

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİ
SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRMASINDA
YÜK MODELİNİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali GÜVEN

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Mayıs 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİ
SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRMASINDA
YÜK MODELİNİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ali GÜVEN
(301091088)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı Doç.Dr. Önder GÜLER

Mayıs 2015

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301091088 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ali GÜVEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRMASINDA YÜK MODELİNİN ETKİSİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Önder GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Önder GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sermin ONAYGİL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Güven KÖMÜRGÖZ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **27 Nisan 2015**
Savunma Tarihi : **25 Mayıs 2015**

ÖNSÖZ

Öncelikle eğitim-öğretim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm öğretmenlerime, ve özellikle tez çalışmam sırasında, değerli zamanını ayırarak çalışmamı yönlendiren değerli hocam Doç.Dr. Önder GÜLER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında iyi dilek, temennilerini ile maddi manevi desteklerini her zaman hissettiren sevgili babama, bu süre boyunca sabır ve hoşgörü ile yardımcı olan sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Ali GÜVEN
Kontrol Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ BİLEŞENLERİ	3
2.1 Fotovoltaik Sistemler	3
2.2 Rüzgar Türbinleri	5
2.3 Depolama Sistemleri	8
2.4 Çeviriciler.....	10
2.5 Yük	11
3. YÜK MODELİNİN OLUŞTURULMASI	13
3.1 Şebeke Dağıtım Firması Verileri.....	13
3.2 Kurulu Güce Bağlı Yük Verisi	14
3.3 Ölçüm Değerleri	15
3.4 Kullanıcı Beyanı.....	16
4. ANLIK ÖLÇÜM İLE YÜKÜN İZLENMESİ.....	17
4.1 Ölçüm Sistemi Bileşenleri.....	17
4.2 Alternatif Ölçüm Sistemleri	19
4.3 Ölçümlerin Derlenmesi	22
4.3.1 Verilerin toplanması.....	22
4.3.2 Anlamlı veri oluşturma	23
5. YÜK MODELİ ANALİZİ	27
5.1 Pilot Ölçüm Sonuçları	27
5.1.1 Pilot ev bilgileri.....	27
5.1.2 Pik ve ortalama değer analizleri	32
5.1.3 Aylara bağlı analizler	33
5.1.4 Günlük bazda analizler.....	36
5.2 Yükseltgenmiş Yıllık Yük Modelleri	38
5.2.1 Tüm verilerle yıllık yük modeli	39
5.2.2 Ortalama değerle yıllık yük modeli	40
5.2.3 Aylık verilerle yıllık yük modelleri	42
5.2.4 Haftalık verilerle yıllık yük modeli.....	44
5.2.5 Günlük verilerle yıllık yük modeli.....	47
5.3 Beyanata Bağlı Yıllık Yük Modeli.....	52
5.4 Beyanata Bağlı Optimize Yıllık Yük Modeli.....	55
6. SİMÜLASYON.....	59

6.1 Kullanılan Program	59
6.2 Sistemin Modellenmesi	60
6.2.1 Simülasyonda kullanılan yük	60
6.2.2 Simülasyon bileşenleri	62
6.2.3 Simülasyon parametreleri.....	62
6.3 Simülasyon Sonuçları.....	63
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	101

KISALTMALAR

EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ILN	: Faz Nötr Arası Akımlar
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
SEDAŞ	: Sakarya Elektrik Dağıtım Anonim Őirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Őirketi
V_{LL}	: Faz Arası Gerilimler
V_{LN}	: Faz Nötr Arası Gerilimler
VG	: Veri Grubu
W_i	: i. Faz G�

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [2].....	2
Çizelge 2.1 : Fotovoltaik Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler [3].....	4
Çizelge 2.2 : Başlıca Akü Çeşitleri [12].	9
Çizelge 2.3 : DC-AC Çevirici Çeşitleri [13].	10
Çizelge 4.1 : Analize uygun veri şablonu.	23
Çizelge 4.2 : Ölçüm değerleri karşılaştırması.....	25
Çizelge 5.1 : Konutun kurulu elektrik gücü.....	28
Çizelge 5.2 : En yüksek günlük ortalama, anlık pik ve fark gücü değerleri.....	48
Çizelge 5.3 : Kronolojik günlük ortalama, anlık pik ve fark güç değerleri listesi.....	50
Çizelge 6.1 : Veri gruplarının açıklamaları.	61
Çizelge 6.2 : Veri Grupları pik ve ortalama güç değerleri.	61
Çizelge 6.3 : Tüm veri gruplarının simülasyon sonuçları.	64
Çizelge 6.4 : VGX_1 simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.....	69
Çizelge 6.5 : VGX_10 simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.....	70
Çizelge 6.6 : VGX_60 simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.....	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dünya 2000-2013 arası rüzgar santralleri kurulu güç değişim grafiği [8].	6
Şekil 2.2 : Türkiye'de Tesis Edilen Rüzgar Kurulu Gücü [10].	8
Şekil 4.1 : Ölçüm sistemi diagramı.	17
Şekil 4.2 : Ölçüm panosu.	18
Şekil 4.3 : Enerji Analizörü.	18
Şekil 4.4 : 3G Router ile alternatif haberleşme topolojisi.	20
Şekil 4.5 : 3G Modem ile alternatif haberleşme topolojisi.	21
Şekil 4.6 : Şebeke Analizörü İzleme Programı arayüz ekranı.	22
Şekil 4.7 : Ham verinin şablona aktarımı.	24
Şekil 4.8 : Eksik ve fazla veriler.	24
Şekil 5.1 : Pilot ev kroki, oda ve kişi bilgileri.	27
Şekil 5.2 : Buzdolabı günlük ortalama tüketim grafiği.	28
Şekil 5.3 : Çamaşır makinesi yıkama programları tüketim grafikleri.	29
Şekil 5.4 : Çamaşır makinesi yıkama programı ortalama tüketim grafiği.	29
Şekil 5.5 : Bulaşık makinesi yıkama programları tüketim grafikleri.	30
Şekil 5.6 : Bulaşık makinesi yıkama programı ortalama tüketim grafiği.	30
Şekil 5.7 : Televizyon günlük tüketim grafikleri.	31
Şekil 5.8 : Televizyon günlük ortalama tüketim grafiği.	31
Şekil 5.9 : Dakikalık tüm ölçüm değerleri.	32
Şekil 5.10 : 10 dakikalık ortalama tüm ölçüm değerleri.	33
Şekil 5.11 : Saatlik ortalama tüm ölçüm değerleri.	33
Şekil 5.12 : Aylık Anlık Pik Güç Tüketim Değerleri.	34
Şekil 5.13 : Aylık Ortalama Güç Tüketim Değerleri.	34
Şekil 5.14 : İndirgenmiş aylara bağlı saatlik tüketim değerleri.	36
Şekil 5.15 : Günlük pik güç tüketim değerleri.	36
Şekil 5.16 : Günlük anlık ortalama güç tüketimi.	37
Şekil 5.17 : İndirgenmiş günlere bağlı saatlik tüketim değerleri.	38
Şekil 5.18 : VG1_1 yük modeli.	39
Şekil 5.19 : VG1_10 yük modeli.	39
Şekil 5.20 : VG1_60 yük modeli.	40
Şekil 5.21 : VG2_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	41
Şekil 5.22 : VG2_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	41
Şekil 5.23 : VG2_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	41
Şekil 5.24 : VG3_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	42
Şekil 5.25 : VG3_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	42
Şekil 5.26 : VG3_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	43
Şekil 5.27 : VG4_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	43
Şekil 5.28 : VG4_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	44
Şekil 5.29 : VG4_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	44
Şekil 5.30 : VG5_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	45
Şekil 5.31 : VG5_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	45
Şekil 5.32 : VG5_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	45

Şekil 5.33 : VG6_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	46
Şekil 5.34 : VG6_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	46
Şekil 5.35 : VG6_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	47
Şekil 5.36 : Kronolojik günlük ortalama, anlık ve fark gücü değerleri grafiği.....	49
Şekil 5.37 : VG7_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	51
Şekil 5.38 : VG7_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	51
Şekil 5.39 : VG7_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	51
Şekil 5.40 : Beyanata bağlı haftalık tüketim grafiği karşılaştırma.	53
Şekil 5.41 : VG8_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	54
Şekil 5.42 : VG8_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	54
Şekil 5.43 : VG8_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	55
Şekil 5.44 : Kullanım zamanı kontrol edilen ve edilemeyen yükler.	56
Şekil 5.45 : VG9_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.	56
Şekil 5.46 : VG9_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.	57
Şekil 5.47 : VG9_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.	57
Şekil 6.1 : HOMER PRO program menüsü.	59
Şekil 6.2 : Sistem modeli şeması.	60
Şekil 6.3 : Rüzgar türbini güç çıkışı değerleri.	66
Şekil 6.4 : Güneş paneli güç çıkışı değerleri.	66
Şekil 6.5 : Yakıt pili içeren sistem modeli şeması.	67
Şekil 6.6 : Akü durumu ve elektrik üretimi.	68
Şekil 6.7 : Elektroliz ünitesi hidrojen üretim miktarı.	68
Şekil 6.8 : Simülasyon sonuçları enerji birim maliyet karşılaştırması.	71
Şekil 7.1 : Enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması.	71

ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİNİN BOYUTLANDIRMASINDA YÜK MODELİNİN ETKİSİ

ÖZET

Enerjideki arz talep dengesi yeni kaynak arayışlarına neden olmakta, yenilenebilir enerji sistemlerine olan ilgi ve ihtiyaca paralel olarak bu alanda yapılan çalışmalar da artmaktadır. Bu tez kapsamında şebekeden bağımsız yenilenebilir enerji sistemleri üzerinde çalışılmış, rüzgar ve güneş kaynaklarının aynı anda kullanıldığı bir sistemin boyutlandırılması incelenmiştir. İhtiyaç duyulan husus, enerjinin yenilenebilir kaynaklarla temini olduğundan, öncelikle yük olarak tanımlanan bu enerjinin vasfı konusundaki soruların cevaplanması gerekir. Bu tezde yük hakkındaki, yeni soruların da eklenerek cevapların bulunması hedeflenmektedir.

Yük modelinin elde edilmesi çeşitli yöntemlerle yapılabilmektedir. Şebeke dağıtım firmalarının veritabanlarından bu bilgi talep edilebileceği gibi, yaklaşık bir kurulu güç tahmini ile yük profili kestirilebilmektedir. Güneş panelleri ve rüzgar türbinlerinin fiyatları göz önüne alındığında boyutlandırmada aşırı parametrelendirme, maliyete önemli ölçüde etki eder; yetersiz parametrelendirme ise şebekeye bağlı bir sistemde kullanım farkı oluşturmaya da şebekeden bağımsız bir yapıda enerji kesintilerine neden olur. Özellikle şebekeden bağımsız olma durumunda enerji depolama etkili bir parametre olarak denkleme katılır ve boyutlandırma daha da önem kazanır.

Kullanıcı alışkanlıklarının takibi sistem boyutlandırmasındaki doğruluğu artırabilir. Şebekeye bağlı bir sistemde bu takip alternatif yollarla yapılabilir. Şebekeden bağımsız bir sistem söz konusu olduğunda ise ölçüm yoluyla bu bilginin elde edilmesi uygulanabilir değildir ve bu ölçüm ihtiyacı bir paradoksa neden olur. Ölçüm yapılabilmesi için enerji kullanımı gerekmektedir; enerji kullanımı için de boyutlandırılmış bir sistem gerekir. İlk kez enerji verilecek bir sistem için öncelikle boyutlandırma yapılması gerekmekte, bunun için de bir yük modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanıcıların mevcut enerji tüketim alışkanlıkları ölçülerek ve/veya beyanlarına bağlı olarak enerji tüketimleri hesaplanarak yükün modellenmesinin avantajları ve dezavantajları tez kapsamında incelenmiştir.

İncelemede referans olarak kullanılan veri, Kocaeli İzmit ilçe merkezinde bulunan bir hanenin 6 ay boyunca 1 dakikalık periyotla ortalama gücün ölçülmesi sonucu elde edilmiştir. Elde edilen bu ham verinin dakikalara, günlere, haftalara ve aylara bağlı analizlerinin yapılabilmesi ve simülasyonda kullanılmaya uygun hale gelmesi için kapsamlı bir düzenleme işlemi yapılmıştır. Düzenlenmiş bu veri çeşitli senaryolar ile yıllık tüketim profillerine çevrilmiştir.

Simülasyon için enerji maliyetini optimize eden HOMER PRO yazılımı kullanılmıştır. Simülasyon programı yardımıyla, bu yük modellerinin farklı çözünürlüklerde incelenmesi planlanmakta, yük modelinin boyutlandırmaya etkisi ve en verimli modelin elde edilme yönteminin bulunması hedeflenmektedir.

Yıl içinde farklı zamanlarda ölçüm verisinin alınmasının sistem boyutlandırmasına etkisi 9 farklı senaryo üzerinden incelenmiştir. Herbir senaryonun, 1 dakikalık ölçümlerin kullanılması halinde, 10 dakikalık ortalama değerlerin kullanılması halinde ve 60 dakikalık ortalama değerlerin kullanılması halinde boyutlandırmaya etkisi araştırılmıştır. Beyan edilen kullanım alışkanlıklarının boyutlandırmaya etkisi incelenerek esnek kullanım kavramı üzerinde durulmuş ve optimize yük modelleri oluşturulmuştur. Optimize yük modelleri oluşturulurken sadece yük kaydırma yöntemi kullanılmış, herhangi bir yük iptali yapılmamıştır. Sonuç olarak bu optimize yük modelleri ile daha ekonomik sistemlerin kurulup kurulamayacağı incelenmiştir.

LOAD MODELLING INFLUENCE AT SIZING OF OFFGRID HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

SUMMARY

Energy is essential all areas of life today. The energy need has been rising rapidly because of growing population and increase in usage of energy based technological devices. In this century people have focused on efficiency and sustainability. As a result renewable energy has gained importance. The widely used renewable energy systems consist of hydroelectric turbines, solar panels and wind turbines. Solar panels and wind turbines are the most effected ones from the development of energy production techniques in recent years, have been used widely in Turkey and in the world for a long time. Other renewable systems such as biomass and tide are not conventional and do not have common usage.

Mostly used renewable energy systems consist of photovoltaic systems, wind turbines and hydroelectric systems. Hydroelectric systems mostly used in large sizes. For small power levels photovoltaics or wind turbines are commonly used. It is possible and efficient to use both photovoltaic and wind systems which is called hybrid use.

Supply demand balance in energy had caused alternative searchings; in parallel with growing needs and rising interests about renewable energy, researches have been increasing in this field. Within the scope of this thesis, researches have been done about offgrid renewable energy systems; sizing of a hybrid solar and wind system has been analysed. Because supplying energy from renewable sources is a requisite, firstly questions should be answered about this energy which is defined as load. Within the context of this thesis it is aimed to answer those questions about load by adding new ones.

Acquiring load model can be done with various methods. Data could be requested from energy supplier companies' databases. The suppliers save data of the customers with various resolutions. Mostly, the monthly consumption data is stored, in some cases hourly data is also available. In addition to this, load profile could be estimated from approximate installed capacity where the hybrid system will be installed. Using installed capacity is not enough for correct sizing according to unpredictable power usage.

When solar panel and wind turbine prices have taken into consideration, overparametrization at sizing have an important effect on cost. Also underparametrization can cause power outages in offgrid systems although there are no major difference in ongrid systems. Especially power storage gain importance in offgrid state and sizing becomes more important.

By monitoring user habitudes and routines, accuracy of system sizing may increase. When the system is ongrid, monitoring can be done in various methods. If the system is offgrid, gathering information by monitoring can cause a paradox. To monitor user it is required to use energy; to use energy it is required to have a sized system. So, to size the system it is necessary to gather information about the future usure of the system. User's recent energy usage habitudes can be monitored or declaration of usage can be used to make calculations. Monitoring is reliable but long usually long termed process. Declaration of the user habits is easy but has risks about wrong sizing possibilities. Advantages and disadvantages about sizing of the load from monitoring or declaration methods has been researched.

The load data which has been used as reference for analysis, gathered from a house in İzmit Kocaeli. For 6 months, minutely average power has been measured in this house. To make daily, weekly, monthly and further analysis of load and to use it in the simulation, measured data has been processed. With this process, acquired raw data classified by minute, hour, day of the week, month. For every value a specific data code has been assigned to make further analysis easy and accurate.

All the gathered data has been used to generate forming of annual consumption profiles in several scenerios. For the first and second scenerio, 6 month data has been used. January and October data is used for the third and forth scenerios. For fifth and sixth scenerios two different weekly datas has been used. In addition to measured data, declaration of the user habits has been used for the seventh and eighth scenerios. Annual load models have been formed from these scenerios. For the solar and wind resources

In the load model with the declaration of user habits, an additional method is used to optimize cost. In this optimized model, specific types of loads defined as flexible. By shifting flexible loads the peak power has been decreased and cost of the converter has been lowered. None of the loads has been cancelled in this method and it is aimed to affect user habbits in an acceptable level.

It is aimed to find most efficient way to acquire load model and to search influence of load modelling method to system sizing. The HOMER Hybrid Optimization Modeling Software has been user for simulations. The software uses the given source datas with 1 minute resolution to find the most economic combination from the calculated possible models.

For sizing of the hybrid systems, the importance of the load is undeniable. When insufficient data is used, overparametrization or underparametrization is possible. In both cases an overpriced system or energy shortage can be foreseen. Within this research it is aimed to avoid both of these risks and another method is examined. Instead of long-termed monitoring one week data together with user declaration is used.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji, nüfusa paralel olarak artan teknoloji kullanımı ve konfor şartlarımızdaki değişim bizleri enerjiye daha bağımlı hale getirmiştir. Sanayi ve konutlarda artan enerji ihtiyacı, azalan fosil kaynakları ve buna bağlı yükselen maliyetler sonucu yenilenebilir enerji kaynakları ön planda yer almaya başlamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, kendisini dünya var oldukça yenileyen, yani kaynağı tükenmeyen, çevreye duyarlı ve bu nedenle de kullanımında sınırlamaya gerek olmayan bir enerji kaynağıdır.

1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi, nükleer enerji santrallerine karşı oluşan tepkiler ve fosil kaynaklı yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan karbon emisyonunun atmosferde oluşturduğu çevre kirliliği; bilim insanlarını yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirme hususunda çalışmalara itmiştir [1].

Yenilenebilir enerji kaynakları da enerjinin ana kaynağına göre; güneş kaynaklı, dünya kaynaklı ve ay kaynaklı olarak üç grupta incelenebilmektedir. Çizelge 1.1'den de anlaşılacağı üzere Güneş, yenilenebilir enerji kaynaklarının en temel ana kaynağı halindedir [2].

Hidroelektrik dışarıda bırakılırsa yenilenebilir enerji üç ana grupta değerlendirilebilir. Bunlar; güneş, rüzgar, biyokütle, ek olarak dalga enerjisi, jeotermal, gel-git olarak sayılabilir.

Çizelge 1.1 : Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [2]

Yenilenebilir Enerji Kaynakları				
Ana Kaynak	Birincil Enerji Kaynakları	Doğal Enerji Dönüşümü	Teknik Enerji Dönüşümü	Kullanım Enerjisi
Güneş	Su	Buharlaşma, Yağış	Su Güç Tesisleri (Hidroelektrik Santralleri)	Elektrik Enerjisi
	Rüzgar	Atmosferdeki Hava Hareketi	Rüzgar Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
		Dalga Hareketi	Dalga Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
	Güneş Işınları	Yer ve Atmosferin Isınması	Isı Pompaları	Isı Enerjisi
		Güneş Işınları	Kolektörler	Isı Enerjisi
			Solar Hücreler (Güneş Pilleri- Fotovoltaikler)	Elektrik Enerjisi
	Biyomas	Biyomas Üretimi	Isı Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi
Dönüşüm Tesisleri			Yakıt Enerjisi	
Dünya	Yer Merkezi Isısı	Jeotermal Enerji	Jeotermal Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi
Ay	Ay Çekimi Gücü	Gel-Git Olayı	Gel-Git Güç Santralleri	Elektrik Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş pilleri ve rüzgar türbinleri, hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız sistemlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Tez kapsamında da şebekeden bağımsız bir sistem için güneş pili ve rüzgar türbininden oluşan hibrit sistem modelleri incelenmiştir. Hibrit sistem modelini oluştururken HOMER simülasyon programı kullanılmış, programda kullanılan yük modeli pilot bir evin ölçüm verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

2. YENİLENEBİLİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMLERİ BİLEŞENLERİ

Yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan rüzgar ve güneş enerjisi pek çok farklı sistemler vasıtasıyla yaygın olarak kullanılabilir. Güneş enerjisinden ısı güneş kolektörleri vasıtasıyla ısı enerjisi elde edilmektedir ya da fotovoltaik hücreler kullanılarak güneş enerjisinden doğrudan elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Ek olarak son dönemde önem kazanan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri ya da yoğunlaştırılmış fotovoltaik panel yöntemiyle güneş enerjisinden etkin bir biçimde faydalanmanın yolları denenmektedir. Rüzgar enerjisi geçmişten günümüze, yel değirmenlerinde sadece mekanik kuvvet olarak, deniz taşıtlarında itici güç olarak ya da günümüzde rüzgar türbinleri ile elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır.

2.1 Fotovoltaik Sistemler

Temel olarak güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır.

Bu durum sebebiyle güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [3].

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine ilişkin en yaygın yöntem güneş hücrelerinin (fotovoltaik hücreler) kullanılmasıdır. Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman potansiyel fark oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir [3].

Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir ki bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan MegaWatt'lara kadar sistemler oluşturulabilir [3].

Fotovoltaik hücreler pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilir. Çizelge 2.1'de günümüz fotovoltaik üretiminde en çok kullanılan ana maddeler verilmiştir. Laboratuvarlarda yapılan ar-ge çalışmaları neticesinde ulaşılan en yüksek hücre verimleri 1 cm² 'lik hücre alanı için: Kristal silisyum güneş hücresinde %24.5, Polikristalsi hücrede %19.8, Amorfsu hücrede %12.7, çok katlı güneş hücrelerinde %40 olarak tespit edilmiştir [3].

Çizelge 2.1 : Fotovoltaik Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler [3].

Fotovoltaik Hücrelerinin Yapımında Kullanılan Malzemeler	
Kristal Silisyum	Önce büyütülüp daha sonra 150-200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tek kristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen Çok kristal Silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de %2-5 kadar düşüktür. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır.
Galyum Arsenit(GaAs)	Bu malzemeye laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcı) verim elde edilmektedir. Diğer yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemlili GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır.
Amorf Silisyum	Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesindedir. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum direkt güneş ışınımı az olan bölgelerde de santral uygulamalarında kullanılmaktadır.
Kadmiyum Tellürid(CdTe)	Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş hücre maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.
Bakır İndiyum Diselenid(CuInSe2)	Bu çokkristal hücre laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.
Optik Yoğunlaştırıcı Hücreler	Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi %20'nin, hücre verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemeden veya camdan yapılmaktadır.

