

**FOTOVOLTAİK, TÜKETİM GERİ BİLDİRİM VE ENERJİ
VERİMLİ SİSTEMLERİN ADAPTASYONU İLE
KONUTLARDA AZAMİ ELEKTRİK TASARRUFUNUN
TAHMİNİ**

**ESTIMATION OF MAXIMUM RESIDENTIAL
ELECTRICITY SAVINGS WITH ADOPTION OF
PHOTOVOLTAIC, ENERGY FEEDBACK AND ENERGY
EFFICIENT SYSTEMS**

TAHSİN OLGU BENLİ

YRD. DOÇ. DR. HATİCE ŞENGÜL

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim Sınav Yönetmeliğinin
Temiz ve Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2016

TAHSİN OLGU BENLİ' nin hazırladığı "FOTOVOLTAİK, TÜKETİM GERİ BİLDİRİM VE ENERJİ VERİMLİ SİSTEMLERİN ADAPTASYONU İLE KONUTLARDA AZAMİ ELEKTRİK TASARRUFUNUN TAHMİNİ" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından TEMİZ VE TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Akın BACIOĞLU
(Başkan)

Yrd. Doç. Dr. Hatice ŞENGÜL
(Danışman)

Prof. Dr. Ramazan SARI
(Üye)

Bu tez Hacettepe üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr Salih Bülent ALTEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu çalışma, ülkemizi korumak uğruna canlarını kaybeden şehitlerimize, bu uğurda gazi olan askerlerimize, görev başında olan mehmetçiklerimize ve de haklarını hiçbir zaman ödeyemeceğim anne ve babama ithaf edilmiştir.



ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

30/09/2016

TAHSİN OLGUN BENLİ

ÖZET

FOTOVOLTAİK, TÜKETİM GERİ BİLDİRİM VE ENERJİ VERİMLİ SİSTEMLERİN ADAPTASYON İLE KONUTLARDA AZAMI ELEKTRİK TASARRUFUNUN TAHMİNİ

Tahsin Olgu BENLİ

Yüksek Lisans, Temiz ve Tükenmez Enerjiler Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hatice ŞENGÜL

Eylül 2016, 239 sayfa

Büyük global çevre problemlerinin üstesinden gelebilmemizin ana yolu enerji verimli önlemler almaktır. Sürdürülebilir kalkınma için elektrik enerjisi kullanım miktarında tasarruf sağlayıcı stratejiler geliştirmemiz gerekmektedir. Elektrik tüketiminde ana tüketicilerden en büyüğü konut sektörüdür ve konut sektöründeki tasarruf potansiyelini gözler önüne sermek amacıyla gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada, Ankara’da bulunan 5 adet evde, potansiyel azami elektrik tasarruf miktarının hesaplanması amaçlanmıştır. Evlerdeki maksimum elektrik tasarrufu hesaplanırken: fotovoltaik, tüketim geri bildirim ve enerji verimli sistemler birlikte kullanılmıştır. Elektrik geri bildirim ürünleri uygulamaları pratik olarak hayata geçirilmiş ve her ev için farklı bir süre ile geri bildirim ürünlerinin etkileri araştırılmıştır. İncelenen iki evde geri bildirim ürünlerinin elektrik tasarrufuna yönelik bir katkısı olmamıştır, diğer evlerde ise % 13.21, % 3.42 ve % 1.59 oranında elektrik tasarrufuna neden olmuştur. Fotovoltaik, tüketim geri bildirim ve enerji verimli sistemlerin birlikte kullanılması ile hesaplanan, çalışmayı gerçekleştirdiğimiz 5 adet evde azami elektrik tasarruf potansiyelleri; % 18.64, % 12.87, % 36.526, % 19.150 ve % 21.322 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Geri Bildirim Teknolojileri, Fotovoltaik Simulasyon, Maksimum Elektrik Tasarrufu, Enerji Verimliliği, Konutlardaki Elektrik Tüketimi

ABSTRACT

ESTIMATION OF MAXIMUM RESIDENTIAL ELECTRICITY SAVINGS WITH ADOPTION OF PHOTOVOLTAIC, ENERGY FEEDBACK AND ENERGY EFFICIENT SYSTEMS

Tahsin Olgu BENLİ

Master of Science, Department of Clean and Renewable Energies

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Hatice ŞENGÜL

September 2016, 239 pages

Main strategy in overcoming huge global environmental problems is taking energy efficient precautions. For sustainability development of energy efficient strategies become compulsory. Residential sector is the major actor in the total electrical consumption amount. With the intention of revealing the electricity consumption reducing potential in residential sector, calculation of maximum electricity potential in the 5 houses in Ankara had been analyzed. Revealing of maximum electricity saving potential of 5 houses in Ankara, decision makers can take this research as guide and can develop political energy efficient new strategies. Estimation of maximum electricity savings in 5 houses in Ankara had been calculated by adaption of photovoltaic, energy feedback and energy efficient systems to existing electrical systems in house. Electrical feedback technological devices had been applied to all five houses and except two houses we saw reduction in total electricity usage for specific periods, with the rate of 13.21 %, 3.42 % and 1.59 %. With adaption of photovoltaic, energy feedback and energy efficient systems we calculated maximum electricity savings in houses with the ratio of 18.64 %, 12.87 %, 36.526 %, 19.150 % and 21.322 %.

Keywords : Feedback technologies, Photovoltaic Simulations, Maximum Electricity Savings, Energy Efficiency, Total Residential Electric Consumptions

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışması süresince sağladığı tüm katkı ve önemli destekleri için danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hatice ŞENGÜL'e, yüksek lisans eğitiminde güneş enerjisi konusuna yönelmemi sağlayan hocam Sayın Doç. Dr. Akın BACIOĞLU'na, tezime verdiği destek ve ilgi nedeniyle Sayın Prof. Dr. Ramazan SARI'ya, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilim İnsanı Destekleme Daria Başkanlığı tarafından tez çalışmamla ilgili olarak tarafıma verilen TÜBİTAK 2211 Yurt İçi Lisansüstü destek burs programı nedeniyle TÜBİTAK'a, tez çalışmamda kullandığım ürünler için gerekli olan maddi desteği tarafıma sunan Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve ilgili kişiler Sayın Osman EROĞLU , Sayın Faruk GÖYMEN ve Sayın Yaşar Perran VAROL'a, tez çalışmamdaki ürünlerin temin edilmesindeki yardımları dolayısıyla ENM Mühendislik'in sahibi Sayın Mehmet DURUK'a, ürünlerin temininde bana yardımcı olan sayın James RANKIN ve Annick HALLAM'a, tez çalışmamda paylaştıkları bilgilerle bana yol gösteren Sayın John E.HANKE ve Sayın Dean W.WICHERN'e, Sayın Robert Cappetta'ya, Sayın Leslie Fairbairn'e, Sayın Constance H. McLaren'e, Sayın Samet DAŞDELEN ve Sayın Burak ELİBOL'a, tez araştırmam sırasında geri bildirim teknolojisi ürünlerini kullanmamız için bana evlerini açan; Sayın Zeynep ve Nuri ARDIÇ'a, Sayın Ayla, Sinan ve Baturay VASFİ'ye, Sayın Yasemin, Mustafa, Göksü ve Damla KAVAL'a, Deltaom Mühendislik'e, Sayın İlyas ve Solmaz KILIÇKAYA'ya, Sayın Güliz ve Hakan DOĞANCI'ya, çalışma boyunca bana sürekli destek veren motivasyon kaynaklarım ve değer verdiğim tanıdıklarım; Sayın Görkem ve Gözde DEMİRCİOĞLU'na, Sayın Betül UZUN'a, Sayın Nurhan ÖZTÜRK'e, Sayın Mert KILIÇKAYA'ya, Sayın Erçin ve Didem AYBAR'a, Sayın Hasan ÇAĞLAR'a, Sayın Oğuz LAFÇI'ya, Sayın Volkan ve Sinem BENLİ'ye ve haklarını ödeyemeyeceğim aileme ve Pati'ye sonsuz teşekkür ederim.

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1.1. Geribildirim Cihazıyla Ölçülmüş Evlerdeki Cihazların Elektrik Tüketimleri.....	5
Çizelge 1.2. Değiştirilmesi Önerilen Enerji Verimli Cihazlar	6
Çizelge 3.1. Çalışmada Uygulanan 19 Farklı Yaklaşım Modelleri	24
Çizelge 3.2. 2015 Senesi Tek Zamanlı Tarife İçin Tahmin Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları	32
Çizelge 3.3 Tek Zamanlı En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları	32
Çizelge 3.4 2015 Senesi Gündüz Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları	33
Çizelge 3.5 Gündüz En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları.....	34
Çizelge 3.6. 2015 Senesi Puant Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları.....	35
Çizelge 3.7. Puant En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları	36
Çizelge 3.8. 2015 Senesi Gece Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları	37
Çizelge 3.9 Gece En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları.....	38
Çizelge 3.10 En İyi 3 Modelin Hata Ölçümleri.....	41
Çizelge 3.11 En İyi Modelin Yaklaşım Yüzdesi Oranları	43
Çizelge 3.12 2015 Senesi Tek Zamanlı Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle).....	43
Çizelge 3.13. En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları.....	44

Çizelge 3.14 2015 Senesi Gündüz Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)	45
Çizelge 3.15 Gündüz En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları.....	45
Çizelge 3.16 2015 Senesi Puant Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle).....	47
Çizelge 3.17 Puant En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları	47
Çizelge 3.18 2015 Senesi Gece Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014) Verileri İle.....	48
Çizelge 3.19 Gece En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları.....	49
Çizelge 3.20 En İyi 3 Modelin Hata Ölçümleri 2007 – 2014 Verileri İle.....	52
Çizelge 3.21 En İyi 3 Modelin Hata Ölçümleri Ocak 2007 – Haziran 2016 Verileri İle.....	52
Çizelge 3.22 Temmuz 2016 – Haziran 2017 Öngörülen Değerler.....	54
Çizelge 3.23 Mevsimsellik 12 İken En İyi Modellerin Hata Ölçümleri.....	65
Çizelge 3.24. Çalışmamızdaki 5 Evin Haziran 2016 İçin Yaklaşım Yüzde Hata Oranları.....	69
Çizelge 3.25. 19 Yaklaşım Modelimiz Arasında En İyi Modeller Ve Hata Ölçümleri.....	70
Çizelge 3.26 5 Ev İçin İlgili Elektrik Tarife Zaman Aralıklarında 1 Yıllık Gelecek Aylık Ortalama Elektrik Tüketim Öngörü Sonuçları.....	73
Çizelge 4.1. Evlerdeki Geribildirim Çalışmalarımızın Uygulama Süreleri.....	82
Çizelge 4.2. Çalışma Uygulanan Evlerin Sosyodemografik Özellikleri.....	85

Çizelge 4.3. Elektrik Tüketim Miktarları Ve Gelecekteki Potansiyel Tasarruf Miktarı Hakkında Genel Düşünceler.....	86
Çizelge 4.4. Katılımcılar Tarafından En Fazla Elektrik Tükettiği Düşünülen İlk Üç Cihaz	87
Çizelge 4.5. Evlerdeki En Fazla Elektrik Tüketen İlk 3 Cihaz.....	92
Çizelge 4.6. Evlerdeki Son 3 Aylık Faturalar Ve Belirlenen Bütçe Hedef Miktarları.....	93
Çizelge 4.7. Evlerin Ortalama Fatura Tutarları Ve Bütçe Karşılaştırması (TL)	95
Çizelge 4.8. Geri Bildirim Teknolojisinin Elektrik Tasarrufuna Etkisi.....	99
Çizelge 4.9 3 Numaralı Evdeki geri Bildirim Etkilerinin Farklı Zaman Aralıklarında Karşılaştırılması.....	99
Çizelge 4.10. LCD'nin Ve Cihaz Düzeyinde Geri Bildirim Teknolojisinin Tasarrufa Etkisi.....	100
Çizelge 5.1. Buzdolabı Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları	109
Çizelge 5.2. Televizyonların Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	109
Çizelge 5.3. Bulaşık Makinesi Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	110
Çizelge 5.4. Bilgisayarların Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	110
Çizelge 5.5. Ütülerin Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	110
Çizelge 5.6. Ocak Ve Fırının Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	111
Çizelge 5.7. Çamaşır Makinesi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	111

Çizelge 5.8. Çamaşır Kurutma Makinesi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	111
Çizelge 5.9. Elektrikli Süpürge'nin Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	112
Çizelge 5.10. Elektronik Bateria Ve Müzik Sistemi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	112
Çizelge 5.11. Isıtıcıların Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	112
Çizelge 5.12. Kombi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları.....	112
Çizelge 5.13. 1 Numaralı Evde Mutfakta Kullanılan Mevcut Televizyonun Harcama Tutarı Ve Maliyeti (16 Mart – 17 Temmuz 2016)	114
Çizelge 5.14. 1 Numaralı Evde Mutfakta Kullanılan Mevcut Televizyonun Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Televizyonunun Aynı Harcama süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti Harcama Tutarı Ve Maliyeti	114
Çizelge 5.15. Mevcut TV Ve Değiştirilmesi Düşünölen Enerji Verimli TV Karşılaştırılması	114
Çizelge 5.16. Enerji Verimli TV Tasarruf Yüzdesi (16 Mart - 17 Temmuz 2016) Karşılaştırılması	115
Çizelge 5.17. 2 Numaralı Evde Çalışma Odasında Bulunan 2 Adet Bilgisayar Sisteminden Birisinin Harcama Tutarı Ve Maliyeti.....	115
Çizelge 5.18. 2 Numaralı Evde Çalışma Odasında Bulunan 2 Adet Bilgisayar Sistemi Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Bilgisayar Sisteminin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti	115
Çizelge 5.19. Mevcut PC Sistemi Ve Değiştirilmesi Düşünölen Enerji Verimli PC Sistemi Karşılaştırılması	116
Çizelge 5.20. Enerji Verimli PC Sistemi Tasarruf Yüzdesi (18 Mart - 17 Haziran 2016) Karşılaştırılması	116

Çizelge 5.21. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Harcama Tutarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016).....	116
Çizelge 5.22. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Buzdolabının Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)	117
Çizelge 5.23. Mevcut Buzdolabı Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Buzdolabının Karşılaştırılması (17 Mart -31 Mayıs 2016).....	117
Çizelge 5.24. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Bulaşık Makinesi Harcama Tutarı Ve Maliyeti.....	117
Çizelge 5.25. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Bulaşık Makinesinin Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Bulaşık Makinesinin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)	118
Çizelge 5.26. Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Bulaşık Makinesinin Karşılaştırılması	118
Çizelge 5.27. Enerji Verimli Teknolojiler Tasarruf Yüzdesi (17 Mart - 31 Mayıs 2016) Karşılaştırılması	119
Çizelge 5.28. 4 Numaralı Evde Oturma Odasında Bulunan TV'nin Harcama Tutarı Ve Maliyeti.....	119
Çizelge 5.29. 4 Numaralı Evde Oturma Odasında Bulunan TV'nin Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu TV'nin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti	120
Çizelge 5.30. Mevcut TV Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli TV Karşılaştırılması	120
Çizelge 5.31. 4 Numaralı Evde Soyunma Odasında Bulunan Ütü Harcama Tutarı Ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)	121
Çizelge 5.32. 4 Numaralı Evde Soyunma Odasında Bulunan Ütü Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Ütünün Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)	121
Çizelge 5.33. Mevcut Ütü Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Ütünün Karşılaştırılması (20 Mart – 30 Haziran 2016)	121

Çizelge 5.34. Enerji Verimli Teknolojiler Tasarruf Yüzdesi (18 Mart - 17 Haziran 2016)	122
Çizelge 5.35. 5 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Harcama Tutarı Ve Maliyeti.....	122
Çizelge 5.36. 5 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarrufu Buzdolabının Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti	122
Çizelge 5.37. Mevcut Buzdolabı Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırılması	123
Çizelge 5.38. 5 Numaralı Evde Banyoda Bulunan Çamaşır Makinesinin Harcama Tutarı Ve Maliyeti.....	123
Çizelge 5.39. 5 Numaralı Evde Banyoda Bulunan Çamaşır Makinesi Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarrufu Çamaşır Makinesinin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (23 Mart – 31 Mayıs 2016)	123
Çizelge 5.40. Mevcut Çamaşır Makinesi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Çamaşır Makinesi Karşılaştırılması	124
Çizelge 5.41. Enerji Verimli Teknolojiler Tasarruf Yüzdesi (23 Mart - 31 Mayıs 2016)	124
Çizelge 6.1. Güneş Hücreleri Verimlilik Karşılaştırılması.....	130
Çizelge 6.2. Literatüdeki PV Sistemlerinin Tasarrufa Etkisi.....	132
Çizelge 6.3. 1 Numaralı Evde 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması	136
Çizelge 6.4. 2 Numaralı Evde 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması	137
Çizelge 6.5. 5 Numaralı Evde 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması	138
Çizelge 7.1. 5 Evdeki Azami Elektrik Tasarruf Potansiyelleri	145
Çizelge 7.2. Temmuz 2016 – Haziran 2017 Öngörülen Değerler	146

Çizelge 7.3. 1 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi	147
Çizelge 7.4. 2 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi	147
Çizelge 7.5. 3 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi	148
Çizelge 7.6. 4 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi	149
Çizelge 7.7. 5 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi	149

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 3.1. 2015 Senesi Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması Grafiği.....	33
Şekil 3.2. 2015 Senesi Gündüz Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması Grafiği.....	34
Şekil 3.3. 2015 Senesi Puant Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması Grafiği.....	36
Şekil 3.4.. 2015 Senesi Gece Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması Grafiği.....	38
Şekil 3.5. En İyi Model 2015 Senesi Gerçek Değerler Ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması.....	42
Şekil 3.6. 2015 Senesi Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Gerçek Ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması	44
Şekil 3.7. 2015 Senesi Gündüz Elektrik Tarifesi Gerçek Ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması	46
Şekil 3.8. 2015 Senesi Puant Elektrik Tarifesi Gerçek Ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması	48
Şekil 3.9. 2015 Senesi Gece Elektrik Tarifesi Gerçek Ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması	49

Şekil 3.10 . 2015 Senesi En İyi Modelin Yaklaşım Yüzde Hata Oranları 2011-2014 Verileri Ve 2007-2014 Verileri Karşılaştırılması.....	53
Şekil 3.11 Çalışmamızdaki 5 Adet Evin Elektrik Tüketim Karşılaştırmaları.....	64
Şekil 3.12 2016 Haziran Gerçek Ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması.....	68
Şekil 4.1. Geri Bildirim Teknoloji Sistemimizin Konfigürasyon Şeması.....	89
Şekil 4.2. Geo II Cihazı Akım Trafo Bağlantı Gösterimi.....	90
Şekil 4.3. Geo II Cihazı Web Servisi Ekran Görüntüsü.....	91
Şekil 4.4. Sıcaklıkla Rengi Değişen Duvar Kağıdı.....	101
Şekil 5.1. LogiLight EM0003 Cihazı.....	105
Şekil 5.2. Geo Solo II Cihazı Ve Akıllı Priz	106
Şekil 6.1. 1 Numaralı Ev Skelion Simülasyon Görüntüsü.....	134
Şekil 6.2. 2 Numaralı Ev Skelion Simülasyon Görüntüsü.....	135
Şekil 6.3. 5 Numaralı Ev Skelion Simülasyon Görüntüsü.....	135
Şekil 6.4. 1, 2 Ve 5 Numaralı Evlerdeki Güneş Enerjisi Sistemi Bileşenleri.....	139

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELER.....	iv
ŞEKİLLER	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı	3
2. ENERJİ TÜKETİMİ İSTATİKSEL BİLGİLERİ	7
3. ELEKTRİK TÜKETİMİ VE ELEKTRİK TARİFELERİ ÖNGÖRÜLERİ	11
3.1. Giriş.....	11
3.2. Literatür	11
3.2.1. Öngörü Çeşitleri	12
3.2.2. Öngörü Metodunun Seçilmesi.....	12
3.2.3. Öngörünün Aşamaları	13
3.2.4. Öngörü Prosesinin Yürütülmesi	14
3.2.5. Öngörü Yazılım Uygulamaları.....	14
3.2.6. Minitab ve Excel	15
3.2.7. Öngörü Modellerinde Kullanılan Veri Kalıplarının Analiz Edilmesi	15
3.2.7.1. Zaman Serisi Veri Kalıplarının Karakteristik Özellikleri	15
3.2.7.2. Zaman Serisi Veri Kalıplarının Otokorelasyon Analizleri.....	15
3.2.7.3. Zaman Serisi Verilerinin Rastgeleliğinin Analizi	18
3.2.7.4. Zaman Serisi Verilerinin Trend Analizi.....	18
3.3. Yöntem.....	19
3.3.1. Öngörü Tekniğini Belirlemek	19

3.3.1.1. Genel Bakış	19
3.3.1.2. Seri Karakteristikleri ve Zaman Periyodu	19
3.3.1.3. Çalışmada Kullanılan Modeller	20
3.3.1.3.1. Klasik Ayırıştırma Modeli.....	20
3.3.1.3.2. Ortalama Kayan Modelin Birleştirilmesiyle Oluşmuş Klasik Ayırıştırma Modeli	21
3.3.1.3.3. Regresyon Denklemleri.....	21
3.3.1.3.4. Üstel Düzleştirme Modelleri	22
3.3.1.3.5. ARIMA Modeli	23
3.3.2. Öngörü Modellerinin Hatalarını Ölçmek	25
3.3.2.1. Ortalama Mutlak Sapma (MAD).....	25
3.3.2.2. Karesi Alınmış Ortalama Hata (MSE)	25
3.3.2.3. Karesi Alınmış Ortalama Köklü Hata (RMSE).....	26
3.3.2.4. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE).....	26
3.3.2.5. Ortalama Yüzdesel Hata (MPE).....	26
3.4. Türkiye'deki Elektrik Zaman Tarifeleri Fiyatlarının Farklı Metotlarla Öngörüsünün Yapılması ve Zaman Serisi Periyodunun Uzatılmasının Öngörü Modelleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi	27
3.4.1. Giriş.....	27
3.4.2. Metodolojinin Tanımı	30
3.4.3. 2011 – 2014 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Öngörü Metotları Hata Payları	31
3.4.3.1. Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları	31
3.4.3.2. Gündüz Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları	31
3.4.3.3. Puant Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları.....	35
3.4.3.4. Gece Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları.....	37

3.4.3.5. 2011 – 2014 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Öngörülerinde Kullanılan En İyi 3 Model	38
3.4.4. Zaman Serisi Periyot Süresini Uzatmanın Etkisinin İncelenmesi.....	44
3.4.4.1. Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle).....	44
3.4.4.2. Gündüz Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle).....	45
3.4.4.3. Puant Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle).....	46
3.4.4.4. Gece Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)	48
3.4.4.5. 2007 – 2014 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Öngörülerinde Kullanılan En İyi 3 Model	50
3.4.5. Temmuz 2016 – Mayıs 2017 Arası Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Fiyat Öngörülerini	51
3.4.6. Çıkarımlar.....	54
3.5. 19 Adet Farklı Metotla Ankara’da Bulunan 5 Adet Evin Elektrik Tüketim Öngörülerinin Bulunması.....	56
3.5.1. Giriş.....	56
3.5.2. Literatür	59
3.5.3. Metodoloji	59
3.5.4. Çıkarımlar.....	61
3.5.4.1. Analiz Sonuçları	61
3.5.4.2. Modellerin Performansının Doğrulanması	64
3.5.4.3. Gelecek Zamanlı Öngörü Değerleri	67
3.6. Sonuçlar ve Tartışma.....	68
4. GERİBİLDİRİM TEKNOLOJİLERİ.....	74
4.1. Giriş.....	74

4.2. Literatür	74
4.2.1. Geribildirim Teknolojilerinin Genel Etkisi	75
4.2.1.1. Geribildirim Teknolojilerinin Ekonomik Etkisi	75
4.2.1.2. Geribildirim Teknolojilerinin Davranışsal Etkisi	75
4.2.2. Geribildirim Teknolojilerinin Başarılı Olma Koşulu	76
4.2.3. Geribildirim Teknolojilerinin Sınıflandırma Metodolojisi.....	77
4.2.3.1. Dolaylı Geribildirim Mekanizması.....	77
4.2.3.2. Direkt Geribildirim Mekanizması	78
4.2.4. Literatürdeki Geribildirim Teknolojisi Çalışmaları Tasarruf Sonuçları.....	79
4.2.4.1. Geribildirim Cihazlarının Teknolojik ve Metotsal Farklılıkları Bakımından Tasarruf Etkileri.....	80
4.2.4.2. Geribildirim Cihazlarının Davranışsal ve Psikolojiksel Etkileri Bakımından Tasarruf Etkileri.....	80
4.3. Yöntem	81
4.3.1. Genel Bilgi	81
4.3.2. Anket	83
4.3.3. Dizayn ve Materyaller	86
4.3.4. Hedef Belirleme	88
4.4. Çıkarımlar.....	90
4.4.1. Anket Sonuçları.....	90
4.4.2. Hedef Belirleme Sonuçları	92
4.4.3. Geribildirim Çalışması Sonuçları.....	95
4.4.3.1. Geribildirim Çalışmamızın Genel Sonuçları	95
4.4.3.2. Geribildirim Etkilerinin Karşılaştırılması.....	98
5. ENERJİ VERİMLİ TEKNOLOJİLER.....	103
5.1. Giriş.....	103
5.2. Literatür	103

5.3. Yöntem.....	105
5.3.1. 7 Adet Evde Mevcut Cihazların Elektrik Tüketim Ölçümleri	105
5.3.2. Enerji Verimli Cihazlara Geçiş Sonucundaki Elektrik Tüketim Tasarrufu	106
5.4. Çıkarımlar.....	108
5.4.1. 7 Adet Evde Elektrik Tüketim Monitörü Ölçüm Sonuçları	108
5.4.2. Enerji Verimli Cihazların Değiştirilmesiyle Elde Edilecek Toplam Elektrik Tüketim Tasarruf Miktarları.....	113
5.4.2.1. 1 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi	113
5.4.2.2. 2 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi	115
5.4.2.3. 3 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi	116
5.4.2.4. 4 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi	119
5.4.2.5. 5 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi	122
5.5. Sonuçlar Ve Tartışma.....	124
6. FOTOVOLTAİK SİSTEM UYGULAMASI.....	127
6.1. Giriş.....	127
6.2. Literatür	127
6.2.1. Güneş Hücrelerinin Karşılaştırılması	127
6.2.2. Fotovoltaik Sistemler	128
6.2.2.1. Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Sistemler	129
6.2.2.2. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemler.....	131
6.2.3. Literatürdeki Fotovoltaik Sistemlerin Enerji Tasarruf Oranları.....	131
6.3. Yöntem.....	131
6.3.1. Kullanılan Program: Google Sketchup	133
6.3.2. Kullanılan Program: Skelion.....	133
6.4. Çıkarımlar.....	135
6.4.1. 1 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları	136

6.4.2. 2 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları	137
6.4.3. 5 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları	138
6.5. Sonuçlar ve Tartışma.....	138
7. SONUÇLAR	141
7.1. Evlerdeki Azami Tasarruf Potansiyel Miktarları ve Yüzdeleri.....	143
7.2. Evlerdeki Yatırımların Mali Analizleri	146
7.3. Gelecekte Yapılması Önerilen Çalışmalar	152
7.3.1. Öngörü Çalışmaları Önerileri.....	152
7.3.2. Geribildirim Çalışmaları Önerileri	153
7.3.3. Enerji Verimli Teknolojiler ve Fotovoltaik Uygulamalar Önerileri	154
EKLER	155
KAYNAKLAR.....	232
ÖZGEÇMİŞ	238

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklı emisyon miktarının dünya çapında, iklim değişikliğini azaltıcı gerekli önlemler alınmadığı takdirde, 2050 yılında halihazırdaki miktarının iki katına çıkacağı öngörülmektedir [1]. Bazı tahminlere göre, yakın gelecekte, dünyadaki toplam konutsal enerji tüketimi toplam senelik enerji tüketiminin % 40'ından fazlasını oluşturacaktır [2]. Sadece elektrik tüketimi göz önüne alındığında, konutlardaki elektrik tüketimi toplam elektrik tüketiminin %73'üne karşılık gelmektedir [3]. Enerji verimli stratejiler arasında; fotovoltaik uygulamalar, enerji verimli teknolojiler ve geribildirim teknolojileri, konutlardaki elektrik tüketimindeki azami tasarrufa katkısı fazla olan stratejilerdir.

Giderek artan çevresel sorunlar, karbon dioksit emisyon miktarı artışı, asit yağmurlarının oluşması, dünya ülkelerinin enerji taleplerinin artması ve enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılık durumları nedeniyle, dünyamız giderek artan kirlilikten kaynaklı sorunlara maruz kalmaktadır. Ülkeler ise çok zorluklar çekmekte, sürekli borçlanmakta ve enerji arz talep dengelerini kaybetmektedirler. Global çevre sorunlarının üstesinden gelmemizde, yarıiletkenlerin fotovoltaik etkisi sayesinde güneş ışınlarını direkt olarak elektriğe dönüştüren güneş hücrelerinin çok önemli bir yeri vardır. Dünyaya gelen güneş enerji miktarı 170 milyarwatttır. Bu oran o kadar büyüktür ki, dünyaya güneşten bir saatte gelen enerji miktarı dünyanın bir senelik toplam enerji ihtiyacını karşılamaya yetecek kadardır [4].

Konut sektöründeki elektrik tüketimi miktarı, politikada ve bilim alanında büyük araştırmaların ilgi odağı olmuştur. Konut sektöründeki elektrik tüketiminde büyük tasarruflar sağlanabilir. Kullanıcıların verimlilik hakkında bilgilendirilmeleri, satın alma alışkanlıklarının değiştirilmesi gerekmektedir. Elde edilebilecek enerji tasarruf oranları sayesinde elektrik tüketimi ve karbondioksit emisyon miktarı üzerinde büyük bir tasarruf sağlanabilir.

Üretim ve tüketim arasındaki dengenin sağlanması, elektrik talebinin kontrol edilmesi, yenilenebilir enerji üretimlerinin sistemlere entegre edilmesi enerji verimli tasarruflara ulaşmak amacıyla kullanılabilir. Bu amacın gerçekleşmesi için yapılan çalışmalarda konutların türlerine göre elektrik tüketim miktarlarının gerçek değerlerinin, evdeki tüketicilerin kullanım alışkanlıkları ile olan bağlantısının doğrudan ve net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Tüketim değerlerinin ölçülmesi ve kontrol edilmesi, elektrik tüketim miktarlarında tüketicilere öneriler sağlayabilmek açısından önemlidir.

Evdeki kullanıcıların; kişisel bakım yapmak, yemekleri hazırlamak, bulaşık yıkamak, televizyon izlemek, bilgisayar kullanmak gibi toplam elektrik tüketiminde büyük oranda yer tutan aktiviteleri vardır. Konutlardaki tüketicilerin elektrik tüketim miktarları birçok farklı faktöre bağlıdır; çevresel faktörler, sosyoekonomik faktörler; evin büyüklüğü, evin türü, evin lokasyonu, evin içindeki elektrik tüketen cihazlar, evdeki tüketicilerin sayısı gibi. Bazı çalışmalarda, enerji taleplerindeki farklılığın en büyük nedeninin, evdeki kullanıcıların farklı kişisel aktivitelerinin gerçekleşme sıklığı ve süresi olduğu söylenmektedir [5].

Elektrik tüketen her bir ayrı cihazın kullanım miktarlarını görmek için, ev halkının kullanımını esnasında bu cihazların net tüketim profillerinin çıkartılması gerekmektedir. Elektrik tüketen cihazlara bağlı olan tüketim ölçen bir görüntüleme cihazının mevcut olması gerekmektedir. Maliyet tasarruflu alternatifler, elektrik tüketim talep miktarlarının ölçülmesinden sonra önerilebilir. Kullanım profillerinde kolaylıkla değiştirebilmesi mümkün olan davranışlar ve günlük yaşam için gerekli olan ve değiştirilmesi çok zor olan alışkanlık haline gelmiş tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Geribildirim teknolojileri tüketicilere gerçek zamanlı olarak elektrik tüketimlerini bildirerek tüketicilerin davranışlarını değiştirmeyi amaçlamaktadır. Tüketicilerin gerçek elektrik tüketim miktarlarını anlık olarak görebilmelerini sağlamaktadır, bu sayede kullanıcıların tüketim miktarlarının farkına varmaları ve belirli tüketim davranışlarıyla ilişkilendirmelerini sağlamaları amaçlanmaktadır.

Geribildirim ürünlerinin elektrik tasarrufu potansiyelleri çok yüksektir, tüketilen enerjinin görünür hale dönüştürülmesinin kullanıcı alışkanlıklarını değiştirdiği gözlemlenmiştir. Geribildirim teknolojisinin kullanıldığı örnek bir çalışma Kanada British Columbia’da 2005 – 2007 yılları arasında 200 kullanıcının 18 ay boyunca katılmasıyla gerçekleştirilmiş ve çalışmada ortalama olarak % 18 elektrik tasarruf miktarı hesaplanmıştır [6]. Türkiye’de ise henüz geribildirim teknolojilerinin etkisinin incelendiği bir çalışma yapılmamıştır.

Enerji verimli teknolojilerin kullanılmasının, elektrik tasarrufu sağlamak konusunda çok büyük bir potansiyeli vardır. Genellikle, belirli bir süre içinde gerçekleşen elektrik tasarrufu miktarından elde edilen kâr, teknolojik ürünlerin satın alınmasındaki ilk maliyetten çok daha fazladır [7]. Yatırımın geri dönüş süresi; daha verimli bir enerji teknolojisine sahip bir ürüne geçmek için yaptığımız ilk yatırım maliyeti ile bu yatırımın bize geri dönüşü olan enerji maliyetlerindeki tasarruf maliyet miktarının eşit olduğu

süredir. Basit bir yöntem ile geri dönüş süresini bulmak istiyorsak; ilk yatırım maliyet miktarını, senelik tasarruf maliyet miktarına bölmemiz gerekmektedir. Dâhili geri dönme oranı, mârjinal maliyet akışının net değerinin sıfır olması kavramıdır, diğer bir deyişle, projedeki ilk yatırım maliyeti için ödenebilecek ve projeden karlı çıkmamızı sağlayacak olan maksimum faiz oranıdır.

Konutlardaki enerji verimli yatırımların, kullanıcılara sağladığı enerji tasarruf miktarının % 20 – 30 arasında olduğu ve geri dönüş süresinin 3 ile 5 yıl arasında değiştiği gözlemlenmiştir [8]. Enerji verimli teknoloji ürünlerinin kullanımıyla çok önemli ölçüde tasarruf edebilme potansiyelimiz vardır, mevcut teknolojik ürünlerdeki fiyatlar da giderek azalmaktadır, bu nedenle de enerji verimli teknolojik ürünlere yönelim bizim için çok önemli bir fırsattır.

1.1. Tezin Amacı Ve Kapsamı

Tez çalışmamızın amacı geribildirim teknolojileriyle, fotovoltaik sistemler ve enerji verimli teknolojilerin bir arada kullanılmasıyla konutlardaki maksimum elektrik tasarruf miktarı potansiyelini hesaplamaktır. Çalışmanın gerçekleştirildiği seçilen evlerde, geribildirim teknolojisinin etkileri gözlemlenmiş, fotovoltaik sistem simulasyonları yapılmış ve enerji verimli teknolojilerin önerilimesiyle elde edilebilecek elektrik tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Gerçekleştirdiğimiz detaylı analiz çalışmamızın ardından, maliyet ve enerji tasarruf analizleri yapıldıktan sonra ve maliyet geri dönüş analizleri hesaplanmıştır. Çalışmamızda, Ankara’da seçtiğimiz 5 adet evde maksimum elektrik tasarruf miktarları hesaplanacaktır. Seçtiğimiz evler; Eryaman, Birlik Mahallesi ve Kırkkonaklar semtlerindedir. Çalışmamızın ilk aşamasında elektrik tarife ücretleri ve evlerin 1 yıllık geleceğe ait elektrik tüketim öngörülerini hesaplanacaktır. İki adet öngörü modeli tekniği vardır: niteliksel ve sayısal modeller. Niteliksel modellerde müşterilerin veya uzmanların kendi kişisel görüşlerine ve kararlarına göre hesaplamalar yapılır, bu modeller geçmişe ait değerler olmadığında kullanılabilir. Sayısal modellerde ise gelecek değerler geçmiş değerler kullanılarak hesaplanır. Geçmiş veriler elde bulunduğu zaman bu modellerin kullanılması uygundur. Geçmiş değerlere sahip olduğumuz için, elektrik tüketim öngörülerinde sıklıkla kullanılması nedeniyle ve tezimizdeki hesaplamaların en etkili bir şekilde analiz edilmesi gerekliliği nedeniyle verilere dayanan sayısal modellemelerden zaman serisi modellerini inceledik. Çalışmamızda kullanılan modeller,

klasik ayrıştırma modelleri, regresyon denklemleri, kayan ortalama modeli, ARIMA modelleri, üstel düzleştirme modelleridir. Bahsettiğimiz modelleri farklı mevsimsellik özellikleri ve toplamsal, çarpımsal olmak üzere farklı yaklaşımlarla gerçekleştirdik ve toplamda 19 adet farklı yaklaşım gerçekleştirmiş olduk.

Türkiye’de 4 farklı elektrik tarife fiyatlandırma aralığı vardır. Tek zamanlı tarifede sabit bir ücret söz konusu olup tek zamanlı fiyatlandırma olarak geçmektedir ve tek zamanlı elektrik tarifesi zaman aralığı: 00:00 – 24:00 arasındadır. Çok zamanlı elektrik tarife ücretlendirmesinde 3 farklı zaman aralığı vardır; gündüz, puant ve gece. Gündüz elektrik tarifesi zaman aralığı: 06:00 – 17:00 arası, puant elektrik tarifesi zaman aralığı: 17:00 – 22:00 arası ve gece elektrik tarifesi zaman aralığı: 22:00 – 06:00 arasındadır. Tüm bu farklı elektrik tarife zaman aralıklarında farklı ücretlendirmeler mevcuttur. Her bir ayrı zaman aralığına denk gelen farklı elektrik tarife fiyatları mevcuttur.

Elektrik tüketim ve elektrik tarife ücret öngörülerini toplamda 12 ay boyunca her aya ait 4 farklı zaman olmak üzere; tek zamanlı (toplam), gündüz, puant, gece, 19 farklı model kullanarak 3 adet hata miktarı hesapladık böylelikle; $12 \times 4 \times 19 \times 3$ adet hata miktarı hesaplanmış oldu. Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığı için 5 adet ev için elektrik tüketim miktarları ve bu aralıktaki elektrik tarife fiyatları öngörülerini hesaplandı.

Çalışmamızın ikinci aşamasında 5 adet evde elektrik geribildirim ürünleri izlemesi yapılmış ve elektrik geribildirim ürünlerinin etkisi:

- 1 numaralı evde: 16 Şubat – 17 Temmuz
- 2 numaralı evde: 18 Şubat – 17 Haziran
- 3 numaralı evde: 18 Şubat – 31 Mayıs
- 4 numaralı evde: 20 Şubat – 30 Haziran
- 5 numaralı evde: 23 Şubat – 31 Mayıs

tarihleri arasında analiz edilmiştir. Elektrik geribildirim ürünü olan evlerde kullanılan monitör ürünü ile kullanıcıların elektrik miktarlarını izlemeleri sağlanmıştır. Ürünlerin çalıştırılmasından 1 ay sonra ise, cihaz düzeyinde geribildirim etkisi ve merkezi bir LCD monitörü’nün mevcut elektrik geribildirim mekanizmasına takılmasının etkisi araştırıldı. Cihaz düzeyinde ve merkezi LCD monitörü ile elektrik geri bildirim izlemeleri:

- 1 numaralı evde: 21 Mart – 17 Temmuz
- 2 numaralı evde: 18 Mart – 17 Haziran

- 3 numaralı evde: 17 Mart – 31 Mayıs
- 4 numaralı evde: 21 Mart – 30 Haziran
- 5 numaralı evde: 23 Mart – 31 Mayıs

tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızın üçüncü aşamasında 5 adet evde enerji verimli teknolojilerin kullanılmasıyla oluşabilecek kazanç miktarları ve oranları analiz edilmiştir. İlk olarak 5 adet evde mevcut olan cihazların elektrik tüketim miktarları, elektrik tüketim monitör cihazı LogiLight EM003 ile ölçülmüştür. Bu tüketim miktarları tablolanmış ve 1 dakika başına ne kadarlık bir kWh elektrik tüketimi olduğu çıkarılmıştır. Çalışmamızın ikinci aşamasında cihaz düzeyinde elektrik geribildirim ölçümleri yapılmıştır. 5 adet evde farklı cihazların elektrik tüketim miktarları çalışma boyunca ölçümü yapıldı, bu cihazların listesi Çizelge 1.1’de paylaşılmıştır.

Çizelge 1.1. Geribildirim Cihazıyla Ölçülmüş Evlerdeki Cihazların Elektrik Tüketimleri

Geribildirim Cihazıyla Evlerde Tüketim Miktarları Ölçülen Cihazlar					
	Ev 1	Ev 2	Ev 3	Ev 4	Ev 5
•	Televizyon # 1	Yazıcı	Televizyon	Buzdolabı	Televizyon # 1
•	Bulaşık makinesi	Tarayıcı	Bulaşık makinesi	Bulaşık makinesi	Buzdolabı
•	Elektrikli ocak	Bilgisayar sistemi # 1	Buzdolabı	Çamaşarı makinesi	Bulaşık makinesi
•	Çamaşır kurutma makinesi	Bilgisayar sistemi # 2	Fırın	Ütü	Su ısıtıcısı
•	Çamaşır makinesi		Su ısıtıcısı	Televizyon	Çamaşır makinesi
•	Televizyon # 2			Dondurucu	Televizyon # 2

LogiLight EM003 ve geribildirim cihazıyla yapılan ölçümler ve toplam elektrik tüketim miktarları göz önünde bulundurulduğunda, evlerdeki mevcut cihazların yerine enerji verimli alternatifleri önerilmiştir. Önerilen cihazların listesi Çizelge 1.2’de paylaşılmıştır.

Çizelge 1.2. Değiştirilmesi Önerilen Enerji Verimli Cihazlar

Analizi Yapılan Enerji verimli cihazlar listesi					
	Ev 1	Ev 2	Ev 3	Ev 4	Ev 5
•	Televizyon # 1	2 adet bilgisayar sistemi	Bulaşık makinesi	Ütü	Buzdolabı
•			Buzdolabı	Televizyon	Çamaşır makinesi

Çalışmamızın dördüncü aşamasında 1 numaralı, 2 numaralı ve 5 numaralı evlerde güneş enerjisi sistemlerinin kazanç miktarları hesaplanmıştır. Hangi evlere güneş enerjisi sisteminin kurulmasının mantıklı olduğuna evlerin toplam tüketim miktarları, yapılacak olan sistemin elektrik kazanç miktarları ve mali geri dönüş süreleri göz önünde bulundurularak karar verilmiştir. Evlerin mimari şekilleri Google Sketchup programında gerçek ölçüleriyle çizilmiştir. Skelion programı, Google Sketchup programı altında bir eklenti olarak çalışan PV simülasyonları yaptığımız uygulamadır. Monokristal güneş paneli olarak Canadian Solar CS6P-240 modeli, polikristal güneş paneli olarak Yingli YL 235 P-29b modeli ve ince film CdTe güneş paneli olarak FS-280 modeli kullanılmıştır. Maliyet olarak tasarruflu olması açısından üç evde de 0.47kWp gücünde güneş paneli sistemi kurulmuştur.

Çalışmamızın beşinci aşamasında 1,2 ve 5 numaralı evlerde; enerji verimli teknolojiler, elektrik geribildirim teknolojileri ve fotovoltaik sistemlerinin birlikte kullanılmasıyla elde edilen, 3 ve 4 numaralı evlerde ise elektrik geribildirim teknolojileri ve enerji verimli teknolojilerin birlikte kullanılmasıyla elde edilebilecek olan maksimum elektrik tasarruf miktarları ve oranları hesaplanmıştır. Tasarrufların elde edilebilmesi için yapılması gereken yatırım miktarı ve yatırım miktarının geri dönüş süresi; toplam yatırım miktarının, Temmuz 2016 – Haziran 2017 arasında elde edilebilecek olan toplam elektrik tasarruf miktarının maddi karşılığına bölünerek süre ölçütü yıl olarak hesaplanmıştır.

Tezimizde 2 numaralı bölümde; dünyadaki ve Türkiye'deki enerji istatistikleri ve tüketim bilgileri paylaşılmıştır, 3 numaralı bölüm elektrik tüketim ve elektrik tarifeleri öngörülerinin yapıldığı bölümdür, 4 numaralı bölüm elektrik geribildirim çalışmasının yapıldığı izleme bölümüdür, 5 numaralı bölüm enerji verimli cihazların seçimi bölümüdür, 6 numaralı bölüm fotovoltaik simülasyonların yapıldığı bölümdür ve son olarak 7 numaralı bölüm sonuçların paylaşıldığı, mali analizin yapıldığı sonuç bölümüdür.

2. ENERJİ TÜKETİMİ İSTATİKSEL BİLGİLERİ

Avrupa Birliğine üye olan ülkelerdeki mevcut bina stoğunun tükettiği toplam enerji, bu ülkelerin toplam enerji tüketiminin % 40'ını oluşturmaktadır, bina stoğundaki toplam enerji tüketiminin % 63'ü de konutların tükettiği toplam miktardır, sadece elektrik tüketim miktarları ele alındığında, binaların tükettiği elektrik toplam tüketimin %73'ünü oluşturmaktadır [9]. Bu nedenle binalardaki toplam enerji performansının iyileşmesi, ülkelerin enerjideki dışa bağımlılığını azalmasını sağlayacaktır ve ek olarak mevcut karbon dioksit emisyon miktarını Kyoto Protokolü'ne göre olması gereken miktara indirebilmeyi mümkün kılacaktır.

En önemli sera gazı karbon dioksittir. Sera gazı etkisi ve asit yağmurları, fosil yakıtlar olan kömür ve petrolün yakılması neden olmaktadır. Dünyadaki karbondioksit emisyon oranı 2050 yılına gelindiğinde, herhangi bir iklim değişikliği etkileri için önlem alınmazsa, yaklaşık olarak iki katına çıkacaktır [10].

Enerji verimliliği kavramı, karbon dioksit emisyon miktarını azaltmakta çok önemli bir ekonomik yol olacaktır. İklim değişikliğinin etkileri, yüksek enerji fiyatları, enerji taleplerindeki artışlar nedeniyle, konutlardaki enerji tüketimlerinde verimliliğin artırılması, verimli teknolojilerin sağlanması ve yenilenebilir enerjilerin kullanımı teşvik edilmektedir. Avrupa Birliği üye ülkeleri, tüm son kullanıcı sektörlerinde enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğu kadar çok yararlanmak için çalışmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla, fosil enerji yakıtların tüketiminden kaynaklanan çevresel sorunlardaki şüphenin önüne geçmeyi ve bunun yanında enerji güvenliği de sağlamayı amaçlamışlardır.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın açıklamalarına göre, son tüketici kaynaklı oluşan karbon dioksit emisyon miktarı, toplam karbon dioksit emisyon miktarının üçte biri kadardır ve 2050 yılına kadar karbon dioksit emisyon miktarını yarı yarıya azaltmamız gerekmektedir. Sektörel bazda baktığımızda, çok önemli ölçüde enerji verimliliği artırıcı olasılıklar, konut sektöründe bulunmaktadır. McKinsey firmasının raporuna göre konut sektörü dünyanın enerji tüketimi miktarının %25'lik payına sahiptir, 2002 yılında karbon dioksitin yarattığı emisyon, Avrupa'da meydana gelen toplam emisyonun % 82'sini oluşturmuştur. Karbon dioksitin yarattığı toplam emisyonun % 39'u elektrik ve ısı üretimi nedeniyle oluşmuştur [11]. Binalar en büyük kirlilik kaynağıdır. Avrupa Birliğindeki sera gazı emisyonunun meydana gelmesindeki en büyük dördüncü kaynak, konutların yarattığı emisyonlardır [12].

2008 yılında Avrupa'nın toplam elektrik tüketim miktarı 3170 terra watt'dır, bu miktarın %54'ü fosil yakıtlardan sağlanmıştır, en önemlisi ise kullanılan yakıtlar (% 83,5 petrol ve % 64,2 gaz) ithal edilmiştir [13].

Türkiye yüzölçümü ve nüfusu itibarıyla dünya üzerinde kayda değer bir duruma sahiptir. Nüfusumuz 74,7 milyonu aşmaktadır. 2011 verileriyle gayri safi yurt içi hasılamız 772.298 milyar dolar olup kişi başına düşen milli gelir 10444 \$ seviyelerindedir. Türkiye'nin enerji tüketimi 2011 yılında 118,8 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Elektrik enerji tüketimi ise 2011 yılında, bir önceki yıla göre % 8'lik bir artışla 228,41 milyar kWh'e ulaşmıştır [14].

Enerji yoğunluğu, toplam milli hasılaya düşen birincil enerji tüketimi olarak tanımlanmaktadır. Bir ülkenin gelişmişlik seviyesi, o ülkenin kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğuyla belirlenir. Kişi başına elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olması, o ülkenin ekonomik kalkınmışlık seviyesini ve refah düzeyinin yüksekliğini gösterir. Enerji yoğunluğunun düşüklüğü ise aynı miktar enerjiyle daha fazla iş yapılması anlamına gelmektedir. Dünyada kişi başına elektrik enerjisi tüketimi yüksek olan ülkeler sırasıyla; İzlanda, Norveç, Kuveyt, Katar, Kanada, İsveç ve ABD şeklindedir. Bu ülkelerden Norveç, İsveç ve ABD'nin enerji yoğunlukları daha düşük olduğundan refah düzeylerinin de daha yüksek olduğu söylenebilir. Dünyada 2011 yılı kişi başına enerji tüketimi 1,87 tep (ton eşdeğer petrol), kişi başına elektrik enerjisi tüketimi 3155 kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye ise aynı yıl 1,59 tep'lük kişi başına enerji tüketimi, 3058 kWh'lik kişi başına elektrik enerjisi tüketimiyle dünya ortalamasının altında yer almıştır [15]. Türkiye'deki hedeflenen kişi başına elektrik tüketim hedefleri; 2015 senesi için 3600 – 3800 kWh, 2020 senesi için 4800 – 5000 kWh, 2030 senesi için 7000 kWh'den fazla ve 2040 senesi için 8000 kWh'dan daha fazla olmasıdır [16].

Türkiye'nin seragazı emisyonları önemli oranda artmaktadır. 1990 yılında 170 milyon ton CO₂ eşdeğeri seragazı emisyonu, 2008 yılında 366,5 milyon ton CO₂'e yükselmiştir. Kişi başına düşen sera gazı emisyonu halen düşük olmasına rağmen (5,5 kg CO₂/kişi), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) EK-I ülkeleri arasında, Türkiye toplam sera gazı emisyonu artış oranı en yüksek olan ülkedir. CO₂ eşdeğeri olarak 2008 yılı toplam seragazı emisyonu 1990 yılına göre % 96 artış göstermiştir. 2008 yılı Sera Gazı Ulusal Envanterine göre; ulusal CO₂ emisyonunun (270 milyon ton) %16'sı ve enerji sektörünün %18'i konut sektöründen (48 milyon ton) kaynaklanmaktadır. Mevcut Durum Senaryosuna göre; binalar sektörünün 28,3 milyon TEP olan enerji tüketiminin 2020 yılına kadar 47,5 milyon TEP'e ulaşacağı tahmin

edilmektedir, bu da CO2 emisyonunun iki misli olacağını göstermektedir. Diğer yandan binalar sektörü, maliyet etkin emisyon ve enerji tasarrufu potansiyeli açısından önemli olanaklar sunmaktadır [17].

2008 yılında ülkemizin toplam birincil enerji tüketimi yaklaşık 108 milyon ton eşdeğeri petrol (TEP), üretimi ise 29 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Küresel ölçekte yaşanan ekonomik krizin etkisi nedeniyle sanayi sektörü enerji tüketimi daha önceki yıllara göre azalma göstermiş, konut ve hizmetler sektörü enerji tüketimi artarak 28,3 milyon TEP ile nihai enerji tüketiminde %36 ile en yüksek paya sahip olmuştur [18].

Türkiye’de 2007 yılında 27,3 milyon TEP birincil enerji üretilmekte iken, 100,2 milyon TEP enerji tüketilmiştir. Türkiye kullandığı enerjinin yaklaşık %75’ini ithal etmektedir. Türkiye’nin enerji ihtiyacını çok büyük oranda ithalat yoluyla karşılaması enerji güvenliğini tehdit etmektedir. Öte yandan, Türkiye’de 1998 yılında 29,1 milyon TEP olan enerji üretiminin zaman içinde artacağı yerde azalması düşündürücü bir gelişmedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın (ETKB) yaptığı projeksiyona göre; Türkiye’nin birincil enerji talebinin 2010 yılında 126 milyon, 2015 yılında 170 milyon, 2020 yılında ise 222 milyon TEP’e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Türkiye’nin birincil enerji ihtiyacının 2010 yılında %71’i, 2015 yılında %68’i, 2020 yılında % 70’i ithal kaynaklardan karşılanacağı öngörülmektedir. Bu projeksiyonlar Türkiye’nin uzun dönemde de enerjide dışa bağımlılık sorununun çözülmesinin mümkün olmadığını göstermektedir [19].

Enerjideki dışa bağımlılık elektrik enerjisi arz güvenliğini de tehlikeye sokmaktadır. Türkiye elektrik enerjisi brüt tüketimi 2010 yılında % 8,4 artarak 210.4 Milyar kWh, 2011 yılında ise % 9,4 artış ile 230.3 Milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye net tüketimi 2010 yılında 172 Milyar kWh, 2011 yılında ise 186 Milyar kWh olmuştur. Türkiye 2012 yılına ait verilerine göre elektrik enerjisi toplam üretim miktarı 239.079.998 MWh iken tüketim miktarı 241.946.779 MWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2013 yılına ait verilerine göre elektrik enerjisi toplam üretim miktarı 239.011.684 MWh iken tüketim miktarı 245.212.336 MWh olarak gerçekleşmiştir [20]. 2013 yılında Türkiye’deki tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı 198.045.181 MWh’dır. Sanayi sektörünün tükettiği elektrik enerjisi miktarı, 93.251.789 MWh, toplam miktarın % 47,1’i kadardır. Meskenlerin tükettiği elektrik enerjisi miktarı, 44.971.483 MWh, ise toplam tüketilen elektrik enerjisinin % 22,7’si kadardır.

Türkiye'deki 2012 – 2021 dönemini kapsayan Üretim Kapasite Projeksiyon çalışmasında ETKB tarafından elektrik tüketim miktarı brüt talep tahminleri hesaplanmıştır. 2012 senesindeki elektrik enerjisi talebi 244026 GWh'dır. 2013 senesinde 262010 GWh, 2014 senesinde 281850 GWh'dır. 2015 senesinde % 7,6 artış ile 303140 GWh, 2016 senesinde 2015 senesine göre % 7,6 artış ile 325920 GWh, 2017 senesinde 2016 senesine göre % 7,5 artışla 350300 GWh, 2018 senesinde 2017 senesine göre % 7,5 artışla 376350 GWh, 2019 senesinde 2018 senesine göre 404160 GWh, 2020 senesinde 2019 senesine göre % 7,4 artışla 433900 GWh ve 2021 senesinde 2020 senesine göre % 7,7 artış ile 467260 GWh olacağı öngörülmüştür [21].

Konutlardaki elektrik enerji tüketim miktarları üzerinde yapılacak olan tasarruf son derece önemlidir. Ülkemizdeki enerji açığı açısından ve çevresel etkilerin azaltılması açısından, elektrik tüketim miktarının azaltılması son derece önemlidir. Çalışmamızda beş adet konutta; geribildirim teknolojileri ile birlikte, fotovoltaik uygulamalar ve enerji verimli teknolojik ürünlerin birlikte kullanılmasıyla, azami elektrik tasarruf miktarları hesaplanmıştır.

3. ELEKTRİK TÜKETİMİ VE ELEKTRİK TARİFELERİ ÖNGÖRÜLERİ

3.1. Giriş

Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece zaman tarifelerinin gelecekteki değerlerinin öngörülerinin bulunması için yaptığımız çalışmamızda, 19 farklı yaklaşımı ele aldık; ki bu her ayrı yaklaşımın diğer yaklaşımlara göre kendine özel farklılıkları bulunmakta; mevsimsel karakteristik farklılıkları gibi; 12 veya 4, modellerde uygulanan farklı tekniksel yaklaşımlar gibi; toplayıcı veya çarpan yaklaşımlar, ve farklı yöntem modellerinin kullanılması gibi; standart klasik ayrıştırma modeli, kayan ortalama metodunun klasik ayrıştırma modelinde uyarlanması, regresyon denklemleri, tek, çift ve Winters düzleştirme modelleri ve son olarak ARIMA modeli. Tarifelerin öngörülerinde kullanılacak en uygun model; MAPE, MAD ve MSD ölçülerinin en düşük olan modeli seçerek belirlenmektedir.

3.2. Literatür

Verilere dayalı metodların geliştirilmesine, son 25 yıldır öngörü modelleri kullanımında büyük bir artış olmuş bulunmaktadır. Herhangi bir verinin olmadığı durumlarda, insanların subjektif düşünceleri ve karar algıları matematiksel öngörüler yerine geçmektedir. Verilerin mevcut olduğu durumlarda ise, kararlar istatistiksel, matematiksel birkaç işlemden geçirilip öngörü modelleriyle analiz edildikten sonra verilmelidir. Güçlü bilgisayarların gelişmesi ve sofistike yazılım programlarının da gelişmesiyle, ileriye dönük öngörüler kolay bir şekilde elde edilir. Fakat bu öngörü yaklaşımlarında doğru modelin en uygun bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Hali hazırda mevcut olan öngörü metodlarına ek olarak daha yüksek doğrulukta öngörü sonuçları istenilmeye devam edilmektedir ve bu da yeni farklı öngörü modellerinin geliştirilmesine yol açmaktadır. Tüm farklı organizasyon yapılarında, tüm çalışanlar ve iş alanları bakımından öngörü metodlarının çok önemli olduğu açıktır ve herkesin ihtiyaç duyduğu, sürekli ilgi duyacağı bir alan olacağı kesinleşmiştir.

3.2.1. Öngörü Çeşitleri

Belirsizlik durumlarındaki sorunları aşabilmek için öngörülere ihtiyaç duyulmaktadır, bu durumlarda hangi tür öngörülerin kullanılmasına karar verileceği önemlidir. Öngörü prosedürleri kısa dönemli veya uzun dönemli olarak sınıflandırılabilir. Uzun dönemli öngörülere, uzun dönem içinde organizasyon yapısı içinde yönetim kararları açısından ihtiyaç duyulabilir, kısa dönemli öngörülere ise ani kararların alınması gereken orta ölçekli veya birincil karar alma merkezleri tarafından ihtiyaç duyulabilmektedir. Öngörüler ayrıca yapısına göre mikro veya makro olarak da sınıflandırılabilir. Örneğin, bir fabrika müdürü gelecekteki aylar için gerekli olacak çalışan sayısı öngörülerinin bulunmasına ihtiyaç duyabilir, bu durumlar mikro öngörülere örnektir. Bir diğer örnekte ise hükümet tüm ülkedeki toplam insan sayısı öngörülerini bulmak isteyebilir, bu gibi durumlar makro öngörülere örnektir. Yönetimin büyüklüğü ve seviyesine göre bulunması istenilen öngörülerin durumu da değişiklik gösterebilir. Örneğin, üst yönetim ürünlerin satış öngörülerinin bulunmasını isterken, satış temsilcisi ise sorumlu olduğu ürünün satış öngörülerinin bulunmasını istemektedir.

3.2.2. Öngörü Metodunun Seçilmesi

Öngörü modellerine girdi olarak kullanılacak olan verilerin detayları analiz edilmelidir. Mikro veya makro düzeyde ihtiyacın olup olmadığını, özet faktörlerinin mi yoksa gelecek değerlerine mi ihtiyaç duyulup duyulmadığı, öngörülmesi edilmesi istenen girdinin kısa zamanlı sonuçlarının mı yoksa uzun zamanlı sonuçlarının mı ihtiyaç duyulup duyulmadığını, öngörünün yapılmasını etmek istediğimiz veriler için kalitesel mi sayısal metotların daha uygun olduğu olmadığı ve öngörülen sonuçların noktasal mı aralıksal mı ya da yoğunluk cinsinden istendiğine karar vermek gerekmektedir. Öngörü modelini seçerken, farklı ürünleri, amaçları, kısıtlamaları göz önünde bulundurarak değerlendirmek gerekmektedir. Belirli başlı durumlar için farklı bir çok metot, yöntem denenebilir. Herhangi belirli bir durum için en iyi olan öngörü modeli, bir diğer farklı durum için en iyi olan öngörü yöntemi olmayabilir.

3.2.3. Öngörünün Aşamaları

Tüm öngörü prosedürlerinde geçmişteki deneyimleri analiz ederek geleceğe taşıma işlemi söz konusudur. Bu nedenle öngörülen değerlerinin geçmişteki değerler ile mutlak surette bağlantıları bulunmalıdır. Öngörü prosesi 5 adımdan oluşmaktadır: problemin tanımlanması ve verilerin toplanması, verilerin işlenmesi ve temizlenmesi, modellerin hazırlanması ve değerlendirilmesi, modellerin uygulanması ve öngörülerin değerlendirilmesi.

Birinci adımda verilere uygun bir şekilde asıl problemin ne olduğuna karar verilir, öngörü işleminin ne amaçla yapılacağı belirlenir. Öngörü yapılacak problem için doğru ve uygun verilerin toplanması gerekmektedir, doğru ve uygun datalar mevcut değilse bu sorun, öngörü probleminin tekrardan tanımlanması gerekliliğine yol açar. Doğru sonuçlara ulaşmak için, öngörülen problemin istediği verilerin doğru ve uygun olarak toplanması gerekmektedir.

İkinci adımda, verilerin işlenmesi ve temizlenmesi işlemi gerçekleşmektedir. Öngörme işlemlerine başlamadan eldeki verilere bakıldığında, verilerin olması gerekenden çok daha fazla olduğuna veya verilerin olması gerekenden daha az miktarda olduğu görülebilir. Bazı verilerin tanımlanan problem ile alakası olmadığı da anlaşılabilir. Bazı verilerin orijinal veriler cinsinden tekrar ifade edilmesi gerekebilir. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda tanımlanan problem için uygun olan dataların işlenerek ve bazı kısımlarda temizlenerek problem için uygun bir hale getirilmesi gerekmektedir.

Üçüncü adımda, öngörme işlemi için model kurulacak ve değerlendirilecektir, bu aşamada öngörme modelleri içine en düşük öngörü hata oranını verebilecek verilerin yerleştirilmesi işlemi yapılmaktadır. Model her ne kadar basit bir modelse, modelin çıkardığı sonuçlara göre kararlar alacak olan ve stratejilerini uygulayan yöneticiler daha rahat olacaklardır. Komplike olan ve daha doğru sonuçlar veren öngörü modelleri ile basit olan ve uygulama sonrasındaki sonuçlara bakarak karar veren yöneticilere kolay anlaşılabilir gelen modeller arasındaki dengenin kurulması önemlidir.

Dördüncü adımda, tanımlanan problem için doğru modelin seçilimi, doğru verilerin ve aralığının seçiminden sonra, modelin çalıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Seçilen modelin çalıştırılmasıyla gerçek öngörü sonuçları ortaya çıkacaktır. Modele girdi verisi olarak kullanılan son zamanlı veriler ise modelin ürettiği sonuçların ne kadar doğru olup olmadığını değerlendirebilmek için bir ipucu olmaktadır.

Beşinci adımda, kullandığımız öngörü modelinin ürettiği tahmin sonuçları ile gerçek değerlerin karşılaştırılmasını yaparak, tahmin etmekte kullandığımız modelin doğruluğunu ölçme aşaması vardır. Modelin doğruluğu ölçüldükten sonra istenilen gelecekteki değerler için öngörüler yapılabilmektedir.

3.2.4. Öngörü Prosesinin Yürütülmesi

Öngörü prosesinin doğru bir şekilde yürütülebilmesi için bir takım soruların sorularak bu işlemin yönlendirilmesi gerekmektedir. Öngörü işlemine niçin gerek duyulduğuna, öngörülen sonuçları kimin kullanacağına ve bu kişilerin spesifik olarak ihtiyaç duydukları şeyler, hangi seviyede detaya veya yığına ihtiyaç duyulacağını ve hangi zaman aralığının en doğru aralık olabileceğine, öngörü modellerinde kullanılabilir olan verilerin hangilerinin kullanılabilir olduğuna ve bu verilerin öngörü modeli için doğru seçilen veriler olup olmadıklarını, öngörü proses işleminin maliyetinin ne olacağına, öngörü sonuçların doğruluğunun hangi oranda olacağını beklediğimize, öngörü işleminden sonra üretilen sonuçların herhangi bir karar alma durumunda stratejik yönlendirme olarak kullanıp kullanılmayacağına, öngörü prosesini yapan uzmanın, öngörülerin değerlerin ne amaçla organizasyon yapısı altında kullanıldığını doğru anlayıp anlamadığına ve öngörü işleminin sonuçlarının gerçek sonuçlarla karşılaştırılarak öngörü modellerinin doğruluğunun ölçülüp ölçülemeyeceği gibi soruların cevaplandırılması gerekmektedir.

3.2.5. Öngörü Yazılım Uygulamaları

Günümüzde öngörü problemleri için kullanılan gelişmiş bir çok yazılım uygulamaları vardır. Mevcut öngörü yazılım uygulamaları iki farklı sınıfta incelenmişlerdir, ilk sınıftaki uygulamalar genel olarak istatistiksel paketlere sahiptirler ki bu paketler ile regresyon analizleri, zaman serisi analizleri ve başka tekniklerin uygulanması mümkün kılınmaktadır ve ikinci sınıflandırma uygulamalarında ise özel olarak tasarlanmış spesifik bir yaklaşım için bu yazılım uygulamaları tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Grafikselleştirme özellikler, arayüzler, Excel tablosu arayüzleri, verilerin dışarı aktarımı, sayısal ve istatistiksel olarak güvenilir metotlar, öngörü modelleri için basit otomatik algoritmalar gibi özellikler günümüzdeki öngörü yazılımlarının genel özellikleridir. Özellikle son yıllarda öngörü uygulamalarının gelişmesine rağmen, özellikle arayüz ve kullanıcı kolaylığı açısından, çoğu yazılım uygulaması Excel formatında tablolar kullanmakta ve bir çoğu da Excel'e eklenti olarak

çalışmaktadır. Öngörü problem çalışmamızda Minitab uygulaması ve Excel sayesinde geliştirdik.

3.2.6. Minitab ve Excel

Minitab kolon bazlı çalışan bir istatistiksel yazılımdır. Verilerin girildiği tablolar, Excel'deki görünüm ile aynıdır. Minitab programında temel olarak oturum penceresi, çalışma sayfaları, grafik pencereleri gibi alt sayfalar da vardır. Minitab programı ile istenilen farklı öngörü problemleri için farklı öngörü teknikleri kullanılarak öngörü sonuçları üretilebilir ve sonuçları analiz edilebilir. Minitab uygulamasında basit istatistiksel metotlar, regresyon modelleri, ANOVA, DOE gibi profesyonel modeller, zaman serisi analizleri işlemleri: kayan ortalama, ayrıştırma modelleri, üstel düzeltirme işlemleri, ARIMA modelleri gibi öngörü modellerinin kullanılması mümkündür. Çalışmamızda Minitab uygulamasına ek olarak, bazı öngörü problemlerine olan yaklaşımlarımızda bu yaklaşımların teknik alt yapısını Excel'de oluşturarak, Excel'de öngörü sonuçlarının elde edilmesi de mümkün olmuş ve bu yaklaşımı da çalışmamızda kullanmış bulunmaktayız.

3.2.7. Öngörü Modellerinde Kullanılan Veri Kalıplarının Analiz Edilmesi

Öngörü prosesinin en fazla zaman gerektiren ve en güç kısmı öngörülen problem için gerekli olan verilerin toplanması, biriktirilmesi sürecidir. Toplanan verilerin uygun olup olmadığı dört ana kriter altında değerlendirilir: verilerin güvenilir olup olmadığına ve doğru olup olmadığına bakılır. Kullanıldığı öngörü problemleri için seçilen verilerin uygun olup ilişkili olup olmadığına bakılır. Verilerin kararlı ve tutarlı bir yapıda olması gerekmektedir. Veriler zaman bazında kaydedilerek belirli bir sıralamaya sahip olmalıdırlar. Aynı türden verinin uzun yıllar boyunca, en azından öngörü modelinin gerektirdiği minimum veri zaman girdisi bakımından toplanarak öngörü modeline sokulması gerekmektedir.

3.2.7.1. Zaman Serisi Veri Kalıplarının Karakteristik Özellikleri

En uygun öngörü modelinin seçilmesi işlemi sırasında farklı kalıplarda verilerin varlığının araştırılması ve analiz edilmesi en önemli kısımdır. Genel olarak dört farklı genel kalıp mevcuttur: yatay, trend, mevsimsel ve döngüsel kalıplar.

Toplanan ve incelenen veriler, belirli bir zaman aralığında sabit bir seviyede veya ortalama bir seviye seyredip pek değişmiyorsa, bu türden verilere sabit, kararlı veriler denilmektedir. Toplanan ve incelenen veriler, belirli bir zaman aralığında net olarak bir artış veya azalış gösteriyorsa bu tür verilerde trend karakteristik özellikleri mevcuttur. Sabit olmayan periyotlarda verilerde bir artış veya azalış görülüyorsa bu durumdaki veriler döngüsel karakteristikler göstermektedir denilmektedir. Öngörü modellerinde girdi olarak kullanılan veriler mevsimsel faktörlerden etkilenmekte ve bu mevsimsel spesifik zamanlarda benzer davranışlar sergiliyorlarsa, bu türden verilerde mevsimsellik özellikleri görülmektedir.

3.2.7.2. Zaman Serisi Veri Kalıplarının Otokorelasyon Analizleri

Bir değişkenin gecikmiş bir değeri ile, geçmişe ait bir değeri ile o periyottan bir sonraki, güncel değeri ile olan korelasyon ilişkisine otokorelasyon denilmektedir. Trend ve mevsimsellik karakteristikleri içeren veri kalıpları, otokorelasyon analizleri ile incelenebilmektedir. Verilerin sahip olduğu kalıplar farklı zamanlardaki gecikmelerdeki otokorelasyon katsayıları incelenerek yapılabilir. Otokorelasyon katsayı formülü kullanılarak otokorelasyon analizi yapılabilir ve otokorelasyon katsayılarının her biri farklı zamandaki otokorelasyon katsayılarının sayısal değerleri hesaplanabilir. Otokorelasyon katsayıları formülündeki r_k farklı gecikme zamanlarındaki otokorelasyon katsayısı ifadesini, \bar{Y} veri serisinin ortalama değerini, Y_t ifadesi t zamanındaki gerçek gözlem değerini, Y_{t-k} ifadesi $t - k$ periyot önceki gözlemlenen değeri ifade etmektedir. Otokorelasyon katsayılarını hesaplamakta kullanılan formül aşağıda verilmiştir:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n ((Y_t - \bar{Y})^2)} \quad (1)$$

Otokorelasyon katsayılarının hesaplanmasından sonra, otokorelasyon ve gecikme grafiği incelendiğinde verilerin kalıpları; trend karakteristiği ve mevsimsellik karakteristik özellikleri çalışılabilir. Farklı gecikme zamanlarındaki otokorelasyon katsayıları incelendiğinde, verilerin rastgele olup olmadığına, verilerin trend karakteristiğine sahip olup olmadıklarına; veriler kararsız yapıda olup olmadıklarını, verilerin kararlı olup olmadıklarına ve verilerin mevsimsellik özelliklerine, karakteristiklerine sahip olup olmadıklarına karar verilebilir.

