



**International**  
**JOURNAL OF SOCIAL, HUMANITIES**  
**AND ADMINISTRATIVE SCIENCES**

Open Access Refereed E-Journal & Refereed & Indexed  
JOSHASjournal (ISSN:2630-6417)



Architecture, Culture, Economics and Administration, Educational Sciences, Engineering, Fine Arts, History, Language, Literature, Pedagogy, Psychology, Religion, Sociology, Tourism and Tourism Management & Other Disciplines in Social Sciences

Vol:5, Issue:21

2019

pp.1139-1158

journalofsocial.com

ssssjournal@gmail.com

**ELEKTRİK ENERJİ ŞEBEKESİ YÜK SORUNLARINA YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞTE YENİ NESİL YAZILIM ÇÖZÜMLERİ İLE ÖNLEMLER: "GERİ ÖDEME VERİSİNİN ÖLÇÜMÜ VE YÖNETİMİ"**

PREVENTIONS WITH NEW GENERATION SOFTWARE SOLUTIONS TO LOAD PROBLEMS IN ELECTRIC POWER GRID IN TRANSITION TO RENEWABLE ENERGY: "MEASUREMENT AND MANAGEMENT OF REFUND DATA"

Dr.Öğr. Üyesi Aziz Cumhur KOCALAR

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Şehircilik ABD Merkez, Niğde/Türkiye



Article Arrival Date : 21.11.2019

Article Published Date : 21.12.2019

Article Type : Research Article

Doi Number : <http://dx.doi.org/10.31589/JOSHAS.200>

Reference : Kocalar, A. C. (2019). "Elektrik Enerji Şebekesi Yük Sorunlarına Yenilenebilir Enerjiye Geçişte Yeni Nesil Yazılım Çözümleri İle Önlemler: "Geri Ödeme Verisinin Ölçümü Ve Yönetimi", Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences, 5(21): 1139-1158.

**ÖZET**

Enerji temini ve tedarik anlaşmaları, makroekonomi ilişkilerinde bir ülkenin enerji bağımlılığında çıkma konusunda önemli bir yere sahiptir. Ayrıca enerjinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve yönetimi gibi başlıklar da, enerjinin ekonomi ve güvenlik açısından yine ciddi göstergeleri olma özelliği taşımaktadır. Türkiye'nin yakın geçmişte elektrik enerji iletim şebekesinde hatalı planlamaların neticesinde, aşırı yüklenme sorunları ile ciddi ve uzun süreli çökmelerin yaşandığı bilinmektedir. Benzer durum ve risklerin ise halen tam olarak değerlendirilemediği de söylenebilir. Diğer yandan küresel ısınma ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artmaktadır. Özellikle alt şebekelerde enerji üretimiyle birlikte, enerji akışında çift yönlülüğün de söz konusu olduğu açıktır. Bunun da ölçümlenebilmesi giderek önem kazanmaktadır. Kısacası geleceğin akıllı şebekelerinde yenilenebilir enerjiye geçişin de planlanarak artırılması gerekmektedir. Bu noktada zamanla üretimin ülke çapında bireysel üreticilere doğru da yaygınlaştırılması söz konusu olacaktır. Ancak böyle kapsamlı bir projenin de aksama yaratmaksızın doğru bir şekilde planlanması gerekir. Bu geniş kapsam da, şebekedeki çift yönlü enerji akışının da ölçümlenerek, mahsup edilmesi ve geri ödeme amaçlı ücretlendirilmesi söz konusudur. Bu olanak ise şebekede ki mevcut donanımların değiştirilmesi gibi sorunları da gündeme gerektirmektedir. Dolayısıyla şebekenin bu yeni katılımlara hazır hale getirilebilmesi yasal-yönetimsel düzenlemelerin işlerlik kazanmasıyla mümkün olacaktır. Özetle; akıllı şebekelere geçiş, öngörüldüğünden de çok daha fazla zaman alacak ve sorunlar da giderek artacaktır. Ayrıca sistematik veri yönetimine geçişte halen tam olarak planlanabilmiş değildir. Bu amaçla önerilen bir yaklaşım da, geri ödeme verisinin ölçümü ve yönetimidir. Benzer ve ilişkili yeni nesil yazılım çözümlerine de ihtiyaç duyulacağı açıktır. Çalışmada bu ihtiyacı kademeli olarak ön plana getiren uygulama sorunlarına ve çözümlerine yönelik olgulara ve oluşan maliyetlere öncelikle yer verilmiştir. Sürecin risk faktörlerini önceden kestirmenin ve sorunların önüne geçilebilmesinin doğru bir planlama ile birlikte mümkün olduğu gösterilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerjiye geçişlerin planlanmasında yasal-yönetimsel çerçevedeki yeni yapılacak düzenlemeler de çalışmada kısaca ele alınmaktadır. Gelecekte Türkiye'nin mevcut enerji bağımlılığı durumundan kurtulmasının ancak bu tür çözüm yollarındaki gelişmelerle birlikte mümkün olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı sayaçlar, Akıllı şebekeler, Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerjiye Geçiş, Enerji Politikaları ve Planlaması, Şehir ve Bölge Planlama.

## ABSTRACT

Energy supply and supply agreements have an important place in macroeconomics relations in terms of leaving a country's energy dependence. In addition, the production, transmission, distribution and management of energy are also important indicators of energy in terms of economy and security. As a result of faulty planning Turkey's electricity transmission network in the recent past, it is known that there are serious and prolonged slump with overload problems. It can be said that similar situations and risks are still not fully evaluated. On the other hand, the use of renewable energy resources with dünya çapında warming increases rapidly in our country as in the world. Especially in sub-networks, it is clear that there is a duality in the energy flow. Measuring this is becoming increasingly important. In short, the transition to renewable energy in the smart grids of the future should be planned and increased. At this point, production will be extended to individual producers throughout the country. However, such a comprehensive project needs to be planned correctly without any disruption. In this context, the bidirectional energy flow in the network is also measured, deducted and reimbursed. This possibility also raises issues such as the replacement of existing equipment in the network. Therefore, it will be possible to make the network ready for these new participations by the legal-administrative arrangements. In summary; the transition to smart networks will take much more time than envisaged and the problems will gradually increase. In addition, it is still not fully planned in the transition to systematic veri management. A proposed approach for this purpose is the measurement and management of reimbursement veri. It is clear that similar and related new generation yazılım solutions will be needed. In this study, the application problems and solutions related to the application problems that brought this requirement gradually to the foreground and also the costs incurred were given priority. It has been shown that it is possible to predict the risk factors of the process and prevent the problems with the right planning. In addition, the new regulations in the legal-managerial framework for planning the transition to renewable energy are briefly discussed. Turkey's future status, but would be able to get rid of the existing energy-dependent with developments in this type of solution is considered.

**Keywords:** Smart Metering, Smart Grid, Renewable and Sustainable Energy Transition, Energy Policies and Planning, City and Regional Planning.

## EXTENDED ABSTRACT

Energy supply and supply agreements have an important place in macroeconomics relations in terms of leaving a country's energy dependence. In addition, the production, transmission, distribution and management of energy are also important indicators of energy in terms of economy and security. As a result of faulty planning Turkey's electricity transmission network in the recent past, it is known that there are serious and prolonged slump with overload problems. It can be said that similar situations and risks are still not fully evaluated. Therefore, there was a need for determinations that would eliminate risks and to develop correct projections for the networks of the future. On the other hand, the use of renewable energy resources with warming increases rapidly in our country as in the world. Especially in sub-networks, it is clear that there is a duality in the energy flow. Measuring this is becoming increasingly important. However, it is seen that there is no planning and development in this direction in the network. Meters, which were changed to smart in the past, are only one-way charging meters that can adapt to the schedule changing. In short, the transition to renewable energy in the smart grids of the future should be planned and increased. At this point, production will be extended to individual producers throughout the country. However, such a comprehensive project needs to be planned correctly without any disruption. Planning, on the other hand, compass the participation of all actors and legislation. In this context, the bidirectional energy flow in the network is also measured, deducted and reimbursed. This possibility also raises issues such as the replacement of existing equipment in the network. Therefore, it will be possible to make the network ready for these new participations by the legal-administrative arrangements. Legislation is changing with more equitable processes that are heavily functioning. In summary; the transition to smart networks will take much more time than envisaged and the problems will gradually increase. In addition, it is still not fully planned in the transition to systematic veri management. A proposed approach for this purpose is the measurement and management of refund data. It is clear that similar and related new generation software solutions will be needed. In this study, the application problems and solutions related to the application problems that brought this requirement gradually to the foreground and also the costs incurred were given priority. Smart networks will also open many different topics. It has been shown that it is possible to predict the risk factors of the process and prevent the problems with the right planning. In addition, the new regulations in the legal-managerial framework for planning the transition to renewable energy are briefly discussed. Turkey's future status, but would be able to get rid of the existing energy-dependent with developments in this type of solution is considered. Within the scope of cities and energy problem, it will also face more serious problems with global warming and climate change in the future. Cities and energy policies need to be reviewed in this direction. Cities may also face security cuts in the event of sudden events, and vice versa. Against these sudden changes, the existing networks are still not prepared. Rural settlements should become autonomous. Everyone should be supported to sustain their lives by generating their own energy. Life expectancy of non-compliant and future-oriented settlements will also be shortened. History and geography are full of these traces.

**Keywords:** Smart Metering, Smart Grid, Renewable and Sustainable Energy Transition, Energy Policies and Planning, City and Regional Planning.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji temini ve tedarik anlaşmaları, makroekonomik ilişkilerde önemli bir yere sahiptir. Anlaşmalar, bir ülkenin enerji bağımlılığı açısından rotasını da belirler. Dolayısıyla bağımlılıktan çıkma konusuyla orantılı, etkileşimli ve ağırlıklı bir rol oynarlar. Enerji piyasasını oluşturan aktörler ise enerjinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve yönetimi gibi başlıklarla ele alınmaktadır. Bu başlıkların detaylarında, enerjinin ekonomisi ve güvenliği açısından önem verilen göstergeler bulunmaktadır. Şebekede ise ayrıca yükleri oluşturan kısımlarda yani uç noktalarda, farklı tipte (üretici ve) tüketiciler de bulunmaktadır. Bunların yönetimi de yine, önemli konular içinde olma özelliği taşımaktadır. Akıllı şebekelerle birlikte ise, artık uç ve ara noktalarda da üreticiler artarak söz konusu olmaya başlamıştır. Türkiye'nin giderek artan ve özellikle de Batı'da yoğunlaşan enerji ihtiyacına çözüm olarak Doğu'daki yüksek güçteki hidroelektrik enerji santrallerinin en büyük çözüm olarak görülmüş olması aslında mesafeden ötürü ciddi bir sorun kaynağı olmaktadır. Bu da geçmişte kalan ciddi yatırımlar öncesinde alınmış bir planlama kararı olmuştur. Oysa artık ülkemizin günümüz ihtiyaçlarına çok daha uygun olacak şekilde yeni bir enerji planlamasına ve politikalarına gereksinim vardır. Bu konuda gelişen teknolojiler yeni olanaklar açmış ve çağdaş yaklaşımlarının da benimsenmesi artık önemli bir hale gelmiştir. Diğer yandan Türkiye'nin yakın geçmişine bakıldığında ise, elektrik enerji iletim şebekesinde bazı ciddi sorunlar yaşandığı da görülmektedir. Bu sorunların kısaca, hatalı planlamaların neticesinde oluşan aşırı yüklenme ve zincirleme çökme sorunları olduğu söylenebilir. Ancak bu olgulara karşın ciddi ve uzun süreli çökmelere tekrar sebebiyet vermeyecek şekilde tam olarak yeterli araştırmaların da yapılmadığı düşünülmektedir. Çalışmanın teorik yanı ve uygulama alanı açısından çıkış noktası bu sorunları yeniden gözden geçirmeyi beraberinde getirmiştir. Geçmişte Türkiye'de şebekede yaşanan bu çökmelerin sadece sanayiye olan maliyeti çok yüksektir. Özellikle elektrik enerjisine hassas sektörlerde kaybedilen işgücü ve sermayenin telafi edilmesi de oldukça zordur. İşte bu çalışma, mevcut şebekenin kalıcılık, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik gibi kriterlerle daha ciddi bir şekilde yeniden sorgulanmasının zorunlu olduğu düşünülerek başlatılmıştır. Altaki amaç ve varsayımların yanısıra çalışma, belli bir kapsam altında hipotezler de geliştirerek, kısmen özgün ve karma bir yöntemle yürütülmüştür.