Güneş hücrelerinin bir araya gelmesi ile oluşturulan fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar. Bu sistemler, geçmişte sadece yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan bölgelerde, generatör kullanımının zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırken, günümüzde şebeke bağlantısı olan yerleşim yerlerinde de şebeke bağlantılı olarak evlerin çatılarında kullanılabilmekte ve büyük ölçekli santral uygulamalarında da yaygınlaşmaktadır.

Kasım 2014 TEİAŞ verilerine göre güneş enerjisine dayalı elektrik enerjisi kurulu gücümüz 30,6 MW'dır. Toplam kurulu gücün 68845 MW olduğu göz önüne alındığında, ülkemizde güneş enerjisinin elektrik üretimi amacıyla kullanımının oldukça az olduğu anlaşılmaktadır [4]. Ancak özellikle son yıllarda yürürlüğe giren "5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" (ilk 2005, son 2011) ve "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik" (ilk 2010, son 2013) gibi önemli mevzuat değişiklikleri ve yeni düzenlemeler ile artan yenilenebilir enerji kullanımı, uygulama kolaylığı, küçük güçlerdeki esnekliği ve rüzgara göre nispeten daha öngörülebilir olması sebebiyle fotovoltaik sistemlere olan ilgi artmış bulunmaktadır [5].

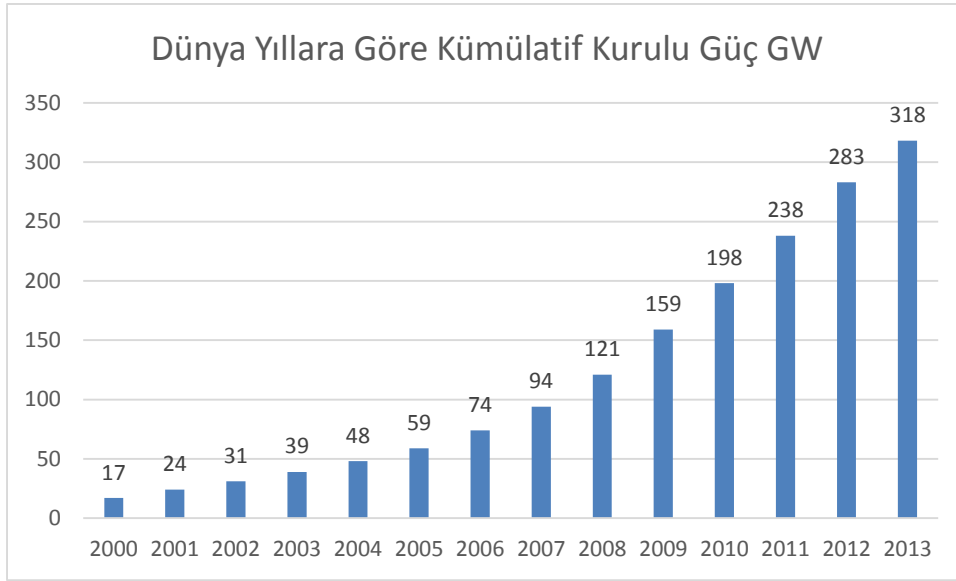
2.2 Rüzgar Türbinleri

Tarihte bilinen ilk rüzgar enerjisi kullanımı milattan önceki zamanlara rastladığı düşünülmektedir. O dönemde rüzgar enerjisi, denizlerde yelkenli gemilere, karalarda ise yel değirmenlerine ana güç kaynağı olmuştur. Özellikle tarım alanında buğday, mısır öğütme ve su pompalama gibi gereksinimler uzun zaman bu yolla çözülmüştür [6].

II. Dünya savaşı sırasında enerji kaynaklarında ülkelerin dışa olan bağımlılığın stratejik öneminin anlaşılması nedeniyle 1950'li yıllarda rüzgar enerjisi konusunda çalışmalar tekrar önem kazanmıştır. Ancak aynı dönemde mevcut olan, konvansiyonel enerji kaynaklarının fiyatlarının düşük olması ve bu kaynaklara ulaşma konusundaki sıkıntıların aşılmış olduğu muhalif düşüncesi, rüzgar enerjisi konusunda ki çalışmaların yeterli seviyeye ulaşamamasına neden olmuştur.

Sonrasında 1970’lerde yaşanan petrol krizleri ülkelerin kendi öz kaynaklarını kullanımının önemini bir kez daha ortaya koymuş ve bu gelişme rüzgar enerjisi konusunda yapılan çalışmalara tekrar önem kazandırmıştır [7].

Yenilenebilir Enerji Global Durum Raporu 2014 verilerine göre dünyada rüzgar enerjisinin elektrik enerjisi üretim amaçlı kullanımı 2014 yılı itibariyle 318 GW Kurulu güce ulaşmış bulunmaktadır. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere, özellikle 2005 yılından itibaren artan ivmeyle artış gösteren kurulu güç ilerleyen zamanlarda rüzgar enerjisinin öneminin daha da artacağına işaret etmektedir [8].



Şekil 2.1 : Dünya 2000-2013 arası rüzgar santralleri kurulu güç değişim grafiği [8].

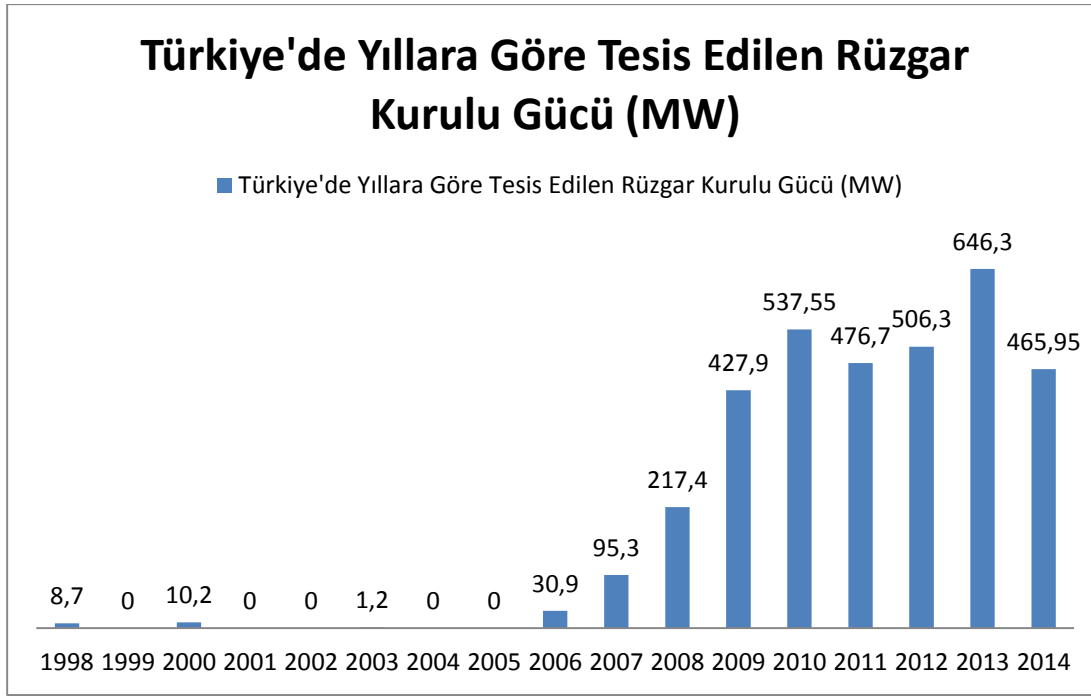
Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi amaçlı ilk rüzgar santrali Şubat 1998 yılında İzmir Alaçatı’da tesis edilen 500 kW güçte 40.3 m rotor çaplı Enercon türbin sistemli 3 adet rüzgar türbininden oluşan toplam 1,5 MW Kurulu güce sahip, yıllık üretimi 4,5 GWh olan Alize Germiyan rüzgar santralidir [6].

2001 tarihli 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nun yürürlüğe girmesi ile birlikte, çok sayıda yatırımcıların rüzgar enerjisine dayalı enerji üretim sektörüne olan ilgileri artmıştır. Elektrik piyasasına ilişkin mevzuatta, rüzgar enerjisine yatırım yapacak gerçek yatırımcıların önünü açacak yeterli düzenlemeler 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu’na kadar yapılamamıştır. Bu kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten üreticilere alım garantisi getirilerek, rüzgar enerji projelerinin önü açılmıştır [6].

Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretim için rüzgar türbin jeneratör sistemleri kullanılmaktadır. Rüzgar türbinleri, rüzgar enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Rüzgar türbinleri dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre yatay eksenli veya düşey eksenli olarak imal edilirler. Türbinler belirli rüzgar hızlarına göre devreye girer (cut-in) ve devreden çıkarlar (cut-out). Devrede kaldığı rüzgar hızı aralığı, güç eğrisi ve verimi özellikle küçük ölçekli mikrotürbinlerin seçiminde dikkate alınan önemli parametrelerdendir.

Bu tiplerden en çok kullanılanı yatay eksenli rüzgar türbinleridir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri, dönme eksenleri rüzgar yönüne paralel ve kanatları ise rüzgar yönüne dik vaziyette çalışırlar. Bu tip rüzgar türbinleri bir, iki, üç veya çok kanatlı yapılmaktadır. Yatay eksenli rüzgar türbinleri; rüzgarın kuleyi yalamadan rotora çarpması durumunda ileri yada önden rüzgarlı (up-wind), önce kuleye dokunup sonra rotora gelmesi koşulunda geri yada arkadan rüzgarlı (down-wind) türbin adını alırlar. Düşey eksenli rüzgar türbinlerinin eksenleri rüzgar yönüne dik ve düşey olup kanatları da düşey vaziyettedir. Düşey eksenli rüzgar türbinlerinde rüzgarın esme yönü değiştiği zaman yatay eksenli rüzgar türbinlerinde olduğu gibi herhangi bir pozisyon değiştirmesi olmaz. Elektrik üretim amaçlı şebeke bağlantılı modern rüzgar türbinleri çoğunlukla 3 kanatlı, yatay eksenli ve up-wind türü rüzgar türbinleridir [9].

Ülkemizde rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimi her yıl artmaktadır. Yapılagelen yasal düzenlemeler ve özellikle verilen teşvikler vasıtasıyla yatırımcılar için rüzgar enerjisi cazip hale gelmektedir. Türkiye’de 2014 yılına kadar tesis edilen rüzgar kurulu gücü Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2 : Türkiye'de Tesis Edilen Rüzgar Kurulu Gücü [10].

Kasım 2014 TEİAŞ verilerine göre rüzgar enerjisine dayalı elektrik enerjisi kurulu gücümüz 3547,8 MW'dır. Güneş enerjisine nispeten daha iyi konumda olsa da ülke kurulu gücünün yaklaşık % 5'i seviyesinde olan rüzgar enerjisi kullanımı, gelişmesi beklenen alanlardandır [4].

2.3 Depolama Sistemleri

Yukarıda sözü edilen alternatif enerji kaynakları doğa koşullarına son derece bağlı durumdadır. Bu nedenle bu kaynaklar ile üretilen enerji, daha önce de değinildiği üzere mevsimlik, günlük ve hatta anlık olarak bile büyük değişimler gösterebilmektedir. Bu konu, özellikle şebekeden ayrı uygulamalarda üretilen enerjinin genel enerji talebi ile tam olarak örtüşmemesine sebep olabilmektedir. Alternatif kaynaklardan üretilen fazla enerji farklı tür enerji depolama ünitelerine aktarılmakta, depolanan bu enerji ise ana kaynakların mevcut olmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda yük talebinin karşılanmasında kullanılmaktadır [11].

Enerji depolama üniteleri, elektriksel ya da ısıl olabilir. Elektriksel enerji depolama sistemlerinde elektriksel bir giriş-çıkış söz konusu iken ısıl sistemlerde de benzer bir şekilde ısıl bir giriş-çıkış mevcuttur. Elektriksel enerji depolama sistemleri elektrokimyasal sistemler (batarya, vb.), kinetik enerji depolama sistemleri (volan, vb.) ya da potansiyel enerji depolama sistemleri (pompalanmış su, sıkıştırılmış hava, vb. formunda) olabilirler [11].

Akü sistemleri elektrik enerjisini kimyasal formda depolamanın uygulanmış en eski yöntemlerinden biridir. Aküler; kameralar, cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar vb. elektronik cihazlardan oto sistemlerine kadar birçok alanda yoğun kullanılmaktadırlar. Başka uygulamalardaki ihtiyaçları karşılamak açısından birçok farklı akü çeşitleri geliştirilmiş durumdadır [11].

Aküler şarj olurken dışarıdan verilen elektrik enerjisini içyapı değişimi ile kimyasal enerji olarak depolarlar. İstendiği zamanda kimyasal yapı değişikliği tersine döner ve aküden elektrik enerjisi alınmaya başlanır [12].

Çizelge 2.2’de başlıca akü tipleri verilmiştir. Özellikle küçük ölçekli yenilenebilir enerji uygulamalarında aküler en önemli kısımlardandır. Bu bağlamda akü tipi ve akü seçimi oldukça önem arz etmektedir.

Çizelge 2.2 : Başlıca Akü Çeşitleri [12].

Akü Çeşitleri	
Otomobil (Starter) Aküleri	Motosiklet, otomobil, minibüs, kamyon, kamyonet, otobüs, iş makineleri, generatörler, deniz araçları ve askeri araçlarda kullanılmak üzere 6V ve 12V olarak üretilen akülerdir. Pazar payı en büyük olan akü çeşididir. Gün geçtikçe artan motorlu taşıt sayısına bağlı olarak tüketimi de artmaktadır
Stasyoneryon (Sabit Tesis) Aküleri	Sanayi tipi akülerdir. Sabit tesislerde çalışan, kurşun-asit az bakımlı üretilen stasyoneryon aküler 25A’dan 5000A’ye kadar 2’şer voltluk hücreler halinde OpzS (tüplü), OGI (sıvama) tip üretilip istenilen gerilime göre montaj yapılmaktadır. 12 voltluk ve 6 voltluk blok kutularda 300 Ah’e kadar üretim yapılmaktadır. Haberleşme, ulaşım, hastane, güç istasyonları, kontrol sistemleri, sulama ve pompa istasyonları, emniyet aydınlatmaları güneş pilleri gibi her türlü kesintisiz güç gereken yerlerde kullanılırlar
Traksiyoneryon (Çekici) Aküleri	Tüplü pozitif plak kullanılarak (PzS) yapılan yüksek güçlü çekici akülerdir. Malzeme kaldırma ve taşımalarında, elektrikli taşıtlarda, ambalaj platformları ve yükseltmelerde, otomatik yönlendirmeli taşıtlarda ve özel bazı hareket sistemlerinde kullanılırlar. Mükemmel kullanım sayısı özelliği ve yüksek marş kapasitesine sahip bu akülerin forkliftlerde kullanılan genel tipinin yanında, özel alev almaz kutu kapaklı dizel lokomotifler ve vagon aydınlatması için kullanılan farklı tipleri de vardır
Madenci Aküleri	Maden ocakları ve tünel çalışmalarında kullanılan iç ve dış dizaynı ile tamamen özel bir aküdür. Akü ile bağlantılı olarak çalışan lamba başlığı vardır.

2.4 Çeviriciler

Yenilenebilir enerji sistemlerinde kullanılan çeviriciler temel olarak DC-AC (evirici) ve AC-DC (doğrultucu) olmak üzere iki grupta incelenebilir. DC-AC çeviricinin fonksiyonu, bir DC giriş gerilimini; simetrik, istenilen genlikte ve frekansta bir AC gerilime dönüştürmektir. Çıkışta elde edilen gerilim ve frekans değerleri sabit veya değişken olabilir. Örnek olarak, güneş panellerinden elde edilen DC gerilim akülerde depolandıktan sonra veya doğrudan DC-AC çevirici yardımıyla AC gerilime dönüştürülmektedir. DC-AC çeviriciler çıkış gücü ve çıkış dalga şekline göre sınıflandırılırlar. Güneş pili sistemlerinde çevirici seçimi, sistemin şebekeden bağımsız ya da şebekeye bağlı olmasına göre değişiklik gösterir. Çizelge 2.3'te de görülebileceği üzere DC-AC çeviriciler çıkış dalga şekillerine göre üç gruba ayrılabilir [13].

Çizelge 2.3 : DC-AC çevirici Çeşitleri [13].

DC-AC Çevirici Çeşitleri	
Kare Dalga Çeviriciler	Çeviriciler arasında en ucuz olanıdır fakat uygulama alanı sınırlıdır. Toplam harmonik bozulmaları %40'dan fazla ve verimleri %70-95 arasındadır.
Değiştirilmiş Sinüs Dalga Çeviriciler	Bu çeviriciler rezonans devrelerini kullanarak 10yste dalga formuna daha yakın bir inverter çıkışı meydana getirirler. Toplam harmonik bozulmaları %5 ve verimleri %70-80 arasındadır.
PWM Çeviriciler	PWM de amaç ana kare dalga da darbeler oluşturmak ve bu darbelerin genişliğini değiştirmek suretiyle çıkış ana dalgasının temel bileşenini değiştirmektir. Çıkış frekansının kontrolü için çeviricideki elemanların faz değiştirme zamanlarının değiştirilmesi yeterli olacaktır. Maliyet olarak en pahalı uygulama olup verimi %90-97 arasında ve harmonik bozulmaları %3'ün altındadır.

Yenilenebilir enerji sistemlerinde kullanılan AC-DC çeviriciler ise, beslediği sistemlere en uygun şekilde ayarlanmış doğru gerilim ve akımı sağlar [14].

Şebekeye enterkonnekte olsun yada olmasın çeviriciler yenilenebilir enerji sistemlerinin değişmez parçasıdır. Enerjinin kaynak tarafı kontrol edilebilir yada kesin öngörülebilir olmadığı bir üretim sisteminde şebekeye bağlı kalmak yada tüketici tarafında istenildiği gibi stabil enerji arzı sağlayabilmek için çeviriciler gereklidir. Günümüzde rüzgar ve fotovoltaik uygulamalarında vazgeçilmez olan çeviriciler gelişen teknolojiye paralel olarak küçük boyutlarda ve daha ekonomik ücretlerle karşımıza çıkmaktadır.

2.5 Yük

Literatürde yük olarak da tanımlanan, tüketim tarafına bakıldığında ise elektrik tüketiminin belirli zaman dilimleri içerisinde (mevsimsel, haftanın belirli günleri arasında, gün içerisinde farklı saatlerde) kullanım alışkanlıkları, iklim, gelişmişlik düzeyi, tatil günleri, endüstri – hane halkı kullanım farklılıkları gibi etkenlere göre oldukça farklılık gösterdiği görülmektedir. Örneğin, günlük olarak gün doğumu öncesi dilimde tüketim oldukça düşük devam etmekte, mevsimsel anlamda ise genel olarak hava sıcaklığının çok yükseldiği yaz günlerinde klimaların çok kullanılması tüketimi ciddi oranda arttırmakta ya da endüstrinin üretimi azalttığı grev, kriz ve tatil gibi dönemlerde genel talep düşüş gösterebilmektedir [15].

Bu durumda planlama yapmak adına yükün karakteristiğini bilmek önem arz etmektedir. Yük sınıflandırmalarının yapılması için tüketici gruplarının özelliklerinin bilinmesi gerekir. Yükler;

1. Mesken (Konut),
2. Ticarethaneler (Küçük lekli),
3. Sanayi tipi tüketiciler,
4. Diğer tüketiciler, Őeklinde sınıflandırılabilir [16].

Ayrıca tüketimin üretim tarafında etkisi göz önüne alınarak yk iki ana gruba ayrılabilir. Bunlardan ilki olan baz (temel) yük, talebinin azami ve asgari olarak gerçekleşmesinin bağlı olduğu çok çeşitli değişkenler olmakla birlikte, yıl boyunca belirli bir seviyesinin altına düşmediği görülmektedir. Bu asgari talebin zamanın herhangi bir anında ya da yılın herhangi bir döneminde mutlaka karşılanması gerektiği söylenebilir.

Sisteme verilen elektrik enerjisi, üretildiği anda tüketilmeli, yani arz ve talep dengeli olmalıdır. Dolayısıyla g sistemi anlık değişebilen tüketim talebini karşılamak için gerekli elektrik üretim kapasitesini emre amade bulundurmak durumundadır. Bunun yanı sıra sürekli bir Şebeke planlamasında elektrik enerjisi arzı temel yükün üzerinde her talebe karşılık verebilir durumda olmalıdır. Tüketimin en yüksek olduğu zaman aralığı olarak tanımlayabileceğimiz puant yük ise Şebeke planlaması açısından en zor alandır.

Konut amaçlı kullanımı, müstakil ve apartman tipi binalar oluşturmaktadır. Ticari tipi tüketiciler muhtelif meslek gruplarının kullandıkları ofis, dükkan gibi yerlerdir. Sanayi tipi tüketiciler fabrikalar büyük atölyeler gibi endüstriyel amaçlı kurulmuş işletmelerdir. Diğer tüketiciler grubu ise dernekler, hayır kurumları, müzeler, resmi kurslar, resmi okullar, resmi sağlık kuruluşları, üniversite, yurtlar, yüksekokullar, vakıflar genel aydınlatma vb. kuruluşlarından oluşmaktadır. Yük tüketimlerine göre ticarethane ve sanayi grupları ile meskeni ayıran temel fark puant ve gece tüketimleridir. Meskenlerdeki puant tüketim, sanayi ve ticarethane tüketimlerine kıyasla daha geç saatlerde yani gece saatlerinde olmaktadır. Ticarethane ve diğer tüketicilerin tüketimleri ise mesai saatleri içerisinde [18].

Bu tanımlar eşliğinde yük kavramı şebekede tüketici konumunda olan tüm kullanıcılar tarafından talep edilen enerji miktarı olarak adlandırılabilir.

3. YÜK MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Şebekeden bağımsız hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin boyutlandırmasında yük, ana belirleyici unsurdur. Kullanılacak enerji kaynağı, depolama birimlerinin çeşitliliği ve miktarı değişkenlik gösterir ve boyutlandırmanın yapılabilmesi için bazı güç değerlerinin mutlaka kullanılması gerekecektir. Bu güç değerlerinin sağlanması çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yük modeli şebeke dağıtım firması verileri kullanılarak, kurulu güce bağlı olarak hesaplanarak, mevcut tüketim ölçülerek veya kullanıcı beyanı kullanılarak elde edilebilir.