Veri serisi rastgele ise, herhangi bir gecikme k değeri için Y_t ve Y_{t-k} otokorelasyonu sifıra eşittir. Eğer veri serisi trende sahip ise, gözlemler arasında yüksek ölçüde korelasyon söz konusudur, ve genellikle ilk birkaç gecikme için sifırdan farklı, önemlilik derecesine sahip otokorelasyon katsayılarına mevcuttur ve zaman ilerledikçe ve arttıkça bu otokorelasyon katsayıları yavaş yavaş sifıra doğru inmeye başlar. Veri serilerinde eğer mevsimsel bir kalıp varsa mevsimsel zaman gecikmelerinde ve tekrarlayan bir biçimde spesifik olarak sadece bu mevsimsel zaman gecikmelerinde önemlilik derecesine sahip sifırdan farklı otokorelasyon katsayıları görülmektedir. Çeyrek zaman dilimi baz alındığında mevsimsel otokorelasyon katsayılarını 4 ve bunun katları olan zaman gecikmelerinde gözlemleriz, aylık zaman dilimi baz alındığında ise mevsimsel otokorelasyon katsayılarını 12 ve bunun zaman katları olan periyotlarda gözlemleriz.

Hesaplanan bir otokorelasyon katsayısının sifırdan farklı olup olmadığını ve önemlilik derecesine sahip olup olmadığını anlamak için standart hata formülasyonuna bakmak gerekmektedir. Standart hata formülasyonu, k gecikmesinden önceki herhangi bir otokorelasyonun sifırdan farklı olduğuna ve k gecikmesinden sonra veya k gecikmesine eşit olan herhangi bir gecikmenin sifır olduğunu söylemektedir. Standart hata formülasyonu aşağıda verilmiştir. $SE(r_k)$ ifadesi k gecikmesindeki standart hata miktarını, r_i ifadesi i gecikmesindeki otokorelasyon değerini, k ifadesi gecikmenin olduğu zamanı ve n ifadesi veri serisindeki gözlemlerin sayısını ifade etmektedir.

$$SE(r_k) = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{i=1}^{k-1} r_i^2}{n}} \quad (2)$$

Eğer zaman serisindeki hesaplanan tüm otokorelasyon katsayıları, $0 \pm t \times SE(r_k)$ aralığının içinde kalıyorsa, zaman serisindeki değerlerin hepsi rastgeledir denilmektedir, aralık formülasyonundaki t ifadesi uygun dağılımın yüzdesel ifadesidir. Bir diğer yöntem ise Ljung – Box Q istatistiklerine dayanan Portmanto testinin uygulanmasıdır. Bu test genellikle öngörülen modelin oluşturduğu artık değerlere uygulanarak yapılan bir testtir. Girdi olarak alınan zaman serisi verilerinden hesaplanan otokorelasyon değerlerinin rastgele bir proses ile üretildiğini istatistik Q'nun Chi kare dağılımının m . dereceden serbestiteye sahip olduğu durumlarda söylememiz mümkündür, öngörülen modeldeki artıklar, m serbestlik derecesi eksi modelde kullanılan parametre sayısı kadar Chi kare dağılımına sahiptir. Q testiyle elde ettiğimiz değer, Chi kare dağılım tablosundaki ilgili değer ile karşılaştırılır ve elde edilen değer Chi kare dağılım tablosundaki değerden

büyük olması verilerin rastgele olduğunu ifade etmektedir. Q test formülasyonu verilmiştir, bu formülasyonda n ifadesi zaman serisi içindeki gözlem sayısını, k ifadesi zaman gecikmesini, m ifadesi test edilecek zaman gecikme sayısını ve r_k ifadesi k periyot geri kalmış, gecikmiş artıkların basit otokorelasyon ifadesini vermektedir.

3.2.7.3. Zaman Serisi Verilerinin Rastgeleliğinin Analizi

Spesifik bir otokorelasyon katsayısının sıfırdan önemli ölçüde farklı olup olmadığını anlamamız Hipotez testi sayesinde olmaktadır. Gecikme 1 popülasyonun sıfır ve alternatif hipotez testi önermeleri; $H_0 : \rho_1 = 0$ ve $H_1 : \rho_1 \neq 0$ olarak yapılmaktadır. Eğer sıfır hipotezi doğru ise test istatistiği aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$t = \frac{r_1 - \rho_1}{SE(r_1)} = \frac{r_1 - 0}{SE(r_1)} = \frac{r_1}{SE(r_1)} \quad (3)$$

Test istatistiği sonucu olan t değeri; - 2.2'den küçükse veya t değeri 2.2'den büyükse, H_0 hipotezini kabul etmeyerek gecikme 1'deki otokorelasyon değerinin sıfırdan önemli ölçüde farklı olduğuna kanaat getirilir. Zaman serisindeki hesaplanan tüm otokorelasyon katsayıları, $0 \pm t \times SE(r_k)$ aralığının içinde kalıyorsa, zaman serisindeki değerlerin hepsi rastgeledir bilgisi verilmiştir ve bu ifadedeki t ifadesi bizim t istatistik ifademizdir, yukarıdaki denklem ile bulduğumuz sonucu yerine yazarak, aralığın belirlenmesi işlemi yapılır, ve otokorelasyon sonuçları bu aralıklara göre karşılaştırılarak rastgele olup olmadıkları anlaşılmaktadır.

3.2.7.4. Zaman Serisi Verilerinin Trend Analizi

Zaman serisi trend karakteristiğine sahip ise, genellikle ilk birkaç zaman gecikmesinde sıfırdan farklı anlamlılıkta otokorelasyon katsayıları gözlemlenir ve bundan sonraki otokorelasyon katsayılarında yavaş yavaş sıfıra düşüş gözlemlenir. Trend karakteristiğine sahip olan zaman serileri sabit olmayan serilerdir. Sabit serilerde genellikle iki veya üçüncü gecikme zamanından sonra otokorelasyon katsayıları sıfıra düşerler. Sabit olmayan serilerde ise otokorelasyon katsayıları bir çok zaman gecikmesinde büyük değerlere sahip olarak sıfırdan farklı ve büyük anlamlılıklara sahiptirler. Differensiyelleme işlemi ile kararlı olmayan serilerdeki trend etkisi düzeltilerek bu serilerin kararlı olan seriler haline dönüştürülmesi sağlanır.

3.3. Yöntem

Çalışmamızda ilk olarak 4 farklı elektrik tarife ücretlerinin Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığındaki değerlerinin öngörüsü gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma 3.4 başlığı altında paylaşılmıştır. Çalışmamızın devamında ise 3.5 başlığı altında 5 adet evin Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığındaki elektrik tüketim miktarları öngörülere gerçekleştirilmiştir. Doğru öngörü yönteminin belirlenmesi için gerekenler ve bu analizin yapılması için dikkat edilmesi gereken kurallar bütünü paylaşılmıştır.

3.3.1. Öngörü Tekniğini Belirlemek

3.3.1.1. Genel Bakış

İşlenecek datanın öngörüsünün yapılmasından önce farklı bir takım soruları en uygun öngörü modelini seçmek için sormamız gerekmektedir. Bu sorulara örnek olarak; öngörü ne amaçla gerekmektedir, var olan verinin karakteristik özellikleri nelerdir, hangi zaman periyodu seçilmelidir, bu işlem için minimum gerekli veri ihtiyacı nedir, hangi doğruluk oranında bir hata ölçümüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Problemimiz için en uygun öngörü yöntemini seçmek için, öngörülen problemin doğasını doğru anlamaya ihtiyacımız vardır, en uygun mevsimsel periyodu seçmek ve bu spesifik periyot ile uygun ölçüde hataları elde etmemiz gerekmektedir. Öngörü yöntemini seçerken geçmiş verilerin önemi çok büyüktür, bu nedenle verilerin sahip olduğu karakteristik özelliklerin doğru anlaşılması çok önemlidir.

3.3.1.2. Seri Karakteristikleri ve Zaman Periyodu

Zaman serisinde çok fazla dalgalanma gözüküyorsa, serinin karakteristik özelliği karardır. Bu durumda öngörü sonuçları yeni veriler ortaya çıktığında güncellenebilir. Eğer verilerden oluşan seri kararlı durumda değilse, differensiyelleme işlemi ile seriyi kararlı hale getiririz. Kararlı karakteristikte olan zaman serileri için kullanılan yöntemler: sade yöntem, basit ortalama, kayan ortalama ve otomatik regresif kayan ortalama (Box Jenkins) metotlarıdır.

Zaman serisinde gözlemlenen artış veya azalış mevcutsa, bu seride bir trendin varlığına işarettir. Trend karakteristiklerine sahip olan seriler için kullanabilen öngörü yöntemleri:

kayan ortalama, otomatik regresif bütünleşik kayan ortalama (ARIMA), Holt's lineer üstel düzleştirme, üstel modeller, basit regresyon ve büyüyen eğriler modelleridir.

Aynı karakteristik özelliğin, aynı zaman dilimleri içerisinde sürekli olarak tekrarlanması özelliği bize mevsimselliği işaret eder. Mevsimsel veriler için öngörü modelleri: klasik ayrıştırma, çoklu regresyon, Census X-12, Winters üstel düzleştirme modeli ve ARIMA modelleridir.

Uygulanacak olan öngörü yöntemlerinde zaman periyodunun önemi çok büyüktür. Kısa ve orta zaman periyotlu öngörülerde farklı metotlar seçilip uygulanabilir. Zaman periyodu arttığında, uygulanacak metot sayısında azalma meydana gelir. Regresyon modelleri kısa, orta ve uzun periyotlu öngörü yöntemleri için kullanılabilir. Ortalama yöntemi, kayan ortalama, klasik ayrıştırma ve trend projeksiyonları kısa ve orta periyotlu öngörü metotları için uygundur. Kısa zaman periyotlu öngörü metotları için, üstel düzleştirme, trend projeksiyonları, regresyon modelleri ve klasik ayrıştırma metotları tercih edilir. Bir çok farklı model arasından seçilen problem için en uygun olan model en düşük hata ölçümlerine göre yapılır.

3.3.1.3. Çalışmada Kullanılan Modeller

Çalışmada seçtiğimiz ve uyguladığımız modeller; standart klasik ayrıştırma modeli (mevsimsellik özelliği 12 ve 4 iken), kayan ortalama metodunun birleştirilmesiyle uygulanan klasik ayrıştırma modeli (mevsimsellik özelliği 12 ve 4 iken), regresyon denklemleri (mevsimsellik özelliği 12 ve 4 iken), üstel düzleştirme modelleri; tek ve çift üstel düzleştirme modelleri (mevsimsellik özelliği 12 ve 4 iken) ve üçsel düzleştirme modeli (Winters metodu, mevsimsellik özelliği 12 ve 4 iken) ve ARIMA modeli (mevsimsellik özelliği 12 ve 4 iken). Çalışmada kullanılan modeller Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

3.3.1.3.1. Klasik Ayrıştırma Modeli

Ayrıştırma işleminde zaman serisindeki her bir bileşen faktörün etkilerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Her bileşen kendine özel olarak ayrı olarak analiz edilir. Her bileşenin projeksiyonu ile, geleceğe ait değerlerin öngörülme işlemi mümkün olabilir. Devirli bileşen yok sayılarak ayrıştırma modellerinde genellikle üç bileşen göz önünde bulundurulur; trend, mevsimsellik ve düzensiz bileşen.

Zaman serisindeki verileri bileşenlerin toplamı olarak gören model, toplamsal modeldir, gözlemlenen değer (Yt) olarak ifade edilir, üç farklı bileşene sahiptir; mevsimsellik bileşeni (St), trend bileşeni (Tt) ve düzensiz bileşen (It). Toplamsal modelin gösterimi:

$$Y_t = T_t + I_t + S_t \quad (4)$$

Zaman serisindeki verileri bileşenlerin çarpımı olarak gören model çarpımsal modeldir, gözlemlenen veri (Yt) olarak ifade edilir, üç adet bileşene sahiptir; mevsimsellik bileşeni (St), trend bileşeni (Tt) ve düzensiz bileşen (It). Çarpımsal modelin gösterimi:

$$Y_t = T_t \times I_t \times S_t \quad (5)$$

3.3.1.3.2. Ortalama Kayan Modelin Birleştirilmesiyle Oluşmuş Klasik Ayırıştırma Modeli

Klasik ayırıştırma metodunda, bileşenleri kullanarak öngöründe bulunmak için mevsimsellik indeksleri Wessa.net web sitesi aracılığıyla hesaplanmıştır. Klasik ayırıştırma modelinden farklı olarak, bu modelde her bir gözleme kayan ortalama modelin birleştirilmesiyle eşit ölçüde ağırlık yükleyerek mevsimsellik indeksleri hesaplanmış ve bu indeksler öngörü mekanizmasında kullanmıştır. Bu modelin gösteriminde, Yt gözlemlenen gerçek değeri, Y t + 1 öngörülen veriyi ve k ise kayan ortalama metodundaki terimlerin toplam sayısını göstermektedir.

$$Y_{t+1} = (Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}) / k \quad (6)$$

3.3.1.3.3. Regresyon Denklemleri

Bir çok gerçek zamanlı öngörü süreci kolay olmayan işlemler bütününden meydana gelmektedir, bu nedenle basit lineer regresyon denklemleri kullanılmamaktadır. Basit lineer regresyon denklemlerinde tekil bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile ilişkisi incelenmektedir. Birden fazla bağımsız değişkene sahip olan regresyon modellerine çoklu regresyon modelleri denmektedir. Bağımlı değişkenin bağımsız değişken ile ne ölçüde ilişkili olduğunu anlamak için kukla değişkenlerin kullanılması gerekmektedir. Mevsimselliğin 4 ve 12 olduğu durumlarda, çoklu regresyon denklemlerimizin gösterimleri:

$$Y_t = C_0 + T_0 \cdot t + \beta_2 \cdot s^2 + \beta_3 \cdot s^3 + \beta_4 \cdot s^4 \quad (\text{mevsimsellik, } s = 4) \quad (7)$$

$$Y_t = C_0 + T_0 \cdot t + \beta_2 \cdot s^2 + \beta_3 \cdot s^3 + \beta_4 \cdot s^4 + \beta_5 \cdot s^5 + \beta_6 \cdot s^6 + \beta_7 \cdot s^7 + \beta_8 \cdot s^8 + \beta_9 \cdot s^9 + \beta_{10} \cdot s^{10} + \beta_{11} \cdot s^{11} + \beta_{12} \cdot s^{12} \quad (\text{mevsimsellik, } s = 12) \quad (8)$$

3.3.1.3.4. Üstel Düzleştirme Modelleri

Üstel düzleştirme modelleri: tekli üstel, çift üstel ve Winters düzleştirme modeli olmak üzere 3 ayrı modelden oluşur. Çalışmamızda tüm bu modellerde mevsimsellik karakterisiği olarak 4 ve 12 olmak üzere 2 farklı durum ele alınmıştır. Üstel düzleştirme modellerinde güncel geçmiş verilere daha fazla ağırlık verilmektedir. Bu metot, seri içindeki geçmiş verilerin üstel bir şekilde azalan bir ifadesini baz almaktadır. Üstel düzleştirme modellerinde α , β ve γ düzleştirme faktörleriyle birlikte, T_t ve C_t yumaşıtılmış trend ve sabit değeri göstermektedir, Y_t gözlemlenen gerçek değeri ve F_{t+1} ise öngörülen gelecek değeri ve F_t ise o periyot için öngörülen değeri göstermektedir.

3.3.1.3.4.1. Tekli Üstel Düzleştirme Modeli

Zaman serisinde herhangi bir trend olmadığı durumlarda tekli üstel düzleştirme modeli kullanılabilir. Tekli üstel düzleştirme modeli kısa zamanlı öngörü problemleri için uygundur. Genel denklemini aşağıda gösterilmiştir:

$$F_{t+1} = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot F_t \quad (9)$$

3.3.1.3.4.2. Çift Üstel Düzleştirme Modeli

Zaman serisinde artan veya azalan bir trend gördüğümüzde, trend faktörünü düzeltmek için gerekli olan modifikasyon işleminin yapılması gerekmektedir. Çift üstel düzleştirme modelinde, ikinci bir düzleştirme sabiti vardır, β , bu sabit trend faktörüne karşılık gelmektedir. Çift üstel düzleştirme modeli kısa dönemli öngörüler için uygundur. Genel denklemini aşağıda verilmiştir ve genel denklemden p ifadesi gelecek dönemdeki öngörülen spesifik periyotun sayısını ifade etmektedir.

$$F_{t+1} = C_{t+p} \cdot T_t \quad (10)$$

3.3.1.3.4.3. Winters Düzleştirme Modeli

Zaman serisindeki verilerde hem trend hem de mevsimsellik karakteristikleri gözlemlendiğinde, çift üstel düzleştirme modeli kullanışsız hale gelmektedir. Mevsimsellik faktörü problemini düzeltmek için üçüncü bir parametreye ihtiyaç duyulmaktadır, ∇ . Her bir gözlem mevsimsel olmayan değer ve o spesifik periyot için olan mevsimsellik indeksinin çarpımıdır. S_t genel düzleştirmeyi ifade eder, b_t trend düzleştirme faktörünü ifade eder, I_t mevsimsellik düzleştirmesini ifade eder, L periyodun uzunluğunu ifade eder ve m öngörü mekanizmasında kullanılan periyot sayısını ifade eder. Denklemin ifadesi aşağıda verilmiştir:

$$F_{t+m} = (S_{t+m} \cdot b_t) \cdot I_{t-L+m} \quad (11)$$

3.3.1.3.5. ARIMA Modeli

ARIMA modellerinde bağımsız değişkenler bulunmamaktadır. ARIMA modeli birçok model içerisinden tekrarlayan bir şekilde en düşük hataya sahip olanı seçme işlemini baz almaktadır. Seçilen modelin verileri geçmiş veriler ile kıyaslanarak seçilen modelin uygun olup olmadığına karar verilir. Seçilen modeldeki hata farklarının küçük olması seçilen modelin doğruluğuna işaret eder ve bu hata farklarındaki rastgele dağılım da seçtiğimiz modelin doğru olduğunu ifade eder. Seçilen model tatmin edici bulunmadıysa, seçilen modeli geliştirmek için tekrar tekrar işlemler yapılır. Bu tekrarlayan yaklaşım en uygun model bulunana kadar devam eder. ARIMA modelleri kısa dönemli öngörüler için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır.

3.3.1.3.5.1. Otoregresif Modeller

Otoregresif modeller regresyon modellerinin bağımlı değişkenlerinin gecikmeye sahip olduğu ve bağımsız değişken konumunda olduğu modeller görüntüsünü vermektedir. Φ sembolü serinin sabit seviyesini ve otoregresif modelin kararlı zaman serisine uygun olduğunu belirtir. Φ öngörülmesi gereken katsayıları ifade eder, Y_t ve geciken değerler o zaman aralığındaki gözlemleri ifade eder. Modelin denklemi aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 \cdot Y_{t-1} + \Phi_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \Phi_p \cdot Y_{t-p} \quad (12)$$

Çizelge 3.1. Çalışmada Uygulanan 19 Farklı Yaklaşım Modelleri

Model Tanımları	
Klasik ayrıştırma modeli	
1)	Çarpımsal model mevsimsellik: 12
2)	Çarpımsal model mevsimsellik: 4
3)	Toplamsal model mevsimsellik: 12
4)	Toplamsal model mevsimsellik: 4
Kayan ortalama modeli	
5)	Çarpımsal klasik ayrıştırma mevsimsellik: 12
6)	Çarpımsal klasik ayrıştırma mevsimsellik: 4
7)	Toplamsal klasik ayrıştırma mevsimsellik: 12
8)	Toplamsal klasik ayrıştırma mevsimsellik: 4
Regresyon denklemleri	
9)	Mevsimsellik: 12
10)	Mevsimsellik: 4
Düzleştirme modelleri	
Tekli üstel model	
11)	Mevsimsellik: 12
12)	Mevsimsellik: 4
Çiftli üstel model	
13)	Çarpımsal mevsimsellik: 12
14)	Toplamsal mevsimsellik: 12
15)	Çarpımsal mevsimsellik: 4
16)	Toplamsal mevsimsellik: 4
Winters modeli	
17)	İdeal katsayılar mevsimsellik: 12
18)	İdeal katsayılar mevsimsellik: 4
ARIMA modeli	
19)	İdeal ARIMA modeli

3.3.1.3.5.2. Kayan Ortalama Modelleri

Ortalama değerden sapma, mevcut ve geçmiş hata miktarlarının bir kombinasyonudur, bu durum kayan ortalama olarak adlandırılır. Zaman ilerlediğinde lineer kombinasyonda mevcut olan hatalarında ilerlediği görülmüştür. Genel denklemde belirlenmesi gereken katsayılar: ω ; işlemin ortalama faktörüdür, μ ; geçmiş ve şundaki hata katsayısı, Y_t ; t zamanında olan gözlemlenen değişken ve q ; geçmiş zamandaki hata katsayılarıdır. Modele ait olan denklem aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_t = \mu + \epsilon_t - \omega_1 \cdot \epsilon_{t-1} - \omega_2 \cdot \epsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \cdot \epsilon_{t-q} \quad (13)$$

3.3.1.3.5.3. Otoresif Kayan Ortalama Modelleri

Kayan ortalama teriminin ve otoresif terimlerinin kombine olması durumunda p ve q seviyesine sahip otoresif kayan ortalama modeline sahip oluruz, p ve q seviyeleri otoresif ve kayan ortalama kısımlarının seviyelerini vermektedir. Modelimizin genel ifadesi aşağıda verilmiştir:

$$Y_t = \Phi_0 + \Phi_1 \cdot Y_{t-1} + \Phi_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \Phi_p \cdot Y_{t-p} + \epsilon_t - \omega_1 \cdot \epsilon_{t-1} - \omega_2 \cdot \epsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \cdot \epsilon_{t-q} \quad (14)$$

3.3.2. Öngörü Modellerinin Hatalarını Ölçmek

3.3.2.1. Ortalama Mutlak Sapma (MAD)

MAD yöntemi, öngörülen verilerin hata miktarlarının mutlak değerlerinin alınarak ortalamasının alınması yöntemi ile bulunur.

$$MAD = n^{-1} \cdot \sum_{t=1}^n (|Y_t - \hat{Y}_t|) \quad (15)$$

3.3.2.2. Karesi Alınmış Ortalama Hata (MSE)

Metodun sahip olduğu kare ifadesi büyük öngörü hatalarını cezalandırmaktadır. Bu hata hesaplama metodunun ifadesi aşağıda verilmiştir:

$$MSE = (n)^{-1} = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (16)$$

3.3.2.3. Karesi Alınmış Ortalama Köklü Hata (RMSE)

MSE metot gibi, RMSE metodu da büyük hata miktarlarını cezalandırır, fakat bu metot öngörülen seriye benzer ifadelerle sahip olduğundan bu metotta büyüklük hesaplamalar daha kolay bir şekilde gerçekleştirilir.

$$RMSE = \sqrt{n^{-1} \cdot \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (17)$$

3.3.2.4. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)

Bazı durumlarda öngörü hatalarını rakamsal olarak vermekten ziyade yüzdesel ifadesini sunmak çok daha yararlı olmaktadır. Her bir periyot için mutlak hatanın hesaplanması ve bu hesaplanan neticenin o periyottaki gerçek değerine bölünmesiyle MAPE hesaplanır. Çıkan sonuç 100 ile çarpılarak yüzdesel cinsten ifadeye ulaşılmış olur. MAPE ifadesinin denklemini aşağıdaki gibidir:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \quad (18)$$

3.3.2.5. Ortalama Yüzdesel Hata (MPE)

Bazı durumlarda öngörü işlemini gerçekleştirdiğimiz metodun sonucunda elde ettiğimiz öngörü verilerinin az veya fazla miktarda öngörüsünün yapıp yapılmadığını öğrenmek isteyebiliriz. Bu tarz durumlarda MPE ölçüsü kullanılmaktadır. Eğer öngörü işlemi tarafsız gerçekleşmişse, MPE sonucumuz 0 olmalıdır. Sonucumuz büyük miktarda negatif yüzde ile temsil ediliyorsa öngöründe kullandığımız metot gerçek değerinden daha fazla bir miktarda öngörü yapmıştır. Eğer sonucumuz büyük miktarda pozitif yüzde ile temsil ediliyorsa öngörülen sonuç olması gereken değerden az miktarda olmak üzere öngörüsü yapılmıştır. MPE ifadesinin denklemi aşağıda verilmiştir.

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t} \quad (19)$$

3.4. Türkiye'deki Elektrik Zaman Tarifeleri Fiyatlarının Farklı Metotlarla Öngörüsünün Yapılması ve Zaman Serisi Periyodunun Uzatılmasının Öngörü Modelleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Devlet denetimi rahatlatılmış serbest piyasadaki elektrik tarife fiyatlarının doğru bir şekilde öngörülmesi dağıtıcılar ve tedarikçilerin rekabetçi pazar alanındaki fiyatlandırma stratejileri açısından büyük önem taşımaktadır. Bu pazarda başarılı olmak ve doğru fiyatlandırma politikaları uygulayabilmek için, doğru ve uygun öngörü araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Etkatif bir şekilde çalışan öngörü araçların varlığı ile üretim, satın alma, onarım ve yatırım gibi kararlar kârı maksimize etme amacı doğrultusunda uygulanabilir. Türkiye'de elektrik tarifeleri zamana göre 4 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır; tek zamanlı, gündüz, puant ve gece. Çalışmamızın bu bölümündeki amaç, 4 farklı tarife zamanı için en uygun öngörü yöntemini bulmak ve geleceğe ait 1 senelik elektrik tarife fiyatlarını bulmaktır. Hangi öngörü yönteminin daha iyi olduğu anlamak için, öngörü yöntem hatası olan MAPE, MAD ve MSD değerlerinin en küçük olduğu yöntemi seçmemiz gerekmektedir. Çalışmamızda farklı 19 adet yaklaşım uyguladık, her bir yaklaşım kendi içinde diğer metota göre bir farklılığa sahiptir. 2011- 2014 verilerini kullanarak 2015 senesi için elektrik tarife fiyatlarının öngörü işlemleri yapılmış, öngörü sonuçlarının gerçek 2015 verileri ile karşılaştırmasıyla modelin doğruluğu test edilmiştir. İkinci aşamada ise 2007-2014 verilerini kullanarak 2015 senesi için elektrik tarife fiyatları öngörüsü yapılmıştır, elde edilen öngörü sonuçlarının 2015 senesi gerçek verileri ile karşılaştırılmasıyla modelimizin doğruluğu test edilmiştir. Son aşamada ise 2007-2016 Temmuz aralığındaki verileri kullanarak, önümüzdeki gelecek 1 sene için değerlerin öngörüsü bulunmuştur.

3.4.1. Giriş

Tüketilen elektrik miktarındaki artış dünya nüfusunun sürekli olarak artmasından ve daha yüksek hayat standartlarına ihtiyaç duyulmasından kaynaklıdır. Dünyamız sürdürülebilir bir çevre için gerekli olan arz talep dengesini enerji marketindeki etkili stratejik kararlarla, enerji üretim masraflarındaki karşılanabilir fiyat denge politikalarıyla, başarılı yatırım politikaları ve etkili kapasite artırımları ile korunabilir. Gelişmiş endüstriyel toplumlarda serbest market, tek elden yönetilmeyen fiyat politikaları uygulanmaktadır. Bu özellikteki marketlerde, sağlayıcılar kendi elektrik fiyatlarını dağıtıcıdan aldıkları tekliflere göre düzenleyebilirler, değiştirebilirler. Rekabetçi marketin varlığı kaliteli ve sürekli olarak

düşük fiyatlı elektrik fiyatlarının kullanıcılara sunulmasını sağlar. Pazar alanındaki firmaların perspektifinden baktığımızda, biraz önce bahsettiğimiz koşullar ışığında, kısa, orta veya uzun dönemli tedarik anlaşmalarının sağlayıcılar ve diğer distribütör firmalar ile yapılmasını sağlar, ek olarak kullanıcılar ile yapılan anlaşmalarda ise elektrik tarife fiyatlarının önceden doğru bir şekilde öngörülerek bu bilgiler ışığında anlaşmaların yapılması gerekmektedir. Benzer olarak, enerji üretim firmalarının da üretim, tamir ve yatırım kararları için doğruluğu yüksek olan öngörü stratejilerine ihtiyaçları vardır. Özel firmalar bu pazarı devlet kurumlarına göre daha çok ellerinde tutmaktadırlar, bunun nedeni toptancılık ve perakende piyasasının yerel acentelere göre bu pazarda güçlü olmasıdır. Genel olarak enerji endüstrisi amacına göre firmalara bölümlenmiş durumdadır; üretim, iletim, yerel dağıtım ve perakende satış [22]. Rekabetçi market ortamında risk yönetimi açısından başarılı ve detaylı olarak fiyatların öngörülmesi çok önemli bir yer tutmaktadır.

Yerel enerji kaynaklarını sınırlı olan bir ülke olarak Türkiye, birincil enerji ihtiyacının % 65'ini ithal etmektedir [23]. Türkiye'nin elektrik tüketim miktarı sürekli olarak % 8 oranında artacağı öngörülmektedir [24]. Bu bilgiler ışığında bakıldığında, Türkiye'deki karar vericilerin ve politikacıların ülkemizin enerji bağımlılığının azaltılması konusunda metodlar geliştirmelerini desteklemeleri ve ülke çapındaki toplam elektrik tüketim miktarını düşürerek daha ekonomik bir enerji sektörünü elde etmek doğrultusunda çalışmalarını teşvik etmeleri gerekmektedir. Türk elektrik market alanı nüfustaki sürekli olan artış, sanayileşme ve kentleşme faktörleri etkileri nedeniyle çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Geçtiğimiz son 10 yıllık süre zarfı içinde, monarşik elektrik pazar yönetiminin serbest elektrik pazarına dönüşebilmesi için yasal reformlar yapılmıştır [25].

Geleceğe dönük projeksiyonlarda elektrik tarife fiyatlarının öngörü işlemlerinin doğru yapılması önemlidir. Elektrik fiyatlarının kısa zaman dilimindeki değişimleri nedeniyle, elektrik talebinde dalgalanmalar meydana gelebilir. Türkiye'de 4 farklı fiyatlandırma vardır; tek zamanlı, gündüz, puant ve gece, bunun yanı sıra Türkiye'deki market ertesi gün fiyatlandırması da baz alarak çalışmaktadır. Elektrik tarife fiyatlarını belirleyen ana nedenler hala araştırılmaktadır. Elektrik tarife fiyatları öngörülerini yapmak için yapılan literatürdeki çalışmalarda geçmiş dataların, dolaylı olan faktörlerin; ısı, rüzgar hızı, elektrik talebi, petrol fiyatları, gibi faktörlerin bu fiyatlandırma üzerinde etkilerinin olduğu ortaya çıkarılmıştır [26]. Bu faktörleri girdi olarak alan öngörü sistemlerinde geleceğe ait datalara ihtiyaç vardır, bu nedenle bu sistemlerin kullanılması kısıtlandırılmıştır.

Mevcut bir olayla bağlantılı geçmiş verilere istatistiksel bilgi birikiminin uygulanması öngörü modelleri açısından çok önemlidir, bunun nedeni öngörü modellerinden elde edilen datalar geleceğe ait olayların öngörülmesinde kullanılacaktır. Zaman serisi, spesifik olarak tek bir türde olan datanın sürekli olarak belli bir zaman dilimi içinde toplanmasıyla oluşur. Bu toplanan data; günlük, haftalık, aylık, çeyrek bazda veya yıllık formatta olabilir. Zaman serilerinin dört farklı bileşeni vardır; trend, mevsimsel etki, periyodik ve irregüler efekt [27]. Zaman serilerinin analiz edilerek öngörü metotlarında kullanılmaları için geçmiş datalara ihtiyaç vardır. Gelecekte ortaya çıkacak verilerin, geçmiş tarihli verilere benzeyebileceği bilgisi göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji marketi tamamen özelleştirilmiş olduğunda bu özellik dolayısıyla sahip olunan gizlilik kaygıları nedeniyle öngörü metotlarında kullanılacak datalar konusunda sıkıntı yaşanabilir. Geleneksel zaman serilerinin aksine kısa zamanlı öngörü metotlarında en düşük öngörü hata oranlarında sahip olan model az veriye sahip olsa da seçilebilir. Elektrik fiyatlandırma tarifeleri zaman aralıklarına göre üç farklı şekilde sınıflandırılabilir: kısa dönem (6 aya kadar, 1 gün sonrası sık rastlanılmaktadır), orta ölçekli (6 aydan 1 yıla kadar) ve uzun dönem (1 yıl ve sonrası). Kapasite artırımları hesaplamaları, sermaye yatırımları ve kâr analizleri hesaplamalarında uzun dönemli öngörü metotlarının kullanımı önemlidir.

Elektrik marketi; arz talep dengesindeki dalgalanmalar, öngörülemeyen yük ihtiyaçları ve iklimdeki değişiklik, günlük aktivilerdeki değişim ve endüstriyel gelişim nedenleriyle kararlı bir yapıya sahip değildir ve tüm bu bahsettiğimiz faktörler neticesiyle elektrik fiyatlarının öngörülme işi komplike bir hal almıştır [28]. Bir çok farklı model ve yöntem özellikle spesifik olarak kısa dönemli öngörü metotları için geliştirilmiştir [29]. Kararlı ve kararsız zaman serilerine sahip modeller kısa dönemli öngörü yöntemlerinde kullanılabilir [30]. Otomatik Regresif Birleştirilmiş Değişken Ortalama yöntemi (ARIMA) hem kısa zamanlı öngörülerde hem de uzun zaman serisine sahip olan öngörülerde kullanılmaktadır [31]. Farklı istatistiksel öngörü yöntemleri mevcuttur; regresyon analizleri, klasik ayrıştırma metodu, Box Jenkins metodu ve düzleştirme teknikleri. Tüm bu farklı metotlar farklı doğruluk oranları verecektir. Öngörü işlemlerinde kullandığımız modelin doğruluğu, modelin işletilmesinden sonraki hata ölçümleri ile belirlenmektedir. Öngörülen aralık, zaman serisinin karakteristiği ve ölçüsü gibi faktörlerin farklı öngörü tekniklerinin hata ölçütleri üzerinde etkileri vardır [32]. Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece zaman tarifelerinin gelecekteki değerlerinin öngörülmesi için yaptığımız çalışmamızda, 19 farklı yaklaşımı ele alınmıştır; ki bu her ayrı yaklaşımın diğer yaklaşımlara göre kendine özel

küçük farklılıkları bulunmakta; mevsimsel karakteristik farklılıkları gibi; 12 veya 4, modellerde uygulanan farklı tekniksel yaklaşımlar toplayıcı veya çarpan yaklaşımlar ve farklı yöntem modellerinin kullanılması gibi; standart klasik ayrıştırma modeli, kayan ortalama metodunun klasik ayrıştırma modelinde uyarlanması, regresyon denklemleri, tek, çift ve üçlü düzleştirme modelleri ve son olarak ARIMA modeli. Tarifelerin öngörülmesinde kullanılacak en uygun model MAPE, MAD ve MSD ölçülerinin en düşük olan yöntemi belirleyerek seçilmektedir.

3.4.2. Metodolojinin Tanımı

Çalışmamızda ilk olarak 2011-2014 veri aralığı alınarak, tek zamanlı, gündüz, puant ve gece tarifeleri için 2015 senesi için öngörüler hesaplanmıştır. Bu işlemi gerçekleştirmek için ilk olarak tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife zaman serilerinin karakteristiklerinin analiz edilmesi gerekmiştir. Trend, mevsimsellik, kararlı olup olmaması gibi karakteristik özellikleri, Chi X² değerleri karşılaştırmaları, tarife zaman serisi grafiklerine ve otokorelasyon fonksiyon grafiklerinin analizi sonucunda analiz edilmiştir. 2011 – 2014 verilerine ait tek zamanlı, gündüz, puant ve gece tarife zaman serileri grafikleri ve otokorelasyon fonksiyon grafikleri Ekler bölümünde verilmiştir.

Karakteristik analizden sonra Çizelge 3.1’de verdiğimiz 19 farklı öngörü yaklaşımının her bir ayrı ayrı hesaplanmış ve bu sonuçlar içerisinde MAPE, MAD ve MSD hata ölçümlerinden en küçük değerlere sahip olan öngörü modeli tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri için her biri için ayrı ayrı seçilmiştir. En iyi modelleri bulduktan sonra öngördüğümüz 2015 senesi verileri ile gerçek 2015 verilerini karşılaştırarak modelimizi ne ölçüde doğru çalıştığı test edilmiştir.

Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifelerinin öngörüsünde kullanılan en iyi modelin doğruluğu ölçüldükten sonra öngörü modellerinde kullanılan zaman serilerinin uzunluğunun modelin verdiği hata sonuçları üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek için zaman aralığı 2 katına çıkarılmıştır, 2007- 2014 arasındaki verileri kullanarak Çizelge 3.1’deki tüm adımlar tekrar yapılmıştır, 2015 verileri öngörüsü için kullanılacak olan en iyi model ortaya çıkarılmıştır. 2007-2014 verileri kullanılarak tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri için bulunan 2015 senesi öngörü değerleri ile gerçek zamanlı 2015 verilerinin karşılaştırarak modelimizin doğruluğu ölçülmüştür. 2007-2014 senesi verileri kullanılarak yapılan öngörü sonuçlarını, 2011- 2014 senesi verilerini kullanarak yapılan öngörü sonuçlarıyla karşılaştırarak, zaman serisini uzatmanın etkisini ortaya çıkarılmıştır.

Bütün bu işlemlerden sonra, Ocak 2007 – Mayıs 2016 arasındaki zaman serisi değerlerini alınarak Temmuz 2016 – Haziran 2017 (1 sene sonrası) için olan değerlerin öngörülme işlemini gerçekleştirilmiştir.

3.4.3. 2011 – 2014 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Öngörü Metotları Hata Payları

Türkiye’de elektrik enerjisini dağıtan firmalar ve hükümet arasındaki politaklar ve anlaşmalar sonrasında 3 aydan 3 aya olarak tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife fiyatları belirlenmektedir, bu bilgiyi öngörü modellerimize tanıtmadığımız için çıkacak sonuçlar içinden ufak da olsa farklılıklar, dalgalanmalar beklenmektedir.

3.4.3.1. Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları

Tek zamanlı elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.2’de gösterilmiştir. 2011-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için tek zamanlı elektrik tarifesi fiyat öngörülerini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verileri öngörü işlemlerinde kullanılan en iyi model 17 numaralı model, Winters çarpımsal model olmuştur, hata ölçüleri; MAPE: 1,045845365, MAD: 0,0027478 ve MSD: 3,15251 E-05. 17 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.3’de paylaşılmıştır. Çizelgede yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngöründe bulunduğu miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Gerçek değerler ile öngörü işleminde bulunan değerlerin karşılaştırmaları Şekil 3.1’de verilmiştir.

3.4.3.2. Gündüz Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları

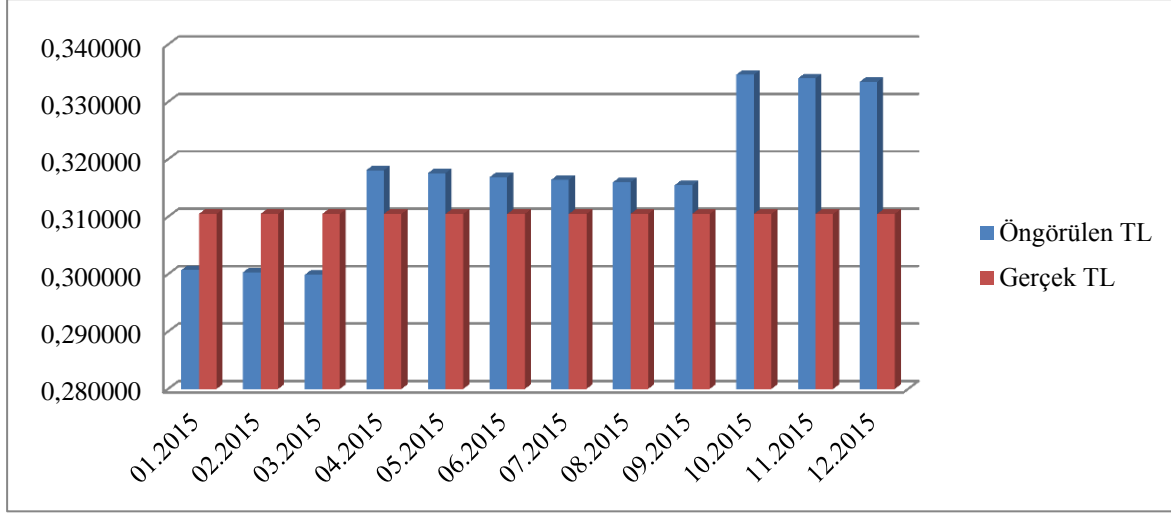
Gündüz elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. 2011-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için gündüz elektrik tarifesi fiyat öngörülerini bulma işlemini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 17 numaralı model, Winters çarpımsal model olmuştur, hata ölçüleri; MAPE: 1,034159222, MAD: 0,002563168 ve MSD: 2,74256 E-05. 17 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.5’de paylaşılmıştır. Çizelgedeki yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Gerçek değerler ile öngörülen değerlerin karşılaştırılması Şekil 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 2015 Senesi Tek Zamanlı Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	3,010443234	0,007849149	8,46132E-05
2	2,943063723	0,007687439	7,94895E-05
3	2,946424952	0,007637466	7,97795E-05
4	2,970321721	0,007713444	8,00081E-05
5	2,927802206	0,00763671	7,93865E-05
6	2,943215753	0,007684899	7,94634E-05
7	6,220412596	0,015979334	0,000339119
8	5,945647142	0,01527501	0,000323851
9	2,85416326	0,007461222	7,7079E-05
10	2,85416326	0,007461222	7,7079E-05
11	3,414474485	0,00925	0,000163705
12	3,503844167	0,00949	0,000196869
13	1,692635553	0,004523808	7,14024E-05
14	18,16150889	0,041555353	0,021265818
15	3,789645829	0,010057212	0,000133207
16	96,22449645	0,232043771	0,107929057
17	1,045845365	0,0027478	3,15251 E-05
18	2,989179224	0,007705893	9,29228E-05
19	3,40419509	0,009155529	0,000117288

Çizelge 3.3 Tek Zamanlı En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdeleri Oran (%)
01.2015	0,300691	0,310484	-3,154011744
02.2015	0,300320	0,310484	-3,273505343
03.2015	0,299879	0,310484	-3,415628628
04.2015	0,318087	0,310485	2,448381398
05.2015	0,317587	0,310485	2,287274779
06.2015	0,316885	0,310485	2,06128754
07.2015	0,316438	0,310485	1,917316078
08.2015	0,315998	0,310485	1,775485676
09.2015	0,315483	0,310485	1,609708633
10.2015	0,334740	0,310485	7,812033991
11.2015	0,334093	0,310485	7,60347326
12.2015	0,333479	0,310485	7,405780979



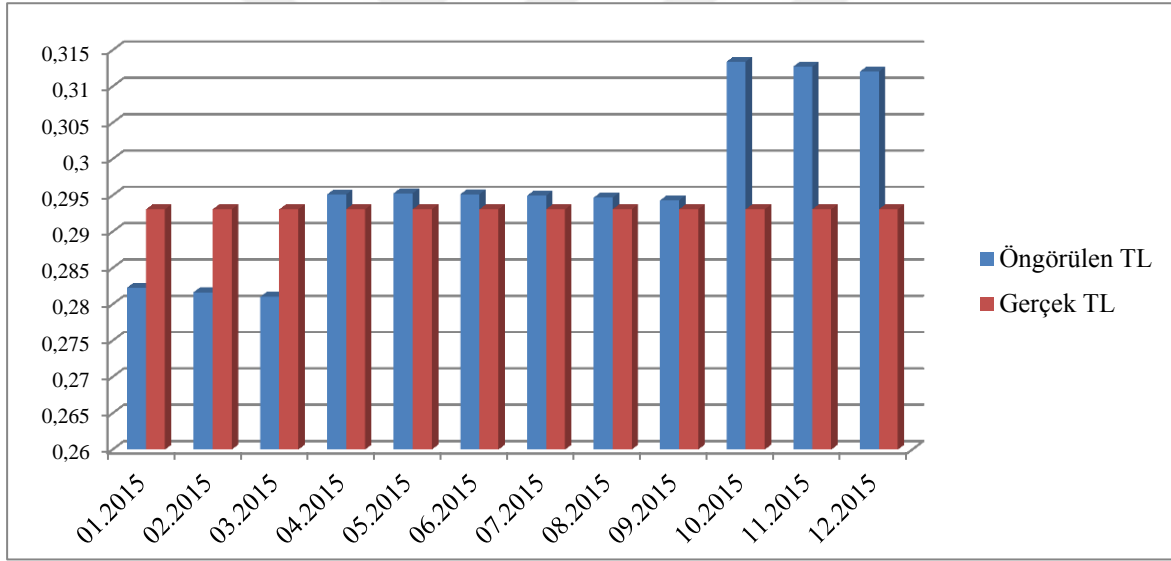
Şekil 3.1. 2015 Senesi Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması

Çizelge 3.4 2015 Senesi Gündüz Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	2,914669052	0,007154907	7,02931E-05
2	2,92629663	0,007189501	7,03188E-05
3	2,931065191	0,007151132	7,0639E-05
4	2,952246167	0,007213614	7,07883E-05
5	2,914655051	0,007154878	7,02926E-05
6	2,926246736	0,00718938	7,03186E-05
7	6,553749777	0,015890331	0,000334176
8	19,99385786	0,05158434	0,00365652
9	2,821905097	0,006949275	6,82629E-05
10	2,821905097	0,006949275	6,82629E-05
11	3,424262801	0,00874	0,000146088
12	3,498988809	0,00893	0,000175064
13	1,691905199	0,004260948	6,31615 E -05
14	19,23848574	0,041414501	0,021254584
15	3,55246983	0,008834466	0,000105815
16	102,5887504	0,233310118	0,107669592
17	1,034159222	0,002563168	2,74256 E -05
18	3,044408691	0,007439888	7,53491 E -05
19	3,383864495	0,008577048	0,000103779

Çizelge 3.5 Gündüz En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,28228	0,293086	-3,100726694
02.2015	0,281665	0,293086	-3,100726694
03.2015	0,281037	0,293086	-3,100726694
04.2015	0,295126	0,293087	-3,222528665
05.2015	0,2953	0,293087	-3,222528665
06.2015	0,295163	0,293087	-3,222528665
07.2015	0,294969	0,293087	-3,364333736
08.2015	0,294694	0,293087	-3,364333736
09.2015	0,29433	0,293087	-3,364333736
10.2015	0,313422	0,293087	2,387408228
11.2015	0,312735	0,293087	2,387408228
12.2015	0,312041	0,293087	2,387408228



Şekil 3.2. 2015 Senesi Gündüz Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması

3.4.3.3. Puant Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları

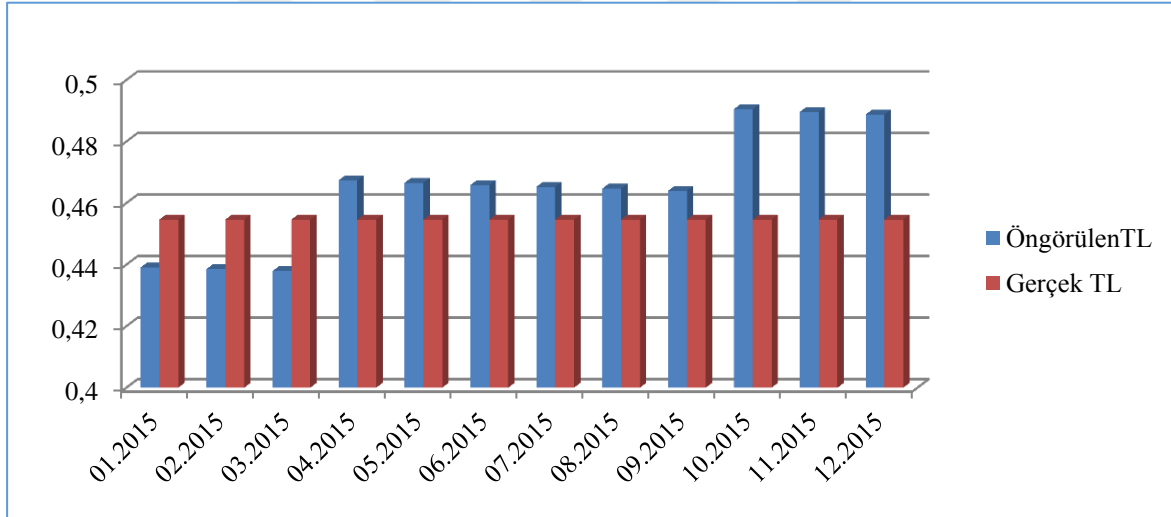
Puant elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. 2011-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için gündüz elektrik tarifesi fiyat öngörülerini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 17 numaralı model, Winters çarpımsal model olmuştur, hata ölçüleri; MAPE: 1,102781413, MAD: 0,004256155 ve MSD: 7,82635 E-05. 17 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.7'de paylaşılmıştır. Çizelgedeki yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Gerçek değerler ile öngörülen değerlerin karşılaştırması Şekil 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.6 2015 Senesi Puant Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	3,049894061	0,011785493	0,00018136
2	3,080538977	0,011952732	0,000185146
3	3,03844037	0,011680256	0,000182137
4	3,057873388	0,011797892	0,000183741
5	8,657282079	0,034628742	0,001732356
6	3,052537234	0,011834559	0,000182272
7	4,79754198	0,018130167	0,000403865
8	4,858991461	0,018455264	0,000399116
9	3,015937951	0,011636934	0,000175517
10	3,015937951	0,011636934	0,000175517
11	3,381453219	0,01354	0,000355567
12	3,535874576	0,01412	0,000434839
13	1,695562845	0,006691372	0,000162001
14	12,67401444	0,043242432	0,021412593
15	3,635987109	0,01428021	0,000292586
16	65,75030242	0,234979208	0,109744919
17	1,102781413	0,004256155	7,82635E-05
18	3,134154064	0,011991344	0,000203622
19	3,288982635	0,013128518	0,000267177

Çizelge 3.7 Puant En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,439058207	0,454656	-3,430680189
02.2015	0,43855525	0,454656	-3,54130379
03.2015	0,437901912	0,454656	-3,685003204
04.2015	0,467365148	0,454657	2,795106723
05.2015	0,46656827	0,454657	2,619836429
06.2015	0,465878475	0,454657	2,468118885
07.2015	0,465290728	0,454657	2,33884623
08.2015	0,464712195	0,454657	2,211600118
09.2015	0,463999673	0,454657	2,054883713
10.2015	0,490543753	0,454657	7,893148789
11.2015	0,489631436	0,454657	7,692488166
12.2015	0,488764389	0,454657	7,50178474



Şekil 3.3. 2015 Senesi Puant Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması

3.4.3.4. Gece Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları

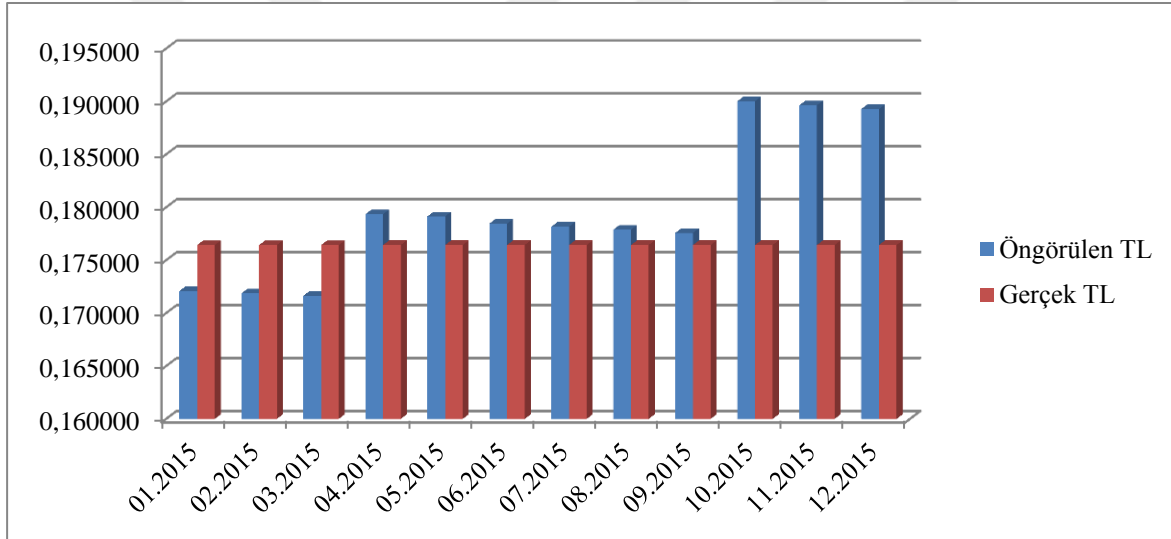
Gece elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. 2011-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için gündüz elektrik tarifesi fiyat öngörülerini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 17 numaralı model, Winters çarpımsal model olmuştur, hata ölçüleri; MAPE: 0,946365621, MAD: 0,001403975 ve MSD: 9,38699 E-05. 17 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.9’da paylaşılmıştır. Çizelgedeki yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Öngörülen değer ile gerçek değer karşılaştırılması Şekil 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. 2015 Senesi Gece Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	3,255247548	0,004660074	2,858E-05
2	3,25281223	0,004641658	2,86567E-05
3	3,25576666	0,004673424	2,87822E-05
4	3,256518111	0,004663342	2,8888E-05
5	3,255238479	0,004660061	2,85798E-05
6	3,252780824	0,00464161	2,86563E-05
7	10,45031172	0,015310183	0,000311145
8	10,24490614	0,01498688	0,000283563
9	3,23215091	0,004643188	2,76252E-05
10	62,10035751	0,004643188	0,058823119
11	3,381453219	0,01354	0,000355567
12	3,450324295	0,01379	0,00043974
13	1,668888796	0,002494764	2,3164E-05
14	32,39225305	0,040880626	0,021215434
15	4,049727924	0,005942032	4,97767E-05
16	129,9661387	0,170785346	0,082193193
17	0,946365621	0,001403975	9,38699E-05
18	2,667415409	0,003970691	2,8695 E -05
19	3,234515502	0,004873948	3,93099 E -05

Çizelge 3.9 Gece En İyi Model (17 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,172091	0,17643	-2,459098116
02.2015	0,171867	0,17643	-2,586450321
03.2015	0,171640	0,17643	-2,714681771
04.2015	0,179344	0,176431	1,650894387
05.2015	0,179129	0,176431	1,529287682
06.2015	0,178451	0,176431	1,144710269
07.2015	0,178160	0,176431	0,980264498
08.2015	0,177878	0,176431	0,820123749
09.2015	0,177576	0,176431	0,648991329
10.2015	0,190014	0,176431	7,698656416
11.2015	0,189631	0,176431	7,481961289
12.2015	0,189272	0,176431	7,27841103



Şekil 3.4 2015 Senesi Gece Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması

3.4.3.5. 2011 – 2014 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Öngörülerinde Kullanılan En İyi 3 Model

Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri için bahsettiğimiz 19 adet öngörü yaklaşımı uygulanmıştır. Bahsedilen bu 19 yaklaşım içinde, mevsimsellik karakteristiği 12 olan 3 spesifik model en düşük hata ölçütleriyle birlikte göz önüne çıkmıştır: Winters düzleştirme modeli, çift üstel düzleştirme modeli ve regresyon denklem modeli. Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri öngörülerinde kullanılan en iyi 3 modelin hata ölçüleri Çizelge 3.10’da gösterilmiştir.

En iyi 3 model bulunduktan sonra, bu modellerin performans test sonuçları çıkarılmıştır. Bu işlem 2015 gerçek verileri ile 2015 için öngördüğümüz sonuçların ne kadar oranda birbirine yakın veya uzak olduğunu, kısacası sapma oranını karşılaştırarak yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar ve testler, kullanılan öngörü modellerinin girdi olarak aldığı zaman serisi verilerinin karakteristiğini ne ölçüde başarıyla aldığını göstermektedir.

Çizelge 3.11’de sapma oranları yüzde cinsinden gösterilmektedir. Sapma oranları çizelgesindeki negatif işaret öngörü değerinin gerçek değerden daha az olduğunu, pozitif işaret ise öngörülen değer gerçek değerden daha fazla olduğunu ifade etmektedir.

Şekil 3.5’de 2015 yılına ait tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife fiyatlarının gerçek değerleriyle öngörülen fiyatlarının karşılaştırması görülmektedir, Ocak 2015 – Aralık 2015 aralığındaki tüm aylar için olan elektrik tarifeleri verilmiştir.

Öngörülen değerler ile gerçek değerlerin birbirine yakın olduğunu söylenebilir, fakat dikkatli incelendiğinde ilk 3 ayda, öngörülen değerler gerçek değerlerin biraz altında kalmıştır, bu aylardan sonra ise öngörülen değerler gerçek değerlerinden biraz üstünde kalmaktadır.

Tek zamanlı tarife için Mart ayı, gündüz tarifesi için Nisan, Ekim ve Aralık aylarındaki öngörülen değerler hariç, tüm öngörülen değerler ve gerçek değerler 1 ondalık basamak seviyesinde aynı sonucu vermiş olup, öngörü modellerimiz son derece başarılı bir şekilde çalışmıştır.

Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri için çalıştırılan 19 adet farklı öngörü modeli arasından en iyi 3 modelin hata ölçülerini incelediğimizde, en iyi modelin Winters düzleştirme modeli olduğunu, ikinci en iyi modelin çiftli üstel düzleştirme modeli ve son olarak üçüncü en iyi modelin regresyon denklem modeli olduğu görülmektedir. En iyi model olan Winters düzleştirme modelinin hata ölçüleri tek zamanlı için; MAPE: 1,04584, MAD: 0,00274 ve MSD: 3,15251 E-05’tir.

En iyi model olan Winters düzleştirme modelinin hata ölçüleri gündüz için; MAPE: 1,03415, MAD: 0,00256 ve MSD: 2,74256 E-05’tir. En iyi model olan Winters düzleştirme modelinin hata ölçüleri puant için; MAPE: 1,10278, MAD: 0,00425 ve MSD: 7,82635 E-05’tir. En iyi model olan Winters düzleştirme modelinin hata ölçüleri gece için; MAPE: 0,94636, MAD: 0,00140 ve MSD:9,38699 E-05’tir.

En iyi modelin 2015 senesi için ürettiği öngörü değerleri ile gerçek değerlerinin karşılaştırmasını Şekil 3.5’de görülmesi mümkündür. Grafikte tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri öngörü fiyatlarının gerçek değerleri ile karşılaştırması görülebilir.

Rakamsal değerlere daha derin analiz yapıldığında, sapma yüzdesel oranları hesaplanmıştır. Sapma yüzdesel oranları öngörülen değerlerin gerçek değere ne kadar yakın veya ne kadar uzak olduğunu göstermektedir.

Ocak – Mart arasındaki periyotta, tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife fiyatlarının en iyi model olan Winters düzeltme modeli ile üretilen öngörülen değerler, negatif yüzdelere sahiptir, son üç ay olan Ekim, Kasım ve Aralık’ta ise, öngörülen değerler pozitif yüzdeye sahiptir ve gerçek değerlerin üzerindedir.

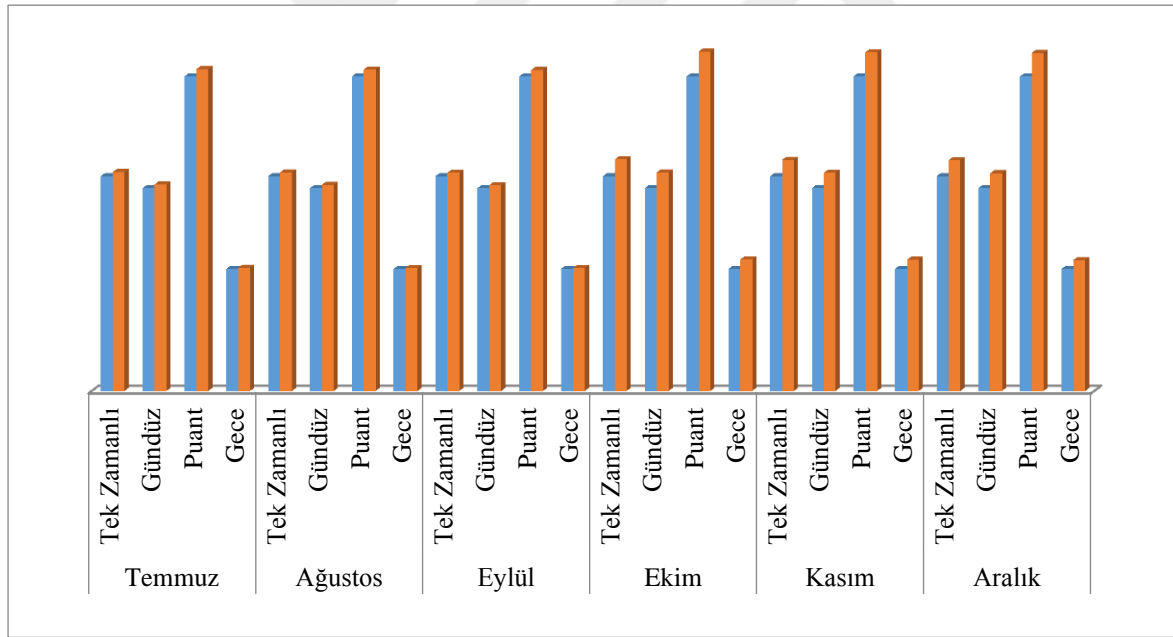
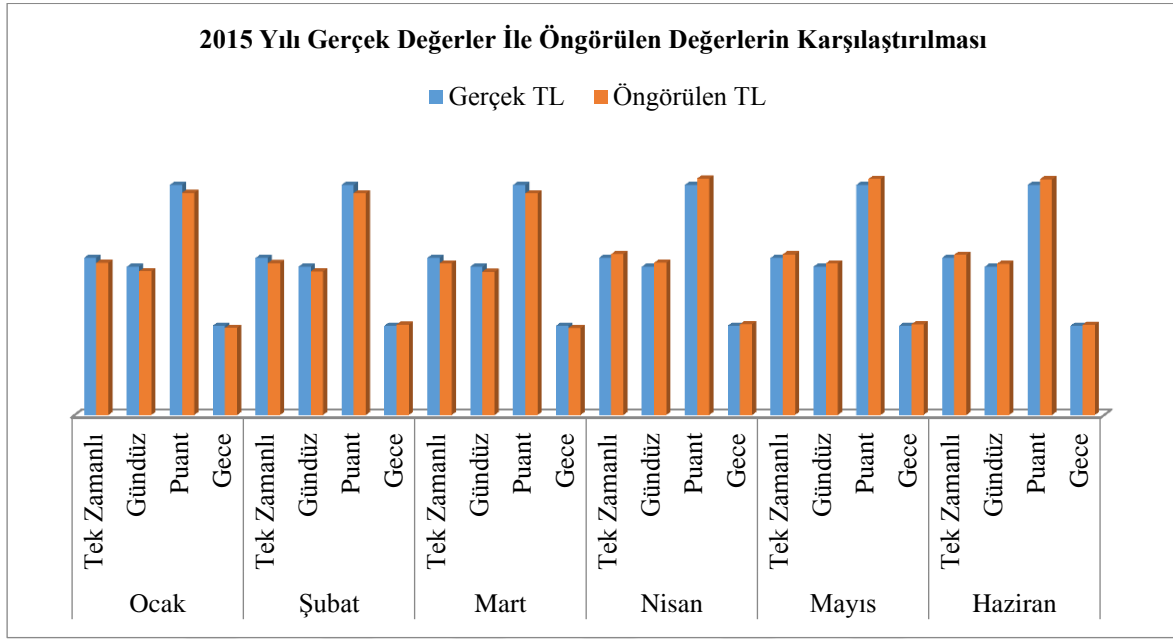
Sapma yüzdesel oran miktarlarında hassasiyet önem kazanmaktadır, ondalık sayılar önemlidir. Özet olarak, Winters modelinin 1 veya 2 ondalık basamak seviyesine kadar iyi bir iş çıkardığı gözlemlenmektedir.

Elde ettiğimiz sonuçları daha da geliştirmek amacıyla, öngörü modellerinde girdi olarak kullandığımız zaman serisi periyodunun etkisi incelenecektir.

Şu ana kadar çalışmamızın bu kısmında zaman serisi girdisi olarak 2011 – 2014 verilerini kullanarak 2015 senesine ait öngörü değerleri üretmiştir. 2007 – 2014 değerlerinin kullanarak 2015 senesi için en iyi modelin sonuçlarıyla 2011 – 2014 verilerini girdi olarak kullanan en iyi modelimizin sonuçlarını karşılaştırılacaktır.

Çizelge 3.10 En İyi 3 Modelin Hata Ölçümleri

		Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
Winters Düzleştirme Modeli, mevsimsellik: 12	MAPE	1,04584	1,03415	1,10278	0,94636
	MAD	0,00274	0,00256	0,00425	0,00140
	MSD	3,15251 E-05	2,74256 E-05	7,82635E-05	9,38699E-05
Çift Üstel Düzleştirme Modeli, mevsimsellik: 12	MAPE	1,69263	1,69190	1,69556	1,66888
	MAD	0,00452	0,00426	0,00669	0,00249
	MSD	7,14024 E-05	6,31615 E-05	0,00016	2,3164 E-05
Regresyon denklemleri, mevsimsellik: 12	MAPE	2,85416	2,82190	3,01593	3,23215
	MAD	0,00746	0,00694	0,01163	0,00464
	MSD	7,7079 E-05	6,82629E-05	0,00017	2,76252E-05



Şekil 3.5. En İyi Model 2015 Senesi Gerçek Değerler ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması

Çizelge 3.11 En İyi Modelin Yaklaşım Yüzdesi Oranları (%)

Ay	Tek Zamanlı (%)	Gündüz (%)	Puant (%)	Gece (%)
Ocak	-3,15	-3,10	-3,43	-2,46
Şubat	-3,27	-3,22	-3,54	1,27
Mart	-3,42	-3,36	-3,68	-2,71
Nisan	2,45	2,65	2,80	1,65
Mayıs	2,29	2,23	2,62	1,53
Haziran	2,06	1,99	2,47	1,14
Temmuz	1,92	1,84	2,34	0,98
Ağustos	1,78	1,69	2,21	0,82
Eylül	1,61	1,53	2,05	0,65
Ekim	7,81	7,81	7,89	7,70
Kasım	7,60	7,60	7,69	7,48
Aralık	7,41	7,40	7,50	7,28

3.4.4. Zaman Serisi Periyot Süresini Uzatmanın Etkisinin İncelenmesi

3.4.4.1. Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Tek zamanlı elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.12’de gösterilmiştir. 2007-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için tek zamanlı elektrik tarifesi fiyat öngörülerini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 19 numaralı model, ARIMA, hata ölçüleri; MAPE: 1,229023807, MAD: 0,00277053 ve MSD: 5,49804 E-05. 19 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.13’de paylaşılmıştır. Çizelgede yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Bu karşılaştırmanın grafiksel gösterimi Şekil 3.6’dadır.