### 1.1. Amaç (Aim)

Elektrik şebekesinin geleceğin şartlarına uyumlu kılınarak geliştirilmesi gerekmektedir. Şebekenin gelecekte beklenen kurulu güçlere de sahip olması şarttır. Üstelik acil durumlarda devreye girecek şekilde kurulu gücün daha etkin bir yapıda planlı olarak geliştirilmesi de önemli bir beklenti olmaktadır. Bu beklentilerin karşılanmasında ise mevcut (eski) teknolojinin ve sınırlı yönetim olanaklarının aşılması gibi bir dizi sorunlar olduğu bilinmektedir. O yüzden enerjide ki alt yapı yatırımlarının belirlenen kapasite, teknoloji vb. hedefler doğrultusunda zamanında ve yerinde planlanıp gerçekleştirilebilmesi de oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Çalışmanın genel çerçevesinde, geçmiş dönemin bu altyapı yatırımları ile mevcut enerji yönetimi neticesinde oluşan çeşitli sorunlar, bulgular (tespitler) farklı başlıkların oluşturduğu materyaller ile birlikte halinde incelenmektedir. Amaç, Türkiye'nin enerji alt yapısında şebeke üzerinden araştırma yapmaktır. Ayrıca geleceğin akıllı şebekelerine yönelik literatür ve çıkarımlar eşliğinde; Türkiye'nin enerji bağımlılığını beşeri ve fiziksel coğrafi özelliklerine bağlı şartlar altında riskleriyle birlikte tekrar gözden geçirerek değerlendirmektedir.

### 1.2. Varsayım ve Hipotez / (Supposition and Hypothesis)

Çalışmanın ilerleyen kısımlarında ise Türkiye'deki enerji şebekesinin iyileştirilerek geliştirilmesine yönelik konular ele alınmaktadır. Burada ki ilk varsayım ise, "Türkiye'deki coğrafi enerji kullanımının en uygun şekilde yaygınlaştırılmasına duyulan gereksinimin giderek artacağı" yönündedir. Bu yüzden de özellikle yenilenebilir enerji artık çok önemli bir seçenek olmaya başlayacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) geçiş planlarının etkinliği gibi konular da, bu çalışmada ön planda tutulan varsayımlar dizisini ve araştırmanın akışını belirlemiştir. İşte bu çizgide

ve günümüz şartlarında ayrıca şebekenin geleceğine dair bazı öngörülerle kısa çıkarımlarda da bulunmaktadır.

“Yenilenebilir enerjiye (YEK) geçişle birlikte ise, şebekede enerji akışının çift yönlü hale gelmeye başlamasının gerekli hale geleceği” şimdiden görülmektedir. Bu çift yönlü akışın ise ölçümlenebilmesi de giderek önem kazanan diğer bir konu olmaktadır. Bu çift yönlü akış noktasına gelmeden önce YEK geçişini kolaylaştırıcı ek önlemler de zamanında ve yerinde doğru ve kademeli bir planlama ile alınabilmelidir. Mevzuat ile piyasayı düzenleyen kurum (EPDK), bu tür yeni iş akışlarını da düzenleyerek yönlendirmektedir. Çalışma, bu çift yönlü akışların olduğu alt şebekelerdeki karmaşıklığın artması ile birlikte oluşabilecek olası sorunlara da ayrıca çözüm aramaktadır. Özellikle bu çalışma; “uzaktan ölçme ve kontrol verisinin değerlendirilebilmesinin önündeki engellerin aşılmasında kullanılacak donanım ve yazılım teknolojilerindeki çeşitliliğin ilkesiz-kuralsız-plansız bir şekilde aşılamayacağı” hipotezini yaşanmış örneklerle ve bütüncül bir bakış açısıyla test etmektedir.

#### 1.4.Yöntem ve Kapsam / (Method and Scope)

Çalışmada teorik arka planda öncelikle elektrik-enerji alanında kesintilere yönelik olarak fen odaklı bir literatür araştırması yapılmış ve mevcut şebekenin sorunları ile birlikte geleceğe ışık tutabilecek teknolojik gelişmeler araştırılmıştır. Ayrıca sosyal bilimler penceresinden de olgular incelenerek çalışmanın asıl içeriği oluşturulmuştur. Kullanılan yöntem ise sebep-sonuç ilişkileri çerçevesinden böyle bütünsel bir içeriğin oluşturulması açısından özgündür. İçerik hem şebeke yönetimiyle ilgili işletme alanına odaklı olarak hem de enerji politikaları ve kararlar açısından kamu yönetimine, enerji anlaşmalarıyla kullanıcı/tüketici hakları açısından da ekonomiye yönelik görüş ve yorumlarla desteklenmiştir. Şüphesiz asıl taşıyıcı eksen ise teknoloji/tasarım ve planlamadır. Gelecekle ilgili öngörüler ise disiplinlerarası ciddi bir çaba sarf edilebildikten sonra ancak bu geniş kapsama ulaşılmasıyla birlikte ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın disiplinlerarası literatüre faydası olacağı düşünülmektedir. O yüzden materyal kısmında çalışmanın asıl bulguları oluşmuştur. Türkiye’deki elektrik üretim şebekesi ve sorunlarına yönelik en önemli olgular burada incelenerek irdelenmiştir. Özellikle de şebeke altyapısında yaşanan farklı boyutlarda tetiklenen sorunlar hem kısmen teknik hem de sonuçları itibarıyla ilişkili toplumsal sorunlara yönelik tespitlerle ve yönetime yönelik eleştirel yanıtlarıyla birlikte farklı başlıklar altında ele alınıp değerlendirilmiştir. Sorunların tespiti ve birbirleriyle etkileşim dinamiği özenle çözümlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında ise tündengelim yöntemi kullanılmıştır. Teknik altyapıda tespit edilen sorunlar, şebeke çapındaki genel tasarım yaklaşımları ve planlama çerçevesiyle birlikte bir bütün halinde görülerek incelenmiştir. Ayrıca literatür araştırmasında küresel ısınma ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) kullanımının da yaygınlaştırılmasına yönelik yaklaşımlar ön plana çıkarılmıştır. Çalışmanın kapsamında YEK geleceğin şebekelerine geçişte önemli bir çerçeve oluşturmaktadır. Gelişen teknolojinin tasarımlara ve planlamaya da yön vermesi kaçınılmazdır.

#### 1.6.Literatür Taraması / (Literature Search)

Türkiye’de çok yüksek güçte enerji üreten hidroelektrik kaynakların çalışmanın ilk çıkış noktası olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu hidroelektrik kaynaklardan yola çıkan eski ve tek yönlü, üstelik uzun mesafeli iletim hatları ve şebekelerindeki durumların aslında çok daha detaylı incelenmesi beklenilir. Ancak çalışmanın sınırları gereği bu konuları ele alan teknik çalışmalardan çok, bunların sonuçlarından hareketle; enerji politikaları, enerji planlaması ve enerji yönetimi burada daha çok önemsenerek ön plana taşınmaktadır. Dolayısıyla çalışmanın gerçekleştiği bu ortam, neo-liberal politikaların belirlediği enerji konularındaki tüm dönemsel olguların belirleyicisi olmaktadır. Böyle bir yasal-yönetimsel karar zemininde, kalan her şey ise piyasa şartlarında parçalanıp, yeniden yapılandırılıp oluşturulmaktadır. Bu nedenle “Neo-liberal Politikalar ve Enerji Yatırımları” sektörü belirleyen yanları ile ele alınarak, çalışmanın teorik kısmını şekillendirmiştir. “Küresel Isınma ve Yeni Çözüm Arayışları” ile “Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) ve Teknolojik Yenilikler” ise

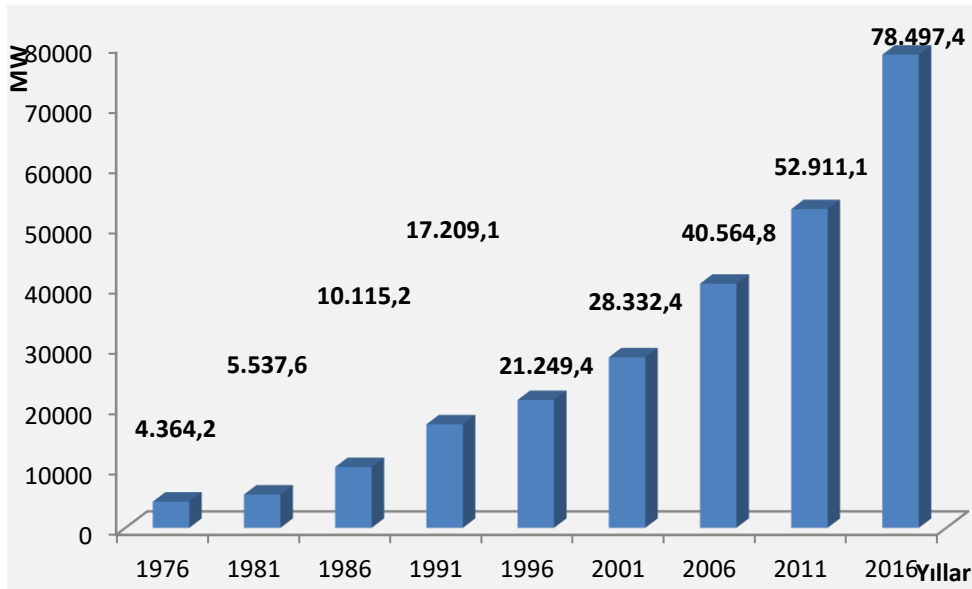
geleceğin şebekelerine giden yolda diğer önemli başlıklar olmaktadır. Bu makro çerçeveyi belirleyen unsurlara temas edildikten sonra yine altta altyapı ile ilgili teknik literatür üç alt başlıkla incelenerek, kesintilerin kısa bir analizi yapılmıştır. Bu başlıklarda sırasıyla şöyledir: “Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES) (Su Kaynakları)”, “Uzun Mesafeli Tek Yönlü Elektrik Enerjisi İletim Hatları ve Şebekeleri” ve “Enterkonnekte Sistem Güvenliği ve Büyük Arızanın Basit Analizi”

### 1.6.1. Neoliberal Politikalar-Enerji Yatırımları/(Neo-liberal Politics-Energy Investments)

Enerji temini ve tedarik anlaşmaları ülkeler arasında makroekonomik ilişkilerde enerji bağımlılığı konusunda önemli bir yere sahiptir. Bu bağımlılıkta neo-liberal politikaların etkisi de gün geçtikçe büyümeyle birlikte doğru orantılı bir şekilde artmaktadır. 1980 sonrası politikalarla enerjinin üretimi, dağıtımı ve yönetimi gibi bazı parçalar da artık özelleştirmelerle sermayenin güdümüne bırakılmıştır. Enerjinin ekonomikliği ve güvenliği açısından önemli olan bu konular, serbest piyasanın da ciddi göstergeleri olma niteliği taşımaktadır. Ülkemizin riskleri (Türkiye CDS: >~510-410, 2019 Mayıs-Haziran) enerji piyasası üzerinde etki gücü yüksek diğer ciddi bir göstergedir. Haksız rekabete açık koşullarda ciddi riskler taşıyan iletim şebekeleri gibi parçalar ise yetersiz kamu sahipliği içinde sınırlı ve sorunlu bir durumdadır.