3.1 Şebeke Dağıtım Firması Verileri

Şebekeye bağlı konut, işyeri vs. yüklerin tüketim bilgileri şebeke dağıtım firmalarında bulunabilmektedir Enerji izlemedeki detaya bağlı olarak son kullanıcı tüketim bilgileri faturalandırma sebebiyle veritabanlarında tutulur; hatta faturalandırma periyodundan daha sık olarak da kaydedilebilir. Dağıtım firmasının kayıtlı verileri kullanılarak yük karakteristiği belirlenebilir. Aynı kullanıcının veya benzer yüke sahip bir noktanın şebekeden bağımsız, yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanmasında bu yük verisi baz alınabilir.

Dalton ve diğerleri (2008) Avusturalya'da 3 farklı turistik tesisin enerji gereksinimlerinin şebekeden bağımsız olarak yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanabileceğini belirtmiş; modellemelerinde dağıtıcı firma bilgilerini kullanmıştır. Ancak bir noktada veri kaybından dolayı sadece 12 ayda birer günlük veri kullanabilmiştir [17].

Dursun'un (2012) Kırklareli Üniversitesi Kavaklı Kampüsü için yaptığı çalışmada yükün modellenmesinde TEİAŞ'tan alınan veriler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında TEİAŞ'tan bir gün için saatlik tüketim verileri alınmış ve günlük enerji talebinin 485kWh olduğu görülmüştür [18].

3.2 Kurulu Güce Bağlı Yük Verisi

Sıklıkla kullanılan bir diğer yöntem, yükün kurulu güce bağlı tahmini olarak üretilmesidir. Bilal ve diğerleri (2013) şebekeden bağımsız hibrit bir sistemin boyutlandırmasında aynı günlük enerji tüketim değerine sahip 3 farklı senaryoya bağlı yük profilini kullanarak yükün etkisini araştırmaya çalışmışlardır [19].

Elhadidy ve Shaadid (2000) iki farklı incelemede bulunmuş, birincisinde her bir ay için ayrı enerji değeri kullanmışlardır. Her bir ay için kullanılan değer sabit olup yıllık toplam 12 veri değerlendirmeye alınmıştır. İkinci çalışmada 10 yıllık bir süreçte sabit bir yük profili kullanılarak hibrit sistemin simülasyonu yapılmıştır [20].

Sinha ve Chandel (2014) farklı simülasyon yazılımlarının incelendiği çalışmalarında yıllık ortalama 3,4kWh/gün enerji değerine ve 489 W pik değere sahip olduğu varsayılan bir yük modelini kullanmışlardır. Yılda toplam 12 verinin kullanıldığı bu çalışmada hibrit fotovoltatik rüzgar sisteminin yanısıra sadece fotovoltatik sistemin kullanıldığı senaryolar incelenmiştir [21].

Karakoulidis ve diğerleri (2010), şebekeden bağımsız hibrit sistemlerle ilgili teknoekonomik analizlerinde herbiri 24 saatlik veri içeren 12 farklı yük profili kullanmışlardır [22].

Dufo-López ve diğerleri (2011) şebekeden bağımsız hibrit sistemlerin en düşük fiyat optimizasyonu çalışmalarında iki farklı yük profili oluşturmuşlardır. Birinci modelde yıllık toplam 2369kWh enerji kullanımının her ay için farklı ortalamalarla oluşturulması sonucu yük profili oluşmakta ve günlük ortalama 6,49kWh enerji kullanıldığı belirtilmektedir. İkinci yükte ise günlük 7,2 kWh tüketime karşılık gelen sabit 300W'lık bir profil kullanılmaktadır [23].

Salmanoğlu ve Çetin (2013) Ankara'da hibrit sistemler üzerine yaptıkları çalışmada, 3,5kWh'lik sabit bir yük öngörmüşler ve simülasyon yazılımının tasarım optimizasyonunda günlük 3,5kWh enerji tüketimi olacağını varsaymışlardır. Bu varsayımda kullanılması tahmin edilen cihazlar simülasyon programında listelenmiş ve programın sağladığı değer doğrudan kullanılmıştır [24].

3.3 Ölçüm Değerleri

Kullanılması düşünülen cihazlara bağlı yük tahminleri, şebekeden alınan verilerin haricinde mevcut tüketimin ölçülmesi, yükün modellenmesinde kullanılır. Güler ve diğerleri (2013) hibrit sistemlerde elektrik enerjisi tüketiminin fizibilite analizinde Ege bölgesindeki bir otelin 4 mevsim için saatlik yük eğrilerini kullanmış ve pik kullanımının 700kW olduğu gözlenmiştir. Yıllık enerji kullanımı ise 2,811MWh olarak belirtilmiştir [25].

Orlando ve diğerleri (2012), elektrik üretim sistemlerinde yük profili oluşturma metodolojisi üzerine yaptıkları çalışmada bir ayın 15 dakikalık enerji tüketim değerlerini kullanarak yıllık profili oluşturmuşlardır [26].

Dalton ve diğerleri (2008) Avusturalya’da büyük bir otel için şebekeden bağımsız yenilenebilir bir enerji kaynağı kullanımı çalışmasındaki fizibilite analizlerinde otelde kurulu bulunan enerji yönetim sisteminden yarım saat periyotlu enerji tüketim değerleri temin edilmiştir [27].

Silva ve diğerleri (2013) şebekeden bağımsız mevcut hibrit bir sistemin inceleme çalışmalarında 20 Nisan 2010 günü kayıt edilen günlük yük profilini kullanmışlardır. 24 saat için ayrı ortalama yük kullanılarak 1 günlük yük profili elde edilmiş ve bu veri diğer çalışmalarda kullanılmıştır [28].

Elma ve Selamoğulları (2012) şebekeden bağımsız bir sistemin karşılaştırmalı boyutlandırma analizi çalışmalarında İstanbul’da bulunan bir konutun 1 hafta boyunca saniyelik kayıtları saklanmış; bu kayıtlardan 1 dakikalık ortalamalar elde edilerek simülasyonda kullanılmıştır. Konut elektrik talebinin her hafta tekrarladığı kabul edilerek yıllık profil oluşturulmuştur [29].

Çakır (2013) yaptığı çalışmada İstanbul’da müstakil bir evin enerji tüketimini 35 gün boyunca 1 dakikalık zaman aralığında kaydedilmiştir. 35 günlük verinin tekrarlanması ile bir yıllık yük profilini oluşturulmuş ve oluşturulan bir dakikalık yük profili 5, 10, 15, 30, 60 ve 1440 dakikalık ortalamalara dönüştürülerek farklı kayıt çözünürlüklerinin boyutlandırmaya etkisi araştırılmıştır [30].

3.4 Kullanıcı Beyanı

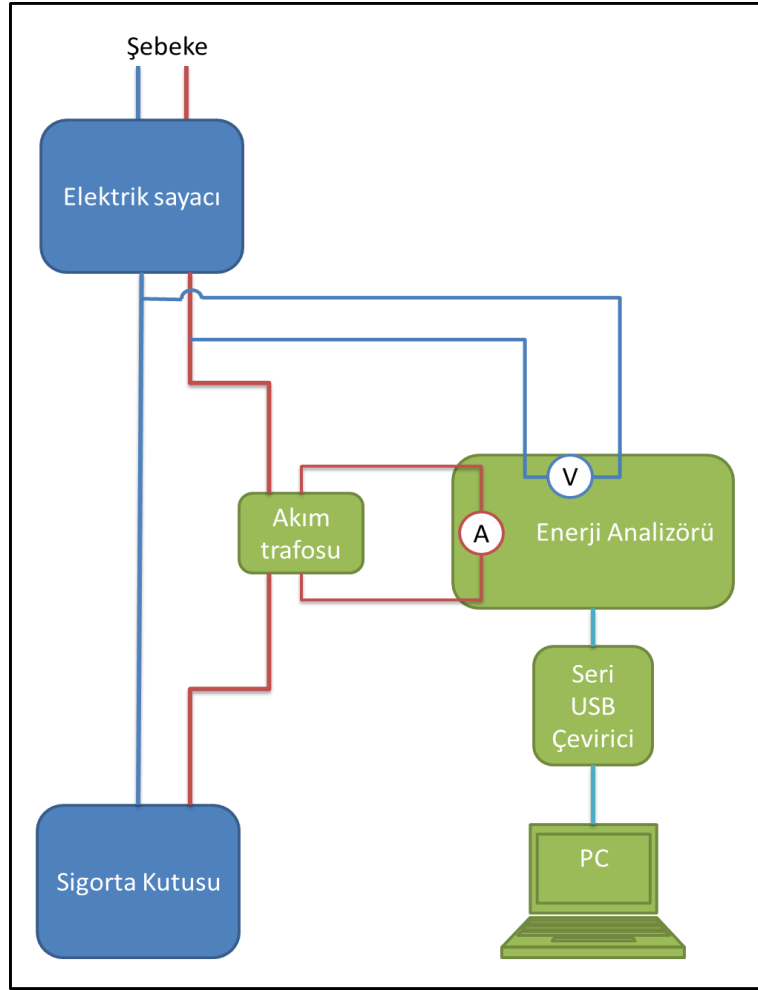
Yenilenebilir hibrit sistemin kurulması düşünölen yerde, veya aynı kullanıcıların şebekeden bağımsız başka bir noktada yaşamaya devam etmeleri düşünöldüğünde kullanıcı beyanı önem kazanır. Kullanıcı alışkanlıkları, boyutlandırmada önemli etkiye sahip pik kullanım ve ortalama güç hakkında isabetli veriler sağlayabilir. Halihazırda kurulu güne bağı yük verilerinin birçoğunda da kullanıcı adına yapılan tahminler kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında ölçüm verileriyle birlikte kullanıcı beyanı karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve yük profillerinin benzerliği görölmüş; Bölüm 5.3'te ayrıntılı olarak işlenmiştir. Beyanata bağı verilerin verimliliğini artırmak için mevcut bulunan cihazların detaylı yük profilleri kullanılarak sonuçlarda tutarlılık sağlanmıştır.

4. ANLIK ÖLÇÜM İLE YÜKÜN İZLENMESİ

4.1 Ölçüm Sistemi Bileşenleri

Pilot evin elektrik enerjisi tüketiminin anlık olarak ölçülmesinde Şekil 4.1'deki diagramda özetlenen sistem kullanılmıştır.



Şekil 4.1 : Ölçüm sistemi diagramı.

Bu sistemde mavi ile belirtilen bloklar konutta mevcut bulunan elektrik sistemi ile ilgili kısmı, yeşil ile belirtilen bloklar ölçüm amaçlı eklenen cihazları belirtmektedir. Anlık ölçüm sisteminin tümü akım trafosu, enerji analizörü, seri-usb çevirici ve PC olacak şekilde özetlenebilir. Ölçüm düzeneğinin bulunduğu pano, konut girişindeki sayaç panosunun yanında Şekil 4.2'de de görülebileceği şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 4.2 : Ölçüm panosu.

Anlık ölçüm sisteminde kullanılan enerji analizörü Şekil 4.3'te görülen ENTES MPR60S Network Analyzer modeli olup üç faz ölçüm yapabilme özelliğine sahiptir. Bu çalışmada pilot evin tek faz kullanmasından dolayı yalnızca enerji analizörü üzerindeki L1 faz bağlantısı kullanılmıştır. Enerji analizörünün ölçümün hassasiyeti ve doğruluğu test edilmiş olup EK A'da kullanılan analizörün test raporu görülebilir.



Şekil 4.3 : Enerji Analizörü.

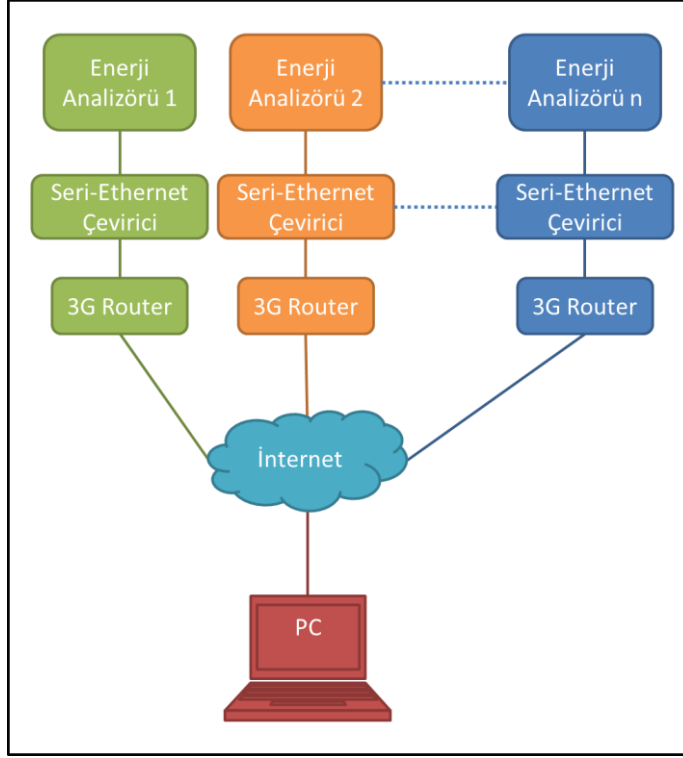
Enerji analizörü dahili hafızasında 14760 adet kayıt saklayabilmektedir. Her bir kayıta V_{LL1} , V_{LL2} , V_{LL3} , Toplam V_{LL} , V_{LN1} , V_{LN2} , V_{LN3} , Toplam V_{LN} , I_{LN1} , I_{LN2} , I_{LN3} , Toplam I , W_1 , W_2 , W_3 değerleriyle birlikte fazların görünür güç, reaktif güç değerleri, fazların güç faktörleri ve frekans değerleri bulunmaktadır. Çalışma kapsamında sadece W_1 değeri ölçülmüştür. Kayıt periyodu 1 saniyeden başlayarak artabilmektedir ve buna bağlı olarak toplam kaydedilen veri süresi değişir. Tez kapsamındaki tüm kayıtlar 1 dakikalık periyodlarla alınmıştır ve sadece şebekeden bağlı bulunan fazın aktif güç değeri (W_1) kullanılmaktadır. Sürekli güç ölçümü yapılarak dakikalık ortalama değer kaydedilir. Enerji analizörü 1 dakikalık periyodlarla 246 saatlik, 10,25 günlük kayıt saklayabilmekte; kayıt hafızası dolduğunda yaklaşık 17 saate karşılık gelen ilk 1000 adet veri silinmektedir [31].

Şebekeden eve gelen elektrik hattını doğrudan enerji analizörüne bağlayarak ölçüm yapmak, enerji analizörünün yapısal özelliklerinden dolayı mümkün olmadığından, ENTES ENTB 50/5 akım trafosu kullanılarak analizör akım girişine bağlantı sağlanmış ve akım trafosu çevirme oranı “10” olarak analizör üzerinden tanımlanmıştır.

Bilgisayar üzerinden verilerin okunup kaydedilmesi için gerekli bağlantı, RS485-USB çevirici kullanılarak sağlanmakta ve bilgisayara veriler USB portu üzerinden aktarılmaktadır. Hafızada kaydedilen verilerin bilgisayara aktarılması için enerji analizörünün seri haberleşme bağlantısı kullanılır. Haberleşme, RS485 fiziksel katmanı üzerinde MODBUS haberleşme protokolü kullanılarak yapılmaktadır [31]. Bilgisayar üzerinde bir sanal seri bağlantı noktası oluşturulur ve bu port üzerinden Şebeke Analizörü İzleme Programı aracılığıyla hafızadaki veriler analizörden bilgisayara aktarılır.

4.2 Alternatif Ölçüm Sistemleri

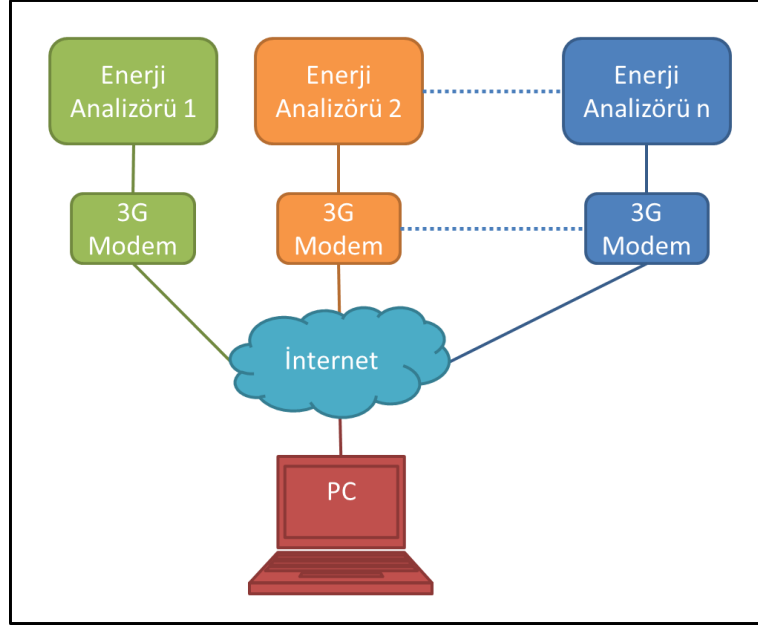
Bu tez kapsamında hazırlanıp kurulan ve Şekil 4.1’de belirtilen yapı kullanılarak aynı anda sadece bir adet enerji analizöründen birikmiş veriler okunabilir. Ölçüm noktasının artırılması arzu edildiğinde, internet üzerinden veri aktarımının sağlandığı yapıların kullanılması gerekecektir. Enerji analizörü akım ve gerilim ölçüm kısımları aynı kalacak şekilde alternatif yapılar farklı topolojilerde örneklendirilebilir. Aralarında mesafe bulunan noktalardan bilgi almak için kullanılabilen topolojilerden uygulanabilir bir alternatif Şekil 4.4’te görülebilir.



Şekil 4.4 : 3G Router ile alternatif haberleşme topolojisi.

Belirtilen topolojide, herbir enerji analizörünün seri çıkışlarına bağlı seri-ethernet çevirici cihazlar üzerinden 3G Router modemler aracılığıyla internete çıkılarak haberleşme sağlanabilir. İnternete bağlı bir PC ile uzak sanal portlar oluşturularak Şebeke Analizörü İzleme Programı aracılığıyla hafızadaki veriler analizörden bilgisayara periyodik olarak kolay bir şekilde aktarılabilir.

Benzer şekilde çok sayıda uzak noktaya internet üzerinden haberleşilerek verilerin aktarılmasının kesintisiz bir biçimde sağlanması için enerji analizörüne doğrudan bağlı seri haberleşme portuna sahip bir 3G Modem ile alternatif bir topoloji oluşturulabilir. Şekil 4.5'te örnek yapısı görülen bu tip bir sistem ekonomik olarak dezavantajlı görünse de, enerji ölçüm sistemi hacmi ve cihaz sayısının azlığına bağlı bakım kolaylığı ile efektif bir çözüm olabilir.



Şekil 4.5 : 3G Modem ile alternatif haberleşme topolojisi.

Elektrik enerjisi tüketiminin analiz için kaydedilme aşamasında, özellikle çoklu nokta ölçümlerinde, belirtilen topolojilerden farklı yapılar da geliştirilebilir. Önemli olan periyodik olarak kesintisiz veri akışının yerinde müdahaleye gerek olmadan sağlanabilmesidir. Anlatılan haberleşme topolojilerinde tüm konutun sadece toplam elektrik tüketiminin ölçülmesi üzerinde çalışma ve öneriler yapılmıştır.

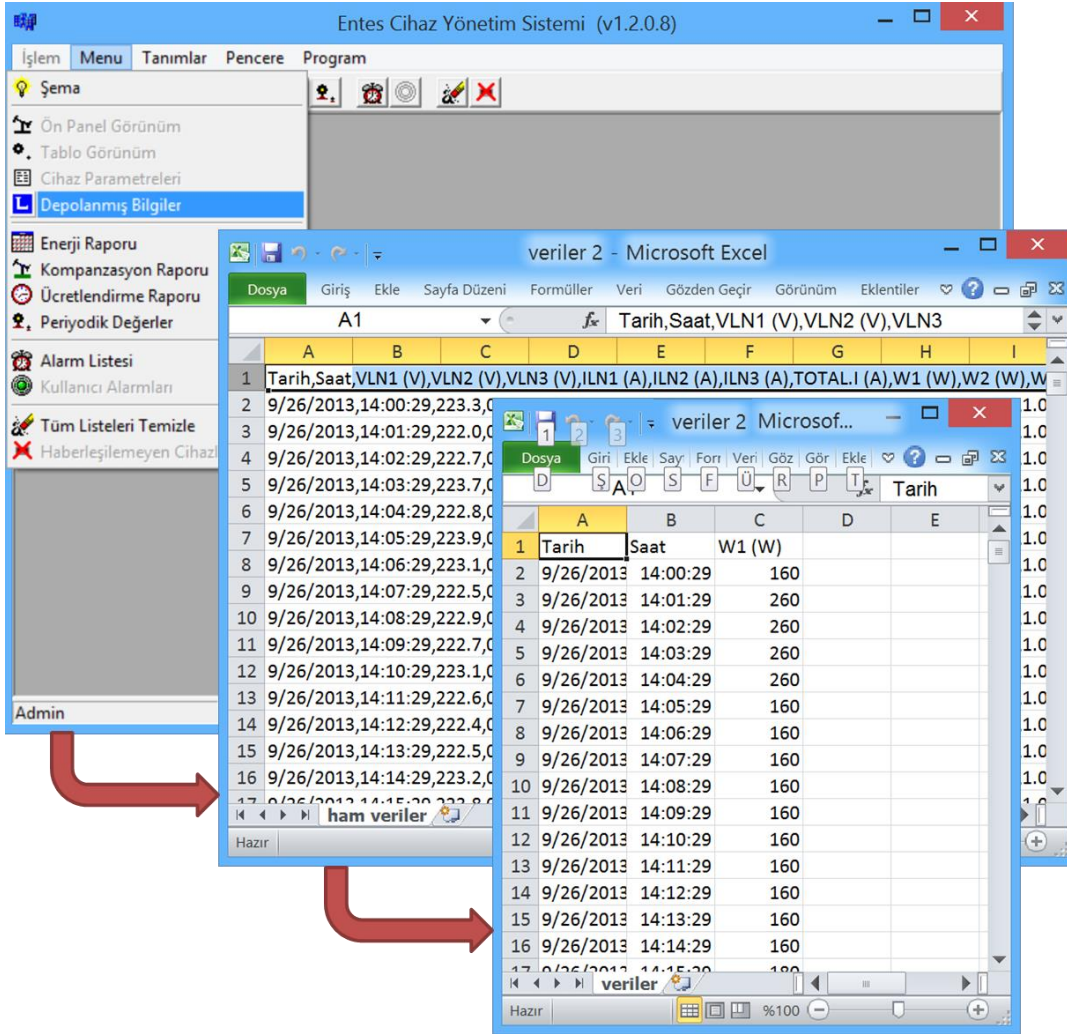
Buna ek olarak, konut içi cihazların herbirinin tüketimlerinin takibini sağlayacak sistemler de kurulabilir. Böylece tüm cihazlar ayrı ayrı izlenerek merkezi bir cihaza veriler aktarılır ve konutun toplam enerji tüketimi detaylı olarak bu merkezi cihazdan alınabilir. Enerji Hanım projesi kapsamında böyle bir çalışma yapılmış ve kısa bir inceleme raporu kamuoyu ile paylaşılmıştır [32].