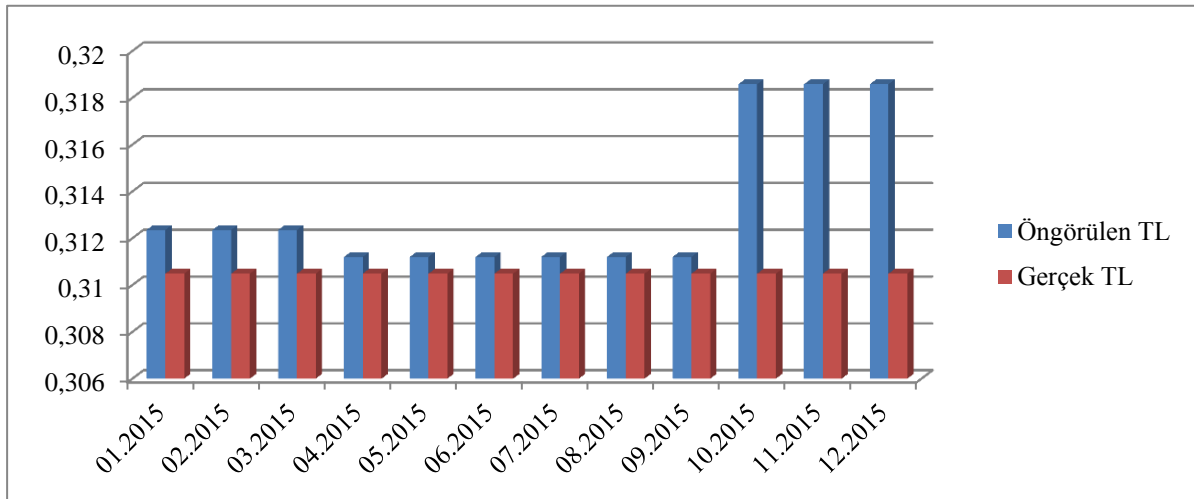
Çizelge 3.12 2015 Senesi Tek Zamanlı Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	5,804564453	0,011170313	0,000157157
2	5,843256861	0,011171131	0,000157164
3	5,73218703	0,010987734	0,000156795
4	5,76389528	0,010989591	0,000156966
5	5,80455677	0,01117029	0,000157158
6	5,843271025	0,01117117	0,000157163
7	6,435923522	0,012659913	0,000242928
8	6,222374749	0,012123646	0,000197767

9	5,775090884	0,011111483	0,000156065
10	5,779421993	0,011127796	0,000156324
11	4,308490551	0,00945	0,000178641
12	16,03094495	0,03650	0,001843135
13	1,888215482	0,004155912	6,71492E-05
14	10,17960552	0,014310964	0,010378419
15	4,477163796	0,009340028	0,000127996
16	29,2747577	0,04037258	0,03095905
17	1,541344842	0,00325448	4,16305 E -05
18	4,099481381	0,008541116	0,00011886
19	1,229023807	0,00277053	5,49804 E -05

Çizelge 3.13. En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,31235	0,310484	0,600997153
02.2015	0,31235	0,310484	0,600997153
03.2015	0,31235	0,310484	0,600997153
04.2015	0,311197	0,310485	0,229318647
05.2015	0,311197	0,310485	0,229318647
06.2015	0,311197	0,310485	0,229318647
07.2015	0,311201	0,310485	0,230606954
08.2015	0,311201	0,310485	0,230606954
09.2015	0,311201	0,310485	0,230606954
10.2015	0,318578	0,310485	2,606567145
11.2015	0,318578	0,310485	2,606567145
12.2015	0,318578	0,310485	2,606567145



Şekil 3.6. 2015 Senesi Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması (2007-2014 Verileri İle)

3.4.4.2. Gündüz Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Gündüz elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.14’de gösterilmiştir. 2007-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için gündüz elektrik tarifesi fiyat öngörülerini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 19 numaralı model, ARIMA, hata ölçüleri; MAPE: 1,221344156, MAD: 0,002591903 ve MSD: 4,83688 E-05. 19 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.15’de paylaşılmıştır. Çizelgedeki yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Bu karşılaştırmanın grafiksel gösterimi Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

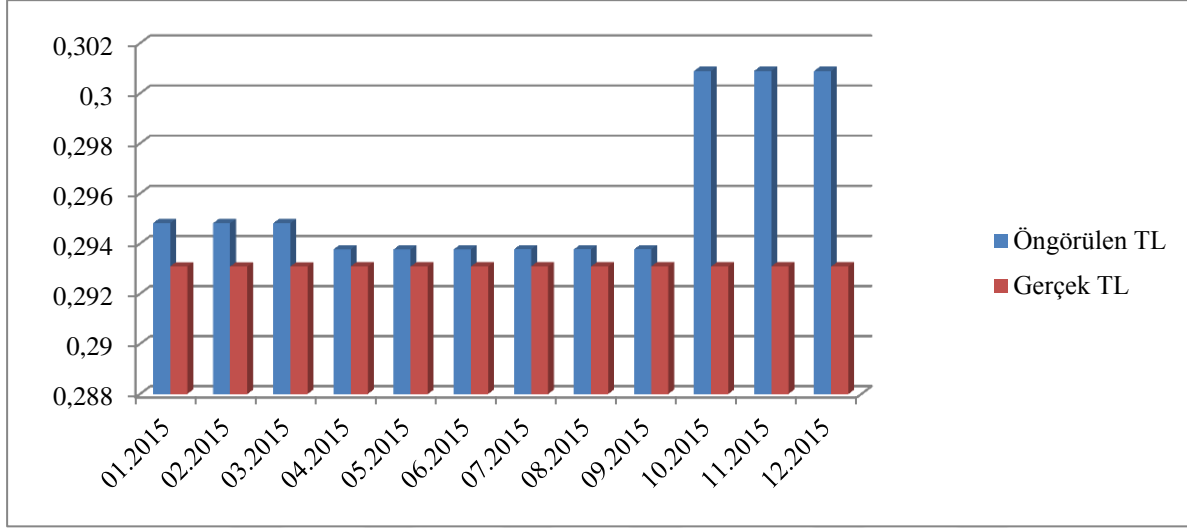
Çizelge 3.14 2015 Senesi Gündüz Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	5,739978008	0,010403964	0,000136443
2	5,777740618	0,010404685	0,000136437
3	65,96803946	0,128374668	0,053605445
4	5,699356978	0,010234889	0,000136304
5	5,739959908	0,010403916	0,000136443
6	5,777745447	0,010404696	0,000136436
7	6,549697829	0,012159128	0,000224814
8	6,208496788	0,011416729	0,00017827
9	5,712682283	0,010352257	0,000135492
10	5,717023685	0,010367679	0,000135716
11	4,316876134	0,00891	0,000157857
12	15,54207914	0,03329	0,001504186
13	1,831078997	0,003747054	5,34814E-05
14	10,70874822	0,014085305	0,01038504
15	4,457194989	0,008781807	0,000112721
16	30,84258915	0,039807966	0,030987497
17	1,535639081	0,003053551	3,64137E-05
18	4,082340849	0,008012312	0,000103908
19	1,221344156	0,002591903	4,83688 E -05

Çizelge 3.9 Gündüz En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,294816	0,293086	0,590270433
02.2015	0,294816	0,293086	0,590270433
03.2015	0,294816	0,293086	0,590270433
04.2015	0,293769	0,293087	0,232695411

05.2015	0,293769	0,293087	0,232695411
06.2015	0,293769	0,293087	0,232695411
07.2015	0,293772	0,293087	0,233718998
08.2015	0,293772	0,293087	0,233718998
09.2015	0,293772	0,293087	0,233718998
10.2015	0,300892	0,293087	2,663031796
11.2015	0,300892	0,293087	2,663031796
12.2015	0,300892	0,293087	2,663031796



Şekil 3.7. 2015 Senesi Gündüz Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması (2007-2014 Verileri İle)

3.4.4.3. Puant Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

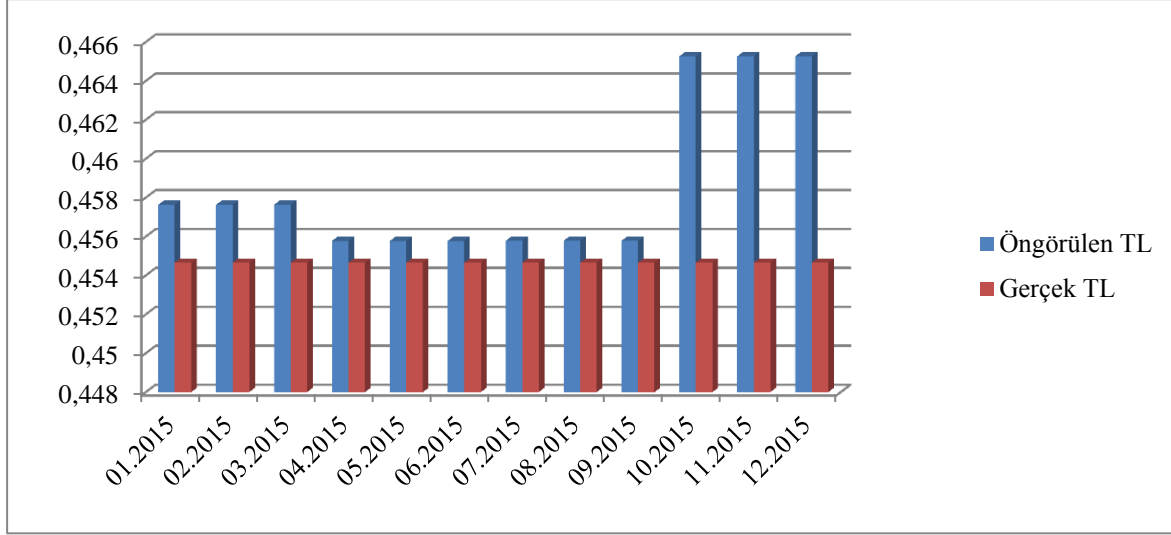
Puant elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.16'da gösterilmiştir. 2007-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için puant elektrik tarifesi fiyat öngörülerini 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirilmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 19 numaralı model, ARIMA, hata ölçüleri; MAPE: 1,265019305, MAD: 0,004228506 ve MSD: 0,000127408. 19 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.17'de paylaşılmıştır. Çizelgede yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Bu karşılaştırmanın grafiksel gösterimi Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.16 2015 Senesi Puant Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	6,115335692	0,017405662	0,000385642
2	6,158233435	0,017407825	0,000385806
3	6,039137663	0,017126973	0,000384329
4	6,074080248	0,017130526	0,000384811
5	6,115326604	0,017405623	0,000385641
6	6,158242891	0,017407861	0,000385805
7	6,302667618	0,018118655	0,000450944
8	6,312399032	0,0180173	0,000415858
9	6,079002142	0,017311775	0,000383602
10	6,079206503	0,017312345	0,000383631
11	4,272155941	0,01391	0,000383631
12	18,61255716	0,06303	0,000403611
13	1,876246904	0,00604264	0,006089283
14	7,436934715	0,016213577	0,000141895
15	4,606878664	0,014169624	0,010353438
16	21,10777111	0,045023564	0,030805992
17	1,579675088	0,004933138	9,94564 E -05
18	4,143324048	0,012629189	0,00026493
19	1,265019305	0,004228506	0,000127408

Çizelge 3.17. Puant En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,457633	0,454656	0,654780757
02.2015	0,457633	0,454656	0,654780757
03.2015	0,457633	0,454656	0,654780757
04.2015	0,455772	0,454657	0,245239818
05.2015	0,455772	0,454657	0,245239818
06.2015	0,455772	0,454657	0,245239818
07.2015	0,455778	0,454657	0,246559494
08.2015	0,455778	0,454657	0,246559494
09.2015	0,455778	0,454657	0,246559494
10.2015	0,465264	0,454657	2,33296749
11.2015	0,465264	0,454657	2,33296749
12.2015	0,465264	0,454657	2,33296749



Şekil 3.8. 2015 Senesi Puant Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması (2007-2014 Verileri İle)

3.4.4.4. Gece Elektrik Tarifesi Öngörü Modelleri Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Gece elektrik tarifleri için uygulanan 19 adet modelin hata oranları Çizelge 3.18’de gösterilmiştir. 2007-2014 zaman aralığını kullanarak, 2015 senesi için gece elektrik tarifesi fiyat öngörülerinin 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirilmiştir. 19 farklı model arasından 2015 verilerini öngörmekte kullanılan en iyi model 19 numaralı model, ARIMA, hata ölçüleri; MAPE: 1,466939832, MAD: 0,001848889 ve MSD: 2,39453 E-05. 19 numaralı model kullanılarak bulunan öngörü değerleri Çizelge 3.19’da verilmiştir. Çizelgede yaklaşım yüzdesel oran ile modelin öngördüğü miktar ile gerçek miktar arasındaki sapma ifade edilmiştir. Bu karşılaştırmanın grafiksel gösterimi Şekil 3.9’da verilmiştir.

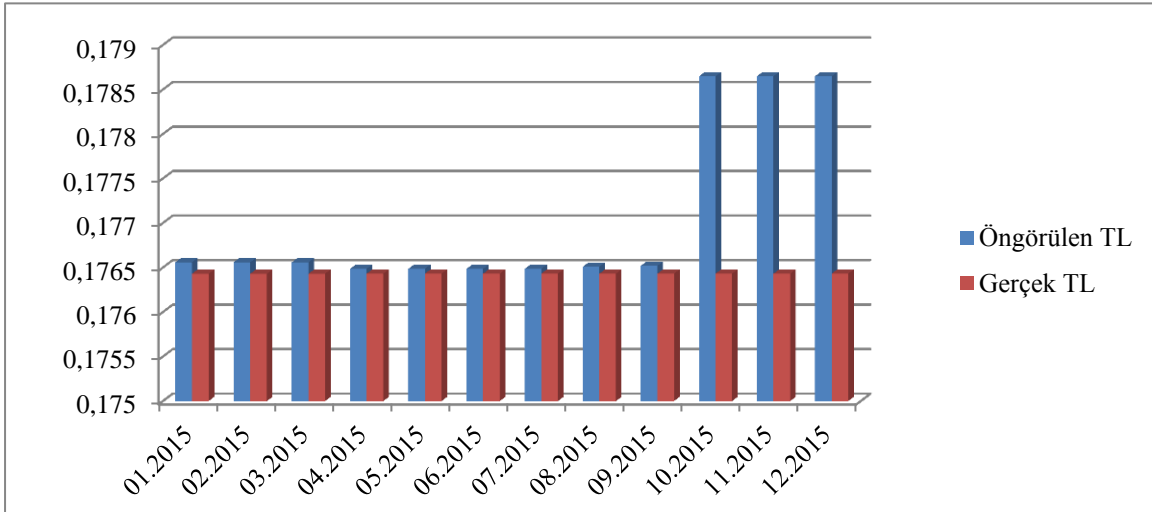
Çizelge 3.18. 2015 Senesi Gece Tarife İçin Öngörü Sonuçlarının 19 Farklı Yaklaşım Modeli Hata Payları (2007-2014 Verileri İle)

Yaklaşım #	MAPE (%)	MAD	MSD
1	6,000436571	0,006548307	6,15877E-05
2	5,29584419	0,005733138	4,04484E-05
3	5,943392651	0,006484495	6,19073E-05
4	5,254912399	0,005679187	4,05155E-05
5	6,000408401	0,006548267	6,15874E-05
6	5,295876772	0,005733182	4,04486 E-05
7	11,06221986	0,01222947	0,000261759
8	6,784970937	0,00755949	9,0517E-05
9	5,940096816	0,006471295	6,14376E-05
10	5,226786881	0,005670911	4,01799E-05

11	4,453589113	0,00543	6,91784E-05
12	10,25432851	0,01255	0,000215619
13	2,063308754	0,002495567	2,45896 E -05
14	18,3323239	0,013579483	0,011741749
15	4,240822616	0,004950926	3,70305E-05
16	49,8394087	0,036140213	0,031217143
17	2,002338684	0,002395213	1,79968 E-05
18	3,897051195	0,004534954	3,37836 E -05
19	1,466939832	0,001848889	2,39453 E -05

Çizelge 3.19 Gece En İyi Model (19 No) İle 2015 Senesi Öngörü Sonuçları

Tarih	Öngörülen TL Miktarı	Gerçek TL Miktarı	Yaklaşım Yüzdesi Oran (%)
01.2015	0,176559	0,17643	0,073116817
02.2015	0,176559	0,17643	0,073116817
03.2015	0,176559	0,17643	0,073116817
04.2015	0,176485	0,176431	0,030606866
05.2015	0,176485	0,176431	0,030606866
06.2015	0,176485	0,176431	0,030606866
07.2015	0,176485	0,176431	0,030606866
08.2015	0,176509	0,176431	0,044209918
09.2015	0,17652	0,176431	0,05044465
10.2015	0,178647	0,176431	1,256015099
11.2015	0,178649	0,176431	1,257148687
12.2015	0,178649	0,176431	1,257148687



Şekil 3.9. 2015 Senesi Gece Elektrik Tarifesi Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırılması (2007-2014 Verileri İle)

3.4.4.5. 2007 – 2014 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Öngörülerinde Kullanılan En İyi 3 Model

2015 senesi öngörü değerlerini elde etmek amacıyla 19 farklı öngörü model yaklaşımlarımız tek zamanlı, gündüz, puant ve gece için çalıştırmıştır. 2007 – 2014 veri aralığını girdi olarak kullanan modeller arasında en iyi 3 model; mevsimsellik özelliği 12 olan Winters düzeltme modeli, mevsimsellik özelliği 12 çift üstel düzeltme modeli ve mevsimsellik özelliği 12 olan ARIMA modelidir. Bu en iyi üç modelin hata ölçüleri Çizelge 3.20’de paylaşılmıştır. 2011 – 2014 verilerini girdi olarak kullanıldığında en iyi model olarak Winters düzeltme modeli bulunmuştur. Zaman seri periyodu iki katına çıkarıldığında en iyi modelin değişmiş olduğu gözlemlenmiştir. 2007 – 2014 verilerini girdi olarak kullanan modeller arasında tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifelerinin öngörülerinde en iyi model ARIMA modeli olarak bulunmuştur. Buna ek olarak, Winters düzeltme modeli ve üstel düzeltme modelinin hata ölçülerinin de artmış olduğunu gözlemlenmiştir.

Zaman serisi periyodunun uzatılmasının etkisinin gözlemlenmesi için 2011 – 2014 zaman serisi verilerini girdi olarak kullanan en iyi modelin ve 2007 – 2014 zaman serisi verilerini girdi olarak kullanan en iyi modelin sapma yüzdesel hata miktarlarını karşılaştırılması gerekmektedir. Sapma yüzdesel hata oranlarında negatif işaretin gerçek değerden daha düşük seviyede bir öngörü yapıldığını gösterdiğini, pozitif yüzdesel ifadenin gerçek değerden daha yüksek seviyede bir öngörü yapıldığını hatırlamak gerekmektedir. Tüm bu karşılaştırmalar; tek zamanlı, gündüz, puant ve gece tarifeleri için ayrı ayrı yapılmış ve analiz açısından daha kolay olması açısından tek grafikte paylaşılmıştır. Bu analizin sonuçlarını gösteren detaylar Şekil 3.10’da görülebilir.

En iyi model olan ARIMA modelinin hata ölçüleri tek zamanlı için; MAPE: 1,22902, MAD: 0,00277 ve MSD: 5,49804 E-05’tir. En iyi model olan ARIMA modelinin hata ölçüleri gündüz için; MAPE: 1,22134, MAD: 0,00259 ve MSD: 4,83688 E-05’tir. En iyi model olan ARIMA modelinin hata ölçüleri puant için; MAPE: 1,26501, MAD: 0,00422 ve MSD: 0,000127408 E-05’tir. En iyi model olan ARIMA modelinin hata ölçüleri gece için; MAPE: 1,46693, MAD: 0,00184 ve MSD: 2,39453 E-05’tir.

Şekil 3.10’da mavi grafik ile gösterilen değerler 2011 – 2014 zaman serilerini girdi olarak kullanan en iyi modele ait sapma yüzdesel hata değerleridir, kırmızı grafik ile gösterilen değerler 2007 – 2014 zaman serilerinin girdi olarak kullanan en iyi modele ait sapma yüzdesel hata değerleridir. Şekil 3.10’dan da görüldüğü gibi sapma yüzdesel hata değerleri

çok büyük bir oranda azalmış ve öngörülen değerlerimiz gerçek değerlere çok fazla yaklaşmıştır. Bu durumu daha açık bir şekilde ortaya koymak istediğimizde; zaman serisi girdisi olarak 2011 – 2014 verilerini kullanan en iyi modelin Ocak – Mart arasındaki sapma değerleri % - 2,7 ve % - 3,15 değerleri arasında seyretmektedir, fakat zaman serisi girdisini 2007 – 2014 olarak alan en iyi öngörü modelinin sapma değerleri % 0,59 ile % 0,65 arasında seyretmektedir. 2011 – 2014 zaman serisini girdi olarak kullanan modelde Ocak, Şubat ve Mart ayının sapma yüzdesel hata oranları negatif işaretli, bunlar dışında kalan aylara ait sapma yüzdesel hataları pozitif işaretli olarak bulunmuştur. 2007 – 2014 zaman serisini girdi olarak kullanan modelde, Ocak – Aralık arası tüm ayların sapma yüzdesel hata oranları pozitif işaretlidir.

Bütün bu yapılan analizler ve sonuçlar bize göstermiştir ki, en iyi öngörü modelinin hangisi olduğunu anlamak için ve en iyi modelin girdi olarak alacağı zaman serisi verilerinin periyot uzunluğunun ne büyüklükte olması gerektiğine karar vermek için, en iyi modelin ürettiği hata ölçümlerine bakmak yetmemektedir, bunun yanı sıra yüzdesel sapma hata ölçümlerini de göz önünde bulundurarak modelin doğruluğunu test ederek en iyi model ve en optimum zaman serisi periyot uzunluğunu bulduktan sonra karar verilen model ile ileriye dönük öngörülerin yapılması daha doğrudur. 2011 – 2014 verilerini kullanan en iyi modelin ürettiği hata ölçüleri 2007 – 2014 zaman serisi verilerini kullanan en iyi modelin ürettiği hata ölçülerine göre daha küçük olmalarına rağmen, 2007 – 2014 zaman serisini girdi olarak kullanan en iyi modelin ürettiği yüzdesel sapma hata ölçüleri daha küçüktür.

3.4.5. Temmuz 2016 – Mayıs 2017 Arası Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Fiyat Öngörülleri

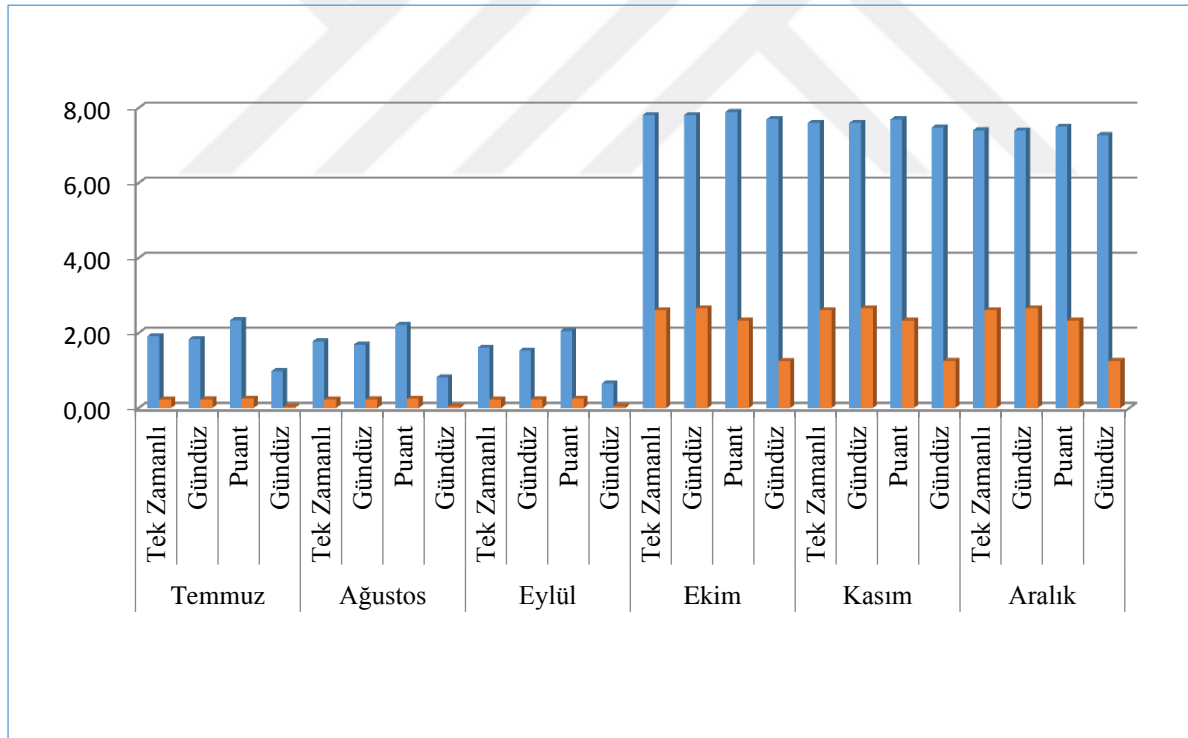
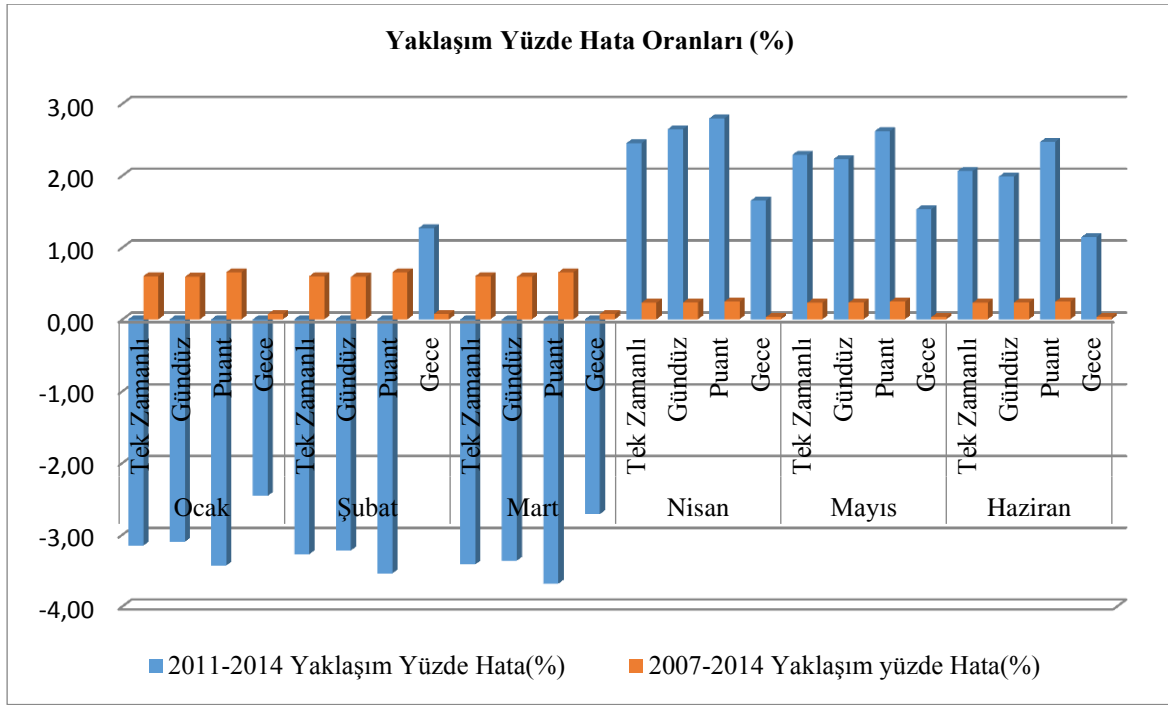
Zaman serisi girdisi olarak alınan aralık Ocak 2007 – Haziran 2016'dır, bu zaman serisi girdilerini kullanarak 1 senelik (Temmuz 2016 – Mayıs 2017) arasındaki gelecek değerlerin öngörülme işlemi yapılmıştır. Ocak 2007 – Haziran 2016 zaman serisini girdi olarak kullanan ve en düşük hata ölçülerini veren en iyi üç model ve hata ölçüleri Çizelge 3.21'de verilmektedir. ARIMA (0,1,0) (0,0,1) modeli geleceğe dönük, tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife fiyatları için 1 senelik tahmin üretmede en iyi model olarak belirlenmiştir. ARIMA (0,1,0) (0,0,1) modeli ile yapılan Temmuz 2016 – Mayıs 2017 arası tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife fiyatları için öngörülen değerler Çizelge 3.22'de verilmiştir.

Çizelge 3.20 En İyi 3 Modelin Hata Ölçümleri 2007 – 2014 Verileri İle

		Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
Winters Düzleştirme Modeli, mevsimsellik 12	MAPE	1,54134	1,53563	1,57967	2,00233
	MAD	0,00325	0,00305	0,00493	0,00239
	MSD	4,16305 E-05	3,64137 E-05	9,94564 E-05	1,79968 E-05
Çift Üstel Düzleştirme Modeli, mevsimsellik: 12	MAPE	1,88821	1,83107	1,87624	2,06330
	MAD	0,00415	0,00374	0,00604	0,00249
	MSD	6,71492 E-05	5,34814 E-05	0,000141895	2,45896 E-05
ARIMA modeli	MAPE	1,22902	1,22134	1,26501	1,46693
	MAD	0,00277	0,00259	0,00422	0,00184
	MSD	5,49804 E-05	4,83688 E-05	0,000127408	2,39453 E-05

Çizelge 3.21 En İyi 3 Modelin Hata Ölçümleri Ocak 2007 – Haziran 2016 Verileri İle

		Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
Winters Düzleştirme Modeli, mevsimsellik: 12	MAPE	1,41103	1,46192	1,48033	1,80495
	MAD	0,00307	0,00305	0,00480	0,00228
	MSD	3,86525 E-05	3,64243 E-05	9,52708 E-05	1,80295 E-05
Çift Üstel Düzleştirme Modeli, mevsimsellik: 12	MAPE	1,63246	1,69036	1,69904	1,94033
	MAD	0,00361	0,00358	0,00563	0,00247
	MSD	5,29207 E-05	4,85419 E-05	0,00012	2,36791 E-05
ARIMA modeli	MAPE	1,05792	1,09139	1,12524	1,33358
	MAD	0,00241	0,00239	0,00385	0,00174
	MSD	4,73285 E-05	4,50851 E-05	0,00011	2,29849 E-05



Şekil 3.10. 2015 Senesi En İyi Modelin Yaklaşım Yüzde Hata Oranları 2011 – 2014 Verileri ve 2007 – 2014 Verileri Karşılaştırılması

Çizelge 3.22 Temmuz 2016 – Haziran 2017 Öngörülen Değerler

Tarih	Tek Zamanlı Öngörülen TL	Gündüz Öngörülen TL	Puant Öngörülen TL	Gece Öngörülen TL
07.2016	0,314096	0,312709	0,482045	0,190374
08.2016	0,314096	0,312709	0,482045	0,190373
09.2016	0,314096	0,312709	0,482045	0,190372
10.2016	0,312754	0,311551	0,480313	0,190209
11.2016	0,312754	0,311551	0,480313	0,190208
12.2016	0,312754	0,311551	0,480313	0,190208
01.2017	0,313628	0,315768	0,485713	0,191764
02.2017	0,313628	0,315768	0,483713	0,191764
03.2017	0,313628	0,315768	0,485713	0,191764
04.2017	0,313588	0,315739	0,486509	0,191492
05.2017	0,313588	0,315739	0,486509	0,191492
06.2017	0,313588	0,315739	0,486509	0,191492

3.4.6. Çıkarımlar

Elektrik tarife fiyatlarının öngörülmesi konusunda son yıllarda çalışmalar yapılmaktadır. Elektrik otoriteleri, karar vericiler doğruluk derecesi yüksek farklı zaman periyotları için öngörü araçlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Elektrik firmaları, tüketiciler ve dağıtıcı firmaların özellikle kısa zamanlı elektrik tarife fiyat öngörülerine ihtiyaçları vardır. Doğruluk seviyesi yüksek olan modellerin ürettiği sonuçlara geleceğe dönük maddi kazançta yol açabilen kararların ve stratejilerin uygulanması nedeniyle ve bu niyetle yol haritasının çizilmesi konusunda çok ihtiyaç vardır. Elektrik tarifelerini öngörmekte uluslar arası düzeyde kullanılabilecek olan en iyi bir model yoktur [33]. Tüm bu yapılan analizler 19 farklı öngörü yaklaşımının uygulanması ile ortaya çıkarılmıştır. 19 farklı yaklaşımın kullanılarak öngörülerin üretilmesi sonuçların analiz edilmesi zorlayıcı bir prosessler bütünüdür. Modellerin bulunmasından sonra en iyi modelinizin performansının ölçülmesi gerekmektedir, bu nedenle öngörülen sonuçlar ile gerçek sonuçların karşılaştırılması ile yüzdesel sapma hata oranları ortaya çıkarılmıştır. Çalışmamızdaki sonuçlarda, Winters

düzleştirme, çiftli üstel düzleştirme ve ARIMA modelleri öngörü konusunda düşük hata oranları ile iyi bir iş çıkarmıştır. 2011 – 2014 zaman serileri kullanılarak yapılan öngörülerde en iyi modelimiz Winters düzleştirme modeli çıkmıştır, mevsimsellik özelliği 12'dir, 2007 – 2014 arası verileri girdi olarak kullanılan 19 farklı yaklaşım modeli arasından en iyi model ARIMA (0,1,0) (0,01) modeli bulunmuştur, bu model en küçük hata ölçülerine sahiptir.

Bu farklılığın sebebi farklı zaman periyotlarının farklı sonuçlar meydana getirmesidir, zaman serisi verilerini iki katına çıkararak 2007 – 2014 arası verileri girdi olarak kullandığımız en iyi modelin hata ölçüleri 2011 – 2014 arası verileri kullanan modele göre daha düşük çıkmıştır, öngörü hataları azalmıştır, bu da demek olmaktadır ki modelimiz zaman serisi karakteristik özelliklerini daha iyi bir şekilde çözümlenmiş, gerçek değerlere çok daha yakın olan öngörü sonuçlarını üretebilmiştir. 2007 – 2014 arası zaman serisi verilerini girdi olarak aldığımızda, en iyi modelimiz iki veya üç ondalık basamak hassasiyete kadar öngörülen sonuçları gerçek değerlerle karşılaştırdığımızda çok yakın bir derecede bilmiştir.

Bütün bu yapılan işlemler ve bulunan metot, elektrik firmaları, devlet, karar alıcılar ve tüketiciler için kısacası elektrik tarife fiyatlarının öngörülerinde doğruluk ölçüsü fazla olan öngörü sonuçlarına ihtiyaç duyan herkes için çok yararlı bir araç olabilir.

Uyguladığımız metot ve yöntemlerin vasıtasıyla daha düşük riskli yatırım kararlarının alınabilmesi mümkün olabilecektir.

Yaptığımız çalışmalar sonucunda, elektrik tarifelerinin fiyatlarını öngörmekte kullandığımız en iyi modelin gelece yönelik öngörü verilerini son derece başarılı bir şekilde ürettiğini ve üreteceğini, ve bir çok kullanıcı tarafından kullanılabileceği kesinlikle düşünülebilir, bu metodun evrensel bir şekilde kullanılabileceği de mümkündür ve faydalı olabileceğine inanılmaktadır.

Evrensel bir şekilde kullanılması için o ülkeye ait olan zaman serisi verilerinin girilerek modeldeki yaklaşımlarımızın hepsi birebir aynı olarak uygulanmalıdır.

Elektrik tarifeleri öngörülerinden sonra maksimum elektrik tasarruf miktarını bulmak için çalışmayı yaptığımız 5 adet evin elektrik tüketim miktarlarının öngörülerinin bulunması işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.5. 19 Adet Farklı Metotla Ankara'da Bulunan 5 Adet Evin Elektrik Tüketim Öngörülerinin Bulunması

3.5.1. Giriş

Dünya nüfusunun artması ve daha yüksek hayat standartlarına sahip olmak isteği ve gerekliliği dolayısıyla dünya çapında kullanılan toplam elektrik miktarı sürekli olarak artmaktadır. Dünyadaki bu sürekli olarak artan elektrik arzının dengelenmesi, dünyanın sahip olduğu enerji kaynaklarının tüketilmesinin önüne geçilmesi, korunması ve hem şundaki mevcut şartların daha da iyileştirilerek, gelecek nesillere de aktararak sürdürülebilir bir dünyanın korunması gerekmektedir. Sürdürülebilirlik problemlerinin çözülmesi için başarılı enerji yatırım planlarına ve kapasite kararlarının alınmasına ihtiyaç vardır. Türkiye'nin enerji kaynakları sınırlıdır ve enerji ihtiyacının % 65' ini ithal etmek zorunda kalmaktadır [34]. Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacının her sene % 8 oranında artacağı ön görülmektedir [35]. Türkiye'nin enerjideki dışa bağımlılığının azaltılması ve enerji verimli kararların alınması için Türkiye'deki karar vericilerin, politikacıların ve uzmanların verimli enerji araçları ve metotlarının geliştirilmesine kaynak yaratmaları ve bu metotların uygulanmaları gerekmektedir. İş dünyası için önemini değerlendirdiğimizde, öngörü mekanizmalarının planlamada çok önemli bir araç olduğunu söyleyebiliriz [36].

Akademisyenler ve araştırmacılar etkili bir biçimde öngörüde bulunmamıza olanak sağlayan öngörü araçlarının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için çok uğraşlar vermektedirler. Öngörü modellerine girdi olarak alınan zaman serisi verilerinin karakteristiklerinin çok iyi ve etkili bir biçimde analiz edilmesi ve bu verilere istatistiksel bilgi birikiminin en uygun şekilde uygulanarak elde edilecek öngörü değerlerinin geçmiş değerlerin karakteristiğini en etkili biçimde yansıttığından emin olmak gerekir.

Zaman serisi spesifik bir zaman süresi boyunca, periyodu boyunca tek bir dataya ait toplanan verilerden oluşan bir kavramdır. Öngörü modellerinde analiz edilecek veriler günlük, haftalık, aylık veya yıllık formatta olabilir. Modellerin en uygun ve düşük bir biçimde hata ölçülerini vermesinin gerekmektedir, bu nedenle en uygun zaman periyodunun seçilerek en iyi modelin kullanılmasıyla birlikte etkili öngörü metodu kullanılmış olur. Enerji verimli kararların uygulanabilmesi, potansiyel tüketim, yapılan tüketimin ne kadar tutacağı gibi faktörleri göz önüne çıkarmak için çalışmayı

gerçekleştirdiğimiz Ankara'daki 5 adet evin gelecek 12 ay için elektrik tüketim öngörülen değerler hesaplanmıştır.

Türkiye'deki elektrik tarifelerinin fiyatları 3 aydan 3 aya olarak değişmektedir. 4 farklı isimlendirme mevcuttur, tek zamanlı elektrik tarifesi, gündüz elektrik tarifesi, puant elektrik tarifesi ve gece elektrik tarifesi. Çok zamanlı kullanım profiline geçilmediyse çoğu evde tek zamanlı elektrik tüketim tarifeleri mevcuttur ve sabit bir fiyat üzerinden tükettikleri miktarın karşılığını kullanıcılar ödemektedir.

Gündüz, puant ve gece elektrik tüketim miktarlarının toplamı toplam elektrik tüketim miktarını vermektedir, ki bu tek zamanlı elektrik tarifesindeki toplam miktarla aynıdır. Sadece toplam elektrik tüketim miktarı verilerini girdi olarak kullanarak, geleceğe dönük elektrik tüketim miktar öngörülerini hesaplanabilir, fakat her bir ayrı zaman periyodu için, öngörü modellerinin uygulanarak, her bir tarife aralığı için özel öngörü modelleri uygulanarak öngörü sonuçlarına ulaşılması daha verimli olabilir.

Bu tarz bir yaklaşımın zaman serisi verilerinin karakteristik özelliklerini bize daha iyi anlamamız konusunda yardımcı olacağını ve bu karakteristik özellikleri öngörülen değerler üzerinde daha başarılı bir şekilde yansıtacağı düşünülmektedir. Sıcaklık değişimleri, insanların günlük kullanım alışkanlık farklılıkları, elektrik tarife fiyatlarındaki değişimler, insanların yatırım yapabilme kapasitesi, haftasonları veya ulusal bayramlar, tatiller, evdeki toplam nüfusun değişkenliği gibi faktörlerin evlerdeki toplam elektrik tüketim miktarı üzerinde etkisi vardır, tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak analizlerin yapılmasında fayda vardır.

Elektrik tüketim miktarları öngörülerini yapılırken, yapılacak olan öngörülerin zaman periyot boyutlarına göre sınıflandırma yapılmaktadır: kısa zamanlı öngörüler (6 aya kadar olan öngörüler, 1 gün sonrası öngörüler genelde yapılamaktadır), orta vadeli öngörüler (6 ay – 1 sene sonrası için yapılan öngörüler) ve uzun vadeli öngörüler (1 yıl ve daha fazlası için yapılan öngörüler). Özellikle kısa zamanlı yapılan öngörüler için bir çok farklı metot ve modeller geliştirilmiştir [37]. Günümüz enerji endüstrisinde kısa dönemli elektrik tüketim öngörülerini çok önemli bir yer edinmiştir [38]. Doğru, hızlı geliştirebilen ve güvenilir kısa dönemli öngörü metotlarının geliştirilmesi hem elektrik dağıtıcı firmaların hem de kullanıcılar açısından önem taşımaktadır [39]. Kısa zaman periyotlu öngörü modelleri için kararlı ve kararlı olmayan karakteristiğe sahip olan zaman serileri kullanılabilir [40]. Oto-regresif bütünleşik kayan ortalama modeli (ARIMA) hem kısa vadeli hem de uzun

vadeli periyotlar için öngörü problemlerinde kullanılabilir [41]. ARIMA modeli son 30 yıldır linear serilere ait verilerin öngörülerinde kullanılmaktadır [42].

Üstel düzleştirme modelleri elektrik tüketim öngörü problemlerinde en çok kullanılan öngörü modellerinden biridir. Üstel düzleştirme modelinin basitliği, sayısal öngörü sonuçlarının verimliliğin fazla olması ve yüksek ölçüde öngörülen sonuçların doğruluğa sahip olması gibi nedenlerdir, bahsettiğimiz gibi üstel düzleştirme modelleri elektrik tüketim öngörülerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Üstel düzleştirme model ailesinin bir üyesi olan Winters üstel düzleştirme modeli, güvenilir, kararlı ve doğru sonuç veren yapısı itibarıyla en sık tercih edilen modellerden biridir [43]. Bahsettiğimiz bu farklı öngörü modellerinin hepsinin farklı karakteristik özellikleri bulunmaktadır ve hepsinin farklı yaklaşımları vardır ve hepsi girdi olarak aldığı zaman serisi verilerini farklı yollarla işleyerek farklı doğrulukta sonuçlar verir.

Öngörü modellerinin işletilmesiyle çıkan öngörü model sonuçları, doğruluğu ve hata ölçümlerinin üzerinde teknik faktörlerin etkisi vardır. Öngörüde kullanılan aralık, öngörüsü yapılan verilerin zaman serilerinin periyodu, karakteristik özellikleri ve zaman verilerinin sıklığı gibi özellikler öngörü sonuçları üzerinde etkilidir.

Çalışmamızın bu kısmında, 5 evin elektrik tüketim değerlerini girdi olarak alarak geleceğe dönük elektrik tüketim değerlerini öngörme işlemi yapılmıştır. 5 evde 3'ü çok zamanlı dijital elektrik sayaçları kullandıkları için, bu 3 evin tek zamanlı, gündüz, puant ve gece olarak farklı tarife zaman aralıkları için hepsi için tüketim öngörülerini yapılmıştır.

Geriye kalan 2 ev için sadece toplam elektrik tüketimi, tek zamanlı tarifedeki toplam elektrik tüketimi, için öngörü modelleri uygulaması yapılabilmektedir.

Bu öngörüler bir önceki bölümde, elektrik tariflerinin gelecekteki değerlerini öngörmekte kullandığımız 19 farklı yaklaşım ile gerçekleştirilmiştir.

Bu farklı yaklaşımlarımızın her birinin kendine has bir özelliği bulunmaktadır; farklı mevsimsel karakteristik özellikler veya farklı tekniksel yaklaşımlar; toplamsal veya çarpımsal modeller gibi.

En iyi modeli bulurken bir önceki bölümde bahsedildiği gibi hata ölçüleri olan MAPE, MAD ve MSD ölçülerinin çıktısı olarak en küçük sayısal ifadesi ile veren modelin seçilmesi gerekmektedir.

3.5.2. Literatür

Elektrik tüketim miktarı öngörü modelleri ve metotları üzerinde araştırmacılar büyük bir efor sarfederek öngörü modellerinin doğruluğunu artırmaya çalışmışlardır, farklı modeller ve yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Saab ve arkadaşları [44] Lübnan’da aylık elektrik tüketim öngörü modeli olarak 2 farklı metodu uygulayarak; ARIMA ve AR(1), başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Zhu, Guo ve Feng [45] Çin’deki yaptıkları çalışmalarında, evlerin tüketim öngörülerini bulmak için ARIMA ve BVAR öngörü modellerini kullanmışlardır, bu modellerde girdi verileri olarak 1980 – 2009 arası yıllardaki verileri kullanmışlardır. Ediger ve Akar [46] Türkiye’deki petrol talebinin öngörüsünü yaparken girdi verileri olarak 2005 – 2020 senesi aralığını kullanmışlardır ve model olarak mevsimsel ARIMA yani SARIMA modelini kullanmışlardır.

Elektrik tüketim öngörülerini için D. Srinivasan, C.S. Chang ve A.C. Liew [47] lineer regresyon modellerini kullanmışlardır. Enerji öngörü problemi için Bianco V, Manca O ve Nardini S. [48] Gray Üretim modelini kullanmışlardır. İran’ın kısa dönemli toplam elektrik tüketimi öngörülerini gerçekleştirmek için Zhou P, Ang BW ve Poh K tekil spektral analiz metodunu kullanmışlardır. Hindistan’ın konvansiyonel enerji tüketimini bulmak için Kumar ve Jain [49] Gray Markov modelini kullanmışlardır. Perlis’teki elektrik tüketim miktarlarını öngörmek için Syariza and Norhafiza (2005) farklı öngörü metotlarını karşılaştırmışlardır. Yaptıkları literatür çalışmalarında Box – Jenkins modelinin en popüler ve kullanılması tercih edilen, doğru sonuçlar veren bir model olduğu kabul edilmesine rağmen, yaptıkları çalışmada Box – Jenkins modelinin kullanımı uygun çıkmamıştır ve ek olarak kendi problemleri için öngörü sorunsal modelini kullanımı için regresyon modelinin daha yararlı olduklarını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmadan sonra ortaya çıkan bir başka çalışmada ise Taylor (2008)’de üstel düzleştirme modellerinin kısa dönemli öngörü modelleri için daha güvenli ve daha uygun olduğunu ortaya koymuştur.

3.5.3. Metodoloji

Çalışmamızda Ankara’da bulunan 5 adet evin geleceğe dönük aylık bazda elektrik tüketim öngörülerini bulunacaktır. Evlerin toplam elektrik tüketim bilgilerine Enerjisa firmasının online web sitesinden ulaşılabilmektedir, limit olarak Enerjisa 2 yıllık verileri depolamış bulunmaktadır ve bu nedenle öngörülerini yaparken son derece kısıtlı zaman serisi uzunluğu kullanılmak zorunda kalmıştır, sadece Mayıs 2014 – Mayıs 2016 arası veriyi kullanılarak

öngörülerde bulunulmuştur, zaman serisi veri aralığının daha uzun olması kuşkusuz ki modellerimizin daha doğru sonuçlar vermesini sağladı, fakat limit yüzünden 2 senelik veriler girdi olarak kullanılmıştır. Çalışmamızda ele aldığımız 5 evden 3'ü Çankaya'ya bağlı olan Birlik mahallesinde bulunmaktadır, diğer ev ise yine Çankaya'ya bağlı olan Kırkkonaklar mahallesinde ve son ev ise Yenimahalle'ye bağlı olan Eryaman'da bulunmaktadır.

5 evden 3'ü yeteri kadar zaman önce dijital elektronik sayaçlara geçtiği için, 3 eve ait tek zamanlı, gündüz, puant ve gece zamanları olmak üzere farklı zaman periyotlarının her birinde ne kadar elektrik harcandığını Enerjisa'nın sisteminden görülebilmektedir.

Geriye kalan 2 ev ise elektronik dijital elektrik sayacına geç geçtiği için 2 senelik bütün farklı tarifelere ait elektrik tüketim verilerine ulaşmamız mümkün olmamıştır bu nedenle bahsedilen bu 2 evde sadece toplam elektrik tüketim miktarları girdi olarak alınarak geleceğe ait tüketim öngörülerini hesaplanmıştır.

Öngörü sonuçlarını uygulamadan önce hangi modellerin öngörü çalışmasında iyi olabileceğini önceden analiz etmek amacıyla zaman tarife serilerinin grafikleri ve otokorelasyon fonksiyon grafikleri analiz edildi. Karakteristik analizleri içeren grafikler Ekler bölümünde paylaşılmıştır.

Karakteristik analizden sonra Çizelge 3.1'de verdiğimiz 19 farklı öngörü yaklaşımının her bir ayrı ayrı hesaplanmış ve bu sonuçlar içerisinde MAPE, MAD ve MSD hata ölçümlerinden en küçük değerlere sahip olan öngörü modeli tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri için her biri için ayrı ayrı seçilmiştir. En iyi modelleri bulduktan sonra öngörülerini bulunan 2015 senesi verileri ile gerçek 2015 verilerini karşılaştırarak en iyi modelin ne ölçüde doğru çalıştığı test edilmiştir.

5 eve ait tüketim değerlerini girdi olarak kullanılmıştır ve 19 model, yaklaşım arasından MAPE, MAD ve MSD hata ölçümleri olarak en düşük olan model belirlenmiştir. En iyi model bulduktan sonra Haziran 2016 için ürettiği öngörü değeriyle gerçek Haziran 2016 tüketim değerleri karşılaştırılarak modelimizin çalışma performansı ölçülmüştür ve değerlendirilmiştir, sapma yüzdesel hata oranı hesaplanmıştır. Tüm evler için bulunan en iyi modellerin performansı test edildikten sonra da, geleceğe ait Temmuz 2016 – Haziran 2017 arasındaki 1 yıllık elektrik tüketim değerleri bulunmuştur.

3.5.4. Çıkarımlar

3.5.4.1. Analiz Sonuçları

Çalışmada incelediğimiz 5 ev için elektrik tüketim öngörülerini farklı tarife aralıkları için gerçekleştirilmiştir. Tek zamanlı elektrik tarifesi zaman aralığı: 00:00 – 24:00 arası, gündüz elektrik tarifesi zaman aralığı: 06:00 – 17:00 arası, puant elektrik tarifesi zaman aralığı: 17:00 – 22:00 arası ve gece elektrik tarifesi zaman aralığı: 22:00 – 06:00 arasındadır. Tüm bu farklı elektrik tarife zaman aralıklarında farklı ücretlendirmeler mevcuttur. Her bir ayrı zaman aralığına denk gelen farklı elektrik tarife fiyatları mevcuttur. Tek zamanlı elektrik tarifesinde tek bir tarife fiyatlandırması mevcuttur, çok zamanlı elektrik tariflendirmesinde ise gündüz, puant ve gece yapılan harcamalar için farklı elektrik tarifeleri üzerinden ücretlendirilme mevcuttur. Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece tarife zamanındaki toplam tüketimler için 19 farklı yaklaşımımızı uygulayarak en iyi sonuç bulunmuştur.

Bir önceki bölümde geniş kapsamlı bir çalışma yapılarak, elektrik tarifelerinin geleceğe ait öngörülerini bulunmaktır. Bu bölümde ise, 5 ayrı evin geleceğe ait elektrik tüketim miktarlarının öngörülme işlemleri yapılmıştır. 5 evin elektrik tüketim öngörülerini bulunurken, 19 farklı yaklaşım modelimize zaman serisi girdi verileri olarak Mayıs 2014 – Mayıs 2016 arasındaki değerler kullanılmıştır, bunun ana nedeni geçmiş zamana ait elektrik tüketim miktarlarına Enerjisa firmasının online web sisteminden ulaşılması ve bu firmanın geçmiş yıla ait sadece 2 yıllık verileri kullanıcılarına sunmalarıdır.

Çalışmayı gerçekleştirdiğimiz 5 evden 3'ü Çankaya'da Birlik mahallesinde yer almaktadır, 4. Ev Çankaya'ya bağlı Kırkkonaklar mahallesinde yer almakta, 5. ve son ev ise Yenimahalle'ye bağlı Eryaman semtinde yer almaktadır. 1, 3 ve 4 en üst kat daireleridir, 2 numaralı ev de en üst katta bulunmaktadır fakat ofistir, ve 5 numaralı ev üç katlı bir müstakil evdir. Her bir eve ait zaman serisi verilerini bir önceki bölümde paylaşılmıştır ve bahsedildiği üzere evlerin tüketim zaman serisi grafiklerinden kararlı bir karakteristiğe sahip olduğunu, kararlı olmayan tüketim zaman serisi verilerinin ise 1. seviyeden diferansiyelleme işlemi vesiliyle kararlı yapıya döndürülmesi mümkündür. 1 numaralı evin ortalama elektrik tüketim değeri 460 kWh civarı, 2 numaralı evin ortalama elektrik tüketim değeri 350 kWh civarlarında, 3 numaralı evin ortalama elektrik tüketim değeri 260 kWh civarı, 4 numaralı evin ortalama elektrik tüketim değeri 242 kWh civarında ve 5 numaralı

evin ortalama elektrik tüketim değeri 370 kWh civarlarındadır. 2 yıllık toplam elektrik tüketim miktarlarına bakıldığında; 1 numaralı evin 2 yıllık toplam elektrik tüketim miktarı 11311.01 kWh, 2 numaralı evin 2 yıllık toplam elektrik tüketim miktarı 10081.593 kWh, 3 numaralı evin 2 yıllık toplam elektrik tüketim miktarı 6525.989 kWh, 4 numaralı evin 2 yıllık toplam elektrik tüketim miktarı 6087.457 kWh ve 5 numaralı evin 2 yıllık toplam elektrik tüketim miktarı 9787.688 kWh'dır.

Çalışmada kullanılan 5 evin elektrik tüketim miktarları kararlılığı analiz edilmek istendiğinde, 3 ve 4 numaralı evlerin elektrik tüketim miktarlarının birbirine benzediklerini görülmüştür, karakteristik olarak kararlı yapıdadırlar ve beklenmeyen elektrik tüketim maksimum noktaları belirlenmemiştir, özetle bakıldığında ve 3 ve 4 numaralı evlerin tüketimi kendi aralarında karşılaştırıldıklarında 3 numaralı evin elektrik tüketimi 4 numaralı evin elektrik tüketiminden 438,532 kWh daha yüksektir.

1 ve 5 numaralı evlerin elektrik tüketim karakteristik özellikleri birbirine benzemektedir. Şubat 2015 zamanına kadar 1 numaralı evin aylık toplam elektrik tüketim miktarları 5 numaralı eve göre daha fazla olmuştur, Şubat 2015 aralığından sonra ise Kasım 2015 – Şubat 2016 aralığı hariç iki evin elektrik tüketimleri birbirine yakın seyretmiştir. Bu zaman aralığında 5 numaralı evin elektrik tüketim miktarı bahçelerindeki köpeğin ısıtılması için kullanılan ısıtıcı UFO nedeniyle daha fazla çıkmıştır.

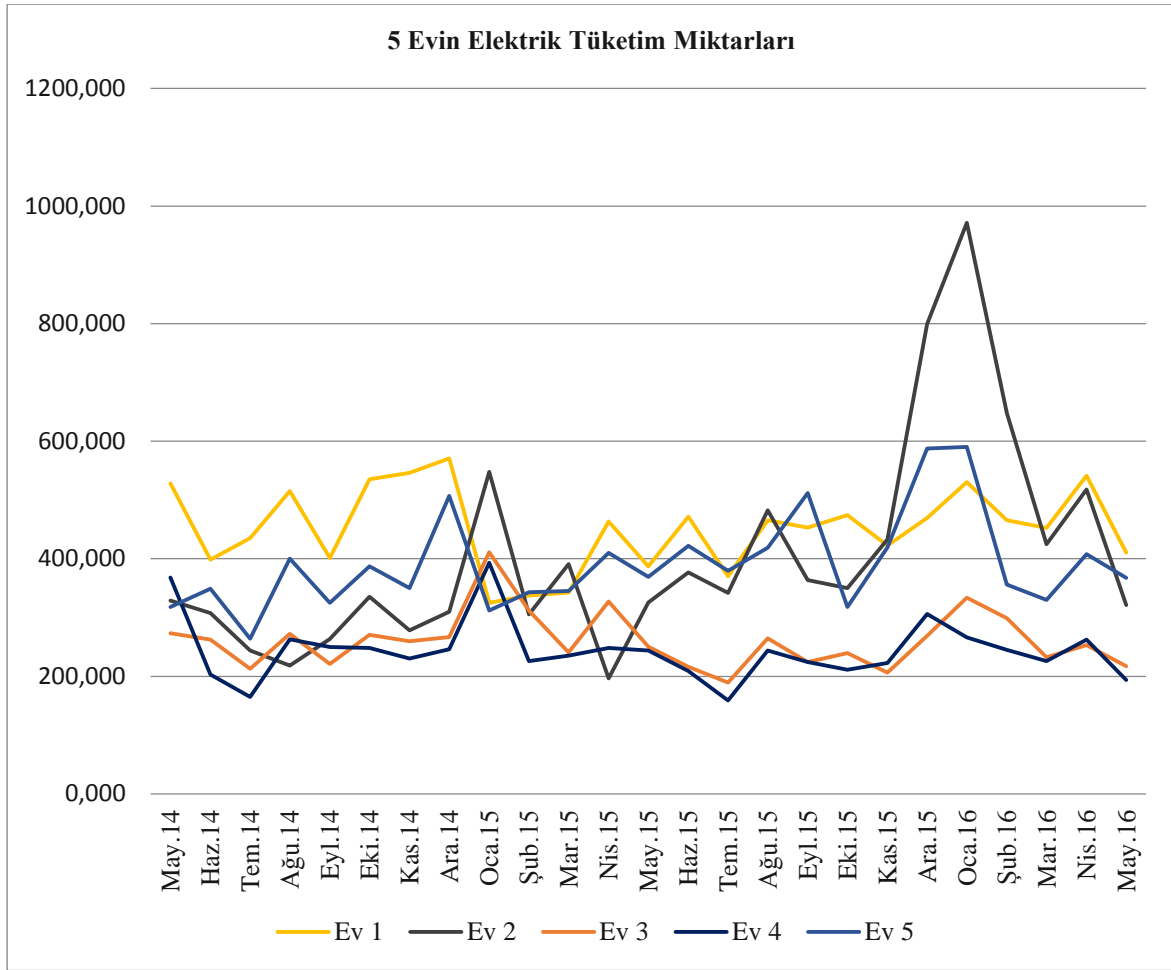
Bütün 5 ev arasında elektrik tüketimleri incelendiğinde, 2 numaralı evin kararsız bir yapıda elektrik tüketim zaman serisi verileri olduğunu görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur, 2 numaralı ev ofis olması nedeniyle, nüfus olarak diğer evlerden çok daha fazla olması ve popülasyonun sabit olmaması nedeniyle elektrik tüketim miktarı üzerinde sürekli olarak bir dalgalanmanın olması mevcuttur. Kasım 2015 – Mart 2016 zaman aralığında 5 numaralı eve benzer bir durum söz konusudur, 2 numaralı ev yani ofiste ısınma sorunu vardır. Bu zaman aralığında ısıtıcıların açılmasıyla elektrik tüketimleri çok fazla artmaktadır. Bu nedenle de bu dönem aralıklarında çok yüksek elektrikli tüketim harcama noktaları ile karşılaşmamız doğaldır. 5 evin 2 yıllık toplam elektrik tüketimleri Şekil 3.11'de görülmektedir.

Tek zamanlı, gündüz, puant ve gece zaman dilimlerine ait elektrik tüketim miktarları üzerinde 1, 2 ve 3 numaralı evlerde 19 yaklaşımımızı kullanarak öngörülerin bulunması işlemleri uygulanmıştır ve 19 yaklaşımdan en iyi model belirlenmiştir. 4 ve 5 numaralı evler 2 yıllık süre zarfı içinde elektronik sayaç uygulamasına geç geçmeleri nedeniyle, 4 ve

5 numaralı evlerde sadece tek zamanlı elektrik tarifesi zaman aralığındaki toplam elektrik tüketim miktarını, bir başka deyiş ile toplam elektrik tüketim miktarları üzerinde 19 yaklaşımımız çalıştırılarak öngörüler yaratılmıştır. Tüm bu işlemlerin bahsedilen zamanlar için yapılması ve en iyi modellerin belirlenerek, bu modellerin ürettiği öngörü değerlerinin gerçek değerler ile kıyaslanması işleminin yapılması gerekmektedir.

Bir önceki bölümde de bahsettiğimiz gibi bu işleme değerleri doğrulama, modelimizin doğruluğunu test etme yöntemi denilmektedir. 1 yıllık tüketim değerlerinin öngörülerini bulunmuştur fakat, doğrulama işleminde sadece Haziran 2016 ayına ait olan gerçek elektrik tüketim değerleri ile karşılaştırarak performans ölçümleri yapılabilmektedir. Bahsedilen zaman aralıklarına ait çalıştırılan 19 yöntem arasında her bir ev ve her bir elektrik tarife zaman aralığına ait en iyi modeli ve bu modellerin sonuç olarak çıkardıkları hata ölçümleri Çizelge 3.23'de gösterilmektedir. 19 farklı yöntemin çalıştırılmasından sonra 1 numaralı ev için, tek zamanlı, gündüz, puant ve gece zaman dilimleri elektrik tüketim verileri öngörülerinde kullanılacak en iyi modelin 19 numaralı yöntemimiz olduğu ortaya çıkmıştır. 19 numaralı yöntemimizdeki model: ARIMA (0,0,0) (1,0,0) modelidir ve mevsimsellik özelliği 12'dir. Elektrik tüketim öngörülerinde 1 numaralı ev için bu model seçilmiştir.

2 numaralı evin elektrik tüketim öngörülerini 19 farklı model ile uygulandıktan sonra, tek zamanlı, puant ve gece elektrik fiyatlandırma zaman dilimleri için çalıştırılan 19 farklı yaklaşımımız arasından 9 numaralı yaklaşımımız regresyon denklem modeli olmuştur, mevsimsellik özelliği 12'dir. 2 numaralı ev için gündüz zamanı elektrik tüketim öngörü modelleri arasından en iyisi 5 numaralı yaklaşımımız, kayan ortalama çarpımsal metodun klasik ayrıştırma yöntemi ile birleştirilmiş olan modelimizdir. 3 numaralı ev için gündüz, puant ve gece zaman dilimlerinde en iyi öngörü modeli 9 numaralı model olan regresyon denklem modelidir, tek zamanlı elektrik tarifesi zaman aralığında ise 1 numaralı yaklaşım olan, çarpımsal klasik ayrıştırma metodudur. Daha önceden de belirttiğimiz gibi elektronik sayaca geç geçilmesi nedeniyle 4 numaralı evde sadece tek zamanlı toplam tüketim miktarı öngörülerinde bulunulmuştur, 19 farklı yaklaşımımızı çalıştırdıktan sonra tek zamanlı toplam tüketim miktarı öngörülerinde 4 numaralı ev için en iyi metodun 1 numaralı model olan çarpımsal klasik ayrıştırma modeli olduğu ortaya çıkmıştır. 4 numaralı evdeki durumun bir benzeri 5 numaralı evde de mevcuttur, 5 numaralı evde de sadece tek zamanlı toplam elektrik tüketim miktarı öngörülerinde bulunduk ve mevsimsellik özelliği 12 olan ARIMA (0, 0, 0) (1, 0, 0) modelinin en iyi model olduğu ortaya konulmuştur.



Şekil 3.11. Çalışmamızdaki 5 Adet Evin Elektrik Tüketim Karşılaştırmaları

3.5.4.2 Modellerin Performansının Doğrulanması

Tüm evler için farklı mevcut zaman dilimlerinde elektrik tüketim öngörülerini yapmak için olan en iyi modeller ortaya konulmuştur. Bu işlemden sonra modellerin performanslarının test edilme işlemi gerekmektedir. Bu işlem, 5 ev için farklı elektrik tarife dönemlerinde elimizde sadece Haziran 2016'ya ait elektrik tüketim değerleri olduğu için, en iyi modellerin öngörü sonuçlarının Haziran 2016 gerçek verileri ile karşılaştırılması ile mümkün olacaktır. Tüm modeller arasından doğrulama işlemi mevsimsellik özellikleri 12 olan modeller arasından seçmeliyiz, bunun nedeni mevsimsellik özelliği 4 olan modeller 3 aylık ortalama tüketim değerleri üretmektedir, dolayısıyla 3 aylık ortalama tüketim değeri ile 1 aylık tüketim değerini, Haziran 2016'ya ait olan toplam tüketim değerini karşılaştırmamız mümkün olmayacaktır. En iyi modellerimizin 5 evin Haziran tüketim değerleri için ürettiği öngörü değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırıldığı analiz Şekil 3.12'de verilmiştir. Yüzde sapmasal hata oranlarını ise Çizelge 3.24'de görülmesi

mümkündür, çizelgede verilen pozitif değerli yüzdeler öngörülen değerlerin gerçek değerlerden hangi yüzdesel ölçüde öngörüldüğünün ifadesidir, negatif değerli yüzdeler ise öngörülen değerlerin gerçek değerlerden hangi yüzdesel ölçüde daha düşük öngörüldüğünün edildiğinin ifadesidir.

Çizelge 3.23. Mevsimsellik 12 İken En İyi Modellerin Hata Ölçümleri

		Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
Ev 1, En iyi model : # 19	MAPE	10,6755	10,6127	10,7353	8,2974
	MAD	48,6213	22,0032	12,5734	10,2566
	MSD	5641,423	1286,81	441,221	366,999
Ev 2, Tek Z., Puant ve Gece: # 9 Gündüz : # 5	MAPE	19,4300	22,1978	16,8519	12,6883
	MAD	73,2833	55,1862	12,8786	7,8425
	MSD	6567,046	5996,29	188,919	83,7806
Ev 3, Gündüz, Puant ve Gece: # 9 Tek Zamanlı: # 1	MAPE	4,1437	3,9830	5,9228	4,4689
	MAD	10,8162	4,6864	4,3292	3,2874
	MSD	256,8618	31,6378	26,7224	17,7851
Ev 4, En İyi Model: #1	MAPE	6,9406			
	MAD	18,6964			
	MSD	1300,325			
Ev 5, En İyi Model: #19	MAPE	8,826			
	MAD	40,2665			
	MSD	5930,820			

2 numaralı evin ofis olduğu bilgisini aktarmıştık, 2 numaralı ve 5 numaralı evdeki elektrik tüketim zaman serisi grafiğini incelediğimizde, elektrik tüketim miktarındaki dalgalanmaların çok fazla olduğunu gözlemlenmiştir.

Elektrik tüketim miktarlarındaki farklılıklar, dalgalanmalar çok fazla olduğu durumlarda, öngörü modellerinin gerçek değerlere yakın bir sonuç üretme durumu azalmaktadır ve bu nedenle bu durumdaki karakteristiğe sahip zaman serisi verileri için öngörü modellerinin doğruluklarında azalma olmaktadır.

4 ve 5 numaralı evlerin öngörü modelleri ile üretilecek olan öngörülen gerçek değerlere olan yakınlığı, 1, 2 ve 3 numaralı evlerin öngörü modelleri ile üretilecek olan öngörü değerlerinin gerçek değerlere olan yakınlığından az olması normaldir.

Çizelge 3.24'de incelendiğinde yüzdesel sapma hata miktarlarının en düşük olduğu ev 1 numaralı evdir. 5 ev arasından en kötü yüzdesel sapma hatalarına sahip olan ev 2 numaralı ev, ofistir, ve 2 numaralı evi 5 numaralı ev takip etmektedir.

2 numaralı evin gündüz ve tek zamanlı elektrik tarife zaman dilimleri ve 5 numaralı evin tek zamanlı elektrik tarife zaman dilimleri dışında, modellerin ürettikleri öngörü değerlerinin gerçek değerler ile karşılaştırıldıktan sonra, üretilen bu öngörü değerlerinin daha fazla gelişmeye ihtiyacı olduğunu ama yine de kabul edilebilir ortalama düzeyli başarıyla çalıştığını söylememiz mümkündür.

Yüzdesel sapma hata oranlarını karşılaştırmadan önce, MAPE, MAD ve MSD gibi öngörü hataları ölçülerinde düşük olan modellerin yüzdesel sapma hata oranlarında da düşük olması beklenmektedir ve bu düşük yüzdesel sapma hata oranları ile daha doğru sonuçlar vereceği kabul edilebilir. 1 numaralı evin yüzdesel sapma hata oranları; 2,3480%, -2,5479%, 4,3281%, 9,1273%, tek zamanlı, gündüz, puant, gece içindir.

2 numaralı evin yüzdesel sapma hata oranları; -33,3349%, 68,3465%, -13,9523%, -11,9788%, tek zamanlı, gündüz, puant, gece içindir. 1 numaralı evde en iyi öngörü modeli ile ortaya çıkan hata sonucu olan MAPE'nin ölçüleri; 10,6755, 10,6127, 10,7353, 8,2974, tek zamanlı, gündüz, puant, gece içindir.

2 numaralı evde en iyi öngörü modeli ile ortaya çıkan hata sonucu olan MAPE'nin ölçüleri; 19,430, 22,1978, 16,8519, 12,6883, tek zamanlı, gündüz, puant, gece içindir.

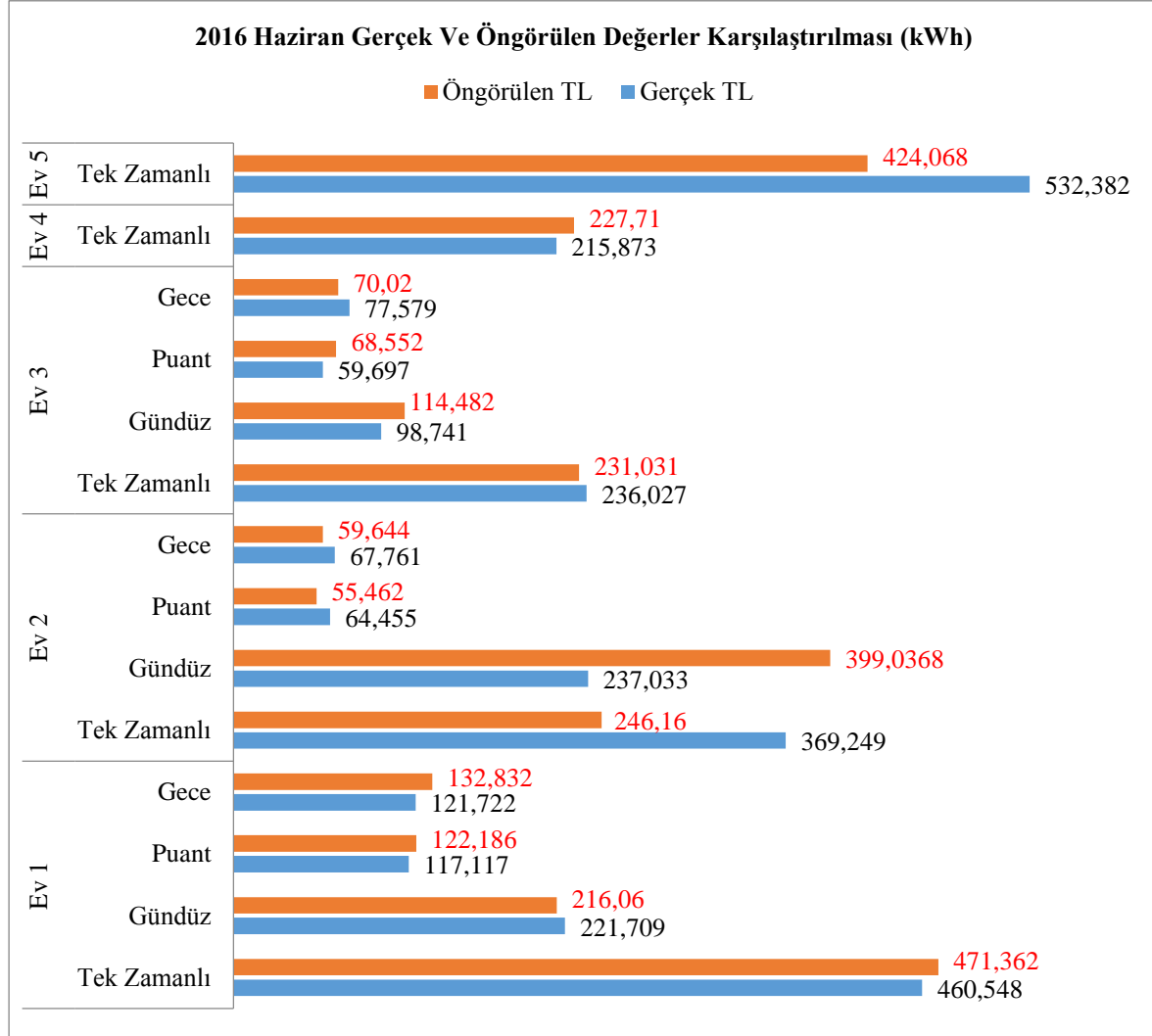
3.5.4.3 Gelecek Zamanlı Öngörü Değerleri

Daha önceden de belirttiğimiz gibi, 1, 2 ve 3 numaralı evler için tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife zaman dilimleri için 19 farklı öngörü yaklaşımı çalıştırılmıştır, 4 ve 5 numaralı evler için ise tek zamanlı elektrik tarife zaman dilimi için 19 farklı öngörü yaklaşımı çalıştırılmıştır. Mevsimsellik özelliği 12 olan modellerimiz 1 yıl boyunca aylık bazda elektrik tüketim öngörülerini bulmuştur. Öngörü işleminden sonra modellerin doğruluğunun ölçülmesi işlemi gerekli olmuştur ve bu doğrulama işleminde baz alınan ay Haziran 2016'dır, bunun nedeni çalışmanın yapıldığı sırada gerçek zamanlı veri olarak sadece Haziran 2016'nın elde mevcut bulunmasıdır. 1 aylık olan bir veri ile aylık bazda öngörü verilerinin karşılaştırılmalarının yapılması gerekmektedir, bu nedenle mevsimsellik özelliği 12 olan en iyi modelin ürettiği öngörü sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmaları bir önceki başlığa sahip olan bölümde gösterimleri verilmiştir.

Doğrulama işlemi yapıldıktan sonra, 19 model arasında en iyi modelin bulunması işlemi yapılmıştır, ve bu en iyi model bulunurken sadece mevsimsellik özelliği 12 olan modellere bakılmamıştır, mevsimsellik özelliği 4 olan modeller de ele alınarak 19 model arasından en iyi öngörü modelleri ortaya çıkarılmıştır, MAPE, MAD ve MSD hata öngörü sonuçları da analiz edilmiştir. 5 adet ev için önceden bahsettiğimiz ilgili elektrik tarife zaman periyotları için en iyi modeller MAPE, MAD ve MSD ölçüleri ile birlikte Çizelge 3.25'de verilmiştir.

5 ev için ilgili elektrik tarife zaman dilimleri için çalıştırılan 19 yaklaşım arasında en iyi modellerin hepsi mevsimsellik özelliği 4 olan modellerdir. Bu durum bir önceki bölümde yaptığımız elektrik tarifeleri öngörü mekanizması ve ortaya çıkardığı analiz sonuçlarıyla yapılan karşılaştırmalar sonucunda ortaya çıkarmıştır ki, öngörü problemi konusunda kullanılan öngörü modellerinde kullanılacak olan zaman serisi verilerinin periyot uzunluğunun kısa olduğu durumlarda, mevsimsellik özelliği 4 olan modelleri tercih ederek 3 aylık ortalama öngörü değerleri ile kararların alınması ve yol haritasının çizilmesinin daha uygun olduğu ortaya konulmuştur. Çizelge 3.25'de verdiğimiz her bir ev için farklı elektrik zaman tarife aralığı için olan en iyi modellerin çalıştırılmasıyla üretilen öngörü sonuçları Çizelge 3.26'da paylaşılmıştır. Çizelge 3.26'daki sonuçlar üç aylık ortalama öngörü sonuçlarıdır, üretilen ilk sonuç; Temmuz – Eylül 2016 aralığındaki ortalama elektrik tüketim sonuçlarıdır, ikinci sonuç Ekim – Aralık 2016 aralığındaki ortalama elektrik tüketim sonuçlarıdır, üçüncü sonuç Ocak – Mart 2017 aralığındaki ortalama

elektrik tüketim sonuçlarıdır ve dördüncü üretilen sonuç Nisan – Haziran 2017 aralığındaki ortalama elektrik tüketim sonuçlarıdır.