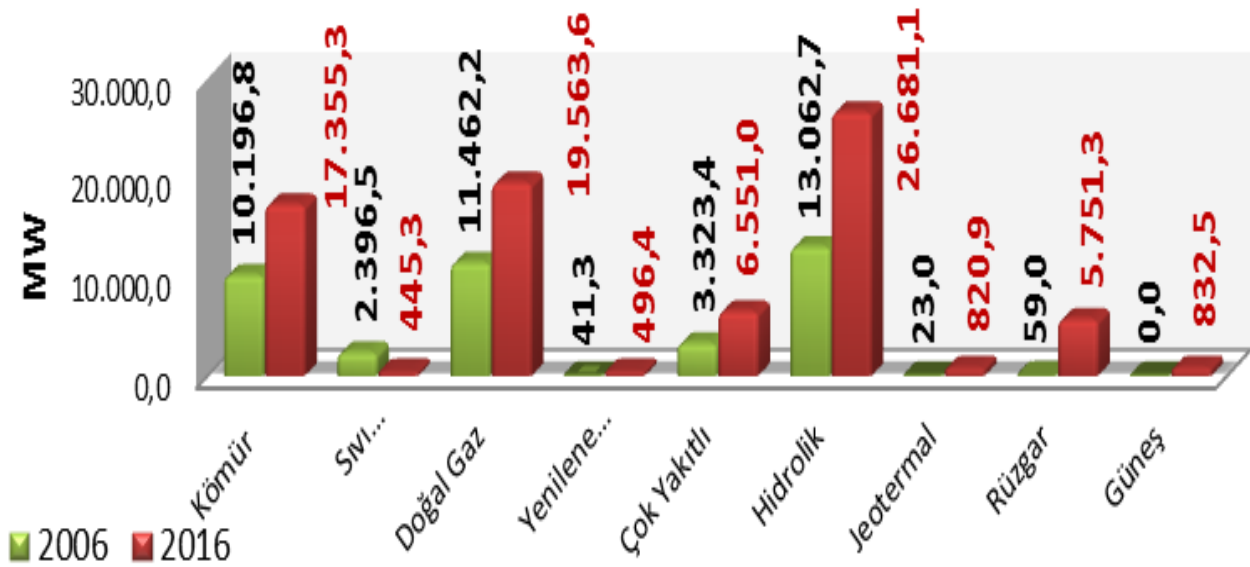
### 1.6.2. Küresel Isınma ve Yeni Çözüm Arayışları / (Global Warming and New Solutions)

Marakeş'te düzenlenen BMİDÇS 22. Taraflar Konferansı, Paris Anlaşması'nın yürürlüğe girmesi sonrasında ki ilk taraflar konferansı olmuştur. Toplantıda Paris Anlaşması'nın uygulama parametrelerinin en geç 2018 yılında tamamlanması hedeflenmiş [14] olsa da, bu hedeflerin konulması eyleme geçilmesini halen tam olarak sağlayamamıştır. Hedefler önemlidir ancak sonuçlar yine oldukça yetersiz kalmaktadır. İklim değişiminin baskısı giderek artmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği uluslararası öneme de haiz bir konudur. Ülkelerin topyekün mücadele etmesi şarttır. Türkiye'de verilen bu uluslararası mücadelenin bir parçası olmak ve önlem almak zorundadır. Özellikle iklim değişikliğinde sera gazı salımlarını normal seviyeye çekecek yöntemlerin takip edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultudaki yeni projelere de ağırlık verilmesi şarttır. Şehirlerin enerji gereksiniminde yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin de ayrıca hızlandırılması beklenmektedir. Son yıllarda gezegende bulunan sınırlı enerji kaynaklarının kullanımının artması (Grafik. 1) ve nüfusla birlikte büyüme ivmesindeki hızlanma çevre kirliliğinin de sınırlarını zorladıkça, enerji teminini etkileyen gelişmelerde, yenilenebilir kaynaklar önem kazanmaya başlamıştır.



**Grafik. 1.** Türkiye'nin enerji kurulu gücünün yıllara göre artışı. Kaynak TEİAŞ

Küresel ısınma ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artmıştır. Türkiye bu dönüşümde, hızlı ancak yerinde ve doğru bir planlama ile çok daha dengeli bir şekilde yol almak zorundadır (Grafik. 2). Zira güneş enerjisi yatırımlarının artış hızı ve rüzgâr enerjisi yatırımlarına nazaran oldukça düşüktür. Son yıllarda Türkiye'nin her yerinde irili ufaklı rastgele kurulan HES'ler, JES'ler ve RES'ler ise dışa bağımlılığı da azaltamayacak kadar ufak çaplı yatırımlardır. Üstelik doğal kaynakların çevresine de zarar verici yönde plansız uygulamalar olarak ülkede yaygınlaşmıştır. Bunlar çoğunlukla kırsal halkın da tepkisini çekmiştir. Çevreye daha uygun ve daha az sayıda üstelik daha planlı kurulum ve işletim sağlanarak, gözetim ve denetim altına alınmaları gerekmektedir. Termik santraller ise karbon salınımı kotalarına takılan bağlayıcı yatırımlardır. Sözde yürütülen ÇED süreçleriyle doğa tahribatı artmıştır. Kırsal yaşamda yarattığı yıkımlarla birlikte bu yatırımların sosyal maliyetlerinin de arttığı açıktır. Nükleer santrallere gelince, şebekedeki kusurları yönetme karmaşasıyla baş edemezken, atık ve sosyal maliyetleri çok daha karmaşık olan bu konunun başarı oranının düşük ve riskli olabileceği hatta ciddi yıkımlar dahi getirebileceği yeterince açıktır. Yine de doğru bir şekilde planlanması zorunludur.



**Grafik. 2.** Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına göre 2006, 2016 kurulu gücü. Kaynak TEİAŞ

### 1.6.3.Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK), Teknolojik Yenilikler ve Uygulamalar / (Renewable Energy Resources (YEK), Technological Innovations and Applications)

YEK için kapsamlı yol haritaları önerilmeli ve sektörün paydaşlarınca tartışılmalıdır. Konu bütünlük yaklaşımıyla ele alınmak zorundadır. Her parça zinciri etkilediği için devletin (veya kamunun) bu yeni geçiş süreci içindeki rolü ve sınırları da geçmiştekinden çok daha doğru bir şekilde belirlenmelidir. YEK özellikle alt şebekelerde elektrik üretimine olanak sağlayan enerji dönüşümlerinin de giderek söz konusu olmaya başlamıştır. Bu enerji dönüşümleri bazı orta ve zamanla daha küçük çaplı enerji üretim yatırımları şeklinde gündeme gelmektedir. Güneş enerjisine ve rüzgâr santrallerine yapılan yatırımlar, ülkemizde de farklı ölçeklerde üretim kapasiteleri ve kullanımları ile mevzuatla birlikte yaygınlaşmaktadır (Grafik. 1 ve 2). "Türkiye Çin, Hindistan ve Japonya'nın ardından 2017 yılında PV güneş enerjisi kurulu gücünü en çok artıran 5.ülke olmuştur [1]." "Ülkemizin resmi güneş enerjisi hedeflerine ulaşması halinde 2030 yılına kadar 24,2 ile 46,3 milyar m<sup>3</sup> arasında tasarruf edileceği, ekonomiye 26,6 milyar \$'a varan bir katkı sağlayabileceği hesaplanmaktadır [2]." Belirsizliklerin artmasından ötürü verilen aralıkta (ilk rakamın ~%91'i kadar) oldukça geniştir. "Türkiye'de 2017'de ilave kapasitenin her 100 megavatından 65'i yenilenebilir enerjiden geldiği" ve "bu miktarın toplamda 5,6 milyar dolarlık yatırımı temsil ettiği" belirtilmiştir, "güneş yatırımlarının, rüzgârı geçtiği" anlaşılmaktadır [3]. Bu dönemsel ilave kapasite artışları,

kurulu güç içine alınmadıkça çok bir şey ifade etmeyecektir. Ani ihtiyaç anlarında kurulu güç kullanımlarına yönelik kararsızlıklar da, çalışmanın ele alındığı şebeke yönetimi kapsamında yine güncel tartışma konuları arasında yer almaktadır. Bu arada mevzuatta yeni kararnamelerle gelen değişikliklerde, lisanssız YEKA üretim tesislerine geçişi basitleştirilen güncel uygulama örnekleri de kendini göstermeye devam etmektedir. Diğer yerel enerji potansiyelleri de şu çalışmadaki gibi ayrıca araştırılmalıdır [4]. Araştırmanın amaçları doğrultusunda üstteki bu üç başlıkta toparlanan genel makro çerçeveden sonra, altyapı ile ilgili olarak teknik literatür yine, üç alt başlıkla altta incelenerek, öncelikle büyük kesinti sorunu kısaca ön analizden geçirilmiş ve bulgular kısmında da daha ayrıntılı bazı tespitlerle esas analizler yapılmıştır.

#### **1.6.4.Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES) (Su Kaynakları) / Hydroelectric Power Plants (HEPP) (Water Resources)**

Türkiye'nin enerji kurulu gücünün ana bileşenleri sırasıyla ilk üçte (yaklaşık olarak toplam %63,4) hidrolik, doğalgaz ve kömür olacak şekilde sıralanmaktadır (Grafik. 2). Rüzgâr ve güneş ise burada ancak %6,5 kadarlık bir ağırlıkla yer almaktadır. Böyle olsa da, bu oranın son iki yıldır bir miktar daha arttırılabildiği belirtilmektedir [3]. Dolayısıyla ancak uzun dönemde YEK'na geçiş söz konusu olabilecektir. Bu çalışmanın çıkış noktasında yer alan hidrolik santraller ve özellikle iletim hatları ile şebeke sorunları ise burada öncelikle incelenmeye değer gözükmektedir. Sorun tespitleri sonrası gelecek projeksiyonları neticesinde, zamanla YEK ile enerji üretimi konusunda şebekede bir bütünlük sağlanmış olacaktır. Ancak bu varsayımdan hareketle enerji politikalarındaki gelişmeler iyi bir şekilde planlanarak, enerji bağımlılığının azaltılması sağlanabilir.

#### **1.6.5.Uzun Mesafeli Tek Yönlü Elektrik Enerjisi İletim Hatları ve Şebekeleri / (Long Distance One Way Electrical Energy Transmission Lines and Networks)**

“TEİAŞ, 233 sayılı KHK sistemi içinde, iktisadi devlet teşekkülü olarak ve mevcut mevzuat ve ana statüsü hükümleri çerçevesinde, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan (EPDK) 13.03.2003 tarihinde aldığı iletim lisansı çerçevesinde, yeni piyasa yapısına uygun olarak faaliyetlerini yürütmektedir. 36 kV üstü gerilim seviyesinde elektrik iletim sisteminin işletilmesi için Türkiye’de tek yetkili kuruluştur [5].” TEİAŞ parçalanmış bütünün son parçasıdır. “Bilindiği gibi uluslararası enterkoneksiyonlardan maksimum faydanın sağlanabilmesi için hedeflenen yöntem, sistemlerin senkron paralel çalışmasıdır [5].” Ancak büyük arızada bu senkronizasyon da kaybedilmiştir. Büyük kesinti konusunda burada ilk olarak, uygulama alanının en önemli otoritesi olan ve konuyla ilgili mühendislerle uzmanların bünyesinde yer aldığı TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) kesintiyi inceleme raporları, görüş ve önerileri ön plana alınmaktadır. Hidroelektrik kaynaklardan enerji temini ile iletimi konusu da, yine başlıklar halinde ele alınmaktadır [6]. Bu eski iletim hatları ve oluşturduğu şebekeler; Türkiye'nin coğrafi özelliklerine bağlı fiziki şartlar altında kamunun üstlenerek yakın geçmişte yaptırdığı uzun mesafeli enerji iletim hatlarıdır ve çok ciddi bütçelerle ancak uzun dönemde yapılabilmiş büyük yatırımlardır. Bu enerji yatırımları geçmişte devletin kurumsal yapıları ile üstlenerek tek başına gerçekleştirilebilmiş olduğu eserlerdir. Bu yüzden Türkiye'nin enerji kullanımında da çok önemli bir yere sahiptirler. Bu şebekelerin bakım ve onarımları da yine diğer en önemli konulardan biri olmaktadır. Şebekenin kademeli şekilde yapılandırılmış olması nedeniyle topluca ve etkileşimli yönetimi ise yine çok kritik olan başka bir konudur. Buradaki alt yapıda bakım-onarım ve uygulama hatalarının neler olduğu ciddi kesintilerle birlikte yaşanıp deneyimlenmiştir. Dolayısıyla şebeke bileşenlerinin enerji kesintilerindeki rolleri de yine yakın geçmişten öğrenilmiş olmalıdır. Buna karşın şebekelerin işletiminde ise ölçme, gözetim ve kontrol olanakları ise oldukça sınırlıdır. Şebeke sistemi elektro-mekanik bir işleyiş ve oto-kontrol düzeneğine sahiptir. Teknolojik açıdan daha gelişmiş akıllı bir kontrol sistemi revizyonu ise henüz yapılmamıştır. Bu revizyonların da yapılması gerekir. En kritik sektörde olunması nedeniyle, Ar-Ge desteğine de açık olması beklenilir, dolayısıyla mevcut çözümlerin ise güvenlik açısından sorunlu ve yine dışa bağımlı hatta oldukça maliyetli olduğu da açıkça ve peşinen söylenebilir. Bunların uygulanabileceği de belirsizdir. Şebekedeki iletim hatlarının alternatifleri ise ilkin yine tek yönlü

çalışan benzer devrelerdir. Bu yüzden şebekeler, gelecekte beklenen yeniliklere de kısaca kapalıymış gibi görülebilir. Bu tür şebekelerin ek yatırımlarının da maliyetleri çok yüksek olduğundan yatırımlara da kapalı kaldıkları düşünülebilir. Hatlarda taşınan enerji büyüklüğünün de farklı pek çok alt şebekelere kademeli olarak ayrıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla şebekenin bir bütün olarak kademeli bir şekilde ele alınarak yönetilmek zorunda olduğu da açıktır. Ancak merkezi açıdan yeterli akıllı bir yönetimi de yoktur.

