, 2011: 102.
[148] UBAK, 2011: 54, 58-59, 62.

- Çevresel duyarlılıkların gözetilmesi; diğer ulaştırma türleri ile bütünleşmenin sağlanması; yük ve yolcuların daha güvenli bir biçimde taşınması ve etkinliğin artırılması gibi hedefler doğrultusunda başta akıllı ulaşım sistemleri olmak üzere bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çeşitli çözüm ve uygulamalardan istifade edilmesi,
- Tüm demiryolu hattındaki iletişimin sayısal ortamdan yapılmasının ve arızaların merkezi olarak izlenmesinin sağlanması,
- Enerji tüketimini azaltmak amacıyla demiryolu trafik yönetim sistemlerinin geliştirilmesi[149].

- Havacılık sektöründe;
  - Hava-yer arası haberleşme sistemlerinin geliştirilmesi,
  - Hava trafik yönetim sistemlerinin geliştirilmesine yönelik Ar-Ge çalışmaları gerçekleştirilmesi ve bu sistemlerin yurtiçinde üretimine yönelik gerekli altyapı oluşturulması[150].
- Denizcilik sektöründe;
  - Seyir emniyetinin ve çevreye duyarlılığın sağlanması amacıyla gemi trafik yönetim sisteminin kurulması[151].
- Lojistik sektöründe;
  - Lojistik alanına özgü bilgi ve iletişim teknolojilerine ilişkin standartların oluşturulması,
  - Elektronik veri alışveriş sistemine yönelik Ar-Ge çalışmalarının yürütülmesi,
  - Uydu haberleşmesi ve akıllı ulaşım sistemleri sayesinde lojistik ağı genelindeki izlenebilirliğin artırılması amacıyla Ar-Ge faaliyetleri yürütülmesi[152].
- Kent içi ulaştırmada;

[149] UBAK, 2011: 70, 78.
[150] UBAK, 2011: 90-91.
[151] UBAK, 2011: 109.
[152] UBAK, 2011: 113-114.

- Akıllı ulaşım sistemlerine ilişkin standartların geliştirilmesi ve zorunlulukların getirilmesi suretiyle bu sistemlerin yaygınlaşmasının sağlanması,
- Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde güzergâh, araç geçiş zamanları, ücret, aktarma yerleri gibi konulardaki bilgilendirmelerin daha etkin hale getirilmesi,
- Elektronik denetleme sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- Tüm kent içi ulaşım sistemlerinin bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla entegre edilmesi[153].

8) Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik'te akıllı ulaşım sistemlerine ilişkin şu konularda hükümler getirilmiştir:

- Ulaşımda etkinlik, verimlilik ve kolaylığın sağlanması amacıyla elektronik yol yönlendirme sistemlerinin uygulanması,
- Kent merkezlerine girişlerde kurulacak yönlendirme sistemleri sayesinde araçların yoğun trafik alanlarına girmeden alternatif yollardan geçmelerinin sağlanması,
- Nüfusu iki yüz elli binin üzerinde olan kentlerde kurulacak bilgisayar ve kamera sistemleri ile kavşakların merkezden kumanda edilmesi, yol yoğunluklarının izlenmesi ve gerekli yönlendirmelerin yapılması,
- Elektronik değişken mesaj sistemleri ile sürücülere hava tahminleri ve yol trafik durumuna ilişkin bilgilerin iletilmesi,
- Trafik akımını düzenlemek, güvenliği artırmak, enerji tüketimini düşürmek ve kapasite kullanımını yükseltmek amacıyla trafik sinyalizasyon sistemlerinin kurulması,
- Toplu taşıma araçlarında ve duraklarda bilgilendirme panolarının bulundurulması[154].

[153] UBAK, 2011: 136-138.
[154] Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik: 3-5.

Yukarıda belirtilen politika ve hedefler doğrultusunda ülkemizde son zamanlarda akıllı ulaşım sistemleri alanında önemli çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye genelinde, otoyol ve boğaz köprüleri geçişlerinde Hızlı Geçiş Sistemi (HGS) ve Otomatik Geçiş Sistemi (OGS) uygulanmaktadır. Bu sistemler sayesinde gişelerde yaşanan sıkışıklıklar ve dolayısıyla ortaya çıkan gereksiz yakıt tüketimi azaltılmaktadır.

Öte yandan, başta tünel, geçit, viyadük gibi hassas kısımlar olmak üzere yurtiçi karayolu ağının belirli bölgelerinde yer alan elektronik mesaj panoları, sensörler ve kameralar sayesinde sürücülere hız limitleri, yol şartları, hava durumu, görüş mesafesi, trafik durumu gibi konulardaki bilgiler iletilmektedir. Söz konusu sistemlerin henüz çok kısıtlı bir alanda hizmet vermesine rağmen, benzer bilgiler ve güzergâh analizi gibi daha ileri uygulamalar Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından gerek internet sitesi aracılığıyla gerekse akıllı mobil telefon uygulamaları vasıtasıyla da sunulmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemleri ülkemizde ayrıca çeşitli büyük şehirlerdeki kent içi ulaşımında da kullanılmaktadır. Bu konuda diğer illere göre oldukça ileri bir durumda olan İstanbul'da, trafik kameraları ve yol sensörleri gibi araçlarla toplanan veriler Trafik Kontrol Merkezi'nde analiz edilmektedir. Elde edilen bilgiler trafik yoğunluğu haritası, değişken mesaj sistemi, mobil bilgi sistemi, güzergâh ve seyahat süresi hesaplama gibi uygulamalarla vatandaşlara iletilmektedir. Bu bilgiler ayrıca, trafiğin akışkanlığını temin etmeye yönelik yönlendirmelerin yapılması ve trafikte yaşanan aksaklıklara müdahale edilmesi gibi trafik denetimi ve yönetimine ilişkin işlemlerde de kullanılmaktadır[155]. Daha dar kapsamlı olmakla birlikte, Ankara, İzmir, Kocaeli gibi büyük şehirlerde de akıllı ulaşım sistemleri uygulamaları mevcuttur. Bunların yanında Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından uygulanmakta olan trafik kontrol ve güvenlik sistemleri de trafiğin akışkanlığını ve etkinliğini artırmaları dolayısıyla karayolu ulaşımında gereksiz enerji tüketiminin önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır.

[155] İBB TKM, 2012.

4.3. Akıllı Bina Sistemlerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar

Türkiye'de, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla binalardaki enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik olarak oluşturulan strateji, politika ve düzenlemeler şunlardır:

1) Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde binalardaki ısıtma ve aydınlatma işlemlerinin daha verimli bir biçimde gerçekleştirilebilmesini sağlayacak yeni teknolojilerin geliştirilmesi öncelikli teknolojik faaliyet konuları kapsamında değerlendirilmektedir[156].

2) Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde "Binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak; yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak" şeklinde bir stratejik amaç bulunmakta ve bu doğrultuda çeşitli eylemler tanımlanmaktadır. Fakat söz konusu eylemler kapsamında bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılmasına dair doğrudan bir atıf bulunmamaktadır[157].

3) Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2020)'nde binalarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesine ilişkin projelerin öncelikli olarak gerçekleştirilmesi orta vadeli hedefler arasında yer almaktadır[158].

4) İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2020)'nda, binalarda enerji verimliliği iyileştirmeleri açısından potansiyellerin ve önceliklerin belirlenmesi ve enerji verimli sistemler oluşturulması amacı doğrultusunda, farklı bina alt sektörlerine ait enerji tüketimi bilgilerini içeren bir veritabanının kurulması öngörülmektedir. Ayrıca, kamu binalarına özel bir veritabanı hazırlanarak en fazla enerji tüketen binaların tespit edilmesi hedeflenmektedir[159].

5) Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemlerden bilgi ve iletişim teknolojileri ile ilgili olanlar şunlardır:

---

[156] TÜBİTAK, 2004: 67.
[157] ETKB, 2012: 8.
[158] ÇOB, 2010: 6.
[159] ÇŞB, 2011: 84, 88.

- Otomatik kontrol uygulamaları ile insan faktörünün en aza indirilmesi,
- İnşaat ve montaj aşamasında enerji verimliliği ile ilgili ölçüm cihazlarının temin ve monte edilmesi,
- Aydınlatmada yüksek verimli cihazların ve aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanılması,
- Kamu binalarında kısa süreli kullanılan bölümlerde hareket, ısı veya ışığa duyarlı sensörlü kontrol sistemleri kullanılması[160].

6) Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde ise şu konulara ilişkin hükümler yer almaktadır:

- Binalarda bulunan ısıtma, iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerine yönelik otomatik kontrol sistemleri kurulması,
- 10.000 metrekareden büyük olan ve merkezi ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin bir arada bulunduğu binalarda bilgisayar kontrollü bina otomasyon sistemlerinin kurulması,
- Yeni yapılacak binalarda aydınlatma, ısıtma, soğutma ve sıhhi sıcak su ihtiyacı için kullanılan enerjilerin ayrı ayrı ölçülmesine imkân sağlayacak ölçüm ve izleme sistemleri kurulması,
- Gün ışığından azami ölçüde yararlanmayı sağlayan veya mekânın boş olduğunu algılayabilen otomatik aydınlatma sistemlerinin kurulması[161].

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile ayrıca, 1.000 metrekareden büyük mevcut binalar ile yeni yapılacak binalar için enerji kimlik belgesi alınması zorunluluğu getirilmiştir. Enerji Kimlik Belgesi alınabilmesi için binaya ilişkin bilgilerin BEP-TR isimli internet tabanlı yazılıma girilerek binanın enerji performansının belirlenmesi gerekmektedir. Bu yazılım sayesinde, binanın metrekare başına yıllık tahmini enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu hesaplanarak referans bir binaya ait değerlerle kıyaslanmakta ve bunun neticesinde bina için A ile G arasında bir enerji sınıfı belirlenmektedir. Söz konusu Yönetmeliğe göre D enerji

[160] Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik: 6,13.
[161] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği: 9-10.

sınıfından daha fazla enerji tüketimine ve karbondioksit emisyonuna sahip olan binalara enerji kimlik belgesi verilmemektedir[162].

4.4. Akıllı Elektrik Şebekelerine İlişkin Strateji, Politika ve Uygulamalar

Enerji sektörüne yönelik bilgi ve iletişim teknolojileri çözüm ve uygulamalarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ülkemizde giderek daha fazla önem kazanmaya başlayan bir alan konumundadır. Bu konuda Türkiye'de ortaya konan strateji, politika ve düzenlemeler şunlardır:

1) Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi'nde belirlenen stratejik alanlardan biri enerji ve çevre teknolojileridir. Enerji teknolojilerinde yetkinlik kazanma önceliği kapsamında enerji depolama, iletim ve dağıtım sistemlerine yönelik yeni teknolojilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir[163].

2) Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde "Elektrik üretim, iletim ve dağıtımında verimliliği artırmak, enerji kayıplarını ve zararlı çevre emisyonlarını azaltmak" şeklinde bir stratejik amaç bulunmakta ve bu doğrultuda çeşitli eylemler tanımlanmaktadır. Bu kapsamda tanımlanan eylemlerden biri akıllı şebeke uygulamalarının yaygınlaştırılmasına ilişkindir[164].

3) İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2020)'nda, enerji sektöründe bilgi ve iletim teknolojilerinden yararlanılarak enerji verimliliğinin artırılması ve çevreye verilen zararların azaltılması ile ilgili olarak şu konulara ilişkin iki eylem bulunmaktadır:

- Mevcut elektrik üretim santrallerinde yeni teknolojiler kullanılarak verimliliğin yükseltilmesi,
- Dağıtım şebekelerinin teknik altyapısının iyileştirilmesi ve kaçak kullanımın engellenmesi amacıyla akıllı şebeke uygulamalarının yaygınlaştırılması[165].

---

[162] ÇŞB, 2012.
[163] TÜBİTAK, 2004: 17, 70.
[164] ETKB, 2012: 12.
[165] ÇŞB, 2011: 81-82.

4) Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik ile elektrik dağıtımı yapan şirketlere, abonelerinin bir önceki yılda gerçekleştirdikleri tüketim miktarı ve bedelini, aylık bazda ve aynı tüketici gruplarının ortalama tüketim değerlerleri ile karşılaştırmalı olarak, internet ortamında erişime açma yükümlülüğü konmuştur[166]. Fakat bu yükümlülük elektrik dağıtım şirketleri tarafından henüz yerine getirilmemektedir.

5) Enerji Bakanlığı sorumluluğunda oluşturulan Enerji Sektörü Araştırma Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (ENAR) ile enerji teknolojilerine ilişkin Ar-Ge, yenilik, örnek uygulama ve teknoloji transferi projelerinin desteklenmesi öngörülmüştür. Henüz aktif olarak hayata geçirilememekle birlikte, 2010 yılında yayımlanan yönetmelikle söz konusu Program kapsamında aşağıdaki konularda gerçekleştirilecek projelere mali destek sağlanması planlanmaktadır:

- Yerli enerji kaynakları potansiyelinin ve kullanımının geliştirilmesi,
- Yenilenebilir enerji teknolojileri,
- Yeni enerji teknolojileri,
- Temiz enerji teknolojileri,
- Enerji elektro-mekanik teçhizatı imalat teknolojileri,
- Enerji verimliliği teknolojileri,
- Zararlı emisyonları azaltma teknolojileri,
- Çevrim teknolojileri,
- Enerji iletim ve dağıtım teknolojileri[167].