Şekil 3.12 2016 Haziran Gerçek ve Öngörülen Değerlerin Karşılaştırması

3.6. Sonuçlar ve Tartışma

Belirli olan bir problem için problemi çözmeye çalışan kişilerin birden çok farklı şekilde yaklaşım ve modelin kullanılması ile üreteceği öngörü metodu ve geliştireceği yeni yaklaşımlar öngörü sonuçlarını iyileştirebilir. Çalışmamızda 19 farklı yaklaşım yöntemi ile evlerin ilgili olan elektrik tarife zaman dilimlerine ait elektrik tüketim değerlerini öngörülerini bulunmuştur. Bu 5 evden birisi ofistir; 2 numaralı ev, geriye kalan 4 evin ailelerin oturduğu yerleşim alanları olduklarını belirtmiştik. 19 farklı yaklaşım ile

uygulanan metodların her birinin kendine özgü farklılıkları bulunmaktaydı, farklı teknik özellikler veya mevsimsellik özelliğinin 12 veya 4 olması gibi.

Çizelge 3.24 Çalışmamızdaki 5 Evin Haziran 2016 İçin Yaklaşım Yüzde Hata Oranları

	Tek Zamanlı (%)	Gündüz (%)	Puant (%)	Gece (%)
Ev 1	2, 3480	- 2, 5479	4,3281	9,1273
Ev 2	- 33, 3349	68, 3465	- 13, 9523	- 11, 9788
Ev 3	- 2, 1167	15, 9417	14, 8332	- 9, 7552
Ev 4	5, 4833			
Ev 5	- 20, 3451			

Farklı birçok öngörü teknikleri mevcuttur, bu çalışmada kullandığımız modeller: klasik ayrıştırma modeli, kayan ortalama metodu ile birleştirilmiş klasik ayrıştırma metodu, regresyon denklem metotları, tekli, çiftel üstel düzeltme metodları ve Winters düzeltme metodu ve son olarak ARIMA modelidir. ARIMA mevsimsel modeli, klasik ayrıştırma modeli, mevsimsel üstel düzeltme modelleri, kayan ortalama modelleri için gereken minimum data mevsimsellik özellikleri: 3, 5, 2 ve 4'tür. ARIMA modelinin kısa periyot uzunluğuna sahip öngörü verileri için kullanabileceğini daha önceden belirtmiştik, üstel düzeltme modellerinin elektrik tüketim öngörülerinde kullanıldığını belirtmiştik ve bunun yapılan çalışmalarda rastalanan bir yöntem olarak seçildiğini ifade etmiştik.

Çizelge 3.25. 19 Yaklaşım Modelimiz Arasında En İyi Modeller Ve Hata Ölçümleri

		MAPE	MAD	MSD
Ev 1	Tek Zamanlı En iyi model: #10	5,50401	24,11681	821,34792
	Gündüz En iyi model: #18	4,90632	10,28622	270,13439
	Puant En iyi model: #10	5,60612	6,2885	46,83094
	Gece En iyi model: #10	3,2397	3,99837	23,60733
Ev 2	Tek Zamanlı En iyi model: #18	11,39577	44,29804	3559,34251
	Gündüz En iyi model: #18	13,61238	32,43054	1806,3243
	Puant En iyi model: #6	6,49979	4,48154	29,3277
	Gece En iyi model: #10	8,14843	5,32491	33,74048
Ev 3	Tek Zamanlı En iyi model: #10	1,67005	4,40827	31,29829
	Gündüz En iyi model: #10	2,47879	2,9462	9,94511
	Puant En iyi model: #10	1,45367	1,08145	1,35084
	Gece En iyi model: #10	3,98381	2,9322	11,03461
Ev 4	Tek Zamanlı En iyi model: #10	3,11374	7,3356	81,89
Ev 5	Tek Zamanlı En iyi model: #10	5,60454	22,35366	692,21585

Bu modellere ilave olarak, regresyon modelleri de elektrik tüketim öngörülerinde kullanılmaktadır. Zaman kısıt limiti olarak Enerjisa firmasının kullanıcılara sadece 2 yıllık geçmiş verileri sağlaması nedeniyle öngörü modellerimize en fazla 2 yıllık zaman serisi

verilerini girdi olarak kullanabildik, bu nedenle girdi verilerimizin zaman aralığı Mayıs 2014 – Mayıs 2016'dır. İlk olarak, mevsimselliği 12 olan modeller arasından en iyi modeli belirlenmiştir, bu işlemi yaparken MAPE, MAD ve MSD ölçüleri en düşük olan modeli belirlenmiştir ve mevsimselliği 12 olan en iyi modelin performansını test etmek için Haziran 2016 gerçek değeri ile Haziran 2016 için üretilen en iyi modelin öngörü değerini karşılaştırılmıştır. Mevsimsellik özelliği 12 olduğunda, 1 numaralı ev için tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife zamanları için kullanılacak olan en iyi model ARIMA modelidir.

9 numaralı model tek zamanlı, gündüz ve gece elektrik tarife zaman aralıklarında 2 numaralı ev için kullanılacak en iyi öngörü modeli ve yine 2 numaralı ev için puant tarife zaman aralığındaki öngörü için kullanılacak en iyi model 5 numaralı modeldir.

Gündüz, puant ve gece zaman aralıklarındaki elektrik tüketim öngörülerini için 3 numaralı evde kullanılacak en iyi model 9 numaralı modeldir ve yine 3 numaralı ev için tek zamanlı toplam elektrik tüketim öngörüsü için kullanılacak en iyi model 1 numaralı öngörü yaklaşımımız olmuştur. 4 numaralı ev için tek zamanlı elektrik tarife tüketim öngörülerini için en iyi modelin 1 numaralı model olduğu ve 5 numaralı ev için tek zamanlı toplam elektrik tarife tüketim öngörülerini için kullanılacak olan en iyi modelin 19 numaralı model olduğu yapılan çalışmalar ve karşılaştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır.

Performansların doğrulanma adımını yaparken, yüzdesel sapma hata miktarlarını karşılaştırdık ve tüm 5 ev arasından en düşük yüzdesel hata oranlarına sahip olan ev 1 numaralı evdir. En kötü yüzdesel sapma hata oranlarına sahip ev 2 numaralı ev olan ofis ve bunu takiben de 5 numaralı ev olmuştur. Geleceğe ait 12 aylık elektrik tüketim miktarlarının öngörü işlemlerine başlamadan önce, yalnızca mevsimsellik özelliği 12 olan modelleri karşılaştırdığımız hatırlayarak, 19 model arasında mevsimsellik özelliği 4 olan modelleri de katarak 19 model içinden en iyi modeli seçerek, geleceğe ait 1 senelik elektrik tüketim öngörülerini bulacağız.

Tüm bu 19 farklı yaklaşımımız arasında, 10 numaralı modelimiz 3 numaralı ev için tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarife zaman aralıkları için en iyi model olarak sonuç vermiştir. 4 numaralı ve 5 numaralı evler için tek zamanlı elektrik tarife zaman aralıkları için, 2 numaralı ev için gece tarife zaman aralığı için, 1 numaralı ev için tek zamanlı, puant ve gece elektrik tarife zaman aralıkları için model 10 numaralı modeldir. 2 numaralı ev için tek zamanlı ve gündüz elektrik tarife zaman aralıkları için ve 1 numaralı

ev için gündüz elektrik tarife zaman aralıkları için olan en iyi öngörü modeli 18 numaralı öngörü modelleridir. Son olarak 6 numaralı model 2 numaralı ev için puant elektrik tarifesinin zaman aralığı için en iyi öngörü modelidir. Çizelge 3.26'da 1, 2 ve 3 numaralı evler için tek zamanlı, gündüz, puant ve gece elektrik tarifeleri için olan 1 yıllık geleceğe ait en iyi öngörü modelinin ürettiği sonuçların paylaşımı, 4 ve 5 numaralı ev için ise elektronik sayaca sahip olmadıkları için limitleme söz konusu olması nedeniyle 1 yıllık gelecek verinin en iyi modellerle üretilmesi sonucunda tek zamanlı elektrik tarife öngörü değerlerinin sonuçları paylaşılmıştır.

Geleceğe dönük verilerin öngörülerinin yapılmasında kullanılan modellerin düşük MAPE, MAD ve MSD hata ölçülerine sahip olmaları kullanılan modelin öngörü üretme konusunda etkili bir metod olarak kullanılabileceğinin işaretlerini vermektedir.

Öngörü modelinde kullanılan zaman serisi verilerinin karakteristik özelliklerinin analiz edilmesi, evdeki elektrik tüketicilerinin tüketim davranışlarını anlamamıza yardım etmektedir.

Öngörü modellerine girdi olarak kullandığımız zaman serisi verilerinin zamana bağlı grafiğinde çok farklı değerler arasında salınım yapması, dalgalanmaların çok fazla olması çalışan öngörü modelinin verimli sonuçlar üretmesini engelleyen bir faktör olarak karşımıza çıkmıştır, bu durumlarda profesyonel öngörü modellerinin tercihi söz konusu olabilir. Yaptığımız çalışmada modellerimizin doğruluğunu sadece Haziran 2016 verileri ile karşılaştırarak doğruluğu test edilebilmiştir. 9 farklı yaklaşımı uygulayayan modellere girdi olarak sadece 2 senelik zaman serisi verilerini; Mayıs 2014 – Mayıs 2016, kullanma durumunun dezavantajına rağmen yaptığımız çalışmanın verdiği sonuçlar ve her ev için bulunan en iyi modelin ürettiği en iyi sonuçlar bize yaklaşımlarımızın etkili bir şekilde çalıştığını göstermiş bulunmakta ve öngörü mekanizmasında yaklaşımlarımızın verimli birer araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Çalışmamızda ayrıca girdi olarak kullandığımız zaman serisi verilerinin uzunluklarının artırılmasıyla birlikte daha etkili öngörü metot sonuçlarının elde edilebileceğinin çıkarımı da yapılmıştır.

Çizelge 3.26. 5 Ev İçin İlgili Elektrik Tarife Zaman Aralıklarında 1 Yıllık Gelecek Aylık Ortalama Elektrik Tüketim Öngörü Sonuçları

		Elektrik Tüketim Miktarları (kWh)			
		Temmuz - Eylül	Ekim - Aralık	Ocak - Mart	Nisan - Haziran
Ev 1	Tek Zamanlı	444,810	487,200	490,390	446,780
	Gündüz	194,166	220,512	226,139	169,649
	Puant	113,00	121,100	135,400	115,500
	Gece	119,890	136,860	125,170	122,220
Ev 2	Tek Zamanlı	572,985	596,0126	905,9861	708,4515
	Gündüz	370,7029	373,0478	643,6959	500,3356
	Puant	98,5685	111,8382	178,0776	126,9756
	Gece	94,0800	99,6000	96,6200	86,0900
Ev 3	Tek Zamanlı	190,2400	204,8400	247,3000	233,4800
	Gündüz	89,8910	93,3300	111,2890	110,0780
	Puant	57,5110	61,7000	72,1790	76,2680
	Gece	45,7500	52,7300	56,4900	60,0900
Ev 4	Tek Zamanlı	192,6300	208,0000	245,3700	208,3400
Ev 5	Tek Zamanlı	450,3300	493,4000	561,1700	465,34000

4. GERİBİLDİRİM TEKNOLOJİLERİ

4.1. Giriş

Geribildirim kavramı olarak; değerlendirilebilir veya geri kazanılabilir bir proses olarak ifade edilen aksiyonlar bütünüdür, ve bu aksiyonların kontrolü söz konusudur [50]. Bizim yaptığımız çalışmada ve mesken sektörü açısından geribildirim ifadesini evlerdeki elektrik tüketim miktarları üzerinden ifade etmiş olduk. Evlerdeki elektrik tüketim miktarı bilgisi teknolojilerinin sınıflandırılması yeni ortaya çıkan bir teknolojik araştırma alanı olarak kabul edilemez. Geribildirim bilgilerinin içeriği ve frekansı gibi özellikler 1970'ler ve 1980'lerde araştırılmaya başlanmıştır. Toplam elektrik tüketim bilgisinin kullanıcılara elektrik faturalarıyla sunulmasının kullanıcıların belirli tüketim davranışlarının ne kadarlık bir maddi tüketime neden olduğunun net olarak anlaşılması durumu söz konusudur. Bu nedenle mevcut olan elektrik faturaları tasarrufa yol açmamakta ve elektrik enerjisinin fazla kullanılmasının önüne geçememektedir. Yapılan farklı geribildirim araştırmalarında, kullanıcılara sunulan hangi tip bilgilerin daha fazla önemli olduğu araştırılmış, hangi bilgilerin elektrik tasarrufuna daha çok katkı sağlayabileceği ortaya konulmuştur.

4.2. Literatür

1990'lı yıllarda yeni bir bilgilendirme mekanizması ortaya çıkmıştır. Enerji verimli ölçümlerin yapılmasıyla birlikte, tüketicilerin detaylı olarak elektrik tüketim davranışları analizlerinin yapılarak kullanıcılara sunulması ve bu etkinin incelenmesine başlanılmıştır. Tüm bu bilgiler ışığında, tüketicilerin detaylı kullanım analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Son 7 – 10 sene aralık bandında, sürekli gelişen internet tabanlı aktivilerin ve teknolojilerin sayesinde, dataların toplanması daha kolay olmuştur. Geliştirilmiş ölçüm cihazları kullanıcıların kullanımına sunulmuş ve devletler gelişmiş elektrik sayaçlarının evlere takılmasına yönelik politikalar geliştirmişlerdir. Bu cihazlar hafızalarında kullanıcıların elektrik tüketim miktarlarını kaydedebilir ve geribildirim cihazları ile birlikte küçük monitörleme ekranlarında bu bilgiyi kullanıcılara sunmaya başlamışlardır. Bilgisayarlar veya farklı cihazlar sayesinde, şuanda elektrik tüketimleri üzerinde detaylı analizlerin yapılması mümkün olmuştur.

Son 7 - 8 yıldır sürdürülegelen pilot çalışmaların yardımıyla birlikte, dinamik geribildirim teknoloji ürünlerinin kullanıcılar üzerindeki etkileri araştırılmış, karakterize edilmiş ve

aydınlatılmıştır. Bu pilot çalışmalar ile birlikte, çok önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir, fakat bu geribildirim ürünlerinin, araştırma alanın etkilerinin geçici mi olacağına kalıcı mı olacağına dair çok fazla çalışma yapılmamıştır bu sayının artırılması gerekmektedir ve hangi seviyede kullanıcıları etkileyeceği üzerine yapılan çalışmaların sayısının artırılması gerekmektedir.

4.2.1. Geribildirim Teknolojilerinin Genel Etkisi

Geribildirim teknolojilerinin elektrik tüketimi tasarrufu üzerindeki etkileri 2 ana disiplin altında incelenmiştir; davranışsal bilim ve ekonomik perspektif.

4.2.1.1. Geribildirim Teknolojilerinin Ekonomik Etkisi

Her bir ayrı elektrik tüketen cihazın ne kadarlık toplam bir elektrik tüketimine yol açtığını kullanıcılar bilmediği zaman, tüketiciler kendi planladıkları ve arzuladıkları elektrik tüketim miktarlarına ulaşamaz ve bu plandan geri kalırlar ve büyük ihtimalle bu plandan daha fazla veya daha az olmak üzere elektrik tüketim miktarlarını gerçekleştirirler. Geribildirim teknolojileri tüketicilerin elektrik faturaları ve koydukları bütçe üzerindeki dengeyi korumalarını sağlamaktadır. Geribildirim teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte, tüketicilerin spesifik olan belirli tüketim davranışları için ne kadarlık maddi bir harcama doğurdıkları tam olarak ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizliğin giderilmesiyle birlikte, kullanıcılar farklı tüketim davranışlarına ve tercihlerine yönelerek, ortaya çıkabilecek olan maddi tasarrufu farklı alanlara yöneltebilecek ve enerji verimli cihazların alınmasında kaynak olarak kullanmaları söz konusu olabilecektir. Elektrik tüketen cihazların kullanım sürelerinin kısaltılması da elektrik kullanım tasarrufu üzerinde etkili olacaktır. Uzun süren çalışmaların ve analizlerin sonrasında ise kullanıcılar, eski elektrik tüketen cihazların yerisine yeni olan ve enerji verimli olan cihazların değiştirilmesini yapabileceklerdir.

4.2.1.2. Geribildirim Teknolojilerinin Davranışsal Etkisi

Eski cihazların değiştirilerek yerine enerji verimli cihazların satın alınarak enerji verimli cihazlara geçilme stratejisi yatırım gerektiren ve tekrarlanmayan davranışlar kategorisine girmektedir. Doğal olarak tekrarlanan ve günden güne büyük ölçüde aynı rutini izleyen davranışlar, doğal davranışlar olarak kategorize edilir [51]. Kullanıcıların tüketim davranışlarındaki değişikliğe örnek olarak, tüketicilerin puant zaman dilimi içinde

davranışlarının daha düşük ücretlendirme olan tarife zamanınaa kaydırılması gösterilebilir, puant zaman dilimi elektrik tarife ücretlendirmelerinin en fazla olduğu dönemdir. Kullanıcıların davranışlarını değiştirdikleri belirli stratejiler vardır; önceden süregelen stratejiler ve neticesel stratejiler. Önceden süre gelen stratejilerde, tüketim davranışları sürerken kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesi amaçlanmıştır, genel olarak bu stratejiler kişisel bazda değildir ve büyük bir popülasyon üzerinde amaçlanmış geliştirilmiştir. Neticesel davranış stratejilerinde ise tüketicilere belirli davranışlarının maddi karşılıklarını sunarak tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi amaçlanmıştır. Davranışsal konsept bakımında, kullanıcıların belirlenen davranış biçimlerini sağladıkları takdirde ödüllendirme stratejileri ve belirli hedefi yakalamak için olan stratejiler, hedef koyma stratejileri bu kapsamda ele alınır. Bunların yanı sıra, kullanıcıları elektrik miktarında tasarruf olduğunda özellikle büyük ölçekli firmalarda, kuruluşlarda maaşlarına zam olarak cüzi cesaretlendirme stratejileri de uygulanabilir.

4.2.2. Geribildirim Teknolojilerinin Başarılı Olma Koşulu

Geribildirim teknolojileri kullanıcıların elektrik tasarrufuna neden olabilecek etkilere sahip olması gerektiği ifade edilmektedir. Yapılan bir tanıtımda; “eğer gerçek zamanlı olan tüketim, hedef koyulan tüketim miktarından az ise, geribildirim teknolojilerinin bizim açımızdan verimli, etkili olduğu söylenebilir” [52] ifadesi paylaşılmıştır. Geribildirim teknoloji uygulamalarındaki en önemli bölüm, kullanıcıların bir hedef koyması ve bu hedefi yakalamak için çaba göstermeleri, uğraşmalarıdır. Bir başka çalışmada, geribildirim teknolojilerinin başarılı olması üç farklı bölümün gerçekleşmesi ile olacağı söylenmektedir; öğrenme aşaması, alışkanlıkların kazanılması aşaması ve kazanılan alışkanlıkların içselleştirilme aşaması [53].

Öğrenme aşamasında, kullanıcılar kendi spesifik tüketim profilleri üzerinde bilgi sahibi olmaktadır. Eğer geribildirim teknoloji ürününün gösterdiği bilginin yansıtılma frekansı sıkırsa, kullanıcılar davranışlarının hangi ölçüde ne denli bir tüketime yol açtıklarını görebilmektedir. Toplam elektrik tüketim miktarını azaltma amacı doğrultusunda, elektrik kullanımında tasarruf sağlayabilirler. Eğer kullanıcılar bu yeni öğrendikleri davranışlarını uzun bir süre zarfına yayabilir ve bu davranışlarını tekrar ettirirlerse bu davranışlar kullanıcıların yeni alışkanlıkları haline gelmiş bulunur. Kullanıcıların yeni öğrendiği bu davranışları alışkanlık haline getirmeleri için gereken minimum sürenin 3 ay olduğu ortaya çıkarılmış ve bu 3 aydan sonra da geribildirim ürünlerinin çalışma yapılan evlerden

çıkarılmaması gerektiği söylenmektedir [54]. Yeni kazanılan alışkanlıkların içselleştirilmesi aşaması üçüncü aşamadır ve bu aşama da bahsettiğimiz gibi geribildirim teknolojisi cihazlarının enerji verimli etkilerinin gösterilebilmesi için gereken bir koşul aşamasıdır. Kullanıcılar yeni davranışlarını alışkanlık haline döndürürken, mevcut olan davranışlarını değiştirmek bakımından bir strateji izlemelilerdir. Yapılan bazı çalışmalarda, farklı davranış değiştirmeye teşvik eden stratejilerin; ödüllendirme stratejileri veya teşvik edici mesajların yollanması gibi stratejilerin, geribildirim uygulaması kurulduktan belirli bir süre sonra bu stratejilerin uygulanmalarının durdurulması, geribildirim etkilerinin kaybolacağı tezi öne sürülmüştür [55].

4.2.3. Geribildirim Teknolojilerinin Sınıflandırma Metodolojisi

Araştırmalarda kullanılacak geribildirim teknolojisi ürünlerinin sınıflandırması; geribildirim türlerine, geribildirim bilgisinin frekansına göre, geribildirim bilgisinin gönderilme mekanizmasına ve geribildirim teknolojisi ürünlerinde maliyetin gösterilme biçimlerine göre olarak yapılmaktadır. Darby'nin gerçekleştirmiş olduğu sınıflandırma spekturumunda, iki farklı bölümlendirme yapılmaktadır: direkt yollu geribildirim ve Dolaylı yollu geribildirim. Direkt veya dolaylı yoldan geribildirim olup olmadığı çalışmada kullanılan geribildirim teknolojisi cihazının teknik özelliklerien göre belirlenir, eğer geribildirim teknoloji ürünü harcama yapıldığı anda kullanıcılara anlık olarak bu tüketim miktarı bilgilerini sunabiliyorsa bu tip geribildirim ürünleri direkt yollu geribildirim olarak sınıflandırılır, eğer gerçek zamanlı olarak sunum yapılamıyorsa tüketim miktarı tüketim gerçekleştikten sonra tüketicilere sunuluyorsa bu geribildirim tipine dolaylı geribildirim denilmektedir [56].

4.2.3.1. Dolaylı Geribildirim Mekanizması

Dolaylı geribildirim mekanizmalarında tüketim gerçekleştikten sonra tüketicilere bu tüketim bilgisi ulaştırılır. 4 farklı dolaylı geribildirim mekanizması sınıflandırması mevcuttur; standart tip olarak faturalama, gelişmiş faturalama sistemi, öngörülen faturalama sistemi ve günlük veya haftalık geribildirim metodu.

4.2.3.1.1. Standart Tip Faturalama Sistemi

Bu tip faturalama sisteminde kullanıcılar ay sonunda tüketim miktarları hakkında bilgilendirilirler. Fatura içeriklerinde kullanıcılar toplam kWh miktarını ve buna denk gelen tüketim maliyetlerini bulabilirler. Bu fatura sisteminin kullanılma amacı tüketicilerin ücret hakkında bilgilendirilmek içindir.

4.2.3.1.2. Gelişmiş Tip Faturalama Sistemi

Bu tip faturalama sisteminde, daha detaylı olan bir elektrik tüketim bilgilendirilmesi yapılmaktadır. Kullanıcılar tüketim davranışları hakkında bazı karşılaştırmalı istatistiksel bilgiler bulabilmektedir. Tipik olarak, o aya ait olan elektrik tüketim miktarı ve bunun maddi karşılığı ile, geçmiş aylara olan tüketim miktarları ve maddi karşılığı karşılaştırılır.

4.2.3.1.3. Öngörülen Faturalama Sistemi

Öngörülen faturalama sistemi aşağıdan yukarıya doğru bir yol izleyen öngörü bulma metodudur, ve evdeki elektrik tüketen cihazların tüketim miktarlarının girdisi ile istatistiksel olarak geleceğe ait tüketim verilerinin hesaplanma yöntemidir. Bu metot ile öngörülen faturanın miktarını görebiliriz, ama her bir ayı cihaz için ne kadarlık bir tüketim öngörüsü olduğunu gözlemlenememektedir.

4.2.3.1.4. Günlük Veya Haftalık Geribildirim Metodu

Dolaylı geribildirim mekanizmalarından olan günlük veya haftalık geribildirim metodunda, elektrik enerjisi sağlayıcılarından kullanıcıların günlük veya haftalık toplam elektrik tüketim miktarlarını isteme aşaması mevcuttur. Bunun yanı sıra evlerinde takılı olan elektrik sayaçlarından toplam tüketimi not alarak, kendileri analizleri gerçekleştirebilir.

4.2.3.2. Direkt Geribildirim Mekanizması

Direkt geribildirim mekanizmalarında, o anlık toplam elektrik tüketim miktarı ve bu tüketime karşılık gelen toplam maliyet kullanıcılara tüketim gerçekleştiği esnada gösterilir. Bu kategori iki alt kategoriye bölünmüştür: gerçek zamanlı direkt geribildirim metodu ve gerçek zamanlı geliştirilmiş geribildirim metodu.

4.2.3.2.1. Gerçek Zamanlı Geribildirim Metodu

Gerçek zamanlı geribildirim metodu sınıflandırmasına ait olan en fazla kullanılan geribildirim teknolojisi ürünü evlerde kullanılan monitörleme sistemleridir (IHD), evlerde kullanılan monitörleme sistemleri sayesinde kullanıcılar gerçek zamanlı toplam elektrik tüketiminin monitör vasıtasıyla gözlemleyebilmektedirler. Bu cihazlar evlerde mevcut olan ana elektrik sigorta panolarından, toplam elektrik tüketim miktarını ölçerek, bu ölçülen veriyi dijitalize ederek kendi monitörlerinde gösterirler, bu bilginin kullanıcılara aktarılması sağlanır. Bu sayede kullanıcılar belirli bazı elektrik tüketen davranışları açısından daha fazla bilgilendirilmiş olurlar.

4.2.3.2.2. Gerçek Zamanlı Geliştirilmiş Geribildirim Metodu

Bu sınıflandırmaya ait olan geribildirim teknolojisi ürünlerinde, toplam elektrik tüketim miktarının gösterilmesinin yanı sıra ana elektrik tüketen cihazların her birinin ayrı ayrı olarak ne kadarlık elektrik tükettikleri bilgisine ulaşılır. Ayrıca, çoğu zaman bu sınıflandırmaya ait olan geribildirim teknolojisi cihazları, sistemde kayıtlı olan her bir ayrı elektrik tüketen cihazlarının uzaktan kontrol edilmesini sağlayan otomasyon sistemlerine de sahiptirler, genel olarak bu komutlar enerjiyi aç ve enerji kapa şeklindedir. Bu kategoriye ait olan cihazların bir başka en önemli özelliği ise kullanıcı arayüzlerine sahip olmalarıdır. Kullanıcı arayüzleri genellikle internet üzerinden firmalara ait olan kendi web siteleri üzerinden yapılan bilgi aktarımı ile sağlanmaktadır, bu web sitelerinde, servislerinde kullanıcılar her bir ayrı elektrik tüketen cihazın elektrik tüketim miktarları analizlerinin yapabilirler ve bu değerleri geçmiş değerler ile kıyaslayarak buna denk gelen karşılık gelen maliyeti hesaplayıp, maddi analizler yapabilirler.

4.2.4. Literatürdeki Geribildirim Teknolojisi Çalışmaları Tasarruf Sonuçları

Literatürde yer alan daha önceden yapılan geribildirim çalışmalarının tasarruf etkisini iki ana başlık altında incelemek istiyoruz: geribildirim cihazlarının davranışsal ve psikolojiksel etkiler sayesindeki toplam elektrik tasarruf etkileri ve geribildirim cihazlarının teknolojik ve methodsal farklılıklar nedeniyle tasarruf üzerindeki etkileri.

4.2.4.1. Geribildirim Cihazlarının Teknolojik ve Metotsal Farklılıkları Bakımından Tasarruf Etkileri

Direkt geribildirim mekanizması kullanarak 12 evde 6 ay boyunca süren çalışmalarda; ortalama elektrik tasarruf miktarı % 7 olarak hesaplanmıştır [57]. 4 – 6 haftalık süregelen Washington’da yapılan çalışma boyunca kişilerin geribildirim bilgilerini kişisel olarak monitörlerden izleyeme yönteminin test edilmesi amacıyla yapılan çalışmada ortalama olarak 11 % elektrik tasarrufu not edilmiştir [58]. Japonya’da Kyoto’da her bir ayrı elektrik tüketen cihazların elektrik tüketim bilgilerinin geribildirim ile verilmesi metoduyla birlikte, ortalama olarak % 9 elektrik tasarrufuna neden olunmuştur [59]. Kanada Ontario’da 2004 yazında yapıldı bir çalışmada gerçek zamanlı geribildirim teknolojisinin evlerde kullanılan monitörleme sistemleri ile kullanıcılara sunulması yapıldı çalışmada ortalama olarak % 6.5’lik bir elektrik tasarrufuna neden olduğu gözlemlenmişti [60]. ABD’de Florida’da 12 ay boyunca 17 ev kullanılarak yapılan çalışmada ortalama olarak % 7 elektrik tasarrufu sağlanmıştır [61]. Kaliforniya San Diego’da San Diego Gaz & Elektrik firmasındaki 300 kişinin katılımı ile gerçekleştirilen çalışmada ev için monitörleme sisteminin kullanılması ile birlikte ortalama olarak toplamda % 13’lük bir elektrik tasarruf miktarı sağlanmıştır [62]. Norveç’te yapılan Oslo Enerji firmasındaki kullanıcılar arasında yürütülen bu çalışmada toplam ortalama olarak % 10’luk bazda bir elektrik tasarrufu sağlanmıştır [63]. Gerçek zamanlı direkt geribildirim teknolojisi metodunun 80 kişilik öğrenci yurt kompleksinde kullanılması çalışması Hayes ve Cone [64] tarafından gerçekleştirilmiştir ve toplamda ortalama olarak % 18’lik bir elektrik tasarrufu elde edilmiştir. Des Moines Iowa’da yürütülen 106 günlük bir çalışmada toplamda % 16’lık elektrik tasarruf miktarı elde edilmiştir [65]. Ev içi monitörleme sisteminin kullanıldığı 11 ay süren bir çalışma Carrboro, N.C’da gerçekleştirilmiştir, bu çalışmada 25 ayrı aile evi katılmış olup % 12’lik bir elektrik tasarrufu elde edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise ev içi monitörleme sistemi evlerde mutfakta 3 ay boyunca kullanılmış olup, ki bu süre Temmuz – Eylül arasındı, toplamda % 11’lik bir elektrik tasarrufuna neden olmuştur [66].

4.2.4.2. Geribildirim Cihazlarının Davranışsal ve Psikolojiksel Etkileri Bakımından Tasarruf Etkileri

Osaldiston ve Sheldon [67], insanların çevresel sürdürülebilirliğin korunması konusunda kendilerini sorumlu hisseden, ve elektrik tasarruflarının gerçekleştiğinde kendilerini daha mutlu hisseden bu konuda daha fazla motivasyona sahip olan insanların diğer insanlara göre daha başarılı bir şekilde geribildirim teknolojisi çalışmalarını

tamamladığını ve tasarruflara neden olduklarını belirtmiştir, diğer insanlar ise aynı kararlılıkla koydukları elektrik tasarruf hedeflerinin gerçekleştirememiş veya çalışmalarını tamamlayamamıştır. Hedef koyma ve ödüllendirme stratejileri davranışsal ve psikolojiksel etkilere sahiptir, bu bilgiyi önceden de belirtmiştik. Ödüllendirme stratejilerinde, tüketiciler herhangi bir tasarruf olduğunda, önceden belirlenen miktara göre maddi ödüllerle müfakatlandırılırlar. Ödüllendirme stratejilerine örnek olan bir çalışmada 6 haftalık periyot boyunca Lexington'da yer alan evler arasında yapılan çalışmada % 33'lük bir elektrik tasarruf oranı hesaplanmıştır [68]. Bir diğer çalışmada, hedef koyma stratejisi toplamda ortalama olarak % 13'lük bir elektrik tasarruf etkisine yol açmıştır [69]. Harkins ve Lowe [70], hedef koyma stratejisinin toplamdaki elektrik tasarrufuna etkisini görmek için yaptıkları çalışmada toplamda % 15'lik bir tasarruf etkisi görmüşlerdir. Hollanda'da yapılan 100 kişinin katılımıyla gerçekleştirilen bir diğer çalışma McCalley ve Midden tarafından yönetilmiş ve toplamda sonuç olarak % 20'lik bir elektrik tasarruf miktarı hesaplanmıştır [71]. Kanada'da yapılan geribildirim çalışmasında ise ödüllendirme stratejisi baz alınmış ve % 12,9'luk bir elektrik tasarruf miktarı hesaplanmıştır [72].

4.3. Yöntem

4.3.1. Genel Bilgi

Çalışmamızda Ankara'da yer alan 5 adet ev bulunmaktadır. Her bir elektrik tüketen cihaz düzeyinde, geliştirilmiş gerçek zamanlı geribildirim türünde bir çalışma yapılmıştır, bu sayede kullanıcıların ayrı ayrı her bir elektrik tüketim cihazları ve davranışları hakkında bilgilere sahip olması amaçlanmıştır. Çalışmamızda gerçek zamanlı geliştirilmiş geribildirim teknolojisinin uygulanması seçilmiştir bunun nedeni geri kalan diğer tüm geribildirim metotlarından en fazla elektrik tüketiminde tasarrufu sağlayabilen çalışmanın bu olmasıdır. Çalışmaya başladıktan 1 ay sonra ise, evlerde mevcut olan küçük boyuttaki ev için monitörleme sistemine ek olarak bir de büyük merkezi LCD ekranlarının montajı gerçekleştirilmiştir, bu LCD monitörü sayesinde kullanıcılar geçmişe ait elektrik tüketimlerini geribildirim cihazlarının web servislerinden inceleyebilmişlerdir. Daha önceden de belirttiğimiz gibi ev içi monitörleme sistemine ek olarak evde olacak bir merkezi büyük bir LCD monitörü ile birleştirilmesi geribildirim çalışmalarında en etkili, efektif olan yaklaşımdır [73].

Çalışmamıza 5 farklı evde 3 – 5 ay arasındaki süre zarfları içinde devam etmeyi planladık. Bunun altındaki ana neden, kısa zamalı geribildirim teknolojisinin etkilerini gözlemlemek istememiz ve kısa zamanlı geribildirim etkilerinin en fazla etkili yöntem olarak kabul edilmesi, Van Raaij ve Verhallen 1983'te yaptıkları çalışmalarında geribildirim teknolojisi cihazlarının uygulanma süresi ne kadar kısalsa geribildirim tasarruf üzerindeki etkisinin o denli büyük olacağı söylenmektedir.

Darby, davranışlarda meydana gelen değişikliklerin alışkanlık haline gelmesi için gereken minimum sürenin 3 ay olduğunu belirtmiştir. Çalışmaya katılan kullanıcıların kişisel nedenleri sebebiyle, çalışmayı gerçekleştirdiğimiz 5 adet evden her birinde farklı süre zarfı ile geribildirim çalışmamız uygulanmıştır. 5 adet evdeki uygulanan geribildirim çalışmasının süreleri Çizelge 4.1'de paylaşılmıştır.

Çizelge 4.1. Evlerdeki Geribildirim Çalışmalarımızın Uygulama Süreleri

Geribildirim Çalışması Uygulama Süreleri					
	Ev 1	Ev 2	Ev 3	Ev 4	Ev 5
•	5 ay	3 ay 29 gün	3 ay 12 gün	4 ay 10 gün	3 ay 7 gün

Çalışmaya başlarken 7 ev ile başlanılmıştır. Çalışma başladıktan sonra kısa bir süre sonra 7 numaralı ev çalışmadan vazgeçmek istemiştir. 6 numaralı evdeki problem ise süre zarfından kaynaklanmamıştır. 6 numaralı ev 4,5 ay ile çalışmamıza katılmıştır, fakat 4.5 ay sonucunda kendi evlerine ait geçmiş döneme ait elektrik faturalarını tarafımıza temin edememişlerdir. Elektronik sayacın kendi üzerlerine olmaması nedeniyle, geçmişe ait elektrik fatura ve tüketim değerleri elektrik dağıtıcısı olan Enerjisa firması tarafından da verilmemiştir, bu nedenle 6 numaralı evde geribildirim etkisinin bir analizini yapılması mümkün olmamıştır.

Çalışmanın başında 7 adet evin katılımıyla, bir çalışma öncesi anketi doldurulmasını sağlanmıştır. Bu ankette, katılımcıların enerji harcamaları üzerindeki temel bilgilerini ve farkındalıkları ölçmek istenilmiştir. Anket öncesinde herhangi bir elektrik tasarrufu üzerinde bilgilendirme yapılmamıştır, bunun nedeni Hawthome etkisini [74] engellemek istememizdir, bu etki ifadesinde eğer kullanıcılar belirli bir davranış için önceden

uyarılırlarsa, kullanıcıların farklı davranabileceklerini varsayar ve gerçek sonucun görülmesinin mümkün olmayacağı savunulur. Bu nedenle ne deney öncesi ne de deney sürerken kullanıcılara elektrik tasarrufuna yol açabilecek herhangi bir tavsiye veya yol gösteriminde bulunulmamıştır.

Çalışmamızda kullandığımız geribildirim teknolojisi ürünlerinin elektrik tasarrufu üzerindeki etkilerini analiz edilmiştir bu işlem geribildirim çalışma süresi baz alınarak, o spesifik periyot ile geçmişe ait aynı dönemdeki elektrik tüketim miktarlarını karşılaştırarak gerçekleştirilmiştir. Bahsettiğimiz gibi 2 yıllık geçmiş elektrik tüketim verileri 5 ev için elektrik enerjisini sağlayan firma olan Enerjisa'nın online web hizmetinden temin edilmiştir. Çıkan sonuca bakıldığında negatif bir sonuç çıktıysa, kullanıcılar geçen seneye göre daha fazla elektrik tüketmiş demektir, veya tam tersi olarak çıkan sonuca baktığımızda sonuç pozitif ise kullanıcılar geçen seneki zamana göre daha az elektrik tüketmiş ve o ölçüde tasarruf etmişlerdir.

4.3.2. Anket

Katılımcılar 37 sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. Geribildirim çalışmamıza katılan kullanıcıların elektrik tüketen davranışları, aksiyonları üzerindeki düşüncelerini ortaya çıkarmak, evlerde uygulanabilecek potansiyel olan elektrik tasarrufuna neden olabilecek davranışlar bakımından düşünceleri, katılımcıların kişisel tüketim karakterisitikleri üzerinde fikir sahibi olmak ve yeni enerji verimli teknolojilere geçişlerini sağlayabilecek faktörlerin göz önüne çıkartılması ile ilgili sorulardan oluşan bir anket uygulanmıştır. Anket aşağıdaki kategorilere göre analiz edilmiştir:

(1) Evlerdeki sosyodemografik özellikler: kullanıcıların elektrik harcama profilleri ile evlerdeki sosyodemografik özellikler arasında, yaş, eğitim seviyesi, evdeki nüfus, meslekler ve evin geliri gibi, bağlantıya kurmaya çalışılmıştır.

(2) Evde yapılan aktiviteler: evde yapılan spesifik aktivitelerin olup olmadığını araştırılmıştır; hobiler gibi, ve bu spesifik aktivitelerin öngörülen kullanım süresini katılımcılardan tahmin etmelerini istenmiştir, televizyon, oyun konsolları, müzik sistemi gibi.

(3) Elektrik tüketen cihazların kullanım profilleri: katılımcılardan elektrik tüketen cihazların haftalık bazda ne sıklıkla tüketildiğini, frekanslarını cevaplanmaları istenmiştir.

(4) Ana elektrik tüketicileri: anketimizin bu bölümünde, katılımcıların elektrik tüketen cihazlar hakkında bu tüketim miktarları kıyaslaması bakımından ne ölçüde bilgiye sahip olduklarını cevaplamalarını ve 1 – 5 arasında puan vermelerini istenmiştir, 5 en fazla elektrik tükettiğini düşündükleri cihaz veya cihazlara verilecek olan puan 1 ise en az elektrik tükettiğini düşündükleri cihaz veya cihazlara verilecek olan puandır.

(5) Elektrik tüketim farkındalığı: anketin bu bölümünde kullanıcıların elektrik tüketim miktarları üzerindeki farkındalığı ölçmek istenmiştir, elektrik faturalarını sakalyıp saklamadıkları, inceleyip incelemedikleri, kendilerinin tüketim davranışları hakkında ne düşündüklerini, kendilerinin tüketim miktarlarının az veya fazla bulup bulmadıklarını cevaplamaları istenmiştir.

Anketin demografik kısmında, katılımcılara sosyodemografik özellikler ile evlerin toplam elektrik tüketim miktarları üzerinde herhangi bir ilişki olup olmadığını gözlemlemek için belirli sorular yöneltilmiştir, ve potansiyel olarak gelecekte elektrik tasarrufuna neden olabilecek kararlar ve davranışlar üzerindeki etkisinin incelenmesi istenmiştir, anketin bu kısmı Çizelge 4.2’de gözlemlenebilir.

Çalışmaya katılan tüm evlerin gelirleri yüksek skalada yer almaktadır, evlerin gelir özellikleri birbirine göre çok farklılık göstermemektedir, tüm evler arasından 5 numaralı ve 6 numaralı evlerin gelir seviyeleri diğer evlere göre en yüksekte yer almaktadır. 2 numaralı ev bir ofistir, ofisteki toplam popülasyon değişebilir fakat ofiste sürekli olarak sabit çalışan 10 adet çalışan bulunmaktadır. 7 numaralı evdeki ailenin 5 yaşında küçük bir çocukları bulunmaktadır, 7 numaralı ev dışında çalışmada yer alan tüm nüfus yetişkenlerden oluşmuştur, Tüm evler kendilerine aittir, kimse kirada oturmamaktadır. 3 ve 4 numaralı evler tek katlıdır, 6 numaralı ev 4 katlıdır.

Anketin elektrik tüketim farkındalık kısmında çalışmaya başlamadan önce katılımcıların kendi tüketim davranışlarını değerlendirmeleri istenmiştir. Kendilerinin tutumlu olup olmadıklarını, toplam tüketim miktarlarının hangi ölçüde olarak değerlendirdikleri öğrenilmek istenmiştir. Ayrıca enerji verimli davranışlardaki değişim ile gelecekte ne ölçüde elektrik tasarrufu elde edebileceklerini düşündüklerini, “ tüketim davranışlarınızı değiştirdiğiniz takdirde, gelecekte hangi seviye bazında bir elektrik tasarrufu elde edebileceğinizi düşünüyorsunuz?” sorusu ile yöneltilmiştir. Bu soruların cevaplarını Çizelge 4.3’de görebilirsiniz.

Çizelgeyi incelediğinde kendi elektrik tüketim miktarlarının çok fazla olduğunu düşünen katılımcıların, gelecekteki potansiyel elektrik tasarruf miktarının çok daha fazla olduğunu düşündüklerini gözlemlenmiştir. Katılımcılar arasından kendi elektrik tüketim miktarlarının olması gereken seviyeden az biraz daha fazla olduğunu düşünen katılımcılar, gelecekte % 3 – 10 arasında bir tasarrufa ulaşabileceklerini düşünmektedirler. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi hiçbir katılımcı kendi elektrik tüketim seviyelerinin normal bir seviyede olduğunu düşünmemektedir, tüm katılımcılar kendi elektrik tüketimlerinin fazla olduğu veya boşa elektrik harcadıkları konusunda hemfikirdirler ve çalışmaya elektrik faturalarını azaltma amacıyla katıldıklarını bildirmişlerdir.

Anketteki üçüncü kısımda, en fazla elektrik tükettiğini düşündüğünüz üç elektrikli cihazı seçin sorusu yöneltilmiştir. 1., 2. ve 3. sıradaki düşündükleri elektrikli cihazlar için birden fazla seçenekleri işaretleyebilecekleri iletilmiştir, Bu kısımda verilen cevaplar Çizelge 4.4’te görülmektedir. Katılımcıların cevapları analiz edildiğinde, buzdolaplarının en fazla elektrik tüketen cihaz olarak seçildiği görülmüştür, % 18,80 oranıyla birlikte, en fazla elektrik tüketen sıralamasında ikinci olan cihaz % 26,70 oranıyla aydınlatma sistemi seçilmiştir, ve üçüncü en fazla elektrik tüketen elektrikli cihaz % 20 oranıyla çamaşır makineleri seçilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışma Uygulanan Evlerin Sosyodemografik Özellikleri

# Ev	Mülkiyet		Yaş				Gelir S. (TL)				Eğitim			Kat Sayısı	
	K.A	K	< 17	17 - 30	30 - 45	45 >	8-9k	9-10k	10-15k	15k>	L	Ü	Y		
1	K.A		1			2	X					2	1		2
2	K.A		1	6		3			X			9	1		2
3	K.A		1			2		X			1	1	1		1
4	K.A					2			X			2			1
5	K.A			2		2					X	3	1		3
6	K.A			1		2					X	3			4
7	K.A			1		2					X	2			3

* K.A = kendine ait, K = kira, L = lise, Ü = üniversite, Y = yüksek lisans

4.3.3. Dizayn ve Materyaller

Farklı teknolojiye ve metodolojiye sahip geribildirim ürünlerinin elektrik tasarrufu üzerinde farklı etkileri vardır, bu nedenle geribildirim ürünlerinin sınıflandırılma ihtiyacı mevcuttur. Literatür kısmında da incelendiği gibi farklı detaylı sınıflandırmalar geribildirim teknoloji ürünleri için mevcuttur. Farklı geribildirim ürünlerinin teknik ve psikolojiksel etkilerini göz ardı etmeden, literatürün detaylı bir taraması yapılmıştır. Karlin'in yaptığı çalışmada, 196 farklı geribildirim teknolojisi cihazı gözleme dayalı olarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada sınıflandırma farklı karakteristik özelliklere göre yapılmıştır ve farklı olarak cinsine göre sınıflandırma sistemi türetilmiştir, bu sınıflandırma sonucunda geribildirim teknolojileri ürünleri teknik özelliklerine farklı kategorisel olarak adlandırılmıştır; bilgilendirme platformu, yönetim platformu, cihaz monitörü, yük monitörü, şebeke ölçüm monitörü, sensör monitörü, ağ yapılı sensör, kapalı yönetim ağı ve açık yönetim ağı [75] olarak adlandırılmışlardır.

Çizelge 4.3. Elektrik Tüketim Miktarları ve Gelecekteki Potansiyel Tasarruf Miktarı Hakkında Genel Düşünceler

# Ev	Kullanıcıların Tüketim Seviyeleri Hakkındaki Genel Düşünceleri	Potansiyel Tasarruf (%)
1	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan biraz daha yukarıda”	3 – 5
2	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan çok daha fazla”	10 – 15
3	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan çok daha fazla”	10 – 15
4	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan biraz daha yukarıda”	5 - 10
5	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan biraz daha yukarıda”	3 – 5
6	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan biraz daha yukarıda”	5 – 10
7	“ Tüketim miktarım olması gereken miktardan biraz daha yukarıda”	5 - 10

Çalışmamızda, geribildirim ürünü olarak Green Energy Options firmasının ürettiği Geo II evde kullanılan monitörleme cihazını seçilmiştir. Geo II evde kullanılan monitör cihazı ile birlikte, her bir evde gerçek zamanlı olarak tüketilen elektrik enerjisinin toplam miktarını gözlemlenebilmiştir. Geo II evde kullanılan monitör cihazı ile birlikte çalışan akıllı prizler ile birlikte de 6 adete kadar ayrı ayrı her bir elektrik tüketen cihazın gerçek zamanlı elektrik tüketim miktarlarının ölçülmesi ve veri bankasında saklanarak, daha sonraki zamanda elektrik tüketim profillerinin çıkarılması sağlanmıştır. Akıllı priz soketleri ayrıca

ekstra olarak da internetten gönderdiğimiz komutlar ile birlikte uzaktan açma ve kapama işlemlerini de yapmaktadır. Bütün bu özelliklerin yanı sıra Green Energy Options firması kullanıcılara 1 senelik ücretsiz olarak kullandıkları veri bankası uygulamasını sunmaktadır.

Bu sayede kullanıcıların gerçek zamanlı tüketim verilerini başka ekranlarda da görerek, hem gerçek zamanlı verileri inceleyebilecekken hem de geçmiş zamanlı tüketim miktarlarıyla karşılaştırarak analizler yapabilmeye olanak kılınmıştır.

Çalışmalarda kurduğumuz elektrik geribildirim cihaz konfigürasyonu Şekil 4.1’de görülmektedir. Şekil 4.2’de çalışmayı yaptığımız bir evde Geo II cihazının bağlantısının yapılması görülmektedir. Sistem ölçme, iletme, görüntüleme ve web servisi bileşenlerinden oluşmaktadır. Gerçek zamanlı olarak harcanan elektrik miktarı o andaki ana elektrik sigortası girişinden takılan klipsli sensörler ile akım ölçülme işlemi yapılarak yapılmaktadır.

Çizelge 4.4. Katılımcılar Tarafından En Fazla Elektrik Tükettiği Düşünülen İlk Üç Cihaz

Katılımcı Varsayımları	Elektrik Tüketen Cihazların Seçilme Yüzdesi (%)
En fazla elektrik harcayan cihaz	
Buzdolabı	18,80
Bulaşık makinesi	6,24
Televizyonlar	12,50
Fırın	12,50
Bilgisayarlar	12,50
Klima	6,24
Aydınlatma	6,24
Ütü	12,50
Çamaşır kurutma makinesi	6,24
Çamaşır makinesi	6,24
En fazla elektrik harcayan ikinci cihaz	
Bulaşık makinesi	13,33
Televizyonlar	13,33
Fırın	13,33
Bilgisayarlar	6,66

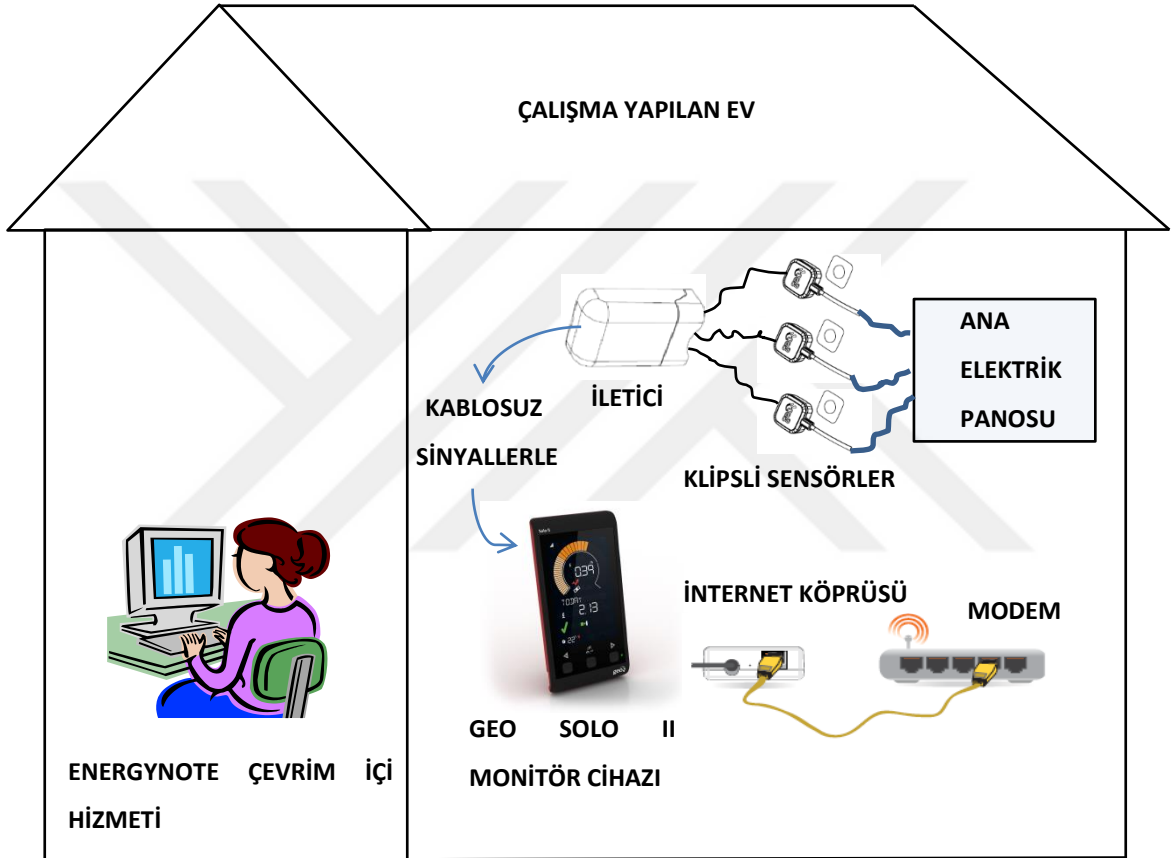
Aydınlatma	26,70
Ütü	13,33
Çamaşır kurutma makinesi	6,66
Çamaşır makinesi	6,66
En fazla elektrik harcayan üçüncü cihaz	
Bulaşık makinesi	15,00
Televizyonlar	10,00
Fırın	10,00
Ütü	10,00
Çamaşır kurutma makinesi	10,00
Çamaşır makinesi	20,00
Klima	5,00
Müzik sistemleri	10,00
Oyun konsolları	5,00

Bu ölçülen akım değerleri, ileticiye soketler yardımıyla girdi olarak girmektedir. İleticiler gerçek zamanlı elektrik tüketim bilgisini, evlerde kullanılan monitör cihazına kablosuz sinyallerle yollamaktadır. Bunun yanı sıra akıllı soketler dediğimiz cihazlar da her bir ayrı elektrik tüketen cihazın elektrik tüketim miktarlarını kablosuz sinyaller ile birlikte evlerde kullanılan monitör cihazına yollamaktadır. Tüm dataların gönderilme işlemi Geo II evlerde kullanılan monitör cihazına gönderildikten sonra, Geo II cihazı tüm bilgileri internet köprü elemanı ile birlikte Green Energy Options firmasının sunduğu web servisine yükleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu internete yükleme işlemi modeme ethernet kablosu ile bağlanmış olan internet köprü elemanı gerçekleştirilmektedir. Evlerde kullanılan monitör cihazına ek olarak her eve 1 ay sonunda merkezi büyük bir LCD taktığımızın bilgisini söylemiştik, kullanıcılar LCD monitörleri ile Green Energy Options firmasının web servisine bağlanarak elektrik tüketimlerini analiz edip inceleyebilmektedirler. Analiz yapılan web servisinin örnek görüntüsü Şekil 4.3’de paylaşılmıştır.

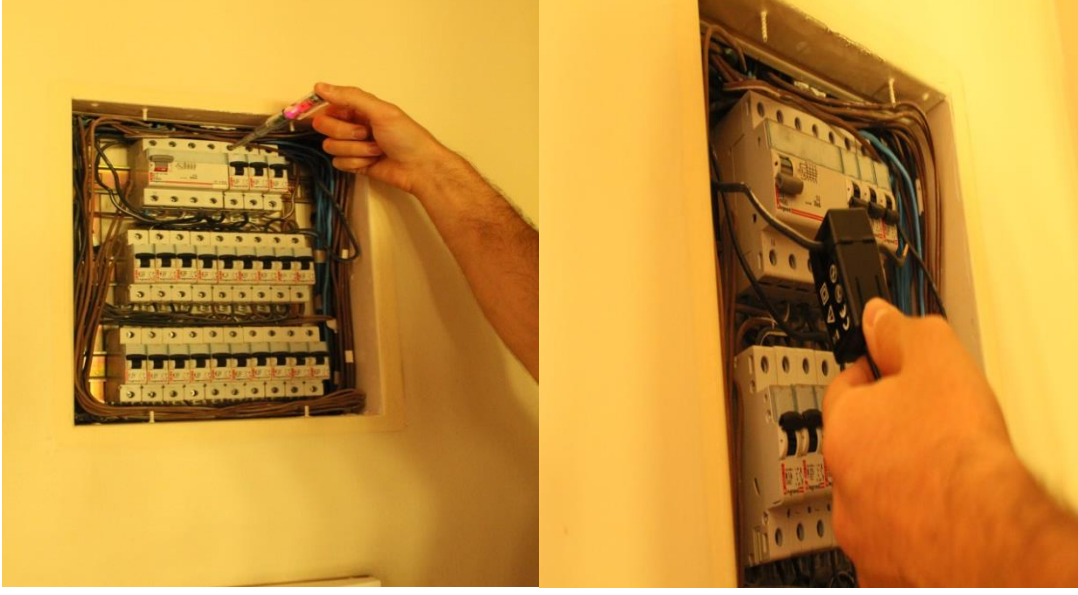
4.3.4. Hedef Belirleme

Çalışmaya katılan kullanıcılar üzerinde herhangi bir etkiye sebep olmamak amacıyla, elektrik tüketim hedefi ve elektrik fatura hedef belirleme işlemlerini katılımcılara bırakılmıştır. Katılımcılardan kullanım ve fatura tutar hedeflerini belirlemelerini istediğimizde, geçmiş aya ait olan elektrik faturalarını incelemeleri gerektiğini söylediler,

katılımcılardan bazıları geçmiş elektrik faturalarını saklayıp saklamadıklarından emin olmadıklarını iletmiştir. Sonuç olarak 1 numaralı ev aylık elektrik tüketim maliyet bütçe hedefini 160 TL olarak, 2 numaralı ev aylık elektrik tüketim maliyet bütçe hedefini 300 TL olarak, 3 numaralı ev aylık elektrik tüketim maliyet bütçe hedefinin 90 TL olarak, 4 numaralı ev aylık elektrik tüketim maliyet bütçe hedefinin 90 TL olarak ve 5 numaralı ev aylık elektrik tüketim maliyet bütçe hedefini 150 TL olarak belirlemiştir.



Şekil 4.1 Geribildirim Teknoloji Sistemimizin Konfigürasyon Şeması

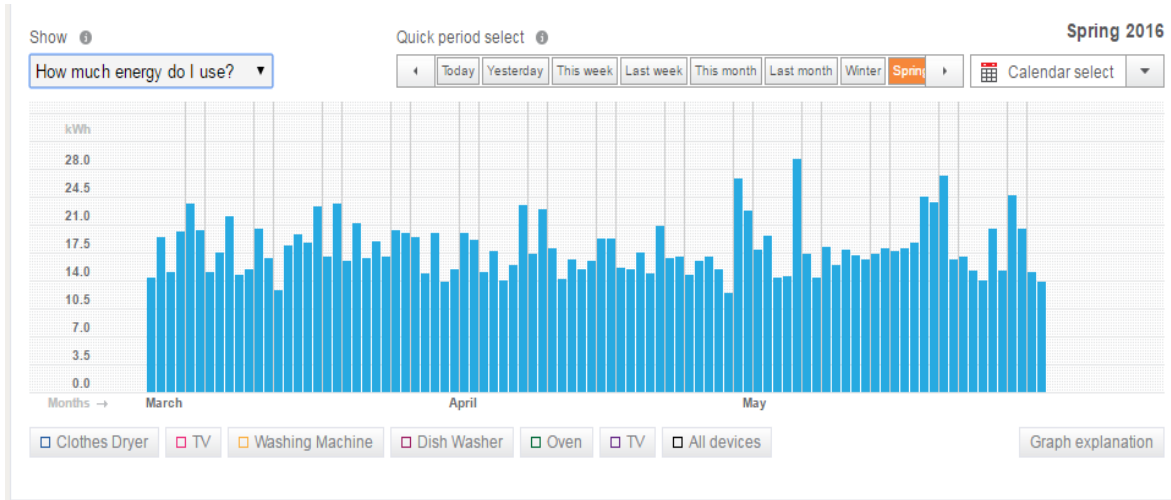


Şekil 4.2 Geo II Cihazı Akım Trafo Bağlantı Gösterimi

4.4. Çıkarımlar

4.4.1. Anket Sonuçları

Çalışmamıza başlamadan önce anket yapılmıştır ve bu anket sonucunda, buzdolapları % 18,80'lik oranla en fazla elektrik tükettiği düşünülen cihaz olarak seçilmiştir, en fazla elektrik tüketen ikinci cihaz ise evlerdeki aydınlatma sistemleri olarak kabul görmüştür ve en fazla elektrik tüketen üçüncü cihaz ise % 20'lik oranla çamaşır makinesi olarak oylanmıştır (Çizelge 4.3'de sonuçlar paylaşıldı). Çalışmamızın ilk kısmında katılımcılar tarafından belirlenen ölçülmesi istenen elektrik tüketen cihazların kWh miktarlarını elektrik tüketimi ölçen cihaz ile ölçülmesi işlemi yapılmıştır. Aydınlatma sisteminin ölçümü mümkün olmamıştır, fakat hiç şüphe yoktur ki evin toplam elektrik tüketim miktarı üzerinde aydınlatma sistemlerinin çok büyük bir payı bulunmaktadır. Çalışmamız boyunca tüm evlerde yapılan geribildirim ölçümleri ve bu analizlerin sonucunda ise, her bir evde bulunan ve en fazla elektrik tüketen üç cihaz Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.



During this period your house used a total of **1678 kWh**.

Of your use:

- 6.2% was from your TV (103.8 kWh)
- 5.8% was from your Dish Washer (97.0 kWh)
- 6.2% was from your Oven (103.5 kWh)
- 1.3% was from your Clothes Dryer (21.4 kWh)
- 0.3% was from your Washing Machine (4.9 kWh)
- 2.1% was from your TV (35.9 kWh)

Şekil 4.3 Geo II Cihazı Web Servisi Ekran Görüntüsü

En fazla elektrik tüketen 3 cihaz elektrik geribildirim sistemine akıllı prizlerle bağlı olan maksimum 6 cihaz arasından karşılaştırmalar yapılarak seçilmiştir. En fazla elektrik tüketen cihaz aylık 77.5 kWh miktarına denk gelen ve Nisan ayında 3 numaralı ev için toplam tüketimin % 30,59'una denk gelen buzdolapları olmuştur. En fazla elektrik tüketen ikinci cihaz ise 49.6 kWh harcama ile 2 numaralı evde bulunan, yani ofiste bulunan, yazıcılar olmuştuk, fakat bu ölçüm sonucunu en fazla elektrik tüketen 2. cihaz olarak kayıtlara geçemedik çünkü yazıcı sadece 2 numaralı evde mevcuttur, bu nedenle düzgün bir kıyaslama yapılmış olduğu kabul edilemez ve bu nedenle en fazla elektrik tüketen 2. Cihaz olarak 43.1 kWh harcama miktarıyla 1 numaralı evin Mayıs ayındaki toplam elektrik harcamasının % 10,5'ine denk gelen bulaşık makinesi olmuştur. En fazla elektrik tüketen üçüncü cihaz ise fırın ya da elektrikli ocak olarak belirlenmiştir, 1 numaralı evin Nisan ayı tüketiminin % 7,68'ine denk gelen miktar olan 41.6 kWh'dır. Deney sonrası sonuçlar ile deney öncesi sonuçlar karşılaştırıldığında, katılımcıların % 18,80'i en fazla elektrik tüketen birinci cihaz için doğru tahminlerde bulunmuşlardır, buna karşılık üçüncü en fazla elektrik tüketen cihaz tahminlerinin tutmadığı ortaya çıkmıştır. Bu sonuçların ışığında, toplumsal

bir bilinçlenmenin gerekli olduğu çıkarımı yapılmıştır ve bu bilgilendirme hareketleri devlet tarafından desteklenerek yönlendirilmelidir. İlk okuldan liselere kadar olan tüm sınıflarda veliler ile çocukların beraber katılacağı elektrik tüketim bilinçlendirme günlerinin yapılması dünya çapında büyük bir tasarrufa neden olabileceğinin inancındayız.

Çizelge 4.5. Evlerdeki En Fazla Elektrik Tüketen 3 Cihaz

	# 1	# 2	# 3
Ev 1	TV: 44 kWh Haziran, (% 9,55)	Bulaşık makinesi: 43.1 kWh Mayıs, (% 10,5)	Elektrikli ocak: 41.6 kWh Nisan, (% 7,68)
Ev 2	Yazıcı: 49.6 kWh Nisan, (% 9,58)	Bilgisayar sistemi: 25.7 kWh Nisan, (% 4,96)	Bilgisayar sistemi: 25.6 kWh Mayıs, (% 7,97)
Ev 3	Buzdolabı: 77.5 kWh Nisan, (% 30,59)	Bulaşık makinesi: 36.1 kWh Mayıs, (% 16,63)	TV: 16.5 kWh Mayıs, (% 7,60)
Ev 4	TV: 46.8 kWh Mayıs, (% 24,18)	Buzdolabı: 46.2 kWh Nisan, (% 17,61)	Dondurucu: 35 kWh Haziran, (% 16,21)
Ev 5	Buzdolabı: 64.0 kWh Haziran, (% 12,02)	Bulaşık makinesi: 31.2 kWh Haziran, (% 5,86)	Su ısıtıcısı: 27.1 kWh Mayıs, (% 7,37)
Ev 6	Buzdolabı: 58.3 kWh Haziran, (% 9,3)	Bilgisayar sistemi: 23.6 kWh Haziran, (% 3,8)	Ütü: 14.7 kWh Haziran, (% 2,34)

4.4.2. Hedef Belirleme Sonuçları

Geribildirim çalışmamızın başlamasından önce katılımcılardan aylık elektrik tüketim miktarı ve buna karşılık gelen aylık elektrik fatura bütçe hedeflerini koymaları istenmiştir. Yapılan analizler sonucunda görülmüştür ki katılımcılar elektrik bütçe hedeflerinin belirlerken çalışmanın başlamasından önceki son 1 veya 2 aya bakarak karar vermektedirler. Bu tarz bir yaklaşım insanların kendi içlerinde planlayıp doğal olarak verilen bir yönlendirme olarak kabul edilebilir, fakat analizimiz sonucunda konulması gereken doğru bütçe hedefi için bu tarz bir yaklaşımın doğru olmadığı ortaya çıkmıştır. Çizelge 4.6’de katılımcıların koydukları bütçe miktarları ve her bir eve ait çalışma başlamadan önceki 3 aylık elektrik fatura miktarları gösterilmiştir.

Çalışma öncesi yapılan ankette 1 numaralı evdeki katılımcılar, elektrik tüketim miktarlarının olması gereken miktardan biraz daha fazla olduğunu düşündüklerini aktarmışlardır, 1 numaralı evdeki katılımcıların koydukları bütçe hedefi Aralık 2015’ nin tüketim miktarından % 8,05 daha az ve Aralık 2015’ teki tüketim miktarından % 19,56

daha azdır. Çalışma öncesi ankette 2 numaralı ev sakinleri tüketim miktarları üzerinde olması gereken miktardan çok daha fazla olduklarını düşündüklerini belirtmişler ve bütçe hedeflerinin 300 TL olarak belirlemişlerdir ve bu bütçe miktarı Ocak 2016' teki faturadan % 17,68 daha azdır, Kasım ve Aralık aylarındaki toplam elektrik faturası miktarlarına baktığımızda 2 numaralı evin sakinlerinin bütçe hedefi koyarken sadece 1 ay öncesine göre karar verdikleri anlaşılmıştır. 3 numaralı evin katılımcıları toplam elektrik tüketimlerinin olması gereken miktardan çok daha fazla olduğunu düşündüklerini aktarmışlardır, ve koydukları bütçe hedefi Aralık 2015'ten % 9,82 daha az ve Ocak 2016'dan % 28,15 daha az olduğu görülmüştür. 4 numaralı evin katılımcıları tüketim miktarlarının olması gereken miktardan biraz daha fazla olduğunu düşündüklerini söylemişlerdir ve sonuç olarak bütçe hedeflerinin 90 TL olarak belirlemişlerdir ve bu bütçe hedefi Aralık 2015' teki toplam elektrik faturasından % 20,64 daha az ve Ocak 2016' daki toplam elektrik faturasından % 9,89 daha azdır. 4 numaralı evde olduğu gibi 5 numaralı evin sakinleri de kendi elektrik tüketim miktarlarının olması gereken miktardan az biraz daha fazla olduğunu düşünmektedirler, ve bütçe hedeflerini 150 TL olarak koydukları bilinmektedir, ki bu rakam Aralık 2015' teki elektrik faturasının % 31,17 daha azıdır ve Ocak 2016' daki elektrik faturasından % 32,28 daha azıdır.

Çizelge 4.6. Evlerdeki Son 3 Aylık Faturalar Ve Belirlenen Bütçe Hedef Miktarları

	Kasım 2015	Aralık 2015	Ocak 2016	Bütçe Hedefi
Ev 1	156,719 TL	173,990 TL	198,904 TL	160 TL
Ev 2	160,481 TL	296,428 TL	364,460 TL	300 TL
Ev 3	76,568 TL	99,807 TL	125,261 TL	90 TL
Ev 4	82,661 TL	113,405 TL	99,886 TL	90 TL
Ev 5	155,532 TL	217,936 TL	221,509 TL	150 TL

Geribildirim teknolojilerinin uygulanacağı ve katılımcılar tarafından bütçe hedefleri belirlenirken son 1 veya 2 aya bakarak bütçe hedeflerinin konulması stratejisinin doğru olmadığı ve bu tarz bir stratejinin kullanıcıları yanıltabileceği ve bu nedenle istedikleri

seviyeden daha fazla miktarda elektrik tüketimine neden olabilecekleri anlaşılmıştır. Bu soruna çözüm olarak geçmiş son 1 senelik elektrik fatura miktarlarını alarak, ortalama aylık elektrik tüketim fatura miktarlarının hesaplanmasını öneriyoruz. Geçmiş son 1 seneye göre alınan ortalama aylık fatura maliyetleriyle birlikte konulan bütçe arasındaki yüzdesel fark miktarını Çizelge 4.67da görebilmektesiniz.

Çizelge 4.7 sonuçlarını analiz edince görülmektedir ki, 1 numaralı evin katılımcıların belirlediği bütçe % 6,18 oranda ortalama aylık elektrik fatura miktarından daha azdır. 3 numaralı eve baktığımızda belirlenen bütçe % 16,54 daha azdır 1 senelik ortalama elektrik faturalarına göre. 4 numaralı eve baktığımızda belirlenen bütçe hedefi ortalama aylık elektrik fatura miktarından % 8,73 daha azdır ve 5 numaralı evin bütçe hedefi ortalama aylık elektrik tüketim miktarından % 10,67 daha azdır. 2 numaralı evde sadece son 1 aya bakıldığı için ortalama aylık elektrik fatura tutarından çok daha fazla yukarıda bir hedef belirlenmiş ve yanlış strateji hatası durumu oluşmuştur, konulan bütçe % 64,66 daha fazla çıkmıştır. Bütçe hedefleri konulurken doğru stratejinin ve mantıksal kararların alınmasının önemi açıkça ortaya çıkmıştır. Eğer bütçe hedefini ulaşması imkansız bir derecede düşük olarak belirlersek çalışmaya katılacak olan katılımcıların motivasyonları düşecektir ve geribildirim çalışmamız başarılı sonuç vermemesi muhtemel olacaktır, eğer bütçe hedefini çok yukarıda belirlersek, nerdeyse ortalama elektrik fatura miktarı ile aynı ölçüde belirlersek, kullanıcı davranışlarında herhangi bir değişiklik yapamayacağımız açıktır. 4 numaralı, 5 numaralı ve 1 numaralı evlerin katılımcıları tüketim miktarlarının olması gereken miktardan az bir miktarda daha fazla olduğunu düşünmekteydi, 2 numaralı ve 3 numaralı evlerdeki katılımcılar ise tüketim miktarlarının olması gereken miktardan çok daha fazla olduğunu düşünmektedirler, bu bilgiler önceden paylaşılmıştır. Analizler sonucunda varılan nokta; evlerindeki tüketim miktarının olması gereken miktardan biraz daha fazla olduğunu düşünen kullanıcılar için, toplamda bütçe hedefinin 1 senelik geçmiş aylık ortalama fatura maliyetinin % 1 – 15 aralığındaki banttı seçilmesinin faydalı olabileceği, evlerdeki tüketim miktarının olması gerekenden çok fazla olduğunu düşünen kullanıcılar için 1 senelik geçmiş veriler alınarak hesaplanan ortalama aylık elektrik fatura miktarlarından % 15 – 20 aralığındaki banddan seçilerek hesaplanması gerektiğini önermekteyiz.