### 1.6.6. Enterkonnekte Sistem Güvenliği ve Büyük Kesintinin Basit Analizi / (Interconnected System Security and Simple Analysis of Large Interruption)

“Türkiye Elektrik Sistemini uluslararası standartlarda kaliteli, ekonomik ve güvenilir bir şekilde işletmek, bu amaçla; yeni projeler oluşturmak, bunları gerçekleştirmek ve elektrik piyasası hizmetlerini yürütmekten sorumlu olan TEİAŞ bu görevlerini Ankara’da bulunan Genel Müdürlük ile Türkiye’nin çeşitli yerlerinde bulunan 22 adet Bölge Müdürlüğü ve 1 Milli Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü ile 9 Bölgesel Yük Tevzi İşletme Müdürlükleri vasıtasıyla yapmaktadır [5].” “Türkiye İletim Sistemi gerilim seviyesi 400 kV ve 154 kV ile standartlaştırılmış [5]” şeklinde TEİAŞ tarafından işletilmektedir. “TEİAŞ iletim şebekesi; ~53.408,7 km uzunluğunda enerji iletim hattı, 683 iletim merkezi, 1550 adet büyük güç trafosu ve 127.705 MVA trafo gücü ve komşu ülkelerle toplam 11 adet enterkoneksiyon hattından oluşuyor [5].” Bu sistemin nasıl çöktüğü sorusunun yanıtı ise halen meçhuldür. TEİAŞ verilerine göre “~250 milyar kWh maksimum günlük üretim ve tüketim kapasitesini dengede tutarak [1]” ve kesintisiz (kaliteli ve güvenilir) şekilde “%50,9 yedekle[7]”yerek işletmektedir. Yaşanan sorunun özü ise, bir büyük santralde meydana gelen arızanın, yedek güçlerle tolere edilememesi, elektrik kesintisinin belirlenmiş bir bölgeye hapsedilememesi, Türkiye’nin Avrupa tarafından sistemden izole edilmesiyle birlikte bağlaşımlı (enterkonnekte) sistemin arz yetersizliği nedeniyle çöküntüye uğramasıdır [6].

Şebeke yapısında birbirine bağımlı dişlilerden oluşan zincir benzeri bir yapı bulunmaktadır. Tek yönlü enerji akışının olduğu ve üretilen gücün paralel kollara da dağılarak, tüketilmek üzere iletiildiği bu şebeke yapısından tüketici bu gücü depolanmadığı için ufak dişlilere temas ederek tüketmek zorundadır. Dolayısıyla dişlilerin dönme frekansları farklı olsa da, belli sınırlar içinde kalmak zorundadır ve hepsi dönmeyi sürekli sürdürerek enerjiyi iletmek durumundadır. Böyle bir sistemde dişlilerin (hatların) zamansız ve tek başına bakımı konusu olamaz. Eğer yavaşlama söz konusu olursa; ülkeniz dış dünyadan izole edilir. Dişlilerin tümünün yani sistemin yavaşlaması ve olası kesintileri de bu yüzden yaşanmaya başlar ve sisteminiz ister istemez çöker, sistemin uygun hıza erişimi ise nispeten çok uzun süre ister o yüzden çok dikkatli ve planlı bakımların olması bir zorunluluktur. Dişlilerle (hatlarda doğru zamanda yapılmayan üstelik planlı bakımlarla) hatalı oynamanın büyük arızayı tetikleyici ilk unsur olduğu düşünülmektedir. Yük dengesizliğine sebep olan diğer unsurlarda sonradan sürece eklenmiştir. Çünkü bakıma hiç uygun olmayan yüksek dönemsel kapasiteler ve bunlar arasındaki frekans dengesinin bozulmasına sebep olan yükler de yine bu dönemde söz konusu olmuştur. Tüm bunların tahmin edilmesi aslında hiç zor değildir. Yedek güçlerin devreye alınamaması da serbest piyasa oyununda inisiyatifsizliğin, denetimsizliğin ve keyfiliğin hüküm sürdüğünün bariz işaretlerini sergilemektedir. Harita 1’den de görülebileceği gibi TEİAŞ Haritası ve Kapasite Projeksiyonları, 2014 yılında kurulu güç yedeğinin %75’ler civarında olduğunu bildirmektedir. Bu güç için yapılan yatırımların da, üretimdeki büyük bir kesintiyi dahi engelleyemediği ortadadır. Çünkü bu güç özel santrallerin elindedir ve fiyatı da oldukça pahalıdır. Kurulu gücü devreye sokma konusunda piyasa düzenin parçacı işleyişi ve aktörlerin denetimsizlikleriyle birlikte belirsizlik içeren tavırları yine, bu tür süreçlerin en önemli sorumlusu olarak ortada durmaktadır. Böyle bir arızada açıklamalarda ilginç olmuştur. “Yetkililerden de doyurucu bir açıklamaya rastlanılamamaktadır.” “TEİAŞ’ın sistemi işletirken yedek konvansiyel HES kapasitesi bulundurmaması da ilginçtir [6].”





**Harita 1.** TEİAŞ Haritası ve Kapasite Projeksiyonu

## 2. MATERYAL ve METOD / (MATERIAL and METHOD)

Çalışmada önerilen “Geri Ödeme Verisinin Ölçümü ve Yönetimi” yöntemine gelmeden önce buna yönelik ihtiyaçlara öncelikle makro ve mikro çerçevelerden kademeli olarak yaklaşılmıştır. Bu ihtiyaçları ön plana getiren alt yapı ve uygulama sorunlarıyla ilişkili olgulara ise mikro ölçekte (mühendislik teknikleri açısından) elden geldiğince ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir. Makro (sosyal) bileşenler ise çok daha ağırlıklı olarak ele alınmıştır. Bunlar da yönetim ve yatırımları belirleyen (kısmen çevre baskılı ancak neo-liberal düzene yönelik) ekonomi politikalarıdır. Tüm bunların neticesinde, teknoloji/tasarım ve planlama ön plana taşınmıştır. Özellikle ülkemizde artan ve değişen yük sorunları ve dengesizlikler ile ilgili sürece yönelik yaşanan kesinti senaryoları da çalışmada kısaca tartışılmıştır. Bu süreçte konunun uzmanlarının geleceğe yönelik çıkarımları ve çalışmada yol alışı destekleyen yönde ki görüşleri, yüz yüze iki saatlik görüşmeler şeklinde çalışmaya ayrıca katkı sağlamıştır [8, 9]. Giriş bölümünde araştırmanın teorik arka planını oluşturan ön bilgiler sıralanmıştır. Bu material ve yöntem kısmında ise, araştırmadaki amaca hizmet eden ve özellikle girişteki hipotezi değerlendirmeyi sağlayan bulgular (tespitler), yine birbirleriyle ilişkili başlıklar altında toplanarak değerlendirilmiştir. Başlıklarda önce altyapıdaki sorunlara doğru yönecek şekilde tümdengelim yöntemi kullanılmıştır. Sırasıyla tespit edilen ilk bulgular, sorun tespitleri şeklinde ele alınarak, değerlendirilmiştir. Geçmişte yaşanan ve gelecekte olası teknik altyapı sorunlarına yönelik çerçeve olarak teknoloji/tasarım ve planlama odaklı yeni çözümler önerilmiştir. Çözümler yerinde ve zamanında, doğruluğu deneyimle de kanıtlanmış enerji planlama yaklaşımları çerçevesinde vurgulanmaktadır. Şebekenin tümünde ve özellikle de gelecekte şebekedeki sorunları daha genel çerçevede önleyebilecek şekilde geleceğe yönelik sistematik yaklaşımlar önemsenmiştir. Bunlarla ilgili diğer bulgular da enerji sektörü içinde bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla yenilenebilir ve akıllı çözümlerden hareketle şebeke çapında yeni yapılandırmalara yönelik çözümler de irdelenmiştir. Geleceğin şebekelerinde bu çözümlere ulaşmak üzere tekrar tümdengelimle, alt şebekelerdeki revizyonlar üzerinden geçmiş ve geleceğe dair bulgular incelenerek, çözümlerle şebekedeki risklerin bertaraf edilmesini sağlayacak önlemler öngörülerek planlamaya yönelik bazı ilk adımlar değerlendirilmeye çalışılmıştır.

## 2.1. Elektrik Enerji Şebekesi Sorun Tespitleri / (Problems in Electric Power Network)

Sorun tespitleri alttaki şu başlıklar altında kısaca ele alınmıştır: “Elektrik enerji üretimi ve iletimi (şebeke) altyapısındaki yetersizlikler”, “Enerji şebekelerinde bakım-onarım planlama sorunları” ve “Felaket Senaryoları ve Kesintilerin Maliyeti” gibi dört ayrı alt başlıkla kesintilerin ilk önemli kaynağı olarak incelenip değerlendirilmiştir.

## 2.2. Elektrik Enerji Üretimi ve İletiminde Şebeke Alt Yapısındaki Yetersizlikler / (Inefficiencies in Electric Power Generation and Transmission Network Infrastructure)

Türkiye'nin fiziki coğrafi şartlarında özellikle Doğu-Batı koridoru üzerindeki ilgili ana iletim hatlarının olduğu iletim hatlı şebekelerde çok ciddi riskler taşıdığı, sadece anlık güç dağılımına bakılarak bile rahatlıkla söylenebilir. Bunlar çalışmanın çıkış noktası olan çökme durumlarının ve olası çökme risklerinin de önemli bulguları olarak incelemeler neticesinde varılan ilk tespitler olmaktadır. Bu açıdan yükler, zaten çok yönlü ayrıntılı araştırılıp, planlı olarak dengelenmelidir. Türkiye'nin coğrafi özelliklerine bağlı fiziki şartlar altında kamunun üstlenerek geçmişte yaptırdığı bu yakın dönem şebekeleri uzun mesafeli enerji iletim hatlarıdır ve çok ciddi bütçelerle çok uzun dönemde yapılmış ciddi yatırımlardır. Üstelik bu enerji yatırımları eski dönemlerde birçok aksaklıklara da karşın ancak kurumsal yapılar altında gerçekleştirilebilmiştir.

## 2.3. Enerji Şebekelerinde Bakım-Onarım Planlama Sorunları ve Çözümler / (Maintenance and Repair Planning Problems and Solutions in Energy Networks)

Türkiye'nin yakın geçmişte de elektrik enerji iletim şebekesinde yetersizliklerin görünür hale gelmesiyle birlikte, hatalı bakım-onarım plan kararlarının alınmasının da neticesinde, aşırı yüklenme sorunları ile çok ciddi ve uzun süreli şebeke çökmelerinin yaşadığı bir noktaya savrulmuş olunması kolay geçirilebilecek bir olay değildir. Bu tür teknik sorunlarda şüphesiz ilk akla gelen çözüm; kontrol ve planlamanın tek elden ancak risklerin doğru bir şekilde hesap edildiği felaket senaryoları eşliğinde yapılması olmaktadır. İşte Türkiye'nin enerji kullanımında önemli bir yer tutan bu şebekenin bakım ve onarımı da en önemli konuların başında yer almaktadır. Üstelik bu konu, güncel sorunlarıyla da birlikte devletin kurumsal sahipliğini gerektirmektedir. Mevcut şebekeye yönelik olan bu bakım sorunu, yerinde ve zamanında doğruluğu deneyimle kanıtlanmış, bakım-onarım programları ile birlikte sürdürülmeliydi. Gerekçesi belirsiz, zayıf ve üstelikte çok hatalı sonuçlar verecek şekilde programının değiştirilmesinin ne kadar sakıncalı olduğu görülmüştür. Kurumsal bütünleşik planlama yaklaşımları çerçevesinde ki bu dönemsel bakım süreçlerinin, doğru planlı bir şekilde uygulanması zorunlu olmalıdır. Şebeke ile ilgili aslında, tüm uygulamaların birbiriyle etkileşim düzeyi yüksek olduğundan günümüz koşullarına da uyarlanması için yeniden değerlendirilmesine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Örneğin; kesinti öncesindeki şebeke dengesizlikleri sırasında yedek kurulu gücün devreye alınmaması da ciddi bir sorun olmuştur.

“31 Martta da piyasada oluşan fiyatları düşük bulan özel santraller kesintinin yaşandığı saatteki piyasa fiyatından elektrik üretmeyi kabul etmemişlerse sistemde arz açığı oluşmuştur. Bu durumun yönetilememesi sonucunda iletim sisteminde büyük arızalar meydana gelmiş olabilir. Genel olarak arıza ve bakım bildiriyle santraller üretimi durdurmuşlardır. Kesintiye neden olarak boru patlağı, kazan arızası, trafo arızası gösterirken; o gün elektrik kesintisinin yaşanmaya başladığı saatlerden itibaren gösterilen gerekçeler ise “yük tevzi enerji kesintisi”, “154 gitti (154 bin voltluk şebekede kesinti)”, “aşırı yük”, “aşırı akım”, “sistem çökmesi”, “şebeke devre dışı kaldığı için, bara voltajının sıfıra düşmesi” [6] şeklindeydi.