Enerji Hanım projesi kapsamında Ankara ili içinde 5 hanede abone sayaçlarının yanında belirlenen ev aletlerinin tüketim verileri toplanmış ve analizleri yapılmıştır. Merkez veritabanına aktarım cep telefonu şebekesi üzerinden aktarılırken ev aletlerinin tüketim bilgileri radyo frekansı ağıyla aktarılmıştır. Tüketim verileri 1 dakikalık aralıklarla kaydedilerek yaklaşık 2 aylık bir dönemin incelemesi yapılmıştır.

4.3 Ölçümlerin Derlenmesi

4.3.1 Verilerin toplanması

Kayıtların ölçüm sisteminden bilgisayara aktarımı, ölçüm sisteminin takip edildiği 6 ay süresince 21 kez olmak üzere, Şekil 4.1'deki yapıda belirtildiği şekilde analizör cihaza doğrudan bağlantı yoluyla tamamlanmıştır. Şebeke Analizörü İzleme Programı ile depolanmış bilgiler Şekil 4.6'daki adımlarda da gösterildiği şekilde indirilmiş, ham verilerden tablo oluşturulmuş ve W_1 değerleri zaman etiketleri ile kaydedilmiştir. Verilerin bilgisayara her aktarımı seri bağlantı hızının limitlerinden dolayı 30 dakika civarı sürdüğünden, toplamda yaklaşık 10 saat veri aktarım işlemi sürmüştür; bu aktarımlar esnasında toplamda 41,5 MB veri çekilmiştir.



Şekil 4.6 : Şebeke Analizörü İzleme Programı arayüz ekranı.

4.3.2 Anlamalı veri oluşturma

Verilerin derlenmesi aşamasında ilk olarak 3 sütundan oluşan ve herbirinde 15 bine yakın satır bulunan 21 adet tablo birleştirilmiştir. Ardışık tablolardaki tekrar eden veriler kaldırıldı ve ham veri elde edilmiştir. Nihai halde amaç tek liste halinde 6 aylık verinin elde edilmesi, ham analizör verilerinin bu şartı sağlaması için bir sonraki aşama ise tüm ölçüm bandını içeren taslağın hazırlanmasıdır.

Analiz için ihtiyaç duyulabilecek tüm verileri içeren sütunlarla, tüm ölçüm bandındaki 262080 dakikayı içeren taslak yapı oluşturularak saatlik, günlük, haftalık, aylık vs. analizlerin yapılabilmesi ve ham verinin eşleştirilebilmesi için Çizelge 4.1’de belirtilen şablon tamamlanarak işleme hazır hale getirilmiştir.

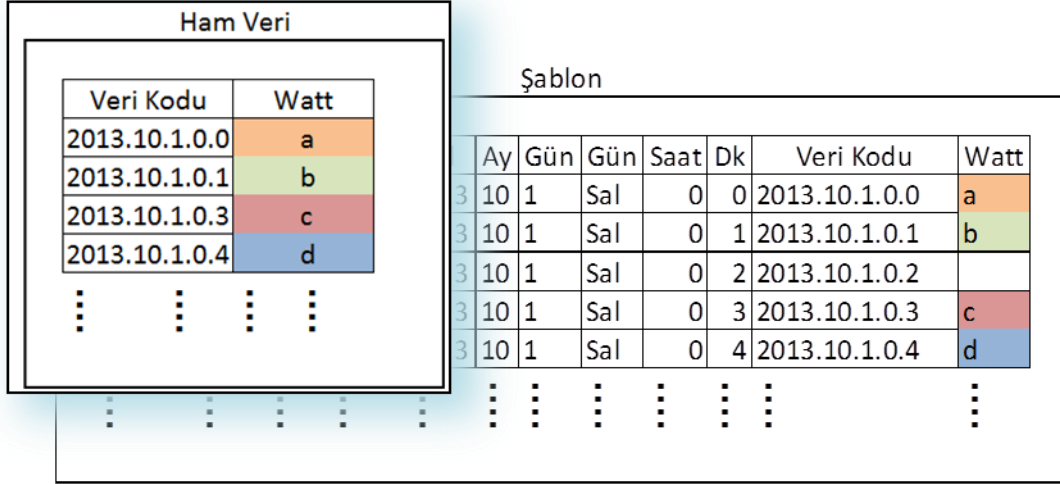
Çizelge 4.1 : Analize uygun veri şablonu.

Veri	Saat	Gün	Hafta	Yıl	Ay	Gün	Gün	Saat	Dk	Veri Kodu	Watt
1	1	1	1	2013	10	1	Sal	0	0	2013.10.1.0.0	
2	1	1	1	2013	10	1	Sal	0	1	2013.10.1.0.1	
3	1	1	1	2013	10	1	Sal	0	2	2013.10.1.0.2	
4	1	1	1	2013	10	1	Sal	0	3	2013.10.1.0.3	
5	1	1	1	2013	10	1	Sal	0	4	2013.10.1.0.4	
.
.
.
262078	4368	182	28	2014	3	31	Pzt	23	57	2014.3.31.23.57	
262079	4368	182	28	2014	3	31	Pzt	23	58	2014.3.31.23.58	
262080	4368	182	28	2014	3	31	Pzt	23	59	2014.3.31.23.59	

Bölüm 5’te detaylı incelenecek yük modeli analizleri için en önemli şart, verinin ölçüm süresi boyunca dakikalık olarak aralıksız ve eksiksiz elde edilmesidir. Ardışık dakikalarda kaybın olmaması olarak tanımlanabilecek aralıksızlık koşulu, veri taslağı ile ham veri arasında kullanılacak formülizasyon ile sağlanmaktadır.

Taslağın tamamlanması sonrasında ham verilerin zaman etiketleri düzenlenerek Çizelge 4.1’de görülen ‘Veri Kodu’ yapısına benzetilmiştir. Bu şekilde tüm ham veriler şablondaki aynı zaman etiketine sahip yere kopyalanmıştır. Şekil 4.7 üzerinden örneklendirecek olursak, şablonda 2013.10.1.0.0 veri kodu, =DÜŞEYARA(L2;’ham veri’!A:B;2;YANLIŞ) formülü ile ham veri tablosunun içinde bulunur ve aynı veri koduna karşılık gelen güç değeri şablona aktarılır.

Toplamda 262000'e yakın veri kodunun karşılıklı sorguları ile şablona aktarımı yüksek işlem güçlü bir bilgisayar kullanılarak 1 saat civarında tamamlanmıştır. Sonuçta, eksik olan verilerin kolayca farkedilebilmesi ve tamamlanabilmesi sağlanarak aralıksızlık ve eksiksizlik sağlanmıştır.



Şekil 4.7 : Ham verinin şablona aktarımı.

Enerji analizörü değerlerinin zaman etiketleri saniye bazında tanımlandığı için, Çizelge 4.2'de belirtildiği üzere örnekleme periyoduna bağlı olarak her 60 dakikada bir ortaya çıkan saniye farkından dolayı, veri eksikliği veya fazlası oluşabilmektedir. Ortaya çıkan eksik veriler kendinden bir önceki ve kendinden bir sonraki verinin ortalaması alınarak tamamlanmış, fazla veriler ise silinmiştir. Elektrik kesintisi durumlarında ise kesinti öncesindeki tüketim profiline uygun şekilde eksik veriler tamamlanmıştır.

Eksik Veri			Fazla Veri		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2.1.2014	01:53:59	250	1.10.2013	07:30:00	170
2.1.2014	01:54:59	250	1.10.2013	07:31:00	170
2.1.2014	01:56:00	250	1.10.2013	07:31:59	170
2.1.2014	01:57:00	240	1.10.2013	07:32:59	280
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Şekil 4.8 : Eksik ve fazla veriler.

Tüm veriler düzenlendikten sonra ölçüm değerlerinin doğruluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple ölçümü yapılan elektrik abonesinin geçmiş dönem tüketim bilgileri hanenin bağlı bulunduğu dağıtım firması SEDAŞ'tan temin edilmiştir. Ölçüm yapılan 6 ay içerisinde 5 fatura dönemi bulunmaktadır. Fatura dönemlerine ait SEDAŞ tüketim değerleri ile fatura dönemindeki günlere ait ölçüm verilerinin tüketim değerlerini içeren tablo Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. 5 fatura dönemi boyunca SEDAŞ tüketim değeri toplamı 1472 kWh, ölçüm verilerine bağlı tüketim değerleri toplamı 1483,6 kWh olup aradaki fark 11,6 kWh'dir. Gün içinde faturalandırılma yapılan saate bağlı olarak ölçüm değerleri ile SEDAŞ kaydı arasında bir fark olması beklenmektedir. Buna rağmen, SEDAŞ kaydı ile ölçüm değerleri arasındaki toplam tüketim farkı oranı %0,78 olup, yapılan ölçümün doğru olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2 : Ölçüm değerleri karşılaştırması.

Fatura Dönemi	SEDAŞ Kaydı	Ölçüm Değeri
23 Ekim - 21 Kasım	295 kWh	297,8 kWh
22 Kasım - 20 Aralık	277 kWh	280,5 kWh
21 Aralık - 21 Ocak	323 kWh	326,5 kWh
22 Ocak - 17 Şubat	271 kWh	273,1 kWh
18 Şubat - 20 Mart	306 kWh	305,7 kWh

5. YÜK MODELİ ANALİZİ

5.1 Pilot Ölçüm Sonuçları

5.1.1 Pilot ev bilgileri

Anlık ölçümün yapıldığı nokta, Kocaeli ili İzmit ilçesi merkezinde bulunan, konut olarak kullanılan bir apartman dairesidir. Toplam kullanım alanı 160 m² olup doğalgaz ile ısınmaktadır. Şekil 5.1’de evin kroki, oda bilgileri ve evde yaşayan kişilerin özet bilgileri görülmektedir.



Bölüm	Oda	Kişi	Cinsiyet	Yaş Grubu
1	Salon 1	1	E	70-75
2	Çocuk Odası	2	K	60-65
3	Banyo 1	3	E	40-45
4	Tuvalet	4	K	35-40
5	Hol	5	K	15-20
6	Yatak Odası 1	6	K	10-15
7	Mutfak	7	K	5-10
8	Salon 2	8	K	0-5
9	Banyo 2			
10	Yatak Odası 2			
11	Balkon			

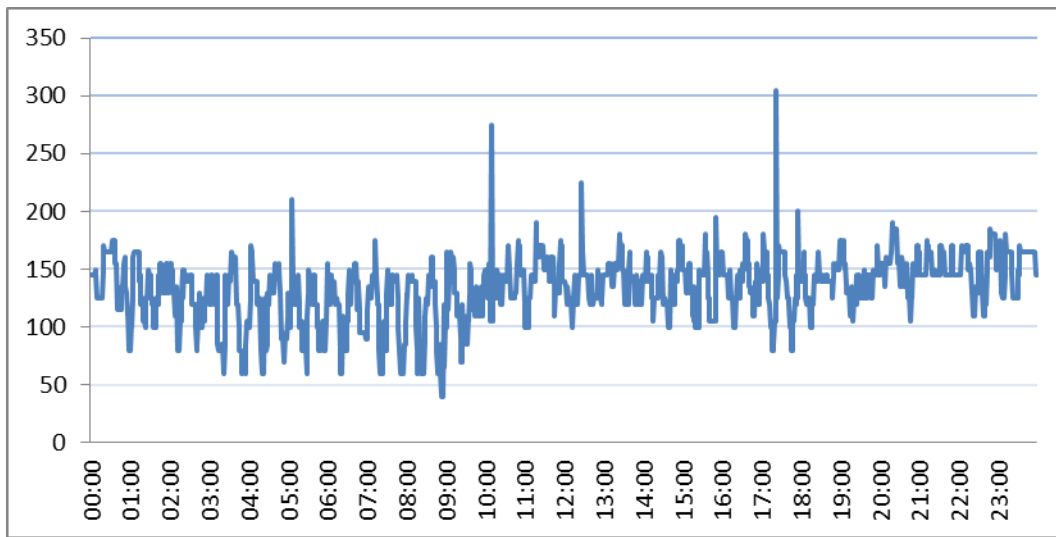
Şekil 5.1 : Pilot ev kroki, oda ve kişi bilgileri.

Konutun toplam kurulu elektrik gücü 24,14kW’tır. Yük tipine bağlı olarak detaylı güç değerleri Çizelge 5.1’de görülmektedir. Kurulu güç içinde elektrik profiline en çok etki edebilecek cihazlar araştırılmıştır. Sürekli kullanılan buzdolabı, periyodik kullanılan çamaşır ve bulaşık makineleri ile her gün yaklaşık belirli saatlerde kullanılan televizyon ve aydınlatma lambaları yük profiline en çok etki eden cihazlardır. Bu cihazların anlık tüketimleri, ölçüm düzeneğinde kullanılmış olan ENTES MPR60S ile aynı model enerji analizörü kullanılarak birkaç günlük süreyle ayrı ayrı ölçülmüştür.

Çizelge 5.1 : Konutun kurulu elektrik gücü.

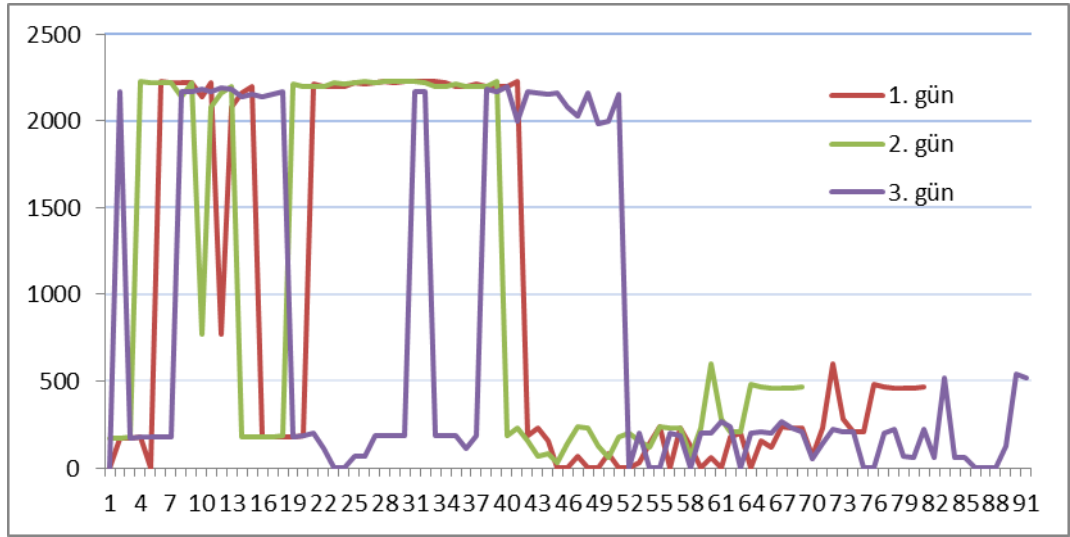
Yük Tipi	Toplam Güç [W]
Aydınlatma	460
TV, PC	370
Buzdolabı	350
Süpürgeler	3500
Çamaşır Makinesi	2500
Bulaşık Makinesi	2300
Ütü	2300
Saç Kurutma Makinesi	1700
Mikrodalga Fırın	1200
Su Isıtıcısı	2800
Fırınlr	3410
Tost Makinesi	1800
Elektrikli mutfak aletleri	1450
Toplam	24140

1 dakikalık periyodlarla 3 gün boyunca buzdolabının elektrik tüketim ölçümü yapılmıştır. Sadece buzdolabı için yapılan bu ölçümden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan ortalama tüketim grafiği Şekil 5.2’de görülebilir. Ölçümü yapılan buzdolabı günlük bazda anlık ortalama 133W güç tüketmektedir.

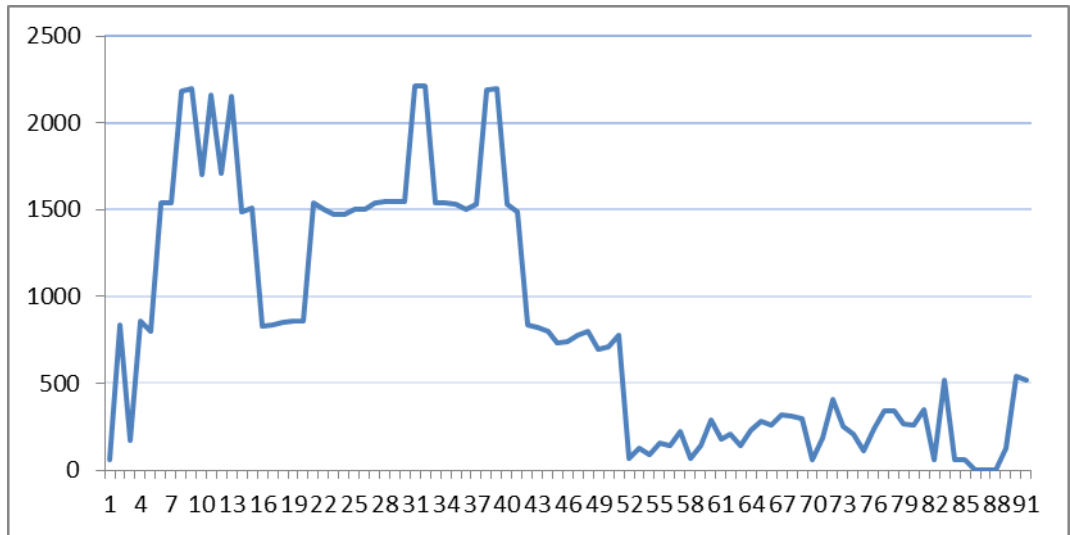


Şekil 5.2 : Buzdolabı günlük ortalama tüketim grafiği.

Çamaşır makinesi için farklı yıkama programlarının tüketim grafiğine etkisi Şekil 5.3'te görülebilir. Şekil 5.4'te sadece çamaşır makinesi için yapılan ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan ortalama tüketim grafiği görülmektedir. Ölçümü yapılan çamaşır makinesi 91 dakikalık program bazında anlık ortalama 834W güç tüketmekte, bu sürede 1,265kWh enerji tüketmektedir. Yapılan ölçümlerde pik güç değerleri birbirine oldukça yakın görülmektedir. Ancak, seçilen programa bağlı olarak kullanım süresi boyunca kaydedilen tüketim eğrileri farklılık göstermektedir.

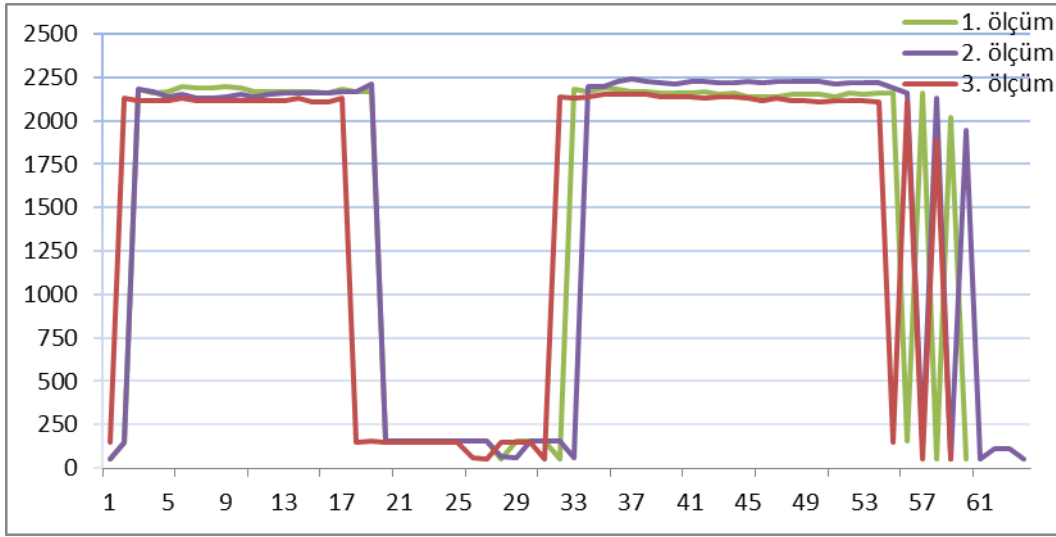


Şekil 5.3 : Çamaşır makinesi yıkama programları tüketim grafikleri.

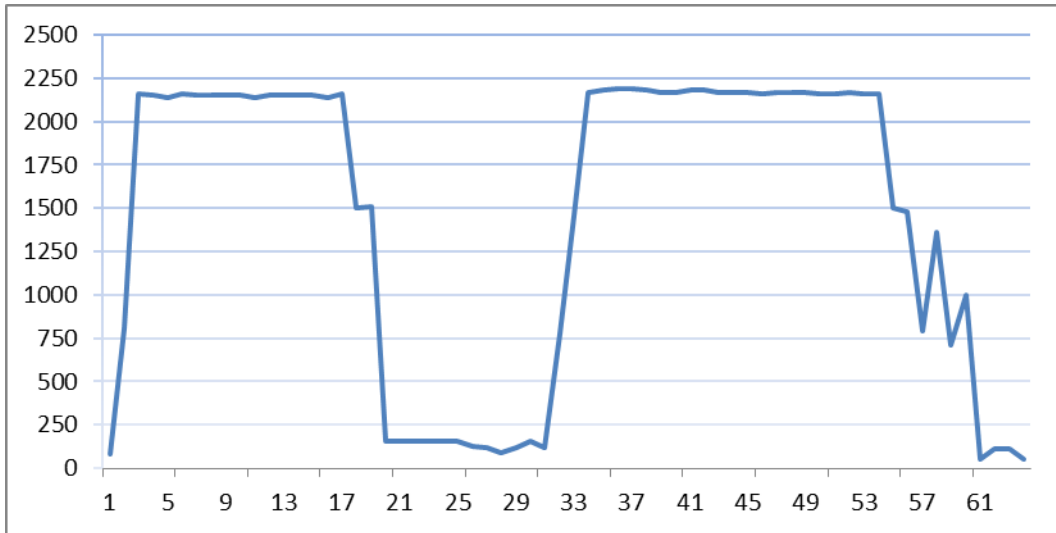


Şekil 5.4 : Çamaşır makinesi yıkama programı ortalama tüketim grafiği.

Bulaşık makinesi için benzer yıkama programlarının tüketim grafikleri Şekil 5.5'te görülebilir. Şekil 5.6'da sadece bulaşık makinesi için yapılan ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan ortalama tüketim grafiği görülmektedir. Ölçümü yapılan bulaşık makinesi 64 dakikalık program bazında anlık ortalama 1,45kW güç tüketmekte, bu sürede 1,55kWh enerji tüketmektedir. Yapılan ölçümlerde pik güç değerleri birbirine oldukça yakın görülmekte, ayrıca kullanım süresi boyunca kaydedilen tüketim değerleri birbirine oldukça benzer tüketim eğrileri oluşturmaktadır.