Ülkemizde elektrik iletim hatlarında hâlihazırda bir takım akıllı şebeke uygulamaları hayata geçirilmiş durumda olup bunların yaygınlaştırılmasına ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından yürütülmektedir. Ülke genelindeki yaklaşık 340 santral ve trafo merkezinde kurulmuş olan SCADA sistemleri sayesinde gerçek zamanlı verilerin toplanması ve bu birimlerin uzaktan izlenmesi mümkün olmaktadır. Mevcut sistemlerin yazılım ve donanım altyapılarının geliştirilmesi ve 200 adet ilave santral

[166] Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik: 11.
[167] Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına Dair Yönetmelik: 1.

ve trafo merkezine daha SCADA sistemleri kurulmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. SCADA sistemlerinin yanında aşağıdaki fonksiyonlara sahip enerji yönetim sistemi uygulamaları da bulunmaktadır:

- Şebekeden toplanan bilgiler sayesinde problemlerin tespiti ve çözümü,
- Aşırı yüklenme veya anormal gerilim gibi durumlara karşın şebeke güvenliğinin takibi,
- Şebeke üzerindeki yük akışının izlenmesi,
- Otomatik üretim kontrolü,
- Yedek enerji kapasitesinin izlenmesi,
- Optimizasyon ve üretim planlama,
- Kısa dönem yük tahmini[168].

Ayrıca, TEİAŞ tarafından yürütülmekte olan İletişim Sistemi Projesi ile enerji nakil hatları üzerinden veri iletişiminin sağlanması mümkün olmaktadır. Böylece, kontrol merkezleri ile santral ve trafo gibi birimler arasındaki bilgi alışverişinin daha ileri düzeyde gerçekleştirilebilmesi hedeflenmektedir. Bunların yanında, TEİAŞ tarafından elektrik satışı yapılan santral, dağıtım şirketi gibi büyük tüketicilerin elektrik talebinin izlenmesi amacıyla otomatik sayaç okuma sistemi kurulmuştur[169].

Öte yandan ülkemizde, akıllı şebeke uygulamalarının elektrik dağıtımında hayata geçirilmesi ve yaygınlaştırılmasına yönelik de önemli çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda, gerek kamu gerekse özel sektör tarafından işletilen elektrik dağıtım şirketleri faaliyet gösterdikleri bölgelerde enerji kalitesini izlemeye yönelik otomasyon ve arıza yönetim sistemleri; SCADA sistemleri; talep yönetim sistemleri; coğrafi bilgi sistemi tabanlı şebeke modelleme sistemleri ve otomatik sayaç okuma sistemleri gibi akıllı şebeke uygulamalarının kurulumunu gerçekleştirmeye başlamışlardır. Bu konuda Ankara, Konya, Sakarya gibi illerde önemli aşama kaydedilmiş olup, söz konusu uygulamaların ülke genelinde yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar sürdürülmektedir[170]. Elektrik dağıtım şirketleri tarafından müstakil olarak gerçekleştirilmekte olan bahsi geçen

[168] Uçan, 2012.
[169] Uçan, 2012.
[170] Yeşilkılıç, 2012.

çalışmaların birbirleriyle uyumlu bir biçimde yürütülmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda, ülkemizde akıllı şebekeler ile ilgili olarak yapılması gerekenlerin belirlenmesi ve işbirliği içerisinde hayata geçirilmesi amacıyla söz konusu şirketlerin katılımıyla Akıllı Şebeke Platformu kurulmuştur. Ayrıca, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı önümüzdeki dönemde Türkiye'de akıllı şebekelerle ilgili olarak uygulanacak strateji ve politikaların belirlenmesi amacıyla bir yol haritası çıkarılmasına yönelik çalışmalar yürütmektedir.

4.5. Bölüm Değerlendirmesi

Dünya genelindeki eğilimlerle uyumlu olarak, Türkiye'de son dönemde bilgi ve iletişim teknolojileri alanına daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen strateji ve politikalar ile bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımı, e-devlet uygulamaları, telekomünikasyon altyapı ve hizmetleri gibi konularda önemli mesafe kat edilmiştir. Fakat söz konusu strateji ve politikalar kapsamında yeşil bilişim konusu henüz özel olarak ele alınamamış, dolayısıyla ülkemizin bu alandaki hedef ve öncelikleri belirlenmemiştir. Bilgi ve iletişim teknolojileri politikalarının yeşil bilişim konusunu ele almadaki eksikliğinin dolaylı bir sonucu olarak 2007 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Kanunu'nda enerji verimliliğinin artırılması için belirlenen önlemler arasında yeşil bilişim çözüm ve uygulamalarına yer verilmediği görülmektedir.

Öte yandan, diğer sektörlere yönelik olarak son yıllarda ortaya konan bazı politika ve uygulamalar, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliği artışları sağlanması konusunu kısmen kapsayabilmektedir. 2012 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde sanayi, ulaştırma, binalar ve elektrik şebekeleri alanlarına yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin eylemlere yer verilmiş, ancak enerji verimliliği konusunda yapılan analiz ve değerlendirmelerde bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde elde edilebilecek faydalara değinilmemiştir.

Çalışmanın bundan önceki bölümlerinde görüldüğü üzere, diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamaları sayesinde enerji verimliliğinde ve genel etkinlik düzeylerinde önemli artışlar sağlanabilmekte, böylece ekonomik ve çevresel

açılardan ciddi iyileştirmeler ortaya çıkmaktadır. Dünya genelinde, oluşturulan strateji, politika ve uygulamalar vasıtasıyla yeşil bilişimin getirdiği avantajlardan azami fayda elde edilmeye çalışılmaktadır. Bu doğrultuda, ülkemizde önümüzdeki dönemde bilgi ve iletişim teknolojileri alanına yönelik olarak geliştirilecek strateji ve politikalar kapsamında yeşil bilişim konusuna özel önem verilmesinin ve bu alandaki hedef ve önceliklerin ivedilikle belirlenmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, sanayi, ulaştırma, binalar, enerji ve diğer ilgili alanlardaki politika ve yasal düzenlemelerin yeşil bilişim uygulamaları sayesinde elde edilebilecek iyileştirmeleri göz önünde bulunduracak şekilde oluşturulması faydalı olacaktır.

Türkiye'de diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına dair strateji ve politikaların eksikliğine rağmen söz konusu uygulamaların hayata geçirilmesine ve yaygınlaştırılmasına ilişkin bir takım çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir. İlerleme düzeyi bakımından sektörler itibarıyla farklılık arz eden bu çalışmaların yeterli seviyede olduğunu söylemek mümkün değildir. Bunlardan ulaştırma ve elektrik şebekeleri ile ilgili olanlarda önemli altyapı yatırımları ihtiyacı olması dolayısıyla kamu kesimine daha büyük rol düşmektedir. Bu iki alanda faaliyet gösteren kamu kurumları, özel sektör kuruluşları ve yerel yönetimler tarafından yürütülen çalışmalarda işbirliği ve koordinasyonun sağlanması büyük önem arz etmektedir. Özellikle bu iki alana yönelik yeşil bilişim sistemlerinin ülke çapında yaygınlaştırılmasından önce bunlarla ilgili fayda ve maliyetlerin analiz edilmesi, söz konusu sistemlerin uygulanabilirliğinin teknik, hukuki, tüketici davranışları, güvenlik vb. tüm açılardan test edilmesi ve bu doğrultuda hedef ve önceliklerin belirlenmesi azami faydanın elde edilebilmesi açısından hayati önem taşımaktadır. Genel olarak özel kesim sahipliğinin söz konusu olduğu sanayi ve binalar alanlarında ise devletin rolü büyük oranda bilinçlendirme, yönlendirme, zorunluluk getirme vb. şekillerde olmaktadır. Kamu kurumlarının oluşturacakları teknik kapasite ile bu alanlara yönelik yeşil bilişim uygulamaları sayesinde elde edilebilecek iyileştirmeler konusunda bilinçlendirici, eğitici ve yol gösterici faaliyetler yürütmesi, söz konusu uygulamalardan yararlanılmasına yönelik ödüllendirici teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi faydalı olacaktır.

Türkiye'de Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetlerine ilişkin hedef ve önceliklerin ortaya konduğu temel politika belgelerinde enerji ve bilgi ve iletişim teknolojileri alanlarına büyük önem verildiği görülmektedir. Bu kapsamda, odaklanılması uygun görülen Ar-Ge konuları arasında diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim teknolojileri de yer almaktadır. Ancak bu durumun söz konusu alanlarda arzu edilen gelişmelerin sağlanmasında yeterli olmadığı ortadadır. Dünya genelindeki başarılı örneklere bakıldığında, diğer sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmaya yönelik bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerinin geliştirilmesine yönelik olarak ortaya konan strateji ve politikaların, ayrılan önemli mali kaynaklar ve oluşturulan teknik kapasite vasıtasıyla hayata geçirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Bu noktada, ülkemizde yeşil bilişim konusunda yürütülecek Ar-Ge faaliyetlerinin devlet tarafından desteklenmesi ve yönlendirilmesini sağlayacak kurumsal yapılanma, insan kaynağı ve özel mali destek programı gibi unsurların bulunmayışının önemli bir eksiklik olduğu değerlendirilmektedir. Yeşil bilişim konusunda geliştirilecek strateji ve politikalarla uyumlu olarak bu konulardaki yetersizliklerin giderilmesi uygun olacaktır.

Bir sonraki bölümde, Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer sektörlerdeki enerji verimliliğinin artırılması amacıyla kullanımının sahip olduğu potansiyel incelenecek, konuyla ilgili fayda ve maliyetlere dair tahminler ortaya konacaktır. Ardından, bu bölümdeki bulgular ve bahsi geçen fayda-maliyet analizlerinin sonuçları dikkate alınarak diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin öneriler geliştirilecektir.

5. DİĞER SEKTÖRLERE YÖNELİK YEŞİL BİLİŞİM UYGULAMALARININ TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ

5.1. Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Enerji Verimliliği

Ülkemizde tüketilen toplam enerji ve bunun karşılığında üretilen toplam çıktı yıllar itibarıyla genel bir artış eğilimi izlemektedir. Türkiye'de tüketilen toplam enerji 1971 yılından 2011 yılına kadar yaklaşık 4,9 kat; GSYH ise yaklaşık 4,3 kat artmıştır. Aynı dönem içinde OECD üyesi ülkelerin geneline bakıldığında ise tüketilen toplam enerjinin 0,6 kat; toplam GSYH'nin ise 1,9 kat arttığı görülmektedir[171]. Dolayısıyla bu durum, OECD genelinde yaşanan oransal GSYH artışının enerji tüketimi artışından fazla olduğunu, Türkiye'de ise GSYH'nin oransal olarak enerji tüketimine kıyasla daha az arttığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, Tablo 5.1'de de görüldüğü gibi, düzenli olarak artmakla birlikte Türkiye'deki kişi başı enerji tüketimi OECD ortalamasının yaklaşık üçte biri düzeyindedir.

Tablo 5.1. Türkiye ve OECD Genelinde Enerji Tüketiminin Seyri

		1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2011
Enerji Tüketimi (MTPE)	TR	19,5	29,1	31,7	42,4	52,1	66,9	70,4	93,0	114,2
	OECD	3372,3	3848,8	3966,9	4163	4574,9	5019,4	5274,4	5512,4	5305
Kişi Başı Enerji Tüketimi (TPE)	TR	0,54	0,72	0,70	0,82	0,93	1,10	1,08	1,34	1,55
	OECD	3,75	4,06	4,00	4,04	4,26	4,49	4,55	4,60	4,31

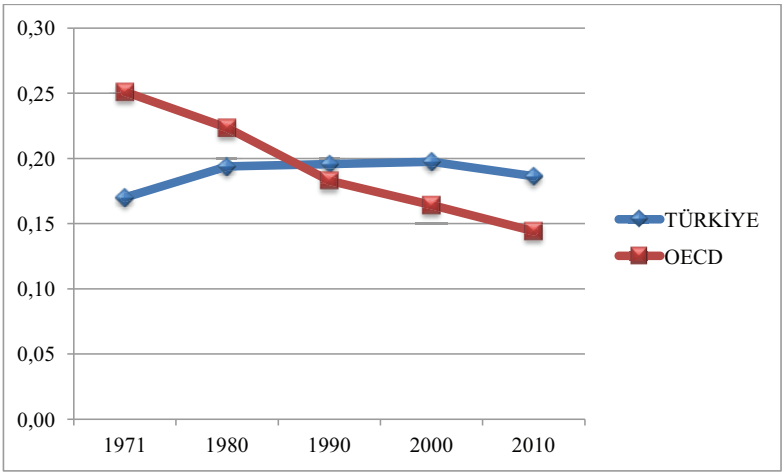
Kaynak: OECD, 2013.