## 2.4. Şebeke Koruma Sistemi ve Kesinti Senaryoları ile Kesintilerin Maliyeti / (Network Protection System and Cost of Interruptions with Interruption Scenarios)

Kesinti sorunlarının sanayimiz açısından ortaya çıkardığı maliyetler pek çok kaynakta yeterince vurgulanmıştır. O yüzden işletim ve yönetim hataları, kapsamlı senaryolar ile çok daha ayrıntılı bir şekilde tartışılarak önlem alınmasını da zorunlu kılmaktadır. İletim hatlarında aşırı yükler olduğunda

kaskat yapıları devrelerin rölelerle basitçe ve otomatik olarak devreyi açmasıyla şebekeyi koruma altına aldığı bilinmektedir. (Akım röleleri bu elektro-mekanik kontrolü otomatik olarak sağlamaktadır. Trafolarda da yük aşırı artarsa, benzer şekilde yine koruma röleleri vardır.) Ancak böyle bir durumda enerji akış zinciri de kopmaya başlamakta ve peşi sıra sorunlar oluşursa, şebekenin tekrar devreye alınması da uzun zaman almaktadır. 31 Mart günü bu anlamda Türkiye Doğu ve Batı olarak ikiye bölünmüştür. Ayrıca Avrupa bağlantılı sistemi de Türkiye'yi izole etmiştir. Şebeke de koruma olmasaydı; iletken kesitlerinin taşıdığı dengesiz güçle birlikte kesit sınırlarını aşan yükler çok daha önemli bir tehdit haline gelirdi. Yaz mevsim şartlarına göre ısıyla sehim (hatlarda sarkma) değişimi de, başka tehditleri arttırmaktadır. Hatlarda ve şebekede tehdit parametreleri farklı ve çoklu olup, ancak hassas bir yönetimle kontrol edilebilmektedir. Örneğin bakımların da yazın su debisinin düştüğü dönemlerde yapılmasının daha uygun olduğu bilinmektedir. Böyle olduğu halde, önemli ve yarı önemli bazı iletim hatlarında eşzamanlı bakımlara kalkışılabilmiştir. Üstelik barajlarda akışın ve tüketimin çok yoğun olduğu bir zamanda bu hatlar bakıma alınmıştır. Kritik öneme haiz olan bu olgular planlanmış olsa bile buna nasıl seyirci kalındığı ise anlaşılammıştır. Bu ilk ciddi hatalı (zamansız bakım) adımlarının ardından 154 kV şebekesinin kontrol merkezi halinde olan Gölbaşı-Ankara istasyonu da zincir şeklinde oluşan bu çökmeye müdahale edemeyecek duruma düşmüştür. Bu şebeke yönetiminde şebekenin de yapısı ve eski teknolojiler gereği, planlama hatalarının çok kritik bir rol oynadığı açıktır. Uygulama hatalarının da kolayca bertaraf edilemediği durumlara düşülmüş ve kesintileri önleyici alternatifler ise ayrıca kurulu güçler olmasına karşın devreye alabilme çok sınırlı kalmıştır. Şebekenin hassas hatları olan Doğu-Batı geçiş güzergâhında yeterli esneklik olmayınca, yapı ve tüm şebeke çökmüştür. Hâlbuki ilave kurulu güç yatırımları olmalıydı ve zamanında devreye de alınabilmeliydi. Doğu-Batı geçiş güzergâhında Batı yakasının ani güç artışlarına (talep) Doğu yanıt verebilecek durumda olsa da, hatların açılmasıyla tek yönlü iletim kopmuştur, bu bağımlılık gelecekte mutlaka çözülmelidir. Özetle; şebekenin işletiminde de akıllı ölçme, gözetim ve kontrol olanakları olmadığı için sınırlı olarak varsa bile, işletiminin yetersiz kaldığı görülmektedir. İletim alternatifleri de kısıtlı hale düşünce dengesizlikler arttıkça hatlar koruma moduna düşmüştür. Sınırlı kontroller ise kısmi bir etki derecesine sahip olabilmıştır, o da sadece bazı hatlarda SCADA sistemiyle sağlanmaktadır.

### **2.5.Neo-Liberal Politikalarla (Özelleştirmeler) Oluşan Riskler / (Risks from Neo-Liberal Policies (Privatizations))**

Eski ve tek yönlü olan bu enerji iletim hatlarının günümüzün neo-liberal politikaları etkisi altında sahipsiz bırakılmaya başlandığı düşünülürse, şebekelerin artık yönetiminin bile giderek zorlaştığı sahipsizleştirildiği de söylenebilir. Türk Telekom'un özelleşmesi sonucunda altyapıda yaşanan sorunlar da bu noktada benzer bir örnek olarak ayrıntılarıyla hatırlanmalıdır. 1980 sonrası kademeli gerçekleştirilen özelleştirmeler; bağlantılı şebeke yapısındaki işletme devirlerini arttırmış hatta hassas kamu mülkiyetini de parçalamıştır. Bunun neticesinde yeni işlemeye başlayan piyasanın ise kuralsızlıkları kaçınılmaz bir şekilde uygulamaya da yansımış ve tek elden yürütülen denetim ve kontrol de giderek zayıflayarak güvenlik açıkları meydana getirmiştir. Özelleştirmeler neticesinde geline bu son aşamada özellikle yüksek gerilim iletim hatları ise, maliyetli yatırımlar olması sebebiyle artık, sistemin en zayıf halkası olarak görülmeye başlanmıştır. Ancak benzer durum ve risklerin ise halen tam olarak değerlendirilemediği de düşünülürse, gelecekte şebekede risklerin de artacağı rahatlıkla söylenebilir.

### **2.6.Enerji Tedariki (Dış Anlaşmalar) ve Dışa Bağımlılık / (Energy Supply with External Agreements and External Dependence)**

Enerji temini konusunda dış ülkelerle yapılan tedarik anlaşmaları uzun dönemli bir dışa bağımlılık yaratırken, sanayi de elektriğin Türkiye'deki doğal kaynaklar yerine dışarıdan temini çok daha pahalıya mal edilmesine sebep olmaktadır. Doğal kaynaklardan akılcı yararlanma olanakları yaratılmalıdır, aksi halde bağımlılık artan genç nüfusla birlikte yine artacaktır.

## 2.7.Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Planlı Kullanım Olanakları ve Mevzuat / (Planned Usage Possibilities and Legislation for Renewable Energy)

Küresel ısınma ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaktadır. Ancak Türkiye'nin kur risklerinin sürdüğü bir ortamda yapılan tahminlerin ötesinde artan bir oynaklık olduğu da bir gerçektir. Bu nedenle tahminlerin ötesinde gerçekleşen farklı uygulamalar da bazı kritik sonuçlara yaratabilmektedir. Güneş enerjisi yatırımlarının 2018 yılında tahminlerin % 10-15 altına düşebileceği söylenilmektedir. Dünyada çoğu ülkede YEK'ndan enerji üretim lisanslarının tahsisinde "fed-in-tariff" tabanlı satın alam garantileri yerine rekabetçi ihaleler ağır basmaya başlamıştır. Ayrıca borçlanma faizleri de arttığı için yatırım maliyetleri yükselmiş ve yenilenebilir enerji yatırımları (YEY) bu durumlardan etkilenmeye başlamıştır. Özetle yenilenebilir enerji maliyetleri düşse de, finansman zor ve pahalı hale gelmiştir [13]. İstanbul'da İSKİ'nin harcadığı enerji İstanbul'da kullanılan enerjinin 1/3'ü kadar bir paya sahip olduğu düşünülürse; Türkiye'de tarımsal alanlardaki pompa sistemlerinin harcadığı enerjinin boyutları itibariyle yenilenebilir kaynaklardan temin edilebilir nitelikte olması gerektiği anlaşılacaktır. Bu kaynaklar yerine göre rüzgâr santrallerinden veya güneşten hatta kırsalda bireysel olarak dağıtık bir şekilde de sağlanabilmelidir. Bu konuyla ilgili mevzuat bir kararname ile ancak yeni değiştirilebilmiştir (Lisanssız YEKA üretim tesislerinde kurulu güç üst sınırı). Alt şebekelerde YEK'ndan yapılacak üretimle birlikte, enerji akışında çift yönlülüğün de söz konusu olması ve bunun da ölçümlenebilmesi giderek önem kazanmaktadır. Üreticilerin ve tüketicilerin kademeli olarak buluşacağı üst şebekelerde, uzaktan ölçme ve kontrol sayesinde elektrik kullanımları da ücretlendirilebilecektir. Ancak kendi kullanımı ile dengeli bireysel YEK'ndan üretim yapan kullanıcılar belki kendi içlerinde kapalı devreler olarak kalabilirler. Mevzuat onları da düşünüp yeni lisansız düzenlemelerle değiştirilmek durumundadır. Dolayısıyla geleceğin akıllı şebekelerinde yenilenebilir enerjiye geçişin de çift yönlü akışların kontrolü ve ölçümlenmesi ile planlı bir şekilde yapılacak yatırımlarla uzun dönemde gerçekleştirilebilecektir. Ancak elektrik enerjisinin üretimi ve satımı devletin yanı sıra özel girişimlere de açık hale geldikçe; kamu ve özel arasındaki dengenin de adaletli bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Mali yük ve riskler halen dengeli bir şekilde paylaşılmamaktadır. Bu anlamda özelleştirmenin ve serbest piyasanın dezavantajlı ve zorlu yanlarının ötesinde, yeni kapsamlı geniş bir üretici yelpazesinin de zamanla şebekede bulunması beklenmektedir. Özellikle günümüzde artık elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji seçeneklerinin de değerlendirilmesi hatta çeşitlendirilerek her yerden şebekeye verilerek satılabilmesi de zorunlu bir hale gelmektedir. Bu noktada zamanla üretimin ülke çapında bireysel üreticilere doğru da yaygınlaştırılması söz konusu olacaktır.

## 2.8.Enterkonnekte Enerji Altyapı Yatırım Projelerinin Akıllı Planlaması ve Yönetimi / (Intelligent Planning and Management of Interconnected Energy Infrastructure Investment Projects)

Şebekede artık yavaş yavaş enerji akışında çift yönlülüğün de söz konusu olduğu görülmektedir. Bu çift yönlü akışın da ölçümlenebilmesi giderek önem kazanmaktadır. Ancak böyle kapsamlı bir projenin de aksama yaratmaksızın doğru bir şekilde planlanması gerekir. Bu kapsam da, şebekedeki çift yönlü enerji akışının da ölçümlenerek, mahsup edilmesi ve geri ödeme amaçlı ücretlendirilmesi söz konusudur. Bu olanak ise şebekede ki mevcut donanımların değiştirilmesi gibi konu ve sorunları da gündeme gerektirmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerjiye geçişlerin akıllı planlanmasının yasal-yönetimsel çerçevedeki yeni yapılacak düzenlemelere de hız kazandıracak şekilde açık olması gerektiği ve paydaşların önerilerinin bu sürece katkı sağlayacağı açıktır. Çalışmada ele alınmış olan bu geçiş sürecinin yavaş yürümesinin maliyetli yapısı altta incelenmiştir. Maliyeti azaltıcı akıllı önerilerin ön plana alınarak düzenlemelerin hızlandırılması için mevzuatta bazı geçici önlemlerin de alınması şarttır.

## 2.9.Mevzuatta Düzenlemeler / (Regulations in Law)

Şebekenin yukarıda belirtilen tarzda yeni katılımlara hazır hale getirilebilmesi, yasal-yönetmelik düzenlemelerin de işlerlik kazanmasıyla mümkün olacaktır. Mevzuata yeni kararname olarak son günlerde yansımaktadır (Lisanssız YEKA üretim tesislerinde kurulu güç üst sınırı). Özetle; akıllı şebekelere geçiş kademeli olarak sözde akıllı cihazlarla başlatılmış gibi gözükse de, planlamanın yetersizliği ile birlikte özellikle yaşanan sorunlar incelendiğinde mevcut tablo göstermektedir ki, geçiş süreci öngörüldüğünden çok daha fazla ve sıkıntılı bir süre alacak şekilde sorunlar da yine katlanarak artacaktır.