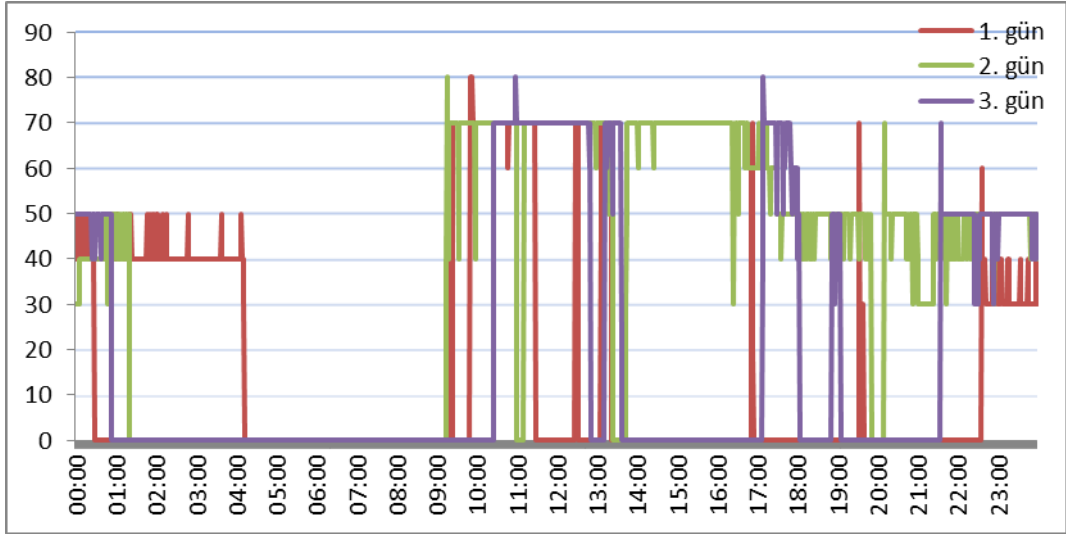


Şekil 5.5 : Bulaşık makinesi yıkama programları tüketim grafikleri.



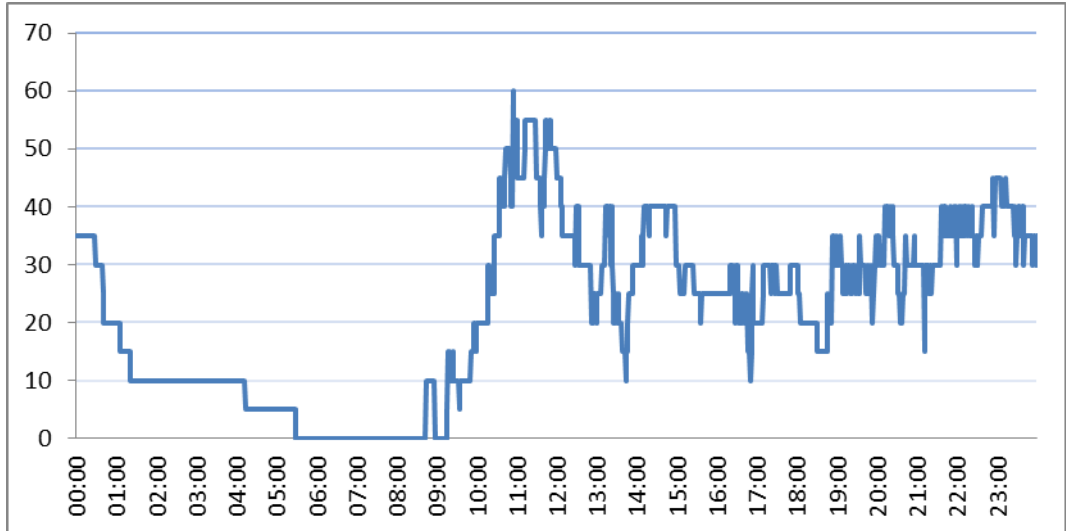
Şekil 5.6 : Bulaşık makinesi yıkama programı ortalama tüketim grafiği.

1 dakikalık periyodlarla 3 gün boyunca televizyonun elektrik tüketim ölçümü yapılmış ve 24 saatlik süreyi gösterecek şekilde Şekil 5.7’de görülen karşılaştırmalı grafik hazırlanmıştır.



Şekil 5.7 : Televizyon günlük tüketim grafikleri.

Sadece televizyon için yapılan ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan ortalama tüketim grafiği Şekil 5.8’de görülebilir. Ölçümü yapılan televizyon günlük ortalama 22W güç tüketmektedir. Aydınlatma güç profilinin oluşturulmasında televizyon günlük tüketim saatleri referans olarak kullanılmıştır.

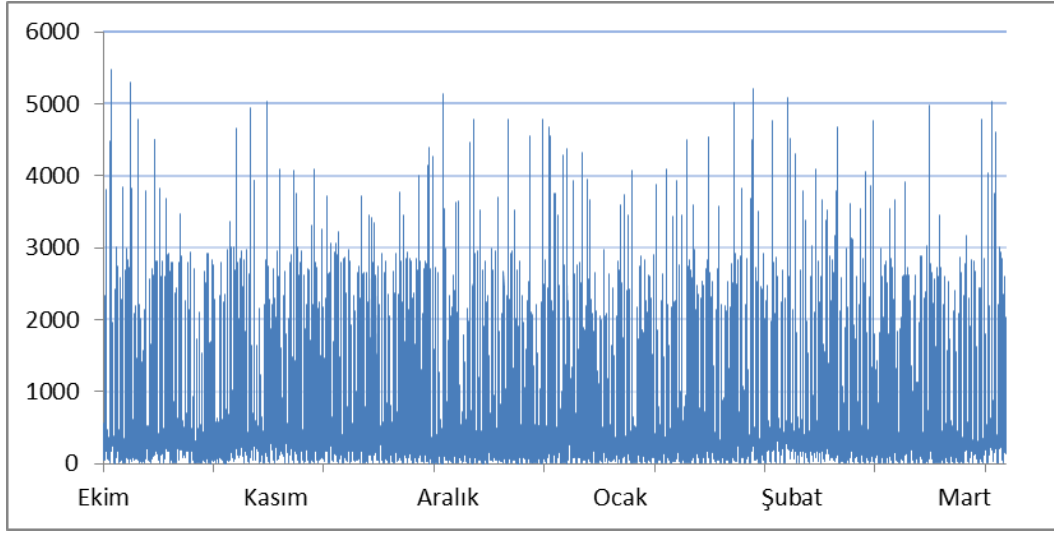


Şekil 5.8 : Televizyon günlük ortalama tüketim grafiği.

5.1.2 Pik ve ortalama değer analizleri

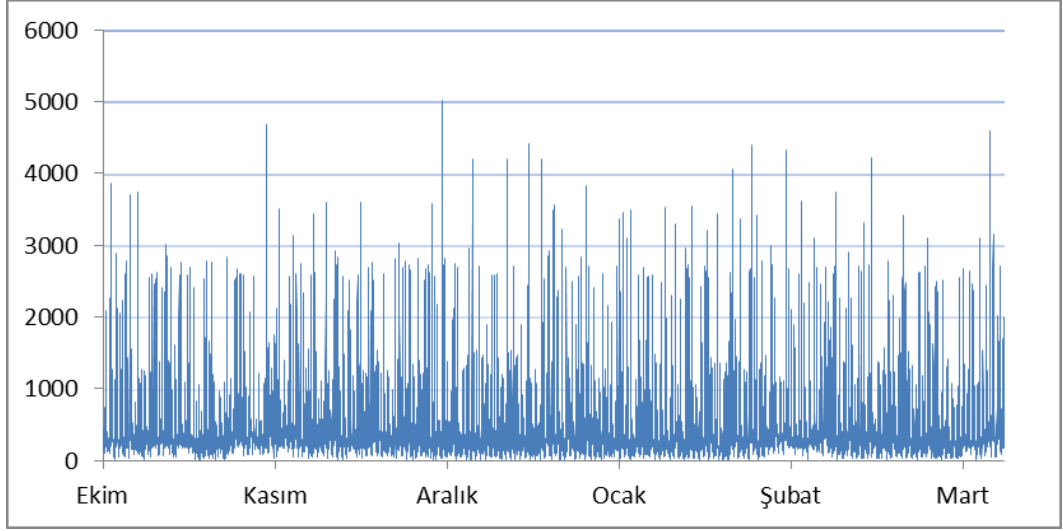
Enerji ölçümünde, sistem boyutlandırmasında ve yapılacak diğer analizlerde en önemli maddelerden biri tüketimin en yüksek olduğu anlardır ve pik tüketim olarak adlandırılır. Ölçülen tüketim verileri dakikalık olarak Watt cinsinden Şekil 5.9'da verilmiştir.

Pilot ev ölçümlerinde yapılan incelemede 6 ay süresince, anlık 5kW üstü kullanımların toplamda 25 dakika, 4kW-5kW aralığındaki kullanımların toplamda 273 dakika, 3kW-4kW aralığındaki kullanımların toplamda 679 dakika, 2kW-3kW aralığındaki kullanımların ise toplamda 8719 dakika olduğu görülmüştür.



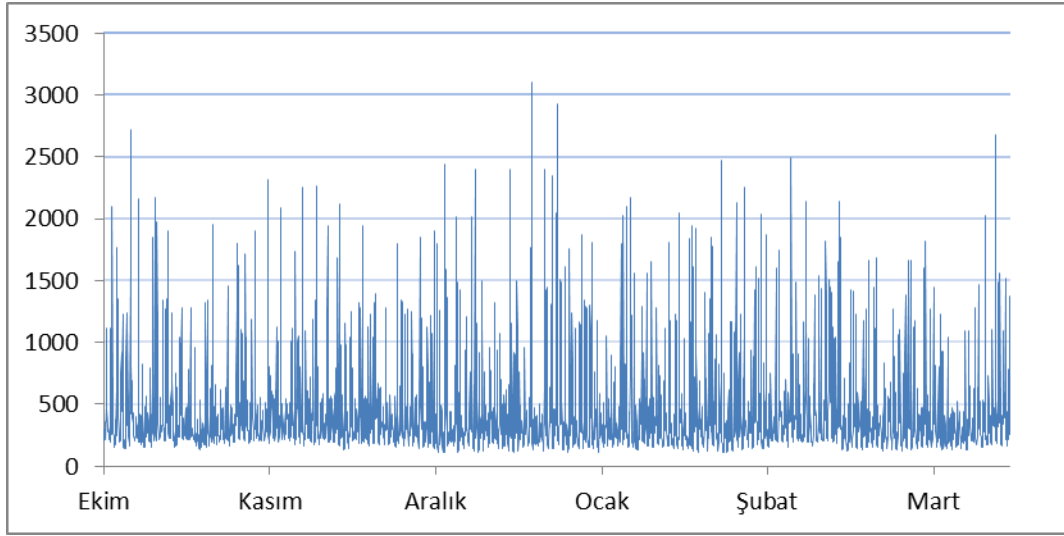
Şekil 5.9 : Dakikalık tüm ölçüm değerleri.

Şekil 5.10'daki 10 dakikalık tüketim verileri incelendiğinde, anlık 5kW güç talebinin bir kez, 4kW-5kW arası anlık güç talebinin ise 10 kez olduğu grafikten görülmektedir.



Şekil 5.10 : 10 dakikalık ortalama tüm ölçüm değerleri.

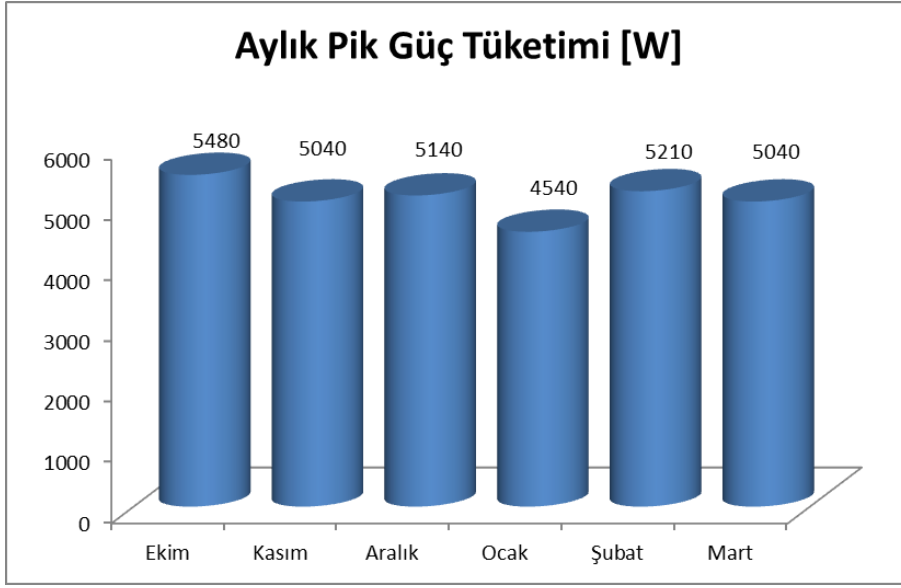
Şekil 5.11’de tüm ölçüm değerleri, 1 saatlik ortalamalar olarak düzenlenip grafiklendirilmiştir. 1 saat boyunca anlık 3kW gücün bir kez kullanıldığı, 2,5kW-3kW arası anlık gücün ise üç kez kullanıldığı grafikten görülmektedir.



Şekil 5.11 : Saatlik ortalama tüm ölçüm değerleri.

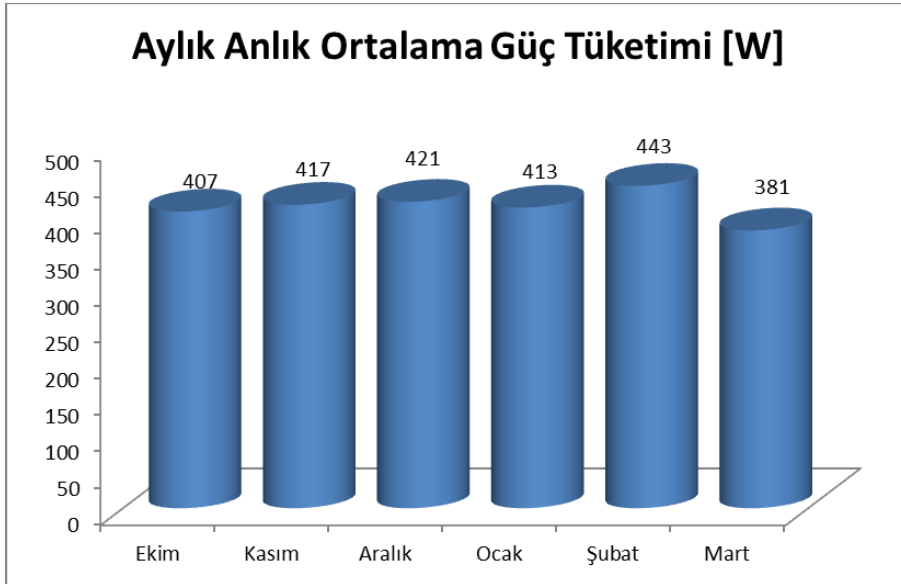
5.1.3 Aylara bağlı analizler

Ölçümün yapıldığı Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları ayrı ayrı incelendiğinde pik tüketim değerleri Ocak ayı hariç birbirine yakın görülmüştür. Şekil 5.12’de karşılaştırmalı olarak da görülebileceği üzere Ekim ayında 5480W, Kasım ayında 5040W, Aralık ayında 5140W, Ocak ayında 4540W, Şubat ayında 5210W ve Mart ayında 5040W pik kullanım yapılmıştır.



Şekil 5.12 : Aylık Anlık Pik Güç Tüketim Değerleri.

Ortalama tüketim değerleri ise en yüksek Şubat, en düşük Mart ayında görülmüştür. Şekil 5.13'te karşılaştırmalı olarak görülebileceği üzere Ekim ayında 407W, Kasım ayında 417W, Aralık ayında 421W, Ocak ayında 413W, Şubat ayında 443W ve Mart ayında 381W tüketim ortalaması hesaplanmıştır.



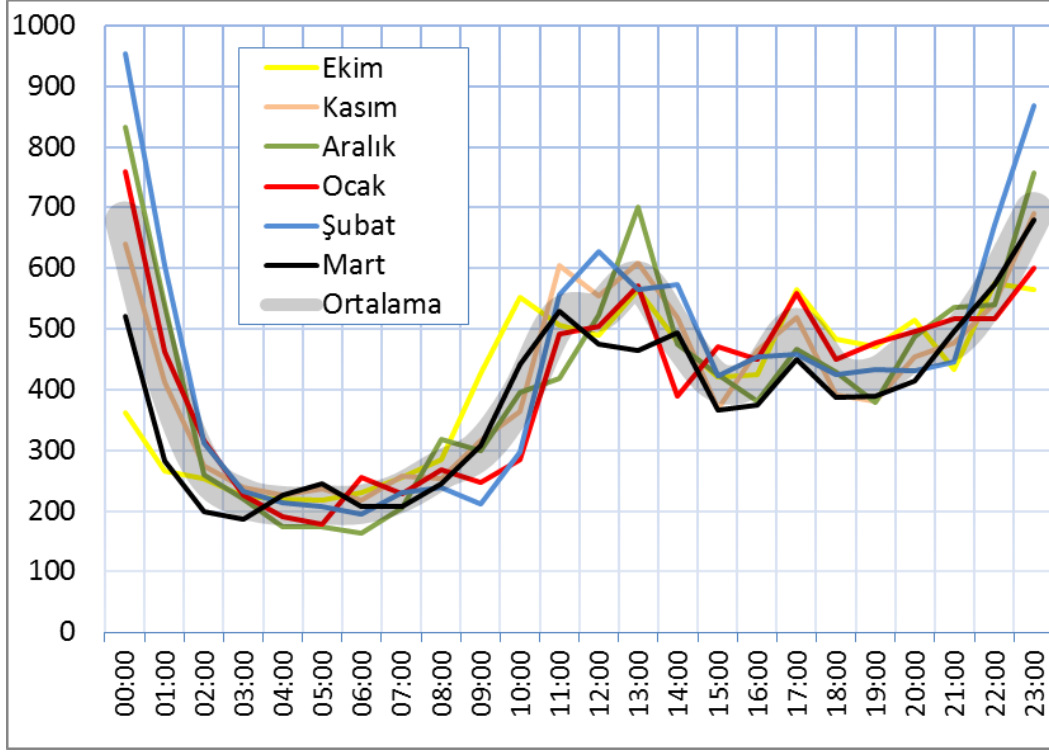
Şekil 5.13 : Aylık Ortalama Güç Tüketim Değerleri.

Ortalama güç tüketimi, pik kullanım detayları ve aylara bağlı tüketimin tamamı EK B'deki grafikte görülebilir. Aylık tüketim değerlerinin 10 dakikalık ortalama grafiği EK C'de, 1 saatlik ortalama grafiği EK D'de görülmektedir. Ölçüm yapılan 182 günün ortalama tüketim verileri hesaplanmış ve aylara bağlı olarak grafiklendirilmiştir. Her ay için ayrı olarak belirtilmiş şekilde günlük ortalama verileri içeren grafik EK E'de görülmektedir.

Tüketim eğrilerine, ortalama tüketim değerlerine ve pik değerlerine göre her ayın ölçüm değerleri ayrı ayrı incelenmiş, 1 dakikalık tüm ölçüm verileri kullanılarak yapılan analizlerde Kasım ayının ortalama tüketim değerine en yakın değere sahip olduğu görülmüştür. En yüksek pik kullanımının olduğu ayın Ekim, ortalama tüketim değerinin en yüksek olduğu ayın Şubat olduğu görülmektedir.

Bu analizler tüm ay göz önüne alınarak yapılmış, buna ek olarak ayların bir güne indirgenmiş ortalama tüketim değerleri de hesaplanmıştır. Örneğin Ekim ayı içindeki tüm günlerin 05:38 dakikalarının güç değerleri ortalaması alınmış ve böylece bir gündeki 1440 dakikanın ortalama değerlerinden indirgenmiş ortalama tüketim grafikleri elde edilmiştir. EK F'de bir güne indirgenmiş tüketim değerleri tüm aylar için dakikalık bazda, EK G'de ise 10 dakikalık bazda gösterilmektedir. 10 dakikalık bazda karşılaştırmalı grafik için EK H incelenebilir.

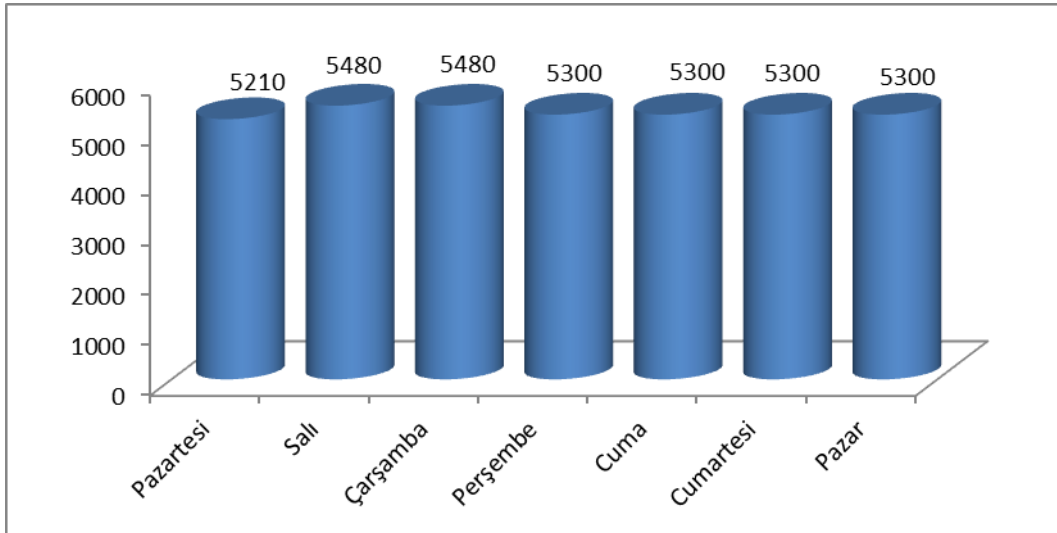
İndirgenmiş değerlerin aylara bağlı karşılaştırmalarında, EK F ve EK G'de bulunan grafikler veri sıklığından dolayı bilgilendirmede yetersiz kalmaktadır. Ay bazlı tüketim değerlerinin karşılaştırılması için güne indirgenmiş ortalama tüketim değerleri kullanılmıştır. Şekil 5.14'de saatlik ortalama değerleri kullanılarak elde edilen indirgenmiş grafik görülmektedir. Her ay için 24 değer kullanılarak tüketim profilleri elde edilmiştir. Gri renkle belirtilen eğri, tüm ayların bir güne indirgenmiş ortalama tüketim verilerinden oluşmaktadır. Tüm ayların ortalaması ile ayların ayrı ayrı ortalamalarının yüksek oranda örtüştüğü görülmektedir. Grafiğe bakarak, kullanım alışkanlıklarının aylara bağlı olmadığı söylenebilir. Ortalama tüketim profiline en yakın ayın Kasım olduğu görülmektedir.