Türkiye'deki enerji tüketiminin sektörler itibarıyla dağılımına ve bu dağılımın zaman içerisindeki değişimine bakıldığında, sanayi ve enerji sektörlerinin toplam enerji tüketimindeki payının artmakta olduğu görülmektedir. Bunun yanında, ulaştırma sektörünün toplam enerji tüketimi içerisindeki payı yatay bir seyir izlerken, binalarda tüketilen enerjinin toplam tüketim içerisindeki oranı düşmektedir. Türkiye'de 2011 yılı itibarıyla sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji sektöründe tüketilen enerjinin toplam enerji tüketimi içerisindeki payları sırasıyla yüzde 29, yüzde 15, yüzde 23 ve yüzde 25'tür[172].

[171] OECD, 2013.
[172] ETKB, 2013.

Dünya genelinde, son zamanlarda daha fazla önem kazanmaya başlayan çevreci politikalar, uluslararası kısıtlamalar ve enerjiyi daha etkin kullanmaya yardımcı olan yeni teknoloji ve uygulamalar sayesinde enerji yoğunluğunda genel bir düşüş eğilimi söz konusudur. 1970 sonrası döneme bakıldığında OECD ülkelerinin ortalama enerji yoğunluğunda hızlı bir düşüş olduğu gözlenmektedir. Buna karşın, Grafik 5.1'de görüldüğü üzere, 1971 yılında enerji yoğunluğu açısından OECD ortalamasının altında yer alan Türkiye'de, ilerleyen zamanlarda enerji yoğunluğu artmış ve 2010 yılına gelindiğinde OECD ortalamasının yüzde 30 üstünde gerçekleşmiştir.

Grafik 5.1. Türkiye ve OECD'de Enerji Yoğunluğunun Yıllar İtibarıyla Değişimi (TEP/Bin $)[173]



Kaynak: IEA, 2012: II-16, II-160.

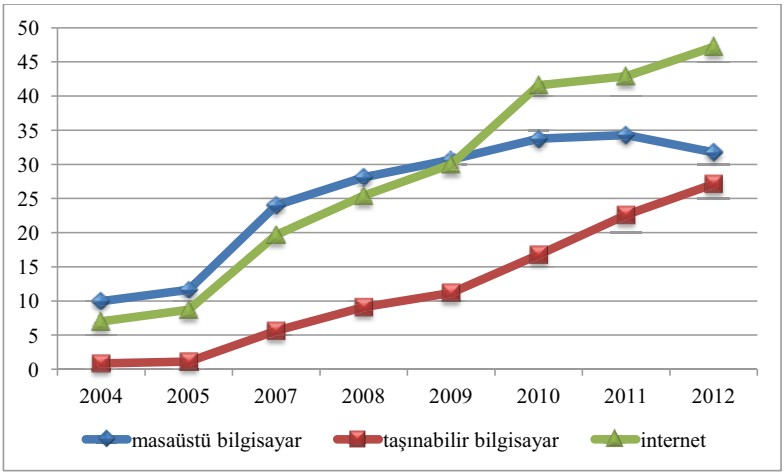
Yukarıda belirtilen gelişmelerden de görüldüğü gibi Türkiye'de gerek toplam gerekse kişi başı enerji tüketiminde ciddi bir artış yaşanmakta, enerji verimliliği açısından ise daha iyi bir konumda olma ihtiyacı ve imkânı bulunmaktadır. Bu çalışmanın önceki bölümlerinde ortaya konduğu üzere, söz konusu enerji verimliliği iyileştirmelerinin sağlanmasında bilgi ve iletişim teknolojileri önemli bir araç olarak ön plana çıkmaktadır.

[173] 2005 yılı fiyatlarıyla.

5.2. Türkiye'de Bilgi ve İletişim Teknolojileri

Gerek bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ve ortaya çıkan küresel tüketim eğilimleri gerekse ülkemizde bu teknolojilere yönelik politika ve uygulamalara verilen önemin bir nebze artmış olmasının etkisiyle son dönemde Türkiye'de, OECD üyesi ülkelerin geneline bakıldığında düşük bir düzeyde kalmakla birlikte, bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlığında ciddi ilerlemeler kaydedilmektedir. Bu kapsamda, Türkiye'de 2003 yılında yüzde 39,5 olan mobil telefon abone yoğunluğunun 2012 yılında yüzde 89; yüzde 8,5 olan internet kullanan bireylerin oranının yüzde 47,4; 10,3 milyar ABD Doları olan bilgi ve iletişim teknolojileri pazar büyüklüğünün 27,5 milyar ABD Doları seviyesinde gerçekleştiği tahmin edilmektedir[174, 175].

Grafik 5.2. Türkiye'de Hanelerde Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sahipliği

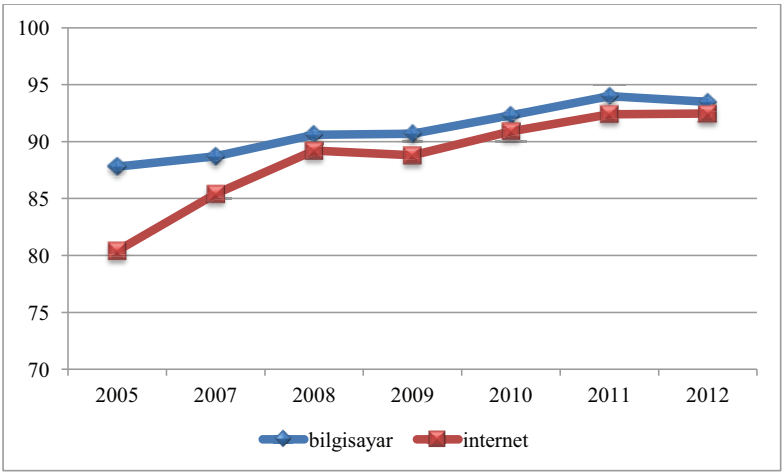


Kaynak: TÜİK, 2013.

Grafik 5.2 ve 5.3'te görüldüğü gibi, Türkiye'de hem hanelerde hem de girişimlerde bilgisayar ve internet kullanımı önemli ölçüde artmaktadır.

[174] DPT, 2005: 213.
[175] Kalkınma Bakanlığı, 2012a: 144.

Grafik 5.3. Türkiye'de Girişimlerde Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sahipliği



Kaynak: TÜİK, 2013.

Not: 10 ve daha fazla çalışanı olan girişimler esas alınmıştır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması bu teknolojiler sayesinde ekonomik ve sosyal faydaların elde edilmesini garanti etmemektedir. Söz konusu teknolojiler vasıtasıyla sağlanacak verimlilik artışları ve diğer ekonomik ve sosyal yararlar bu teknolojilerin nasıl ve hangi amaçlarla kullanıldığıyla ve bu teknolojilerin yurtiçinde üretilmesine dair kapasite ve yetkinliklerle doğrudan ilişkilidir. Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının daha çok eğlence vb. amaçlara yönelik olduğu bilinmektedir. Örneğin ülkemiz, OECD üyesi ülkeler dikkate alındığında, bilgi ve iletişim teknolojileri kullanım oranları açısından geri sıralarda olmasına rağmen, internet üzerindeki sosyal paylaşım ağı uygulamalarının kullanımında ilk üç sırada yer almaktadır. Öte yandan, Türkiye bilgi ve iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi ve üretilmesi bakımından henüz kayda değer bir kapasite oluşturamamıştır. Bilgi ve iletişim teknolojileri ürünleri ihracatının GSYH içerisindeki payı ve kişi başına düşen bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü patent sayısı gibi göstergeler bakımından Türkiye OECD ülkeleri arasında en son sıralarda yer almaktadır.

Yeşil bilişim, Türkiye'nin, enerji verimliliğini artırma, bilgi ve iletişim teknolojilerinden daha fazla yararlanabilme ve bu teknolojileri üretim kapasitesini

geliştirme gibi ihtiyaçlarına ortak bir çözüm niteliği taşımaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretim, ulaştırma, binalar ve enerji gibi alanlardaki enerji verimliliğini iyileştirmek amacıyla kullanılması hem enerji tüketimlerini düşürecek hem de etkinlik artışlarını beraberinde getirecektir. Öte yandan, dünya genelinde ciddi bir talep potansiyeline sahip olan yeşil bilişim ürün ve hizmetlerinin üretiminde kazanılacak yetkinlikler sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın sağlanmasında ülkemize önemli bir avantaj sağlayacaktır.

5.3. Türkiye'de Bilgi ve İletişim Teknolojileri Vasıtasıyla Enerji Verimliliğinin Artırılması

Bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamaların çeşitli alanlardaki enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılmasına yönelik çalışmaların yönlendirilmesinde bu yolla elde edilecek iyileştirmelerin kapsam ve büyüklüğünün analiz edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çerçevede, aralarında Türk Telekom A.Ş.'nin de bulunduğu dünyanın önde gelen bilgi ve iletişim teknolojileri şirketleri ile UNEP ve Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union - ITU) gibi uluslararası kuruluşların işbirliğiyle oluşturulan "Küresel e-Sürdürülebilirlik İnisiyatifi" (Global eSustainability Initiative - GeSI) tarafından, bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla sağlanabilecek enerji verimliliği artışlarının ortaya konması amacıyla SMART 2020 isimli bir rapor hazırlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan analizler neticesinde 2020 yılına kadar bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde elde edilecek enerji verimliliği artışları ile küresel karbondioksit emisyonlarında yüzde 15'lik bir düşüşün ve 600 milyar Avro'luk bir tasarrufun sağlanmasının mümkün olduğu tahmin edilmiştir. Sektörler itibarıyla bakıldığında ise sanayiden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarında yüzde 17, ulaştırmadan kaynaklananlarda yüzde 11, binalardan kaynaklananlarda yüzde 21 ve enerji sektöründen kaynaklananlarda yüzde 15'lik bir azalışın ortaya çıkacağı öngörülmektedir[176].

Türkiye'nin enerji tüketiminde olduğu gibi, herhangi bir değişkene ait değerlerin zaman içerisinde artma ya da azalma eğilimi gösterdiği durumlarda, söz

[176] GeSI, 2008: 9, 30, 33, 37, 40, 47.

konusu değişkenin gelecekte alacağı değerleri tahmin etmek amacıyla kullanılan en yaygın yöntemlerden biri doğrusal regresyon metodudur. Doğrusal regresyonda belirli bir değişkenin geçmişte aldığı değerlerden hareketle, değişkenin değeri ile zaman parametresi arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir model oluşturulmaktadır. Aşağıda yer alan (1) numaralı formülde görüldüğü üzere, söz konusu modelde bağımlı değişkenin (Y) değeri bir sabit (a) ile bir katsayı (b) ve zaman parametresinin (t) çarpımının toplamı şeklinde formüle edilmektedir. Modelde yer alan ∈ değişkeni ise bağımlı değişkenin gerçek değeri ile model tarafından tahmin edilen değeri arasındaki farkı ifade etmektedir.

$$\hat{Y}(t) = a + b * t + \in (t) \qquad (1)$$

Türkiye'de 2020 yılı itibarıyla gerçekleşecek sektörel enerji tüketimi değerlerinin tahmin edilmesi amacıyla sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji sektörlerinde 1986-2011 yılları arasındaki enerji tüketimi verileri esas alınarak her bir sektör için doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuştur. Bahsi geçen veriler Ek'te, kullanılan doğrusal regresyon modellerine ilişkin özet çıktılar Tablo 5.2'de yer almaktadır. Tabloda yer alan t ve P değerlerinden de görüldüğü üzere a ve b katsayıları bütün sektörler için oluşturulan modellerde istatiksel açıdan anlamlıdır.