4.4.3. Geribildirim Çalışması Sonuçları

4.4.3.1. Geribildirim Çalışmamızın Genel Sonuçları

Çalışmaya 7 ev ile başlamıştık, fakat 1 ay sonra 7 numaralı evin çalışmayı durdurma isteği sonrası çalışma 6 ev ile tamamlanmıştır fakat daha önce de belirttiğimiz gibi 6 numaralı evin geçmiş yıl aynı döneme ait elektrik faturaları temin edemediği için, geribildirim analizleri sadece 5 ev üzerinde gerçekleştirmiş bulunmuştur. Çalışmayı yaptığımız 5 adet evde geribildirim teknolojisi ürünlerinin elektrik tasarrufundaki katkısı Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. 1 ve 2 numaralı evlerde herhangi bir elektrik tasarrufu sonucu görülmemiştir, aksine 1 numaralı evde geçen sene aynı döneme göre 361,653 kWh’lık bir artış ve 2 numaralı evde yine çalışmanın sürdürüldüğü aynı döneme göre 483,307 kWh’lık bir artış söz konusu olmuştur. Çalışmadan önce 1 numaralı evdeki kullanıcılar buzdolaplarında bozulma meydana gelmiş olabileceğini ve evdeki 2 buzdolaplarının çok fazla elektrik tükettiğini ve mutfaktaki televizyonun da elektriği fazla tükettiğini düşündüklerini söylemişlerdi. Verilen bu bilgiler sonrasında evde bulunan 2 adet buzdolabının tüketim ölçümleri alınmak istenmiş fakat evde bulunan buzdolapları ankastre tip olduğu için elektrik prizine ulaşmak imkansız olması sebebiyle, buzdolaplarının tüketim miktarları ölçülemedi. 1 numaralı evde buzdolapları ölçülmesine rağmen, katılımcıların isteği üzere 1 numaralı evde mutfaktaki televizyona ölçüm cihazımızı

Çizelge 4.7. Evlerin Ortalama Fatura Tutarları ve Bütçe Karşılaştırması (TL)

	Ortalama Fatura Maliyeti	Bütçe Hedefi	Yüzde Farkı (%)
Ev 1	170,54 TL	160 TL	6,18
Ev 2	182,19 TL	300 TL	Yanlış strateji hatası
Ev 3	107,83 TL	90 TL	16,54
Ev 4	98,61 TL	90 TL	8,73
Ev 5	167,92 TL	150 TL	10,67

yerleştirdik. Sonuçları analiz ettiğimizde mutfaktaki televizyonun Haziran ayı içindeki toplam tüketimi, 3 numaralı evdeki televizyonun Mayıs ayındaki tüketiminin 3 katı ve yine 3 numaralı evdeki buzdolabının Nisan ayındaki toplam tüketiminden 2,2 kWh daha az miktarda tükettiği görülmüştür. Buzdolapları ve televizyondaki bu fazla tüketim miktarları 1 numaralı evde geribildirim teknolojisinin tasarruf ettirici bir sonuç gstermeyişinin nedeni olabilir. Buzdolaplarının llememesine rağmen buzdolapları ve televizyonların geçen seneye göre cihazlardan kaynaklı bir arıza nedeniyle daha fazla elektrik tüketiyor olabilme ihtimali sonucuna varılmıştır, aıkca bu cihazların değişimine 1 numaralı evde ihtiyaç vardır.

2 numaralı ev bir ofistir ve 2 numaralı evde de herhangi bir elektrik tasarruflu sonuca ulaşılamamıştır. Bunun ana nedeni olarak ofisteki popülasyon değişiminin olabileceği çıkarımına ulaşılmıştır ve popülasyonun artması sonucuyla toplam elektrik tüketim miktarı da artmış olmaktadır. Popülasyondaki değişimlerin ise geribildirim teknolojisi ürünlerinin kullanıcıların davranışları üzerindeki etkilerini gzlemeleyebilmeye engel olduğu sonucuna varılmıştır. 2 numaralı evde bildirilen bir sorun kiş aylarındaki ısınma sorunudur, ki bu nedenle kiş aylarındaki elektrik tüketim miktarları çok fazla artmaktadır.

Çalışmaya başlamadan önce ısıtıcıları yaklaşık olarak 3 aydır kullandıklarını bildirmişlerdir, bu nedenle 1 adet akıllı priz ile birlikte ölçüm cihazımızı ısıtıcıya yerleştirdik, fakat çalışmaya başlanan tarihten itibaren Mart ayında havaların ısınması ile birlikte ofiste ısıtıcılar kullanılmamıştır bu nedenle ısıtıcıların kullanım profilleri ve toplam tüketim miktarları üzerinde bir analiz gerçekleştirilememiştir. Bu duruma rağmen kiş aylarındaki çok yüksek miktarda elektrik tüketim miktarının artmasına bakarak, yalıtım odaklı yatırımların yapılabileceği, daha verimli ısıtıcılar satın alınabileceği yada daha verimli klimalar ile ısınmanın sağlanabileceği önerisinin düşünülmesinde, değerlendirilmesinde fayda vardır. Isınmaya ek olarak, 2 numaralı ev olan ofiste geribildirim herhangi bir etkisini görmemiş olmamızın bir diğer nedeni ofisteki çalışanların toplam elektrik tüketimi konusunda hassasiyet göstermemeleri olmuştur. Çalışanlar ofiste sadece çalışmakta, ve elektrik tüketim miktarı üzerinde herhangi bir yükümlülükleri bulunmamaktadır. Bu nedenle de geribildirim teknolojisi ürünlerinin başarılı olma koşulu olarak da katılımcıların sahiplik düzeyinin önemli olduğu söylenebilir.

3 numaralı evde 18 şubat'tan 31 Mayıs'a kadar geribildirim çalışmamız sürdürülmüştür ve çalışmanın sonucunda geçen sene bu döneme göre % 13,21'lik bir elektrik tasarrufu elde edildiği gösterilmiştir. Çalışma öncesindeki ankette 3 numaralı evin katılımcıları tüketim

miktarlarının olması gereken elektrik miktarlarından çok fazla olduğunu belirtmişlerdir. Elektrik tüketim miktarları hakkındaki farkındalık seviyesi ve toplam elektrik tüketim miktarının azaltılması konusundaki motivasyon, geribildirim teknolojilerinin uygulanarak evlerdeki toplam elektrik tüketim miktarlarını azaltma konusunda çok önemli bir faktördür. 4 numaralı evin geribildirim etkisi sayesinde elektrik tasarruf miktarı % 3,42 ve 5 numaralı evin geribildirim etkisi sayesinde elektrik tasarruf miktarı % 1,59' dur. Hatırlanacağı üzere bu iki evdeki tüketiciler, tüketim miktarlarının olması gereken miktardan az bir oranda fazla olduğunu düşündüklerinin belirtmişlerdir.

3 numaralı evdeki geribildirim tasarruf üzerindeki etkisi 5 ev arasından en iyisi olmuştur, 4 numaralı evin geribildirim teknolojsinin elektrik tasarrufu üzerindeki etkisin ikinci olmuş ve son olarak 5 numaralı evin % 1,59 ile elektrik tasarrufu katkısı ile geribildirim teknolojsinin etkisi sıralamasında 3. olmuştur.

3 ve 4 numaralı evler tek katlı evler, 5 numaralı ev üç katlı, 1 ve 2 numaralı evler ise iki katlı evlerdir. Geribildirim teknolojilerinin kullanılması ile elektrik tasarruf amacıyla yapılan çalışmalarda tek katlı evlerin seçilmesinin daha faydalı olabileceği söylenebilir. Tüketim miktarlarının evlerde kullanılan monitör cihazı ve merkezi LCD monitörü ile farkına varılması tek katlı evlerde, 2 veya 3 katlı evlere göre farkına varılmasından daha açıkça fazla olduğu belirlidir, bu farkına varma aynı zamanda karakterini değiştirerek içselleştirilmesi bakımından da önemlidir.

Bu analizlere ek olarak, kullanıcıların geribildirim teknoloji çalışmalarına hangi zaman aralıklarında daha fazla tepki verebileceğini, çoklu elektrik tarife zaman aralıkları göz önünde bulundurulduğunda hangi zaman aralığında geribildirim etkisinin daha fazla olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Türkiye'de kullanıcılar tek zamanlı elektrik tarifesi fiyatlandırmasını veya çok zamanlı elektrik tarife fiyatlandırmasını seçebilir, çok zamanlı elektrik tarifesi fiyatlandırmasında gündüz zaman aralığı: 06:00 – 17:00 arasındır, puant zaman aralığı 17:00 – 22:00 aralığındadır ve gece zaman aralığı: 22:00 – 06:00 aralığındadır. Elektronik sayaçlar her bir zaman aralığında toplam elektrik tüketimini ölçer. Yaptığımız çalışmada 3, 4 ve 5 numaralı evlerde toplam elektrik tüketim miktarları üzerinde azalma meydana gelmiştir. 4 ve 5 numaralı evlerde elektronik sayaca 2 yıldır geçilmediği için, geç kullanıma başlandığı için 4 ve 5 numaralı evlerde sadece toplam elektrik tüketimi üzerinden geribildirim analizleri yapılabilmektedir. Farklı zaman periyotlarındaki geribildirim teknolojsinin etkileri sadece 3 numaralı evde analiz edilebilmiştir. Farklı zaman tarife aralıklarına göre geribildirim etkisi Çizelge 4.9'de

paylaşmıştır. elektrik tasarruf oranlarına baktığımızda en fazla tasarruf oranı gündüz vakti olan 06:00 - 17:00 arasında gerçekleşmiştir, bunu takiben ikinci olarak 17:00-22:00 zaman aralığı olan puant zaman aralığında % 14,78 ile gerçeklemiştir ve son olarak da gece zaman aralığında, 22:00-06:00 aralığında % 5,84 oranında elektrik tasarrufu meydana gelmiştir. Fakat sadece 1 adet evde bu analizi yaptığımız için genel bir çıkarım yapmamız mümkün olmamıştır, bundan sonra yapılacak çalışmalar için araştırmacılara gündüz ve puant zaman aralıklarındaki tüketicilerin davranış değiştirmelerinin geribildirim üzerindeki ve dolayısıyla toplam tasarruftaki paylarının analiz edilmesini önermekteyiz. Yeni enerji verimli davranışların kazanılmasında veya enerji verimli teknolojilere geçiş yapıldığında, gündüz veya puant zaman zarfları içinde kullanılabilir olan belirli cihazların veya bu zaman zarfları içinde meydana gelen belirli davranışların üzerine daha fazla önem verilmesi gerekmektedir.

4.4.3.2. Geribildirim Etkilerinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda analizini yaptığımız bir diğer motivasyon kaynağımız, cihaz seviyesindeki geribildirim teknoloji uygulamamıza merkezi LCD monitörünün eklenmesinin sebep olduğu elektrik tasarruf oranı ile sadece evde kullanılan monitörleme cihazı ekranından geribildirim alınması ile toplam elektrik tüketimindeki tasarruf oranlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmayı gerçekleştirdiğimiz tüm evlerde, 1 ay süre sonrasında hem akıllı prizler sayesinde cihaz düzeyinde geribildirim alınması hem de merkezi LCD monitörünün sisteme katılması ile birlikte yeni durumdaki toplam tasarruf miktarı araştırılmıştır. Evlerdeki geri bildirim çalışması:

- Ev 1: 16 Şubat – 20 Mart (sadece IHD), 21 Mart – 17 Temmuz (Cihaz düzeyi ve LCD)
- Ev 2: 18 Şubat – 17 Mart (sadece IHD), 18 Mart – 17 Haziran (Cihaz düzeyi ve LCD)
- Ev 3: 18 Şubat – 16 Mart (sadece IHD), 17 Mart – 31 Mayıs (Cihaz düzeyi ve LCD)
- Ev 4: 20 Şubat – 19 Mart (sadece IHD), 21 Mart – 30 Haziran (Cihaz düzeyi ve LCD)
- Ev 5: 23 Şubat – 22 Mart (sadece IHD), 23 Mart – 31 Mayıs (Cihaz düzeyi ve LCD)

aralığında uygulanmıştır.

1 ve 2 numaralı evlerde geribildirim herhangi bir tasarrufa neden olmamıştır, LCD monitörünün ve cihaz düzeyinde geri bildirim uygulamasının mevcut olan sisteme eklenmesinin etkisini 3,4 ve 5 numaralı evlerde incelediğimiz, analiz ettiğimiz sonuçlar Çizelge 4.10’da paylaşılmıştır.

Çizelge 4.8. Geribildirim Teknolojisinin Elektrik Tasarrufuna Etkisi

	2016 Toplam Elektrik Kullanım (kWh)	2015 Toplam Elektrik Kullanım (kWh)	Fark (kWh) Artma/Azalma	Geribildirim Sonucu (%)
Ev 1 16 Şubat – 17 Temmuz	2036.269	2397.922	361.653 (artış)	0 – etkisi olmadı
Ev 2 18 Şubat – 17 Haziran	1257.258	1740.555	483.307 (artış)	0 – etkisi olmadı
Ev 3 18 Şubat – 31 Mayıs	952.008	826.204	125.804 (azalma)	13,21
Ev 4 20 Şubat – 30 Haziran	1016.715	981.892	34.824 (azalma)	3,42
Ev 5 23 Şubat – 31 Mayıs	1210.183	1190.928	19.255 (azalma)	1,5

Çizelge 4.9. 3 Numaralı Evdeki Geribildirim Etkilerinin Farklı Zaman Aralıklarında Karşılaştırılması

Çalışma zaman aralığı : 18 Şubat – 31 Mayıs			
	Gündüz (06:00 – 17:00)	Puant (17:00 – 22:00)	Gece (22:00 – 06:00)
Ev 3	% 16,40	% 14,78	% 5,84

Çizelge 4.10. LCD'nin ve Cihaz Düzeyinde Geribildirim Teknolojisinin Tasarrufa Etkisi

		Geribildirim Etkisi (%)
Ev 3	E.M.C: 18 Şubat – 18 Mart C.D. & LCD: 19 Mart – 31 Mayıs	5,53 16,19
Ev 4	E.M.C: 20 Şubat – 20 Mart C.D. & LCD: 21 Mart – 30 Haziran	0,96 4,16
Ev 5	E.M.C: 23 Şubat – 23 Mart C.D. & LCD: 24 Mart – 31 Mayıs	3,34 0,90

* E.M.C = Evde kullanılan monitörleme cihazı, C.D. = Cihaz düzeyinde

3 ve 4 numaralı evlerde LCD monitörünün ve cihaz düzeyinde geribildirim teknolojisinin birlikte uygulanması sırasında, sadece evlerde kullanılan monitörleme cihazına göre daha fazla bir tasarruf miktarı elde ettiği görülmektedir. 3 numaralı evde sadece evlerde kullanılan monitörleme cihazı olduğunda % 5,53'lük bir tasarruf oranı olduğu görülmektedir, cihaz düzeyinde bir geribildirim uygulaması ve LCD monitörünün de mevcut olan sisteme eklenmesinden sonra % 16,19'luk bir tasarruf oranı gerçekleştiği görülmektedir. 3 numaralı ev gibi 4 numaralı evde de, cihaz düzeyindeki geribildirim ve LCD monitörünün beraber uygulanması ile birlikte % 4,16'lık bir tasarruf oranı görülmektedir. 5 numaralı evde bu durumun tersi söz konusudur, evlerde kullanılan monitörleme sistemi tek başına sistemde olduğunda % 3,34'lük bir tasarruf oranı mevcuttur, cihaz düzeyinde geribildirim ve LCD monitörünün de mevcut olan sisteme katılmasıyla beraber tasarruf oranı % 0,90 olmuştur. Bu sonuç 5 numaralı evdeki kullanıcıların geribildirim teknolojisi uyarılarına ve cihazına dikkat etmeyi bırakmış olabileceğini ve alışkanlıklarını kaybetmeye başladıklarının sinyallerini vermektedir, ve bu süre zarfı sonrasında da bir ihtimal olarak daha fazla elektrik tüketimine başlayabilecekleri de düşünülebilir. Literatürde de belirttiğimiz gibi Wood geribildirim teknolojilerinin en etkili sonuçları evde kullanılan monitörleme sistemiyle birlikte çalışan merkezi LCD monitörünün varlığı durumunda olduğunu ifade etmiştir. Bu tezi 3 ve 4 numaralı evlerdeki sonuçlar desteklemedi, analizlerimiz sonucunda dediğimiz gibi 5 numaralı evdeki kullanıcıların geribildirim alışkanlıklarının kaybettiğinin söylenebileceği mümkündür.

Geribildirim teknolojileri evlerdeki toplam harcanan elektrik tüketim miktarını azaltmak konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Geribildirim cihazlarının teknik özellikleri ve çalışmaların yapılacağı evlerin sosyodemografik özellikleri geribildirim teknolojilerinin etkisinde en büyük rolü oynayan iki ana faktördür. Geribildirim çalışmalarında görsellik konusuna daha fazla odaklanması gerekmektedir, endüstriyel tasarımlarla birleştirilecek olan geribildirim ürünlerinin kullanıcıların dikkatini daha fazla artırabileceğini düşünülebilir. Cihaz düzeyinde ve merkezi bir LCD monitörü ile desteklenmiş geribildirim uygulamasına ekstra olarak endüstriyel tasarımlarla desteklenmesinin ve bu sonuçların araştırılması gerektiği önerilebilir. Elektrik tüketimi artınca duvar kağıdının renginin artması veya ışıkların rengindeki değişiklik gibi adaptasyonların denenmesi önerilebilir. Şekil 4.4'te evdeki sıcaklık miktarı artınca rengi değişen örnek bir duvar kağıdı gösterilmiştir (<http://dornob.com/heat-actived-paint-for-color-changing-interior-designs/>)



Şekil 4.4 Sıcaklıkla Rengi Değişen Duvar Kağıdı

Geribildirim çalışmalarının yapılacağı evlerin kat sayıları da bir diğer önemli bir faktördür, geribildirim teknoloji cihazlarının 2 katlıdan daha fazla kata sahip olan evlerde kullanılması önerilmemektedir, eğer kullanılması isteniyorsa her kata merkezi büyük bir LCD monitörünün konulmasını önerilebilir. Çalışmamızda ofiste gerçekleştirdiğimiz geribildirim etkisi istenilen sonucu vermedi, geribildirim teknoloji ürünlerini sadece evlerde kullanılmasının yararlı olabileceği düşünülmektedir. Hedef belirleme konsepti bir

diğer önemli olan konudur. En fazla oranda elektrik tasarruf amaçlanıyorsa, geçmiş 1 senelik elektrik tüketim miktarları alınarak ortalama bir elektrik fatura maliyeti bulunduğundan sonra bu maliyet üzerinden % 15 düşölerek bir bütçe hedefinin belirlenmesi gerektiğı önerilebilir. Evlerin gelir seviyeleri geribildirim teknolojilerinin etkisi üzerinde bir başka önemli olan faktördür, eğer evlerin gelir seviyeleri çok fazla ise (aylık 15.000 TL'den fazla), bu evlerdeki kullanıcıların geribildirim cihazlarına ve uyarılarına yeteri kadar dikkati ve önemi vermeyerek, etkisiz bir sonuç ortaya çıkmasına neden olabilecekleri düşünülmektedir. Geribildirim teknoloji ürünlerinin aylık geliri maksimum olarak 10.000 TL olan evlerde daha başarılı olacağı düşünülebilir. Geleceğe yapılması gereken çalışma alanı olarak, farklı zaman aralıklarındaki geribildirim etkisinin incelenmesi gerekmektedir ve bu spesifik zaman aralıklarının hangisinde daha fazla elektrik tasarruf potansiyeline sahip olduğuna bulunmalıdır.

5. ENERJİ VERİMLİ TEKNOLOJİLER

5.1. Giriş

Tüketicilerin elektrik tüketim miktarlarını azaltmaları sonucunda elektrik fatura miktarları azalacaktır. Fakat kullanıcılar artan elektrik fiyatlarına rağmen tüketimlerinde azaltmalara gitmemekte ve tasarruf yapmamaktadırlar. Evlerde kullanılan enerji miktarı giderek artmaktadır. Çoğu yerleşim yerinde ocaklar, buzdolapları, televizyonlar, ısıtma ve soğutma sistemleriyle ilgili olan sistemler mevcuttur. Son kullanıcıların tükettiği enerji miktarının düzenli olması nedeniyle, enerji azaltıcı stratejiler için enerji verimli teknolojiler çok önemlidir. Evlerdeki kullanıcılara ulaştırılan servislerin büyük bir çoğunluğunda, enerji tüketicilere verimsiz bir şekilde ulaştırılmaktadır, evde kimse bulunmadığı esnada ısıtma veya soğutma sistemlerinin aynı sıcaklık ayarında kalması örneği bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir. Evde kimse bulunmadığı sırada, ısıtıcı veya soğutucu kapatılmalı ya kısılmalıdır, bu sayede evin belirli bir rahatlık seviyesinde kalması sağlanır ve verimsiz enerji harcamasının önüne geçilmiş olur. Bunların yanı sıra, evlerin büyük bir çoğunluğunda sıcaklık veya soğutma ayarının yapıldığı tek bir nokta vardır, bu nedenle diğer odalar ısıtma veya soğutma yapılan odadaki ısıtma veya soğutma miktarının belirli bir oranı kadar ısınacak ya da soğuyacaktır.

5.2. Literatür

Sektörel açıdan bakıldığında evlerdeki tüketilen enerjinin azaltılması konusu, enerji tasarrufunda çok büyük bir önem taşımaktadır. Bu durumun farkında olarak stratejilerimizi daha verimli teknolojik ürünlere geçme noktasında belirlemeliyiz.

Daha verimli teknolojilere geçişte, yüksek ilk alım maliyetleri ve gelecekteki enerji tasarrufu miktarları arasında bir karşılaştırma mevcuttur. Genellikle, daha verimli enerji teknolojilerine geçmek için yapacağımız ilk satın alma maliyeti, elde edeceğimiz elektrik tasarruf maliyetinden daha düşük kalmaktadır [77].

Konutlardaki elektrik tüketiminde başı çeken cihazlar; buzdolapları, aydınlatmalar, televizyon setleri ve klimalardır [77]. Konutlarda kullanılan en fazla elektrik harcayan cihaz, buzdolabıdır. Buzdolaplarının direkt olarak soğutma, dondurmayan buzdolapları, büyüklük ve termal performans gibi özellikleri elektrik tüketim miktarlarını etkilemektedir.

Projemizde çalışmaları uyguladığımız konutlardaki mevcut buzdolaplarının tüketim değerleri alınarak maliyet ve tüketim analizleri yapılarak yerine alternatifler sunulacaktır.

Elektrikli aydınlatma cihazlarında, floresan ve akkor ampüller teknolojilerinin daha fazla geliştirilme kapasitesine sahip olduğu söylenemez, LED teknolojilerinin sürekli olarak gelişeceği açıktır. Akıllı aydınlatma kontrol teknolojileriyle, aydınlatmanın tükettiği elektrikte % 40'a varan tasarruflara ulaşılabilir [78].

Televizyon teknolojilerinde büyük bir gelişme olmuştur. Çalışan bir televizyonda, tüketilen elektrik miktarı temel olarak; ekran büyüklüğüne, teknoloji türüne; katot ışınlı televizyonlar, plazma veya LDC teknolojileri ve görüntü parlaklığına bağlıdır.

Isıtma ve soğutma sistemlerinin tükettiği enerji, binaların tükettiği enerjinin % 20 - 40'ına denk gelmektedir [79]. Klimaların verimliliği, büyüklüğüne, verimlilik kat sayısına ve bu sistemlerin binalara entegrasyonuna göre değişmektedir. Son yıllarda, klima teknolojileri sürekli olarak gelişmiştir..

Yatırımın geri dönüş süresi; daha verimli bir enerji teknolojisine sahip bir ürüne geçmek için yaptığımız ilk yatırım maliyeti ile bu yatırımın bize geri dönüşü olan enerji maliyetlerindeki tasarruf maliyet miktarının eşit olduğu süredir. Basit bir yöntem ile geri dönüş süresini bulmak istiyorsak; ilk yatırım maliyet miktarını, senelik tasarruf maliyet miktarına bölmemiz gerekmektedir.

Dahili geri dönme oranı, marjinal maliyet akışının net değerinin sıfır olması kavramıdır, diğer bir söylemle, projedeki ilk yatırım maliyeti için ödenebilecek ve projeden karlı çıkmamızı sağlayacak olan maksimum faiz oranıdır.

Konutlardaki enerji verimli yatırımların, kullanıcılara sağladığı enerji tasarruf miktarının % 20 – 30 arasında olduğu ve geri dönüş süresinin 3 ile 5 yıl arasında değiştiği gözlemlenmiştir [80]..

Enerji verimli teknoloji ürünlerin, tüketicilere önemli ölçüde tasarruf edebilme potansiyeli sunduğu düşünülmektedir, mevcut teknolojik ürünlerdeki fiyatlar da giderek azalmaktadır, bu nedenle de enerji verimli teknolojik ürünlere yönelim bizim için çok önemli bir fırsattır. Çalışmamızda evlerdeki mevcut elektrik tüketen cihazların yerine enerji verimli alternatiflerin önerilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir ve bu yatırımların mali geri dönüş süreleri hesaplanarak analizler yapılmıştır.

5.3. Yöntem

5.3.1. 7 Adet Evde Mevcut Cihazların Elektrik Tüketim Ölçümleri

Elektrik geribildirim ürünlerinin evlerdeki elektrik sistemlerine bağlanmasından önce, ön çalışma olarak belirli süreler boyunca evlerdeki elektrik tüketen cihazların elektrik tüketim miktarları hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla, elektrik tüketim monitörleme aracı olan LogiLight EM0003 markalı cihaz ile farklı cihazların elektrik tüketim miktarları ölçülmüştür (Şekil 5.1’de cihaz gösterilmiştir).



Şekil 5.1. LogiLight EM0003 Cihazı

Elektrik tüketen cihazın fişini ilk olarak LogiLight EM0003 cihazın prizine ve cihazın priz çıkışındaki uçlarını evlerde kullanılan prize yerleştirilmelidir. Ayar menüsünden kWh başına olan elektrik tüketim ücretini girilerek, spesifik uzunlukta süren bir harcama eyleminin ne kadarlık bir maliyete denk geleceği anlamlandırabilmektedir. Bu cihaz ile belirli cihazların elektrik tüketim miktarlarını farklı süreler ile ölçümlenmiştir, fakat buzdolabı ölçümleri doğru sonuç vermeyebilir. Bunun nedeni buzdolaplarının farklı zamanlarda farklı performanslar göstermesidir, soğutma işlemleri sırasında boş çalışma zamanından daha fazla elektrik harcayacaktır. LogiLight EM0003 cihazı ile ölçülen cihazlar; elektronik bateri ve müzik sistemi, elektrikli süpürge, çamaşır kurutma makineleri, çamaşır makineleri, elektrikli ocak ve fırın, ütüler, bilgisayarlar, bulaşık makineleri, televizyonlar, ısıtıcılar ve buzdolaplarıdır, ve ölçülen cihazların tüketim performansları takip eden sonuçlar bölümünde paylaşılmıştır.

5.3.2. Enerji Verimli Cihazlara Geçiş Sonucundaki Elektrik Tüketim Tasarrufu

4. bölümde elektrik geribildirim uygulamamızın evlerdeki elektrik tüketimine etkilerini incelenmiştir. Elektrik geribildirim ürünü olarak Geo Solo II markalı ürün kullanılmıştır. Geo Solo II ürünüyle birlikte çalışan akıllı prizler sayesinde ise cihaz düzeyinde elektrik geribildirim tüketim miktarlarının ölçülmesi mümkün olmuştur (Geo Solo II elektrik geribildirim cihazı ve birlikte kullanılan akıllı cihaz ürünü Şekil 5.2’de gösterilmiştir).



Şekil 5.2. Geo Solo II Cihazı Ve Akıllı Priz

Geribildirim teknolojileri başlıklı 4. bölümümüzde elektrik geribildirim cihazlarının kullanılmasıyla elektrik geribildirim cihazlarının elektrik tasarrufuna olan etkisi 5 evde incelenmiştir. Aslında 6 numaralı ev de çalışma boyunca elektrik hem monitör düzeyinde hem de cihaz düzeyinde elektrik geribildirim çalışmamıza katılmıştır, fakat normal süre zarfı içinde tarafımıza geçmiş 2 yıla ait elektrik tüketim bilgilerini sunamadıkları için tasarrufa olan etkisini ölçen herhangi bir analiz yapılamamıştır.

Akıllı prizler cihaz düzeyinde elektrik geribildirim tüketim miktarlarını ölçmemizi sağlamıştır, 6 adet evde, hatırlatmak gerekir ki 7 numaralı ev çalışmamızı kısa bir süre sonra bırakmıştır, cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarları analiz edilmiştir.

1 numaralı evde 16 Mart – 17 Temmuz aralığında:

- Televizyon
- Bulaşık makinesi
- Elektrikli ocak
- Çamaşır kurutma makinesi

- Çamaşır makinesi

cihazlarının cihaz düzeyinde elektrik geri bildirim tüketim analizleri yapılmıştır.

2 numaralı evde 18 Mart – 17 Haziran aralığında:

- Yazıcı
- Tarayıcı
- 2 adet bilgisayar

cihazlarının cihaz düzeyinde elektrik elektrik geri bildirim tüketim analizleri yapılmıştır.

3 numaralı evde 17 Mart – 31 Mayıs tarih aralığında:

- Televizyon
- Bulaşık makinesi
- Buzdolabı
- Fırın
- Su ısıtıcı

cihazlarının cihaz düzeyinde elektrik elektrik geri bildirim tüketim analizleri yapılmıştır.

4 numaralı evde 20 Mart – 30 Haziran tarih aralığında:

- Buzdolabı
- Bulaşık makinesi
- Çamaşır makinesi
- Ütü
- Televizyon
- Dondurucu

cihazlarının cihaz düzeyinde elektrik elektrik geri bildirim tüketim analizleri yapılmıştır.

5 numaralı evde 23 Mart – 31 Mayıs tarihi aralığında:

- 2 adet televizyon
- Buzdolabı
- Bulaşık makinesi
- Su ısıtıcısı
- Çamaşır makinesi

cihazlarının cihaz düzeyinde elektrik elektrik geri bildirim tüketim analizleri yapılmıştır.

6 numaralı evde 18 Mart – 31 Mayıs aralığında:

- Bilgisayar
- Buzdolabı
- Dijital bateri ve müzik sistemi
- Televizyon
- Ütü

cihazlarının cihaz düzeyinde elektrik elektrik geri bildirim tüketim analizleri yapılmıştır.

Tüm bu ölçülen cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarları ve her bir cihazın aylık olarak tükettiği toplam elektrik miktarının o evin aylık toplam elektrik tüketim miktarına oran bilgileri Ekler bölümünde her bir ev için ayrı ayrı paylaşılmıştır.

Cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarları analiz edildikten sonra, hem cihaz düzeyindeki elektrik tüketim miktarları göz önünde bulundurularak, hem de Bölüm 5.3.1’de elektrik tüketim monitörü LogiLight EM0003 cihazı ile çalışmaya başlamadan önce yapılan tüketim miktarları analizi çalışmaları göz önünde bulundurularak, fazla elektrik tükettiği düşünülen cihazların yerine enerji verimli teknolojik cihazların önerilmesi işlemi yapılmıştır, bu öneri ve analiz sırasında elektrik tüketim miktarları ve yapılacak olan yatırımın maddi geri dönüş süresi göz önünde bulundurularak, cihaz düzeyinde ölçümleri yapılan cihazlardan hangisinin değiştirilmesinin mantıklı olacağına karar verilmiştir, ve potansiyel tasarruf miktarı hesaplanmıştır, ve bu veriler takip eden sonuçlar bölümünde paylaşılmıştır.

5.4. Çıkarımlar

5.4.1. 7 Adet Evde Elektrik Tüketim Monitörü Ölçüm Sonuçları

Geribildirim çalışmamıza ilk olarak 7 ev ile başlanılmıştır, 7 numaralı evin kısa bir süre sonunda çalışmayı bıraktığını, 6 numaralı evin ise çalışma bitimine kadar 2 yıllık geçmiş elektrik tüketim fatura bilgilerini tarafımıza sunamaması nedeniyle, sadece 5 evde elektrik geribildirim analizi yapabilmıştır. Elektrik geribildirim çalışmamıza başlamadan ise enerji verimli cihazların değiştirilmesi analizi için 7 evde de belirlediğimiz cihazların elektrik

tüketim miktarları tüketim monitörü ile ölçülmüştür. Bu sonuçlar ilerleyen çizelgelerde paylaşılmıştır.

Çizelge 5.1. Buzdolabı Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Beko 9610 NM A ⁺	3	33 dakika, 0.008 kWh	1111	6,460
2	ARBAD 450LX GK 614599	2	32 dakika, 0.027 kWh	511,5	3,996
3	Electrolux Frost Free	6	30 dakika, 0.043 kWh	452,6	3,836
4	Bosch-KSU65 920 NE/03	4	30 dakika, 0.076 kWh	1450	8,550
5	Bosch	5	30 dakika, 0.058 kWh	569,2	4,903
6	Arçelik 2487 CE/Y A ⁺⁺	7	30 dakika, 0.002 kWh	446,3	5,016
7	Arçelik 2021 DY	4	15 dakika, 0.012 kWh	478,7	2,993

Çizelge 5.2. Televizyonların Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	LG 55LA740S	3	1 saat, 0.0098 kWh	114,9	0,556
2	Samsung PS42P3SSX	1	44 dakika, 0.265 kWh	391,7	1,830
3	Samsung UE55C6000	1	54 dakika, 0.149 kWh	176,4	0,816
4	Panasonic TX-P46U20E	4	20 dakika, 0.092 kWh	323,6	1,526
5	LG 55LM660S-ZA	5	30 dakika, 0.037 kWh	89,9	0,430
6	Samsung LE46A553P4R	7	30 dakika, 0.106 kWh	232,5	1,093
7	LG 55UB850V-ZD	6	15 dakika, 0.039 kWh	165,2	0,743

Çizelge 5.3. Bulaşık Makinesi Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Beko D3 3001	3	1 saat 40 dakika, 1.683 kWh	1581	7,560
2	Bosch SMS 5082	2	1 saat 19 dakika, 1.277 kWh	3464	15,22
3	Miele	1	3 saat 4 dakika, 2.325 kWh	2058	9,313
4	Bosch Silence Plus	4	49 dakika, 0.818 kWh	1999	9,393
5	Arçelik 9280 YLS A ⁺⁺	5	37 dakika, 0.644 kWh	1775	8,060
6	Electrolux ESF 6128, A	6	1 saat 4 dakika, 1.174 kWh	2013	8,936

Çizelge 5.4. Bilgisayarların Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)			
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM
1	Vento A9 Asus Chassis ve LG L1953S5 Monitör	2	39 dakika, 0.073 kWh
2	Acer Aspire E15 ve Samsung S22D3HY Monitör	1	51 dakika, 0.026 kWh

Çizelge 5.5. Ütülerin Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Philips Azur Performer Plus	3	39 dakika, 0.388 kWh	1961	9,550
2	Tefal Express Power Zone	4	30 dakika, 0.884 kWh	1993	9,086
3	Tefal Easycard	7	10 dakika, 0.240 kWh	1902	8,760
4	Tefal Pro Express	6	30 dakika, 0.722 kWh	2074	9,256
5	Fakir Iron 2500 W	5	39 dakika, 0.031 kWh	2101	9,576

Çizelge 5.6. Ocak Ve Fırının Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Euro Kera Teka Elektrikli Ocak	1	27 dakika, 0.432 kWh	2668	12,31
2	Beko Fırın	3	1 saat 10 dakika, 1.286 kWh	2071	9,620

Çizelge 5.7. Çamaşır Makinesi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Electrolux EW 1288W	1	31 dakika, 0.199 kWh	2160	10,48
2	Siemens Vario Perfect IQ 700	4	1 saat 26 dakika, 0.173 kWh	3680	8,256
3	Blomberg WAF3320	7	34 dakika, 0.184 kWh	1850	8,790
4	Electrolux EWF 805 B	6	2 saat 14 dakika, 0.656 kWh	1913	9,296
5	Arçelik Full Otomatik 2600	5	58 dakika, 0.484 kWh	2072	9,480

Çizelge 5.8. Çamaşır Kurutma Makinesi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Miele Novotronic T7644C	1	2 saat 17 dakika, 4.024 kWh	3082	12,98
2	Blomberg TKF 1350S A Super	7	1 saat 48 dakika, 0.046 kWh	438,1	1,863

Çizelge 5.9. Elektrikli Süpürge'nin Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Arçelik S6255C	3	12 dakika, 0.136 kWh	705,9	5,343

Çizelge 5.10. Elektronik Batari Ve Müzik Sistemi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Logitech Z-5500 Dijital batari ve Müzik Sistemi	7	15 dakika, 0.012 kWh	82,9	0,496

Çizelge 5.11. Isıtıcılar Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	UFO S/18	2	33 dakika, 1.108 kWh	1884	8,316
2	KUMTEL ECORAY EX - 23	5	30 dakika, 0.395 kWh	1983	9,150

Çizelge 5.12. Kombi Elektrik Tüketimlerinin Enerji Ölçen Monitör Cihazı Sonuçları

LogiLight EM0003 Cihazı İle Ön Çalışma Ölçüm Cihazları (kWh)					
NO	MARKA	EV #	SÜRE & TÜKETİM	MAX W	MAX A
1	Viessmann Vito Dens100	1	31 dakika, 0.053 kWh	117,2	0,530

5.4.2. Enerji Verimli Cihazların Değiştirilmesiyle Elde Edilecek Toplam Elektrik Tüketim Tasarruf Miktarları

4. bölümde elektrik geribildirim uygulamalarının evlerdeki elektrik tüketimine etkilerini incelenmiştir. Elektrik geribildirim ürünü olarak Geo Solo II markalı ürünü kullanılmıştır. Geo Solo II ürünüyle birlikte çalışan akıllı prizler sayesinde ise cihaz düzeyinde elektrik geribildirim tüketim miktarlarının ölçülmesi mümkün olmuştur.

Geribildirim teknolojileri başlıklı 4. bölümümüzde elektrik geribildirim cihazlarının kullanılmasının elektrik tasarrufuna olan etkisini 5 evde incelenebilmiştir. Akıllı prizler cihaz düzeyinde elektrik geribildirim tüketim miktarlarını ölçmemizi sağlamışlardı, 6 adet evde, hatırlatmak gerekir ki 7 numaralı ev çalışmamızı kısa bir süre sonra bırakmıştır, cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarları analiz edilmiştir. Evlerde ölçülen cihazların cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarları ve her bir cihazın aylık olarak tükettiği toplam elektrik miktarının o evin aylık toplam elektrik tüketim miktarına oran bilgileri Ekler bölümünde her bir ev için ayrı ayrı paylaşılmıştır. Yapılan analizler sonucunda evlerdeki mevcut cihazlardan bazılarının seçilmesi kararlaştırılmış, ve bu cihazların yerine enerji verimli alternatiflerin sunulmasıyla olabilecek tasarruf potansiyeli hesaplanmıştır, bu analizler takip eden bölümlerde paylaşılmıştır.

5.4.2.1. 1 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi

1 numaralı evdeki kullanıcılar çalışmaya başlamadan önce buzdolaplarında bir sorun olduklarını düşündüklerini ve çok fazla tükettiklerini tarafımıza ilemişlerdir, fakat iki buzdolabı da ankastre olduğu için cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarları ölçülemedi. Enerji verimli cihazlar olarak sadece mutfaktaki Samsung PS42P3SSX markalı televizyonun LG 55LM660S – ZA markalı televizyon ile değiştirilmesi durumu ele alınmıştır. Analizler takip eden çizelgelerde paylaşılmıştır. 16 Mart – 17 Temmuz aralığında mevcut televizyon yerine enerji verimli televizyon kullanılsaydı, 136.53 kWh'lık bir elektrik tasarrufu ve 51,219 TL'lik bir mali kazanç olacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 5.13. 1 Numaralı Evde Mutfakta Kullanılan Mevcut Televizyonun Harcama Tutarı Ve Maliyeti (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	16 Mart – 31 Mart 2016	19.39	0.00602	3221,4	7,275273
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	40.70	0.00602	6760,3	15,267716
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	43.60	0.00602	7242,1	16,355858
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	44.00	0.00602	7308,9	16,506622
5	1 Temmuz – 17 Temmuz 2016	23.90	0.00602	3970,1	8,966109

Çizelge 5.14. 1 Numaralı Evde Mutfaktaki Televizyonun Yerine Değiştirecek Yeni Enerji Tasarruflu Televizyonun Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı ve Maliyeti (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Enerji Verimli TV Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	16 Mart – 31 Mart 2016	3.96	0.00123	3221,4	1,486476
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	8.32	0.00123	6760,3	3,119483
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	8.91	0.00123	7242,1	3,341811
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	8.99	0.00123	7308,9	3,372616
5	1 Temmuz – 17 Temmuz 2016	4.88	0.00123	3970,1	1,831946

Çizelge 5.15. Mevcut TV Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli TV Karşılaştırması (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	16 Mart – 17 Temmuz 2016	Mevcut	171.59	64,371579
2	16 Mart – 17 Temmuz 2016	Yeni	35.06	13,152333
Toplam Kazanç Miktarı			136.53	51,219246

Çizelge 5.16. Enerji Verimli TV Tasarruf Yüzdesi (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Enerji Verimli Teknoloji Tasarruf Yüzdesi				
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Miktarı (kwh)	Tasarruf Yüzdesi
1	16 Mart – 17 Temmuz 2016	1954.223	136.53	% 6,98

5.4.2.2. 2 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi

2 numaralı evde; ofiste, çalışma odasında bulunan 2 adet PC sistemi yerine enerji verimli PC sistemleri değiştirilmiştir. 2 adet Vento A9 Asus Chasis ve LG L1953S5'ten oluşan bilgisayar sistemi, Acer Aspire E15 Laptop ve Samsung S22D3HY monitör ile değiştirilmiştir.

Çizelge 5.17. 2 Numaralı Evde Çalışma Odasında Bulunan 2 Adet Bilgisayar Sisteminden Birisinin Harcama Tutarı ve Maliyeti (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Mevcut Bilgisayar Sistemi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	18 Mart – 31 Mart 2016	10.6	0.00191	5556,9	3,976656
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	25.7	0.00191	13473,6	9,642055
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	24.2	0.00191	12685,2	9,077837
4	1 Haziran – 17 Haziran 2016	13.5	0.00191	7075,5	5,063430

Çizelge 5.18. 2 Numaralı Evde Çalışma Odasında Bulunan 2 Adet Bilgisayar Sistemi Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Bilgisayar Sisteminin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Yeni PC Sistemi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	18 Mart – 31 Mart 2016	2.8329	0.00051	5556,9	1,062783
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	6.8689	0.00051	13473,6	2,576891
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	6.4669	0.00051	12685,2	2,426101
4	1 Haziran – 17 Haziran 2016	3.6071	0.00051	7075,5	1,353229

Çizelge 5.19. Mevcut PC Sistemi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli PC Sistemi Karşılaştırması (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	18 Mart – 17 Haziran 2016	Mevcut	74.00	27,759978
2	18 Mart – 17 Haziran 2016	Yeni	19.78	7,419003
Toplam Kazanç Miktarı			108.44	40,68195

2 numaralı evde; ofiste, mevcut bilgisayar sistemleri yerine, enerji verimli olan bilgisayar sistemleri kullanılsaydı, 18 Mart – 17 Haziran 2016 aralığında 108.44 kWh’lık elektrik tüketim kazancı ve buna karşılık gelen 40,68 TL’lik maddi kazanç olacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 5.20. Enerji Verimli PC Sistemi Tasarruf Yüzdesi (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Enerji Verimli Teknoloji Tasarruf Yüzdesi				
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Miktarı (kwh)	Tasarruf Yüzdesi
1	18 Mart – 17 Haziran 2016	1239.614	108.44	% 8,74

5.4.2.3. 3 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi

3 numaralı evde mutfakta bulunan Beko 9610 NM A+ markalı buzdolabı Arçelik 2487 A++ markalı buzdolabı ile değiştirildiğinde ve Beko D3 3001 markalı bulaşık makinesi 1 numaralı evde bulunan Miele G1182 Scvi markalı bulaşık makinesi ile değiştirildiğinde ortaya çıkacak olan sonuçlar analiz edilmiştir.

Çizelge 5.21. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Harcama Tutarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Buzdolabı Sistemi			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	33.5	12,567731
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	77.5	29,076812
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	74.5	27,949978

Çizelge 5.22. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Yerine Yeni Enerji Verimli Buzdolabı İle Değiştirildiğinde Harcama Tutarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Enerji Verimli Buzdolabı Harcama Çizelgesi			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	15.5	5,814922
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	31.0	11,629807
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	31.0	11,629807

Çizelge 5.23. Mevcut Buzdolabının Yerine Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Yeni Buzdolabı İle Karşılaştırılması (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Buzdolabı ve Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırma Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	185.5	69,594521
2	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	77.5	29,074536
Toplam Kazanç Miktarı			108	40,519985

3 numaralı evde mutfakta bulunan Beko 9610 NM A+ markalı buzdolabı Arçelik 2487 A++ markalı buzdolabı ile değiştirildiği takdirde; 17 Mart – 31 Mayıs 2016 tarihleri aralığında 108 kWh'lık elektrik tüketim kazançları sağlanabilecek ve bu kWh miktarına karşılık gelecek olan 40,52 TL'lik kazanç sağlanabileceği hesaplanmıştır.

Çizelge 5.24. 3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Mevcut Bulaşık Makinesi Harcama Tutarı ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Bulaşık Makinesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	16.1	0.01683	956,6	6,039970
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	26.1	0.01683	1550,9	9,792283
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	36.1	0.01683	2145,0	13,543006

Çizelge 5.25. 3 Numaralı Evde Çalışma Mutfakta Bulunan Bulaşık Makinesi Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Bulaşık Makinesinin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	12.0821	0.01263	956,6	4,532669
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	19.5881	0.01263	1550,9	7,348576
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	27.0909	0.01263	2145,0	10,163290

Çizelge 5.26. Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Karşılaştırması (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Karşılaştırması				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	78.1	29,375260
2	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	58.7602	22,044535
Toplam Kazanç Miktarı			19.54	7,330724

3 numaralı evde mutfakta bulunan Beko D3 3001 markalı bulaşık makinesi 1 numaralı evde bulunan Miele G1182 Scvi markalı bulaşık makinesi ile değiştirildiği takdirde; 17 Mart – 31 Mayıs 2016 tarihleri aralığında 19.54 kWh'lık elektrik tüketim kazancı elde edilebilecek ve buna karşılık olarak 7,33 TL'lik kazanç sağlanabileceği hesaplanmıştır.

3 numaralı evde buzdolabı ve bulaşık makinesinin ikisinin de değiştirildiği durumda 17 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında toplam elektrik tüketim kazancı 127.54 kWh ve bu tasarrufun sağlayacağı maddi kazanç 47,85 TL olacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 5.27. Enerji Verimli Teknolojilerin Tasarruf Yüzdesi (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Enerji Verimli Teknoloji Tasarruf Yüzdesi				
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Miktarı (kwh)	Tasarruf Yüzdesi
1	17 Mart – 31 Mayıs 2016	582.6723	127.54	% 21,88

5.4.2.4. 4 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi

4 numaralı evde oturma odasında bulunan Panasonic TX-P46U20E markalı TV, 5 numaralı evde bulunan LG 55LM660S-ZA markalı Tv ile değiştirildiğinde ve Tefal Express Power Zone markalı ütü 5 numaralı evde bulunan Fakir 2500 W markalı ütü ile değiştirildiğinde ortaya çıkacak olan sonuçlar analiz edilmiştir.

Çizelge 5.28. 4 Numaralı Evde Oturma Odasında Bulunan Mevcut Tv Harcama Tutarı ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut TV					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2016	11.20	0.00460	2434,8	4,201714
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	33.7	0.00460	7324,9	12,640646
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	46.8	0.00460	10174,6	17,558370
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	32.6	0.00460	7085,6	12,227783

Çizelge 5.29. 4 Numaralı Evde Oturma Odasında Bulunan Mevcut Tv ile Değiştirilmesi Düşünülen Yeni Enerji Verimli TV Harcama Tutarı ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Enerji Verimli TV Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2016	2.9948	0.00123	2434,8	1,123502
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	9.0096	0.00123	7324,9	3,379999
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	12.5147	0.00123	10174,6	4,694956
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	8.7153	0.00123	7085,6	3,269603

Çizelge 5.30. Mevcut TV ile Yerine Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Yeni TV İle Karşılaştırılması (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut Buzdolabı ve Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırma Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 30 Haziran 2016	Mevcut	124.3	46,628513
2	20 Mart – 30 Mayıs 2016	Yeni	33.2344	12,46806
Toplam Kazanç Miktarı			91.0656	34,160453

20 Mart – 30 Haziran tarihleri aralığında 4 numaralı evde oturma odasında bulunan Panasonic TX-P46U20E markalı TV, 5 numaralı evde bulunan LG 55LM660S-ZA markalı Tv ile değiştirilseydi; 91.06 kWh'lık bir elektrik tüketim kazancı ve 34,2 TL'lik bir kazanç elde edileceği analiz edilmiştir.

Çizelge 5.31. 4 Numaralı Evde Soyunma Odasında Bulunan Mevcut Ütü Harcama Tutarı ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut Ütü					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2016	1.30	0.02947	44,1	0,487703
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	6.9	0.02947	234,1	2,588175
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	7.3	0.02947	247,8	2,738816
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	7.8	0.02947	264,7	2,925968

Çizelge 5.32. 4 Numaralı Evde Soyunma Odasında Bulunan Ütü Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Ütü Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Enerji Verimli Ütü					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2016	0.0351	0.00079	44,1	0,013155
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	0.1861	0.00079	234,1	0,069812
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	0.1969	0.00079	247,8	0,073875
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	0.2104	0.00079	264,7	0,078923

Çizelge 5.33. Mevcut Ütü Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Ütü Karşılaştırması (20Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Karşılaştırması				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 30 Haziran 2016	Mevcut	23.3	8,740657
2	20 Mart – 30 Haziran 2015	Yeni	0.6285	0,235765
Toplam Kazanç Miktarı			22.6715	8,504892

20 Mart – 30 Haziran tarihleri aralığında 4 numaralı evde kullanılan Tefal Express Power Zone markalı ütü 5 numaralı evde bulunan Fakir 2500 W markalı ütü ile değiştirilseydi; 22.67 kWh'lık elektrik tüketiminde kazanç ve 8,5 TL'lik maddi kazanç olacağı hesaplanmıştır.

4 numaralı evde buzdolabı ve  tu ikilisinin birlikte değiştirildiği durumda 20 Mart – 30 Haziran 2016 tarih aralağında toplam elektrik tüketim kazancı 113.73 kWh ve bu tasarrufun sağlayacağı maddi kazanç 42,7 TL olacağı analiz edilmiştir.

Çizelge 5.34 Enerji Verimli Teknolojilerin Tasarruf Yüzdesi (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Enerji Verimli Teknoloji Tasarruf Yüzdesi				
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Miktarı (kwh)	Tasarruf Yüzdesi
1	20 Mart – 30 Haziran 2016	759.07	113.7371	% 14,98

5.4.2.5. 5 Numaralı Evde Enerji Verimli Cihaz Analizi

5 numaralı evde, mutfakta bulunan Bosch markalı buzdolabı ve banyoda bulunan Arçelik Full Otomatik 2600 ARY 26 amaşır makinesi değiştirilip yerine enerji verimli alternatifler önerilmiştir. Önerilen enerji verimli buzdolabı Arçelik 2487 CE/Y A⁺⁺ markalı buzdolabı ve önerilen enerji verimli çamaşır makinesi 4 numaralı evde bulunan Siemens Vario Perfect IQ 700 markalı çamaşır makinesidir.

Çizelge 5.35. 5 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Harcama Tutarı ve Maliyeti (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Buzdolabı			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	15.6	5,852391
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	54.7	20,519619
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	61.5	23,070132

Çizelge 5.36. 5 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabı Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Buzdolabının Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Yeni Buzdolabı Harcama Çizelgesi			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	9.0000	3,376406
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	31.0000	11,629807
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	31.0000	11,629807

Çizelge 5.37. Mevcut Buzdolabı Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırması (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	131.8	49,442142
2	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	71	26,63602
Toplam Kazanç Miktarı			60.8	22,906122

23 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında 5 numaralı evde, mutfakta bulunan Bosch markalı buzdolabının yerine enerji verimli enerji verimli buzdolabı Arçelik 2487 CE/Y A⁺⁺ markalı buzdolabı kullanılsaydı; 60.8 kWh’lık elektrik tüketim kazancı ve bu tüketim kazancının sebep olacağı 22,91 TL’lik bir maddi kazanç olacağı analiz edilmiştir.

Çizelge 5.38. 5 Numaralı Evde Banyoda Bulunan Mevcut Çamaşır Makinesinin Harcama Tutarı Ve Maliyeti

Mevcut Çamaşır Makinesi Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	3.7	0.00834	438,8	1,373687
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	20.9	0.00834	2504,3	7,840058
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	25.8	0.00834	3091,5	9,678243

Çizelge 5.39. 5 Numaralı Evde Banyoda Bulunan Mevcut Çamaşır Makinesinin Yerine Gelecek Olan Enerji Verimli Çamaşır Makinesinin Harcama Tutarı Ve Maliyeti (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Yeni Çamaşır Makinesi Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	0.8824	0.00201	438,8	0,331043
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	5.0362	0.00201	2504,3	1,889363
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	6.2170	0.00201	3091,5	2,332344

Çizelge 5.40. Mevcut Çamaşır Makinesi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Çamaşır Makinesi Karşılaştırması (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	50.4	18,891988
2	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	12.1356	4,55275
Toplam Kazanç Miktarı			38.2644	14,339238

Çizelge 5.41. Enerji Verimli Teknolojilerin Tasarruf Yüzdesi (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Enerji Verimli Teknoloji Tasarruf Yüzdesi				
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Miktarı (kwh)	Tasarruf Yüzdesi
1	23 Mart – 31 Mayıs 2016	871	99.064	% 11,37

23 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında 5 numaralı evde, banyoda bulunan Arçelik Full Otomatik 2600 ARY 26 çamaşır makinesinin yerine 4 numaralı evde bulunan enerji verimli Siemens Vario Perfect IQ 700 markalı çamaşır makinesi kullanılırdı; 38.26 kWh'lık elektrik tüketim kazancı ve buna karşılık gelen 14,33 TL'lik maddi tasarruf sağlanmış olacaktır. 5 numaralı evde buzdolabı ve çamaşır makinesi ikilisinin birlikte değiştirildiği durumda 23 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında toplam elektrik tüketim kazancı 99.06 kWh ve bu tasarrufun sağlayacağı maddi kazanç 37,24 TL olacağı hesaplanmıştır.

5.5. Sonuçlar Ve Tartışma

1 numaralı ev çalışmaya başlamadan önce buzdolaplarının ve mutfaktaki televizyonun fazla elektrik tükettiklerini düşündüklerini tarafımıza aktarmışlardı. Fakat 1 numaralı evdeki 2 buzdolabı da ankastre buzdolaplarıdır ve bu nedenle 1 numaralı evde cihaz düzeyindeki elektrik tüketim miktarlarını ölçerken buzdolapları ölçülemedi. Televizyon ölçümleri sonucunda ise katılımcıların belirttiği gibi mutfaktaki televizyonun 6

adet evdeki televizyonlar arasında en verimli televizyonadn 4 kat daha kötü elektrik tüketimine sahip olduğu görülmüştür. 1 numaralı evde 16 Mart – 17 Temmuz arasında mevcut televizyon yerine enerji verimli televizyon değiştirilseydi 136.53 kWh'lık bir elektrik tasarrufu ve 51,219 TL'lik bir mali kazanç olacağı hesaplanmıştır. Fakat az önce belirttiğimiz durum nedeniyle 1 numaralı evde enerji verimli teknolojilerin değiştirilmesiyle olabilecek maksimum elektrik tüketim miktar kazançlarının potansiyeli tam olarak hesaplanamamıştır.

2 numaralı evdeki katılımcılar; ofisteki katılımcılar ise çalışmaya başlamadan önce kış aylarında ofisin çok soğuk olduğunu belirtmişlerdir, ısınma tipi merkezi ısıtma olduğundan, 2 numaralı evde ısıtma kullanıcıların kontrolü altında değildir ve bu nedenle de kış aylarında ısıtıcıları kullandıklarını belirtmişlerdir ve bunun tüketimi çok fazla artırdıklarını düşündüklerini iletmişlerdir. 2 numaralı evde 18 Mart – 17 Haziran tarih aralığında mevcut bilgisayar sistemleri yerine, enerji verimli olan bilgisayar sistemleri kullanılsaydı, 18 Mart – 17 Haziran 2016 aralığında 108.44 kWh'lık elektrik tüketim kazancı ve buna karşılık gelen 40,68 TL'lik maddi kazanç olacağı hesaplanmıştır. Fakat 1 numaralı evde karşılaştığımız limit karşımıza 2 numaralı evde de çıkmıştır. Cihaz düzeyinde elektrik geri tüketim analizleri 18 Mart'tan itibaren alındığı için, bu tarihten itibaren herhangi bi ısıtıcı ofiste kullanılmamış ve bu nedenle camlara yapılacak olan yalıtım yatırımının, dolayısıyla ısıtıcıların kullanılmaması durumundaki, veya mevcut ısıtıcıların değiştirilmesiyle elde edilebilecek olan maksimum elektrik tasarruf miktarı hesaplanamamıştır.

3 numaralı evde buzdolabı ve bulaşık makinesinin değiştirildiği durumda 17 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında toplam elektrik tüketim kazancı 127.54 kWh ve bu tasarrufun sağlayacağı maddi kazanç 47,85 TL olacaktır. 4 numaralı evde buzdolabı ve ütü ikilisinin birlikte değiştirildiği durumda 20 Mart – 30 Haziran 2016 tarih aralığında toplam elektrik tüketim kazancı 113.73 kWh ve bu tasarrufun sağlayacağı maddi kazanç 42,7 TL olacaktır. 23 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında 5 numaralı evde, banyoda bulunan Arçelik Full Otomatik 2600 ARY 26 çamaşır makinesinin yerine 4 numaralı evde bulunan enerji verimli Siemens Vario Perfect IQ 700 markalı çamaşır makinesi kullanılsaydı; 38.26 kWh'lık elektrik tüketim kazancı ve buna karşılık gelen 14,33 TL'lik maddi tasarruf sağlanmış olacaktır. 5 numaralı evde buzdolabı ve çamaşır makinesi ikilisinin birlikte değiştirildiği durumda 23 Mart – 31 Mayıs 2016 tarih aralığında toplam elektrik tüketim kazancı 99.06 kWh ve bu tasarrufun sağlayacağı maddi kazanç 37,24 TL olacaktır.

Enerji verimli teknolojik cihazların değiştirilmesi durumunda olabilecek maksimum elektrik tüketime tasarruf miktarları hesaplanırken, evdeki tüm cihazların aydınlatma sistemi ile birlikte tüketim ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Tüm elektrik tüketen cihazların ölçümleri yapılmadığı takdirde enerji verimli cihazların elektrik tüketimine katkı potansiyeli tam olarak doğru hesaplanamayacaktır, aydınlatma sisteminin toplam tüketim miktarı hesaplanması zor bir iştir ve gerekirse profesyonel yardım ile bu analiz işlemi yaptırılmalıdır.



6. FOTOVOLTAİK SİSTEM UYGULAMASI

6.1. Giriş

Temiz enerji kaynağı ifadesi; fosil yakıtların kullanılmadığı, çevreye zararı olmayan ve doğada bulunan mevcut kaynakların kullanılması ifade eder, bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenebilir enerjilerden enerji üretme kavramı son yıllara damgasını vurmuştur. Temel yenilenebilir enerji kaynakları: güneş ışığı, rüzgâr, yağmur, gel git ve jeotermal ısı gibi kaynaklardır.

Global çevre sorunlarının üstesinden gelmemizde, yarıiletkenlerin fotovoltaik efekt etkisi sayesinde güneş ışınlarını direkt olarak elektriğe dönüştüren güneş hücreleri çok önemli bir yer kaplamaktadır.

Dünyamıza dış uzaydan bakacak olursak yağmurlu ve bulutlu alanların, toplam yerküre alanına oranı % 30 civarındadır, ve bir yarım kürede gece iken diğer yarım küre o anda gün ışığını almaktadır. Dünya çapında büyük bir fotovoltaik güç üretim sistemi kurarsak, ve ürettiğimiz bu gücü iletim kaybı olmayan süper iletken kablolarla iletmeyi başarabilirsek, dünyadaki güneş alan bölgelerden ürettiğimiz enerji ile gece, yağmurlu veya bulutlu olan toplam alanın enerji ihtiyacını karşılamamız mümkün olacaktır. Bu sayede dünyada enerjisiz kalan hiçbir bölge olmayacaktır.

2000 yılındaki enerji ihtiyacı 14 milyar kilolitre ham petrolün enerji eşdeğerine denk gelmektedir. % 10 verimli çalışan 800 km²'lik alanı kaplayan güneş hücreleri bu ihtiyacı karşılar. Bu planın uygulanması çok mantıklıdır, çünkü dünyadaki çöl alanını % 4'ü bu alan için yeterli gelmektedir[81]. Enerji krizleri, sorunları ve çevresel endişeler giderek kötüleşmektedir, bu nedenle bu plan 21.yüzyılın umudu için uygulamaya konulmalıdır.

6.2. Literatür

6.2.1. Güneş Hücrelerinin Karşılaştırması

Şebekeye bağlı sistemler için, mono kristal, çoklu kristalli güneş hücreleri ve ince film teknolojileri kullanılarak üretilmiş güneş panelleri tercih edilmektedir. Çoklu kristalli silikon teknolojileri kullanılarak yapılan güneş panellerinin verimliliklerinin düşük olması dezavantajını, üretim maliyetlerinin düşük olması dengelemektedir. İnce film teknolojileri

arasında en fazla verimliliğe CIS modüller sahiptir. CIS modüllerün çok sayıda üretilmeye başlanmasıyla birlikte, farklı sayıda pilot projelerde kullanılmaya başlanmıştır. Maliyet açısından tasarruflu ince film teknoloji ürünü alternatif CdTe modülleri, megawatt kapasitelerinde yere monte edilmiş sistemlerde kullanılmaya başlanmıştır.

Fotovoltaik sistem uygulaması yapılacak olan alan kısıtlı olduğunda verimlilik en önemli karar faktörümüzdür. Farklı güneş hücreleri üretim teknolojileri ile üretilmiş güneş panellerindeki maksimum verimlilikler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Yakın gelecek için öngörülerde, mono kristal ve çoklu kristal silikon teknolojilerinin marketi domine edeceğini söylenmektedir. Bu teknolojilerde son yıllarda, sürekli olarak gelişmeler devam etmiştir ve daha yüksek verimliliğe sahip çok sayıda modül üretilmiştir. Çalışmalar ile daha geniş ve ince silikon tabakaları da üretilmiştir. Hücre ve modül üretimlerindeki teknoloji daha da gelişmeli ve yeni tabaka üretimlerine ve hücre kalınlıklarına adapte olmalıdır. İnce tabaka üretimlerinin, üretim maliyetleri azaltma potansiyeline sahiptirler, ayrıca piyasadaki silikon kıtlığına da çözüm olabileceği nedeniyle son derece önemlidirler.

Piyasadaki silikon kıtlığı ince film modüller için büyük bir market potansiyeli yaratmıştır. Uzun vadede ince film modüller üretimindeki maliyet azaltma potansiyeli için çok sayıda üretim yapılmalı ve çok daha iyi satış stratejileri ve üretimdeki standartlaşmanın daha kaliteli olması gerekmektedir. İnce film teknolojisiyle üretilmiş modüller, düşük verimliliklere sahip olması nedeniyle, çok daha düşük fiyatlarla ve daha yüksek enerji kazanımları olduğu takdirde piyasada daha rekabetçi bir duruma gelebilecektir.

Şuanda ise yüksek planlama ve kurulum maliyetleri herhangi bir olası fiyat avantajını yok etmektedir. Yeni kurulacak olan sistemlerde, güneş paneli markalarının önerdikleri enerji üretim miktarları ile modüllerin gerçekte ne kadar ürettiği ile ilgili testler yapılarak karşılaştırılmalı, daha iyi ve daha kötü aydınlatma ve çalışma sıcaklıkları koşullarındaki performanslarına da bakılmaları gerekmektedir.

6.2.2. Fotovoltaik Sistemler

Çok sayıda güneş hücresi birleştirilerek elektrik üretmemizi sağlayan güneş panellerini oluşturmaktadır. Her bir tek güneş paneli kısıtlı miktarda güç üretebilmektedir, elektrik üretimini gerçekleştirdiğimiz çoğu uygulamada çok sayıda güneş paneli birlikte kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistem; güneş panelleri, evirici, yük kontrolörü, depolama

gerekli olan koşullarda batarya, bazı durumlarda güneş ışığıını takip eden özel bir ekipman ve kablolardan oluşmaktadır.

Güneş panellerinin verimlilik oranı, hücreye gelen güneş ışığıından ne kadarı ile elektrik üretildiğinin ifadesidir. Boeing'in ortağı olan Spectrolab bilim adamları, özel yapım olan çok sayıda birleşmeye sahip olan ve verimliliğı % 40 ile dünya rekoru olan güneş hücresi ürettiklerini açıklamışlardır.

Fotovoltaik sistemler, şebekeye bağılı ve şebekeden bağımsız olmak üzere ikiye ayrılırlar. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerde, güneş panellerinden elde edilen elektrik her zaman enerji talebiyle tam olarak eşleşmemektedir, bu nedenle bu sistemlerde ekstra olarak depolama sistemleri olarak bataryalar bulunmaktadır.

Şebekeye bağılı fotovoltaik sistemlerde, enerji depolama görevini sistemin bağılı olduğı şebeke yapmaktadır. Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da şebekeye bağılı olan fotovoltaik sistemlerin sayısı sürekli olarak artarken, özellikle gelişmekte olan ülkelerde önümüzdeki yıllarda şebekeden bağımsız sistemlerin sayıları artacaktır. Evlere güç sağılayan küçük ölçütte şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler; aydınlatma, radyo, televizyon, buzdolabı ve pompa gibi sistemlere güç sağılayabilmektedir.

6.2.2.1. Şebekeden Bağımsız Fotovoltaik Sistemler

Ana şebeke hattından elektrik sağılanamadığı durumlarda veya ana şebeke hattından elektrik almanın maliyet açısından mantıklı olmadığı veya istenmediğı durumlarda, şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler kurulumu tercih edilebilmektedir. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerin uygulama alanları giderek çoğalmaktadır.

Elektriğın ana şebeke hattından sağılanamadığı gelişmekte olan ülkelerde, şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerin kullanılma potansiyeli çok fazladır. Teknolojik gelişmeler ve yeni düşük fiyatlı üretim metotları sayesinde, gelişmiş olan ülkelerde de şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerin kullanılması açısından yeni potansiyeller oluşmaktadır. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemlerde, elektriğe üretildiğı anda genellikle ihtiyaç duyulmadığı için, bu sistemler genellikle enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duymaktadır.

Çizelge 6.1. Güneş Hücreleri Verimlilik Karşılaştırılması

Güneş Hücresi Materyali	Hücre Verimliliği (Laboratuvar Koşulu) (%)	Hücre Verimliliği (Gerçek Üretim) (%)	Modül Verimliliği (Seri Üretim) (%)
Monokristal Silikon	24,7	21,5	16,9
Çoklu Kristal Silikon	20,3	16,5	14,2
Şerit Silikon	19,7	14	13,1
Kristal İnce Film Silikon	19,2	9,5	7,9
Amorf Silikon	13,0	10,5	7,5
Mikromorf Silikon	12,0	10,7	9,1
CIS	19,5	14,0	11,0
Kadmiyum Telluride	16,5	10,0	9,0
III – V Yarıiletken	39,0	27,4	27
Boyaya Duyarlı Hücre	12	7,0	5,0
Hibrit Güneş Hücresi	21	18,5	16,8

* (Planning & Installing Photovoltaic Systems, A guide For Installers, Architects And Engineers, The German Energy Society)

Tekrar olarak şarj edilebilen bataryalar depolama sisteminde kullanılmaktadır. Bataryaları korumak ve yaşam sürelerini artırarak daha uzun bir süre sisteme hizmet etmelerini sağlamak amacıyla, sisteme uygun yük kontrolörleri seçilmektedir. Tipik bir şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem bileşenleri: güneş panelleri, yük kontrolörleri, batarya bankları, yükler ve eviriciler.

6.2.2.2. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemler

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerin ana bileşenleri: güneş panelleri, güneş panellerini birleştirici kutu ekipmanları, doğru akım kablolama ekipmanları, doğru akım izolatörü, evirici, alternatif akım kablolama ekipmanları, ölçümleme cihaz ekipmanlarıdır. Fotovoltaik sistemlerde ilk uygulamalar genellikle müstakil evlerin çatısına uygulanmıştır, şunda ise birçok farklı binada uygulanmışlardır. Binaların yanı sıra birçok farklı uygulama alanlarında da kullanılmaktadır. Günümüzde güneş paneli sistemlerinin binalara entegrasyonu sırasında çok sayıda farklı tasarım olanağı bulunmaktadır.

6.2.3. Literatürdeki Fotovoltaik Sistemlerin Enerji Tasarruf Oranları

Literatürde yapılmış olan çalışmalarda güneş enerjisi uygulamaları ile ele edilmiş elektrik enerjisindeki tasarruf miktarları Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

6.3. Yöntem

Güneş enerjisi sistemleri tasarımında halihazırda bir çok farklı simülasyon, dizayn programları bulunmaktadır. Seçilen lokasyona göre gölge analizlerinin de hesaplamalara katılarak, doğruluk oranı çok fazla sayıda, gerçek enerji üretim miktarının hesaplanması ve diğer analizlerin yapılabilmesi için simülasyon programlarına ihtiyacımız bulunmaktadır. Genel olarak dizayn ve simülasyon programları kompleks olan durumları hızlı bir şekilde gözler önüne serebilmekte ve uygun bir hale getirerek çözüm yolları sunmaktadırlar. Şebekeye bağlı bir güneş enerjisi sistemi tasarlanmak istendiğinde, ilk bakışta bu işlemin hiç de kolay bir işlem olmadığı görülecektir. Her bir invertörün sahip olduğu kendine özgü DC tarafında olan en fazla güç noktası bölgeleri vardır. Aynı zamanda her bir invertör kendine ait olan akım ve voltaj limitleri vardır, bu limitler invertörün hangi operasyon aralığında çalışabileceğini göstermektedir.