Şekil 5.14 : İndirgenmiş aylara bağlı saatlik tüketim değerleri.

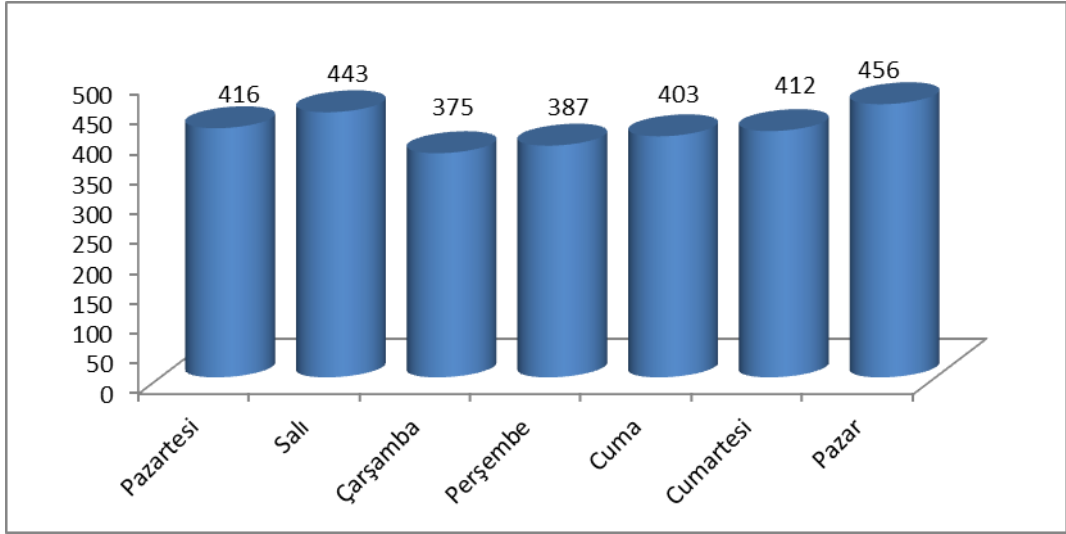
5.1.4 Günlük bazda analizler

Haftanın günleri ayrı ayrı incelendiğinde pik tüketim değerlerinin birbirine çok yakın olduğu gözlenmektedir. Günlere bağlı pik güç tüketimi değerleri Şekil 5.15'te görülebileceği üzere 5210W-5480W arasında değişmektedir.



Şekil 5.15 : Günlük pik güç tüketim değerleri.

Günlük ortalama güç tüketim değerleri ise en yüksek Pazar gününde 456W olarak, en düşük Çarşamba gününde 375W olarak görülmüştür. Şekil 5.16'daki grafikte de görülebileceği üzere günlük ortalama güç tüketim değişimi 80W mertebesinde.



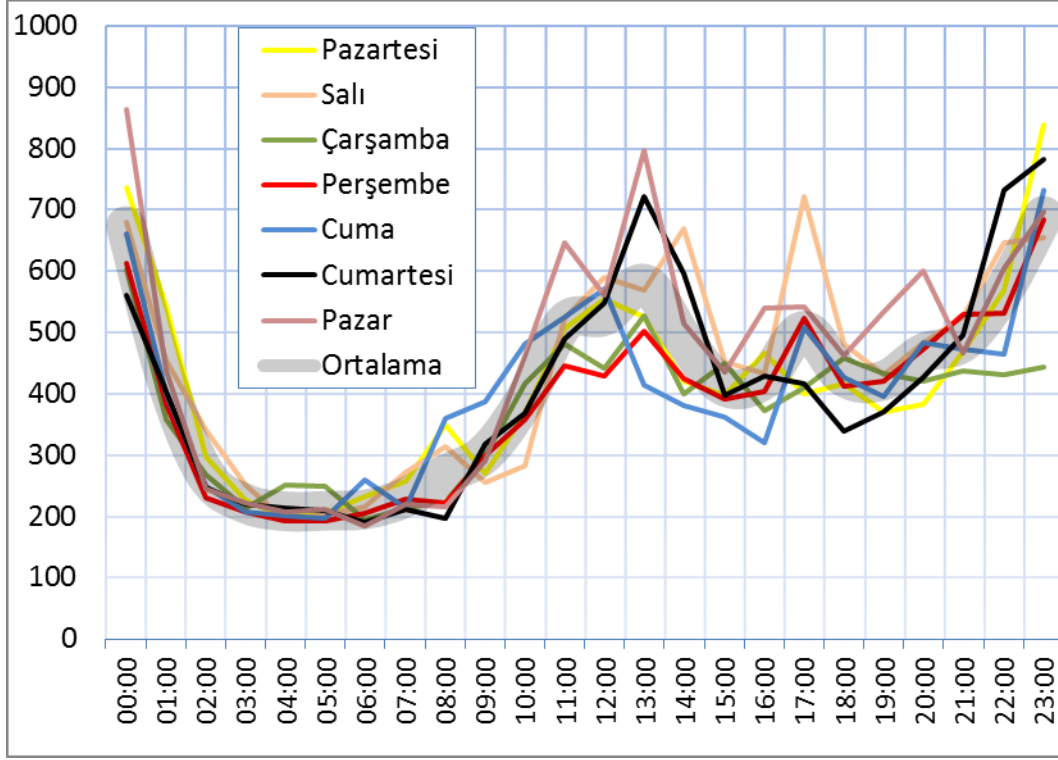
Şekil 5.16 : Günlük anlık ortalama güç tüketimi.

Ortalama güç tüketimi, pik kullanım detayları ve haftanın günlerine bağlı tüketimin 24 saate indirgenmiş hali EK I'daki grafiklerde görülebilir. Güne bağlı tüketim değerlerinin 10 dakikalık ortalama grafikleri EK J'de, günlük bazda indirgenmiş 10 dakikalık karşılaştırmalı grafik EK K'da görülebilir.

Haftanın günlerindeki tüm veriler kullanılarak yapılan analizlerde ortalama tüketim değerine ve ortalama tüketim profiline en yakın değere sahip günün Pazartesi olduğu görülmüştür. En yüksek pik kullanımının olduğu günlerin Salı ve Çarşamba, ortalama tüketim değerinin en yüksek olduğu günün Pazar olduğu görülmüştür.

Bu analizler Bölüm 5.1.3'te anlatıldığı üzere haftanın günlerinin bir güne indirgenmiş ortalama tüketim değerleri hesaplanarak yapılmıştır.

İndirgenmiş değerlerin günlere bağlı karşılaştırmalarında, EK I ve EK J'de bulunan grafikler veri sıklığından dolayı bilgilendirmede yetersiz kalmaktadır. Şekil 5.17'de saatlik ortalama değerleri kullanılarak elde edilen indirgenmiş grafik görülmektedir. Aylardan farklı olarak tüm günlerin ortalaması ile haftanın günlerinin ayrı ayrı ortalamaları düşük oranda örtüşmektedir. Grafiğe bakarak, kullanım alışkanlıklarının günlere bağlı olduğu söylenebilir.



Şekil 5.17 : İndirgenmiş günlere bağlı saatlik tüketim değerleri.

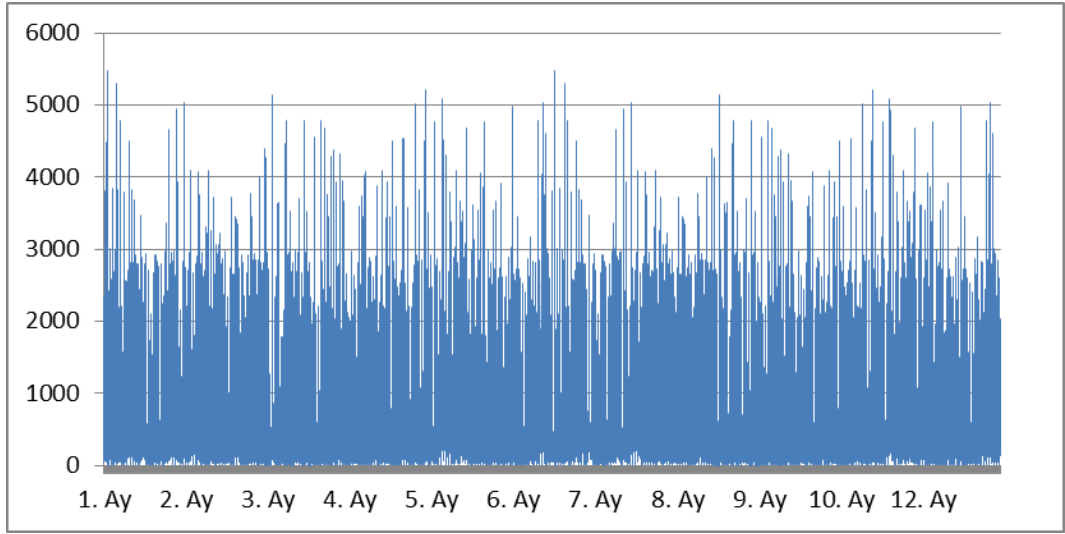
5.2 Yükseltgenmiş Yıllık Yük Modelleri

Yapılan ölçümlerin simülasyonlarda kullanılabilir hale gelmesi için 365 günlük verinin sağlanması gerekmektedir. Yapılan ölçümün dakikalık periyotta 6 aylık veriyi içerdiği göz önüne alınırsa yıllık yük modelinin çıkartılması için mevcut verinin çoğaltılması gerekecektir. Bu yükseltgeme işlemi ile 1 dakikalık ortalama için 525600 veri, 10 dakikalık ortalama değeri kullanmak için 52560 ve 1 saatlik ortalama değerler için 8760 veri sağlanmıştır.

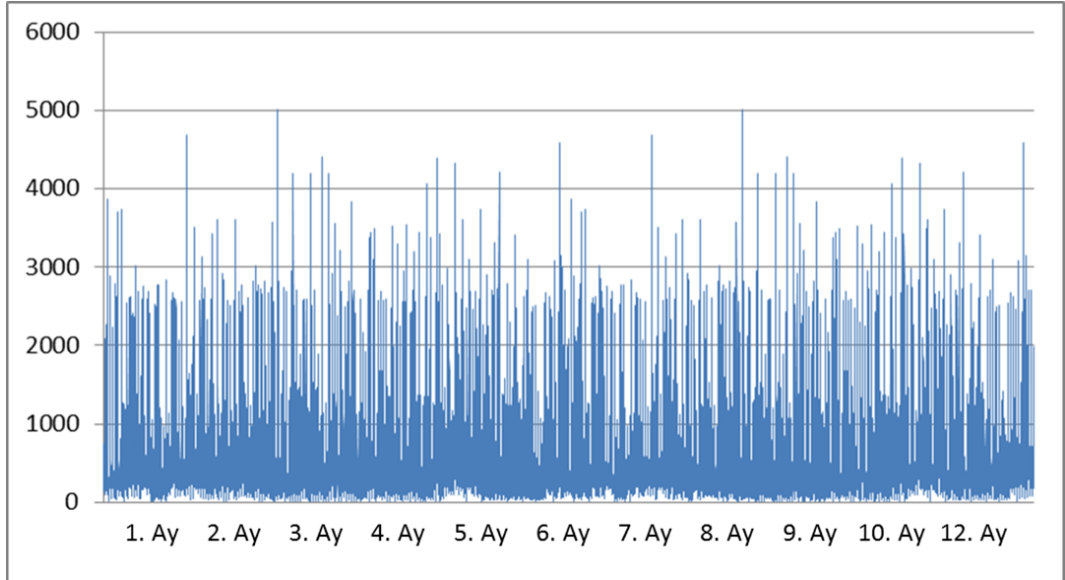
Bölüm 5.1'deki veriler kullanılarak oluşturulacak herbir veri grubu VG1, VG2,... olarak tanımlanacak ve örnekleme periyodunu belirten sayı eklenerek adlandırılacaktır. Böylece tüm veri grupları, içerdiği verilerin zamanını ve veri çözünürlüğünü içeren bir kodla tanımlanabilecektir. Örneğin VG3_10, 10 dakikalık ortalama değeri içeren ve Ekim ayı tüketim değerleri kullanılarak oluşturulan üçüncü veri grubudur.

5.2.1 Tüm verilerle yıllık yük modeli

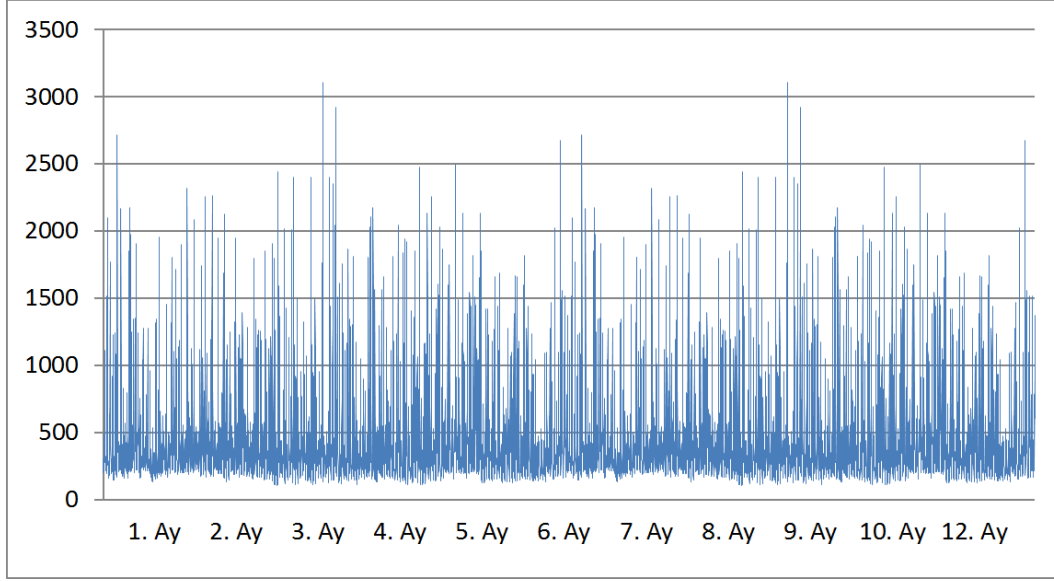
Mevcut tüm verilerin iki kez tekrarlanması sonucu oluşan dizi VG1_1 olarak tanımlanmıştır. VG1_1 simülasyonlarda girdi olarak kullanılacak verilerin ilkinin oluşturur ve Şekil 5.18'deki grafikte görülmektedir. Şekil 5.19 ve 5.20'de ise 10 dakikalık ve 1 saatlik ortalama değerlerden oluşan VG1_10 ve VG1_60 grafikleri görülmektedir. Amaç, 6 aylık bir ölçüm sonucu elde edilen tüketim verisinin hibrit sistem boyutlandırmasındaki etkisini ölçmektir.



Şekil 5.18 : VG1_1 yük modeli.



Şekil 5.19 : VG1_10 yük modeli.



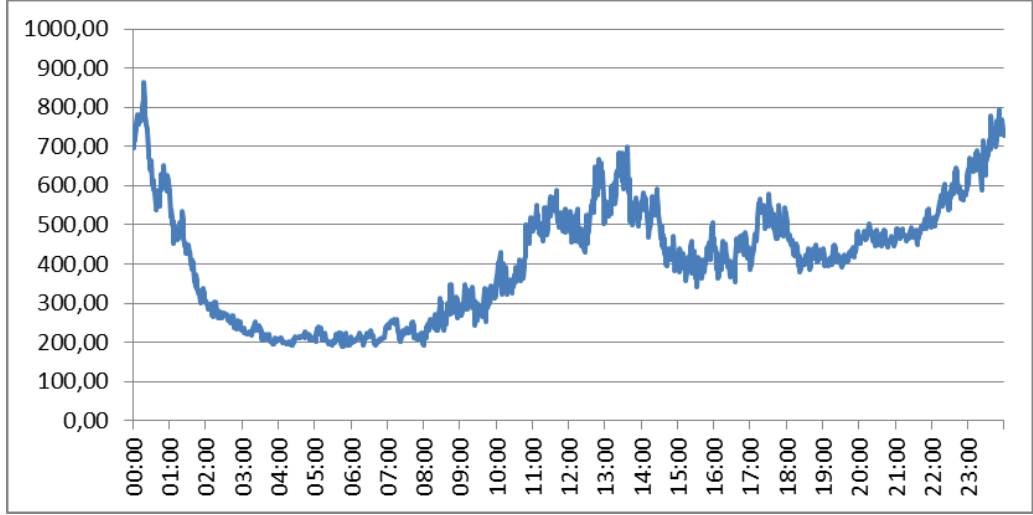
Şekil 5.20 : VG1_60 yük modeli.

5.2.2 Ortalama değerle yıllık yük modeli

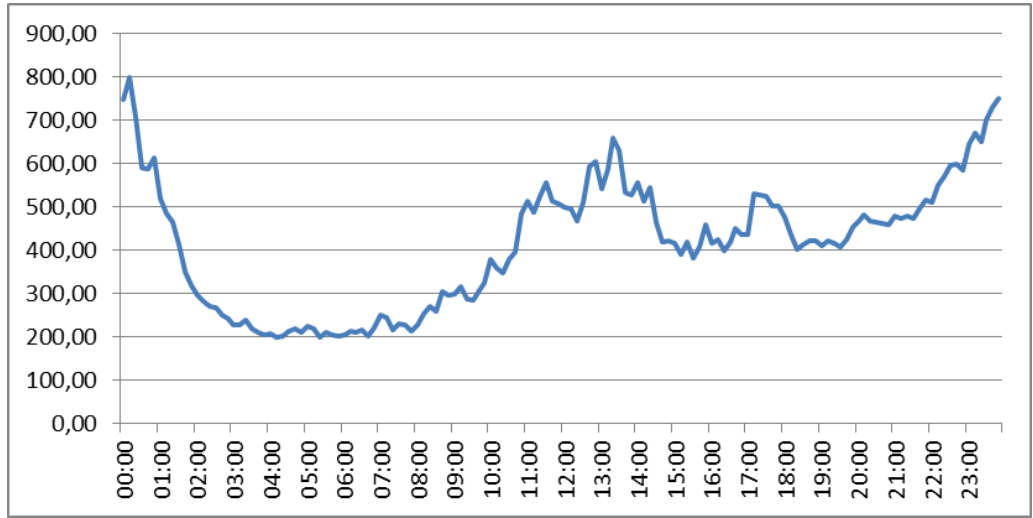
Ölçüm yapılan 182 gün boyunca tüketim değerleri dakikalık olarak kaydedilmiştir. Toplamda 262080 dakikalık (182x1440) tüketim değeri bulunmaktadır. Her bir günde günün 1. dakikasını olan 00:00'dan başlayarak 1440. dakikasını olan 23:59'a kadar 1440 adet güç değeri bulunmaktadır.

Ortalama değer hesaplanırken ilk olarak 182 günün 1. dakika (00:00) güç değerlerinin ortalaması alınır ve kaydedilir. Sırasıyla 182 günün 2. dakikalarının (00:01), 3. dakikalarının (00:02),... ve 182 günün 1440. dakikalarının ortalaması alınır ve kaydedilir. Ortalama değer 24 saatlik veri içermekte, yani 1440 değerden oluşmaktadır. Elde edilen 24 saatlik veri 365 kez tekrar edilerek yıllık yük modeli oluşturulur.

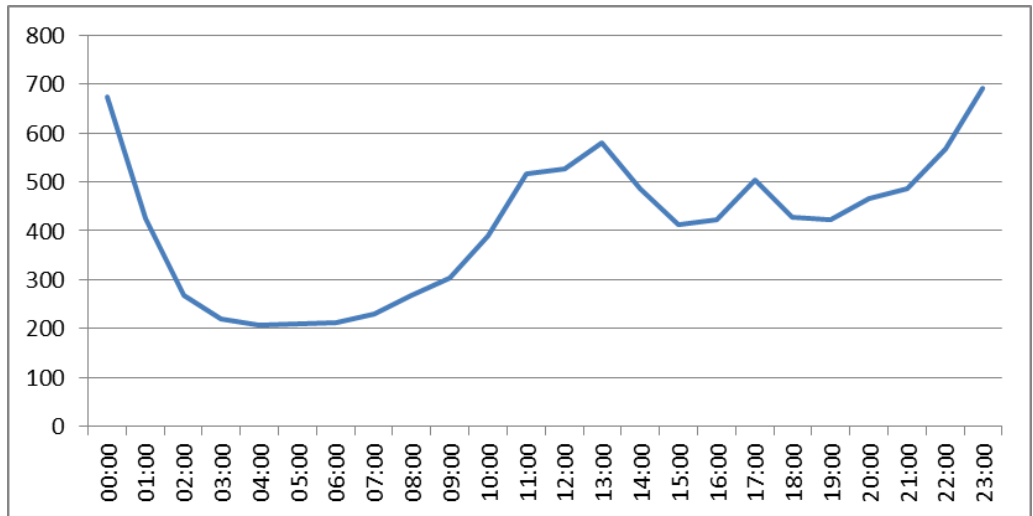
Grafikte veri sıklığına bağlı olarak yük profilinin anlaşılmasından dolayı 1 günlük veriyi içeren grafikler eklenmiştir. Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'te ortalama değerle yıllık yük modeli verilerinin 1 dakika, 10 dakika ve 60 dakikalık grafikleri görülmektedir. Veri çözünürlüğü azaldığında, tüketim trendleri çok değişmemekte, pik güç değerleri ise grafiklerde de görülebileceği üzere 10 dakikalık ve 60 dakikalık veri gruplarında azalmaktadır.



Şekil 5.21 : VG2_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.



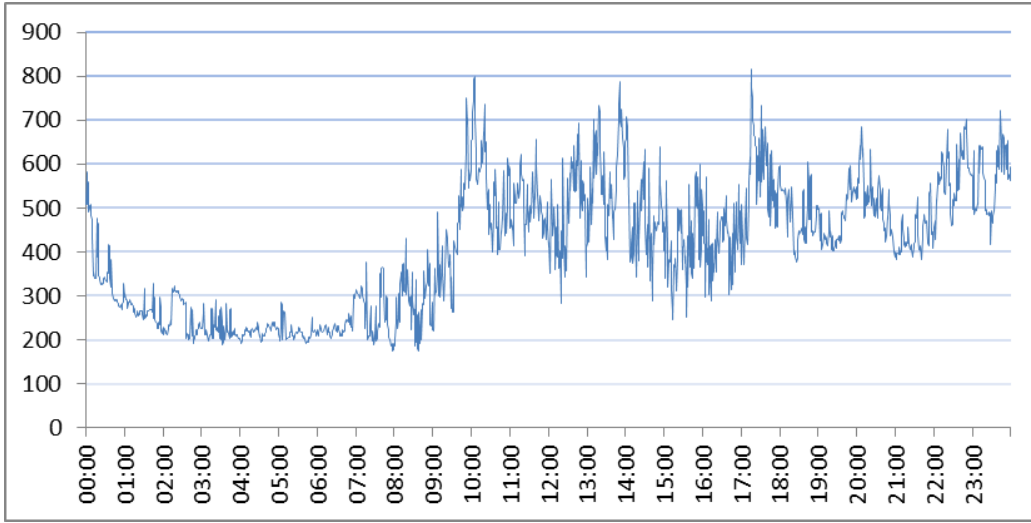
Şekil 5.22 : VG2_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.