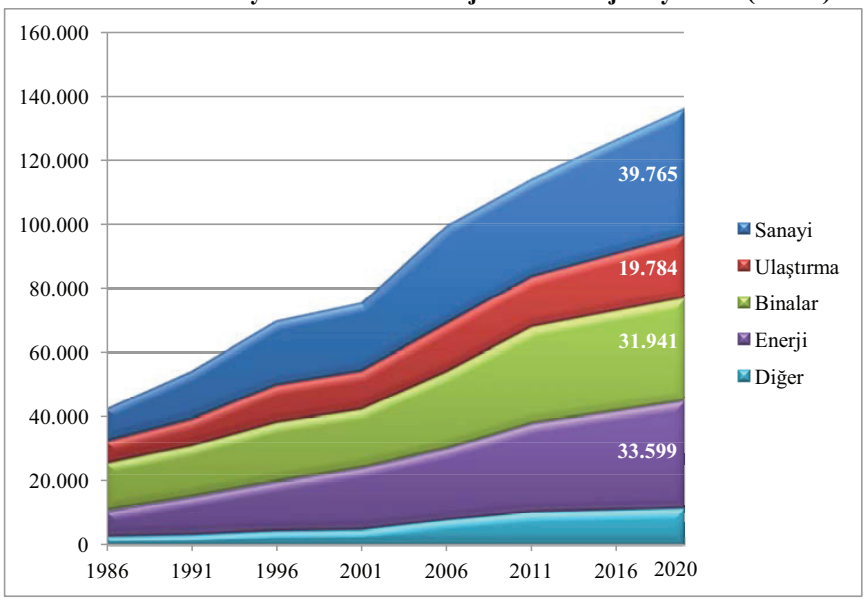
Tablo 5.2. Doğrusal Regresyon Modeline İlişkin Özet İstatistik Çıktıları

	a	b	2020 tahmini (a+b*2020)	t-değeri		P-değeri	
				a	b	a	b
Sanayi	-1.681.622,44	852,17	39.764,94	-15,57	15,77	0,00	0,00
Ulaştırma	-740.491,73	376,37	19.783,78	-17,59	17,87	0,00	0,00
Binalar	-1.078.041,35	549,50	31.941,05	-10,25	10,44	0,00	0,00
Enerji	-1.511.240,24	764,77	33.599,14	-24,49	24,77	0,00	0,00
Diğer	-552.417,76	279,05	11.268,94	-12,49	12,60	0,00	0,00

Tablo 5.2'ye göre 2020 yılında Türkiye'nin toplam enerji tüketimi 2011 yılına kıyasla yüzde 19 artarak 136.358 BTEP'e ulaşacaktır. Grafik 5.4'te de görüldüğü gibi, 2011 yılında 30.830 BTEP olan sanayi enerji tüketimi 39.765 BTEP'e; 15.950 BTEP olan ulaştırmadaki enerji tüketimi 19.784 BTEP'e; 29.974 BTEP olan binalardaki enerji tüketimi 31.941 BTEP'e ve 27.528 BTEP olan enerji

sektöründeki enerji tüketimi 33.599 BTEP'e çıkacaktır. Öte yandan, 2010 yılında 12,730 MTEP olarak hesaplanan küresel enerji tüketiminin 2020 yılına gelindiğinde 15,332 MTEP olarak gerçekleşmesi beklenmektedir[177]. Dolayısıyla, Türkiye'ye ilişkin yaptığımız tahminlerin dünya genelindeki eğilimlerle uyumlu olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca, söz konusu tahminler Türkiye'nin son on yıllık enerji tüketim miktarları dikkate alınarak gerçekleştirildiğinde ise 2020 yılına gelindiğinde ülkemizde yaklaşık 150.000 BTEP'lik enerji talebi olacağı hesaplanmıştır. Bu senaryonun gerçekleşmesi durumunda, toplam enerji tüketimi daha fazla olacağından dolayı bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde sağlanabilecek mutlak tasarruf miktarı da yükselecektir.

Grafik 5.4. Türkiye'de Sektörel Enerji Talebi Projeksiyonları (BTEP)



Tablo 5.3, Türkiye'de 2020 yılı itibarıyla gerçekleşmesi öngörülen enerji tüketim seviyelerinin bilgi ve iletişim teknolojilerinin getirdiği enerji verimliliği artışları neticesinde ne kadar aşağı çekilebileceğine dair hesaplamaların sonuçlarını göstermektedir. Bu hesaplamalarda bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde küresel karbondioksit emisyonlarında sağlanacak oransal düşüşlere ilişkin SMART 2020'de

[177] OECD, 2012c: 2

yer alan tahminlerin ülkemiz için de geçerli olacağı kabul edilmiştir. Ayrıca, SMART 2020'de belirtilen oranların karbondioksit emisyonlarına ilişkin olmasına ve enerji tüketiminde sağlanacak düşüşün enerjinin elde edildiği kaynakların bileşimine göre bu oranlardan bir miktar farklılık gösterebilme ihtimaline rağmen, bu oranların enerji tüketimi seviyelerine de aynen yansıyacağı varsayılmıştır.

Tablo 5.3. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sayesinde 2020 Yılı İtibarıyla Türkiye'de Sağlanabilecek Toplam Enerji Tasarrufları

Sektör	2011 Enerji Tüketimi[178] (BTEP)	2020 Tahmini Enerji Tüketimi (BTEP) (A)	Sağlanacak Tasarruf Oranı (%) (B)	İyileşme Sonrası 2020 Tahmini Enerji Tüketimi (BTEP) (A - A * B)
Sanayi	30.830	39.765	17	33.005
Ulaştırma	15.950	19.784	11	17.608
Binalar	29.974	31.941	21	25.233
Enerji	27.528	33.599	15	28.559
Diğer	10.198	11.269	-	11.269
Toplam	114.480	136.358	15	115.674

Tablo 5.3'te görüldüğü üzere, ülkemizde bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalar vasıtasıyla sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarında sırasıyla 6.760, 2.176, 6.708, 5.040 BTEP; toplamda ise 20.684 BTEP gibi önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlanması mümkün görünmektedir. Bunun yanında, bu teknolojilerden sağlanacak faydaların sadece enerji verimliliği artışlarıyla sınırlı kalmayacağı, genel etkinlik ve verimlilik artışları gibi iyileştirmeleri de kapsayacağı dikkate alındığında bilgi ve iletişim teknolojilerinin sahip olduğu potansiyelin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin neden olduğu enerji verimliliği artışları sonucunda sağlanabilecek yararların bilinmesi kadar bunların elde edilebilmesi için yapılması gereken yatırım ve diğer harcamaların tutarının da dikkate alınması, söz konusu teknolojilerin net faydasının ortaya konması açısından zaruridir. Fakat yukarıda yapılan hesaplamalarda esas alınan potansiyel enerji verimliliği artışlarının ortaya çıkması için bilgi ve iletişim teknolojilerine ayrılması gereken finansal kaynaklarla ilgili bir gösterge bulunmamaktadır. Bu bağlamda aşağıda, her bir alt

[178] ETKB, 2013.

alan için, dünya genelindeki çeşitli örnek yeşil bilişim uygulamalarıyla ortaya çıkan fayda ve maliyetler incelenerek ülkemiz için değerlendirmelerde bulunulmuştur.

5.3.1. Sanayi

Hindistan tarafından hayata geçirilen "İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı" (National Action Plan on Climate Change)'nın ana bileşenlerinden biri olan "Artırılmış Enerji Verimliliği Ulusal Hareketi" (National Mission for Enhanced Energy Efficiency) kapsamında, 2010 yılında, "Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Hindistan'ın İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı'na Katkısı: Artırılmış Enerji Verimliliği Ulusal Hareketi" (ICT's Contribution to India's National Action Plan on Climate Change: National Mission for Enhanced Energy Efficiency) isimli bir rapor hazırlanmıştır. Söz konusu Rapor'da, yoğun enerji tüketimi olan sanayi sektörlerinde bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamaların kullanılmasıyla sağlanacak enerji verimliliği artışlarına dair fayda ve maliyetlere ilişkin analizler gerçekleştirilmiş ve 2020 ile 2030 yıllarına yönelik tahminler yapılmıştır[179].

Rapor'da bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretim ortamındaki enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin etkileri incelenirken izleme ve ölçme cihazları, otomasyon ve kontrol sistemleri, merkezi veri toplama sistemleri ve üretim süreçlerinin uzaktan ve otomatik olarak yönetimine ilişkin sistemler gibi çözüm ve uygulamalar dikkate alınmıştır. Bunlara ait maliyetler hesaplanırken satın alma, kurulum ve kullanım gibi farklı aşamalarda yapılması öngörülen harcamaların tamamı göz önünde bulundurulmuştur[180]. Rapor'da Hindistan için hesaplanan, çimento ve demir-çelik sektörlerinin tahmini enerji tüketimleri; bu sektörlerde bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde elde edilebilecek enerji verimliliği artışlarından kaynaklanan tahmini yıllık tasarruf miktarı ve bunların gerçekleşebilmesi için yapılması gereken toplam yatırım tutarları Tablo 5.4'te sunulmaktadır.

[179] DESC, 2010: 7,8.
[180] DESC, 2010: 37.

Tablo 5.4. Seçilmiş Sanayi Sektörlerinde Yeşil Bilişim Uygulamalarına İlişkin Fayda ve Maliyetler[181] [182] [183]

Ülke	Sektör	Yıllık Enerji Tüketimi (BTEP)		Toplam Yatırım (bin TL)		Yıllık Enerji Tasarrufu (bin TL)	
		2020	2030	2020	2030	2020	2030
Hindistan	Çimento	29.926	59.374	103.969	353.887	31.814	117.416
	Demir-çelik	88.464	163.291	85.602	280.420	142.014	532.634

Kaynak: DECS, 2010: 18, 20, 88.

Tablo 5.4'te de görüldüğü üzere, Hindistan'da 2020 ve 2030 yıllarına kadar çimento sektöründe yapılacak sırasıyla toplam 104 ve 354 milyon TL bilgi ve iletişim teknolojileri yatırımına karşılık yıllık 32 ve 117 milyon TL tutarında enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Demir-çelik sektöründe ise 86 ve 280 milyon TL'lik bilgi ve iletişim teknolojileri yatırımı karşılığında yıllık 142 ve 533 milyon TL'lik geri dönüş olacağı tahmin edilmektedir. Yatırım değerlendirme metotlarından basit geri ödeme süresi yöntemi uygulandığında, Hindistan çimento sektöründe yapılacak bilgi ve iletişim teknolojileri yatırımlarının yaklaşık 3 yılda kendini amorti edeceği, demir-çelik sektöründe ise bu sürenin bir yıldan kısa olacağı görülmektedir. Türkiye'de bahsi geçen sektörlerin Hindistan'a kıyasla önemli yapısal farklılıklar göstermesi muhtemeldir. Bununla birlikte, çimento ve demir-çelik sektörlerinde yapılacak bilgi ve iletişim teknolojileri yatırımlarının potansiyel fayda ve maliyetlerine ilişkin gerçekleştirilen bu analizin, ülkemiz sanayi sektöründe yeşil bilişim uygulamaları sayesinde elde edilebilecek iyileştirmeler için gösterge niteliği taşıdığı değerlendirilmektedir.

5.3.2. Ulaştırma

2008 yılında ABD'de gerçekleştirilen bir çalışmada, California eyaletinde yer alan Oakland ve Fremont kentleri arasındaki 55 km'lik karayolunda hayata geçirilecek; yolcu ve sürücü bilgi sistemi, trafik yönetim sistemi ve elektronik ödeme sistemi gibi unsurlardan oluşan kapsamlı bir akıllı ulaşım sistemi uygulamasının toplam yatırım maliyetinin 9.215.000 ABD Doları olacağı hesaplanmıştır[184]. Bahsi

[181] 1 BTEP = 41.870.000 joule.
[182] TCMB ve Hindistan Merkez Bankası verilerine göre 2010 yılı için 1 TL = 30,49 Hindistan Rupisi.
[183] 2010 yılı fiyatlarıyla.
[184] US DOT, 2008: A-2.

geçen akıllı ulaşım sistemi uygulaması sayesinde toplam yakıt tüketiminde yıllık 12,4 milyon ABD Doları tasarruf sağlanacağı tahmin edilmiştir[185]. Bununla birlikte, akıllı ulaşım sistemi kurulumu ile elde edilecek tasarruf miktarının uygulama yapılan yoldaki trafik yoğunluğuyla doğrudan ilişkili olması dolayısıyla, söz konusu potansiyel yakıt tasarrufu, ülke çapındaki karayolu ağının farklı kesimlerindeki trafik yoğunluğuna göre çeşitlilik arz edecektir.

Ayrıca, ileri ulaştırma yönetim sistemleri yakıt tüketiminde sağladığı tasarrufların yanında, araçların yıpranması, trafik kazaları, trafikte kaybolan zaman, çevreye olan olumsuz etkiler vb. bakımından ortaya çıkan çeşitli dolaylı maliyetlerde de önemli düşüşleri beraberinde getirmektedir. Enerji verimliliği artışları ile ilgili hesaplamalara dâhil edilmeyen bu iyileştirmeler de dikkate alındığında ülke genelinde kurulacak bir ileri ulaşım yönetim sisteminin fayda maliyet karşılaştırması çok daha olumlu sonuçlar verecektir.

Akıllı ulaşım sistemi uygulamalarının Türkiye'de karayolu ulaşımında hayata geçirilmesi durumunda söz konusu olacak fayda ve maliyetler Karayolu Ulaşımında Akıllı Ulaşım Sistemleri başlıklı çalışmada hesaplanmıştır. Buna göre, akıllı ulaşım sistemlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması için ihtiyaç duyulacak yıllık yaklaşık 16,4 milyar TL altyapı yatırımına karşılık; yakıt tüketimi, araç yıpranması, trafik kazaları, zaman kaybı ve çevresel zararlardan dolayı oluşacak maliyetlerde yıllık toplam 33 milyar TL'lik tasarruf gerçekleşeceği tahmin edilmiştir[186]. Bu bağlamda, söz konusu uygulamaların Türkiye çapında yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmaların hızlandırılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

5.3.3. Binalar

ICT PSP Programı bünyesinde 2012 yılı Ocak ayında başlatılan Smartspaces Projesi ile Avrupa genelinde belirlenen pilot binalarda bilgi ve iletişim teknolojileri çözüm ve uygulamaları sayesinde enerji verimliliği artışlarının sağlanması hedeflenmektedir. Söz konusu pilot uygulama binalarından biri İstanbul Büyükşehir Belediyesi Spor A.Ş.'ye ait olan Fatih Spor Kompleksi'dir. 2007 yılında inşa edilen

[185] US DOT, 2008: D-5.
[186] Yılmaz, 2012: 114.

ve 22.000 metrekarelik bir alana sahip olan Kompleks'in 2010 yılı itibarıyla yıllık toplam enerji tüketimi 505,2 TEP olarak gerçekleşmiştir. Proje kapsamında, hâlihazırda yalıtımsız durumda olan Fatih Spor Kompleksi'nde gerekli yenileme çalışmaları yapıldıktan sonra bina ve aydınlatma otomasyon sistemleri, enerji yönetim sistemi ve enerji karar destek sistemi kurulumu gerçekleştirilecektir. Söz konusu çalışmalar için öngörülen toplam maliyet 382.200 Avro (894.000 TL)'dur [187]. Proje sonucunda Fatih Spor Kompleksi'nin enerji tüketiminde yüzde 30 dolayında bir düşüşün sağlanması öngörülmektedir[188]. Kompleksin yıllık enerji tüketiminin 2012 yılı fiyatlarıyla yaklaşık 839 bin TL tutarında olduğu dikkate alındığında, Proje sayesinde yıllık 252 bin TL'lik bir enerji tasarrufu sağlanabileceği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla Proje kapsamında yapılacak yaklaşık 894 bin TL'lik yatırımın 3,5 yılda geri dönmesi beklenmektedir. Bu sonuçlara göre, akıllı bina sistemi kurulumunun son derece uygun bir yatırım olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, akıllı bina sistemlerinin uygulanması için üstlenilecek maliyetler ile bunlardan sağlanacak faydaların binaların özelliklerine göre farklılık gösterebileceği değerlendirilmektedir.