## 2.10.Akıllı Cihazlar-Veri Yönetimi Sorunları / (Smart Devices-Data Management Issues)

Çalışmada tespit edilen sorunlardan biri, günümüzde uç noktalarda (ev, bina, fabrika, arazi, vb.) artık yurt dışında YEK ile enerji üretilebildiği halde, ulusal mevzuatın hala bu duruma uyarlanmakta geciktirilmesi. Üstelik diğer yandan özelleştirmelerle gelen düzenlemelerin de, ülkeyi sayaç (cihaz) çöplüğüne dönüştürmekte olduğu gerçeğinin bilerek ihmal edilmesidir. İşte bu son sayaç değişim süreçlerinde de, kullanıcının ilgili özel idareler tarafından bağlayıcı ve tek taraflı sözleşmelere zorunlu tutulduğu ve yeni sayaçları taktırılması süreci oldukça problemlerle bir şekilde sürdürülmüştür. Kullanıcının yeni takılan sayaçlarla ilgili tam bilinçlendirilmediği gibi hatta yanıltıldığı da ortadadır. Öyle ki; cihazlardaki T1, T2, T3 çarpanları (x1) aynı tutulduğu ve enerji tüketicilerinin farklı tarifeleri kullanma şansının hala verilemediği bir ortamda böyle bir geçiş uzatılarak sürdürülmektedir. Bu cihazlar halen tasarruf amacı çerçevesinde bile kullanılmadığı gibi sadece tasarrufa yönlendirmekle sınırlı kalacak derecede sözde akıllı cihazlardır, yani aslında tek yönlü enerji akışı ile tüketimi ölçen sayaçlardır. Hâlbuki gerçek akıllı sayaçlar çift yönlü iletim kapasitesine sahiptirler ve ancak onlarla akıllı şebekelere doğru bir geçiş söz konusu olabilecektir. Çalışma uç noktalarda ve en alt şebeke devrelerindeki bu sök/tak ve geçiş karmaşıklığının da artması ile birlikte oluşabilecek olası sorunların da çözüm pratiklerine yönelmektedir. Öncelikle ve özellikle; “Uzaktan ölçme ve kontrol verisinin değerlendirilebilmesinin önündeki engellerin aşılmasında kullanılacak donanım ve yazılım teknolojilerindeki çeşitliliğin de ilkesiz-kuralsız-plansız bir şekilde aşılacağı” hipotezini test etmektedir. Bu hipotez böyle sağlıklı bir süreçte zaten şimdiden doğrulanmaya başlamıştır. Sonuçta eski ve sözde (ara) akıllı sayaçların değişimi akıllı şebekelere geçişle birlikte yine değiştirilecektir ve bu hızlıca eskiyecek (ara) cihazlar da sökülüp atılacaktır. Dolayısıyla hatalı başlayan bu son süreçler belli ki, gereksiz yere yaşanan teknik sorunlar ve oluşan maliyetlere kullanıcının katlanmak zorunda bırakıldığı, bu yüzden kamu yararı gütmeyen ilkesiz-kuralsız-plansız bir özelleştirme sürecinin nemalarındandır. Çalışmanın çerçevesi içinde yaşanan bu son süreç yine temel alınarak, geleceğe dair alta bazı öngörülerde de bulunulmalıdır:

- Tek yönlü klasik yöntemlerle ölçüm yapabilen şebeke ve cihazlar aslında çoktan yetersiz kalmıştır.
  - İptidai uygulamalarla ve yürütülen mevzuatla ne tasarruf ne de üretim yapılamamaktadır.
  - Sözde ara akıllı sayaçlara geçiş bile, pek çok sağlıklı yanlarla başlatılmış yürütülmüştür, ne tasarruf amacı zamanında başlatılabilmemiş, ne de sağlıklı bir şekilde yaygınlaştırılabilmmiştir. (Özelleştirilen piyasada kullanıcı sözleşmelerinin zorunlu bağlayıcılığı ile özel idarelerce rastgele sökülüp takılan sayaçlı süreçler... Bu cihazlar sadece enerji tüketimini, zaman dilimlerine göre farklı çarpanlar uygulandığı taktirde tek yönlü ölçerek ücretlendirebilen cihazlardır. Aslında halen ciddi bir veri yönetimi sorunu olduğu açıktır. İşte bu soruna yönelik olarak sistematik ölçümlerin ve değerlendirmelerin uzaktan kontrollerle birlikte yapılabildiği alt yapı olanaklarının da iyi bir şekilde tasarlanıp planlanmak zorunda olduğu apaçık ortada durmaktadır.)
  - Aslında sistematik veri yönetimi ve kontrolüne geçişte hiçbir şekilde planlanabilmiş değildir.
- Dolayısıyla bu deneyimlerle test edildiğinde; enerji piyasasında sürekli gecikmeler, aksayan süreçler, kesinti ve arızalarla da birlikte yine, ilkesiz-kuralsız-plansızlığın olduğunu eğer varsa planların da sürekli boşa çıktığını açıkça göstermektedir. Hipotez kendini doğrulanmaktadır.

## 2.11. Akıllı Hatlar/Şebekeler / (Smart Grid/Networks)

Akıllı şebekeler ise YEK ile enerji üreten uç noktaların da olmasıyla birlikte geçilecek beklenen ancak hala daha ileride duran bir aşamadır ve bu aşamada, üretici uç noktalarda (ev, bina, fabrika, arazi, vb.) bireysel veya kurumsal üreticiler de, yepyeni bir sürece katılacaklardır. Dolayısıyla zamanla akıllı şebekelerde YEK ile enerji üretenlerin kullanacağı gerçek akıllı cihazlar artacak ve çift yönlü enerji akışları başlatılacaktır. Bu kez şebekeye basılarak satılan bir elektriginde artık uç noktalardan başlayarak alt şebekelerde olduğu gerçeği göz önünde bulundurulduğunda merkezi şebekenin de çoktan akıllı hale getirilmiş olması gerektiği bilinmelidir. Mevcut şebekelerde ve alt şebekelerinde kademeli olarak ele alınması gereken bir konu da, uzaktan ölçme ve kontrollerin sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde yapılabilmesidir.

Haliyle tekrar eskiyecek olan ara dönemin akıllı cihazları ile uzaktan tüketim ölçülemeyeceği için onların bu noktada artık akıllı şebekelere gerçekte hiç uygun olmadığı anlaşılabilir, tekrar sökümleri başlayacaktır. Akıllı şebekeler ile günümüzde ihtiyaç duyulan tüm ölçme ve kontrol verileri artık şebeke üzerinden enerji ile birlikte ve çift yönlü telekomünikasyon cihazları ile akar şekilde çalışır olacaktırlar. Şebekede uç kullanıcılar kısmında akıllı sayaçlar çift yönlü hale getirilmeden ağın da ara ve merkezi yönetim kademeleriyle birlikte akıllı şebeke olarak tasarımı olarak kademeli bir şekilde planlanması gerekmektedir. Teknolojiye uygun yeni ve doğru tasarımların tüm şebeke üzerinden planlanması şarttır. Bu da ancak öncelikle yeni telekomünikasyon teknolojilerinin eski şebekelere daha çok hakim olacak şekilde ilerlemesi ile mümkündür ve alınacak yeni kararlarla bu yönde planlı teknolojik yatırımların yapılmasını zorunlu kılmaktadır, şebekenin kontrolün artırılması da ancak bu yoldan gidilebilirse sağlanacaktır. Enerji iletim hatları üstünden veri iletimi konusundaki yeniliklerin uygulamada kendini göstermekte olduğu bilinse de, Türkiye’de bu teknolojinin yaygınlaştırılması henüz hiç söz konusu olamamış, üstelik sözde akıllı sayaçlarla yolsuzluklar da yapılmıştır. Özetle, özelleştirme bu anlamda da başarısızlığa uğramıştır. Ancak elektrikten hızlı bir veri iletişimi sağlanmadan şebekenin kontrol ve otomasyonunun da gerçekleşmeyeceği ortadadır. Örneğin; 154 kV şebekesinin kontrol merkezi olan Gölbaşı-Ankara istasyonu çökmeye müdahale edememiştir. Şebekelerden beklenen yeniliklerin mevcut şebeke tarafından kabul edilmesi, ciddi ek yatırımlar gerektirecek konulardır. Ayrıca bu konuların da, mutlaka taşınan enerji büyüklüğüne göre birbirinden ayrılan hat ve alt şebekelerde kademeli ele alınıp, şebeke sağlığı korunarak yönetilmesi gerektiği de gayet açıktır.

Geleceğin akıllı şebekelerinde ise ölçme ve kontrol şüphesiz giderek yazılım ve donanım boyutunda akıllı cihazlarla birlikte sağlanacaktır. Özellikle yenilenebilir enerjiye geçiş planları ile birlikte ölçme ve veri toplama işlemleri de artacağından akıllı cihazlara duyulan gereksinim de artacak ve mevcut elektro-mekanik kontrolleri artık yazılım ve gelişmiş donanımlarla da sağlamak mümkün hale gelecektir. Bu ürünlerin standardizasyonu da yine problemlidir. Bu nedenle yenilenebilir enerjiye geçişin çok daha ayrıntılı bir şekilde planlanması kademeli bir şekilde hızlandırılması gerekmektedir. İşte bu noktada, zamanla elektrik üretiminin ülke çapında bireysel üreticilere doğru da yaygınlaştırılmasının söz konusu olduğu varsayımıyla gözden kaçan sorunların daha da artacağı söylenebilir. Böyle kapsamlı bir projenin büyük aksamalar yaratmaksızın doğru bir şekilde planlanıp yürütülmesi için atılacak adımlara çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu da ancak geçmişten alınan derslerle ayrıca benzer geçiş süreçlerini yaşayan ülkelerin deneyimleri ile birlikte değerlendirilerek, onlardan edinilen çıkarımlarla sağlanabilir.

Çalışma bu kapsam da, şebekedeki çift yönlü enerji akışının da ölçümlenerek, mahsup edilmesi ve geri ödeme amaçlı ücretlendirilmesinin söz konusu edilebileceği uygulamaları ön plana alacak şekilde giderek daraltılan bir kapsamı sebep-sonuç ilişkileri çerçevesinde incelemektedir. Bu çift yönlü akış olanağı ise, şebekede ki mevcut donanımların değiştirilmesi gibi sorunları gündeme gerektireceğinden, şebekenin bu yeni katılımlara hazır hale getirilebilmesi için bazı yasal-yönetimsel düzenlemelerin de işlerlik kazanması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji üretim çözümleri ile birlikte akıllı şebekelere doğru geçiş çalışmanın gelecek için düşünülen çatısını oluşturmuştur. Bu geçiş

kademelerinde planlamanın daha ciddi bir şekilde sorgulanması için çalışma, mevcut durumu değerlendirerek, gelecek için de bazı öngörülerde bulunmaktadır.

## 2.12. “Geri Ödeme Verisinin Ölçümü ve Yönetimi” / “Measurement and Management of Refund Data”

Burada önerilen yaklaşımda, “geri ödeme verisinin ölçümü ve yönetimi” gibi yeni nesil yazılım ve donanım çözümlerine ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir. Bu tür konularda desteklenecek yeni araştırma olanaklarının da yaratılmasıyla birlikte, şebekede tasarım sorunları ve plansızlıklar zamanla aşılabilir. İlkeli-kurallı-planlı yaklaşımların yanısıra şebeke yönetimini daha etkin kılabilen, akıllı şebekeler yaratacak bilimsel araştırmalar da yapılabilir. Kablosuz ağlarla ilişkili enerji sistemlerine yönelik çalışmalar [10] arttırılmalı ve projelerle yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca mevzuatta da uygun ve kademeli düzenlemelerle şebekenin iyileştirilmesini sağlayacak ek önlemler devreye alınabilir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA / (RESULTS AND DISCUSSION)

Büyük çapta ve uzun dönemde gerçekleşen enerji yatırımlarından yüksek güçlü HES’ler ile tek yönlü enerji iletim hatları ve zamanla karmaşıklaşan şebekelerinin de günümüzde neo-liberal politikaların etkisi altında kalmaya başladığı görülmektedir. Bu konular da enerji sektöründe yaşananlar tündengelim yöntemiyle incelenmiştir. Giriş bölümünde sırasıyla; “Neo-Liberal Politikalar ve Enerji Yatırımları”, “Küresel Isınma ve Yeni Çözüm Arayışları”, “YEK ve Teknolojik Yenilikler” ile “Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES) (Su Kaynakları)” ve “Uzun Mesafeli Tek Yönlü Elektrik Enerjisi İletim Hatları ve Şebekeleri” teorik çerçeveyi belirleyen teknik literatür çalışmasında işlenmiştir. Ayrıca “Enterkonekte Sistem Güvenliği ve Büyük Kesintinin Basit Analizi” de bu içerikte değerlendirilmiştir. Bu duruma, geçmişte ülkemizde yaşanmış bazı olaylardan örnek verilerek (31.03.2015 ve 11 Nisan 2015 vd.) teknik raporlar incelenip tekrar tartışmaya açılmıştır. Biriktirilemeden üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji kaynağı olan elektrik, tümüyle kamunun hizmetinde olması gereken önemli modern bir hizmet olma özelliği taşımaktadır. Özel sektör ve piyasa kurallarına teslim edilen bu önemli zincirin parçalarının her zaman uyumlu hareket edememe riski olduğu apaçık ortada durmaktadır. Neo-liberal kararlarla artık tek bir elde olamayacak duruma getirilmiş olan enerji sektörü, ilkeli-kurallı-planlı-eşgüdümlü bir şekilde yönetilemedikçe, büyük kesintiler vb. sorunlar da artarak devam edecektir.