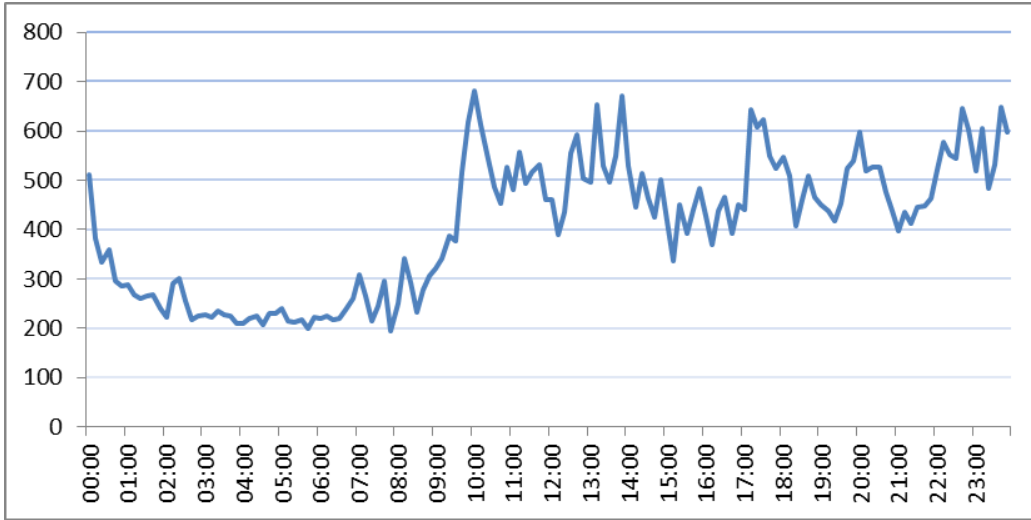
Şekil 5.23 : VG2_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

5.2.3 Aylık verilerle yıllık yük modelleri

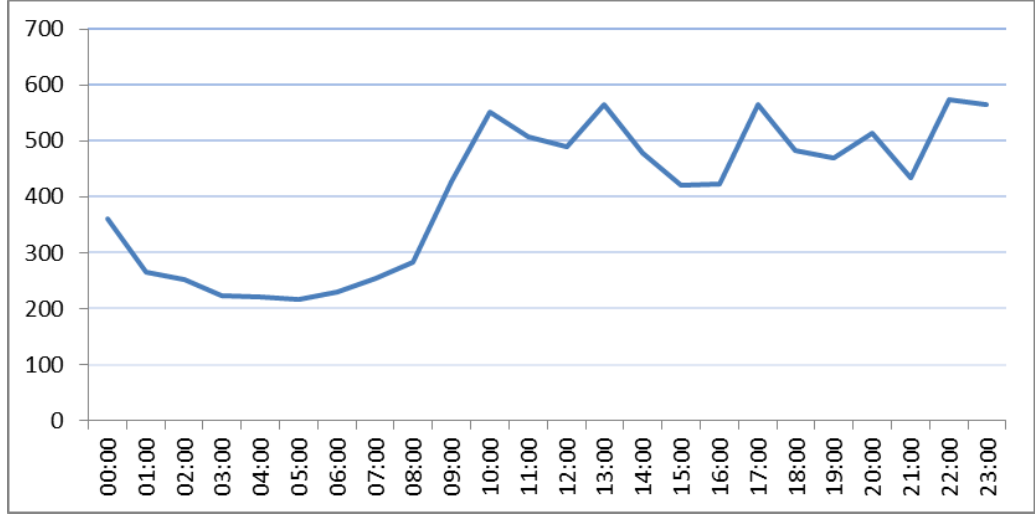
Ölçüm sonuçları Bölüm 5.1.3'te incelenen, ortalama tüketim değeri en yüksek olan Şubat ayı ile anlık pik güç tüketimi en yüksek olan Ekim ayı yıllık yük modeli oluşturmada kullanılacaktır. Herbir ayın verileri 12 kez tekrarlanarak yıllık yük modeli oluşturulur. Grafikte veri sıklığına bağlı olarak yük profilinin anlaşılmasından dolayı 1 aylık veriyi içeren grafikler eklenmiştir. Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da Ekim ayı verilerinin grafikleri görülmektedir.



Şekil 5.24 : VG3_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.

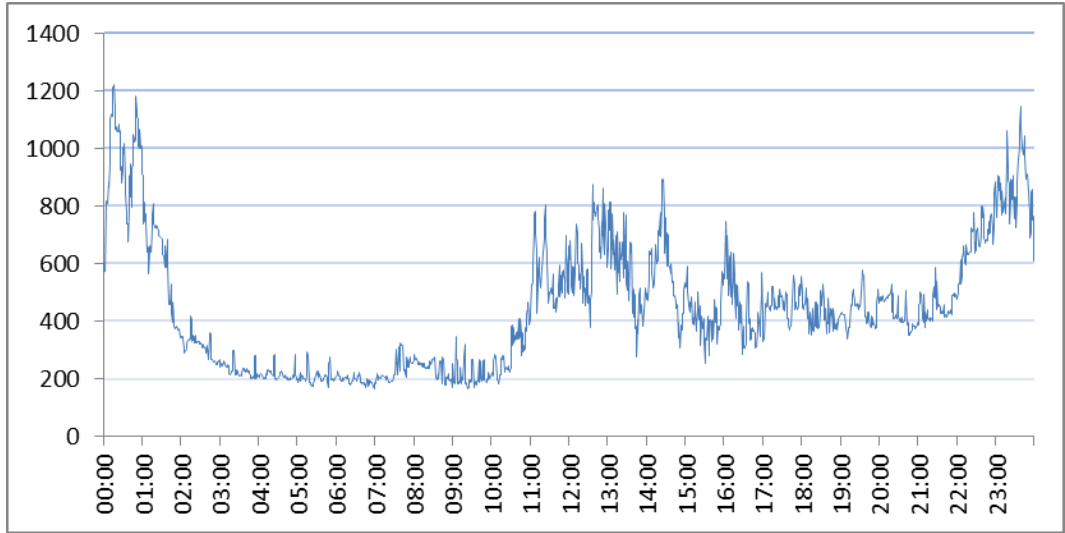


Şekil 5.25 : VG3_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.

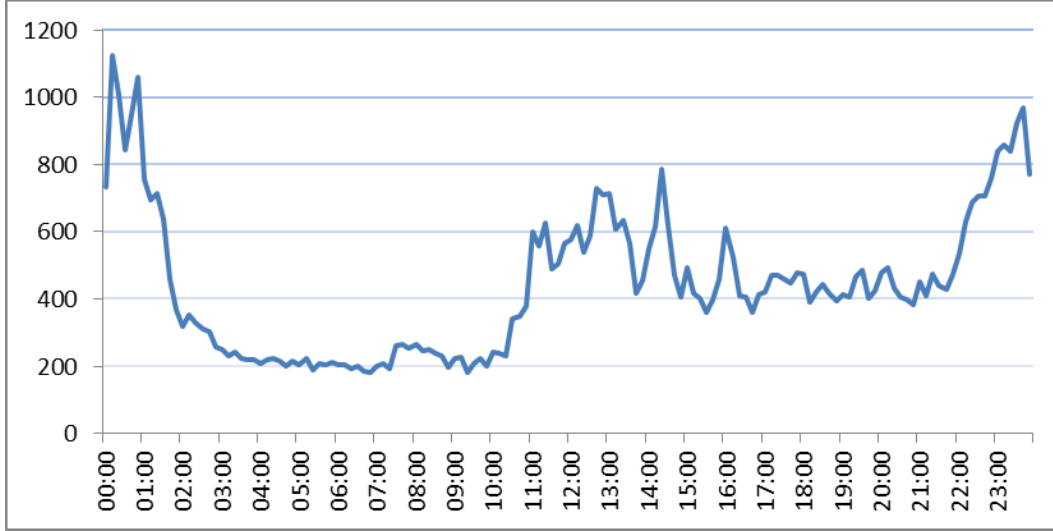


Şekil 5.26 : VG3_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

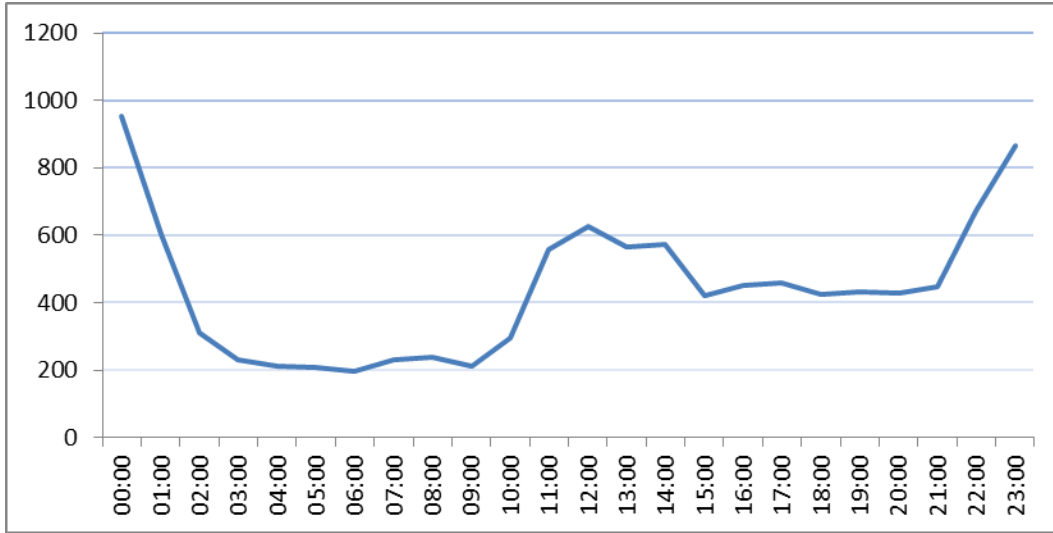
Ölçülenler içinde en çok elektrik tüketilen ay olan Şubat'a ait grafikler Şekil 5.27, Şekil 5.28 ve Şekil 5.29'da görülmektedir.



Şekil 5.27 : VG4_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.



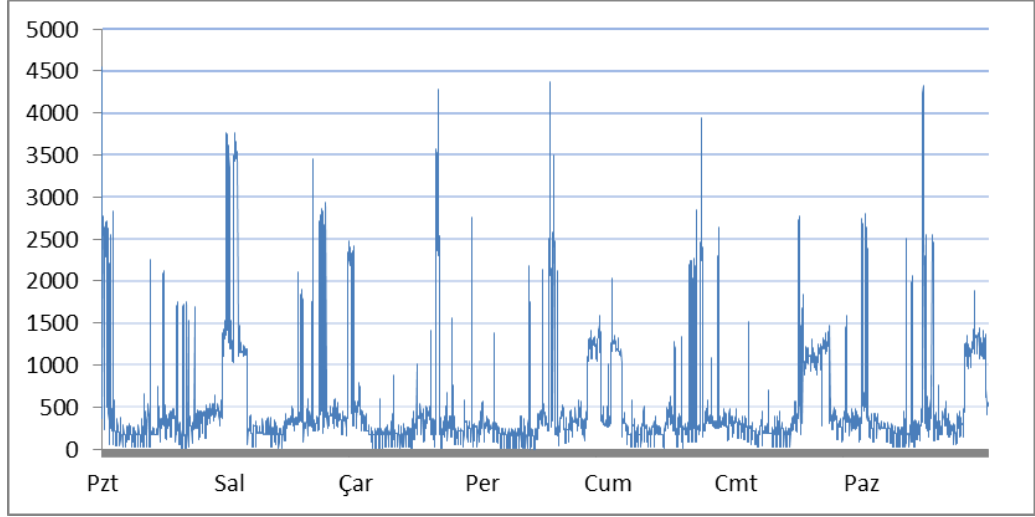
Şekil 5.28 : VG4_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.



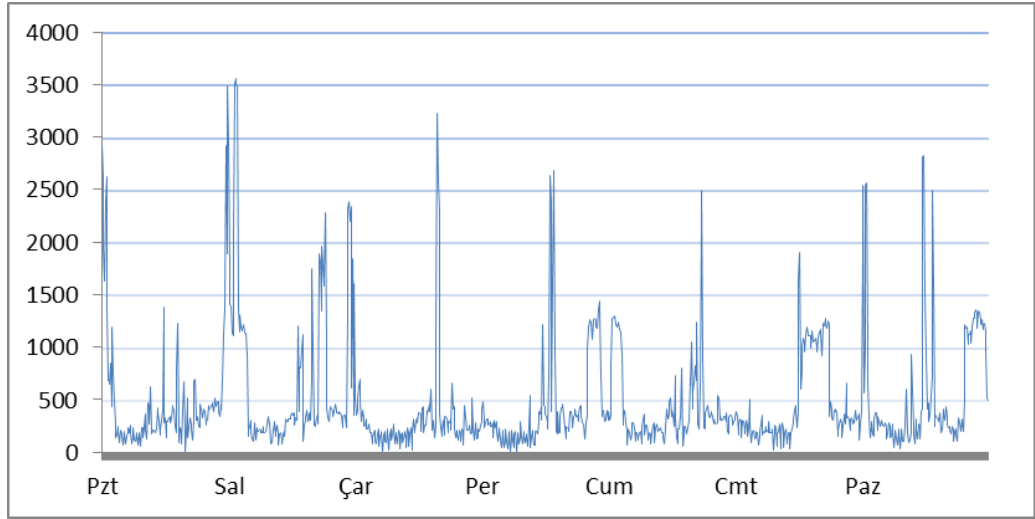
Şekil 5.29 : VG4_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

5.2.4 Haftalık verilerle yıllık yük modeli

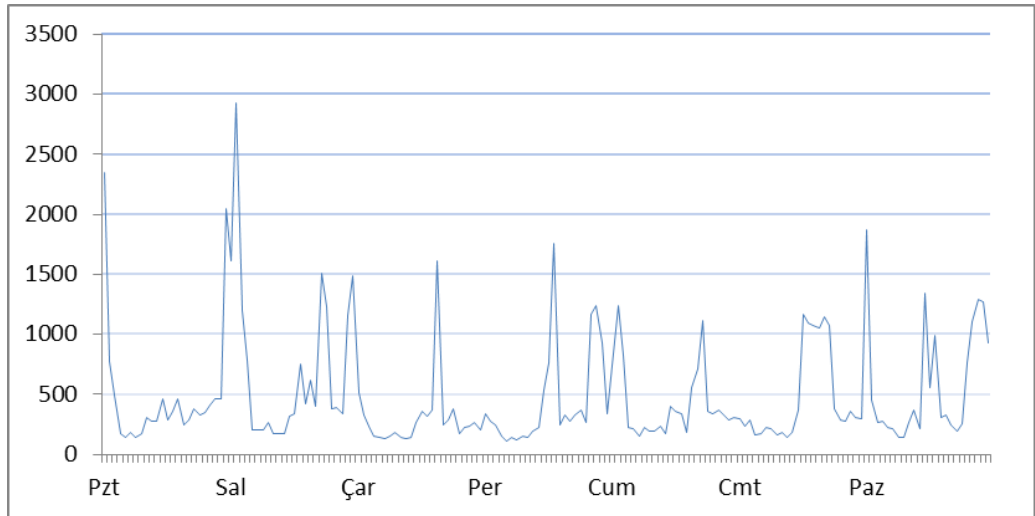
Ölçüm yapılan 28 hafta boyunca, ortalama yük değeri en yüksek hafta 14. Ölçüm haftası; ortalama yük değeri en düşük hafta 26. Ölçüm haftası olmuştur. Aralık ayının son günü ve Ocak ayının ilk günlerinden oluşan 14. Haftada, ortalama 489W güç tüketilmiştir. 17-24 Mart arasını oluşturan 26. Haftada ise ortalama 318W güç tüketimi olmuştur. Grafikte veri sıklığına bağlı olarak yük profilinin anlaşılmasından dolayı sadece 1 haftalık veriyi içeren grafikler eklenmiştir. Şekil 5.30, Şekil 5.31 ve Şekil 5.32’de 14. Haftanın verilerinin grafikleri görülmektedir.



Şekil 5.30 : VG5_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.

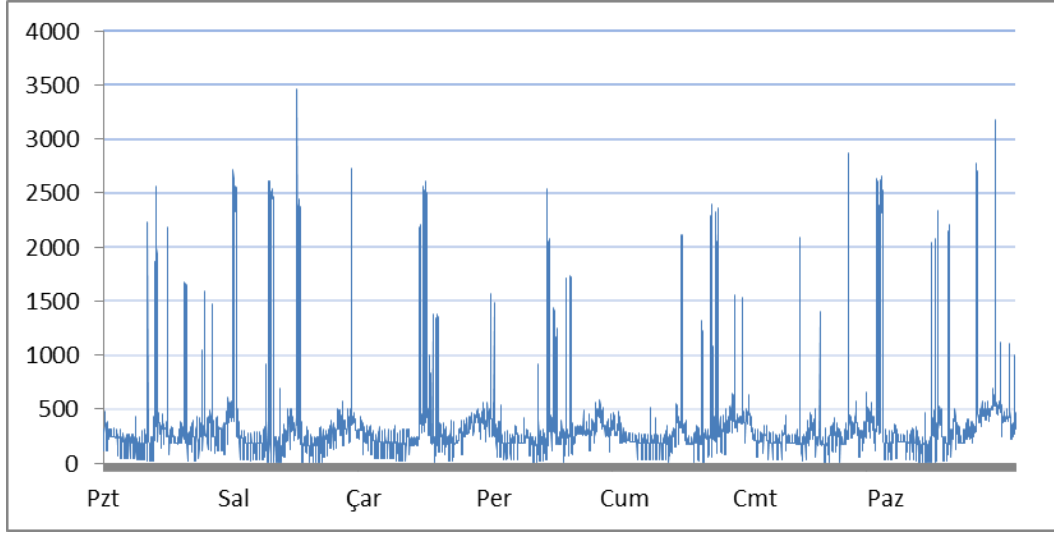


Şekil 5.31 : VG5_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.

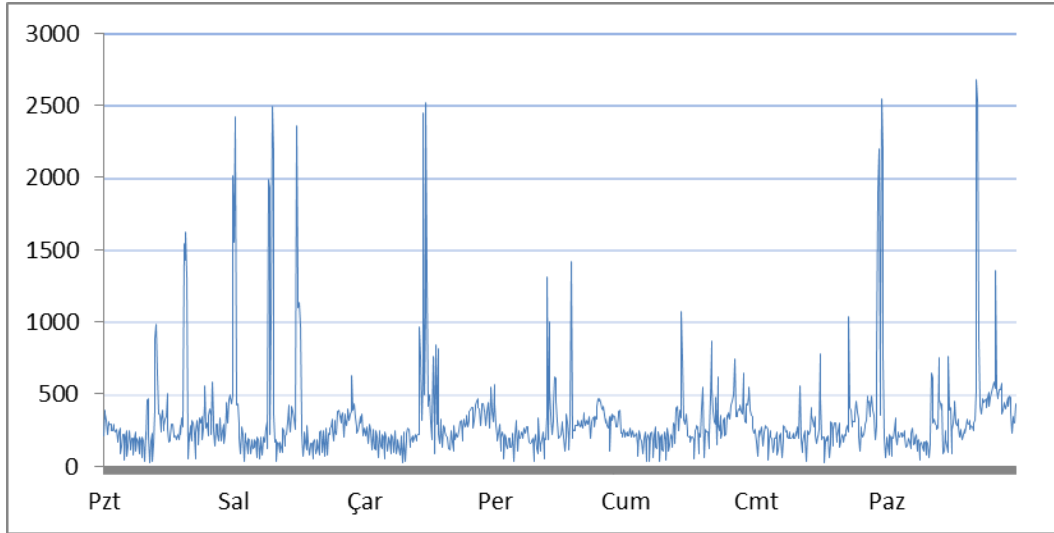


Şekil 5.32 : VG5_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

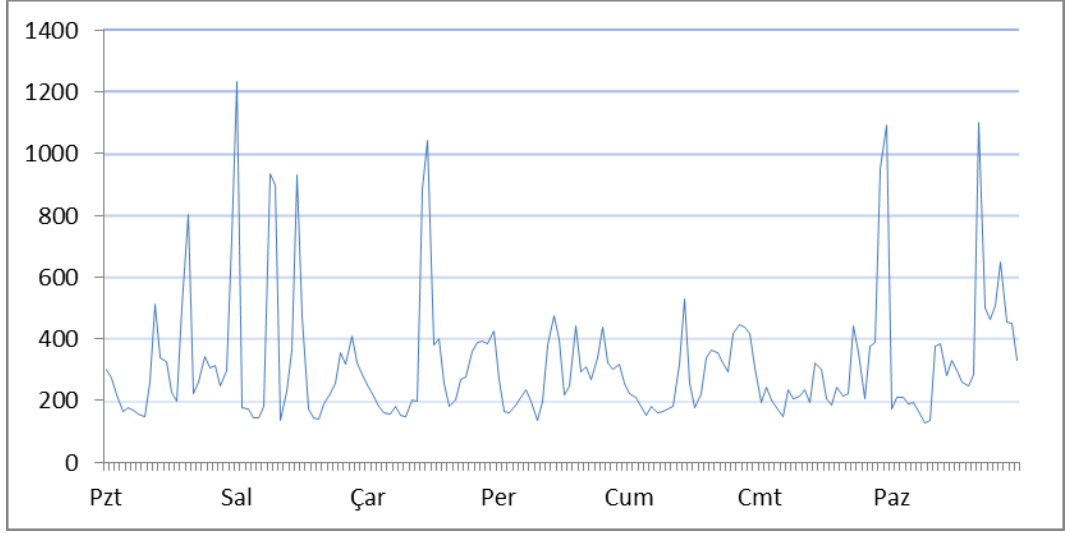
26. haftanın güç tüketim grafikleri 1,10 ve 60 dakikalık ortalamalarla Şekil 5.33, Şekil 5.34 ve Şekil 5.35’de görülmektedir.



Şekil 5.33 : VG6_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.



Şekil 5.34 : VG6_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.