5.3.4. Elektrik Şebekeleri

ABD genelinde kurulacak bir akıllı elektik şebekesinin olası maliyetlerini ve faydalarını ortaya koymak amacıyla "Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü" (Electric Power Research Institute) tarafından 2011 yılında "Akıllı Şebekenin Maliyet ve Faydalarının Tahmin Edilmesi" (Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid) başlıklı bir rapor hazırlanmıştır. Söz konusu Rapor'daki hesaplamalarda akıllı şebekenin kurulabilmesi için, elektrik şebekesinde yer alan iletim hatları, trafo merkezleri, dağıtım ağı ve son kullanıcı noktaları gibi tüm unsurlarda ihtiyaç duyulacak akıllı şebeke bileşenlerine ilişkin maliyetler dikkate alınmıştır. Bu yatırımlar neticesinde elde edilecek faydalar değerlendirilirken verimlilik, güvenlik, çevre, enerji maliyeti, kalite ve güvenilirlik gibi açılardan ortaya çıkacak iyileştirmeler göz önünde bulundurulmuştur. Bunlardan, verimlilik ve enerji maliyeti

[187] TCMB verilerine göre 2012 yılı için 1 Avro = 2,34 TL.
[188] Eskiömeroğlu, 2012.

olarak adlandırılan bileşenler büyük oranda ve doğrudan enerji verimliliği ile ilgili iyileşmeleri içermektedir[189].

2010-2030 yılları arasındaki dönem dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda ABD genelini kapsayacak bir akıllı elektrik şebekesi kurmanın toplam maliyetinin yaklaşık 337,7 ile 476,2 milyar ABD Doları arasında olacağı ortaya konmuştur. Buna karşılık, söz konusu akıllı şebeke sayesinde elde edilecek toplam faydanın 1.294 ile 2.028 milyar ABD Doları arasında olması beklenmektedir. Bu faydanın 331 ile 476 milyar ABD Doları arasındaki kısmının enerji verimliliği artışları ile ilgili olacağı tahmin edilmiştir[190].

Görüldüğü üzere, ABD genelinde akıllı elektrik şebekesi kurulması için gerekli olacak toplam yatırım tutarı bu şebeke sayesinde elde edilecek enerji verimliliği artışları dolayısıyla ortaya çıkacak faydalar tarafından karşılanabilmektedir. Öte yandan, akıllı elektrik şebekesinden kaynaklanacak tüm faydalar dikkate alındığında ortaya çıkacak toplam faydanın yapılacak toplam yatırımın yaklaşık 4 katı kadar olacağı beklenmektedir. Buna göre, ülkemizin, elektrik şebekesi altyapısı bakımından ABD'ye göre bir takım farklılıklara sahip olması kuvvetle muhtemel olsa dahi, akıllı elektrik şebekesi yatırımları sayesinde önemli ekonomik, teknik ve çevresel faydalar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

5.4.Bölüm Değerlendirmesi

Türkiye'de enerji tüketimi giderek artmaktadır ve uluslararası kıyaslamalar dikkate alındığında enerji verimliliğinin artırılması bakımından ciddi bir potansiyel olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, ülkemizde bilgi ve iletişim teknolojileri önemli ölçüde yaygınlaşmakta fakat bu teknolojilerden yeterince nitelikli amaçlar doğrultusunda yararlanılamamaktadır. Bu noktada yeşil bilişim, gerek diğer sektörlerdeki enerji verimliliğini artırmak için etkin bir araç olması gerekse bilgi ve iletişim teknolojilerinden daha fazla istifade edilebilmesine imkân tanıması dolayısıyla ülkemiz için büyük önem taşımaktadır.

---

[189] EPRI, 2011: 1,8.
[190] EPRI, 2011: 4, 5, 9.

Bununla birlikte, yeşil bilişim uygulamalarına yönelik olarak yapılacak yatırımların rasyonel temellere dayanabilmesi için bunlarla ilişkili fayda ve maliyetlerin önceden analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde, SMART 2020 isimli raporda ortaya konan bulgular esas alınarak, Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarında sağlanabilecek enerji verimliliği artışlarına ilişkin tahminler yapılmıştır. Buna göre, Türkiye'de 2020 yılı itibarıyla, yeşil bilişim uygulamaları sayesinde, bahsi geçen sektörlerde gerçekleştirilen enerji tüketiminde ortalama yüzde 15'lik düşüş sağlanabileceği hesaplanmıştır. Ayrıca, dünyanın farklı bölgelerinde bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde diğer sektörlerde elde edilebilecek enerji verimliliği artışları ve bunlarla ilişkili maliyetlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar incelenmiştir. Genel olarak bakıldığında, söz konusu sektörlerde hayata geçirilen yeşil bilişim uygulamalarının önemli enerji verimliliği iyileştirmeleri sağlama potansiyeline sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Ayrıca, gerek sağladıkları enerji verimliliği artışları gerekse başkaca faydalar dolayısıyla diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin yatırımların maliyetlerini kısa sürelerde karşıladıkları görülmüştür.

Bu çalışmanın bir sonraki ve son bölümünde, yukarıdaki bulgular ışığında ulaşılan sonuçlar özetlenecek ve Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla diğer sektörlerde enerji verimliliği artışları sağlanması ile ilgili öneriler ortaya konacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerek bireysel gerekse toplumsal açıdan vazgeçilemez bir ihtiyaç konumunda olan enerjiye karşı olan talep giderek artmaktadır. Öte yandan, günümüzde tüketilen enerjinin sağlandığı birincil kaynak durumunda olan fosil yakıtların arzının devamlılığı ile ilgili ciddi endişeler bulunmaktadır. Bununla birlikte, alternatif enerji kaynaklarının fosil yakıtları yeterli düzeyde ikame edebilmesine yönelik çalışmalarda henüz istenilen aşamaya ulaşılamamıştır. Bu nedenle, tüketilen enerjinin mümkün olan en etkin biçimde değerlendirilmesi, bir başka deyişle enerji verimliliğinin azami düzeye çıkarılması hayati öneme sahip bir öncelik durumundadır.

Dünya genelinde, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik olarak ortaya konan çabalar kapsamında bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılması ön plana çıkan bir gündem maddesidir. Son dönemde bilgi ve iletişim teknolojileri alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiş; bu teknolojiler ekonomik ve sosyal hayatın genelinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve önemli dönüşümlere yol açmıştır. Söz konusu gelişmeler neticesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden diğer alanlardaki sorunların çözümünde ve bu alanlarda çeşitli iyileştirmelerin sağlanmasında faydalanılması olanaklı hale gelmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin bir araç olarak kullanılmasının hedeflendiği alanlardan biri de enerji verimliliğinin artırılması konusudur. Bu doğrultuda, hem daha az enerji tüketimine neden olan bilgi ve iletişim teknolojileri ürün ve hizmetlerini, hem de diğer alanlardaki enerji verimliliğinin artırılmasını sağlayan bilgi ve iletişim teknolojileri uygulamalarını kapsayan yeşil bilişim kavramı ortaya çıkmıştır.

Yeşil bilişimin enerji verimliliği ve çevre ile ilgili etkileri; bilgi ve iletişim teknolojileri sektörüne ilişkin doğrudan etkiler, diğer sektörlere ilişkin yardımcı etkiler ve insanların uzun dönemli davranış değişikliklerine ilişkin sistemik etkiler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliğinin artırılması konusunda en büyük potansiyel diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına aittir. Bu kapsamda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin en fazla enerji tüketiminin gerçekleştiği sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji gibi

sektörlerde yoğun olarak kullanılması ile akıllı üretim sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı bina sistemleri ve akıllı elektrik şebekeleri ortaya çıkmaktadır. Söz konusu akıllı uygulamalar sayesinde bahsi geçen sektörlerdeki bilgi yoğunluğu artmakta; gerçekleştirilen faaliyetler daha hızlı, doğru ve etkin bir biçimde yerine getirilebilmekte; böylece enerji verimliliğinde önemli artışlar sağlanmakta ve çevreye verilen zararlar azaltılmaktadır.

Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarından azami faydanın elde edilebilmesi gerek ulusal gerekse uluslararası platformlarda ön plana çıkan bir öncelik konumuna gelmiştir. Bu doğrultuda dünya genelinde hayata geçirilen strateji, politika ve uygulamalara ilişkin temel hususlar şöyle özetlenebilir:

- Yeşil bilişim konusuna ilişkin politikalar, bilgi ve iletişim teknolojileri alanına yönelik olarak hazırlanan strateji belgelerinin önemli bir parçasını teşkil edebildikleri gibi müstakil politika belgeleri kapsamında da ortaya konabilmektedir.
- Bilgi ve iletişim teknolojileri, enerji, çevre, ekonomi, bilim ve teknoloji, sanayi, ulaştırma, iskân gibi konulardan sorumlu olan kamu otoriteleri arasında yakın işbirliği ve koordinasyonun tesis edilmesi; bu alanlara yönelik oluşturulacak strateji ve politikaların birbiriyle uyumlu ve yeşil bilişim konusunu dikkate alan bir biçimde geliştirilmesi önem arz etmektedir.
- Devletler, yeşil bilişim alanındaki Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetlerini doğrudan mali destekler, vergi indirimleri, teknik destek programları, kamu-özel işbirlikleri gibi mekanizmalarla desteklemekte, ayrıca bazı durumlarda söz konusu faaliyetleri bizzat yürütebilmektedir.
- Ülkeler sahip oldukları özelliklere göre diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının yaygınlaştırmasında bir takım önceliklendirmeler yapmakta; söz konusu uygulamalara ilişkin Ar-Ge faaliyetlerinde ise belirli alt alanlara odaklanmaktadır.
- Önemli boyutlarda altyapı yatırımı gerektiren akıllı ulaşım sistemi ve akıllı elektrik şebekeleri ile ilgili yaygınlaştırma çalışmalarında kamuya

ait mali kaynakların kullanılması kritik önemdedir. Çoğunlukla özel kesim mülkiyetinin söz konusu olduğu sanayi ve binalar alanlarında hayata geçirilecek akıllı uygulamalarda ise kamuya düşen rol daha çok yönlendirme ve teşvik etme şeklinde olmaktadır.

- Vatandaşlar, özel sektör, kamu kurumları gibi konuyla ilgili olabilecek tüm kesimlerin bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak elde edilebilecek enerji verimliliği artışları konusunda yeterli bilinç düzeyine sahip olmalarının sağlanması ve yeşil bilişim ürün ve hizmetlerinin kullanımın özendirilmesi önem arz etmektedir.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının hayata geçirilmesi bir anda ve topyekûn yapılabilecek bir değişim değil; belirli kısıt ve önceliklere göre gerçekleştirilebilecek evrimsel bir dönüşüm sürecidir.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının sadece teknik açıdan değil hukuki, yasal, tüketici davranışları, güvenlik gibi açılardan da uygulanabilir olmasına dikkat edilmektedir.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının büyük çapta hayata geçirilmesinden önce bunlara ilişkin olarak gerçekleştirilen pilot projeler, söz konusu yeniliklerin tüm açılardan uygulanabilirliğinin analiz edilmesini sağlamaktadır.
- Kamu kurumları diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının gerek geliştirilmesinde gerekse ticarileştirilip yayınlaştırılmasında öncü rol oynamaktadır.
- Sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarına yönelik bazı yeşil bilişim ürün ve hizmetleri bu alanlardan aynı anda birkaçının kapsamına girebilmektedir. Dolayısıyla farklı sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin çalışmalar birbirleriyle uyumlu bir biçimde yürütülmektedir.
- Yeşil bilişimden elde edilebilecek faydalara ilişkin beklentiler sadece enerji verimliliği artışları ile sınırlandırılmamakta; ihracat kapasitesi, ekonomik büyüme, yenilikçilik, rekabetçilik, istihdam gibi alanlardaki etkiler de göz önünde bulundurulmaktadır.

- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasının yanında bunlarla ilgili gerekli bilgi ve becerilere sahip insan kaynağının yetiştirilmesine de önem verilmektedir.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarına ilişkin standartların belirlenmesi ve gerek farklı sektörlerdeki gerekse aynı sektörün farklı kısımlarındaki yeşil bilişim uygulamalarının birlikte çalışabilirliğinin temin edilmesi önem arz etmektedir.
- Sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji gibi alanlarda bilgi ve iletişim teknolojilerinin yoğun olarak kullanılmasıyla bu sektörlerdeki unsurlara ve faaliyetlere ilişkin toplanan bilginin miktarında önemli artışlar olmaktadır. Dolayısıyla, söz konusu bilgilerin güvenliğinin sağlanması ve mahremiyetinin korunması göz önünde bulundurulması gereken bir husus olarak ortaya çıkmaktadır.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının hayata geçirilmesiyle ortaya çıkan fayda ve maliyetlerin düzenli olarak izlenmesi önem arz etmektedir.

Türkiye'de, gelinen aşama itibarıyla yeterli olmamakla birlikte, dünya genelindeki gelişmelere paralel olarak son dönemde bilgi ve iletişim teknolojileri alanına verilen önem artmıştır. Fakat bu alanda geliştirilen strateji ve politikalarda yeşil bilişim konusunun özel olarak ele alındığını söylemek mümkün değildir. Bununla birlikte, diğer sektörlere yönelik olarak ortaya konan bazı politika ve uygulamalar bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliği artışları sağlanması konusunu da kapsayabilmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri alanına ilişkin politikaların yeşil bilişim konusuna henüz yeterli seviyede eğilememiş olmasının bir yansıması olarak, 2007 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Kanunu'nda enerji verimliliğinin artırılması için belirlenen önlemler arasında bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalardan yararlanılmasından bahsedilmemiştir. Diğer taraftan, 2012 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)'nde sanayi, ulaştırma, binalar ve elektrik şebekeleri alanlarına yönelik bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı

akıllı uygulamalarla ilgili eylemlere yer verilmiştir. Fakat söz konusu Strateji Belgesi'nin enerji verimliliğine ilişkin analizlere ayrılan kısmında bilgi ve iletişim teknolojilerine dair bir atıf bulunmamaktadır.

Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi ile Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016) bilgi ve iletişim teknolojileri ve enerji sektörlerini stratejik önceliğe sahip alanlar olarak nitelendirmektedir. Söz konusu belgelerde ortaya konan, Ar-Ge faaliyetlerinin odaklanacağı alt konular arasında bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarındaki enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin teknolojiler de yer almaktadır. Bu bağlamda, ülkemizde diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim teknolojilerinin geliştirilmesine dair bir vizyon ve belirli önceliklendirmeler olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte, bu alanda arzu edilen seviyeye gelinemediği ortadadır. Dünya genelindeki başarılı örneklerin aksine, yeşil bilişim konusuna özgü araştırmaların yürütülmesine yönelik kurumsal yapılanmaların ve yeşil bilişim konusunda yürütülecek Ar-Ge faaliyetlerine özgü destek programlarının bulunmayışı bu durumda etkili olmaktadır.

Ülkemizde, bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak sanayi alanındaki enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin özel bir politika ya da kamu eliyle yürütülmekte olan somut bir uygulama bulunmamakta; devletin bu konudaki rolü daha çok eğitim, bilinçlendirme, yönlendirme vb. şeklinde olmaktadır. Üretici firmalar kendi finansal ve operasyonel kararları çerçevesinde bilgi ve iletişim teknolojileri yatırımları gerçekleştirmekte ve bu teknolojileri giderek artan bir yoğunlukta kullanmaktadırlar. Fakat enerji verimliliği ve başkaca iyileştirmeler sağlayacak akıllı üretim sistemi uygulamalarının yaygınlığı konusunda alınması gereken ciddi mesafeler bulunmaktadır. Bu konuda, idari, teknik ve finansal kapasite açısından kısıtlı imkânlara sahip olan küçük firmalar daha dezavantajlı bir durumdadır.

Türkiye'de, akıllı ulaşım sistemleri konusunda diğer sektörlerdeki yeşil bilişim uygulamalarına kıyasla gerek politika oluşturma gerekse yaygınlaştırma bakımından daha fazla mesafe kat edildiğini söylemek mümkündür. Türkiye Ulaşım

ve İletişim Stratejisi yeşil bilişimin önemine dikkat çekmenin ötesinde, tüm ulaştırma modlarında akıllı ulaşım sistemlerinden yararlanılmasına yönelik hedef ve öncelikleri ortaya koymaktadır. Gerek Karayolları Genel Müdürlüğü gerekse yerel yönetimler karayolu ağının sorumlu oldukları kısımlarında belirli kapsamlarda akıllı ulaşım sistemi uygulamalarının hayata geçirilmesine yönelik çalışmalar yürütmektedir. Diğer taraftan, söz konusu faaliyetlerin belirlenen hedef ve öncelikler doğrultusunda ve birbirleriyle uyumlu bir biçimde gerçekleştirilmesini temin etmesi beklenen Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve eki Eylem Planı'nın hazırlanmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Ülkemizde, binalardaki enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin mevzuatta yer alan yönlendirme ve zorunluluklar kapsamında bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalara dair hususlar da bulunmaktadır. Fakat söz konusu yönlendirme ve zorunlulukların daha etkin bir biçimde uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, yapılan yönlendirme ve getirilen zorunlulukların yanında akıllı bina sistemlerinin kullanımını aktif bir şekilde teşvik edecek mekanizmaların hayata geçirilmesi de önem arz etmektedir.

Elektrik üretim, iletim ve dağıtımında verimliliği artırmak amacıyla akıllı şebeke uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yönelik politikalar doğrultusunda, Türkiye'de hâlihazırda bir takım uygulamalar hayata geçirilmiş durumdadır. Ayrıca, hem teknik açıdan daha ileri düzeyde akıllı şebeke sistemlerinin oluşturulmasına hem de söz konusu uygulamaların daha geniş alanları kapsamasına yönelik çalışmalar kamu kesimi ve özel sektör tarafından yürütülmektedir. Ülke genelinde hayata geçirilecek akıllı şebeke sistemlerinin gerek fayda ve maliyetlerinin gerekse tüm açılardan uygulanabilirliğinin analiz edilmesi ve bu doğrultuda önceliklerin belirlenmesi, yürütülmekte olan geliştirme ve yaygınlaştırma çalışmalarına yol gösterici olması açısından hayati önem taşımaktadır.

Öte yandan, enerji tüketiminin giderek artmakta olduğu ülkemizde bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde enerji verimliliğinde önemli artışlar sağlamasının mümkün olacağı tahmin edilmektedir. Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamaları sayesinde elde edilebilecek enerji verimliliği artışları ve bunların ortaya

çıkabilmesi için üstlenilmesi gereken maliyetler, dünya genelindeki benzer çalışmalara ait bulgulardan istifade edilerek, analiz edilmiştir. Yapılan projeksiyona göre 2020 yılında toplam enerji tüketimi 136.358 BTEP'e ulaşması beklenen Türkiye'de, bilgi ve iletişim teknolojileri tabanlı çözüm ve uygulamalar vasıtasıyla sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarında sırasıyla 6.760, 2.176, 6.708, 5.040 BTEP; toplamda ise 20.684 BTEP gibi önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlanması mümkün görünmektedir. Ayrıca, bahsi geçen alanlarda hayata geçirilen yeşil bilişim yatırımlarının, gerek sağladıkları enerji verimliliği artışları gerekse diğer faydalar dolayısıyla maliyetlerini kısa sürelerde karşıladıkları görülmüştür. Sonuç olarak, Türkiye'nin sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji sektörlerinde hayata geçirilecek yeşil bilişim uygulamaları sayesinde önemli enerji verimliliği iyileştirmeleri sağlama potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada ulaşılan tüm sonuçlar dikkate alındığında Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliği artışları sağlanması konusunda azami faydanın elde edilebilmesi için aşağıda belirtilen hususların dikkate alınmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir:

Politika ve Mevzuat:

- Bilgi ve iletişim teknolojileri alanına yönelik olarak hazırlanan politika belgeleri, yeşil bilişim konusunu özel olarak ele almalı; ülkemizin bu alandaki hedef ve öncelikleri ile bunlar doğrultusunda atılması gereken adımları belirlemelidir.
- Gerek enerji verimliliğine ilişkin genel politika belgeleri ve mevzuat gerekse çeşitli sektörlere yönelik hazırlanan diğer politika metinleri ve yasal düzenlemeler yeşil bilişim ile ilgili olarak geliştirilecek strateji, politika ve uygulamaları gözetecek şekilde güncellenmelidir. Bu çerçevede; başta sanayi, ulaştırma, şehircilik ve enerji olmak üzere ilgili tüm alanlardaki politikalar yeşil bilişim sayesinde elde edilebilecek faydaları da dikkate alacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının yaygınlaşmasını teşvik etmek amacıyla bu teknolojilerin kullanımı sonucunda belirli

seviyelerde enerji verimliliği artışları sağlayan bireysel ve kurumsal kullanıcılara vergi indirimi benzeri teşvikler getirilmelidir.

- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamalarının birbirleriyle uyumlu bir biçimde ve hedeflenen faydaları sağlayacak şekilde çalışmasını garanti etmek amacıyla bunlara ilişkin standartlar belirlenmeli ve bu standartlara uyulması sağlanmalıdır.
- Akıllı ulaşım sistemlerinin ülke genelinde, doğru ve hızlı bir biçimde yaygınlaştırılmasını temin etmek amacıyla hazırlanması planlanan akıllı ulaşım sistemleri stratejisi ivedilikle tamamlanmalıdır. Söz konusu strateji, ortaya konacak olan politika, hedef ve önceliklerin hayata geçirilebilmesi için atılması gereken somut adımları da belirlemelidir.
- Bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılarak binalardaki enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin yönlendirme ve zorunluluklar uygun denetim mekanizmaları vasıtasıyla etkinleştirilmeli, bunların yanında akıllı bina sistemlerinin kullanımını teşvik edecek yeni araçlar geliştirilmelidir.
- Yeni inşa edilen binalarda temel akıllı bina sistemlerinin bulunmasına dair zorunluluklar getirilmelidir.

Kurumsal Düzenleme:

- Yeşil bilişim ile ilgili alanlarda, politika geliştiren veya düzenleme ve denetleme işlevlerini yürüten kamu kurumları; üniversiteler; özel sektör kuruluşları gibi paydaşların gerek sektörel gerekse sektörler arası düzeyde işbirliği ve koordinasyonu sağlanmalıdır. Söz konusu işbirliği ve koordinasyon neticesinde elde edilen sonuçların etkin bir biçimde paylaşılmasını temin edecek ortak platformlar oluşturulmalıdır.
- Yeşil bilişim ile ilgili olarak devlet tarafından yürütülecek her türlü teknik ve idari faaliyet ile mali programların koordinasyonunu üstlenecek bir kurumsal yapılanma oluşturulmalıdır.
- Sanayi, ulaştırma, binalar ve enerji alanlarından birinci derecede sorumlu olan bakanlıklarda da söz konusu yeşil bilişim yapılanması ile uyumlu bir

biçimde faaliyet gösterecek ve kendi alanlarına yönelik yeşil bilişim uygulamalarına odaklanacak oluşumlar tesis edilmeli ya da mevcut birimlerin görev ve sorumlulukları bu doğrultuda güncellenmelidir.

Uygulama ve Yaygınlaştırma:

- Bilgi ve iletişim teknolojileri vasıtasıyla enerji verimliliğini artırmaya yönelik uygulamaların, teknik ve mali kısıtları gözeterek, belirli önceliklendirmeler doğrultusunda kademe kademe yaygınlaştırılması sağlanmalıdır. Erken aşamalarda hayata geçirilen yeşil bilişim uygulamalarının daha sonraki dönemlerde geliştirilebilecek şekilde ve yeni kurulacak uygulamalarla uyum sağlayacak yapıda olmasına özen gösterilmelidir.
- Yeşil bilişim çözüm ve uygulamaları sayesinde elde edilebilecek enerji verimliliği iyileştirmeleri ve diğer faydalar konusundaki farkındalığın artırılması amacıyla kampanya, konferans, toplantı, yarışma, reklam gibi araçlardan yararlanılarak bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmelidir.
- Kamu alımları, yurtiçinde geliştirilen yeşil bilişim ürün ve hizmetlerinin ticarileştirilip yaygınlaştırılmasında bir araç olarak kullanılmalıdır.
- Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde diğer sektörlerde enerji verimliliği artışları sağlamaya yönelik sistemlerin çeşitli açılardan uygulanabilirliğinin test edilmesi, bunlardan azami ölçüde faydalanılabilmesine yönelik önlemlerin alınması ve bunların en etkin ve kolay bir biçimde yaygınlaştırılmasının temin edilmesi amacıyla daha kapsamlı tekrarlanabilir pilot projeler hayata geçirilmelidir. Söz konusu pilot projeler hem münferit sektörlerdeki yeşil bilişim uygulamalarına özel olarak hem de farklı sektörlerdeki yeşil bilişim uygulamalarının bir arada bulunduğu daha genel projeler şeklinde tasarlanmalıdır.
- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamaları yaygınlaştırılırken bu sistemlerde toplanan verilerin güvenliğinin sağlanması ve kişisel bilgilerin mahremiyetinin korunması için gerekli yasal düzenlemeler ve teknik tedbirler hayata geçirilmelidir.