PV modüllerin sistemde jeneratör görevi gördüğü ve aynı zamanda sistem bağlantısında PV modüllerin ve invertörlerin birbirine doğru biçimde eşleştiği durumların yaratılması çok önemlidir. Her invertörün ve PV modüllerin birden fazla şekilde bağlantısı yapılabilir. Her bir bağlantı alternatifi için sistemlerin yıllık üretimi simülasyon programları ile tahmin edilip hesaplanır ve en uygun uygulama yönü ve açısı, en uygun bağlantı şekli için bulunur. Kurulacak olan PV sistemin dizaynı ve enerji üretim hesaplamaları hızlı bir

Çizelge 6.2. Literatürdeki PV Sistemlerinin Tasarrufa Etkisi

Referans	Çalışmanın Yapıldığı Yer	Fotovoltaik Sistem Gücü	Güneş Paneli Uygulama Yeri	Tasarruf Sonucu
G.C. Bakosa vd., 2002	Kastoria, Yunanistan	2.25 kWp	Çatı	% 50
P.W. Wong vd., 2007	Japonya	3 kWp	Çatı	% 3 - 8,7
George Ban-Weiss vd., 2012	Yuma, AZ Amerika	20.6 kWp	Çatı	% 20 - 25
Sarah Mesina vd., 2013	Tepic – Nayarit, Meksika	2.4 kWp	Çatı	% 12
Alberto Fernández-Infantes vd., 2005	Ciudad Real, İspanya	11.52 kWp	Çatı	% 32
Gayathri Aaditya vd., 2013	Bangalore, Hindistan	5.25 kWp	Çatı	% 6
D.H.W. Li vd., 2013	Hong Kong	40 kWp	Çatı	% 10,6 - 12,8
Rustu Eke vd., 2013	Muğla, Türkiye	40 kWp	Bina Cephesi	% 4

şekilde yapılabilir, bunun ana gereği kullanılacak olan simülasyon programına iyi bir şekilde hakim olmaktır. Simülasyon programını kullanarak, farklı dizayn alternatiflerinin üretim ve performans sonuçları karşılaştırılarak enerji üretimi, ekonomik ve çevresel faktörler bazında en iyi seçeneğin ne olduğuna karar verilir. Güneş panel modellememizde çalışmamızda Skelion programını kullanılmıştır, Skelion programı Google Sketchup programında bir eklenti olarak kullanılan bir programdır, bu nedenle takip eden bölümlerde her iki programdan da bahsedilecektir.

6.3.1. Kullanılan Program: Google Sketchup

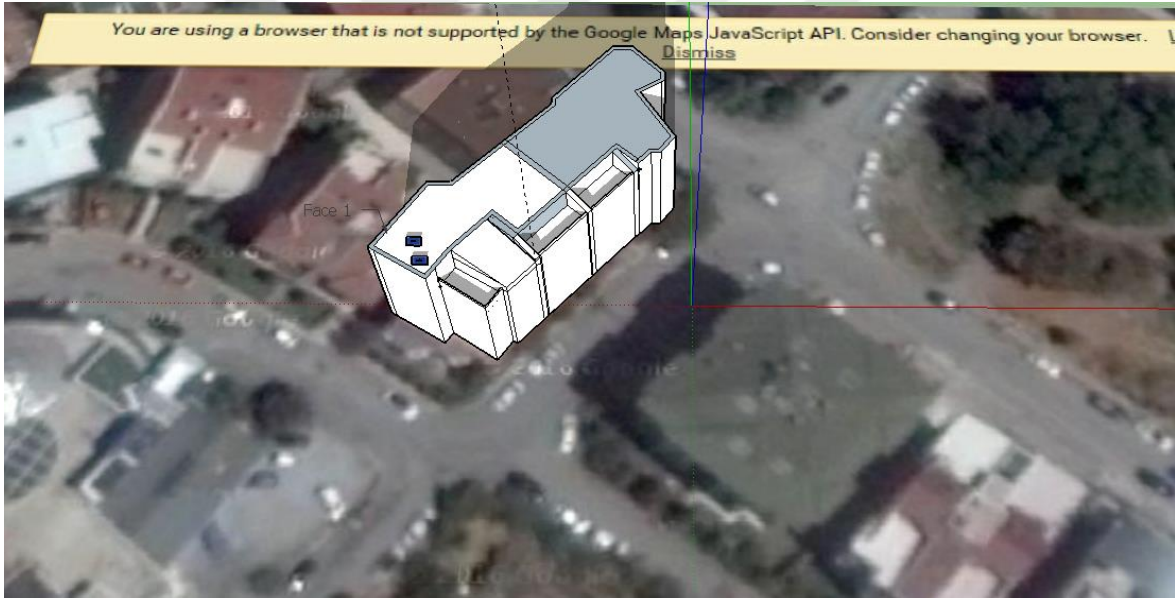
Evlerin çatısına güneş paneli yerleştirme uygulamaları Skelion programı kullanılarak modellenerek gerçekleştirilecektir, Skelion programı Google Sketchup'a eklenti olarak çalışan bir programdır. Evlerin gerçek coğrafi koordinatları alınmış ve evlerin gerçek boyutları lazer metre ile ölçülünerek alınmıştır, binaların mimari modellemeleri Google Sketchup programı ile gerçekleştirmiştir.

Google Sketchup programı mimarlar, mühendisler, film yapımcıları ve oyun geliştiricileri için tasarlanmış 3 boyutlu modelleme programıdır. 2001 senesinde Last Software firması tarafından üretilen program 14 Mart 2006 tarihinde Google tarafından satın alınarak Google firmasına ait olmuştur. Google Sketchup programında bizim işimize en çok yarayan özelliklerden biri de güneş gölge analizi aracıdır, bu araç ile çizimini yaptığımız evlerde çatı üzerinde, gerçek coğrafi koordinat bilgilerine göre gün, ay, saat girildiğinde o belirli andaki gölgenin durumu gerçek zamanlı olarak görülebilmektedir.

6.3.2. Kullanılan Program: Skelion

Skelion programı, solar termal veya fotovoltaik uygulamaların yapılabildiği bir programdır. Gerçek coğrafi koordinatlar girilerek veya Google Maps aracılığıyla çalışmanın yapılmasının istenildiği alanda veya yerleşim biriminde güneş enerji sistem modellemeleri yapılabilen bir programdır. Fotovoltaik sistem uygulamalarının en hızlı ve en doğru bir biçimde analizinin yapılarak, gerekli sonuçların alınmasını sağlamayı amaçlayan bir programdır. Skelion bu amacı gerçekleştirirken Google Sketchup'un bir eklentisi olarak hizmet vermektedir, uygulanması için satın alınması gereken bir eklentidir. Google Sketchup uygulamasında kullanabildiğimiz Google Earth programı veya Google Maps sayesinde güneş enerjisi sisteminin kurmayı düşündüğümüz mekanların veya yerleşim yerlerinin gerçek coğrafi koordinatlarına ulaşılmış olunur, koordinatların yanı sıra o coğrafi yere ait gelen güneş enerjisi ölçülerine ve gölgelerine de ulaşılabilir. Yerleşim birimlerinden, coğrafi bölgeler üzerindeki güneş enerjisi sistem tasarımlarına kadar, Skelion mühendislerin, mimarların kolay bir şekilde 3 boyutlu modelleme yaparak, gerçek ve performans açısından net sonuçlar elde edebileceği bir programdır. Google Sketchup'da eklenti olarak çalışan Skelion programı, mimari olarak evlere veya coğrafi bölgeler üzerine güneş panellerinin yerleştirilmesinden sonra, koyulan sistemin enerji performansını ve sonuçları hesaplar. Bu sonuçları hesaplarken, PVWATTS, PVGYS ve PVSYST gibi

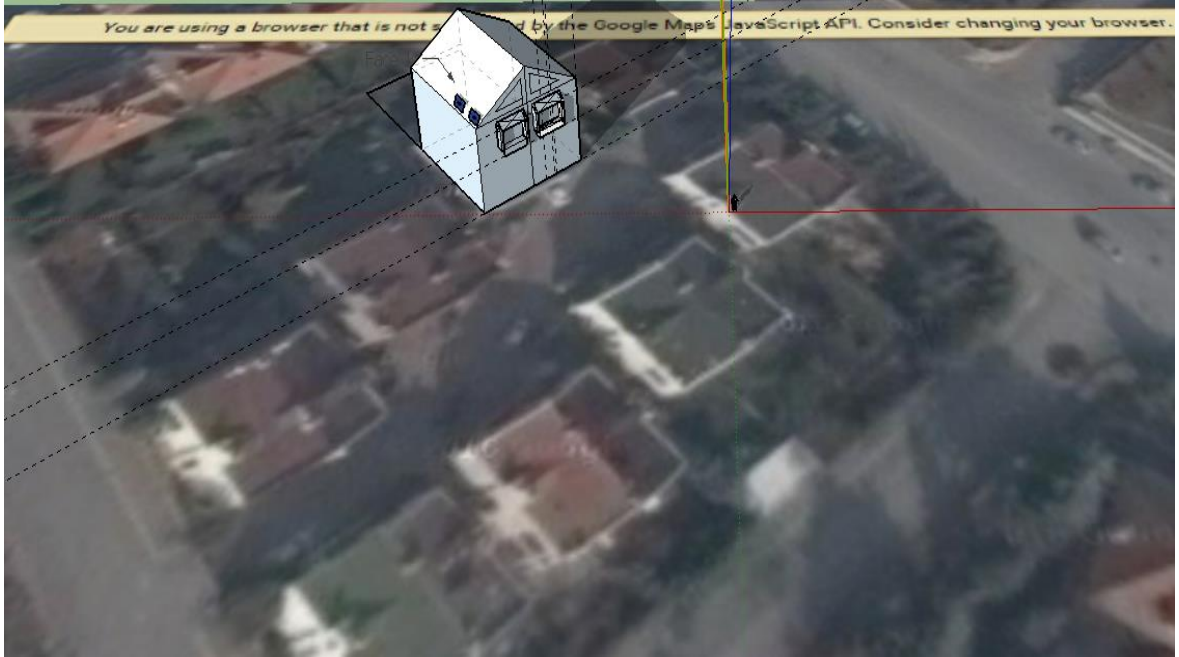
programlara erişerek, bu uygulamaların kendi ekranında kullanılmasını sağlayarak, tasarımı yapılan fotovoltaik sistemin performans sonuçlarını ortaya çıkarır. Skelion programını kullanmak için Google Sketchup uygulamasının profesyonel sürümüne sahip olunmalıdır. Skelion programının 1 senelik lisanslı uygulama kullanım bedeli, 1 sene ve 1 lisans için 200 \$'dır, 2 lisans için 350 \$, 3 lisans için 400 \$, 4 lisans için 500 \$ ve 6 lisans için 600 \$'dır. Programın demo halinin yüklenmesi veya satın alınması için: <http://skelion.com/index.htm?v1.0.0> linki incelenebilir. Maddi analizler sonucunda, elektrik faturalarının miktarına göre çalışmamızda incelediğimiz 5 adet evden 3 adet evde güneş paneli simülasyonları yapılmıştır; 1, 2 ve 5 numaralı evlerde fotovoltaik sistem simülasyonları yapılmıştır. Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'de Skelion programı ile gerçek coğrafi koordinatlara göre evin çizimleri ve çatılarında güneş panelleri çizimi görüntülerini görebilirsiniz.



Şekil 6.1. 1 Numaralı Ev Skelion Simülasyon Görüntüsü



Şekil 6.2. 2 Numaralı Ev Skelion Simülasyon Görüntüsü



Şekil 6.3. 5 Numaralı Ev Skelion Simülasyon Görüntüsü

6.4. Çıkarımlar

Teorik olarak uygulanması gerektiğini düşündüğümüz güneş paneli sisteminin büyüklüğünü hesaplamak için ilk olarak Mayıs 2014 – Temmuz 2016 arasındaki ortalama elektrik tüketim miktarı bulunmuştur. Bu süre içindeki her aydaki toplam elektrik

tüketimini o ayın gün sayısına bölerek günlük ortalama tüketim değerleri bulunmuştur ve bulunan bu değerler, Mayıs 2014 – Temmuz 2016 periyodu arasındaki ortalama elektrik tüketim değeriyle karşılaştırılmıştır. Bu ortalama değerden fazla tüketilen ilgili aylarda minimum ekonomik yatırım ile bu miktarın en fazla ne kadarını karşılayabiliriz yaklaşımı sergilenmiştir. Hesaplanan miktarı ne kadarlık miktarda bir güneş paneli sistemi karşılar analizi yapılırken güneş panelinin gücü ve güneşlenme sürelerinin dikkate alınması gerekmektedir. Çalışmamız boyunca maliyeti en minimum seviyede tutmak için ve güneş panelini uygulanması mantıklı olduğunu düşündüğümüz evlerdeki farklı lokasyonlara göre farklı performansları da karşılaştırabilmek için, 0.47 kWp gücünde güneş paneli sistemi hesaplamaları yapılmıştır. Monokristal, poli kristal ve CdTe teknolojilerinde aynı güce ait güneş panel sistem üretimlerini ve maliyetlerini karşılaştırarak en uygun güneş panel sistemi seçilmiştir. Güneş paneli uygulaması düşünülen 3 evde de polikristal güneş modüllerinden oluşan güneş paneli sisteminin analizi yapılması kararlaştırılmıştır.

6.4.1. 1 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

1 numaralı evdeki güneş enerjisi sistemi çalışmamızda kullanılan monokristal, polikristal ve CdTe ince film güneş paneli sistemlerin üreteceği 1 yıllık elektrik miktarları EKLER bölümünde paylaşılmıştır. Monokristal, polikristal ve CdTe ince film güneş panellerinin 1 yıllık kWh kazanç ve buna denk gelen 1 senelik toplam elektrik fatura TL kazancı Çizelge 6.5’de paylaşılmıştır.

Çizelge 6.3. 1 Numaralı Evde 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması

3 SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI					
Sistem NO	Sistemde Kullanılan Modül Teknoloji ve Marka	kWh Kazanç	Fatura Kazanç (TL)	Modül Sayısı ve Birim Maliyet	PV Modül Maliyeti
1	Monokristal Canadian Solar CS6P-240	714.600	267,665	2 adet, 392,64 \$	659,24 \$
2	Polikristal Yingli YL 235 P-29b	699,700	262,085	2 adet, 240 \$	480 \$
3	CdTe İnce Film First Solar FS-280	778,200	291,494	6 adet, 150 \$	900 \$

Sistem seçiminde, kWh kazanç ve fatura kazanç (TL) baz alınmıştır. 3 güneş paneli sistemleri arasında CdTe ince film güneş paneli sistemi kWh kazancı bakımından en iyi

durumdadır, fakat kullanılan modülün gücü düşük olması nedeniyle 6 adet kullanılmıştır ve toplamda toplam sistem maliyeti artmıştır. Bu nedenle en düşük PV modül maliyetine sahip olan polikristal güneş sistem tasarımı seçilmiştir. 3 güneş paneli sisteminin; Temmuz – Eylül, Ekim – Aralık, Ocak – Mart, Nisan – Haziran dönemlerinin her birindeki toplam ürettiği elektrik miktarı ve bu tüketimdeki kazancın faturalara maddi kazan olarak yansımaları EKLER bölümünde paylaşılmıştır.

6.4.2. 2 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

2 numaralı evdeki güneş enerjisi sistemi çalışmamızda kullanılan monokristal, polikristal ve CdTe ince film güneş paneli sistemlerin üreteceği 1 yıllık elektrik miktarları EKLER bölümünde paylaşılmıştır. Monokristal, polikristal ve CdTe ince film güneş panellerinin 1 yıllık kWh kazanç ve buna denk gelen 1 senelik toplam elektrik fatura TL kazancı Çizelge 6.6’da paylaşılmıştır.

Çizelge 6.4. 2 Numaralı Evde 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması

3 SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI					
Sistem NO	Sistemde Kullanılan Modül Teknoloji ve Marka	kWh Kazanç	Fatura Kazanç (TL)	Modül Sayısı ve Birim Maliyet	PV Modül Maliyeti
1	Monokristal Canadian Solar CS6P-240	658.000	246,489	2 adet, 392,64 \$	659,24 \$
2	Polikristal Yingli YL 235 P-29b	644.300	241,357557	2 adet, 240 \$	480 \$
3	CdTe İnce Film First Solar FS-280	723.200	270,917194	6 adet, 150 \$	900 \$

Seçilen sistemi 1 numaralı evde olduğu gibi polikristal güneş panelleri ile oluşturulmuş sistemdir, 2 adet 235 Wattlık güneş paneli kullanılarak oluşturulmuştur. 3 güneş paneli sistemleri arasında CdTe ince film güneş paneli sistemi kWh kazancı bakımından en iyi durumdadır, fakat kullanılan modülün gücü düşük olması nedeniyle 6 adet kullanılmıştır ve toplamda toplam sistem maliyeti artmıştır. Bu nedenle en düşük PV modül maliyetine sahip olan polikristal güneş sistem tasarımı seçilmiştir. 3 güneş paneli sisteminin; Temmuz – Eylül, Ekim – Aralık, Ocak – Mart, Nisan – Haziran dönemlerinin her birindeki toplam ürettiği elektrik miktarı ve bu tüketimdeki kazancın faturalara maddi kazan olarak yansımaları EKLER bölümünde paylaşılmıştır.

6.4.3. 5 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

5 numaralı evde de 1 ve 2 numaralı evlerde olduğu gibi polikristal güneş enerjisi sistemi tercih edilmiştir. 5 numaralı evde 2 adet 235 Watt gücünde güneş paneli kullanılmasıyla toplamda 0.470 kWp bir güce sahip güneş paneli sistemi analiz edilmiştir.

Çizelge 6.5. 5 Numaralı Evde 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması

3 SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI					
Sistem NO	Sistemde Kullanılan Modül Teknoloji ve Marka	kWh Kazanç	Fatura Kazanç (TL)	Modül Sayısı ve Birim Maliyet	PV Modül Maliyeti
1	Monokristal Canadian Solar CS6P-240	663.500	248,541	2 adet, 392,64 \$	659,24 \$
2	Polikristal Yingli YL 235 P-29b	649.800	243,409	2 adet, 240 \$	480 \$
3	CdTe İnce Film First Solar FS-280	731.300	273,942	6 adet, 150 \$	900 \$

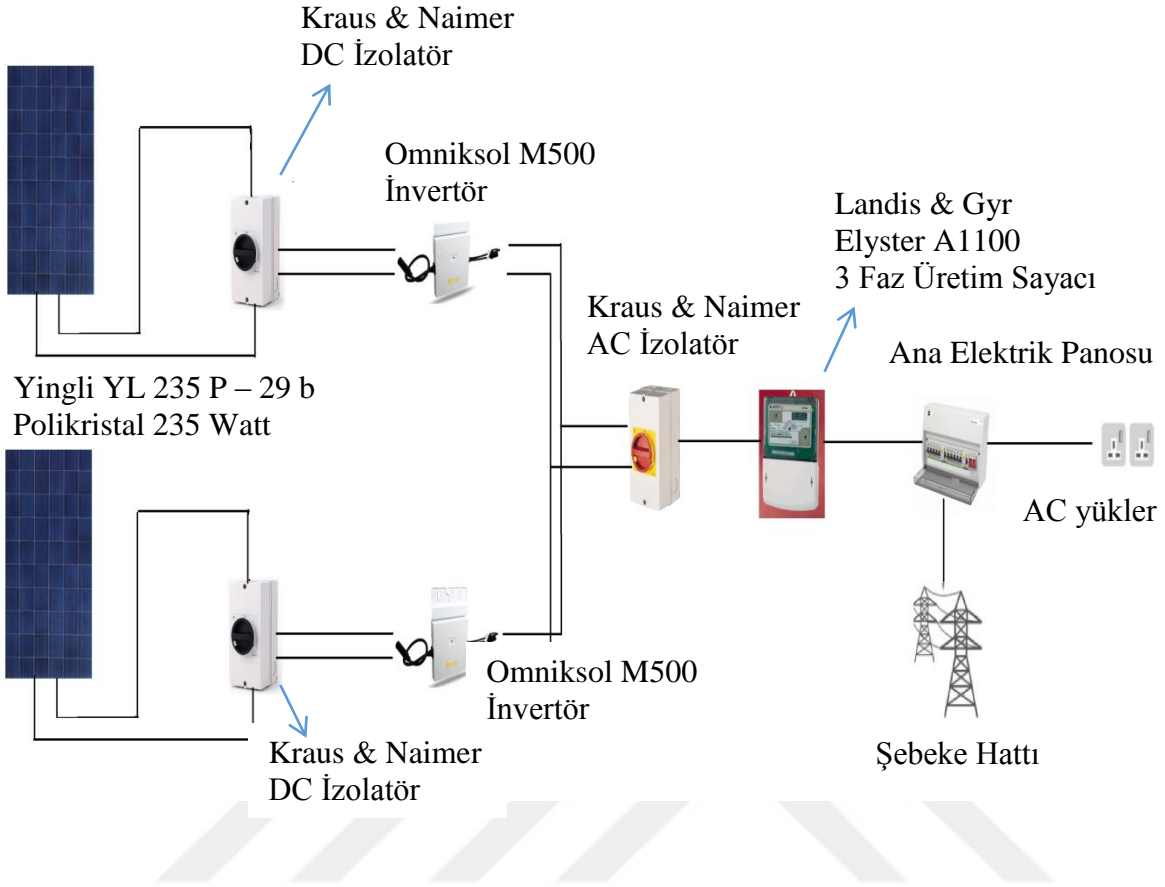
5 numaralı ev için tasarlanan 3 güneş paneli sisteminin (monokristal, polikristal ve CdTe ince film), Temmuz – Eylül, Ekim – Aralık, Ocak – Mart, Nisan – Haziran dönemlerinin her birindeki toplam ürettiği elektrik miktarı ve bu tüketimdeki kazancın faturalara maddi kazan olarak yansıma miktarları EKLER bölümünde paylaşılmıştır. Karşılaştırılmaları Çizelge 6.7’de verilmiştir.

1,2 ve 5 numaralı üç evde de polikristal güneş panellerinin kullanılmasıyla oluşacak bir sistem analiz edilmiştir. Polikristal güneş panellerini kullanacak olan her 3 evde, güneş enerjisi sisteminin tüm bileşenleri ve bağlantı şeması Şekil 6.4’de verilmiştir.

6.5. Sonuçlar ve Tartışma

1, 2 ve 5 numaralı evlerde güneş enerjisi sistem analizleri yapılmıştır. 1 numaralı evin Temmuz 2016 – Haziran 2017 tarih aralığında öngörülmüş toplam elektrik tüketim miktarı 6097.930 kWh’dir, 2 adet 235 Wattlık Yingli YL 235 marka polikristal güneş panellerinin uygulanması sonucunda Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığındaki öngörülmüş güneş paneli sistemi üretim miktarı 699.700 kWh’dir. 0.47 kWp’lik bir sistem ile Temmuz 2017 – Haziran 2016 aralığındaki öngörülen toplam kullanım miktarının % 11,47’si güneş panelinden karşılanabilecektir.

Yingli YL 235 P – 29 b
Polikristal 235 Watt



Şekil 6.4. 1, 2 Ve 5 Numaralı Evlerdeki Seçilen Güneş Enerjisi Sistemi Bileşenleri

2 numaralı evin Temmuz 2016 – Haziran 2017 tarih aralığında öngörölmüş toplam elektrik tüketim miktarı 8350.295 kWh'dır, 2 adet 235 Wattlık Yingli YL 235 marka polikristal güneş panellerinin uygulanması sonucunda Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığındaki öngörülen güneş paneli sistemi üretim miktarı 644.300 kWh'dır. 0.47 kWp'lik bir sistem ile Temmuz 2017 – Haziran 2016 aralığındaki öngörülen toplam kullanım miktarının % 7,72'si güneş panelinden karşılanabilecektir.

5 numaralı evin Temmuz 2016 – Haziran 2017 tarih aralığında öngörölmüş toplam elektrik tüketim miktarı 5910.720 kWh'dır, 2 adet 235 Wattlık Yingli YL 235 marka polikristal güneş panellerinin uygulanması sonucunda Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığındaki öngörülen güneş paneli sistemi üretim miktarı 649.800 kWh'dır. 0.47 kWp'lik bir sistem ile Temmuz 2017 – Haziran 2016 aralığındaki öngörülen toplam kullanım miktarının % 10,99'u güneş panelinden karşılanabilecektir.

3 adet evde de aynı kapasiteli güneş paneli sistemleri tasarlanmıştır. 2 numaralı evdeki öngörülen elektrik tüketim miktarı çok fazla olduğundan güneş enerjisi sisteminin kazanca toplam katkı oranı % 7,72 ile 1 ve 5 numaralı evlere göre düşük çıkmıştır. Güneş enerjisi analizleri uygulamalarında, evlerin gerçek lokasyon, coğrafi bilgileri kullanılmıştır. Görüldüğü gibi 1 numaralı ev sahip olduğu coğrafi avantaj ile aynı sistem tercih edilmesine rağmen 2 ve 5 numaralı eve göre aynı kapasitedeki güneş enerjisi sistemi ile daha fazla üretim yapabilmektedir. Güneş enerji sistemlerine yapılacak olan ilk yatırım maliyeti yüksektir. Çalışmadaki üç evimiz de Ankara'da yer almaktaydı, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Harita'sında 1 m² alana yıl boyunca düşen ortalama güneş enerjisi radyasyon miktarları gösterilmiştir. Ankara'nın potansiyeli 1 m² başına 1500 – 1550 kWh'dır, Türkiye'nin güneyi inildiğinde ise, örneğin Antalya, Karaman ve İçel'in potansiyelleri 1 m² başına 1700 – 1800 kWh civarındadır. Çalışmayı gerçekleştirdiğimiz 3 adet ev Türkiye'nin güneyinde olsaydı görüldüğü gibi üretim potansiyeli daha büyük olacak ve dolayısıyla zaten pahalı olan güneş enerjisi sistemlerinin maliyetlerinin tercih edilmesini avantajlı hale getirilecektir. Ankara'nın güneş enerjisi uygulamaları için güneş radyasyon miktarları nedeniyle çok verimli bir potansiyeli olduğu söylenememektedir.

7. SONUÇLAR

Elektrik tarifeleri öngörülerinde uluslar arası düzeyde kullanılabilecek olan ideal bir model olmadığı çalışmamızın önceki bölümlerinde bahsedilmiştir. 19 farklı yaklaşımın kullanılarak öngörülerin üretilmesi, sonuçların analiz edilmesi gibi zorlayıcı prosessler bütünü gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarında, Winters düzleştirme, çiftli üstel düzleştirme ve ARIMA modelleri öngörü işlemlerinde düşük hata oranları ile iyi bir iş çıkarmıştır. 2011 – 2014 zaman serileri kullanılarak yapılan öngörülerdeki en iyi modelimiz Winters düzleştirme modeli çıkmıştır, mevsimsellik özelliği 12'dir, 2007 – 2014 arası verileri girdi olarak kullanılan 19 farklı yaklaşım modeli arasından en iyi model ARIMA (0,1,0) (0,01) modeli bulunmuştur, bu model en küçük hata ölçülerine sahiptir.

Bu farklılığın sebebi farklı zaman periyotlarının farklı sonuçlar meydana getirmesidir, zaman serisi verilerini iki katına çıkararak 2007 – 2014 arası verileri girdi olarak kullandığımız ne iyi modelin hata ölçüleri 2011 – 2014 arası verileri kullanan modele göre daha düşük çıkmıştır, öngörü hataları azalmıştır, bu da demek olmaktadır ki modelimiz zaman serisi karakteristik özelliklerini daha iyi bir şekilde çözümleme yapıp, gerçek değerlere çok daha yakın olan öngörü sonuçlarını üretebilmektedir. 2007 – 2014 arası zaman serisi verilerini girdi olarak aldığımızda, en iyi modelimiz iki veya üç ondalık basamak hassasiyete kadar öngörülen sonuçları gerçek değerlerle karşılaştırdığımızda çok yakın bir derecede bilmiştir.

Çalışmamızda elektrik tüketimlerini öngördüğümüz 5 evden birisi ofis geriye kalan 4 evin ailelerin oturduğu yerleşim alanları olduklarını belirtmiştik. Enerjisa firmasının kullanıcılara sadece 2 yıllık geçmiş verileri sağlaması nedeniyle öngörü modellerimize en fazla 2 yıllık zaman serisi verileri girdi olarak kullanılabilmiştir, bu nedenle girdi verilerimizin zaman aralığı Mayıs 2014 – Mayıs 2016'dır. Performansların doğrulanma adımı yapılırken, yüzdesel sapma hata miktarları karşılaştırılmıştır ve tüm 5 ev arasından en düşük yüzdesel hata oranlarına sahip olan ev 1 numaralı ev olarak bulunmuştur. En kötü yüzdesel sapma hata oranlarına sahip ev 2 numaralı ev olan ofis ve bunu takiben de 5 numaralı ev olmuştur. Çalışmamızdaki elektrik tüketim miktarlarını öngörme konusundaki 2 senelik girdi verileri kısıtlama olmuştur, yaklaşım olarak doğru sonuçlar veren yöntemimizin doğruluğu girdi zaman serisini artırdığımızda kesinlikle artacaktır.

Geribildirim teknolojileri evlerdeki toplam harcanan elektrik tüketim miktarını azaltmak konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğundan bahsedilmiştir. Çalışmamızdaki 5 adet

eve geribildirim ürünleri takılmıştır. Geribildirim cihazlarının teknik özellikleri ve çalışmaların yapılacağı evlerin sosyodemografik özellikleri geribildirim teknolojilerinin etkisinde en büyük rolü oynayan iki ana faktördür. Gerçek zamanlı geliştirilmiş düzeyde geribildirim teknolojisi, evde kullanılan monitörleme sistemi ve merkezi olarak kullanılan LCD monitörünün kullanılmasıyla birlikte bu komple sistemin geribildirim teknolojileri arasından elektrik tasarrufunda en fazla potansiyele olduğu ifade edilmiştir. 3 ve 4 numaralı evlerde cihaz düzeyindeki ve LCD monitörünün de mevcut sisteme dahil edilmesiyle oluşan geribildirim etkisinin yalnız evlerde kullanılan monitörlerin olduğu duruma göre daha fazla tasarruf etkisi olduğu ortaya konulmuştur.

Geribildirim çalışmalarının yapılacağı evlerin kat sayıları da bir diğer önemli bir faktördür, çalışmamız sonucunda geribildirim teknoloji cihazlarının 2 katlıdan daha fazla kata sahip olan evlerde kullanılması önerilmemektedir, eğer kullanılması gerekiyorsa her kata merkezi bir LCD monitörünün konulmasını önermekteyiz. Çalışmamızda ofiste gerçekleştirdiğimiz geribildirim etkisi istenilen sonucu vermedi, geribildirim teknoloji ürünlerinin sadece evlerde kullanılmasını önerilmektedir.

Hedef belirleme konsepti bir diğer önemli olan konudur. En fazla oranda elektrik tasarruf amaçlanıyorsa, çalışmamız neticesinde; geçmiş 1 senelik elektrik tüketim miktarları alınarak ortalama bir elektrik fatura maliyeti bulunduktan sonra bu maliyet üzerinden % 15 düşülerek bir bütçe hedefinin belirlenmesi gerektiğini önerilmektedir.

Evlerin gelir seviyeleri geribildirim teknolojilerinin etkisi üzerinde bir başka önemli olan faktördür, eğer evlerin gelir seviyeleri çok fazla ise (aylık 15.000 TL'den fazla), bu evlerdeki kullanıcıların geribildirim cihazlarına ve uyarılarına yeteri kadar dikkati ve önemi vermeyerek, etkisiz bir sonuç ortaya çıkmasına neden olabilecekleri ortaya konulmuştur. Geribildirim teknoloji ürünlerinin aylık geliri maksimum olarak 10.000 TL olan evlerde daha başarılı olabilme potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir. Gelecekte yapılan çalışmalarda farklı zaman aralıklarındaki geribildirim etkisinin incelenmesi önerilmektedir ve bu spesifik zaman aralıklarının hangisinde daha fazla elektrik tasarruf potansiyeline sahip bulunduğu bulunmalıdır.

Çalışmamızın ana konusu olarak enerji verimli teknolojiler, geribildirim teknoloji ürünleri ve güneş enerjisi sistemlerinin birlikte uygulanmasıyla evlerdeki maksimum elektrik tasarruf miktarının hesaplanmasıdır. Güneş enerjisi sistemiyle evlerdeki tüm elektrik ihtiyacı da karşılanabilir, buradaki kıstas tüketicilerin ne kadarlık yatırım yapabilecek

olması gerçeğidir. Enerji verimli teknolojilere yapılacak olan yatırım da bir maddi kayıp demektir ve burdaki enerji verimli teknolojilere geçiş ile elde edilecek olan kârın geri dönüş süresinin iyi hesaplanması gerekmektedir. Seçilecek olan güneş paneli kapasitesi yaklaşımımız ise 2 sene boyunca süre gelen aylık elektrik tüketim miktarları ile 2 yıllık ortalama aylık elektrik tüketim miktarını karşılaştırılarak, minimum maliyatıma ihtiyaç duyan ve bu tüketim fazlalıklarını ortalama aylık elektrik tüketim seviyesine çekebilecek olan seviyeye çekme analiziyle gerçekleştirilmiştir.

7.1. Evlerdeki Azami Tasarruf Potansiyel Miktarları ve Yüzdeleri

Ankara'daki 5 adet evde, elektrik geribildirim teknolojileri, enerji verimli teknolojiler ve fotovoltaik sistem uygulamalarının birlikte kullanılmasıyla elde edilecek olan elektrik tasarrufundaki azami tasarruf miktarı potansiyeli hesaplanmıştır. Çalışmamızın başında 7 adet ev belirlenmiştir, fakat 6 numaralı evin geçmiş yıllara ait elektrik faturaları tarafımıza sunulmadığından, 7 numaralı evin ise çalışma başladıktan kısa bir süre sonra çalışmadan çıkmak istediğini belirtmesiyle, çalışma 5 adet evde uygulanmıştır.

4.4.3 Geribildirim Çalışması Sonuçları başlığında bulunan Çizelge 4.7'de paylaşılan elektrik geribildirim tasarruf oranları, 5 adet evdeki elektrik geribildirim cihazlarının elektrik tüketimindeki Temmuz 2017 – Haziran 2016 zaman aralığındaki öngörülen elektrik tüketim miktarlarında da aynı oranla elektrik tasarrufuna neden olacağı varsayılmıştır.

Çizelge 5.16, Çizelge 5.20, Çizelge 5.27, Çizelge 5.34 ve Çizelge 5.41'te 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı evlerde mevcut cihazların, enerji verimli cihazlarla değiştirilmesiyle oluşacak olan elektrik tüketimi tasarruf oran miktarlarının 1 seneye yayılmış tasarruf miktarının toplam tüketimine oranlarının bulunmasıyla, Temmuz 2017 – Haziran 2016 zaman aralığındaki öngörülen elektrik tüketim miktarlarında da aynı oranla elektrik tasarrufuna neden olacağı varsayılmıştır.

6.4 konu başlığı altında bulunan Çizelge 6.5, 6.6 ve 6.7'de paylaşılan 1,2 ve 5 numaralı evler için seçilen güneş enerjisi sisteminin Temmuz 2016 – Haziran 2017'deki elektrik tüketimindeki tasarrufa katkıları gösterilmiştir. 3 evdeki güneş enerjisi sistem uygulamalarının Temmuz 2016 – Haziran 2017 tarihleri aralığında üreteceği elektrik miktarları gösterilmiştir.

Enerji verimli cihazların tasarruf yüzdeleri:

- 1 numaralı ev için % 6,89
- 2 numaralı ev için % 8,74
- 3 numaralı ev için % 21,88
- 4 numaralı ev için % 14,98
- 5 numaralı ev için % 11,37

olarak hesaplanmıştır.

Elektrik geribildirim tasarruf yüzdeleri:

- 1 numaralı ev için % 0
- 2 numaralı ev için % 0
- 3 numaralı ev için % 13,21
- 4 numaralı ev için % 3,42
- 5 numaralı ev için % 1,5

olarak hesaplanmıştır.

Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığında güneş enerjisi sistemi kurulduğu takdirde:

- 1 numaralı evdeki güneş enerjisi sistemi kazancı: 699.600 kWh
- 2 numaralı evdeki güneş enerjisi sistemi kazancı: 644.300 kWh
- 5 numaralı evdeki güneş enerjisi sistemi kazancı: 649.800 kWh

olarak hesaplanmıştır.

5 adet evde elektrik geribildirim uygulamasının, enerji verimli teknolojilerin ve fotovoltaik sistemlerin birlikte kullanılmasıyla Temmuz 2016 – Haziran 2017 zaman aralığında öngörülen elektrik tüketim miktarı üzerinde elde edilebilecek maksimum elektrik tüketimi tasarruf miktarı Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

1 numaralı evde geribildirim çalışmasının bir etkisi olmamıştır, kullanıcılar çalışmanın başlamasından önce buzdolaplarının çok fazla elektrik tükettiği bilgisini tarafına ulaştırmalarına rağmen, mevcut buzdolapları ankastre buzdolapları oldukları için ekstra tadilat işine gerek duyulması nedeniyle buzdolaplarının tüketim profilleri incelenememiştir, buna rağmen enerji verimli teknolojiler ve 0.47 kWp’lık güneş enerjisi sisteminin birlikte uygulanmasıyla % 18,45 oranında tasarruf potansiyeli analiz edilmiştir.

Çizelge 7.1. 5 Evdeki Azami Elektrik Tasarruf Potansiyelleri

AZAMI ELEKTRİK TASARRUF MİKTAR VE ORANLARI					
Ev No	Öngörülen Toplam Elektrik Tüketim (Tem. 2016 – Haz. 2017)	Enerji Verimli Teknolojiler	Elektrik Geribildirim Uygulaması	Fotovoltaik Sistem Uygulaması	3 Stratejinin Birlikte Uygulandığı Durumdaki Toplam Tasarruf Miktarı ve Oranı
1	6097.930 kWh	Oran: % 6,89 Miktar: 425.635 kWh	Oran: % 0 Miktar: 0 kWh	Miktar: 699.700 kWh	Miktar: 1125.335 kWh Oran: % 18,45
2	8350.295 kWh	Oran: % 8,74 Miktar: 729.815 kWh	Oran: % 0 Miktar: 0 kWh	Miktar: 644.300 kWh	Miktar: 1374.115 kWh Oran: % 16,45
3	3503.440 kWh	Oran: % 21,88 Miktar: 574.914 kWh	Oran: % 13,21 Miktar: 347.103 kWh	Miktar: 0 kWh	Miktar: 922.017 kWh Oran: % 26,32
4	2563.020 kWh	Oran: % 14,98 Miktar: 383.940 kWh	Oran: % 3,42 Miktar: 87.655 kWh	Miktar: 0 kWh	Miktar: 471.595 kWh Oran: % 18,39
5	5910.72 kWh	Oran: % 11,37 Miktar: 672.048 kWh	Oran: % 1,5 Miktar: 88.661 kWh	Miktar: 649.800 kWh	Miktar: 1410.51 kWh Oran: % 23,86

2 numaralı evde, ofiste ise ısıtma için kış aylarında kullanılan ısıtıcılar analiz edilememiştir, bu nedenle gerçek potansiyel gözler önüne 1 numaralı ev gibi tam anlamıyla serilememiştir. 2 numaralı evde de geribildirim çalışmasının bir etkisi olmamıştır, enerji verimli teknolojiler ve 0.47 kWp'lık güneş enerjisi sistemi ile % 16,45 oranında elektrik tüketiminde tasarruf potansiyeli gözler önüne serilmiştir.

3 numaralı evde geribildirim çalışmamız çok başarılı olmuştur, geribildirim çalışması ve enerji verimli teknolojiler ile birlikte kullanılmasıyla % 26,32 oranında tasarruf potansiyeli analiz edilmiştir. 3 numaralı ev için güneş enerjisi sistemi mantıklı olmamıştır.

4 numaralı ev için de yine 3 numaralı ev gibi güneş enerjisi sistemi elektrik faturaları çok olmadığından tercih edilmemiştir, geribildirim teknolojisi çalışması ve enerji verimli

teknolojilerin birlikte kullanılmasıyla birlikte % 18,39 oranında tasarruf potansiyeli analiz edilmiştir.

5 numaralı evde güneş paneli 0.47 kWp'lık tercih edilmiş, geribildirim teknolojileri, enerji verimli teknolojiler ve güneş panellerinin birlikte kullanılmasıyla birlikte % 23,86 oranında elektrik tasarruf miktarı analiz edilmiştir.

Tüm bu analiz edilen potansiyeller 1 sene sonraki harcamalarda yapılacak olan tasarruf potansiyelleridir. Bu analiz yapılırken evlerdeki geribildirim çalışmalarımızın sonuçları sabit kabul edilmiştir, enerji verimli teknolojilerin yapacağı tasarruf oranını da çalışma yapıldığı sıradaki oran olarak kabul edilip, gelecek tüketim miktarı üzerinden bu tasarruf oranının gerçekleşeceği varsayılmıştır.

7.2. Evlerdeki Yatırımların Mali Analizleri

Çalışmamızın amacı azami elektrik tasarruf miktarlarını hesaplamaktır, fakat bu potansiyel miktarını analiz edilirken, mali olarak analizlerin de yapılması kuşkusuz ki gereklidir ve enerji verimli teknolojiler ve güneş enerjisine yapılacak olan yatırımın kaç yılda geri döneceği hesaplanması gerekmektedir.

Toplam tüketimin maliyeti hesaplanırken; enerji verimli teknolojiler ve elektrik geribildirim uygulamaları için Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığındaki elektrik tarifeleri ücretlerinin ortalaması alınmıştır ve bu değer kullanılmasıyla, toplam tüketim maliyeti hesaplanmış ve analizler buna göre yapılmıştır. Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığında öngörülen tek zamanlı elektrik tarife ücretleri Çizelge 7.2'de paylaşılmıştır.

Çizelge 7.2 Temmuz 2016 – Haziran 2017 Öngörülen Değerler

Tarih	Öngörülen Tek Zamanlı Tarife Ücreti (TL)
07.2016 – 09.2016	0,313588
10.2016 – 12.2016	0,313628
01.2017 – 03.2017	0,312754
04.2017 – 07.2017	0,314096

Elde edilecek azami elektrik tasarruf miktarının maddi kazanç karşılığı, azami elektrik tasarrufu elde etmek için enerji verimli teknolojiler ve fotovoltaiik sistemlere harcanması gereken ilk yatırım maliyetinin geri dönüş süreleri 5 adet ev için sırasıyla Çizelge 7.3, Çizelge 7.4, Çizelge 7.5, Çizelge 7.6 ve Çizelge 7.7’de verilmiştir.

Çizelge 7.3 1 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi

MALİYET ANALİZİ EV NO 1		
NO	Tanım	Miktar
1	1 Senelik Öngörülen elektrik Tüketimi (Temmuz 2016 – Haziran 2017)	6097.93 kWh
2	1 Senelik Ortalama Elektrik Tarife Fiyatı Tek Zamanlı	0,313517 TL
3	1 Senelik Öngörülen Elektrik Toplam Maliyeti	2283,424 TL
4	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Oranı Sabit	% 6,98
5	Enerji Verimli Teknoloji kWh Kazanç	425.635 kWh
6	Enerji Verimli Teknoloji TL Kazanç	159,385 TL
7	1 Senelik PV Sistem Kazanç	699.700 kWh
8	1 Senelik PV Sistem TL Kazanç	262,085 TL
9	Enerji Verimli Teknoloji Maliyet	TV: 2199 TL
10	Güneş Panel Sistem Maliyet	PV: 7532.31 TL
11	Toplam Maliyet	9731,31 TL
		Geri Dönüş Süresi
12	Sadece TV Değiştirilirse	13,8 yıl
13	Sadece PV Sistemi Konulursa	28,7 yıl
14	TV + PV Sistemi Eklenirse	23,1 yıl

Çizelge 7.4. 2 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi

MALİYET ANALİZİ EV NO 2		
NO	Tanım	Miktar
1	1 Senelik Öngörülen elektrik Tüketimi (Temmuz 2016 – Haziran 2017)	8350.296 kWh
2	1 Senelik Ortalama Elektrik Tarife Fiyatı Tek Zamanlı	0,313517 TL
3	1 Senelik Öngörülen Elektrik Toplam Maliyeti	3126,99 TL

4	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Oranı Sabit	% 8,74
5	Enerji Verimli Teknoloji kWh Kazanç	729.815 kWh
6	Enerji Verimli Teknoloji TL Kazanç	273,289 TL
7	1 Senelik PV Sistem Kazanç	644.300 kWh
8	1 Senelik PV Sistem TL Kazanç	241,357 TL
9	Enerji Verimli Teknoloji Maliyet	PC Sistemleri: 5454 TL
10	Güneş Panel Sistem Maliyet	PV: 7532.31 TL
11	Toplam Maliyet	12986.31 TL
		Geri Dönüş Süresi
12	Sadece PC Sistemleri Değiştirilirs	19,9 yıl
13	Sadece PV Sistemi Konulursa	31,2 yıl
14	PC + PV Sistemi Eklenirse	25,2 yıl

Çizelge 7.5. 3 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi

MALİYET ANALİZİ EV NO 3		
NO	Tanım	Miktar
1	1 Senelik Öngörülen elektrik Tüketimi (Temmuz 2016 – Haziran 2017)	2627.58 kWh
2	1 Senelik Ortalama Elektrik Tarife Fiyatı Tek Zamanlı	0,313517 TL
3	1 Senelik Öngörülen Elektrik Toplam Maliyeti	983,928 TL
4	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Oranı Sabit	% 21,88
5	Enerji Verimli Teknoloji kWh Kazanç	574.914 kWh
6	Enerji Verimli Teknoloji TL Kazanç	215,285 TL
7	Elektrik Geribildirim Kazanç Oranı Sabit	% 13,21
8	Elektrik Geribildirim kWh Kazanç	347.103 kWh
9	Elektrik Geribildirim TL Kazanç	129,978 TL
10	Enerji Verimli Teknoloji Maliyet	Buzdolabı: 3325 TL Bulaşık Makinesi: 2700 TL
11	Toplam Maliyet	6025 TL
		Geri Dönüş Süresi
12	Sadece Enerji Verimli Teknolojiler Değiştirilirse	27,9 yıl
13	Enerji Verimli Teknolojiler + Elektrik Geribildirim Eklenirse	17,45 yıl

Çizelge 7.6. 4 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi

MALİYET ANALİZİ EV NO 4		
NO	Tanım	Miktar
1	1 Senelik Öngörülen elektrik Tüketimi (Temmuz 2016 – Haziran 2017)	2563.02 kWh
2	1 Senelik Ortalama Elektrik Tarife Fiyatı Tek Zamanlı	0,313517 TL
3	1 Senelik Öngörülen Elektrik Toplam Maliyeti	959,761 TL
4	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Oranı Sabit	% 14,98
5	Enerji Verimli Teknoloji kWh Kazanç	383.940 kWh
6	Enerji Verimli Teknoloji TL Kazanç	143,772 TL
7	Elektrik Geribildirim Kazanç Oranı Sabit	% 3,42
8	Elektrik Geribildirim kWh Kazanç	87.655 kWh
9	Elektrik Geribildirim TL Kazanç	32,824 TL
10	Enerji Verimli Teknoloji Maliyet	TV: 2199 TL Ütü: 150 TL
11	Toplam Maliyet	2349 TL
		Geri Dönüş Süresi
12	Sadece Enerji Verimli Teknolojiler Değiştirilirse	16,33 yıl
13	Enerji Verimli Teknolojiler + Elektrik Geribildirim Eklense	13,3 yıl

Çizelge 7.7 5 Numaralı Ev Maliyetin Geri Çıkarılması Analizi

MALİYET ANALİZİ EV NO 5		
NO	Tanım	Miktar
1	1 Senelik Öngörülen elektrik Tüketimi (Temmuz 2016 – Haziran 2017)	5910.72 kWh
2	1 Senelik Ortalama Elektrik Tarife Fiyatı Tek Zamanlı	0,313517 TL
3	1 Senelik Öngörülen Elektrik Toplam Maliyeti	2213,356 TL
4	Enerji Verimli Teknoloji Kazanç Oranı Sabit	% 11,37
5	Enerji Verimli Teknoloji kWh Kazanç	672.048 kWh
6	Enerji Verimli Teknoloji TL Kazanç	251,658 TL
7	1 Senelik PV Sistem Kazanç	649.800 kWh
8	1 Senelik PV Sistem TL Kazanç	243,483 TL
9	Elektrik Geribildirim Kazanç Oranı Sabit	% 1,3
10	Elektrik Geribildirim kWh Kazanç	76.839 kWh
11	Elektrik Geribildirim TL Kazanç	28,773 TL

12	Enerji Verimli Teknoloji Maliyet	Buzdolabı: 3325 TL Çamaşır Makinesi: 2528 TL
13	Güneş Panel Sistem Maliyet	PV: 7532,31 TL
14	Toplam Maliyet	13385,31 TL
		Geri Dönüş Süresi
15	Sadece Enerji Verimli Teknolojiler Değiştirilirse	23,25 yıl
16	Enerji Verimli Teknolojiler + Elektrik Geribildirim Eklenirse	20,87 yıl
17	Enerji Verimli Teknolojiler + Elektrik Geribildirim + PV Sistemi Eklenirse	25,55 yıl

1 numaralı evde yatırım geri dönüş süreleri:

- Enerji verimli teknoloji ürünü olarak TV değiştirildiğinde: 13,8 yıl
- Sadece güneş enerjisi sistemi yapıldığına: 28,7 yıl
- Enerji verimli ve güneş enerjisi birlikte konulduğunda: 23,1 yıl

olarak geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Geribildirim ürününü bir etkisi olmadığı unutulmamalıdır. 2 strateji olarak güneş enerjisi ve enerji verimli teknolojiler kullanıldığında 28,7 yıl 23,1 yıla inmiştir, fakat bu geri dönüş süresi şüphesiz ki çok fazladır. Fakat buzdolapları ölçülemediği için gerçek potansiyelin bundan daha fazla olacağı ve geri dönüş süresinin daha kısa olacağı hatırlanmalıdır.

2 numaralı evde yatırım geri dönüş süreleri:

- Enerji verimli teknoloji ürünü olarak PC sistemleri değiştirildiğinde: 19,19 yıl
- Sadece güneş enerjisi konulduğunda: 31,2 yıl
- Enerji verimli ve güneş enerjisi birlikte konulduğunda: 25,2 yıl

olarak geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Geribildirim ürününü bir etkisi olmadığı unutulmamalıdır. 2 strateji olarak güneş enerjisi ve enerji verimli teknolojiler kullanıldığında 31,2 yıl 25,2 yıla inmiştir, fakat bu geri dönüş süresi şüphesiz ki çok fazladır. Fakat ısıtıcılar ölçülemediği için gerçek potansiyelin bundan daha fazla olacağı ve geri dönüş süresinin daha kısa olacağı hatırlanmalıdır.

3 numaralı evde yatırım geri dönüş süreleri:

- Enerji verimli teknoloji ürünleri değiştirildiğinde: 27,9 yıl
- Enerji verimli ve geribildirim ürünleri birlikte konulduğunda: 17,45 yıl

olarak geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. 2 strateji olarak güneş enerjisi ve enerji verimli teknolojiler kullanıldığında 27,9 yıl 17,45 yıla inmiştir, fakat bu geri dönüş süresi şüphesiz ki çok fazladır. 3 numaralı evdeki elektrik tüketim miktarları düşük olduğu için güneş enerjisi maddi yatırım miktarını artırmaması için tercih edilmemiştir.

4 numaralı evde yatırım geri dönüş süreleri:

- Enerji verimli teknoloji ürünleri değiştirildiğinde: 16,33 yıl
- Enerji verimli ve geribildirim ürünleri birlikte konulduğunda ise 13,3 yıl

olarak geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. 2 strateji olarak güneş enerjisi ve enerji verimli teknolojiler kullanıldığında 16,33 yıl 13,3 yıla inmiştir, fakat bu geri dönüş süresi şüphesiz ki fazladır. 4 numaralı evdeki elektrik tüketim miktarları düşük olduğu için güneş enerjisi maddi yatırım miktarını artırmaması için tercih edilmemiştir. Düşük oranda elektrik geribildirim etkisi gözlemlenmiştir, elektrik geribildirim ürünlerinin tasarrufa katkısının daha fazla olduğu durumlarda potansiyel çok fazla olabilecektir.

5 numaralı evde yatırım geri dönüş süreleri:

- Enerji verimli teknoloji ürünleri değiştirildiğinde: 23,25 yıl
- Enerji verimli ve elektrik geribildirim ürünleri birlikte konulduğunda: 20,87 yıl

olarak geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Enerji verimli, güneş enerjisi ve elektrik geribildirim ürünleri birlikte konulduğunda ise 25,55 yıl olarak geri dönüş süreleri hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere yaklaşımımız doğru sonuçlar vermiştir.

2 veya 3 yöntemin, stratejinin birlikte kullanılması evlerdeki potansiyel elektrik tasarruf oranını artırmaktadır ve evlerdeki enerji verimli teknolojiler ve güneş enerjileri için yapılacak olan yatırım miktarının geri dönüş süresini azaltmaktadır. Yapılan analizler sonucunda gereken yatırım miktarının çok fazla olduğuna, özellikle 0.47 kWp'lık güneş enerjisi sistemlerinin evler için çok uygun olmayabileceğine karar verilmiştir. Bunun nedeni olarak alım gücünün ülkemizde Euro veya Amerikan Doları'na göre düşük olmasıdır. Yaptığımız bu çalışma Euro veya Amerikan Doları kullanan başka bir ülkede yapılsaydı, geri dönüş sürelerinin çok büyük oranda azalabileceği düşünülmektedir. Yaptığımız çalışma Ankara yerine güneş enerji radyasyon potansiyeli daha fazla olan Antalya, Karaman, Konya gibi başka şehirlerde yapılsaydı, geri dönüş sürelerinin azalacağı düşünülmektedir.

Tüm bu sistemlere yatırım yapıp kâr edilmek istenirse, ilk şart olarak kullanıcıların elektrik tüketimindeki dikkat seviyeleri öne çıkmaktadır. Elektrik geribildirim ürünlerinden herhangi bir kâr etmeyen kullanıcılarda düşük oranlarda cihaz teknolojisi bandından elektrik tasarruf potansiyelleri mevcut olacaktır.

7.3. Gelecekte Yapılması Önerilen Çalışmalar

Yaptığımız çalışmanın ulusal bazda konut sektöründeki elektrik tasarrufu potansiyelini ortaya çıkarmak konusunda fikir vermek açısından başarılı olduğunu düşünülmektedir, ve devletteki karar mekanizmaların bu gibi çalışmaları destekleyerek çalışmaların sonucuna göre elektrik tasarrufunu sağlayacak çalışmaları desteklemeleri önerilmektedir. Gelecekte yapılması önerilen çalışmalar takip eden başlıklarda anlatılmıştır.

7.3.1. Öngörü Çalışmaları Önerileri

Çalışmamızda Temmuz 2016 – Haziran 2017 aralığında: Türkiye’deki elektrik tarifelerinin öngörülere ve çalışmamızda seçtiğimiz 5 adet evdeki 1 yıllık gelecek elektrik tüketim miktarları öngörülere yapılmıştır. Çalışmamızda yapılan analizler sonucunda; en iyi öngörü modelinin hangisi olduğunu anlamak için ve en iyi modelin girdi olarak alacağı zaman serisi verilerinin periyot uzunluğunun ne büyüklükte olması gerektiğine karar vermek için, en iyi modelin ürettiği hata ölçümlerine bakmanın yeterli olmayacağına, bunun yanı sıra yüzdesel sapma hata ölçümlerini de göz önünde bulundurarak modelin doğruluğunu test etmemizin gerekliliği ortaya konulmuştur.

Yaptığımız öngörü çalışmalarında evlere ait en fazla iki yıllık elektrik tüketim miktarları alınabilmiştir, bu nedenle 4 ve 8 senelik mevcut elektrik tüketimlerine ulaşılabilecek konutlarda öngörü çalışmasının yapılması, evlerdeki elektrik tüketim miktarlarının öngörülerinin daha doğru hesaplanabileceği gerçeği göz önünde bulundurularak, önerilmektedir. Yaptığımız öngörü yaklaşımının farklı ülkelerdeki tarife ve tüketim dataları da kullanılarak evrensel bir şekilde kullanılabilirliğinin test edilmesi gerektiğini önermekteyiz.

7.3.2. Geribildirim Çalışmaları Önerileri

Elektrik geribildirim ürünlerinin, yatırım için ihtiyaç duyduğu az miktar göz önünde bulundurulduğunda, enerji verimli teknolojiler ve güneş enerjisi sistemlerine göre çok daha fazla elektrik tasarruf potansiyellerine sahip oldukları söylenebilir. Yaptığımız çalışma Türkiye’de gerçekleşen ilk geri bildirim çalışmalarındandır, geribildirim uygulamalarının kullanılmasıyla yapılacak olan çalışmaların ülkemizde çok hızlı bir şekilde başlatılması önerilmektedir. Gelecekte bu çalışmaların sayısının artması ve farklı analizlerin ülkemiz için ortaya konması önemlidir.

Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda elektrik geribildirim uygulamalarının farklı tarife zaman aralıklarındaki verimliliğinin araştırılması gerekmektedir. Farklı tarife zaman aralıkları elektrik tüketim miktarlarını veren dijital sayaçlara sahip olan daha fazla sayıda ev seçilerek, bu zaman aralıklarında gerçekleşebilecek tasarruf miktarlarının karşılaştırılarak analizlerinin yapılması önerilmektedir.

Ülkemizde uygulaması yeni olan geribildirim uygulamaları alanında yapılacak olan gelecek çalışmalarda, farklı hedef koyma ve ödüllendirme stratejileri üzerine de yoğunlaşılmalı ve bu psikolojik etkilerin tasarruftaki etkilerini analiz edilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra evlerin sosyodemografik özelliklerin etkisinin araştırılmasının yapılması da önerilmektedir.

Elektrik geribildirim çalışmalarının endüstriyel dizaynlarla birleştirilerek kullanıcıların farkındalığının daha da üst seviyeye ulaştırılması mümkün olabilir. Gelecek çalışmalarda geribildirim ürünlerinin kullanıcı kolaylığı ve görseelliğinin incelenmesi, tasarım odaklı çalışmaların yapılmasını önerilmektedir. Farklı görsel özelliklerdeki geribildirim ürünlerinin aynı sosyodemografik özelliklere sahip olan evlerdeki etkileri göz önüne koyalmalıdır. Endüstriyel tasarımların tasarrufa katkısı araştırılmalıdır.

Devlet tarafından desteklenen bir proje ile daha fazla sayıda aynı sosyodemografik özelliklere sahip evlere cihaz düzeyinde, merkezi bir LCD monitörü ile desteklenmiş ve endüstriyel tasarımla desteklenmiş geribildirim uygulamalarının tasarruftaki etkisi araştırılması önerilmektedir. Ayrıca çalışmamız sonucunda toplumsal bir bilinçlenmenin gerekli olduğu çıkarımı yapılmıştır ve bu bilgilendirme hareketleri devlet tarafından desteklenerek yönlendirilmelidir. İlk okuldan liselere kadar olan tüm sınıflarda veliler ile çocukların beraber katılacağı elektrik tüketim bilgilendirme günlerinin yapılması ulusal çapta büyük bir tasarrufa neden olabileceğinin inancındayız.

7.3.3. Enerji Verimli Teknolojiler ve Fotovoltaik Uygulamalar Önerileri

Yaptığımız çalışmalarda enerji verimli teknolojilerin değiştirilmesiyle elde edilebilecek tasarruf potansiyelleri çıkarılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda evlerdeki mevcut olan tüm cihazların takibini yapabilecek düzeyde geri bildirim cihazlarının seçilmesiyle daha kapsamlı analizler yapılması, bu analizlere aydınlatma tüketim ölçümlerinin de eklenmesi önerilmektedir.

Yaptığımız çalışmada seçilen evler Ankara'da bulunmaktaydı, çalışmamızın devamı niteliğinde yapılacak olan çalışmalarda, ülkemizdeki güney bölgesinde yer alan güneş radyasyon enerji potansiyeli daha yüksek olan şehirlerde evler seçilerek farklı şehirlerdeki elektrik tasarruf potansiyelleri ve mali geri dönüş süreleri hesaplanabilir.



EKLER

Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı, Gündüz, Puant ve Gece Elektrik Tarifeleri Zaman Serilerinin Karakteristiklerini İncelemek

Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Karakteristik analizi (2011 – 2014 Verileri Kullanarak)

Tek zamanlı elektrik tarife zaman serisi değerleri paylaşılmıştır. Zaman serisine baktığımızda verilerde zamanla bir artış gözlemlemekteyiz, bunun yanı sıra mevsimsellik ve trend de söz konusu. Otokorelasyon fonksiyonunu inceleyerek, dataların rastgele olup olmadığını trende sahip olup olmadığını, dataların kararlı yapıda olup olmadığını gözlemleyebiliriz. Zaman serisi aralığına baktığımızda 1-12 arasındaki gecikmelerde, otokorelasyon katsayılarının herhangi birinin 0 olmadığını veya hızlı bir şekilde 0'a düşmediğini gözlemledik. Zaman serisindeki verilerin rastgele olmadığı gözükmemekte, zaten Türkiye'deki dağıtım yapan enerji firması elektrik fiyatlarını 3 aydan 3 aya olmak üzere belirlemekte. Eğer zaman serisi rastgele olsaydı, otokorelasyon fonksiyonu altındaki tüm katsayıların 0'a yakın bir aralıkta seyretmesi gerekirdi.

Tek Zamanlı Elektrik Tarife Zaman Serisi Değerleri

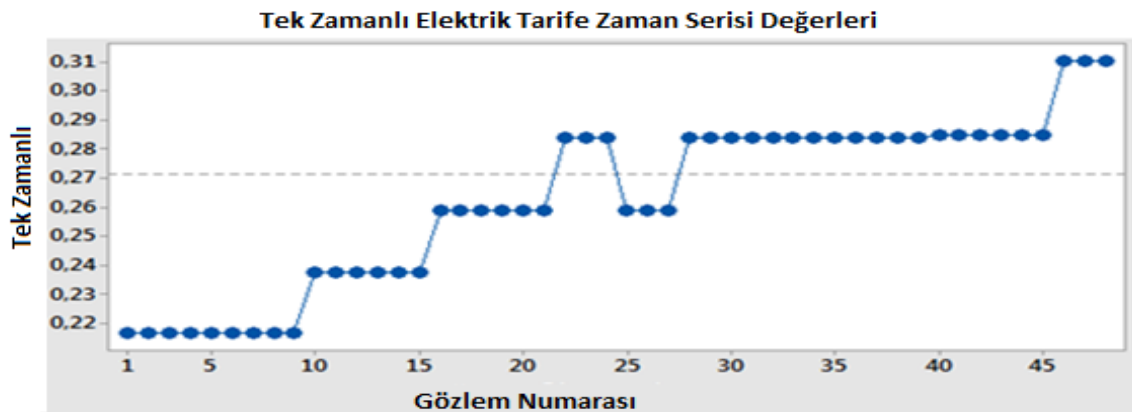
Zaman	Ay	Y t (TL)	Zaman	Ay	Y t (TL)
1	01.2011	0,21659	25	01.2013	0,25886
2	02.2011	0,21659	26	02.2013	0,25886
3	03.2011	0,21659	27	03.2013	0,25886
4	04.2011	0,21659	28	04.2013	0,2839
5	05.2011	0,21659	29	05.2013	0,2839
6	06.2011	0,21659	30	06.2013	0,2839
7	07.2011	0,21659	31	07.2013	0,2839
8	08.2011	0,21659	32	08.2013	0,2839
9	09.2011	0,21659	33	09.2013	0,2839
10	10.2011	0,23734	34	10.2013	0,28386
11	11.2011	0,23734	35	11.2013	0,28386
12	12.2011	0,23734	36	12.2013	0,28386
13	01.2012	0,23734	37	01.2014	0,28386
14	02.2012	0,23734	38	02.2014	0,28386
15	03.2012	0,23734	39	03.2014	0,28386
16	04.2012	0,25886	40	04.2014	0,28486

17	05.2012	0,25886	41	05.2014	0,28486
18	06.2012	0,25886	42	06.2014	0,28486
19	07.2012	0,25886	43	07.2014	0,28486
20	08.2012	0,25886	44	08.2014	0,28486
21	09.2012	0,25886	45	09.2014	0,28486
22	10.2012	0,28386	46	10.2014	0,31084
23	11.2012	0,28386	47	11.2014	0,31084
24	12.2012	0,28386	48	12.2014	0,31084

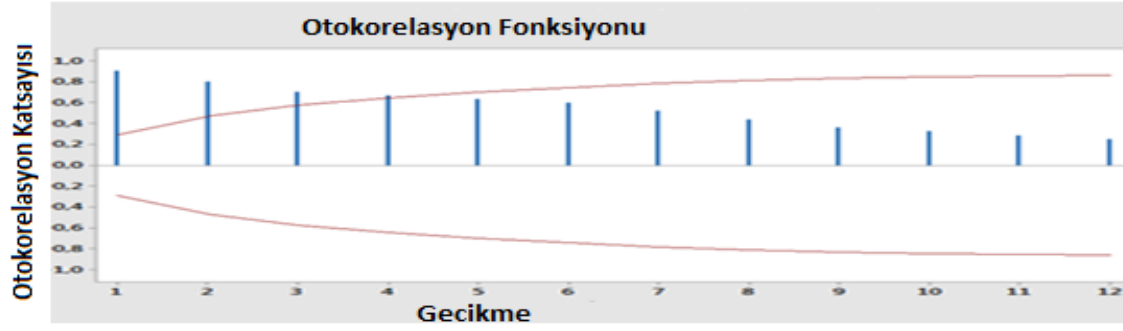
Chi X² değeri 0.050 df = 12 için 21.0261'dır, 219.28 > 21.0261, zaman serisine ait 12 adet gruplanmış gecikmeye kesinlikle 0'dan farklıdır ve bu nedenle datalar yüksek düzeyde otokorelasyona sahiptir ve trend davranışı göstermektedir.

Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Zaman Serisinin Trend Karakteristiği

GEÇİKME	ACF	T	LBQ
1	0,901152	6,24	41,47
2	0,802303	3,43	75,05
3	0,703455	2,46	101,44
4	0,667146	2,09	125,72
5	0,630836	1,82	147,93
6	0,594527	1,60	168,13
7	0,516977	1,33	183,77
8	0,439427	1,09	195,36
9	0,361877	0,87	203,42
10	0,323127	0,77	210,01
11	0,284378	0,67	215,26
12	0,245629	0,57	219,28



Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Grafiği



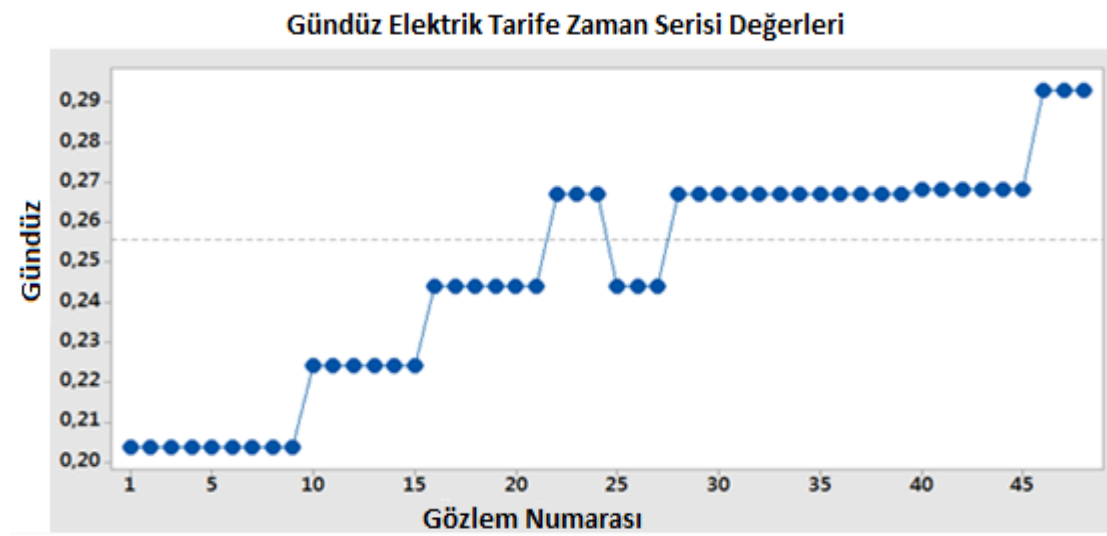
Tek Zamanlı Elektrik Tarifesi İçin Otokorelasyon Grafiği

Gündüz Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Karakteristik analizi (2011 – 2014 Verileri Kullanarak)

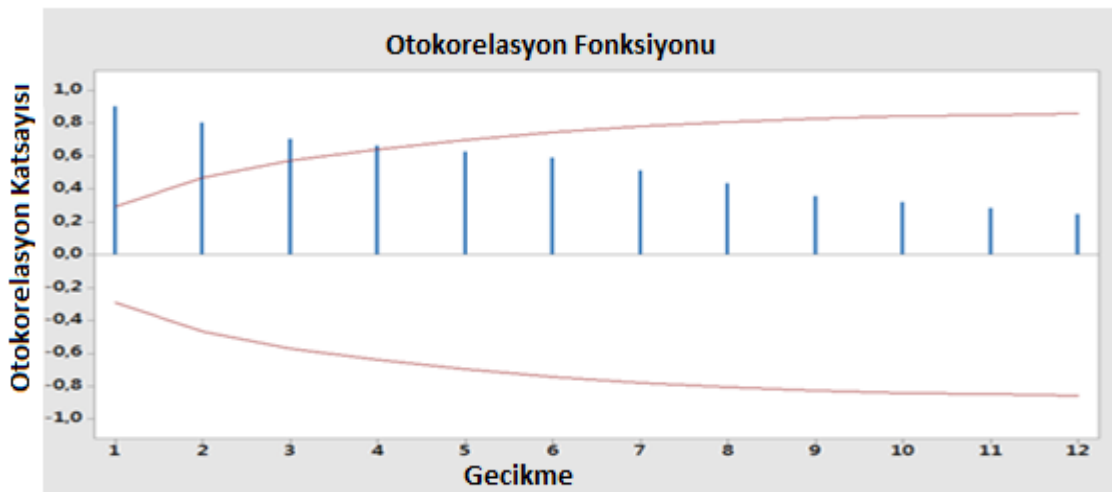
Gündüz Elektrik Tarife Zaman Serisi Değerleri

Zaman	Ay	Y t (TL)	Zaman	Ay	Y t (TL)
1	01.2011	0,203850	25	01.2013	0,244160
2	02.2011	0,203850	26	02.2013	0,244160
3	03.2011	0,203850	27	03.2013	0,244160
4	04.2011	0,203850	28	04.2013	0,267300
5	05.2011	0,203850	29	05.2013	0,267300
6	06.2011	0,203850	30	06.2013	0,267300
7	07.2011	0,203850	31	07.2013	0,267300
8	08.2011	0,203850	32	08.2013	0,267300
9	09.2011	0,203850	33	09.2013	0,267300
10	10.2011	0,224300	34	10.2013	0,267291
11	11.2011	0,224300	35	11.2013	0,267291
12	12.2011	0,224300	36	12.2013	0,267291
13	01.2012	0,224300	37	01.2014	0,267291
14	02.2012	0,224300	38	02.2014	0,267291
15	03.2012	0,224300	39	03.2014	0,267291
16	04.2012	0,244160	40	04.2014	0,268291
17	05.2012	0,244160	41	05.2014	0,268291
18	06.2012	0,244160	42	06.2014	0,268291
19	07.2012	0,244160	43	07.2014	0,268291
20	08.2012	0,244160	44	08.2014	0,268291
21	09.2012	0,244160	45	09.2014	0,268291
22	10.2012	0,267290	46	10.2014	0,293086
23	11.2012	0,267290	47	11.2014	0,293086
24	12.2012	0,267290	48	12.2014	0,293086

Zaman serisinde; artış, mevsimsellik ve trend gözlemlenmektedir. Otokorelasyon fonksiyonunu inceleyerek, dataların rastgele olup olmadığını trende sahip olup olmadığını, dataların kararlı yapıda olup olmadığını gözlemleyebiliriz. Zaman serisi aralığına baktığımızda 1-12 arasındaki gecikmelerde, otokorelasyon katsayılarının herhangi birinin 0 olmadığını veya hızlı bir şekilde 0'a düşmediğini gözlemledik. Eğer zaman serisi rastgele olsaydı, otokorelasyon fonksiyonu altındaki tüm katsayıların 0'a yakın bir aralıkta seyretmesi gerekirdi.