Çalışmadaki inceleme ve tespitlerin toparlandığı materyal ve metod kısmında ise şu başlıklarla tartışma sürdürülmektedir: “Elektrik Enerji Şebekesindeki Sorun Tespitleri”, “Elektrik Enerji Üretimi ve İletimi (Şebeke) Alt Yapısındaki Yetersizlikler”, “Enerji Şebekelerinde Bakım-Onarım Planlama Sorunları ve Çözümler” ve “Basit Koruma Sistemi ve Felaket Senaryoları ile Kesintilerin Maliyeti”. Şebekede planlama ve yönetim kusurları, yüksek gerilim hatlarında ve trafolarla hatta santrallarda geçmişte (31 Mart 2015, 11 Nisan 2015 vd.) zincirleme bir şekilde tetiklenmiştir. Ancak arıza denilemeyen şebekede ki bu büyük kesintiler (80 ilde 10 saatlik) oldukça ciddi ve yıkıcı mali sonuçlar da verebilmiştir. Kesintinin sebepleri kadar maliyetinin de bu nedenle önemli olduğu açıktır. Sanayimiz açısından günüçi uzun süreli kesintinin ortalama maliyeti aslında önceden de öngörülebileceği gibi oldukça yüksek boyutlardadır (~1M\$).

31 Mart 2015 Avrupa bağlantılı sistemi tarafından Türkiye’nin izole edilmesi yine öngörülebilecek başka bir sonuçtur. Böyle bir kesinti de yapılabilecek bir şey yokmuş gibi gelen açıklamalar ise oldukça düşündürücüdür. Ayrıca 11 Nisan 2015 tarihinde ise ayrıca Doğu ve Güneydoğu Anadolu’da da 20 ilde birden yarım saatlik kesinti de yaşanmıştır. Tüm bu kesintiler daha geniş çapta tartışılmaya muhtaçtır. Enerji de gelecek çok daha iyi bir planlanmalıdır. Ayrıca üst (makro) çerçeveyi oluşturan gerçeklik ise şu başlıklar altındadır: “Neo-Liberal Politikalarla (Özelleştirmeler) Oluşan Riskler”, “Enerji Tedariki (Dış Anlaşmalar) ve Dışa Bağımlılık” kapsam içinde değerlendirmelere her zaman tartışmaya açık bırakılmıştır. Enerji sektörü konusunda çözümlerin ise gelecekte artan şekilde önümüze koyduğu konular da şöyle sıralanarak özellikle tartışılmıştır: “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Planlı Kullanım Olanakları ve Mevzuat”, “Enterkonekte Enerji Altyapı Yatırım Projelerinin

Akıllı Planlaması ve Yönetimi”, “Mevzuatta Düzenlemeler”, “Akıllı Cihazlar ve Veri Yönetimi Sorunu”, “Akıllı Şebekeler”, “Geri Ödeme Verisinin Ölçümü ve Yönetimi”.

#### 4.SONUÇ ve ÖNERİLER / (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Türkiye’de yakın dönem geçmiş enerji süreçlerinde bakıldığında şebeke işletim bütünlüğünün korunması gerektiği iyi bilindiği halde, enerji şebekesi ve hatta enerji temini konusunda tatmin edici gelişmelerin sınırlı kaldığı görülmüştür. Ayrıca yenilenebilir enerjiye kaynaklarının (YEK) kullanımına geçişlerin de kapsamlı bir enerji planlanmasıyla birlikte ele alınmalıdır. Buna yönelik olarak kademeli ve yapılandırıcı bölgesel ve yerel proje yaklaşımlarının, uygun mevzuat düzenlemeleri çerçevesinde hızla gerçekleştirilmesi gerektiği de açıktır. Yakın geçmişte elektrik şebekesinde yaşanan büyük kesintilere karşın; şebekedeki mevcut ve gelecekteki risklerin halen yeterince değerlendirilemediği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla şebekenin geleceği için önlemlerin tam olarak dikkate alınmadığı ve geleceğin de yeterince iyi planlanmadığı söylenebilir. Çalışmada teknik açıdan öncelikle enerji kesinti sebepleri ve senaryoları üzerinden sürecin risk faktörlerini önceden kestirmenin ve sorunların zamanında önüne geçilebilmesinin, sadece doğru ve yerinde alınacak kararlarla ve akılcı bir planlama ile mümkün olduğu gösterilmiştir. Çalışmada Enerji piyasasında kamu yararını sağlayıcı yönde kararlar alınarak, düzenlemeler çıkarılabilmesi de açık ve eleştirel bir dille ortaya konulmuştur. Bu kapsamda enerji piyasasında ki aktörlerce, geleceğe yönelik olarak çözüm önerilerinde bulunulmasının ve tartışılmasının da gereği ortadadır. Yasal-yönetimsel çerçevedeki yeni yapılacak düzenlemelerin artık geciktirilmeden tüketici veya kullanıcı uç noktalarında ve ara noktalarda YEK’na geçişin kademeli olarak hızla ve daha da esnetilmiş düzenlemelerle yapılması gerektirdiği de yine ele alınmış konulardan olmuştur. Düzenlemelerin ise bu açıdan yurt çapında yaygın gücü ve önemi bulunmaktadır. Özellikle bölgesel dengesizlikleri ve riskleri de gözetecek şekilde konunun değerlendirilmesi şarttır. Ancak düzenlemelerde boşluklar bırakılmayacak ve öncelikle kamu yararının gözetilerek, bunun tesis edilmesi yönünde en uygun kararların alınarak, uygulamaların da gözetim altında gerçekleştirilmesi gerektiği özellikle vurgulanmıştır. Akıllı şebekelere giden yolda; önerilen gerekli çözümler ise detayda “geri ödeme verisinin ölçümü ve yönetimi” gibi yeni nesil yazılım ve donanım çözümlerini ön plana getirecektir. Şebeke bu noktalara getirilmeden önce bir bütün halinde ele alınmalıdır. O yüzden geçici olarak değil, kalıcı-ilkeli-doğru-gerçekçi-planlı revizyonlara başlanması gerektiği de çalışmada özellikle belirtilmiştir. Enerji ülke güvenliği açısından oldukça önem arzeden bir konudur. Geçmişte Telekom örneğinde de özellikle altyapıda yaşanan olumsuzluklarda olduğu gibi enerji konusunda da artık bir zincirin parçaları içinde çok kırılğan bir hale gelen şebekenin de çoktan gündeme gelmeye başladığı açıktır. Ele alınan konunun birbiriyle son derece ilişkili başlıklarından da görülebileceği gibi kritik bir bütüne ait olan ve artık bağımsız şirketlere dönüşen farklı ancak birbirlerine bağımlı olan bu parçalar, çatı bir kurum (EPDK) tarafından yapılan düzenlemelerle yönetilmektedir. Ancak günümüzde bu piyasa ortamında, şebekenin yeterince sahiplenilmediği de söylenebilir. Öyle ki şebeke, kendisini çökertecek kadar ciddi risklere de açık bir oyunun içinde kalmıştır. Bu oyunun adı ise bilindiği gibi serbest rekabete de açık halde olan enerji piyasasıdır. Oysa bu parçaların oluşturduğu zincir, karmaşıklığı giderek artan mevcut durumu içinde hala bir bütün halinde ele alınıp düşünülme ve yaşatılmak zorundadır. EPDK her ne kadar çatı bir kurum olsa da, onun tarafından çok daha iyi bir şekilde planlanmak zorunda olduğu da açıktır. Bu sektörün rekabet piyasası içine terk edilmesi ise riskleri oldukça arttıran bir ortam yaratmıştır. Bu nedenle çalışma, mevcut şebeke sorunlarını ve Anadolu yerleşim coğrafyasını da dikkate alarak sorunlara çözüm olacak stratejik yaklaşımlar açısından yenilenebilir enerjiye geçişi önemseyerek ele almıştır. Bu amaçla elektrik üretiminin ölçüm ve uzaktan kontrolüyle ilişkili bilişim çözümlerinin mevcut şebekede planlı uygulanabilirliğini de içerecek şekilde akıllı şebekelere geçişi ilişkili başlıklar üzerinden beraber değerlendirmiştir.

#### 4.1.Öneriler / (Recommendations)

Kesinti sorunlarının sanayimiz açısından ortaya çıkardığı maliyetler oldukça yüksektir. Bu nedenle konu hakkında şeffaf bir izleme, araştırma desteği vb. önlemlerin artırılması gerekmektedir ve bu



yolda, enerji sisteminin daha planlı uygulamalara yönelik iyileştirilmesi gerektiği de ortada duran bir gerçekliktir. Türkiye YEK'a geçiş yönündeki dönüşümde ise, yerinde ve doğru yapılarak uyulan stratejik bir planlama ile yol alınmalıdır. Ayrıca eylem planlarıyla da bu yol artık gecikilmeden zamanında alınmak zorundadır. O yüzden aktörlerce etkin YEK yol haritaları önerilmeli ve bunlar da yoğun ve şeffaf bir şekilde tartışılmalıdır. YEK ve akıllı şebekelere doğru geçişin ise öngörüldüğünden çok daha fazla bir süre alacağı şimdiden söylenebilir. Hatta olası sorunların da belki yine hatalı olabilecek planlama ve uygulamalarla giderek artacağı da açıktır. Sadece sözde kalan serbest piyasa ekonomisi şartları aslında çok ağır bedeller ödetecek kadar vahşi kapitalizmin izlerini sürmektedir. Dolayısıyla kamu yararını gözeten yönetimlerce geçiş sırasında tüm bu sorunları önleyici sistematik veri yönetimine geçiş önemli bir karar olacaktır. Ayrıca devasa veri (Big Data) çalışmaları da başlatılmalıdır. Yeni açılacak olan konu başlıklarının halen tam olarak planlandığı söylenemez. Bu amaçla çalışmada önerilen yeni uç noktalar yaklaşımı çerçevesinde, “geri ödeme verisinin ölçümü ve yönetimi”ni de kapsayan yeni nesil donanım ve yazılım çözümlerine de ihtiyaç duyulacağı görülmektedir. Diğer yandan asıl şebekenin akıllı hale gelmesi, en kapsamlı iş olacağından, bölgeler için dağıtık yapıda orta çaplı ve merkez için büyük çaplı (ölçekli) veri yönetim merkezleri tasarlanmalıdır. İlgili sunucu sistemlerde ayrıca anlık yedekli planlanmalıdır:

- 1-Faturalandırma/ücretlendirme sunucuları,
- 2-Acil Durum Yönetim Sistemi (sunucuları ve yedeklemeleri),
- 3-Coğrafi Bilgi Sistemleri (konumla ilgili tarih, yer, görüntü vb bilgilerin kontrolü),
- 4-Veri Yönetim Sistemi

Tüm sistemin geniş ölçekte ciddi kesintilere tahammülü yoktur, ağın ve verilerin sunucu sistemleri ile her açıdan güvenliği de ayrıca son derece iyi sağlanmalıdır (İngilizce ifadelerdeki kısaltmalarıyla sunucular; 1-CIS/Billing, 2-OMS, 3-GIS, 4-DMS) [13]. Anlık yedekleme yapan sistemlere de gerektilse, otomatik geçiş ve geri dönüşler sağlanabilmelidir. “Çift yönlü trafiğin akacağı tüm şebekede mevcut geçmiş şebekeler de korunarak bulunacak, şebeke eklentilerle büyütülecek, yeni üretici/tüketici, alt/ara şebekeler de sisteme katılacaktır” [8]. Tüm sistemde iletişimi sağlayan akıllı ağlar da ayrıca özenle tasarlanarak yer alacaktır. Yenilenen bu şebeke artık anlık her türlü ölçme ve kontrolü müdahalelere de olanak tanıdığı ve tüm bunların hızlıca yapılabildiği bir şebeke olma yoluna girecektir. Şebeke ile ilişkili ve benzer akıllı uygulamalar demetinin yine şebekeye uyumlu yazılım ve donanım çözümlerine olan ihtiyacı da arttıracığı açıktır. Çalışmada bu ihtiyacı kademeli olarak ön plana getiren uygulama sorunlarına ve çözümlerine yönelik olgulara ve bunlara paralel olarak oluşan maliyetlere öncelikle yer verilmiştir. Geçmişteki şebeke çökmelerinin maliyetlerinden hareketle, gelecek için enerji maliyetleri ve enerji bağımlılığı konusunda öngörüler de bulunmak gerekirse; şeffaflık, istikrar, kararlılık, güvenilirlik, sürekli Ar-Ge desteği ve milli donanım-yazılım çözümlerinin üretilip yaygınlaştırılması çerçevesi şebekenin seçilmiş sürdürülebilir geleceği olmak zorundadır.