- Sektörün özellikleri ve firmanın ihtiyaçları doğrultusunda projelendirilmiş akıllı üretim sistemi kurulum çalışmaları finansal olarak desteklenmelidir. Bu sayede, firmaların akıllı üretim sistemlerini kullanarak enerji verimliliği ve diğer konularda sağlayacağı iyileştirmelerin yanında, yerli sanayinin güçlendirilmesine de katkı sağlanacaktır.
- Akıllı üretim sistemlerinin yaygınlaştırılması desteklenirken gerek teknik ve mali kapasiteleri gerekse yürüttükleri faaliyetlerin özellikleri açısından önemli farklar gösteren büyük sanayi kuruluşları ile KOBİ'lere yönelik farklı yaklaşımlar benimsenmelidir.
- Firmalara yol gösterici olması ve bu konudaki teknik kapasitenin artırılması amacıyla, özellikle sanayi kuruluşlarının yoğun olarak bulunduğu bölgelerde, örnek akıllı üretim sistemi uygulamalarının hayata geçirildiği model fabrikalar oluşturulmalıdır.
- Karayollarına yönelik yatırım planları idame, yenileme ve yeni yol yapım çalışmalarının yanında akıllı ulaşım sistemlerinin yaygınlaştırılmasını da dikkate alacak şekilde oluşturulmalıdır.
- Mevcut bina stokunun önemli bir bölümünü oluşturan eski binaların bilgi ve iletim teknolojilerinin sunduğu imkânlardan yararlanılarak enerjinin daha verimli tüketildiği mekânlar haline dönüştürülmesine yönelik yenileme çalışmaları yerel yönetimlerin de desteğiyle ve geniş çaplı proje ve kampanyalar kapsamında sağlanmalıdır.
- Kamu binalarına yönelik olarak geliştirilecek projeler vasıtasıyla akıllı bina sistemlerinin yaygınlaştırılmasına öncülük edilmelidir.
- Enerjiye olan talebin belirli zaman dilimleri içerisinde daha düzgün dağılmasını ve böylece sistemin etkinliğinin artmasını sağlamak amacıyla dinamik fiyatlandırma uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.
- Akıllı elektrik şebekelerinin fayda, maliyet, uygulanabilirlik vb. açılardan incelenmesi ve bu konuda gerek devlet eliyle gerekse özel kesim tarafından yürütülecek çalışmalara yol gösterici olması amacıyla kapsamlı bir analiz çalışması yapılmalıdır.

- Gerek özel sektöre gerekse kamuya ait elektrik dağıtım şirketleri tarafından gerçekleştirilecek akıllı şebeke yatırımlarının uyumu sağlanmalı, gereken alanlarda kamu kaynakları kullanılarak tamamlayıcı ve destekleyici yatırımlar yapılmalıdır.

Ar-Ge ve Üretim:

- Yeşil bilişim teknolojilerinden elde edilebilecek ekonomik ve sosyal faydaların azami düzeye çıkarılması amacıyla, bu teknolojilere ilişkin ürün ve hizmetlerin yurtiçinde geliştirilip üretilmesine yönelik faaliyetler yoğunlaştırılmalıdır.
- Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi ve bununla ilişkili diğer belgelerde ortaya konan öncelikli teknolojiler gözden geçirilerek yeşil bilişim alanında yürütülecek Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetlerinin odaklanması gereken alt konular belirlenmelidir.
- Yeşil bilişim konusunda oluşturulacak teknik kapasite kullanılarak öncelikli alt konulardaki Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetleri bizzat devlet tarafından ya da kamu-özel işbirlikleri kurmak suretiyle yürütülmelidir.
- Özel sektör ve üniversiteler tarafından yeşil bilişim konusunda yürütülen Ar-Ge ve yenilikçilik faaliyetleri bu alana özel olarak oluşturulan bir destek programı kapsamında mali katkı, teknik destek, yönlendirme, eğitim vb. araçlarla desteklenmelidir.

İnsan Kaynağı ve Teknik Kapasite:

- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim uygulamaları konusunda yeterli teorik ve pratik bilgiye sahip uzmanlar, gerekirse yurtdışı eğitim ve staj olanaklarından da yararlanmak suretiyle, yetiştirilmelidir.
- Dünya genelinde yeşil bilişim konusunda önemli mesafe kat etmiş ülkeler ile kurulacak teknik işbirlikleri vasıtasıyla ihtiyaç duyulan bilgi, tecrübe ve teknolojilerin aktarımı sağlanmalıdır.

- Diğer sektörlere yönelik yeşil bilişim teknolojilerinin yurtiçinde geliştirilmesine yönelik faaliyetlerin yanında, bu konuda gelinen aşamadan bağımsız olarak, söz konusu ürün ve çözümlerin kurulumu ve uygulanmasına yönelik yetkinlikler edinilmeli ve bu hizmetlerin ihraç edilebilmesine yönelik çalışmalar yürütülmelidir. Bu amaç doğrultusunda, yeşil bilişim alanında nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine yönelik eğitim programları oluşturulmalıdır.
- İlgili yüksek öğrenim bölümlerinin müfredatları öğrencilerin yeşil bilişim konusunda uzmanlaşmalarına imkân tanıyacak şekilde güncellenmelidir.

EK: Türkiye'de Sektörler İtibarıyla Enerji Tüketimi

Türkiye'de 1986-2011 Döneminde Sektörler İtibarıyla Enerji Tüketimi (BTEP)

	Sanayi	Ulaştırma	Binalar	Enerji	Diğer	Toplam
1986	10.146	6.823	14.925	7.884	2.695	42.473
1987	12.038	7.586	16.007	8.187	3.065	46.883
1988	12.583	8.128	16.206	8.176	2.817	47.910
1989	13.219	8.178	16.319	10.310	2.679	50.705
1990	14.542	8.723	15.358	11.377	2.987	52.987
1991	15.181	8.304	15.915	11.698	3.179	54.277
1992	15.181	8.545	16.714	12.526	3.444	56.410
1993	16.333	10.419	16.934	12.386	4.193	60.265
1994	15.272	9.907	16.333	13.786	3.829	59.127
1995	17.372	11.066	17.596	13.703	3.866	63.603
1996	20.050	11.778	18.466	15.212	4.357	69.863
1997	21.790	11.339	19.704	16.335	4.611	73.779
1998	21.555	10.760	19.278	18.017	5.000	74.610
1999	19.873	11.351	18.978	19.269	4.804	74.275
2000	24.501	12.008	20.058	18.945	4.988	80.500
2001	21.324	12.000	18.122	19.354	4.690	75.490
2002	24.782	11.405	18.463	18.845	4.836	78.331
2003	27.777	12.395	19.634	18.836	5.184	83.826
2004	29.358	13.907	20.252	18.814	5.488	87.819
2005	28.084	13.849	22.923	19.564	6.655	91.075
2006	30.996	14.994	23.860	22.201	7.773	99.824
2007	32.466	17.282	24.623	24.879	8.376	107.626
2008	25.677	16.044	28.323	26.779	9.515	106.338
2009	25.966	15.916	29.466	25.565	9.225	106.138
2010	30.628	15.328	28.868	25.894	8.548	109.266
2011	30.830	15.950	29.974	27.528	10.198	114.480

Kaynak: ETKB, 2013.

KAYNAKLAR

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (05.12.2008 tarih, 27075 sayılı T.C. Resmi Gazete).

BLACK, W. R., M. van GEENHUIZEN, "ICT Innovation and Sustainability of the Transport Sector", EJTIR, Vol. 6, No.1, 2006, pp. 39-60.

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB), *Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2020)*, Ankara, Nisan 2010.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), Binalarda Enerji Verimliliği, (çevrimiçi) http://www.bep.gov.tr/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), *İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (2011-2020)*, Ankara, Temmuz 2011.

DAVIS, J., T. EDGAR, J. PORTER, J. BERNADEN, M. S. SARLI, "Smart Manufacturing, Manufacturing Intelligence and Demand-Dynamic Performance", FOCAPO 2012 Etkinliği, Georgia, ABD, 11 Ocak 2012.

DEANGELIS, L., "Virtualization: Transforming the Datacenter", *IT Matters*, Vol.1, No.3, Spring 2010, pp.1.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *2006 Yılı Programı,* Ankara, 2005.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *9. Kalkınma Planı (2007-2013)*, Ankara, 2006. (2006a)

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Bilgi Toplumu İstatistikleri 2011,* Ankara, 2011.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Bilgi Toplumu Stratejisi Eki Eylem Planı*, Ankara, 2006. (2006b)

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Bilgi Toplumu Stratejisi Eki Eylem Planı Değerlendirme Raporu 5*, Ankara, 2010.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Bilgi Toplumu Stratejisi*, Ankara, 2006. (2006c)

Digital Energy Solutions Consortium (DESC), *ICT's Contribution to India's National Action Plan on Climate Change: National Mission for Enhanced Energy Efficiency,* 2010.

Electric Power Research Institute (EPRI), *Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid,* 2011.

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (25.10.2008 tarih, 27035 sayılı T.C. Resmi Gazete).

Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına (ENAR) Dair Yönetmelik (08.06.2010 tarih, 27605 sayılı T.C. Resmi Gazete).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Enerji İstatistikleri, (çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=y_istatistik&bn=244&hn=244&id=398, erişim tarihi: 17 Mart 2013.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)*, Ankara, Şubat 2012. (2012)

ESKİÖMEROĞLU, Başak, "Smartspaces Projesi İBB Fatih Spor Kompleksi Pilotu", 6 Temmuz 2012, yazılı mülakat.

European Commission (EC), *A Digital Agenda for Europe*, 2010.

European Commission (EC), *A European Economic Recovery Plan*, 2008. (2008a)

European Commission (EC), Competitiveness and Innovation Framework Programme, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/cip/index_en.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012a)

European Commission (EC), *Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment*, 2003.

European Commission (EC), Energy Efficient Buildings, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/buildings/index_en.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012b)

European Commission (EC), Energy Efficient Manufacturing Projects, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/funding/prj_manuf/index_en.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012c)

European Commission (EC), *ICT for a Low Carbon Economy, Smart Buildings*, 2009. (2009a)

European Commission (EC), *ICT for a Low Carbon Economy, Smart Electricity Distribution Networks*, 2009. (2009b)

European Commission (EC), *ICT for Energy Efficiency Ad-Hoc Advisory Group Report*, 2008. (2008c)

European Commission (EC), Smart Building Projects, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/funding/prj_buidings/index_en.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012d)

European Commission (EC), Smart Grids Projects, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/funding/prj_grids/index_en.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012e)

European Commission (EC), Smart Grids, (çevrimiçi) http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/grids/index_en.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012f)

European Commission (EC), The FP7 ICT Research Programme, (çevrimiçi) http://cordis.europa.eu/fp7/ict/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012g)

European Commission (EC), *CIP Information and Communication Technologies Policy Support Programme, ICT PSP Work Programme 2010*, 2010. (2010b)

European Commission (EC), *CIP Information and Communication Technologies Policy Support Programme, ICT PSP Work Programme 2008*, 2008. (2008b)

European Commission (EC), *The Seventh Framework Programme, ICT Work Programme 2009-2010*, 2009. (2009c)

European Commission (EC), *The Seventh Framework Programme, ICT Work Programme 2011-2012*, 2011.

European Commission (EC), *The Seventh Framework Programme, ICT Work Programme 2007-2008*, 2007.

EZELL, S., *Intelligent Transportation Systems*, çalışma raporu, Information Technology and Innovation Foundation (ITIF), 2010.

FIGUEIREDO, L., I. JESUS, J. A. T. MACHADO, J. R. FERREIRA, J. L. M. DE CARVALHO, "Towards the Development of Intelligent Transportation Systems", 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings, Oakland, ABD, 25-29 Ağustos 2001.

Germany Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), *Action Plan, Germany: Green IT Pioneer*, 2008. (2008a)

Germany Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), *e-Energy, ICT Based Energy System of the Future*, 2008. (2008b)

Germany Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), *ICT Strategy of the German Federal Government: Digital Germany 2015*, 2010.

GIANNOPOULOS, G. A., "The application of information and communication technologies in transport", Journal of Operational Research, Vol. 152, pp. 302-320, 2004.

Global eSustainability Initiative (GeSI), *Smart 2020: Enabling the low carbon economy in the information age,* 2008.

GREENBANG, "Eight definitions of smart buildings", (çevrimiçi) http://www.greenbang.com/from-inspired-to-awful-8-definitions-of-smart-buildings_18078.html, erişim tarihi: 27 Temmuz 2012.

IGEL Technology, "Under the Environmental Hood: Thin Clients versus Regular PCs", çalışma raporu, 2007.

International Energy Agency (IEA), *Energy Balances of OECD Countries*, 2012.

International Energy Agency (IEA), *Technology Roadmap, Smart Grids*, 2011.