Gündüz Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Grafiği



Gündüz Elektrik Tarifesi İçin Otokorelasyon Grafiği

Gündüz Elektrik Tarifesi Zaman Serisinin Trend Karakteristiği

GECİKME	ACF	T	LBQ
1	0,900269	6,24	41,39
2	0,800538	3,43	74,82
3	0,700807	2,46	101,02
4	0,663676	2,08	125,04
5	0,626546	1,81	146,95
6	0,589415	1,60	166,80
7	0,511773	1,32	182,14
8	0,434130	1,08	193,44
9	0,365488	0,87	201,26
10	0,318521	0,76	207,67
11	0,280554	0,66	212,78
12	0,242587	0,57	216,70

Chi X² değeri 0.050 df = 12 için 21.0261'dır, 216.70 > 21.0261, zaman serisine ait 12 adet gruplanmış gecikmeye kesinlikle 0'dan farklıdır ve bu nedenle datalar yüksek düzeyde otokorelasyona sahiptir ve trend davranışı göstermektedir.

Puant Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Karakteristik analizi (2011 – 2014 Verileri Kullanarak)

Puant zaman aralığına ait elektrik tarife zaman serisi değerleri paylaşılmıştır. Zaman serisinde; artış, mevsimsellik ve trend gözlemlenmektedir.

Otokorelasyon fonksiyonunu inceleyerek, dataların rastgele olup olmadığını trende sahip olup olmadığını, dataların kararlı yapıda olup olmadığını gözlemleyebiliriz.

Zaman serisi aralığına baktığımızda 1-12 arasındaki gecikmelerde, otokorelasyon katsayılarının herhangi birinin 0 olmadığını veya hızlı bir şekilde 0'a düşmediğini gözlemledik.

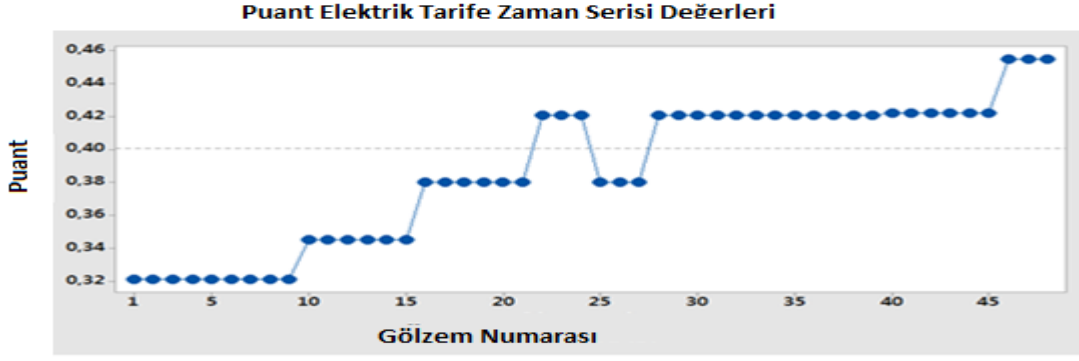
Eğer zaman serisi rastgele olsaydı, otokorelasyon fonksiyonu altındaki tüm katsayıların 0'a yakın bir aralıkta seyretmesi gerekirdi. Chi X² değerleri 0.050 df = 12 için 21.0261'dır, 231.38 > 21.0261, zaman serisine ait 12 adet gruplanmış gecikmeye kesinlikle 0'dan farklıdır ve bu nedenle datalar yüksek düzeyde otokorelasyona sahiptir ve trend davranışı göstermektedir.

Puant Elektrik Tarife Zaman Serisi Değerleri

Zaman	Ay	Y t (TL)	Zaman	Ay	Y t (TL)
1	01.2011	0,321330	25	01.2013	0,380310
2	02.0211	0,321330	26	02.2013	0,380310
3	03.2011	0,321330	27	03.2013	0,380310
4	04.2011	0,321330	28	04.2013	0,420700
5	05.2011	0,321330	29	05.2013	0,420700
6	06.2011	0,321330	30	06.2013	0,420700
7	07.2011	0,321330	31	07.2013	0,420700
8	08.2011	0,321330	32	08.2013	0,420700
9	09.2011	0,321330	33	09.2013	0,420700
10	10.2011	0,345040	34	10.2013	0,420670
11	11.2011	0,345040	35	11.2013	0,420670
12	12.2011	0,345040	36	12.2013	0,420670
13	01.2012	0,345040	37	01.2014	0,420670
14	02.2012	0,345040	38	02.2014	0,420670
15	03.2012	0,345040	39	03.2014	0,420670
16	04.2012	0,380310	40	04.2014	0,422170
17	05.2012	0,380310	41	05.2014	0,422170
18	06.2012	0,380310	42	06.2014	0,422170
19	07.2012	0,380310	43	07.2014	0,422170
20	08.2012	0,380310	44	08.2014	0,422170
21	09.2012	0,380310	45	09.2014	0,422170
22	10.2012	0,420670	46	10.2014	0,454656
23	11.2012	0,420670	47	11.2014	0,454656
24	12.2012	0,420670	48	12.2014	0,454656

Puant Elektrik Tarifesi Zaman Serisinin Trend Karakteristiği

GECİKME	ACF	T	LBQ
1	0,905386	6,27	41,86
2	0,810771	3,46	76,15
3	0,716157	2,50	103,51
4	0,683467	2,12	128,99
5	0,650777	1,85	152,63
6	0,618088	1,65	174,46
7	0,540627	1,37	191,57
8	0,463167	1,13	204,44
9	0,385706	0,91	213,59
10	0,343362	0,80	221,04
11	0,301018	0,69	226,92
12	0,258674	0,59	231,38



Puant Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Grafiği



Puant Elektrik Tarifesi İçin Otokorelasyon Grafiği

Gece Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Karakteristik analizi (2011 – 2014 Verileri Kullanarak)

Gece Elektrik Tarife Zaman Serisi Değerleri

Zaman	Ay	Y t (TL)	Zaman	Ay	Y t (TL)
1	01.2011	0,119360	25	01.2013	0,145980
2	02.2011	0,119360	26	02.2013	0,145980
3	03.2011	0,119360	27	03.2013	0,145980
4	04.2011	0,119360	28	04.2013	0,156700
5	05.2011	0,119360	29	05.2013	0,156700
6	06.2011	0,119360	30	06.2013	0,156700
7	07.2011	0,119360	31	07.2013	0,156700
8	08.2011	0,119360	32	08.2013	0,156700
9	09.2011	0,119360	33	09.2013	0,156700
10	10.2011	0,137230	34	10.2013	0,156688
11	11.2011	0,137230	35	11.2013	0,156688
12	12.2011	0,137230	36	12.2013	0,156688
13	01.2012	0,137230	37	01.2014	0,156688
14	02.2012	0,137230	38	02.2014	0,156688
15	03.2012	0,137230	39	03.2014	0,156688

16	04.2012	0,145980	40	04.2014	0,157188
17	05.2012	0,145980	41	05.2014	0,157188
18	06.2012	0,145980	42	06.2014	0,157188
19	07.2012	0,145980	43	07.2014	0,157188
20	08.2012	0,145980	44	08.2014	0,157188
21	09.2012	0,145980	45	09.2014	0,157188
22	10.2012	0,156690	46	10.2014	0,176430
23	11.2012	0,156690	47	11.2014	0,176430
24	12.2012	0,156690	48	12.2014	0,176430

Zaman serisinde; artış, mevsimsellik ve trend gözlemlenmektedir. Otokorelasyon fonksiyonunu inceleyerek, dataların rastgele olup olmadığını trende sahip olup olmadığını, dataların kararlı yapıda olup olmadığını gözlemleyebiliriz. Zaman serisi aralığına baktığımızda 1-12 arasındaki gecikmelerde, otokorelasyon katsayılarının herhangi birinin 0 olmadığını veya hızlı bir şekilde 0'a düşmediğini gözlemledik. Eğer zaman serisi rastgele olsaydı, otokorelasyon fonksiyonu altındaki tüm katsayıların 0'a yakın bir aralıkta seyretmesi gerekirdi. Chi X 2 değeri 0.050 df = 12 için 21.0261'dir, 182.53 > 21.0261, zaman serisine ait 12 adet gruplanmış gecikmeye kesinlikle 0'dan farklıdır ve bu nedenle datalar yüksek düzeyde otokorelasyona sahiptir ve trend davranışı göstermektedir.



Gece Elektrik Tarifesi Zaman Serisi Grafiği



Gece Elektrik Tarifesi İçin Otokorelasyon Grafiği

Gece Elektrik Tarifesi Zaman Serisinin Trend Karakteristiği

GECİKME	ACF	T	LBQ
1	0,886457	6,14	40,13
2	0,772914	3,34	71,29
3	0,659370	2,35	94,48
4	0,612435	1,97	114,94
5	0,565500	1,69	132,79
6	0,518565	1,46	148,16
7	0,440635	1,19	159,52
8	0,362705	0,95	167,41
9	0,284775	0,73	172,41
10	0,256053	0,65	176,55
11	0,227330	0,57	179,90
12	0,198608	0,50	182,53

19 Adet Farklı Yaklaşım Sal Metodlarla Ankara'daki 5 Adet Evin Elektrik Tüketim Öngörülerinin Hesaplanması

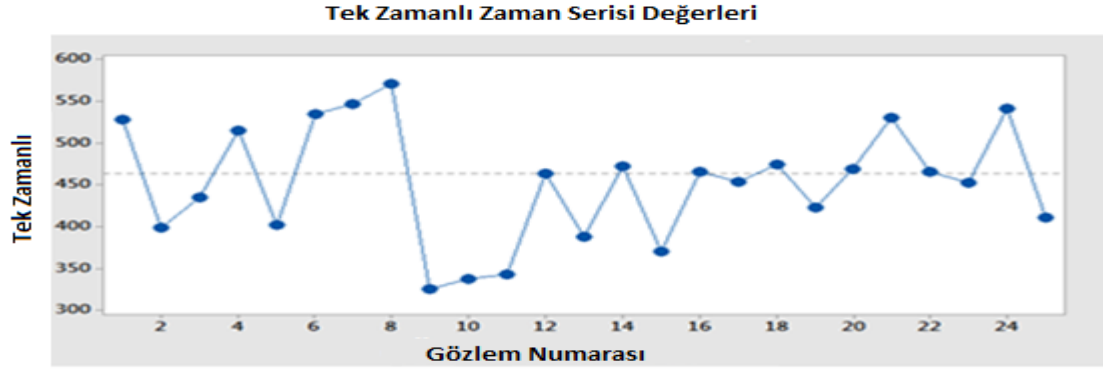
1 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

1. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 tek zamanlı tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değeri (verileri) verilmiştir.

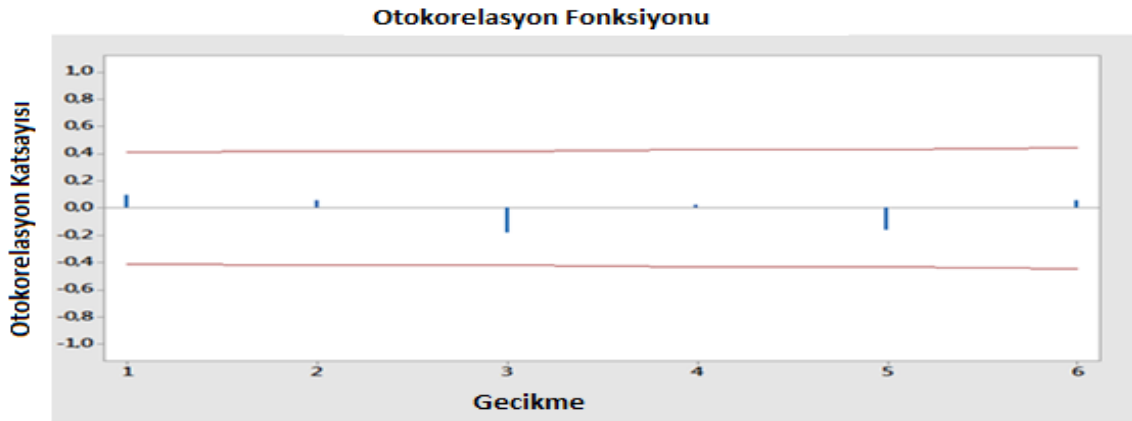
Tek Zaman Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değeri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	528,012	14	06.2015	471,588
2	06.2014	398,279	15	07.2015	370,266
3	07.2014	435,124	16	08.2015	465,492
4	08.2014	515,120	17	09.2015	453,219
5	09.2014	401,301	18	10.2015	474,459
6	10.2014	535,033	19	11.2015	422,603
7	11.2014	546,256	20	12.2015	469,173
8	12.2014	570,368	21	01.2016	530,190
9	01.2015	324,893	22	02.2016	465,583
10	02.2015	337,277	23	03.2016	452,467
11	03.2015	342,668	24	04.2016	540,993
12	04.2015	463,379	25	05.2016	410,325
13	05.2015	386,946			

Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 460 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.



Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

1 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Gündüz Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

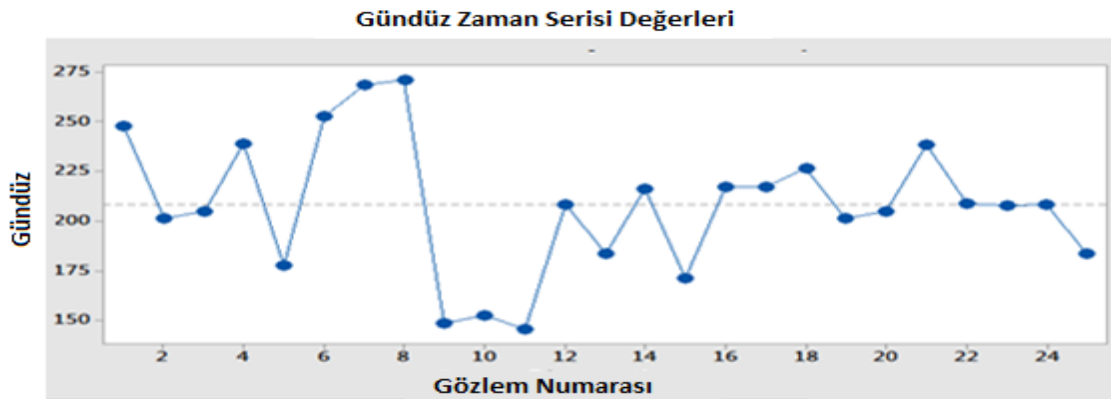
1. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 gündüz tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 210 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Gündüz Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	248,031	14	06.2015	216,406
2	06.2014	201,506	15	07.2015	171,334
3	07.2014	204,808	16	08.2015	217,036
4	08.2014	238,842	17	09.2015	217,116
5	09.2014	177,631	18	10.2015	226,44
6	10.2014	252,689	19	11.2015	201,583
7	11.2014	268,795	20	12.2015	204,808
8	12.2014	270,954	21	01.2016	238,266
9	01.2015	148,567	22	02.2016	209,029
10	02.2015	152,279	23	03.2016	207,985
11	03.2015	145,628	24	04.2016	208,269
12	04.2015	208,269	25	05.2016	183,562
13	05.2015	183,562			

1 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Puant Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

1. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 puant tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 120 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.



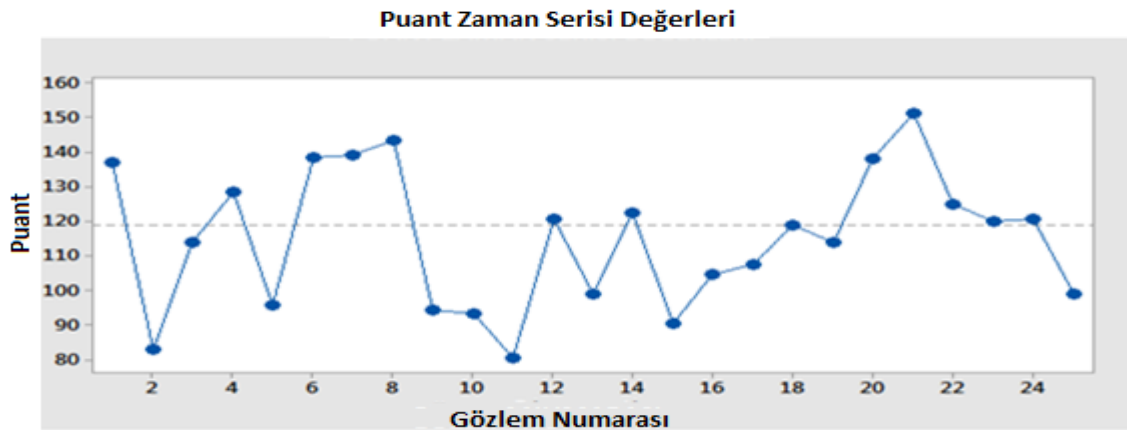
Gündüz Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



Gündüz Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

Puant Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	137,010	14	06.2015	122,229
2	06.2014	82,943	15	07.2015	90,575
3	07.2014	113,819	16	08.2015	104,815
4	08.2014	128,587	17	09.2015	107,416
5	09.2014	95,872	18	10.2015	118,850
6	10.2014	138,538	19	11.2015	113,819
7	11.2014	139,213	20	12.2015	138,134
8	12.2014	143,158	21	01.2016	151,111
9	01.2015	94,514	22	02.2016	124,816
10	02.2015	93,473	23	03.2016	120,087
11	03.2015	80,543	24	04.2016	120,705
12	04.2015	120,705	25	05.2016	99,026
13	05.2015	99,026			



Puant Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



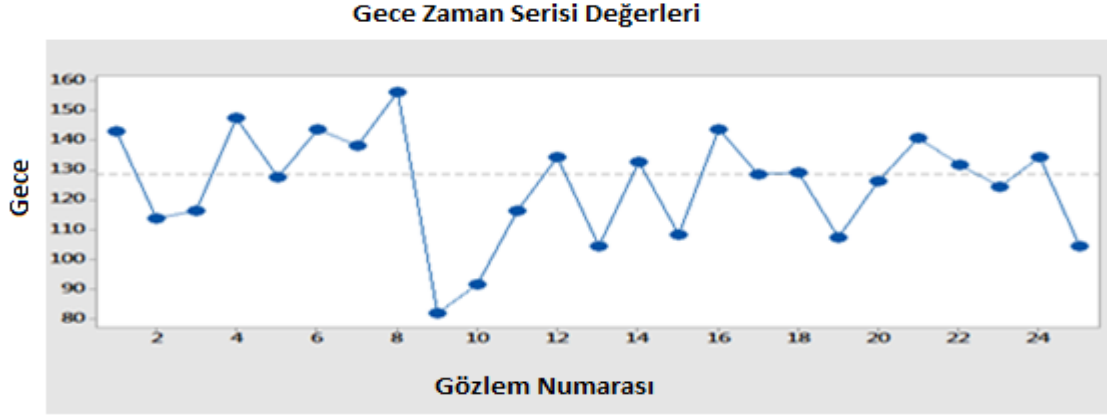
Puant Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

1 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Gece Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

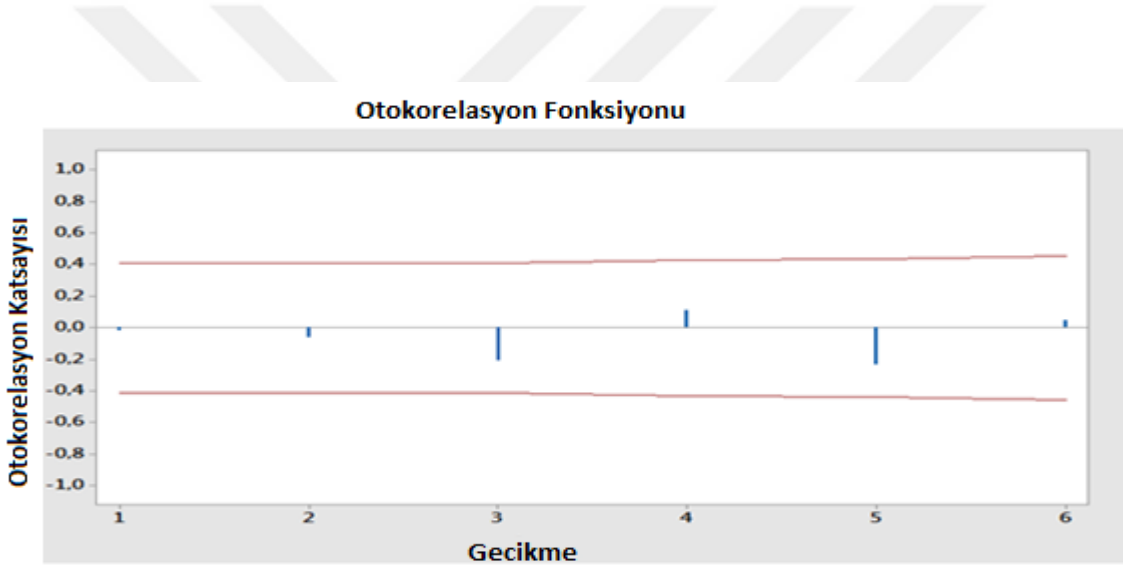
1. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 gece tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 130 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Gece Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	142,971	14	06.2015	132,953
2	06.2014	113,830	15	07.2015	108,357
3	07.2014	116,497	16	08.2015	143,641
4	08.2014	147,691	17	09.2015	128,687
5	09.2014	127,798	18	10.2015	129,169
6	10.2014	143,806	19	11.2015	107,201
7	11.2014	138,338	20	12.2015	126,231
8	12.2014	156,256	21	01.2016	140,813
9	01.2015	81,812	22	02.2016	131,738
10	02.2015	91,525	23	03.2016	124,395
11	03.2015	116,497	24	04.2016	134,405
12	04.2015	134,405	25	05.2016	104,358
13	05.2015	104,358			



Gece Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



Puant Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

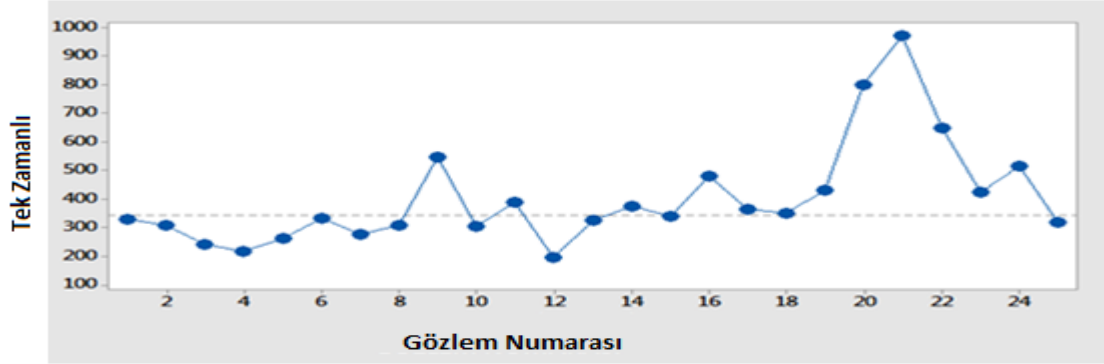
2 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

2. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 tek zamanlı tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları, gecikme 1 seviyesi dışında hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır, serimizin kararlı olma işlemini 1 seviye bazında diferensiyelleme işlemi sonucunda elde ediyoruz. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 330 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir

Tek Zamanlı Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	328,948	14	06.2015	376,957
2	06.2014	307,807	15	07.2015	341,931
3	07.2014	243,906	16	08.2015	482,280
4	08.2014	218,419	17	09.2015	363,746
5	09.2014	263,560	18	10.2015	349,815
6	10.2014	335,332	19	11.2015	432,747
7	11.2014	278,324	20	12.2015	799,336
8	12.2014	309,754	21	01.2016	971,488
9	01.2015	547,735	22	02.2016	648,073
10	02.2015	305,638	23	03.2016	424,469
11	03.2015	390,695	24	04.2016	517,589
12	04.2015	196,244	25	05.2016	321,088
13	05.2015	325,712			

Tek Zamanlı Zaman Serisi Değerleri



Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



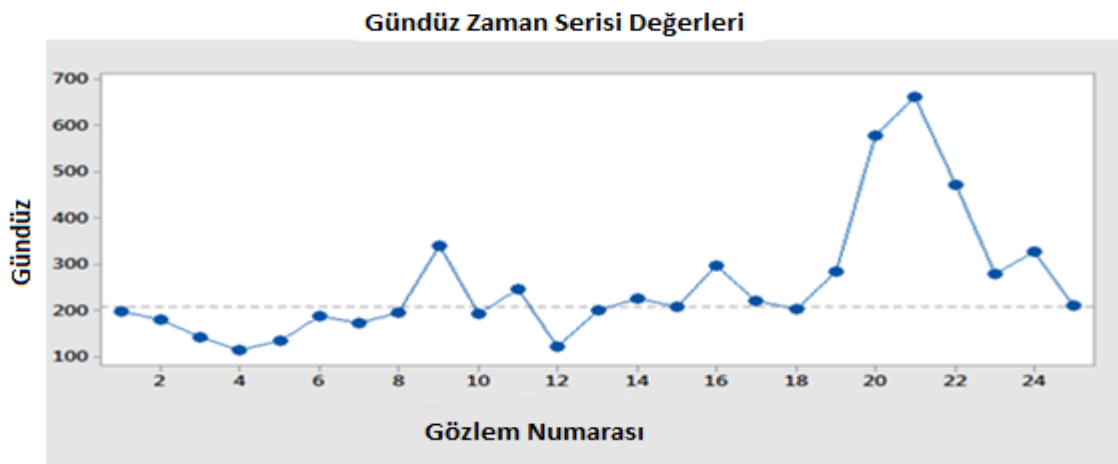
Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Grafiği

2 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Gündüz Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

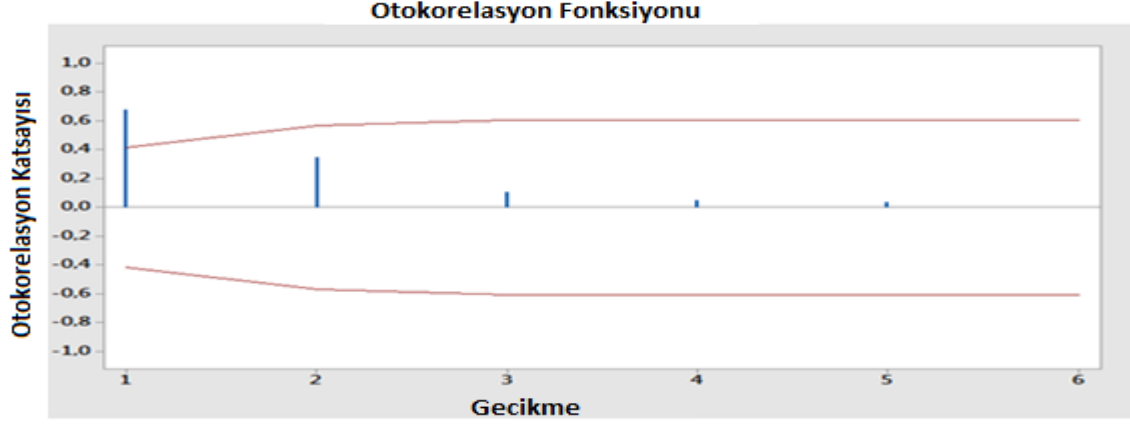
3. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 gündüz tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayılarında gecikme 1 dışında hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır, seviye 1 bazında bir differansiyelleme işlemine gerek vardır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 210 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Gündüz Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	196,595	14	06.2015	226,604
2	06.2014	180,497	15	07.2015	208,050
3	07.2014	141,108	16	08.2015	297,721
4	08.2014	113,592	17	09.2015	219,644
5	09.2014	133,410	18	10.2015	201,568
6	10.2014	188,500	19	11.2015	284,402
7	11.2014	171,163	20	12.2015	577,745
8	12.2014	195,585	21	01.2016	661,852
9	01.2015	340,642	22	02.2016	471,471
10	02.2015	192,033	23	03.2016	277,981
11	03.2015	245,235	24	04.2016	328,363
12	04.2015	120,242	25	05.2016	210,092
13	05.2015	199,663			



Gündüz Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



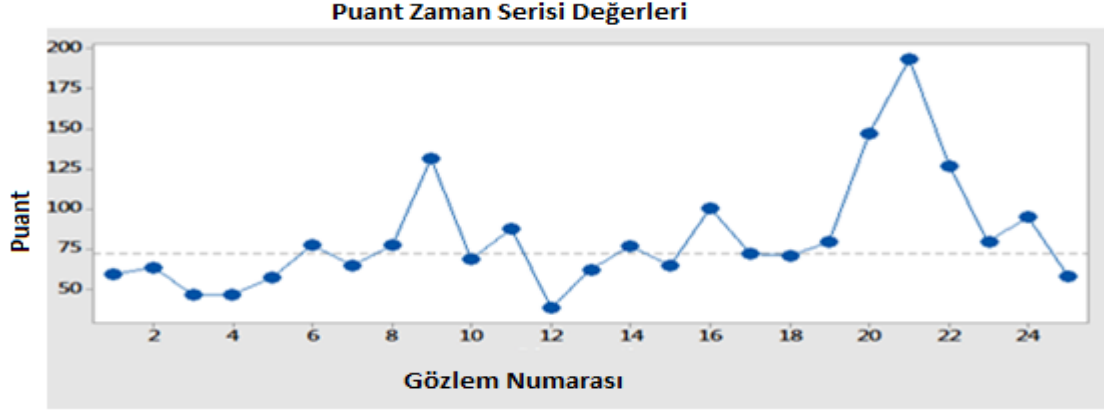
Gündüz Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

2 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Puant Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

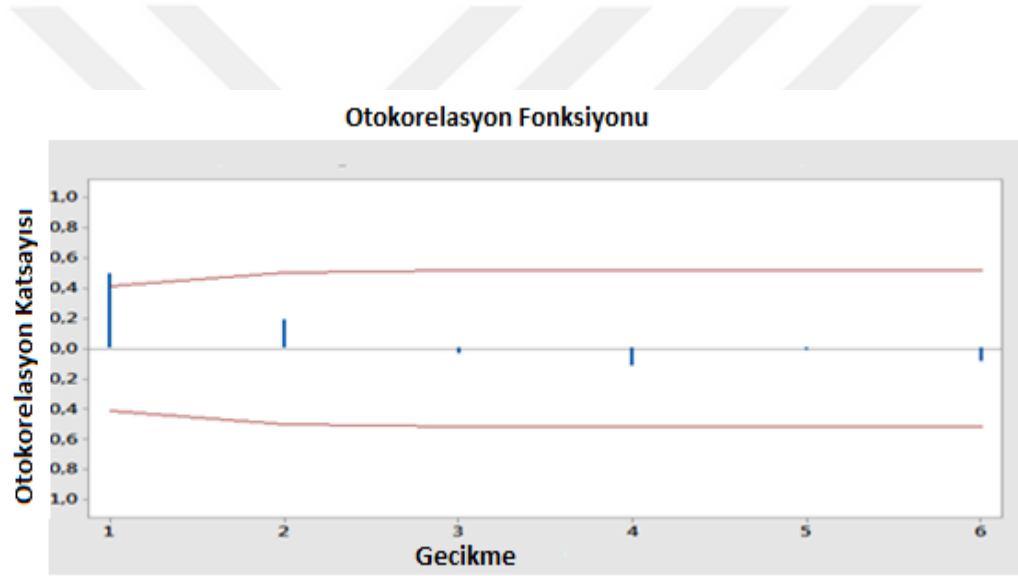
2. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 puant tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri (verileri) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları gecikme 1 dışında hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır, bu nedenle 1 seviyesinde bir differensiyalleme işlemine gerek duyulmaktadır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 73 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir

Puant Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	59,643	14	06.2015	76,957
2	06.2014	63,180	15	07.2015	64,577
3	07.2014	46,235	16	08.2015	100,811
4	08.2014	46,432	17	09.2015	72,456
5	09.2014	57,455	18	10.2015	70,812
6	10.2014	77,690	19	11.2015	79,478
7	11.2014	64,588	20	12.2015	146,941
8	12.2014	77,377	21	01.2016	193,714
9	01.2015	131,895	22	02.2016	126,607
10	02.2015	68,935	23	03.2016	79,632
11	03.2015	87,653	24	04.2016	95,320
12	04.2015	38,328	25	05.2016	58,245
13	05.2015	62,222			



Puant Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



Puant Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

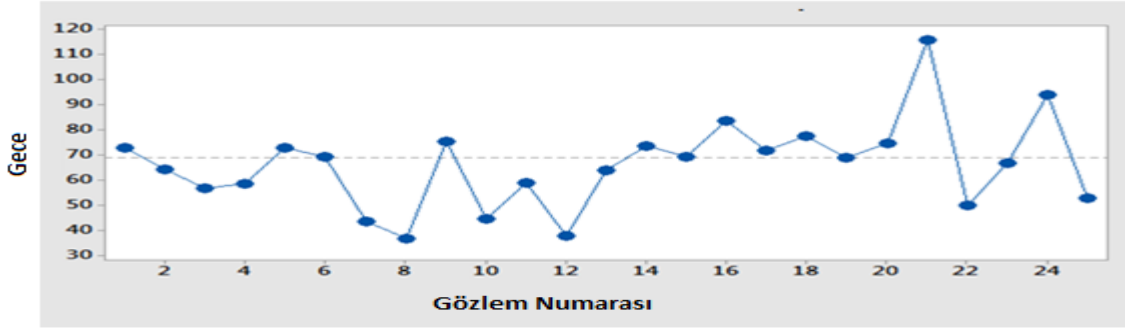
2 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Gece Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

2. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 gece tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri (verileri) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 68 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Gece Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

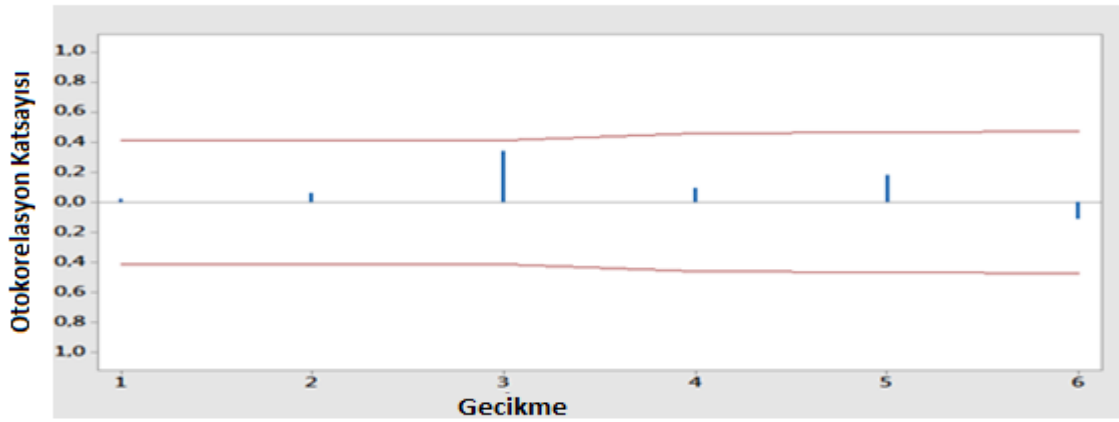
Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	72,710	14	06.2015	73,396
2	06.2014	64,130	15	07.2015	69,304
3	07.2014	56,563	16	08.2015	83,748
4	08.2014	58,395	17	09.2015	71,646
5	09.2014	72,695	18	10.2015	77,435
6	10.2014	69,142	19	11.2015	68,867
7	11.2014	43,573	20	12.2015	74,650
8	12.2014	36,792	21	01.2016	115,922
9	01.2015	75,198	22	02.2016	49,995
10	02.2015	44,670	23	03.2016	66,856
11	03.2015	58,770	24	04.2016	93,906
12	04.2015	37,674	25	05.2016	52,751
13	05.2015	63,827			

Gece Zaman Serisi Değerleri



Gece Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği

Otokorelasyon Fonksiyonu



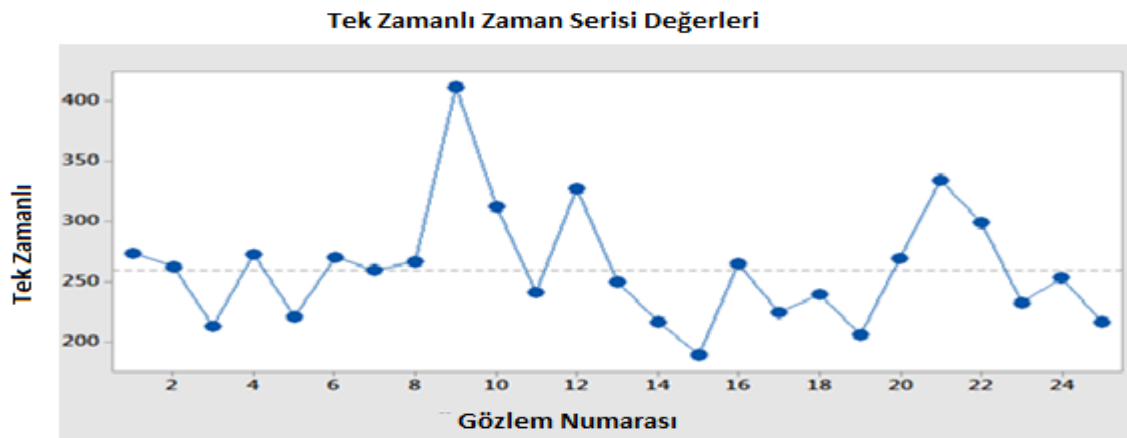
Gece Elektrik Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

3 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

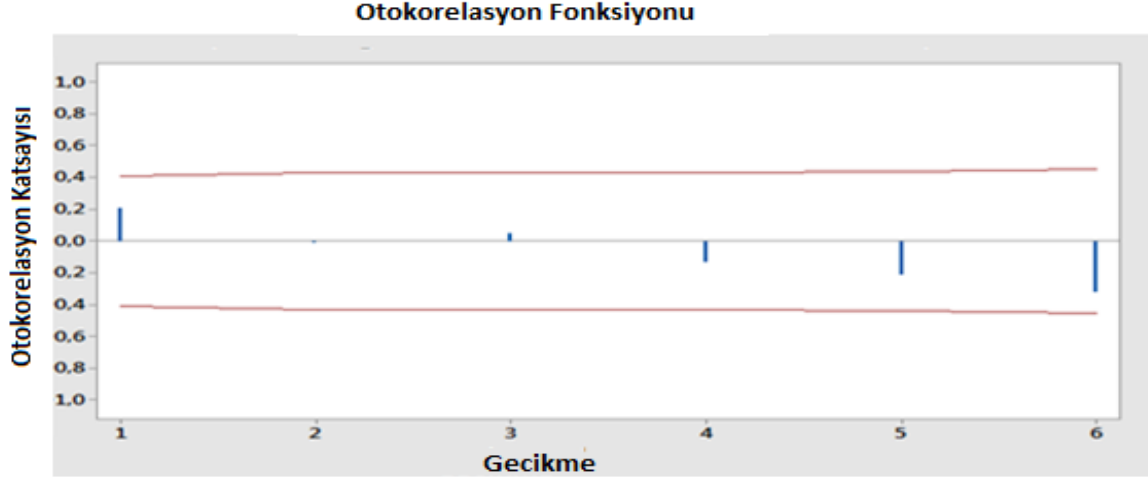
3. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 tek zamanlı tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri (verileri) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 260 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Tek Zamanlı Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	273,508	14	06.2015	216,192
2	06.2014	262,588	15	07.2015	189,529
3	07.2014	212,768	16	08.2015	264,661
4	08.2014	272,405	17	09.2015	224,395
5	09.2014	220,901	18	10.2015	239,679
6	10.2014	270,427	19	11.2015	206,470
7	11.2014	259,935	20	12.2015	269,134
8	12.2014	266,598	21	01.2016	333,891
9	01.2015	411,182	22	02.2016	298,942
10	02.2015	311,976	23	03.2016	232,174
11	03.2015	240,731	24	04.2016	253,332
12	04.2015	327,271	25	05.2016	216,998
13	05.2015	250,302			



Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



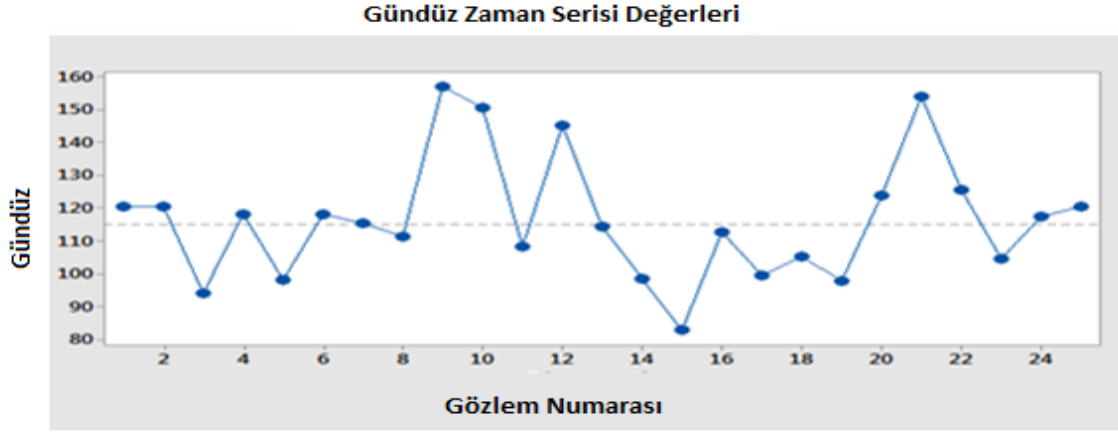
Tek Zamanlı Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

3 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Gündüz Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

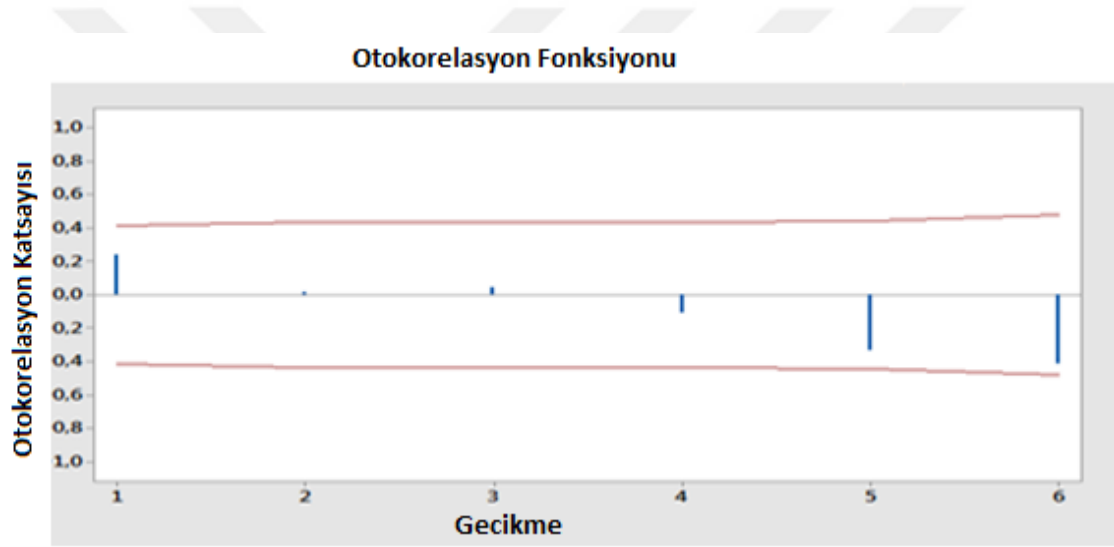
3. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 gündüz tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayılarının hiçbiri gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 115 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Gündüz Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	120,488	14	06.2015	98,341
2	06.2014	120,508	15	07.2015	82,772
3	07.2014	94,034	16	08.2015	112,658
4	08.2014	117,933	17	09.2015	99,244
5	09.2014	98,150	18	10.2015	105,083
6	10.2014	118,013	19	11.2015	97,529
7	11.2014	115,208	20	12.2015	123,875
8	12.2014	111,380	21	01.2016	153,876
9	01.2015	156,966	22	02.2016	125,619
10	02.2015	150,707	23	03.2016	104,482
11	03.2015	108,049	24	04.2016	117,435
12	04.2015	145,286	25	05.2016	120,488
13	05.2015	114,329			



Gündüz Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



Gündüz Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

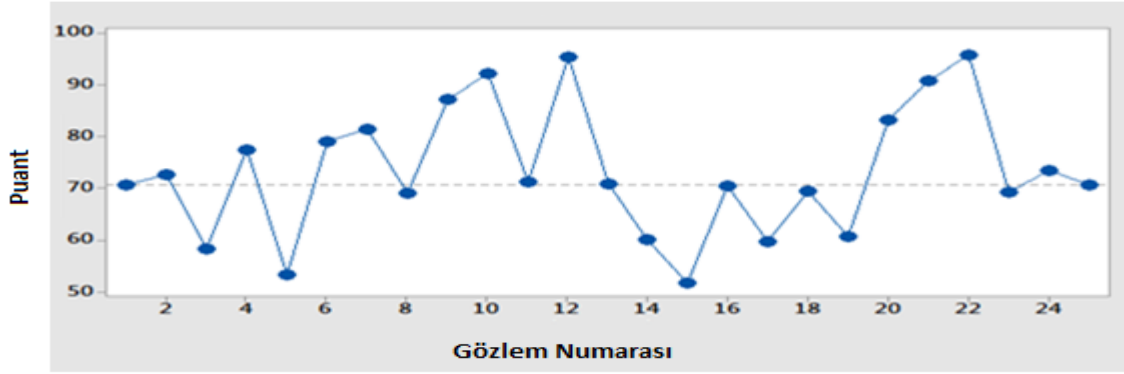
3 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Puant Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

3. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 puant tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayılarının hiçbirinde gecikme limiti aşılmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 71 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

Puant Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	70,703	14	06.2015	60,049
2	06.2014	72,692	15	07.2015	51,807
3	07.2014	58,321	16	08.2015	70,430
4	08.2014	77,365	17	09.2015	59,770
5	09.2014	53,383	18	10.2015	69,424
6	10.2014	79,064	19	11.2015	60,572
7	11.2014	81,402	20	12.2015	83,103
8	12.2014	69,028	21	01.2016	90,787
9	01.2015	87,239	22	02.2016	95,660
10	02.2015	92,063	23	03.2016	69,246
11	03.2015	71,149	24	04.2016	73,496
12	04.2015	95,258	25	05.2016	70,703
13	05.2015	70,758			

Puant Zaman Serisi Değerleri



Puant Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



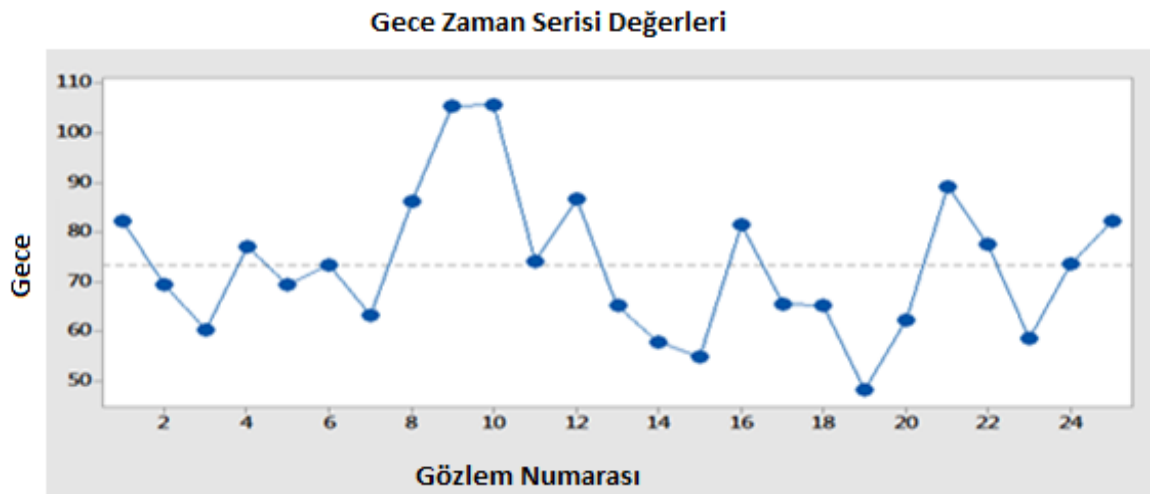
Puant Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

3 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Gece Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

3. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 gece tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri (verileri) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 73 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

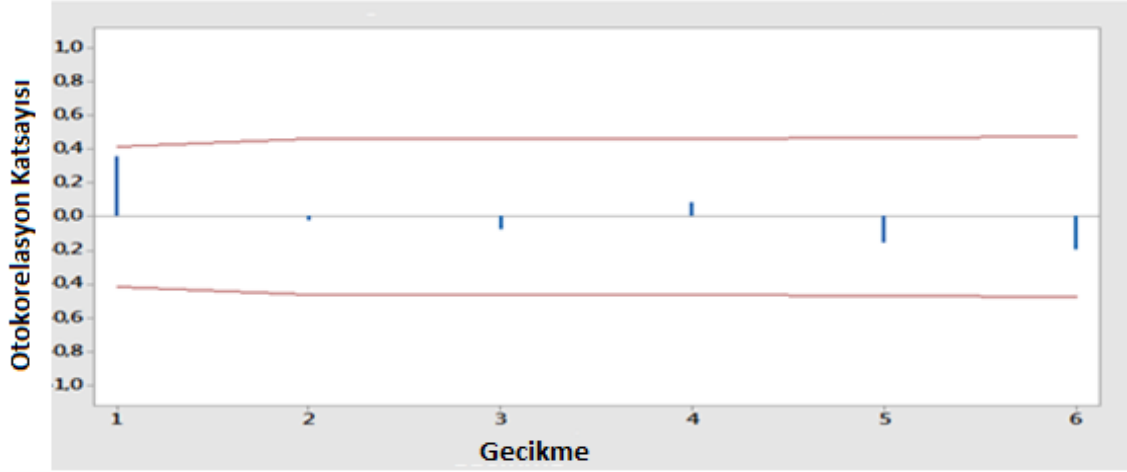
Gece Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	82,317	14	06.2015	57,802
2	06.2014	69,388	15	07.2015	54,950
3	07.2014	60,413	16	08.2015	81,573
4	08.2014	77,107	17	09.2015	65,381
5	09.2014	69,368	18	10.2015	65,172
6	10.2014	73,350	19	11.2015	48,189
7	11.2014	63,325	20	12.2015	62,156
8	12.2014	86,190	21	01.2016	89,228
9	01.2015	105,448	22	02.2016	77,663
10	02.2015	105,666	23	03.2016	58,446
11	03.2015	74,094	24	04.2016	73,545
12	04.2015	86,727	25	05.2016	82,317
13	05.2015	65,215			



Gece Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği

Otokorelasyon Fonksiyonu



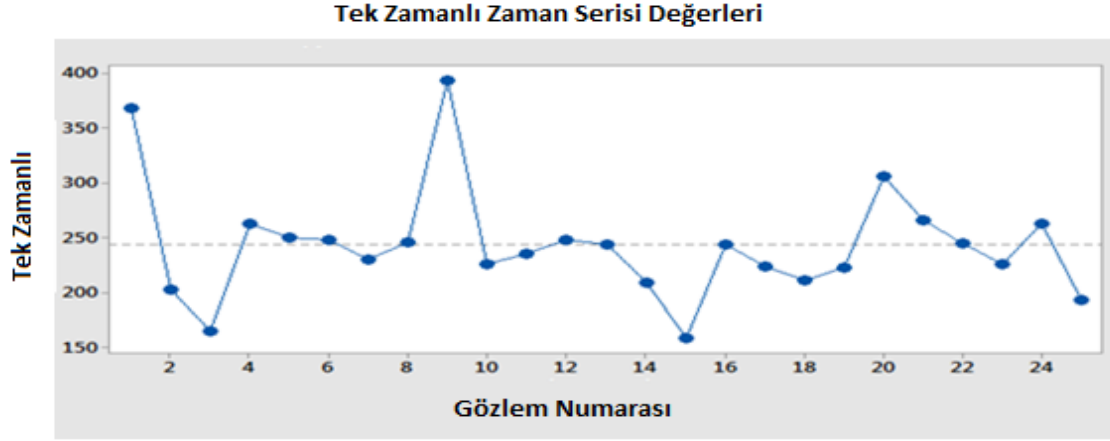
Gece Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

4 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

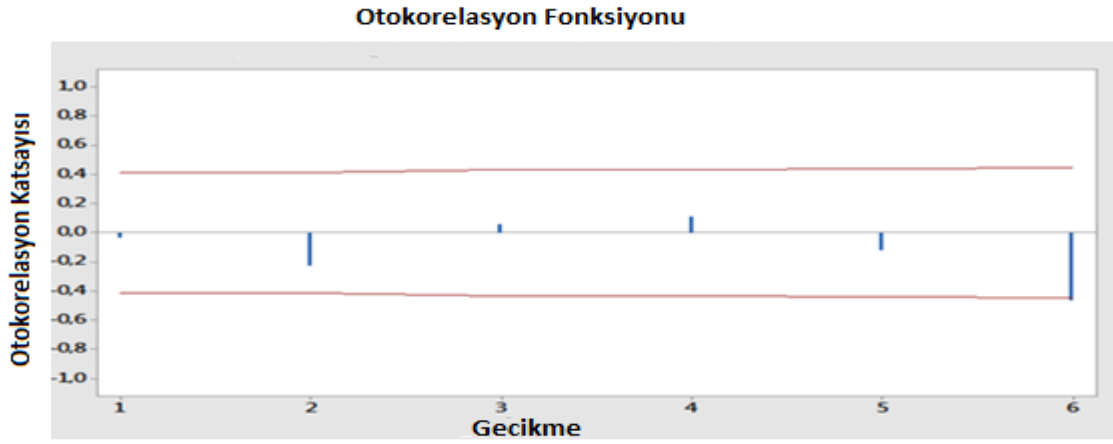
4. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 tek zamanlı tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri (verileri) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 248 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

4 Nolu Evin Tek Zamanlı Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	368,000	14	06.2015	209,000
2	06.2014	203,000	15	07.2015	158,760
3	07.2014	165,000	16	08.2015	243,757
4	08.2014	263,000	17	09.2015	224,161
5	09.2014	250,000	18	10.2015	211,287
6	10.2014	248,000	19	11.2015	222,900
7	11.2014	230,000	20	12.2015	305,803
8	12.2014	246,000	21	01.2016	266,253
9	01.2015	393,000	22	02.2016	244,999
10	02.2015	226,000	23	03.2016	225,709
11	03.2015	235,000	24	04.2016	262,302
12	04.2015	248,000	25	05.2016	193,526
13	05.2015	244,000			



Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği



Tek Zamanlı Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

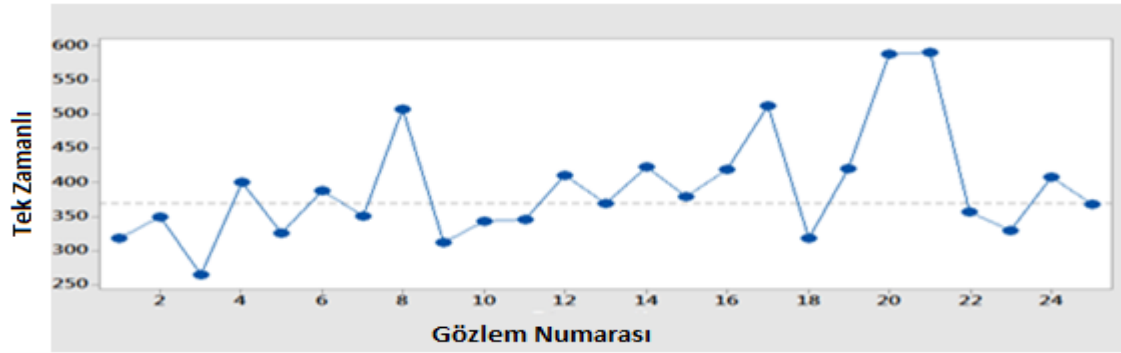
5 Numaralı Evin Mayıs 2014 – Mayıs 2016 Zaman Aralığını Kullanarak Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Karakter Analizi

5. eve ait olan Mayıs 2014 – Mayıs 2016 tek zamanlı tarife dilimi saatleri içinde yer alan (toplam elektrik tüketimi) zaman serisi değerleri (verileri) verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere otokorelasyon katsayıları hiçbir gecikmede limiti aşmamıştır. Tüketim seri zaman grafiğinde baktığımızda da tüketim miktarının ortalama olarak 370 kWh civarında salındığı gözlemlenmektedir, bu nedenlerle zaman serimiz kararlı yapıdadır denilmektedir.

5 Nolu Evin Tek Zamanlı Elektrik Tarifesindeki Elektrik Tüketim Değerleri

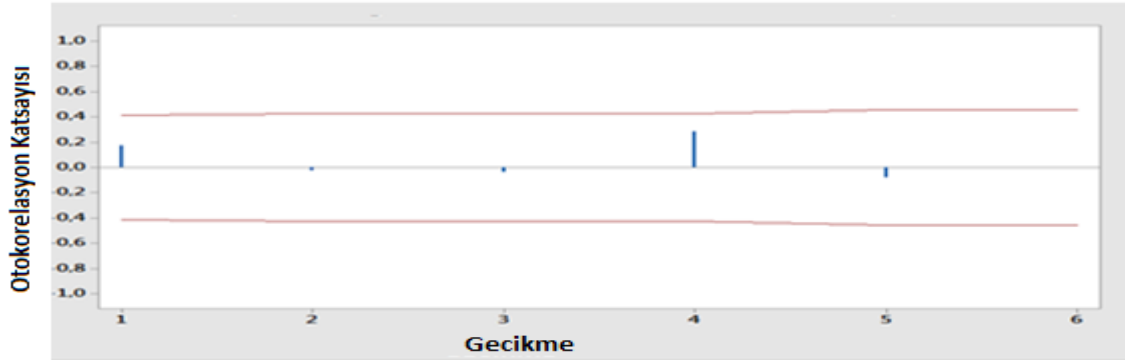
Zaman	Ay	Tüketim (kWh)	Zaman	Ay	Tüketim (kWh)
1	05.2014	318,00	14	06.2015	422,148
2	06.2014	349,00	15	07.2015	379,393
3	07.2014	264,00	16	08.2015	418,462
4	08.2014	400,00	17	09.2015	511,661
5	09.2014	325,00	18	10.2015	318,126
6	10.2014	387,00	19	11.2015	419,401
7	11.2014	350,00	20	12.2015	587,676
8	12.2014	507,00	21	01.2016	590,445
9	01.2015	312,00	22	02.2016	356,052
10	02.2015	342,875	23	03.2016	329,704
11	03.2015	345,426	24	04.2016	407,910
12	04.2015	409,850	25	05.2016	367,370
13	05.2015	369,189			

Tek Zamanlı Zaman Serisi Değerleri



Tek Zamanlı Elektrik Tüketim Zaman Serisi Grafiği

Otokorelasyon Fonksiyonu



Tek Zamanlı Tüketim Serisi Otokorelasyon Fonksiyonu

Cihaz Düzeyinde Geribildirim Ölçümleri

1 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 1										
Cihaz	16 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016		1 – 30 Haziran 2016.		1 – 17 Temmuz 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Mutfak, TV	19.39	8.3	40.70	7.5	43.60	10.6	44.0	9.6	23.90	7.7
Bulaşık M.	21.4	9.2	32.5	6.0	43.1	10.5	33.3	7.2	14.4	4.7
Elek. Ocak	22.6	9.7	41.6	7.7	39.4	9.6	31.4	6.8	15.4	5.0
Çamaşır Kurutma	3.8	1.6	6.8	1.3	10.8	2.6	8.1	1.8	8.4	2.7
Çamaşır Makinesi	0.42	0.2	0.40	0.1	4.0	1.0	0.68	0.1	0.67	0.2

2 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 2								
Cihaz	18 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016		1 – 17 Haziran 2016.	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Yazıcı	23.4	9.6	49.6	10.4	40.7	8.5	26.3	10.9
Tarayıcı	1.4	0.6	0.080	0.0167	0.13	0.0272	0.12	0.0495
Isıtıcı	0.95	0.39	0.0	0	0.0	0	0.0	0
PC Sistemi 1	10.6	4.4	25.7	5.4	24.2	5.1	13.5	5.6
PC Sistemi 2	4.2	1.7	23.2	4.9	25.6	5.4	7.9	3.3

3 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 3						
Cihaz	17 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Oturma Odası, TV	3.2	2.8	9.6	3.8	16.5	7.6
Bulaşık Makinesi	16.1	14.3	26.1	10.3	36.1	16.6
Buzdolabı	33.5	29.8	77.5	30.6	74.5	34.3
Fırın	4.3	3.8	1.7	0.7	1.4	0.6
Su Isıtıcısı	6.4	5.7	7.5	3.0	8.6	4.0

4 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 4								
Cihaz	16 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016		1 – 30 Haziran 2016.	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Buzdolabı	18.9	21.6	46.2	17.6	38.0	19.6	Kullanıcılar çıkarttı, ölçüm yapılmadı	
Bulaşık M.	4.5	5.2	6.9	2.6	13.2	6.8	10.0	4.6
Çamaşır Makinesi	0.81	0.9	4.1	1.6	3.3	1.7	2.0	0.9
Ütü	1.30	1.5	6.9	2.6	7.3	3.8	7.8	3.6
TV	11.20	12.8	33.7	12.9	46.8	24.2	32.6	15.1
Dondurucu	11.70	13.39	33.0	12.6	33.8	17.5	35.0	162

5 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 5						
Cihaz	17 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Oturma Odası, TV	2.4	2.5	5.0	1.2	7.0	1.9
Buzdolabı	15.6	16.3	54.7	13.4	61.5	16.7
Bulaşık Makinesi	5.4	5.6	15.5	3.8	21.1	5.7
Su Isıtıcısı	4.4	4.6	25.0	6.1	27.1	7.4
Çamaşır Makinesi	3.7	3.9	20.9	5.1	25.8	7.0
Yatak Odası, Tv	2.4	2.5	8.4	2.1	7.4	2.0

6 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 6						
Cihaz	18 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
PC Sistemi	7.5	2.9	19.1	3.3	22.8	3.9
Buzdolabı	23.9	9.1	54.0	9.3	54.7	9.3
Dijital Bateria & Müzik	3.2	1.2	7.3	1.3	7.5	1.3
TV	1.4	0.5	3.5	0.6	2.9	0.5
Ütü	0.0	0	0.0	0	5.2	0.88

6 Evde Elektrik Geribildirim Cihazlarının Cihaz Düzeyindeki Elektrik Tüketim Ölçümleri

1 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 1										
Cihaz	16 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016		1 – 30 Haziran 2016.		1 – 17 Temmuz 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Mutfak, TV	19.39	8.3	40.70	7.5	43.60	10.6	44.0	9.6	23.90	7.7
Bulaşık M.	21.4	9.2	32.5	6.0	43.1	10.5	33.3	7.2	14.4	4.7
Elek. Ocak	22.6	9.7	41.6	7.7	39.4	9.6	31.4	6.8	15.4	5.0
Çamaşır Kurutma	3.8	1.6	6.8	1.3	10.8	2.6	8.1	1.8	8.4	2.7
Çamaşır Makinesi	0.42	0.2	0.40	0.1	4.0	1.0	0.68	0.1	0.67	0.2

2 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 2								
Cihaz	18 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016		1 – 17 Haziran 2016.	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Yazıcı	23.4	9.6	49.6	10.4	40.7	8.5	26.3	10.9
Tarayıcı	1.4	0.6	0.080	0.0167	0.13	0.0272	0.12	0.0495
Isıtıcı	0.95	0.39	0.0	0	0.0	0	0.0	0
PC Sistemi 1	10.6	4.4	25.7	5.4	24.2	5.1	13.5	5.6
PC Sistemi 2	4.2	1.7	23.2	4.9	25.6	5.4	7.9	3.3

3 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 3						
Cihaz	17 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Oturma Odası, TV	3.2	2.8	9.6	3.8	16.5	7.6
Bulaşık Makinesi	16.1	14.3	26.1	10.3	36.1	16.6
Buzdolabı	33.5	29.8	77.5	30.6	74.5	34.3
Fırın	4.3	3.8	1.7	0.7	1.4	0.6
Su Isıtıcısı	6.4	5.7	7.5	3.0	8.6	4.0

4 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 4								
Cihaz	16 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016		1 – 30 Haziran 2016.	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Buzdolabı	18.9	21.6	46.2	17.6	38.0	19.6	Kullanıcılar çıkarttı, ölçüm yapılmadı	
Bulaşık M.	4.5	5.2	6.9	2.6	13.2	6.8	10.0	4.6
Çamaşır Makinesi	0.81	0.9	4.1	1.6	3.3	1.7	2.0	0.9
Ütü	1.30	1.5	6.9	2.6	7.3	3.8	7.8	3.6
TV	11.20	12.8	33.7	12.9	46.8	24.2	32.6	15.1
Dondurucu	11.70	13.39	33.0	12.6	33.8	17.5	35.0	162

5 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 5						
Cihaz	17 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
Oturma Odası, TV	2.4	2.5	5.0	1.2	7.0	1.9
Buzdolabı	15.6	16.3	54.7	13.4	61.5	16.7
Bulaşık Makinesi	5.4	5.6	15.5	3.8	21.1	5.7
Su Isıtıcısı	4.4	4.6	25.0	6.1	27.1	7.4
Çamaşır Makinesi	3.7	3.9	20.9	5.1	25.8	7.0
Yatak Odası, Tv	2.4	2.5	8.4	2.1	7.4	2.0

6 Numaralı Evde Cihaz Düzeyinde Elektrik Tüketim Miktarları

Geo II Elektrik Geribildirim Cihazının Tüketim Ölçümleri, Ev No: 6						
Cihaz	18 – 31 Mart 2016		1 – 30 Nisan 2016.		1 – 31 Mayıs 2016	
	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)	T.M (kWh)	(%)
PC Sistemi	7.5	2.9	19.1	3.3	22.8	3.9
Buzdolabı	23.9	9.1	54.0	9.3	54.7	9.3
Dijital Batıeri & Müzik Sistemi	3.2	1.2	7.3	1.3	7.5	1.3
TV	1.4	0.5	3.5	0.6	2.9	0.5
Ütü	0.0	0	0.0	0	5.2	0.88

1 Numaralı Evde Elektrik Geribildirim, Enerji Verimli Teknolojiler ve Fotovoltaik Sistemlerin Adaptasyonu İle Azami Elektrik Tasarruf Miktarının Hesaplanması

Elektrik Geribildirim Etkisinin Analiz Edilmesi

1 Numaralı Evin 16 Şubat – 17 Temmuz 2016 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	16 Şubat – 29 Şubat 2016	224,764	100,911	60,256	63,598
2	1 Mart – 31 Mart 2016	452,467	207,985	120,087	124,395
3	1 Nisan – 30 Nisan 2016	540,993	208,269	120,705	134,405
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	410,325	183,562	99,026	104,358
5	1 Haziran – 30 Haziran 2016	460,548	221,709	117,117	121,722
6	1 Temmuz – 17 Temmuz 2016	308,825	93,957	49,670	59,422

1 Numaralı Evin 16 Şubat – 17 Temmuz 2015 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	16 Şubat – 29 Şubat 2015	168,639	76,140	46,737	45,763
2	1 Mart – 31 Mart 2015	342,668	145,628	80,543	116,497
3	1 Nisan – 30 Nisan 2015	463,379	208,269	120,705	134,405
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	386,946	183,562	99,026	104,358
5	1 Haziran – 30 Haziran 2015	471,588	216,406	122,229	132,953
6	1 Temmuz – 17 Temmuz 2015	203,049	93,957	49,670	59,422

2016 Ve 2015 Senesindeki Elektrik Tüketim Miktarlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI KARŞILAŞTIRMASI İLE ELEKTRİK GERİ BİLDİRİM TEKNOLOJİSİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ (kWh), Ev No: 1					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	16 Şubat – 17 Temmuz 2016	2397,922	1016,393	566,861	607,899
2	16 Şubat – 17 Temmuz 2015	2036,269	923,962	518,910	593,397
Geribildirim Etkisi (%)		-17,761	-10,004	-9,241	2,444

Enerji Verimli Cihazlar

1 numaralı evdeki kullanıcılar çalışmaya başlamadan önce buzdolaplarında bir sorun olduklarını düşündüklerini ve çok fazla tükettiklerini iletiler, fakat iki buzdolabı da ankastre olduğu için cihaz düzeyinde elektrik tüketim miktarlarını ölçemedik. Enerji verimli cihazlar olarak sadece mutfaktaki Samsung PS42P3SSX markalı televizyonun LG 55LM660S – ZA markalı televizyon ile değiştirilmesi durumu ele alınmıştır. Analizler ilerleyen çizelgelerde paylaşılmıştır.