#### **4.1.1.Enerjide Dışa Bağımlılığın Uzun Vadede Önlenmesi / (Long Term Prevention of Dependence on Energy)**

Ülkeler arası enerji anlaşma kontratlarıyla sürekli dışarıdan enerji temini söz konusu olduğu sürece bağımlılık son bulamayacaktır. Dışarıdan doğalgaz alımı ve doğalgaz çevrim santralleri dışa bağımlı enerji yatırımları olarak son dönemde kritik bir rol oynamıştır. HES'ler, JES'ler ve RES'ler ise dışa bağımlılığı azaltamayacak kadar ufak çaplı yatırımlar olduklarından ve üstelik doğal kaynaklara da zarar verici yönde plansız uygulamalar şeklinde gerçekleştiklerinden bunların kurulumu ve işletimi de daha çok gözetim altına alınmak zorundadır. Kırsal da bu tesislerin çevresel ve sosyal etkilerine maruz kalan halkın rızası ve katılımı da, ancak sürdürülebilirliğin sağlanması ve güvenilirlik sınırlarının korunmasıyla kazanılabilir. Termik santraller ise gelecek için adeta çöptür, bugün için bile oldukça yüksek maliyetlidir. Özellikle gelecekte karbon salınımı kotaları nedeniyle oldukça

bağlayıcı bir sorun alanı da yaratacaktır. Plansız kabuller, sözde ÇED süreçleri, doğa tahribatı ve kırsal yaşamda yarattığı yıkımlarla birlikte, bu son yatırımların sosyal maliyetlerinin de son derece arttığı açıktır. Nükleer santrallere gelince, yer seçimi ve işletimi ile atık problemleri ve kazalar, ciddi sosyal maliyetleri ile yine çok daha karmaşık konular olarak gündemdeki yerine hep koruyacaktır. Türkiye’de bu projelerin başarı oranının çok daha düşük olabileceği akla gelmektedir. Sosyal yapı ve deneyimsizlik önemli risk faktörleridir. Bu projeler ciddi yıkımlar dahi getirebileceği için tereddütler de son derece doğaldır. Planlama burada çok daha ciddi bir şekilde öne çıkmaktadır. Yer seçimlerinden ve kullanılan teknolojilerden başlanılarak olası maliyetler ile ortaya ilk etapta çıkan sıkıntılar düşündürücüdür. Mersin Akkuyu’daki zemin çatlakları [12].

En önemli kaynak ise az sayıdaki yüksek güçlü HES’lerdir. Ancak Anadolu Coğrafyası’ndaki tüketim potansiyelinin Batı’da olması nedeniyle, bu tür HES’lerin ürettiği elektriği tüketecek kaynaklara taşımak zorunda kalınmıştır. Büyük şehirlerde göçlerle birlikte artan nüfus, bu Doğu-Batı enerji dengesini zorlar hale getirmiştir. Sonuçta enerji için çözüm de, dış kaynak bağımlılığının daha da arttırılması yönüne kaydırılmıştır. Bu yüzden de doğalgaz kullanımı son süreçte ülke çapında yaygınlaştırılmıştır. YEK’ndan üretim oranı ise halen oldukça düşük olup; kısa, orta ve uzun vadede doğru bir şekilde planlanmaya muhtaçtır. Ancak akılcı bir enerji planlaması ve buna paralel politikalarla uzun vadede enerji bağımlılığı kısmen azaltılabilir.

#### **4.1.2. Enterkonnekte Enerji Yatırım Projelerinin Akıllı Şebekelerde Doğru Planlanması / (Correct Planning of Interconnected Energy Investment Projects in Smart Grids)**

Çalışmada yüksek güçlü HES’lerin ve bağlaşımlı sistemin arz yetersizliği vb. sorunlara açık kalan sürecinin risk faktörlerini önceden kestirmenin ve sorunların önüne geçilebilmesinin doğru bir planlama ile birlikte mümkün olduğu gösterilmiştir. YEK bu şebekeye anlık yükü karşılarken, oldukça ufak azaltıcı ve dengeleyici bir şekilde eklenmektedir. Böyle olsa da, akıllı şebekelere geçiş ölçme ve kontrol olanakları açısından son derece önemli olacaktır. Türkiye’nin Doğu-Batı arasındaki dengesiz üretim ve tüketim sorunları, YEK ve bataryalarla yedekli kurulu gücün arttırılmasıyla, kırsalın ve yerelin kontrolü de akıllı şebekeler üzerinden ele alınarak, ancak kısmen çözüme kavuşturulabilir. Aktif YEK kurulu gücü sisteme ihtiyaç duyulan noktalarda katılabilirse, gündüz aşırı güç talebi veya olası ufak çökmeler kısmen önlenir. Büyük çökmeler sorunu ise bu şekilde otomatik yoldan dahi kolaylıkla çözülemeyecektir. Ancak YEK ile kritik noktalardaki yerel üretim girişimlerinin önü açılarak kolaylaştırılırsa, ana şebekede de oransal olarak YEK payı biraz daha yaygınlaştırılabilir. Ani güce gereksinim duyan noktalarda ise bataryalarla da birlikte, şebeke takviye edilebilirse, güncel küçük yük problemlerini de, belki kısmen tehdit olmaktan çıkarılabilmek mümkündür. Akıllı şebekelere geçişin de, ayrıca planlandığı bir ortamda yükler kademeli olarak daha iyi kontrol edilebilmeye başlanılmış olacaktır. Özellikle ilk çökmeler sırasında basit tüketicilerin olduğu yerel yükler öncelikle izole edilerek, şebekedeki yük biraz daha dengelenebilirse, büyük çöküntülerden de kurulmak belki mümkün olacaktır. Böyle bir kontrol mekanizması için de akıllı şebekeler uç noktalardan itibaren çoktan oluşturulmak zorundaydı. Akıllı diye ifade edilen sayaçlarla tarife bilinci ve kullanım yaygınlığı dahi tüketiciye kazandırılmamıştır. Nükleer enerji ise çökmeler öncesinde ve anlık ya da yoğun saatlerdeki ani talepleri karşılamada ne kadar hızlı devreye alınabilirse, o kadar gerekli gibi görülebilir. Ancak ülkemizdeki fiziki (afet ülkesi) ve beşeri (eğitim kalitesi ve düzeyi düşük) mevcut riskler nedeniyle, uygun yerde ve zamanda hiç kullanılmayacaksa aslında acil de değildir. Orta ve uzun vadeli bir geleceğe doğru ise projeler çok daha iyi analiz edilerek, mutlaka planlanıp, programlanmalıdır. Geleceğe yönelik projeksiyonlar üzerine de daha kapsamlı çalışmalarla tercihler hızla belirlenmek zorundadır. Şebekeyi güncel koşullarda rahatlatıcı başlangıç noktası ise belki öncelikle iletim hatlarının riskinin azaltılmasıdır. Ancak zaman da oldukça kıt bir kaynaktır. Bu yüzden hem kırsaldan hem de büyük şehirlerden ve bölgelerden de, diğer enerji politikalarına yönelik tasarımlara ve planlı uygulamalara geçilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Bölgesel ölçeklere de paralel biçimde bu çözümler uygulanmalıdır. Çalışma şu önerileri de yapmaktadır:

- Geleceğin ucuz ve uygun dağıtık enerji kaynakları akıllı şebekeleri besleyecektir.
- Riskli enerji kaynakları ve iletim hatları tüm şebeke hesapları ile birlikte gözden geçirilmelidir.
- Ömrü dolan düğüm noktaları ve hatlar yedekleme amaçlı alt kullanım kademelerine düşürülerek uygun zamanda bertaraf edilebilmeli ve yenilenebilmelidir.
- Zayıf noktalar yeni tesis edilebilecek (YEK, öncelikli) kurulu güç kapasiteleriyle desteklenerek güçlendirilebilmelidir. Enerji çeşitlendirilmiş arz ve kademeli dengeleme ile temin edilmelidir.
- Enerji temini yerinde ve zamanında en ucuza ve yerel kaynaklardan otomatik yollardan sağlanmalıdır. Akıllı şebekeler ve milli geliştirilen yapay zeka ile karar desteği sağlanmalıdır.
- Dışa bağımlılığın azaltılması ise maliyetlerle orantılı olarak gelecek için en önemli hedeflerin başında yer almalıdır. Katılımcı planlama ve projelendirmelerle programlar hazırlanmalıdır.

#### 4.1.3.YEK'e Geçiş Mevzuatına Yönelik Kademeli Katkılar / (Gradual Contributions to Transition Legislation)

YEK'e geçiş süreci mevzuatta düzenlemeler (EPDK) ve bağımsız uygulama denetçileriyle daha akılcı bir tarzda hızlandırılabilir. Ayrıca yenilenebilir enerjiye geçişlerin planlanmasında yasal-yönetimsel çerçevedeki yeni yapılacak düzenlemeler, çalışmada kısaca ele alınabilmiş olsa da, geçişin yavaş yürümesinin maliyetli yapısı ortadadır. Maliyeti azaltıcı ve akılcı düzenleme önerilerinin ön plana alınarak hızlandırılmasının, geçici olarak dahi çok daha uygun olacağı öngörülmüştür. Gelecekte Türkiye'nin mevcut enerji bağımlılığı durumundan kurtulmasının ancak bu tür çözüm yollarındaki gelişmelerle birlikte sağlanabileceği açıktır. Elektrik enerjisi günümüzde kritik bir silaha dönüşerek ülkeleri vurabilir, bu yüzden enerji dış ilişkilere bağımlılığı olmayan yerel ve bölgesel kaynaklardan sağlanmalıdır. Ayrıca iklim değişimine karşı alınması gereken önlemler de, kentlerle birlikte yerel, bölgesel ve ulusal ölçeklerle de sınırlı kalmamalıdır. Ekolojik dengenin bozulması, kıtaların ve tüm gezegenin bir bütün halinde değerlendirilmesini ve ortak politikalar üretilmesini zorunlu kılmaktadır.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Çalışma; "Akıllı Şehirler, Akıllı ve Yeşil Binalar" Araştırma Projesi / "Smart Cities, Smart ve Green Buildings Research Project" isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Prof. Dr. Saffet Ayasun'a ve Dr.Öğ. Üy. Yasin Kabalcı'ya, TMMOB EMO'ya teşekkür ederim. Bu makale; <<Kocalar, A. C. (2019). Elektrik Enerji Şebekesi Yük Sorunlarına Yenilenebilir Enerjiye Geçişte Yeni Nesil Yazılım Çözümleri ile Önlemler: "Geri Ödeme Verisinin Ölçümü ve Yönetimi", International Congress of Energy, Economy and Security 6-7 Nisan 2019 (www.enscon.org), İstanbul.>> bildiri olarak sunulmuştur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] TEİAŞ, (2019İ). <https://www.teias.gov.tr/i-kurulu-guc>
- [2] Cebeci, S. (2017). Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- [3] Can, O. (2018). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürü, Akt. Habertürk İnternet Sitesi, Güneş Enerjisi Yol Haritası Çalışmayı, 10 Mayıs 2018.
- [4] Uyar T. S., Beşikci, D., Sulukan E. (2019). An urban techno-economic hydrogen penetration scenario analysis for Burdur, Turkey, *International Journal of Hydrogen Energy*, Online: 10 June 2019, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.144>
- [5] TEİAŞ, (2014). *2014 Yılı Türkiye Elektrik İletimi Sektör Raporu*, (3, 4, 7), [https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2017-05/sector\\_raporu\\_2014.pdf](https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2017-05/sector_raporu_2014.pdf)

- [6] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası-EMO, 31 Mart 2015'te ne oldu?, *Dosya*, İstanbul Şube Bülteni, İstanbul, (5, 6), (2015).
- [7] 14 Nisan 2009 tarihli ve 27200 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY), (1, 2, 7, 9).
- [8] Kabalcı, Y. (2019). Yüz yüze görüşme, (Görüşen: A. C. Kocalar), Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Mayıs 2019.
- [9] Ayasun, S. (2019). Yüz yüze görüşme, (Görüşen: A. C. Kocalar), Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Mayıs 2019.
- [10] Kabalcı, Y. ve Kabalcı, E. (2017). Akıllı Şebekeler için Kablosuz Enerji İzleme Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part: C Tasarım ve Teknoloji*, 5, 2, (2017), DOI: | ISSN:2147-9526
- [11] Kabalcı, Y. A Survey On Smart Metering And Smart Grid Communication, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, (302–318), (2016). <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.12.114>
- [12] Yavuz, Y. (2019). “Türkiye'nin ilk nükleer santralindeki çatlağı betonla doldurmuşlar”, Odatv İnternet Sitesi, 10.05.2019, <https://odatv.com/turkiyenin-ilk-nukleer-santralindeki-catlagi-betonla-doldurmuslar-10051904.html>
- [13] UNEP ve Bloomberg New Energy Finance, (2018). *Global Trends in Renewable Energy Investment 2018*.