ITS Polska, Intelligent Transportation Systems, (çevrimiçi) http://www.itspolska.pl/?lang=en, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi (İBB TKM), Akıllı Ulaşım Sistemleri, (çevrimiçi) http://tkm.ibb.gov.tr/its/its.aspx, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

Kalkınma Bakanlığı, *2013 Yılı Programı,* Ankara, 2012. (2012a)

Kalkınma Bakanlığı, *Orta Vadeli Program (2013-2015),* Ankara, 2012. (2012b)

Korea Information Society Development Institute (KISDI), *ICT Master Plan for Development: Lessons from Policy Practices of Korea*, 2011.

Korea Smart Grid Institute (KSGI), 10 Power IT Projects, (çevrimiçi) http://www.smartgrid.or.kr/10eng5-1.php, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012a)

Korea Smart Grid Institute (KSGI), Jeju Test-bed, (çevrimiçi) http://www.smartgrid.or.kr/10eng3-1.php, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012b)

KUHN, D., K. ELLIS, B. FIES, M. HANNUS, N. OZA, H. PILLE, H. STÖCKERT, E. TETRI, "ICT4EE - Knowledge and Current Practices", REViSITE Projesi, çıktı 2.2, 2011.

Malaysia Economic Planning Unit (MY EPU), *10th Malaysia Plan 2011-2015*, 2010.

Malaysia Integrated Transport Information System (MY ITIS), ITIS, (çevrimiçi) http://www.itis.com.my/atis/index.jsf, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

Malaysia Ministry of Energy, Green Technology and Water (MY KeTTHA), Green Technology Financing Scheme, (çevrimiçi) http://www.kettha.gov.my/en/content/green-technology-financing-scheme-gtfs, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

MALMODIN, J., Å. MOBERG, D. LUNDÉN, G. FINNVEDEN, N. LÖVEHAGEN, "Greenhouse Gas Emissions and Operational Electricity Use in the ICT and Entertainment & Media Sectors", Journal of Industrial Ecology, Vol.14, No.5, 2010.

MELL, P., T. GRANCE, "The NIST Definition of Cloud Computing", Special Publication 800-145, US National Institute of Standards and Technology, 2011.

NIKOLAOU, T., D. KOLOKOTSA, G. STAVRAKAKIS, Introduction to Intelligent Buildings, (çevrimiçi) http://www.ibuilding.gr/handbook/chapter1.pdf, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

OECD, *Draft Recommendation of the Council on Information and Communication Technologies and the Environment*, C(2010)61, 2010. (2010a)

OECD, Energy Statistics, (çevrimiçi) http://www.oecd.org/statistics/, erişim tarihi: 19 Mart 2013. (2013)

OECD, *Greener and Smarter: ICTs, the Environment and Climate Change*, 2010. (2010b)

OECD, *ICT Applications for the Smart Grid: Opportunities and Policy Implications*, OECD Digital Economy Papers, No.190, 2012. (2012a)

OECD, *Internet Economy Outlook*, 2012. (2012b)

OECD, *Towards Green Growth*, 2011.

OECD, *World Energy Outlook*, 2012. (2012c)

Poland Ministry of Interior and Administration (PL MSW), *The Strategy for the Development of the Information Society in Poland until 2013*, 2008.

RASMUSSEN, N., "Implementing Energy Efficient Data Centers", White Paper #114, American Power Conversion, 2006.

REEB, *ICT Supported Energy Efficiency in Construction*, der. Matti HANNUS, Abdul Samad KAZI ve Alain ZARLI, 2010.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı (STB), *Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi (2011-2014)*, Ankara, Aralık 2010.

Sweden Ministry of Enterprise, Energy and Communications (SE MEEC), *A Digital Agenda for Sweden*, 2011.

Sweden Ministry of Enterprise, Energy and Communications (SE MEEC), *ICT and Energy Efficiency in Sweden*, 2010. (2010a)

Sweden Ministry of Enterprise, Energy and Communications (SE MEEC), *ICT for a greener Administration*, 2010. (2010b)

Swiss Road Administration (SRA), *Multimodal ITS Strategy and Action Plan for Sweden*, Summary, 2010.

TELECOM ENGINE, "Polish Energa to invest $2.2 billion in smart grids", (çevrimiçi) http://www.telecomengine.com/article/polish-energa-invest-22-billion-smart-grids, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

TÜBİTAK, *Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: Vizyon 2003-2023 Strateji Belgesi*, Ankara, 2004.

TÜBİTAK, *Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016)'nin 2012 Yılı Eylem Planı*, Ankara, 2011.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Bilgi Toplumu İstatistikleri, (çevrimiçi) http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=60, erişim tarihi: 16 Mart 2013.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), *Trafik Kaza İstatistikleri*, Mart 2011.

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV), Enerji Verimliliği Desteği, (çevrimiçi) http://www.ttgv.org.tr/tr/enerji-verimliligi, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

UÇAN, Bahadır, "Türkiye'deki Elektrik İletim Hatlarındaki Akıllı Şebeke Uygulamaları", 14 Haziran 2012, sözlü mülakat.

UK Cabinet Office (UK CO), *Greening Government: ICT Strategy Annual Report*, 2012.

UK Cabinet Office (UK CO), *Greening Government: ICT Strategy*, 2011.

UK Department for Transport (UK DfT), *Major UK Intelligent Transport System Implementations*, 2011.

UK Department of Energy and Climate Change (UK DECC), Smart grid: a more energy-efficient supply for the UK, (çevrimiçi) https://www.gov.uk/smart-grid-a-more-energy-efficient-electricity-supply-for-the-uk, erişim tarihi: 16 Mart 2013.

Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik (09.06.2008 tarih, 26901 sayılı T.C. Resmi Gazete).

Ulaştırma Bakanlığı (UBAK), *Türkiye Ulaşım ve İletişim Strateji Belgesi*, Ankara, Mart 2011.

United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP), *Green ICT: A "Cool" Factor in the Wake of Multiple Meltdowns*, 2009.

United Nations Environment Programme (UNEP), *Overview of the Republic of Korea's National Strategy for Green Growth*, 2010.

United Nations Environment Programme (UNEP), *Recycling - From e-Waste to Resources*, 2009.

US Advanced Manufacturing Office (US AMO), Advanced Manufacturing Office, (çevrimiçi) http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

US Department of Energy (US DOE), Federal Smart Grid Task Force, (çevrimiçi) http://energy.gov/oe/technology-development/smart-grid/federal-smart-grid-task-force, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012a)

US Department of Energy (US DOE), Smart Grid, (çevrimiçi) http://www.smartgrid.gov/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012b)

US Department of Energy (US DOE), *The Smart Grid: An Introduction*, 2008.

US Department of Transportation (US DOT), *Integrated Corridor Management, Analysis, Modeling and Simulation Results for Test Corridor,* 2008.

US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (US RITA), ITS Joint Program Office, (çevrimiçi) http://www.its.dot.gov/index.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

US Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (US EERE), Building Technologies Program, (çevrimiçi) http://www1.eere.energy.gov/buildings/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012a)

US Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (US EERE), Vehicle Technologies Program, (çevrimiçi) http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/index.html, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012b)

US Energy Information Administration (US EIA), Electricity, (çevrimiçi) http://www.eia.gov/electricity/, erişim tarihi: 27 Temmuz 2012.

US Energy Information Administration (US EIA), *International Energy Outlook 2011*, 2011.

US Environmental Protection Agency (US EPA), Energy Star Programı, (çevrimiçi) http://www.energystar.gov/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012a)

US Environmental Protection Agency (US EPA), Green Building Programı, (çevrimiçi) http://www.epa.gov/greenbuilding/, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012b)

US Environmental Protection Agency (US EPA), SmartWay Programı, (çevrimiçi) http://www.epa.gov/smartway/index.htm, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012. (2012c)

World Energy Council (WEC), *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*, 2008.

YE, J., T. HASSAN, S. FIRTH, F. FOUCHAL, "ICT for Energy Efficiency: Towards Smart Buildings, Manufacturing, Lighting and Grids", 27th International Conference - Applications of IT in the AEC Industry Proceedings, Kahire, Mısır, 16-18 Kasım 2010.

YEŞİLKILIÇ, Vedii, "Türkiye'deki Elektrik Dağıtım Hatlarındaki Akıllı Şebeke Uygulamaları", 29 Haziran 2012, sözlü mülakat.

YILMAZ, Ö., *Karayolu Ulaşımında Akıllı Ulaştırma Sistemleri*, Planlama Uzmanlığı Tezi, Ankara, 2012.

ZPRYME, Malaysia: The Smart Grid Has Landed, (çevrimiçi) http://smartgridresearch.org/wp-content/uploads/sgi_reports/Malaysia_The_Smart_Grid_Has_Landed_March_2012_Zpryme_Research.pdf, erişim tarihi: 26 Temmuz 2012.

DİZİN

A

Akıllı aydınlatma, 41
Akıllı bina sistemleri, 3, 4, 20, 22, 23, 49, 65, 77, 115
Akıllı elektrik şebekeleri, 3, 20, 22, 23, 49, 59, 65, 69, 77, 115
Akıllı motor, 26
Akıllı sayaç, 42, 44, 45, 69
Akıllı ulaşım sistemleri, 3, 4, 16, 20, 22, 23, 31, 34, 49, 64, 65, 67, 71, 73, 74, 76, 77, 85, 89, 91, 115, 118, 121
Akıllı üretim sistemleri, 3, 4, 20, 22, 23, 24, 49, 65, 66, 77, 84, 115
Almanya, 58, 59, 60
Amerika Birleşik Devletleri, 65
Araç güvenlik sistemleri, 55, 67
Araç ortaklama, 35
Avrupa Birliği, 14, 52

B

Bıçak sunucu, 12, 13
Bilgi Toplumu Stratejisi, 79, 83, 86, 87, 127
Bilgisayar destekli tasarım, 27, 40, 82, 84
Bilgisayar destekli üretim, 26
Bina yönetim sistemleri, 38, 39
Bulut bilişim, 14

C

Cisimsizleştirme, 16, 18, 20
Coğrafi bilgi sistemi, 46, 96

D

Doğrudan etkiler, 8, 22, 114
Dokuzuncu Kalkınma Planı, 79, 85

E

E-atık, 12
Elektrikli araçlar, 48, 55, 59
Elektronik ödeme, 35, 59, 67, 73, 74, 86, 109
Enerji takip sistemleri, 29
Enerji verimliliği, 3, 4, 5, 6, 15, 22, 23, 26, 28, 29, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 65, 68, 69, 74, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 92, 93, 97, 101, 104, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123
Enerji Verimliliği Kanunu, 80, 97, 117
Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, 80, 83, 87, 92, 94, 97, 117, 128
Enerji yoğunluğu, 6, 101
Enerji yönetim, 58, 60, 73, 96, 111

G

GPS, 35

Güney Kore, 70, 71, 72, 73, 74

H

Hindistan, 108, 109

I

ICT PSP, 53, 55, 57, 58, 65, 110, 128

İ

İleri ulaşım yönetim sistemi, 110
İnce istemci, 12

K

Karar destek, 29, 40, 43, 46, 54, 57, 87, 111
Katılımcı mühendislik, 40
Kurumsal kaynak planlaması, 28, 83, 84

M

Malezya, 74, 75, 76
Mikro şebekeler, 47
Modelleme, 47, 54, 56, 96

N

Navigasyon, 33, 34

O

OECD, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 21, 44, 48, 50, 51, 52, 100, 101, 102, 103, 129, 130
Optimizasyon yazılımları, 35, 59
Orta Vadeli Program, 79, 85, 129

P

Polonya, 64, 65

R

RFID, 29, 35

S

Sanal enerji santralleri, 47
Sanallaştırma, 13, 14
SCADA, 46, 95, 96
Simülasyon, 26, 27, 33, 37, 40, 47, 54, 56
Sistemik etkiler, 8, 22, 114
Sürücü bilgi sistemi, 109

T

Talep yönetimi, 58
Tedarik zinciri yönetimi, 17, 24, 28, 83, 84
Trafik yönetim, 67, 74, 76, 85, 86, 89, 109

Ü

Üretim planlama, 27, 28, 96

V

Vizyon 2003-2023, 80, 82, 83, 86, 92, 94, 118, 124, 131

Y

Yardımcı etkiler, 8, 22, 114

Yedinci Çerçeve Programı, 53, 54, 55, 56, 57
Yenilenebilir enerji, 39, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 76, 81, 92, 95
Yeşil bilişim, 3, 4, 7, 8, 20, 22, 51, 58, 59, 60, 71, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 97, 98, 99, 103, 104, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125
Yeşil büyüme, 2, 3, 7, 70, 71
Yeşil ürün yaşam döngüsü, 25
Yolcu bilgi sistemi, 76

www.kalkinma.gov.tr

T.C.
KALKINMA BAKANLIĞI
KÜTÜPHANE, YAYIN VE ARŞİV DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Mayıs 2013

Necatibey Cad. No: 110/A 06100 Yücetepe - ANKARA
Tel: +90 (312) 294 50 00 • Faks: +90 (312) 294 69 77

ISBN NO: 978-605-4667-35-2

KALKINMA BAKANLIĞI YAYINLARI BEDELSİZDİR, SATILAMAZ.