1 Numaralı Evde Mutfakta Kullanılan Mevcut Televizyonun Harcama Tutarı ve Maliyeti (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	16 Mart – 31 Mart 2015	19,39	0,00602	3221,4	7,275273
2	1 Nisan – 30 Nisan 2015	40,70	0,00602	6760,3	15,267716
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	43,60	0,00602	7242,1	16,355858
4	1 Haziran – 30 Haziran 2015	44,00	0,00602	7308,9	16,506622
5	1 Temmuz – 17 Temmuz 2015	23,90	0,00602	3970,1	8,966109

1 Numaralı Evde Mutfaktaki Televizyonun Yerine Değiştirecek Yeni Enerji Tasarruflu Televizyonun Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı ve Maliyeti (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Enerji Verimli TV Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	16 Mart – 31 Mart 2015	3,96	0,00123	3221,4	1,486476
2	1 Nisan – 30 Nisan 2015	8,32	0,00123	6760,3	3,119483
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	8,91	0,00123	7242,1	3,341811
4	1 Haziran – 30 Haziran 2015	8,99	0,00123	7308,9	3,372616
5	1 Temmuz – 17 Temmuz 2015	4,88	0,00123	3970,1	1,831946

Mevcut TV Ve Değiştirilmesi Düşünölen Enerji Verimli TV Karşılaştırması (16 Mart – 17 Temmuz 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	16 Mart – 17 Temmuz 2016	Mevcut	171,59	64,371579
2	16 Mart – 17 Temmuz 2016	Yeni	35,06	13,152333
Toplam Kazanç Miktarı			136,53	51,219246

Güneş Enerjisi Sistemi Güç Hesaplaması

Elektrik Tüketim Miktarlarıyla Ortalama Elektrik Tüketim Miktar Farkları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Ortalama Tüketim (kWh)	Fark (kWh)	Günlük Ortalama Fark (kWh)
1	Temmuz 2016	563,152	456,841	106,311	3,429
2	Haziran 2016	460,548	456,841	3,707	0,124
3	Mayıs 2016	410,325	456,841	-46,516	-1,501
4	Nisan 2016	540,993	456,841	84,152	2,805
5	Mart 2016	452,467	456,841	-4,374	-0,141
6	Şubat 2016	465,583	456,841	8,742	0,301
7	Ocak 2016	530,190	456,841	73,349	2,366
8	Aralık 2015	469,173	456,841	12,332	0,398
9	Kasım 2015	422,603	456,841	-34,238	-1,141
10	Ekim 2015	474,459	456,841	17,618	0,568
11	Eylül 2015	453,219	456,841	-3,622	-0,121
12	Ağustos 2015	465,492	456,841	8,651	0,279
13	Temmuz 2015	370,266	456,841	-86,575	-2,886
14	Haziran 2015	471,588	456,841	14,747	0,476
15	Mayıs 2015	386,946	456,841	-69,895	-2,330
16	Nisan 2015	463,379	456,841	6,538	0,211
17	Mart 2015	342,668	456,841	-114,173	-3,806
18	Şubat 2015	337,277	456,841	-119,564	-4,270
19	324,893	456,841	-131,948	-4,256	324,893
20	570,368	456,841	113,527	3,662	570,368
21	Kasım 2014	546,256	456,841	89,415	2,980
22	Ekim 2014	535,033	456,841	78,192	2,522
23	Eylül 2014	401,301	456,841	-55,540	-1,851
24	Ağustos 2014	515,120	456,841	58,279	1,880
25	Temmuz 2014	435,124	456,841	-21,717	-0,724
26	Haziran 2014	398,279	456,841	-58,562	-1,889
27	Mayıs 2014	528,012	456,841	71,171	2,372

1 Numaralı Ev Monokristal Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Monokristal PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0.99	30.8	2.44	75.7
2	Şubat	1.41	39.4	3.51	98.2
3	Mart	1.93	59.9	4.97	154
4	Nisan	2.09	62.6	5.49	165
5	Mayıs	2.36	73.2	6.40	198
6	Haziran	2.53	75.8	6.94	208
7	Temmuz	2.66	82.3	7.42	230
8	Ağustos	2.62	81.2	7.33	227
9	Eylül	2.41	72.2	6.56	197
10	Ekim	1.90	30.8	5.01	155
11	Kasım	1.55	46.5	3.92	118
12	Aralık	1.02	31.7	2.54	78.7
Yıllık Ortalama		1.55	59.6	5.22	159
Toplam Yıllık		715		1900	

1 Numaralı Ev Polikristal Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Polikristal PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0.97	30.1	2.44	75.7
2	Şubat	1.38	38.6	3.51	98.2
3	Mart	1.89	58.7	4.97	154
4	Nisan	2.04	61.3	5.49	165
5	Mayıs	2.31	71.7	6.40	198
6	Haziran	2.47	74.2	6.94	208
7	Temmuz	2.60	80.6	7.42	230
8	Ağustos	2.56	79.5	7.33	227
9	Eylül	2.36	70.7	6.56	197
10	Ekim	1.86	57.7	5.01	155
11	Kasım	1.52	45.6	3.92	118
12	Aralık	1.00	31.0	2.54	78.7
Yıllık Ortalama		1.92	58.3	5.22	159
Toplam Yıllık		700		1900	

1 Numaralı Ev CdTe İnce Film Modüllerden Oluşan Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

CdTe İnce Film PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	1.03	32.0	2.44	75.7
2	Şubat	1.47	41.2	3.51	98.2
3	Mart	2.05	63.7	4.97	154
4	Nisan	2.26	67.7	5.49	165
5	Mayıs	2.59	80.2	6.40	198
6	Haziran	2.81	84.2	6.94	208
7	Temmuz	2.97	92.1	7.42	230
8	Ağustos	2.92	90.6	7.33	227
9	Eylül	2.65	79.5	6.56	197
10	Ekim	2.07	64.1	5.01	155
11	Kasım	1.66	49.7	3.92	118
12	Aralık	1.07	33.2	2.54	78.7
Yıllık Ortalama		2.13	64.9	5.22	159
Toplam Yıllık		778		1900	

1 Numaralı Ev Güneş Paneli Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Monokristal PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Monokristal PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam	Güneş Panelsiz Toplam Fatura	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	1340,340	211,600	1128,740	422,769	502,023	79,254
2	Ocak - Mart	1961,560	130,100	1831,460	686,059	734,795	48,735
3	Ekim - Aralık	1461,600	137,200	1324,400	494,734	545,985	51,251
4	Temmuz - Eylül	1334,430	235,700	1098,730	412,195	500,619	88,424
Monokristal PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				714,600		267,665	

Polikristal PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Polikristal PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Poli PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam Fatura (TL)	Güneş Panelsiz Toplam Fatura (TL)	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	1340,340	207,200	1133,140	424,417	502,023	77,606
2	Ocak - Mart	1961,560	127,400	1834,160	687,071	734,795	47,723
3	Ekim - Aralık	1461,600	134,300	1327,300	495,817	545,985	50,168
4	Temmuz - Eylül	1334,430	230,800	1103,630	414,033	500,619	86,586
Polikristal PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				699,700		262,085	

CdTe İnce Film PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

CdTe İnce Film PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim	Güneş Panelli	Güneş Panelsiz	Dönemsel Kazanç
1	Nisan - Haziran	1340,340	232,100	1108,240	415,090	502,023	86,933
2	Ocak - Mart	1961,560	136,900	1824,660	683,512	734,795	51,282
3	Ekim - Aralık	1461,600	147,000	1314,600	491,073	545,985	54,912
4	Temmuz - Eylül	1334,430	262,200	1072,230	402,253	500,619	98,366
CdTe İnce Film PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				778,200		291,494	

3 PV Sisteminin Karşılaştırılması

3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması

3 SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI					
Sistem NO	Sistemde Kullanılan Modül Teknoloji ve Marka	kWh Kazanç	Fatura Kazanç (TL)	Modül Sayısı ve Birim Maliyet	PV Modül Maliyeti
1	Monokristal Canadian Solar CS6P-240	714.600	267,665	2 adet, 392.64 \$	659.24 \$
2	Polikristal Yingli YL 235 P-29b	699,700	262,085	2 adet, 240 \$	480 \$
3	CdTe İnce Film First Solar FS-280	778,200	291,494	6 adet, 150 \$	900 \$

2 Numaralı Evde Elektrik Geribildirim, Enerji Verimli Teknolojiler ve Fotovoltaik Sistemlerin Adaptasyonu İle Azami Elektrik Tasarruf Miktarının Hesaplanması

Elektrik Geribildirim Etkisinin Analiz Edilmesi

2 Numaralı Evin 18 Şubat – 17 Haziran 2016 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	18 Şubat – 29 Şubat 2016	268,168	195,091	52,389	20,688
2	1 Mart – 31 Mart 2016	424,469	277,981	79,632	66,856
3	1 Nisan – 30 Nisan 2016	517,589	328,363	95,320	93,906
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	321,088	210,092	58,245	52,751
5	1 Haziran – 17 Haziran 2016	209,241	134,319	36,525	38,398

2 Numaralı Evin 18 Şubat – 17 Haziran 2015 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	18 Şubat – 29 Şubat 2015	130,988	82,300	29,544	19,144
2	1 Mart – 31 Mart 2015	390,695	245,235	87,653	58,770
3	1 Nisan – 30 Nisan 2015	196,244	120,242	38,328	37,674
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	325,712	199,663	62,222	63,827
5	1 Haziran – 17 Haziran 2015	213,609	128,409	43,609	41,591

2016 Ve 2015 Senesindeki Elektrik Tüketim Miktarlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI KARŞILAŞTIRMASI İLE ELEKTRİK GERİ BİLDİRİM TEKNOLOJİSİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	18 Şubat – 17 Haziran 2016	1740,555	1145,846	322,111	272,598
2	18 Şubat – 17 Haziran 2015	1257,248	775,849	261,356	221,006
Geribildirim Etkisi (%)		- 38,441	- 47,689	- 23,246	- 23,344

Enerji Verimli Cihazlar

2 numaralı evde, ofiste, çalışma odasında bulunan 2 adet PC sistemi yerine enerji verimli PC sistemleri değiştirilmiştir. 2 adet Vento A9 Asus Chasis ve LG L1953S5'ten oluşan bilgisayar sistemi, Acer Aspire E15 Laptop ve Samsung S22D3HY monitör ile değiştirilmiştir.

2 Numaralı Evde Çalışma Odasında Bulunan 2 Adet Bilgisayar Sisteminden Birisinin Harcama Tutarı ve Maliyeti (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Mevcut Bilgisayar Sistemi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	18 Mart – 31 Mart 2015	10,6	0,00191	5556,9	3,976656
2	1 Nisan – 30 Nisan 2015	25,7	0,00191	13473,6	9,642055
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	24,2	0,00191	12685,2	9,077837
4	1 Haziran – 17 Haziran 2015	13,5	0,00191	7075,5	5,063430

2 Numaralı Evde Çalışma Odasında Bulunan 2 Adet Bilgisayar Sistemi Yerine Değiştirecek Yeni Enerji Tasarruflu Bilgisayar Sisteminin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (18 Mart – 17 Haziran 2016)

Yeni PC Sistemi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	18 Mart – 31 Mart 2016	2,8329	0,00051	5556,9	1,062783
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	6,8689	0,00051	13473,6	2,576891
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	6,4669	0,00051	12685,2	2,426101
4	1 Haziran – 17 Haziran 2016	3,6071	0,00051	7075,5	1,353229

**Mevcut PC Sistemi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli PC Sistemi Karşılaştırması
(18 Mart – 17 Haziran 2016)**

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	18 Mart – 17 Haziran 2016	Mevcut	74,00	27,759978
2	18 Mart – 17 Haziran 2015	Yeni	19,78	7,419003
Toplam Kazanç Miktarı (2 Adet Bilgisayar Olduğu İçin sonuçlar 2 İle Çarpıldı)			108,44	40,68195

Güneş Enerjisi Sistemi

Güneş Enerjisi Sistemi Güç Hesaplaması

Elektrik Tüketim Miktarlarıyla Ortalama Elektrik Tüketim Miktar Farkları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Ortalama Tüketim (kWh)	Fark (kWh)	Günlük Ortalama Fark (kWh)
1	Haziran 2016	369,249	401,955	-32,706	-1,090
2	Mayıs 2016	321,088	401,955	-80,867	-2,609
3	Nisan 2016	517,589	401,955	115,634	3,854
4	Mart 2016	424,469	401,955	22,514	0,726
5	Şubat 2016	648,073	401,955	246,118	8,487
6	Ocak 2016	971,488	401,955	569,533	18,372
7	Aralık 2015	799,336	401,955	397,381	12,819
8	Kasım 2015	432,747	401,955	30,792	1,026
9	Ekim 2015	349,815	401,955	-52,140	-1,682
10	Eylül 2015	363,746	401,955	-38,209	-1,274
11	Ağustos 2015	482,280	401,955	80,325	2,591
12	Temmuz 2015	341,931	401,955	-60,024	-2,001
13	Haziran 2015	376,957	401,955	-24,998	-0,806
14	Mayıs 2015	325,712	401,955	-76,243	-2,541
15	Nisan 2015	196,244	401,955	-205,711	-6,636

16	Mart 2015	390,695	401,955	-11,260	-0,375
17	Şubat 2015	305,638	401,955	-96,317	-3,440
18	324,893	547,735	401,955	145,780	4,703
19	570,368	309,754	401,955	-92,201	-2,974
20	Kasım 2014	278,324	401,955	-123,631	-4,121
21	Ekim 2014	335,332	401,955	-66,623	-2,149
22	Eylül 2014	263,560	401,955	-138,395	-4,613
23	Ağustos 2014	218,419	401,955	-183,536	-5,921
24	Temmuz 2014	243,906	401,955	-158,049	-5,268
25	Haziran 2014	307,807	401,955	-94,148	-3,037
27	Mayıs 2014	328,948	401,955	-73,007	-2,434

2 Numaralı Ev Monokristal Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Monokristal PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0.78	24.2	1.94	60.2
2	Şubat	1.17	32.7	2.91	81.4
3	Mart	1.72	53.5	4.42	137
4	Nisan	2.00	60.0	5.25	157
5	Mayıs	2.40	74.4	6.49	201
6	Haziran	2.62	78.7	7.20	216
7	Temmuz	2.72	84.3	7.59	235
8	Ağustos	2.54	78.6	7.08	219
9	Eylül	2.14	64.2	5.81	174
10	Ekim	1.57	48.6	4.13	128
11	Kasım	1.16	34.8	2.95	88.6
12	Aralık	0.78	24.0	1.94	60.2
Yıllık Ortalama		1.80	54.8	4.82	147
Toplam Yıllık		658		1760	

2 Numaralı Ev Polikristal Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Polikristal PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0.77	23.7	1.94	60.2
2	Şubat	1.14	32.0	2.91	81.4
3	Mart	1.69	52.3	4.42	137
4	Nisan	1.96	58.8	5.25	157
5	Mayıs	2.35	72.9	6.49	201
6	Haziran	2.57	77.0	7.20	216
7	Temmuz	2.66	82.5	7.59	235
8	Ağustos	2.48	77.0	7.08	219
9	Eylül	2.10	62.9	5.81	174
10	Ekim	1.54	47.6	4.13	128
11	Kasım	1.14	34.1	2.95	88.6
12	Aralık	0.76	23.5	1.94	60.2
Yıllık Ortalama		1.77	53.7	4.82	147
Toplam Yıllık		644		1760	

2 Numaralı Ev CdTe İnce Film Modüllerden Oluşan Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

CdTe İnce Film PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0.83	25.9	1.94	60.2
2	Şubat	1.24	34.7	2.91	81.4
3	Mart	1.85	57.5	4.42	137
4	Nisan	2.17	65.2	5.25	157
5	Mayıs	2.63	81.6	6.49	201
6	Haziran	2.91	87.4	7.20	216
7	Temmuz	3.04	94.3	7.59	235
8	Ağustos	2.84	88.1	7.08	219
9	Eylül	2.38	71.4	5.81	174
10	Ekim	1.73	53.5	4.13	128
11	Kasım	1.26	37.8	2.95	88.6
12	Aralık	0.83	25.8	1.94	60.2
Yıllık Ortalama		1.98	60.3	4.82	147
Toplam Yıllık		723		1760	

2 Numaralı Ev Güneş Paneli Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Monokristal PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Monokristal PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim	Güneş Panelli	Güneş Panelsiz	Dönemsel Kazanç
1	Nisan - Haziran	2125,355	213,100	1912,255	716,233	796,050	79,816
2	Ocak - Mart	2717,958	110,400	2607,558	976,784	1018,139	41,355
3	Ekim - Aralık	1788,038	107,400	1680,638	627,807	667,927	40,119
4	Temmuz - Eylül	1718,945	227,100	1491,845	559,674	644,872	85,197
Monokristal PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				658,000		246,489	

Polikristal PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Polikristal PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Poli PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam	Güneş Panelsiz Toplam Fatura (TL)	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	2125,355	208,700	1916,655	717,881998	796,050481	78,168482
2	Ocak - Mart	2717,958	108,000	2609,958	977,683288	1018,139795	40,456507
3	Ekim - Aralık	1788,038	105,200	1682,838	628,629744	667,927559	39,297815
4	Temmuz - Eylül	1718,945	222,400	1496,545	561,438041	644,872794	83,434753
Polikristal PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				644,300		241,357557	

CdTe İnce Film PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

CdTe İnce Film PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam Fatura (TL)	Güneş Panelsiz Toplam Fatura (TL)	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	2125,355	234,200	1891,155	708,330986	796,050481	87,719495
2	Ocak - Mart	2717,958	118,100	2599,858	973,899856	1018,139795	44,239939
3	Ekim - Aralık	1788,038	117,100	1670,938	624,184459	667,927559	43,743101
4	Temmuz - Eylül	1718,945	253,800	1456,145	549,658134	644,872794	95,214659
CdTe İnce Film PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				723,200		270,917194	

3 PV Sisteminin Karşılaştırılması

3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması

3 SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI					
Sistem NO	Sistemde Kullanılan Modül Teknoloji ve Marka	kWh Kazanç	Fatura Kazanç (TL)	Modül Sayısı ve Birim Maliyet	PV Modül Maliyeti
1	Monokristal Canadian Solar CS6P-240	658,000	246,489	2 adet, 392.64 \$	659.24 \$
2	Polikristal Yingli YL 235 P-29b	644,300	241,357557	2 adet, 240 \$	480 \$
3	CdTe İnce Film First Solar FS-280	723,200	270,917194	6 adet, 150 \$	900 \$

3 Numaralı Evde Elektrik Geribildirim ve Enerji Verimli Teknolojilerin Adaptasyonu İle Azami Elektrik Tasarruf Miktarının Hesaplanması

Elektrik Geribildirim Etkisinin Analiz Edilmesi

3 Numaralı Evin 18 Şubat – 31 Mayıs 2016 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	18 Şubat – 29 Şubat 2016	123,700	51,980	39,583	32,136
2	1 Mart – 31 Mart 2016	232,174	104,482	69,246	58,446
3	1 Nisan – 30 Nisan 2016	253,332	117,435	73,496	73,545
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	216,998	120,488	70,703	82,317

3 Numaralı Evin 18 Şubat – 31 Mayıs 2015 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	18 Şubat – 29 Şubat 2016	133,704	64,589	39,456	45,285
2	1 Mart – 31 Mart 2016	240,731	108,049	71,149	74,094
3	1 Nisan – 30 Nisan 2016	327,271	145,286	95,258	86,727
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	250,302	114,329	70,758	65,215

2016 Ve 2015 Senesindeki Elektrik Tüketim Miktarlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI KARŞILAŞTIRMASI İLE ELEKTRİK GERİ BİLDİRİM TEKNOLOJİSİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ (kWh)					
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	18 Şubat – 31 Mayıs 2016	826,204	394,385	253,028	246,444
2	18 Şubat – 31 Haziran 2015	952,008	432,253	276,621	271,321
Geribildirim Etkisi (%)		13,215	8,760	8,529	9,169

Enerji Verimli Cihazlar

Buzdolabı

3 numaralı evde mutfakta bulunan Beko 9610 NM A+ markalı buzdolabı Arçelik 2487 A++ markalı buzdolabı ile değiştirildiğinde ve Beko D3 3001 markalı bulaşık makinesi 1 numaralı evde bulunan Miele G1182 Scvi markalı bulaşık makinesi ile değiştirildiğinde ortaya çıkacak olan sonuçlar analiz edilmiştir.

3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Harcama Tutarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Buzdolabı Sistemi			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	33,5	12,567731
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	77,5	29,076812
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	74,5	27,949978

3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Yerine Yeni Enerji Verimli Buzdolabı İle Değiştirildiğinde Harcama Tutarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Enerji Verimli Buzdolabı Harcama Çizelgesi			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	15,5	5,814922
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	31,0	11,629807
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	31,0	11,629807

Mevcut Buzdolabının Yerine Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Yeni Buzdolabı İle Karşılaştırılması (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Buzdolabı ve Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırma Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	185,5	69,594521
2	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	77,5	29,074536
Toplam Kazanç Miktarı			108	40,519985

Bulaşık Makinesi

3 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Mevcut Bulaşık Makinesi Harcama Tutarı ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Bulaşık Makinesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı	1 Dakikadaki	Kullanım Süresi	Toplam Maliyet
1	17 Mart – 31 Mart 2016	16,1	0,01683	956,6	6,039970
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	26,1	0,01683	1550,9	9,792283
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	36,1	0,01683	2145,0	13,543006

3 Numaralı Evde Çalışma Mutfakta Bulunan Bulaşık Makinesi Yerine Değiştirecek Yeni Enerji Tasarruflu Bulaşık Makinesinin Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mart 2016	12,0821	0,01263	956,6	4,532669
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	19,5881	0,01263	1550,9	7,348576
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	27,0909	0,01263	2145,0	10,163290

Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Karşılaştırması (17 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Karşılaştırması				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	78,1	29,375260
2	17 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	58,7602	22,044535
Toplam Kazanç Miktarı			19,54	7,330724

4 Numaralı Evde Elektrik Geribildirim Ve Enerji Verimli Teknolojilerin Adaptasyonu İle Azami Elektrik Tasarruf Miktarının Hesaplanması

Elektrik Geribildirim Etkisinin Analiz Edilmesi

4 Numaralı Evin 20 Şubat – 30 Haziran 2016 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)		
NO		TEK ZAMANLI
1	20 Şubat – 29 Şubat 2016	84,482
2	1 Mart – 31 Mart 2016	225,709
3	1 Nisan – 30 Nisan 2016	262,302
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	193,526
5	1 Haziran – 30 Mayıs 2016	215,873

Çizelge 7.2.4.1.2. 4 Numaralı Evin 20 Şubat – 30 Haziran 2015 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)		
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI
1	20 Şubat – 29 Şubat 2015	80,714
2	1 Mart – 31 Mart 2015	235,000
3	1 Nisan – 30 Nisan 2015	248,000
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	244,000
5	1 Haziran – 30 Mayıs 2015	209,000

Çizelge 7.2.4.1.3. 2016 Ve 2015 Senesindeki Elektrik Tüketim Miktarlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI KARŞILAŞTIRMASI İLE ELEKTRİK GERİ BİLDİRİM TEKNOLOJİSİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ (kWh)		
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI
1	20 Şubat – 30 Haziran 2016	981,892
2	20 Şubat – 30 Haziran 2015	1016,715
Geribildirim Etkisi (%)		3,425

Enerji Verimli Cihazlar

4 numaralı evde oturma odasında bulunan Panasonic TX-P46U20E markalı TV, 5 numaralı evde bulunan LG 55LM660S-ZA markalı Tv ile değiştirildiğinde ve Tefal Express Power Zone markalı ütü 5 numaralı evde bulunan Fakir 2500 W markalı ütü ile değiştirildiğinde ortaya çıkacak olan sonuçlar analiz edilmiştir.

TV

4 Numaralı Evde Oturma Odasında Bulunan Mevcut Tv Harcama Tutarı ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut TV					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2015	11,20	0,00460	2434,8	4,201714
2	1 Nisan – 30 Nisan 2015	33,7	0,00460	7324,9	12,640646
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	46,8	0,00460	10174,6	17,558370
4	1 Haziran – 30 Haziran 2015	32,6	0,00460	7085,6	12,227783

4 Numaralı Evde Oturma Odasında Bulunan Mevcut Tv ile Değiştirilmesi Düşünülen Yeni Enerji Verimli TV Harcama Tutarı ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Enerji Verimli TV Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2016	2,9948	0,00123	2434,8	1,123502
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	9,0096	0,00123	7324,9	3,379999
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	12,5147	0,00123	10174,6	4,694956
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	8,7153	0,00123	7085,6	3,269603

Mevcut TV ile Yerine Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Yeni TV İle Karşılaştırılması (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut Buzdolabı ve Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırma Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 30 Haziran 2016	Mevcut	124,3	46,628513
2	20 Mart – 30 Mayıs 2016	Yeni	33,2344	12,46806
Toplam Kazanç Miktarı			91,0656	34,160453

Ütü

4 Numaralı Evde Soyunma Odasında Bulunan Mevcut Ütü Harcama Tutarı ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut Ütü					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 31 Mart 2016	1,30	0,02947	44,1	0,487703
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	6,9	0,02947	234,1	2,588175
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	7,3	0,02947	247,8	2,738816
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	7,8	0,02947	264,7	2,925968

4 Numaralı Evde Soyunma Odasında Bulunan Ütü Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Ütü Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (20 Mart – 30 Haziran 2016)

Enerji Verimli Ütü					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı	1 Dakikadaki	Kullanım Süresi	Toplam Maliyet
1	20 Mart – 31 Mart 2016	0,0351	0,00079	44,1	0,013155
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	0,1861	0,00079	234,1	0,069812
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	0,1969	0,00079	247,8	0,073875
4	1 Haziran – 30 Haziran 2016	0,2104	0,00079	264,7	0,078923

Mevcut Ütü Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Ütü Karşılaştırması (20Mart – 30 Haziran 2016)

Mevcut Bulaşık Makinesi Ve Enerji Verimli Bulaşık Makinesi Karşılaştırması				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	20 Mart – 30 Haziran 2016	Mevcut	23,3	8,740657
2	20 Mart – 30 Haziran 2015	Yeni	0,6285	0,235765
Toplam Kazanç Miktarı			22,6715	8,504892

5 Numaralı Evde Elektrik Geribildirim, Enerji Verimli Teknolojiler ve Fotovoltaik Sistemlerin Adaptasyonu İle Azami Elektrik Tasarruf Miktarının Hesaplanması

Elektrik Geribildirim Etkisinin Analiz Edilmesi

5 Numaralı Evin 23 Şubat – 31 Mayıs 2016 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)		
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI
1	23 Şubat – 29 Şubat 2016	85,944
2	1 Mart – 31 Mart 2016	329,704
3	1 Nisan – 30 Nisan 2016	407,10
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	367,370

5 Numaralı Evin 23 Şubat – 31 Mayıs 2015 Dönemine Ait Elektrik Tüketim Miktarları

ÇALIŞMA SÜRESİNDEKİ TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (kWh)		
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI
1	23 Şubat – 29 Şubat 2015	85,719
2	1 Mart – 31 Mart 2015	345,426
3	1 Nisan – 30 Nisan 2015	409,850
4	1 Mayıs – 31 Mayıs 2015	369,189

2016 Ve 2015 Senesindeki Elektrik Tüketim Miktarlarının Karşılaştırılması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI KARŞILAŞTIRMASI İLE ELEKTRİK GERİ BİLDİRİM TEKNOLOJİSİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ (kWh)		
NO	SÜRE	TEK ZAMANLI
1	23 Şubat – 31 Mayıs 2016	1190,928
2	23 Şubat – 31 Mayıs 2015	1210,183
Geribildirim Etkisi (%)		1,59

Enerji Verimli Cihazlar

Buzdolabı

5 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabının Harcama Tutarı ve Maliyeti (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut Buzdolabı			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	15,6	5,852391
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	54,7	20,519619
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	61,5	23,070132

5 Numaralı Evde Mutfakta Bulunan Buzdolabı Yerine Değiştirilecek Yeni Enerji Tasarruflu Buzdolabının Aynı Harcama Süresi Boyunca Oluşturacağı Toplam Harcama Miktarı Ve Maliyeti (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Yeni Buzdolabı Harcama Çizelgesi			
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	9,0000	3,376406
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	31,0000	11,629807
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	31,0000	11,629807

Mevcut Buzdolabı Ve Değiştirilmesi Düşünülen Enerji Verimli Buzdolabı Karşılaştırması (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut TV Harcama Çizelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	131,8	49,442142
2	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	71	26,63602
Toplam Kazanç Miktarı			60,8	22,906122

Çamaşır Makinesi

5 Numaralı Evde Banyoda Bulunan Mevcut Çamaşır Makinesinin Harcama Tutarı Ve Maliyeti

Mevcut Çamaşır Makinesi Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	3,7	0,00834	438,8	1,373687
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	20,9	0,00834	2504,3	7,840058
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	25,8	0,00834	3091,5	9,678243

5 Numaralı Evde Banyoda Bulunan Mevcut Çamaşır Makinesinin Yerine Gelecek Olan Enerji Verimli Çamaşır Makinesinin Harcama Tutarı Ve Maliyeti Harcama (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Yeni Çamaşır Makinesi Harcama Çizelgesi					
NO	SÜRE	Kullanım Miktarı (kWh)	1 Dakikadaki Harcama Miktarı (kWh)	Kullanım Süresi (Dakika)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mart 2016	0,8824	0,00201	438,8	0,331043
2	1 Nisan – 30 Nisan 2016	5,0362	0,00201	2504,3	1,889363
3	1 Mayıs – 31 Mayıs 2016	6,2170	0,00201	3091,5	2,332344

Mevcut amaşır Makinesi Ve Değiştirilmesi Düşünölen Enerji amaşır Makinesi Karşılaştırması (23 Mart – 31 Mayıs 2016)

Mevcut TV Harcama izelgesi				
NO	SÜRE	Tür	Toplam Tüketim Miktarı (kWh)	Toplam Maliyet (TL)
1	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Mevcut	50,4	18,891988
2	23 Mart – 31 Mayıs 2016	Yeni	12,1356	4,55275
Toplam Kazanç Miktarı			38,2644	14,339238

Güneş Enerjisi Sistemi

Güneş Enerjisi Sistemi Güç Hesaplaması

Elektrik Tüketim Miktarlarıyla Ortalama Elektrik Tüketim Miktar Farkları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
NO	SÜRE	Toplam Tüketim (kWh)	Ortalama Tüketim (kWh)	Fark (kWh)	Günlük Ortalama Fark (kWh)
1	Temmuz 2016	457,614	399,173	58,441	1,885
2	Haziran 2016	532,382	399,173	133,209	4,440
3	Mayıs 2016	367,370	399,173	-31,803	-1,026
4	Nisan 2016	407,910	399,173	8,737	0,291
5	Mart 2016	329,704	399,173	-69,469	-2,241
6	şubat 2016	356,052	399,173	-43,121	-1,487
7	Ocak 2016	590,445	399,173	191,272	6,170
8	Aralık 2015	587,676	399,173	188,503	6,081
9	Kasım 2015	419,401	399,173	20,228	0,674
10	Ekim 2015	318,126	399,173	-81,047	-2,614
11	Eylöl 2015	511,661	399,173	112,488	3,750
12	Ağustos 2015	418,462	399,173	19,289	0,622
13	Temmuz 2015	379,393	399,173	-19,780	-0,659
14	Haziran 2015	422,148	399,173	22,975	0,741
15	Mayıs 2015	369,189	399,173	-29,984	-0,999

16	Nisan 2015	409,850	399,173	10,677	0,344
17	Mart 2015	345,426	399,173	-53,747	-1,792
18	Şubat 2015	342,875	399,173	-56,298	-2,011
19	Ocak 2015	312,000	399,173	-87,173	-2,812
20	Aralık 2014	507,000	399,173	107,827	3,478
21	Kasım 2014	350,000	399,173	-49,173	-1,639
22	Ekim 2014	387,000	399,173	-12,173	-0,393
23	Eylül 2014	325,000	399,173	-74,173	-2,472
24	Ağustos 2014	400,000	399,173	0,827	0,027
25	Temmuz 2014	264,000	399,173	-135,173	-4,506
27	Haziran 2014	349,000	399,173	-50,173	-1,618
28	Mayıs 2014	318,000	399,173	-81,173	-2,706

5 Numaralı Ev Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

5 Numaralı Ev Monokristal Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Monokristal PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0,84	26,0	2,09	64,9
2	Şubat	1,23	34,6	3,10	86,8
3	Mart	1,77	54,8	4,58	142
4	Nisan	2,00	60,0	5,30	159
5	Mayıs	2,34	72,6	6,40	199
6	Haziran	2,54	76,1	7,04	211
7	Temmuz	2,62	81,2	7,40	229
8	Ağustos	2,51	77,8	7,08	219
9	Eylül	2,19	65,6	6,00	180
10	Ekim	1,65	51,0	4,37	135
11	Kasım	1,25	37,6	3,19	95,8
12	Aralık	0,84	26,2	2,12	65,6
Yıllık Ortalama		1,82	55,3	4,90	149
Toplam Yıllık		664		1790	

5 Numaralı Ev Polikristal Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Çizelge 7.2.5.3.3.2.1. Polikristal PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0,82	25,5	2,09	64,9
2	Şubat	1,21	33,9	3,10	86,8
3	Mart	1,73	53,7	4,58	142
4	Nisan	1,96	58,8	5,30	159
5	Mayıs	2,29	71,1	6,40	199
6	Haziran	2,48	74,5	7,04	211
7	Temmuz	2,57	79,5	7,40	229
8	Ağustos	2,46	76,2	7,08	219
9	Eylül	2,14	64,2	6,00	180
10	Ekim	1,61	50,0	4,37	135
11	Kasım	1,23	36,8	3,19	95,8
12	Aralık	0,83	25,6	2,12	65,6
Yıllık Ortalama		1,78	54,1	4,90	149
Toplam Yıllık		650		1790	

5 Numaralı Ev CdTe İnce Film Modüllerden Oluşan Güneş Paneli Simülasyon Sonuçları

Çizelge 7.2.5.3.3.3.1. CdTe İnce Film PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °					
NO	SÜRE	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
1	Ocak	0,89	27,7	2,09	64,9
2	Şubat	1,32	36,8	3,10	86,8
3	Mart	1,91	59,1	4,58	142

4	Nisan	2,18	65,5	5,30	159
5	Mayıs	2,58	80,1	6,40	199
6	Haziran	2,83	85,0	7,04	211
7	Temmuz	2,95	91,4	7,40	229
8	Ağustos	2,82	87,5	7,08	219
9	Eylül	2,44	73,1	6,00	180
10	Ekim	1,82	56,3	4,37	135
11	Kasım	1,36	40,8	3,19	95,8
12	Aralık	0,90	28,0	2,12	65,6
Yıllık Ortalama		2,00	60,9	4,90	149
Toplam Yıllık		731		1790	

5 Numaralı Ev Güneş Paneli Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Monokristal PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Monokristal PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam Fatura (TL)	Güneş Panelsiz Toplam Fatura (TL)	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	1396,020	208,700	1187,320	444,710	522,878	78,168
2	Ocak - Mart	1683,510	115,400	1568,110	587,409	630,638	43,228
3	Ekim - Aralık	1480,200	114,800	1365,400	510,049	552,933	42,883
4	Temmuz - Eylül	1350,990	224,600	1126,390	422,572	506,832	84,260
Monokristal PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				663,500		248,541	

Polikristal PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

Polikristal PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam Fatura (TL)	Güneş Panelsiz Toplam Fatura (TL)	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	1396,020	204,400	1191,620	446,320	522,878	76,557
2	Ocak - Mart	1683,510	113,100	1570,410	588,271	630,638	42,366
3	Ekim - Aralık	1480,200	112,400	1367,800	510,946	552,933	41,987
4	Temmuz - Eylül	1350,990	219,900	1131,090	424,335	506,832	82,496
Polikristal PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				649,800		243,409	

CdTe İnce Film PV Sistemi 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırılması

CdTe İnce Film PV Sisteminin 1 Senelik Kazançlarının Karşılaştırması

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh), En iyi Eğim = 32 °							
NO	Dönem	Toplam tüketim (kWh)	Mono PV Üretim (kWh)	Tüketim – Üretim (kWh)	Güneş Panelli Sistem Toplam Fatura (TL)	Güneş Panelsiz Toplam Fatura (TL)	Dönemsel Kazanç Miktarı
1	Nisan - Haziran	1396,020	230,600	1165,420	436,507	522,878	86,371
2	Ocak - Mart	1683,510	123,600	1559,910	584,338	630,638	46,300
3	Ekim - Aralık	1480,200	118,700	1361,500	506,202	552,933	46,731
4	Temmuz - Eylül	1350,990	252,000	1098,990	412,292	506,832	94,539
CdTe İnce Film PV sisteminin kurulması halinde toplam kazanç				kWh Kazanç		Fatura Kazanç	
				731,300		273,942	

3 PV Sisteminin Karşılaştırılması

Çizelge 7.2.5.3.5.1. 3 Güneş Paneli Sisteminin Karşılaştırılması

3 SİSTEMİN KARŞILAŞTIRILMASI					
Sistem NO	Sistemde Kullanılan Modül Teknoloji ve Marka	kWh Kazanç	Fatura Kazanç (TL)	Modül Sayısı ve Birim Maliyet	PV Modül Maliyeti
1	Monokristal Canadian Solar CS6P-240	663,500	248,541	2 adet, 392.64 \$	659.24 \$
2	Polikristal Yingli YL 235 P-29b	649,800	243,409	2 adet, 240 \$	480 \$
3	CdTe İnce Film First Solar FS-280	731,300	273,942	6 adet, 150 \$	900 \$

MALİYET ANALİZİ (TEK ZAMANLI VE ÇOK ZAMANLI KARŞILAŞTIRMASI)

1 Numaralı Ev İçin Mali Analiz

Çalışma Yapıldığı Sırada 3 Zamanlıya Geçiş Olsaydı Analizi

1 Numaralı Evin Elektrik Tüketim Miktarları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Temmuz 2016	563,152	171,334	90,575	108,357
2	Haziran 2016	460,548	221,709	117,117	121,722
3	Mayıs 2016	410,325	183,562	99,026	104,358
4	Nisan 2016	540,993	208,269	120,705	134,405
5	Mart 2016	452,467	207,985	120,087	124,395
6	Şubat 2016	465,583	209,029	124,816	131,738
7	Ocak 2016	530,190	238,266	151,111	140,813
8	Aralık 2015	469,173	204,808	138,134	126,231
9	Kasım 2015	422,603	201,583	113,819	107,201

10	Ekim 2015	474,459	226,440	118,850	129,169
11	Eylül 2015	453,219	217,116	107,416	128,687
12	Ağustos 2015	465,492	217,036	104,815	143,641
13	Temmuz 2015	370,266	171,334	90,575	108,357
14	Haziran 2015	471,588	216,406	122,229	132,953
15	Mayıs 2015	386,946	183,562	99,026	104,358
16	Nisan 2015	463,379	208,269	120,705	134,405
17	Mart 2015	342,668	145,628	80,543	116,497
18	Şubat 2015	337,277	152,279	93,473	91,525
19	Ocak 2015	324,893	148,567	94,514	81,812
20	Aralık 2014	570,368	270,954	143,158	156,256
21	Kasım 2014	546,256	268,705	139,213	138,338
22	Ekim 2014	535,033	252,689	138,538	143,806
23	Eylül 2014	401,301	177,631	95,872	127,798
24	Ağustos 2014	515,120	238,842	128,587	147,691
25	Temmuz 2014	435,124	204,808	113,819	116,497
26	Haziran 2014	398,279	201,506	82,943	113,830
27	Mayıs 2014	528,012	248,031	137,010	142,971

Elektrik Tüketim Tarife Tutarları

TARİFE ÜCRETLERİ (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Temmuz 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
2	Haziran 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
3	Mayıs 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
4	Nisan 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
5	Mart 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
6	Şubat 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
7	Ocak 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337

8	Aralık 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
9	Kasım 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
10	Ekim 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
11	Eylül 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
12	Ağustos 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
13	Temmuz 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
14	Haziran 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
15	Mayıs 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
16	Nisan 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
17	Mart 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
18	Şubat 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
19	Ocak 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
20	Aralık 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
21	Kasım 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
22	Ekim 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
23	Eylül 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
24	Ağustos 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
25	Temmuz 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
26	Haziran 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
27	Mayıs 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188

İlgili Dönemlere Ait Toplam Fatura Tutarları

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Temmuz 2016	211,269	63,993	52,149	24,639
2	Haziran 2016	172,777	82,808	67,431	27,677
3	Mayıs 2016	153,936	68,560	57,015	23,729
4	Nisan 2016	202,956	77,788	69,496	30,561
5	Mart 2016	169,746	77,683	68,591	28,726
6	Şubat 2016	174,666	78,073	71,292	30,421

7	Ocak 2016	198,904	88,993	86,311	32,517
8	Aralık 2015	173,990	71,696	75,013	26,601
9	Kasım 2015	156,719	70,567	61,809	22,590
10	Ekim 2015	175,950	79,268	64,541	27,220
11	Eylül 2015	168,073	76,004	58,331	27,118
12	Ağustos 2015	172,625	75,976	56,919	30,269
13	Temmuz 2015	137,311	59,978	49,186	22,834
14	Haziran 2015	174,885	75,756	66,376	28,017
15	Mayıs 2015	143,496	64,258	53,775	21,991
16	Nisan 2015	171,841	72,907	65,548	28,323
17	Mart 2015	127,076	50,979	43,738	24,549
18	Şubat 2015	125,077	53,307	50,760	19,287
19	Ocak 2015	120,484	52,008	51,325	17,240
20	Aralık 2014	211,516	94,851	77,741	32,928
21	Kasım 2014	202,575	94,063	75,598	29,152
22	Ekim 2014	198,413	88,457	75,232	30,304
23	Eylül 2014	136,537	56,921	48,342	23,993
24	Ağustos 2014	175,263	76,536	64,839	27,728
25	Temmuz 2014	148,045	65,630	57,392	21,872
26	Haziran 2014	135,509	64,572	41,823	21,371
27	Mayıs 2014	179,649	79,481	69,086	26,842

Tek Zamanlı Ve Çok Zamanlı Tarife Ücretleri Karşılaştırması

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)	
Tanım	Tutar (TL)
Tek Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	4519,288
(Çok Zamanlı Tarife) Gündüz tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	1961,113
(Çok Zamanlı Tarife) Puant tarifedeki toplam ücret (TL)	1697,657
(Çok Zamanlı Tarife) Gece tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	708,500
Üç Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	4349,269
Kâr miktarı	170,019

3 Zamanlıya Geçiş Olsaydı Gelecek Dönemdeki Analiz

Öngörülen Ortalama Aylık Elektrik Tüketim Miktarları

AYLIK ORTALAMA TAHMİN EDİLEN TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	446,780	169,649	115,500	122,220
2	Ocak – Mart 2017	490,390	226,139	135,400	125,170
3	Ekim – Aralık 2016	487,200	220,512	121,100	136,860
4	Temmuz – Eylül 2016	444,810	194,166	113,000	119,890

Öngörülen Elektrik Tarife Ücretleri

TAHMİN EDİLEN ELEKTRİK TARİFE ÜCRETLERİ (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	0,313588	0,315739	0,486509	0,191492
2	Ocak – Mart 2017	0,313628	0,315768	0,485713	0,191764
3	Ekim – Aralık 2016	0,312754	0,311551	0,480313	0,190208
4	Temmuz – Eylül 2016	0,314096	0,312709	0,482045	0,190374

Öngörülen Gelecekteki Elektrik Tüketim Miktarlarına Karşılık Gelen Faturalar

TAHMİN EDİLEN FATURA ÜCRETLERİ (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	502,024	191,933	604,039	83,862
2	Ocak – Mart 2017	734,795	255,867	235,651	86,008
3	Ekim – Aralık 2016	545,986	246,169	208,420	93,277
4	Temmuz – Eylül 2016	500,620	217,563	195,181	81,783

Öngörülen Gelecekteki Tek Zamanlı Ve Çok Zamanlı Tarife Ücretleri Karşılaştırması

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)	
Tanım	Tutar (TL)
Tek Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	2283,424
(Çok Zamanlı Tarife) Gündüz tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	911,532
(Çok Zamanlı Tarife) Puant tarifedeki toplam ücret (TL)	1243,291
(Çok Zamanlı Tarife) Gece tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	344,930
Üç Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	2499,753
Kâr miktarı	-216,329

3 zamanlı elektrik tarifelerine geçildiği takdirde 216,329 TL zarar edilecektir, çalışma uygulandığı dönemde 3 dönemli elektrik tarifeye geçilseydi ise 170,019 TL kâr edilecekti, fakat zarar miktarı kar miktarından fazla olduğu için 1 numaralı ev için 3 zamanlı elektrik tarifelerine geçmek mantıklı olmamaktadır.

2 Numaralı Ev İçin Mali Analiz

3 Zamanlıya Geçiş Olsaydı Geçmiş Mali Analiz

Tek zamanlı tarifeden çok zamanlıya geçiş olsaydı geçmiş zamandaki maliyet tasarruf analizi yapılmıştır.

2 Numaralı Ev Elektrik Tüketim Miktarları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Haziran 2016	369,249	237,033	64,455	67,761
2	Mayıs 2016	321,088	210,092	58,245	52,751
3	Nisan 2016	517,589	328,363	95,320	93,906
4	Mart 2016	424,469	277,981	79,632	66,856

5	Şubat 2016	648,073	471,471	126,607	49,995
6	Ocak 2016	971,488	661,852	193,714	115,922
7	Aralık 2015	799,336	577,745	146,941	74,650
8	Kasım 2015	432,747	284,402	79,478	68,867
9	Ekim 2015	349,815	201,568	70,812	77,435
10	Eylül 2015	363,746	219,644	72,456	71,646
11	Ağustos 2015	482,280	297,721	100,811	83,748
12	Temmuz 2015	341,931	208,050	64,577	69,304
13	Haziran 2015	376,957	226,604	76,957	73,396
14	Mayıs 2015	325,712	199,663	62,222	63,827
15	Nisan 2015	196,244	120,242	38,328	37,674
16	Mart 2015	390,695	245,235	87,653	58,770
17	Şubat 2015	305,638	192,033	68,935	44,670
18	Ocak 2015	547,735	340,642	131,895	75,198
19	Aralık 2014	309,754	195,585	77,377	36,792
20	Kasım 2014	278,324	171,163	64,588	43,573
21	Ekim 2014	335,332	188,500	77,690	69,142
22	Eylül 2014	263,560	133,410	57,455	72,695
23	Ağustos 2014	218,419	113,592	46,432	58,395
24	Temmuz 2014	243,906	141,108	46,235	56,563
25	Haziran 2014	307,807	180,497	63,180	64,130
26	Mayıs 2014	328,948	196,595	59,643	72,710

Elektrik Tüketim Tarife Tutarları

TARİFE ÜCRETLERİ (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Haziran 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
2	Mayıs 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
3	Nisan 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
4	Mart 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337

5	Şubat 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
6	Ocak 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
7	Aralık 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
8	Kasım 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
9	Ekim 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
10	Eylül 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
11	Ağustos 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
12	Temmuz 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
13	Haziran 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
14	Mayıs 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
15	Nisan 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
16	Mart 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
17	Şubat 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
18	Ocak 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
19	Aralık 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
20	Kasım 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
21	Ekim 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
22	Eylül 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
23	Ağustos 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
24	Temmuz 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
25	Haziran 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
26	Mayıs 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188

İlgili Dönemlere Ait Toplam Fatura Tutarları

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Haziran 2016	138,526	88,532	37,110	15,408
2	Mayıs 2016	120,458	78,469	33,535	11,995
3	Nisan 2016	194,176	122,643	54,881	21,353
4	Mart 2016	159,242	103,826	45,484	15,439

5	Şubat 2016	243,129	176,095	72,315	11,545
6	Ocak 2016	364,460	247,202	110,645	26,769
7	Aralık 2015	296,428	202,247	79,795	15,731
8	Kasım 2015	160,481	99,559	43,160	14,512
9	Ekim 2015	129,727	70,562	38,454	16,318
10	Eylül 2015	134,893	76,889	39,347	15,098
11	Ağustos 2015	178,850	104,221	54,745	17,648
12	Temmuz 2015	126,803	72,831	35,068	14,604
13	Haziran 2015	139,792	79,326	41,791	15,467
14	Mayıs 2015	120,788	69,895	33,789	13,450
15	Nisan 2015	72,776	42,092	20,814	7,939
16	Mart 2015	144,886	85,847	47,599	12,384
17	Şubat 2015	113,343	67,223	37,435	9,413
18	Ocak 2015	203,123	119,246	71,624	15,846
19	Aralık 2014	114,870	68,467	42,019	7,753
20	Kasım 2014	103,214	59,918	35,074	9,182
21	Ekim 2014	124,355	65,987	42,189	14,570
22	Eylül 2014	89,673	42,751	28,971	13,648
23	Ağustos 2014	74,314	36,400	23,413	10,963
24	Temmuz 2014	82,986	45,218	23,314	10,619
25	Haziran 2014	104,727	57,840	31,858	12,040
26	Mayıs 2014	111,920	62,998	30,074	13,651

Tek Zamanlı Ve Çok Zamanlı Tarife Toplam Ücretleri Karşılaştırması

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)	
Tanım	Tutar (TL)
Tek Zamanlı tarifeadaki toplam ücret (TL)	3847,941
(Çok Zamanlı Tarife) Gündüz tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	2346,283
(Çok Zamanlı Tarife) Puant tarifeadaki toplam ücret (TL)	1154,501

(Çok Zamanlı Tarife) Gece tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	364,346
Üç Zamanlı tarifeadaki toplam ücret (TL)	3864,130
Üç Zamanlı Tarifeye Geçilseydi Olan Zarar miktarı	-16,190

3 Zamanlıya Geçiş Olsaydı Gelecek Dönemdeki Mali Analiz

Öngörülen Ortalama Aylık Elektrik Tüketim Miktarları

AYLIK ORTALAMA TAHMİN EDİLEN TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	708,4515	500,3356	126,9756	86,0900
2	Ocak – Mart 2017	905,9861	643,6959	178,0776	96,6200
3	Ekim – Aralık 2016	596,0126	373,0478	111,8382	99,6000
4	Temmuz – Eylül 2016	572,815	370,7029	98,5685	94,0800

Öngörülen Elektrik Tarife Ücretleri

TAHMİN EDİLEN ELEKTRİK TARİFE ÜCRETLERİ (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	0,313588	0,315739	0,486509	0,191492
2	Ocak – Mart 2017	0,313628	0,315768	0,485713	0,191764
3	Ekim – Aralık 2016	0,312754	0,311551	0,480313	0,190208
4	Temmuz – Eylül 2016	0,314096	0,312709	0,482045	0,190374

Öngörülen Gelecekteki Elektrik Tüketim Miktarlarına Karşılık Gelen Faturalar

TAHMİN EDİLEN FATURA ÜCRETLERİ (TL)					
N O	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	796,050	566,058	221,351	59,071
2	Ocak – Mart 2017	1018,140	728,316	309,928	66,390
3	Ekim – Aralık 2016	667,928	416,452	192,480	67,883
4	Temmuz – Eylül 2016	644,873	415,372	170,254	64,176

Öngörülen Gelecekteki Tek Zamanlı Ve Çok Zamanlı Ücretlerinin Karşılaştırılması

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)	
Tanım	Tutar (TL)
Tek Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	3126,991
(Çok Zamanlı Tarife) Gündüz tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	2126,198
(Çok Zamanlı Tarife) Puant tarifedeki toplam ücret (TL)	894,013
(Çok Zamanlı Tarife) Gece tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	257,521
Üç Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	3277,731
Üç Zamanlı Tarifeye Geçilirse Zarar miktarı	-150,740

3 zamanlı elektrik tarifelerine geçildiği takdirde 150,740 TL zarar edilecektir, çalışma uygulandığı dönemde 3 dönemli elektrik tarifeye geçilseydi ise 16,190 TL zarar edilecekti, hiçbir stratejide kâr olmadığı nedeniyle 2 numaralı ev için 3 zamanlı elektrik tarifelerine geçmek mantıklı olmamaktadır.

3 Numaralı Ev İçin Mali Analiz

3 Zamanlıya Geçiş Olsaydı Geçmiş Mali Analiz

3 Numaralı Evin Elektrik Tüketim Miktarları

ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI (kWh)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Haziran 2016	236,027	98,741	59,697	77,589
2	Mayıs 2016	216,998	92,356	56,396	68,246
3	Nisan 2016	253,332	112,865	68,295	72,172
4	Mart 2016	232,174	104,482	69,246	58,446
5	Şubat 2016	298,942	125,619	95,660	77,663
6	Ocak 2016	333,891	153,876	90,787	89,228
7	Aralık 2015	269,134	123,875	83,103	62,156
8	Kasım 2015	206,470	97,529	60,752	48,189
9	Ekim 2015	239,679	105,083	69,424	65,172
10	Eylül 2015	224,395	99,244	59,770	65,381
11	Ağustos 2015	264,661	112,658	70,430	81,573
12	Temmuz 2015	189,529	82,772	51,807	54,950
13	Haziran 2015	216,192	98,341	60,049	57,802
14	Mayıs 2015	250,302	114,329	70,758	65,215
15	Nisan 2015	327,271	145,286	95,258	86,727
16	Mart 2015	240,731	108,049	71,149	74,094
17	Şubat 2015	311,976	150,707	92,063	105,666
18	Ocak 2015	411,182	156,966	87,239	105,448
19	Aralık 2014	266,598	111,380	69,028	86,190
20	Kasım 2014	259,935	115,208	81,402	63,325
21	Ekim 2014	270,427	118,013	79,064	73,350
22	Eylül 2014	220,901	98,150	53,383	69,368
23	Ağustos 2014	272,405	117,933	77,365	77,107
24	Temmuz 2014	212,768	94,034	58,321	60,413
25	Haziran 2014	262,588	120,508	72,692	69,388
26	Mayıs 2014	273,508	120,488	70,703	82,317

Elektrik Tüketim Tarife Tutarları

TARİFE ÜCRETLERİ (TL)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Haziran 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
2	Mayıs 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
3	Nisan 2016	0,314095	0,312709	0,482045	0,190374
4	Mart 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
5	Şubat 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
6	Ocak 2016	0,314096	0,312710	0,478211	0,193337
7	Aralık 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
8	Kasım 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
9	Ekim 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
10	Eylül 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
11	Ağustos 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
12	Temmuz 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
13	Haziran 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
14	Mayıs 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
15	Nisan 2015	0,310485	0,293087	0,454657	0,176431
16	Mart 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
17	Şubat 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
18	Ocak 2015	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
19	Aralık 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
20	Kasım 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
21	Ekim 2014	0,310484	0,293086	0,454656	0,176430
22	Eylül 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
23	Ağustos 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
24	Temmuz 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
25	Haziran 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188
26	Mayıs 2014	0,284860	0,268291	0,422170	0,157188

İlgili Dönemlere Ait Toplam Fatura Tutarları

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Haziran 2016	88,547	36,880	34,371	17,642
3	Nisan 2016	95,039	42,155	39,321	16,411
4	Mart 2016	87,102	39,024	39,552	13,496
5	Şubat 2016	112,150	46,919	54,639	17,934
6	Ocak 2016	125,261	57,473	51,855	20,605
7	Aralık 2015	99,807	43,364	45,128	13,098
8	Kasım 2015	76,568	34,141	32,991	10,155
9	Ekim 2015	88,883	36,786	37,700	13,734
10	Eylül 2015	83,215	34,742	32,458	13,778
11	Ağustos 2015	98,148	39,437	38,246	17,190
12	Temmuz 2015	70,286	28,975	28,133	11,580
13	Haziran 2015	80,173	34,426	32,609	12,181
14	Mayıs 2015	92,823	40,022	38,425	13,743
15	Nisan 2015	121,366	50,859	51,729	18,276
16	Mart 2015	89,273	37,824	38,637	15,614
17	Şubat 2015	115,694	52,757	49,994	22,267
18	Ocak 2015	152,484	54,948	47,374	22,221
19	Aralık 2014	98,866	38,990	37,485	18,163
20	Kasım 2014	96,395	40,330	44,205	13,344
21	Ekim 2014	100,286	41,312	42,935	15,457
22	Eylül 2014	75,159	31,452	26,918	13,024
23	Ağustos 2014	92,682	37,791	39,011	14,476
24	Temmuz 2014	72,392	30,133	29,408	11,342
25	Haziran 2014	89,342	38,616	36,654	13,027
26	Mayıs 2014	93,057	38,610	35,651	15,455

Tek Zamanlı Ve Çok Zamanlı Tarife Ücretleri Karşılaştırılması

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)	
Detay	Tutar (TL)
Tek Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	2476,404
(Çok Zamanlı Tarife) Gündüz tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	1042,461
(Çok Zamanlı Tarife) Puant tarifedeki toplam ücret (TL)	1017,899
(Çok Zamanlı Tarife) Gece tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	399,728
Üç Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	2460,088
Üç Zamanlı Tarifeye Geçilseydi Olan Kâr miktarı	16,316

3 Zamanlıya Geçiş Olsaydı Gelecek Dönemdeki Mali Analiz

Öngörülen Ortalama Aylık Elektrik Tüketim Miktarları

AYLIK ORTALAMA TAHMİN EDİLEN TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARLARI					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	233,4800	110,0780	76,2680	60,0900
2	Ocak – Mart 2017	247,3000	111,2890	72,1790	56,4900
3	Ekim – Aralık 2016	204,8400	93,3300	61,7000	52,7300
4	Temmuz – Eylül 2016	190,2400	89,8910	57,5110	45,7500

Öngörülen Elektrik Tarife Ücretleri

TAHMİN EDİLEN ELEKTRİK TARİFE ÜCRETLERİ (TL)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	0,313588	0,315739	0,486509	0,191492
2	Ocak – Mart 2017	0,313628	0,315768	0,485713	0,191764
3	Ekim – Aralık 2016	0,312754	0,311551	0,480313	0,190208
4	Temmuz – Eylül 2016	0,314096	0,312709	0,482045	0,190374

Öngörülen Gelecekteki Elektrik Tüketim Miktarlarına Karşılık Gelen Fatura Ücretleri

TAHMİN EDİLEN FATURA ÜCRETLERİ (TL)					
NO	AY	TEK ZAMANLI	GÜNDÜZ	PUANT	GECE
1	Nisan – Haziran 2017	262,349	124,537	132,955	41,231
2	Ocak – Mart 2017	277,914	125,919	125,621	38,816
3	Ekim – Aralık 2016	229,556	104,189	106,189	35,938
4	Temmuz – Eylül 2016	214,109	100,723	99,337	31,208

Öngörülen Gelecekteki Tek Zamanlı Ve Çok Zamanlı Ücretleri Karşılaştırılması

TOPLAM FATURA TUTARLARI (TL)	
Tanım	Tutar (TL)
Tek Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	983,928
(Çok Zamanlı Tarife) Gündüz tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	455,368
(Çok Zamanlı Tarife) Puant tarifedeki toplam ücret (TL)	464,102
(Çok Zamanlı Tarife) Gece tarife zamanındaki toplam ücret (TL)	147,193
Üç Zamanlı tarifedeki toplam ücret (TL)	1066,663
Üç Zamanlı Tarifeye Geçilirse Zarar miktarı	-82,735

3 zamanlı elektrik tarifelerine geçildiği takdirde 82,735 TL zarar edilecektir, çalışma uygulandığı dönemde 3 dönemli elektrik tarifeye geçilseydi ise 16,316 TL kâr edilecekti, zarar miktarı kâr miktarından daha fazla olduğu için 3 numaralı ev için 3 zamanlı elektrik tarifelerine geçmek mantıklı olmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Akimoto, Keigo, et al. "Global emission reductions through a sectoral intensity target scheme." *Climate Policy* 8.sup1 (2008): S46-S59.
- [2] Balaras, Constantinos A., et al. "European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings." *Building and environment* 42.3 (2007): 1298-1314.
- [3] Weisser, D., 2004. "On the economics of electricity consumption in small island developing states a role for renewable energy Technologies", *Energy Policy*, 32, 127-140.
- [4] Ohnishi, M., Takeoka, A., Nakano S., 1995. "Advanced photovoltaic technologies and residential applications", *Renewable Energy*, 6, 275-282.
- [5] Sanquist, T.F., Orr, H., Shui, B., Bittner, A.C., 2012. "Lifestyle factors in US residential electricity consumption", *Energy Policy*, 42, 354-364.
- [6] Parker, D.S., D. Hoak, and J. Cummings. 2008. "Pilot Evaluation of Energy Savings from Residential Energy Demand Feedback Devices." Final Report by the Florida Solar Energy Center to the U.S. Department of Energy. FSEC-CR-1742-08. <http://tinyurl.com/5rc26g> (or www.fsec.ucf.edu/en/publications/pdf/FSEC-CR-174208.pdf)
- [7] Wada, K., Akimoto, K., Sano, F., Oda, J., Homma, T., 2012. "Energy efficiency opportunities in the residential sector and their feasibility", *Energy*, 48, 5-10.
- [8] Balaras, A., Gaglia, A., Georgopoulou, E., 2007, "European residential buildings and empirical assesment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings", *Building and Environment*, 42, 1298-1314.
- [9] Taylor, Peter. "Energy Technology Perspectives 2010." *Scenarios & strategies to 2050* (2010).
- [10] Marchal, Virgine, et al. "OECD environmental outlook to 2050." *Organization for Economic Co-operation and Development* (2011).
- [11] Anandarajah, Gabriel, Paul Ekins, and Neil Strachan. "Pathways to a low carbon economy." *Energy 2050* (2011): 105-144.
- [12] Europeia, Comissão. "Low energy buildings in Europe: current state of play, definitions and best practice." (2009). http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/buildings/info_note.pdf
Son erişim tarihi: 18 Temmuz 2015.
- [13] Klein Goldewijk, K., et al. *Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2002. National Inventory Report 2004. No. RIVM--773201008. National Institute of Public Health and Environmental Protection RIVM, 2004.*

[14] Odası, Makina Mühendisleri. "Türkiye'nin Enerji Görünümü." Yayın No: MMO/588, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara (2012).

[15] Olivier, Jos GI, Jeroen AHW Peters, and Greet Janssens-Maenhout. "Trends in global CO2 emissions 2012 report." (2012).

[16] Ediger, Volkan Ş. "Küresel iklim değişikliğinin uluslararası ilişkiler boyutu ve Türkiye'nin politikaları." Mülkiye Dergisi 32.259 (2008): 133-158.

[17] Konsey, Dünya Enerji, and Türk Milli Komitesi. "Enerji Raporu." (1987).

<http://www.dektmk.org.tr/incele.php?id=MTAw>

Son erişim tarihi : 20 Temmuz 2015.

[18] Çalışkan, Şadan. "Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu." Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 25.25 (2015).

[19] Altıntaş, Halil. "Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünlük ve Nedensellik Analizi." Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 8.1 (2013).

[20] Kosedaglı, Begum Yurteri, and Osman Aydoğuş. "Türkiye Elektrik Piyasası Reformunun Elektrik Fiyatlarına Etkisi: Ampirik Bir Analiz." TISK Academy/TISK Akademi 9.18 (2014).

[21] Yılmaz, Mehmet. "Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi." Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi 4.2 (2012): 33-54.

[22] Bunn D.W. and Karakatsani N., 2008; "Forecasting Electricity Prices: The impact of fundamentals and time-varying coefficients." International Journal of Forecasting; Vol: 24; No: 4; pp: 764-785.

[23] Oulata, T.; 2003; "Energy sector and wind energy potential in Turkey." Renewable and Sustainable Energy Reviews; Vol: 7; No: 6; pp: 469-484. DOI=10.1016/S1364-0321(03)00090-X.

[24] Kucukdeniz, T.; 2010; "Long term electricity demand forecasting: an alternative approach with support vector machines." Istanbul University of Engineering Sciences; Vol: 1; pp: 45-53.

[25] Ozmen, A., Yildirim M.H., Bayrak, O.T. and Weber, G.W., 2012; "Electricity price modeling for Turkey." Operations Research Proceedings 2011, pp: 39-44.

[26] A. Jain, A. Tuli and M. Kakkar.; 2013; "A review for electricity price forecasting techniques in electricity markets." Journal of Engineering Research and technology; Vol: 2, No: 4.

[27] Bruce L. Bowerman, Richard T. O'Connell, & Anne B. Koehler; 2005; "Forecasting, time series, and regression: an applied approach." 4th ed. The United States of America: Thomson Brooks.

- [28] Bunn, D.W.; 2000; "Forecasting loads and prices in competitive power markets." Proceedings of the IEEE, Vol: 88, pp: 163-169.
- [29] Taylor, G., Irving, M. and Hu, L.L.; 2008, "A Fuzzy logic based bidding strategy for participants in the UK electricity market." Padova, 1-5.
- [30] Zareipour, H., Janjani, A., Leung, H., Motamedi, A., Schellenberg, A.; 2011; "Classification of future electricity market prices." IEEE Trans. Power Syst, Vol: 26, pp: 165-173.
- [31] Niu, Jian, et al. "Model predictive control with an on-line identification model of a supply chain unit." Journal of Zhejiang University SCIENCE C 11.5 (2010): 394-400.
- [32] Makridakis, S., S.C. Wheelwright and R.J. Hyndman; 1998; "Forecasting methods and applications." 3rd. ed. Wiley, Inc., New York.
- [33] Chujai, P., Kerdprasop, N., Kerdprasop, K; 2013; "Time series analysis of household electric consumption with ARIMA and ARMA models." International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists; Vol: 1.
- [34] Oulata, T.; 2003; "Energy sector and wind energy potential in Turkey." Renewable and Sustainable Energy Reviews; Vol: 7; No: 6; pp: 469-484. DOI=10.1016/S1364-0321(03)00090-X.
- [35] Kucukdeniz, T.; 2010; "Long term electricity demand forecasting: an alternative approach with support vector machines." Istanbul University of Engineering Sciences; Vol: 1; pp: 45-53.
- [36] Bianco, Vincenzo, Oronzio Manca, and Sergio Nardini. "Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models." Energy 34.9 (2009): 1413-1421.
- [37] Hu, Linlin, Gareth Taylor, and Malcolm Irving. "A fuzzy-logic based bidding strategy for participants in the UK electricity market." Universities Power Engineering Conference, 2008. UPEC 2008. 43rd International. IEEE, 2008.
- [38] W. Charytoniuk, and M.S. Chen, "Very Short-Term Load Forecasting Using Artificial Neural Networks", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 15, no. 1, pp. 263-268, 2000.
- [39] Patell, D.P, Tiwari. A., Dubey, V.; 2013; "An Analysis of Short Term Load Forecasting by Using Time Series Analysis." International Journal of Research in Computer and Communication Technology, Vol: 2; No: 2; pp: 48-53.
- [40] Zareipour, H., Janjani, A., Leung, H., Motamedi, A., Schellenberg, A.; 2011; Classification of future electricity market prices; IEEE Trans. Power Syst, Vol: 26, pp: 165-173.
- [41] Niu, Jian, et al. "Model predictive control with an on-line identification model of a supply chain unit." Journal of Zhejiang University SCIENCE C 11.5 (2010): 394-400.

- [42] Wheelwright, Steven, Spyros Makridakis, and Rob J. Hyndman. *Forecasting: methods and applications*. John Wiley & Sons, 1998.
- [43] Kotillovâ, A.; 2011; "Very Short-Term Load Forecasting Using Exponential Smoothing and ARIMA Models." *Journal of Information, Control and Management Systems*, Vol: 9, No: 2; pp: 85-92.
- [44] Taylor, James W. "Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing." *Journal of the Operational Research Society* 54.8 (2003): 799-805.
- [45] Samer Saab, Elie Badr and George Nasr, "Univariate modeling and forecasting of energy consumption: the case of electricity in Lebanon," *Energy*, vol.26, 2001, pp. 1-14.
- [46] Qing Zhu, Yujing Guo, Genfu Feng, "Household energy consumption in China forecasting with BVAR model up to 2015," 2012 Fifth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, 2012.
- [47] Volkan Ş. Ediger, Sertaç Akar, "ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey," *Energy Policy*, vol.35, 2007, pp. 1701-1708.
- [48] Srinivasan, Dipti, and M. A. Lee. "Survey of hybrid fuzzy neural approaches to electric load forecasting." *Systems, Man and Cybernetics*, 1995. *Intelligent Systems for the 21st Century.*, IEEE International Conference on. Vol. 5. IEEE, 1995.
- [49] Zhou P, Ang BW, Poh KL. A trigonometric grey prediction approach to forecasting electricity demand. *Energy* 2006;31(14):2839e47.
- [50] Neenan, B., J. Robinson, and R. N. Boisvert. "Residential electricity use feedback: A research synthesis and economic framework." *Electric Power Research Institute* (2009).
- [51] Barr, Stewart, Andrew W. Gilg, and Nicholas Ford. "The household energy gap: examining the divide between habitual-and purchase-related conservation behaviours." *Energy policy* 33.11 (2005): 1425-1444.
- [52] Seligman, Martin EP, et al. "Positive psychology progress: empirical validation of interventions." *American psychologist* 60.5 (2005): 410.
- [53] Van Raaij, W. Fred, and Theo MM Verhallen. "A behavioral model of residential energy use." *Journal of economic psychology* 3.1 (1983): 39-63.
- [54] Darby, Sarah. "Social learning and public policy: Lessons from an energy-conscious village." *Energy Policy* 34.17 (2006): 2929-2940
- [55] Johnson, David W., and Roger T. Johnson. "Cooperation and the use of technology." *Handbook of research for educational communications and technology: A project of the Association for Educational Communications and Technology* (1996): 1017-1044.

- [56] Darby, Sarah. "The effectiveness of feedback on energy consumption." A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and direct Displays 486 (2006): 2006.
- [57] Neenan, B., J. Robinson, and R. N. Boisvert. "Residential electricity use feedback: A research synthesis and economic framework." Electric Power Research Institute (2009).
- [58] Jensen, Thomas D. "Comparison processes in energy conservation feedback effects." NA-Advances in Consumer Research Volume 13 (1986).
- [59] Ueno T, Sano F, Saeki O, Tsuji K. Effectiveness of an energy-consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data. Applied Energy [Available online].
- [60] Mountain, D. "The Impact of Real-Time Feedback on Residential Electricity Consumption: The Hydro One Pilot. Ontario: Mountain Economic Consulting and Associates." (2006).
- [61] Parker, Danny S., David Hoak, and Jamie Cummings. Pilot evaluation of energy savings from residential energy demand feedback devices. No. FSEC-CR-1742-08. EERE Publication and Product Library, 2008.
- [62] Green, Andrew. "Potential of in-home displays in the PG&E service territory." Pacific gas and electric company (2008).
- [63] Owens, Jonathan, and Harold Wilhite. "Household energy behavior in Nordic countries an unrealized energy saving potential." Energy 13.12 (1988): 853-859.
- [64] S.C. Hayes, J.D. Cone, Reducing residential electricity energy use: payments, information, and feedback, Journal of Applied Behaviour Analysis 10 (1977) 425-435
- [65] Palmer, Michael H., Margaret E. Lloyd, and Kenneth E. Lloyd. "An Experimental Analysis Of Electricity Conservation Procedures1." Journal of Applied Behavior Analysis 10.4 (1977): 665-671.
- [66] Seligman, Clive, and John M. Darley. "Feedback as a means of decreasing residential energy consumption." Journal of Applied Psychology 62.4 (1977): 363.
- [67] R. Osbaldiston, K.M. Sheldon, "Promoting internalised motivation for environmentally responsible behaviour: a prospective study of environmental goals." Journal of Environmental Psychology 23 (2003) 349-357.
- [68] Foxall, Gordon. Consumer psychology in behavioral perspective. Beard Books, 1990.
- [69] Becker, Lawrence J. "Joint effect of feedback and goal setting on performance: A field study of residential energy conservation." Journal of applied psychology 63.4 (1978): 428.
- [70] S. Harkins, M. Lowe, "The effects of self-set goals on task performance." Journal of Applied Psychology 30 (2000) 1-40.

- [71] L.T. McCalley, C.J.H. Midden, "Energy conservation through product- integrated feedback: the roles of goal-setting and social orientation." *Journal of Economic Psychology* 23 (2002) 589-603.
- [72] J.K. Dobson, J.D. Griffin, "Conservation effect of immediate electricity cost feedback on residential consumption behaviour." *Proceedings of the Seventh ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Washington, DC, 1992, pp. 10.33-10.35.
- [73] Wood, George, and Mack Newborough. "Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design." *Energy and buildings* 35.8 (2003): 821-841.
- [74] F. J. Roethlisberger and W. Dickson, *Management and the Worker*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1939.
- [75] B. Karlin, R. Ford and C. Squiers, "Energy feedback technology: a review and taxonomy of products and platforms." *Energy Efficiency* 7 (2014) 377-399.
- [76] Wada, Kenichi, et al. "Energy efficiency opportunities in the residential sector and their feasibility." *Energy* 48.1 (2012): 5-10.
- [77] Colgan, Jeff D. "The international energy agency." *Challenges for the 21st Century*. GPPi Energy Policy Paper 6 (2009).
- [78] Gyalistras, Dimitrios, et al. "Analysis of energy savings potentials for integrated room automation." *Clima-RHEVA World Congress*. No. EPFL-CONF-169732. 2010.
- [79] Popović-Gerber, Jelena, et al. "Power electronics enabling efficient energy usage: Energy savings potential and technological challenges." *IEEE Transactions on Power Electronics* 27.5 (2012): 2338-2353.
- [80] Greening, Lorna A., David L. Greene, and Carmen Difiglio. "Energy efficiency and consumption—the rebound effect—a survey." *Energy policy* 28.6 (2000): 389-401.
- [81] Ohnishi, Michitoshi, et al. "Advanced photovoltaic technologies and residential applications." *Renewable Energy* 6.3 (1995): 275-282.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Tahsin Olgu BENLİ
Doğum Yeri : ANKARA
Medeni Hali : Bekar
E-Posta : olgubenli@yahoo.com
Adresi : ÇANKAYA / ANKARA

Eğitim

Lisans : Başkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Temiz ve Tükenmez Enerjiler Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce, Advanced

İş Deneyimi

2012 - ... : DELTAOM Mühendislik – Ankara

Deneyim Alanları

Elektrik projelendirme, keşif ve metraj, fiyat teklif, şantiye mühendisliği, veri bankası yönetimi, web sitesi yapımı, yenilenebilir enerjiler iş geliştirme.