Şekil 5.35 : VG6_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

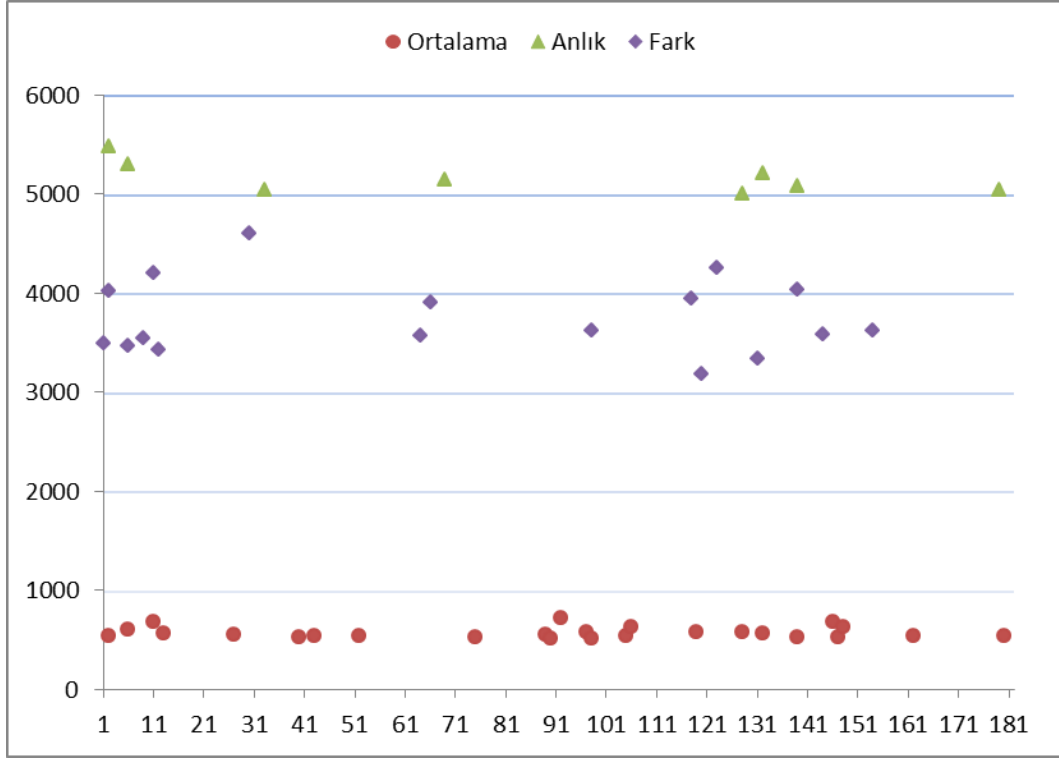
5.2.5 Günlük verilerle yıllık yük modeli

Ölçümleri incelenen 182 gün boyunca en yüksek günlük ortalama tüketim, ölçümün 92. Gününde 719W olarak görülmüştür. En yüksek anlık pik tüketim, ölçümün 2. Gününde 5480W olarak ölçülmüştür. 262080 verinin ardışık farkları alınarak karşılaştırıldığında ise anlık eklenen en yüksek değerin 4600W olduğu görülmektedir. Yani aynı dakika içinde devreye giren en yüksek yük 4600W'tır ve ölçümün 30. Gününde gerçekleşmiştir. Günlük ortalama yük, anlık pik güç ve anlık en yüksek fark gücünün yük değerine göre sıralaması Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : En yüksek günlük ortalama, anlık pik ve fark gücü değerleri.

Gün	Ortalama	Gün	Anlık	Gün	Fark
92	719	2	5480	30	4600
11	684	2	5470	123	4250
146	676	2	5430	11	4210
106	634	2	5420	11	4080
148	627	2	5410	11	4040
6	600	2	5410	139	4030
128	585	2	5400	2	4020
97	582	6	5300	118	3950
119	574	132	5210	66	3910
13	568	6	5190	98	3630
132	565	69	5140	154	3620
89	559	69	5120	144	3590
27	548	132	5120	64	3570
180	543	69	5100	9	3550
43	543	132	5090	154	3530
162	541	139	5080	154	3510
105	538	69	5070	1	3490
52	537	132	5050	9	3480
2	535	139	5050	6	3470
139	531	33	5040	154	3440
40	531	179	5040	6	3430
75	523	69	5030	12	3430
147	522	33	5020	131	3340
98	521	128	5010	131	3220
90	517	128	5000	120	3190

Günlük ortalama, anlık pik ve fark gücü değerlerinin kronolojik olarak sıralandığı grafik Şekil 5.36'da görülmektedir.



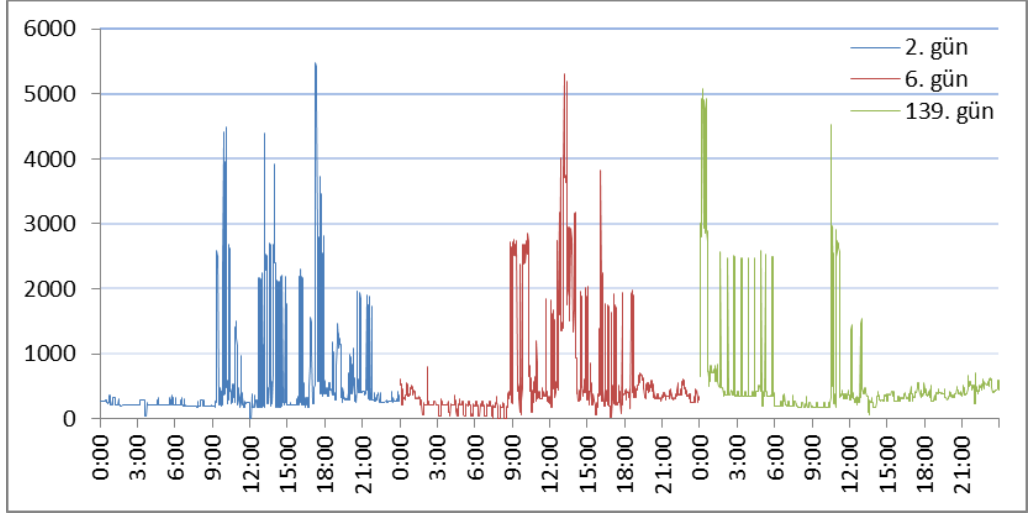
Şekil 5.36 : Kronolojik günlük ortalama, anlık ve fark gücü değerleri grafiği.

Günlük ortalama yükün en yüksek olduğu günler (grafikte kırmızı olarak belirtilmiş) tüm ölçüm aralığında homojen bir yapıda dağılmıştır. Grafikteki anlık pik güç dağılımında ise (yeşil renk ile belirtilenler) 70. ile 130. Günler arasında bir değer bulunmamakta, bu aralık haricinde homojene yakın bir dağılım görülmektedir. Son olarak yüksek fark gücü değerleri ölçümün ilk 15 gününde ve 120. gün ile 140. gün arasında da yoğunlaşmaktadır. Çizelge 5.3'te kronolojik olarak günlük ortalama, anlık pik ve fark gücü değerleri liste halinde sunulmuş, üç sıralamada da tekrar eden ve grafikte görülemeyen günlerin belirtilmesi amaçlanmıştır. Detaylı incelendiğinde üç listede de 2. gün, 6. gün ve 139. günlerin bulunduğu görülebilir.

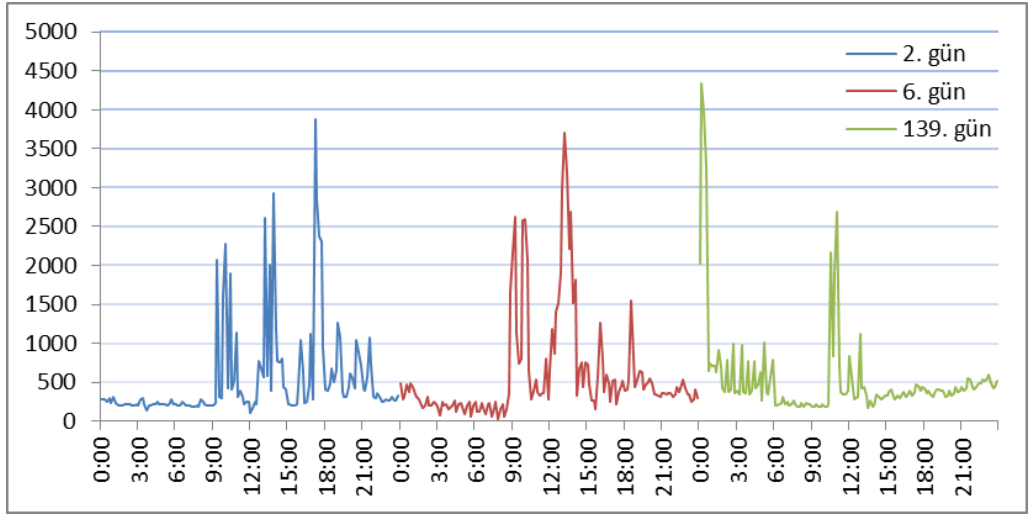
Çizelge 5.3 : Kronolojik günlük ortalama, anlık pik ve fark güç değerleri listesi.

Gün	Ortalama	Gün	Anlık	Gün	Fark
2	535	2	5480	1	3490
6	600	2	5470	2	4020
11	684	2	5430	6	3470
13	568	2	5420	6	3430
27	548	2	5410	9	3550
40	531	2	5410	9	3480
43	543	2	5400	11	4210
52	537	6	5300	11	4080
75	523	6	5190	11	4040
89	559	33	5040	12	3430
90	517	33	5020	30	4600
92	719	69	5140	64	3570
97	582	69	5120	66	3910
98	521	69	5100	98	3630
105	538	69	5070	118	3950
106	634	69	5030	120	3190
119	574	128	5010	123	4250
128	585	128	5000	131	3340
132	565	132	5210	131	3220
139	531	132	5120	139	4030
146	676	132	5090	144	3590
147	522	132	5050	154	3620
148	627	139	5080	154	3530
162	541	139	5050	154	3510
180	543	179	5040	154	3440

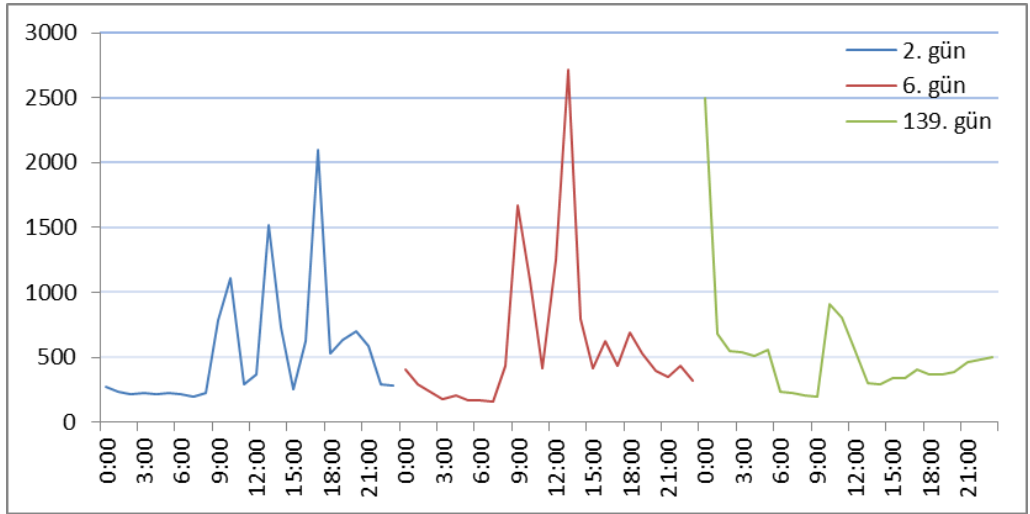
Yük modeli için günlük verilerden yapılacak derlemede üç farklı sıralama baz alınmıştır. Bunun için tüm listelemelerde bulunan 2. gün, 6. gün ve 139. gün verileri birleştirilerek bir profil oluşturulacak, daha sonra bu veriler tekrarlatılarak bir yıla yükseltgenecektir. Derlenen bu 3 güne ait güç tüketim grafikleri 1,10 ve 60 dakikalık ortalamalarla Şekil 5.37, Şekil 5.38 ve Şekil 5.39'da görülmektedir.



Şekil 5.37 : VG7_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.



Şekil 5.38 : VG7_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.



Şekil 5.39 : VG7_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

5.3 Beyanata Bağlı Yıllık Yük Modeli

Bölüm 5.2'deki yükseltgenmiş yıllık yük modellerine ek olarak kullanıcıların beyanlarına bağlı haftalık bir yük modeli oluşturulması düşünülmüştür. Böylece ölçülen verilerle kullanıcı beyanının örtüşüp örtüşmediği görülebilecek ve bu haftalık modeli kullanarak yıllık yük modelinin oluşturulması durumunda beyanın güvenilirliği ve kullanılabilirliği tesbit edilebilecektir.

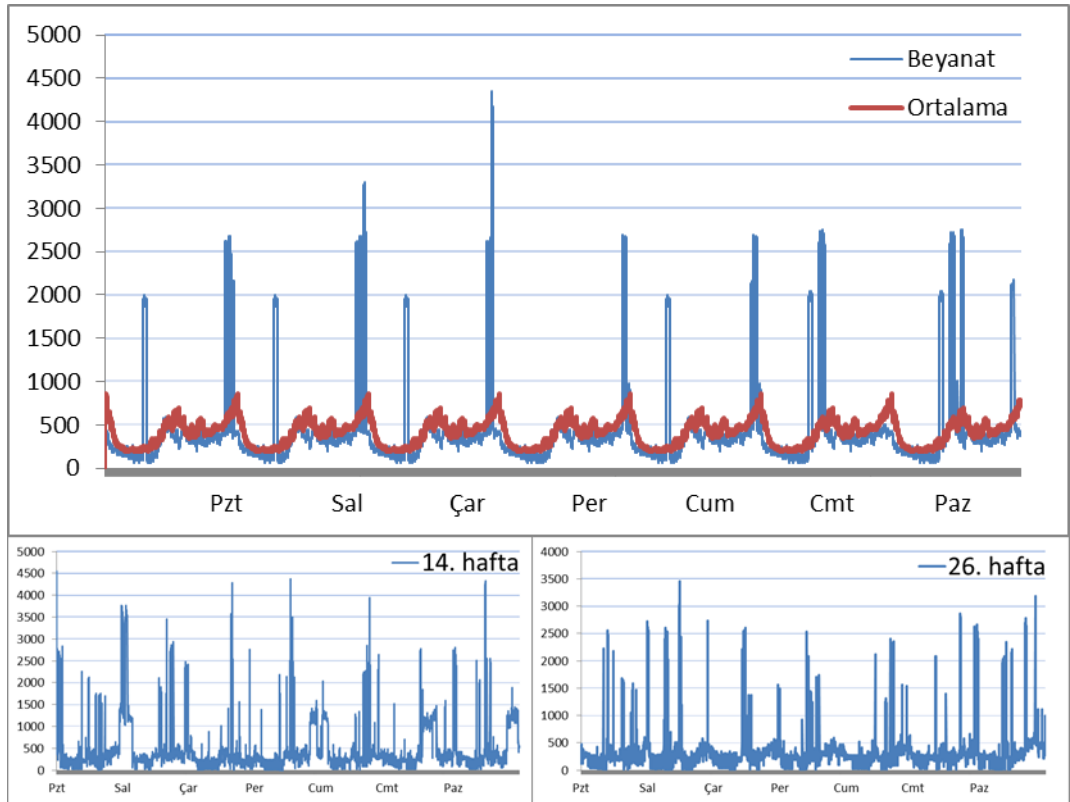
Beyanata bağlı yıllık yük modeli oluşturulurken 1 haftalık kullanım bilgileri baz alınmıştır. Kullanım bilgileri, evde yaşıyan hane halkı ile yapılan karşılıklı görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. İkamet edilen konutta buzdolabı, televizyon ve aydınlatma haftanın 7 günü kullanılmaktadır. Buzdolabı için Şekil 5.3'te grafiği bulunan günlük ortalama tüketim verileri, televizyon için Şekil 5.9'da grafiği bulunan günlük ortalama tüketim verileri 7 tekrarlı kullanılarak haftalık veriler elde edilmiştir. Aydınlatma yükü hesaplanırken toplam aydınlatma gücü referans alınmış, en yoğun kullanım anında toplam aydınlatma yükünün %80'i olacak şekilde günlük veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler 7 kez tekrar edilerek haftalık veri oluşturulmuştur.

Çamaşır makinesi için Şekil 5.5'te grafiği bulunan 91 dakikalık yıkama programı ortalama tüketim verileri, toplam 4 kullanım olacak şekilde kullanıcı beyanı baz alınarak haftalık veriye eklenmiştir. Kullanıcı beyanında kullanım zamanları Salı 22:10, Perşembe 23:00, Cuma 23:00 ve Pazar 11:00 olarak belirtilmiştir.

Bulaşık makinesi için Şekil 5.7'de grafiği bulunan 64 dakikalık yıkama programı ortalama tüketim verileri, toplam üç kullanım olacak şekilde yine kullanıcı beyanı baz alınarak haftalık veriye eklenmiştir. Kullanıcı beyanında kullanım zamanları Pazartesi 22:00, Çarşamba 22:00 ve Cumartesi 11:00 olarak belirtilmiştir.

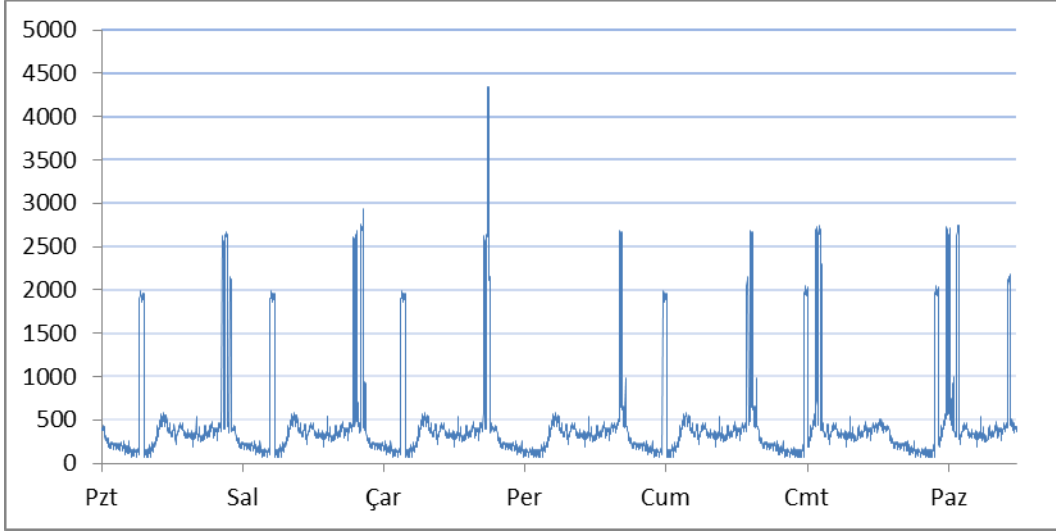
Yüksek tüketim değerlerine sahip sık kullanılan ütü, saç kurutma makinesi ve tost makinesinin tüketim verileri için katalog bilgileri kullanılmıştır. Ütü için 2300W, saç kurutma makinesi için 1700W ve tost makinesi için 1800W tüketim değerleri kullanılarak, kullanıcının beyan ettiği zaman aralıklarında ilgili cihazların yükleri haftalık veriye eklenmiştir.

Beyanata bağı haftalık tüketim verileri tamamlandıktan sonra 182 günlük ölçüm verilerinin ortalama değeriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için Bölüm 5.2.2’de anlatılan, ortalama değerlerle oluşturulan veri kullanılmıştır. Beyanat verisi bir haftalık kullanımı içerdiğinden ortalama değerlerle oluşturulan verinin 7 kez tekrarlama ile elde edilen haftalık tüketim verileri baz alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu yük Şekil 5.40’deki grafikte kırmızı olarak belirtilmiştir. Şekil 5.40’deki grafikte iki tüketim verisinin karşılaştırması görülebilir. Ortalama tüketim değeri 413W iken beyanata bağı veride 433W olarak bulunmuştur. Pik değer, ortalama veride 1000W’ın altında olup gerçek tüketimi yansıtmamakta; beyanata bağı veride 4350W olarak görülmektedir. 182 günlük ölçüm süresince ise ortalama güç tüketim değeri 413W olarak aynı kalırken pik güç değeri 5480W olarak ölçülmüştür. İki grafikteki pik değerler incelendiğinde ise haftaiçi 00:00 civarında, haftasonu 12:00-13:00 saatleri arasında benzerlikler görülmektedir. Aynı şekile, veri gruplarında kullanılan 14. ve 26. hafta grafikleri de karşılaştırma amaçlı eklenmiştir.



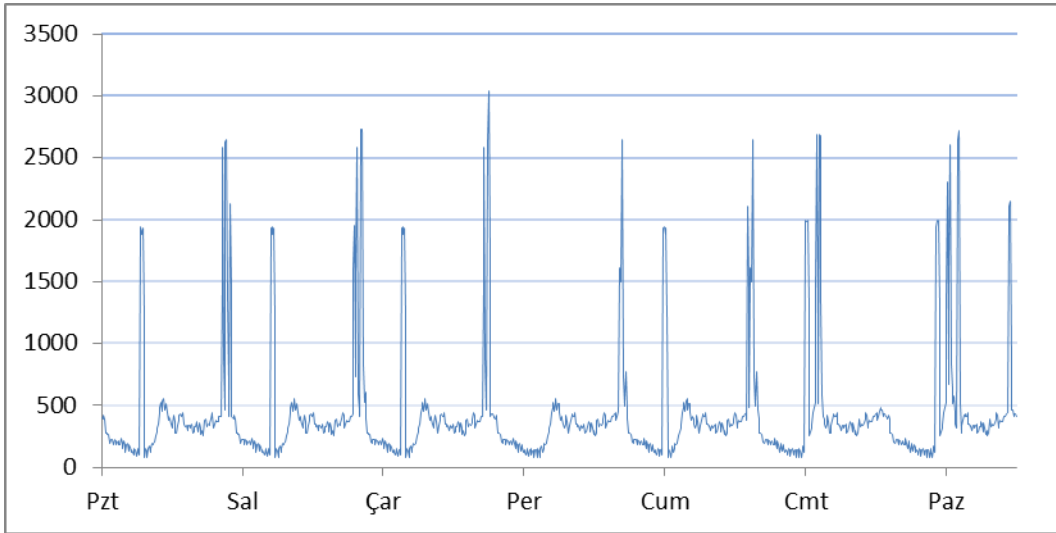
Şekil 5.40 : Beyanata bağı haftalık tüketim grafiği karşılaştırma.

Şekil 5.41’de beyanata bağı yük modelinin 52 kez tekrar ederek yıllık yük modelinin oluşmasını sağlayacak verisi görülmektedir.

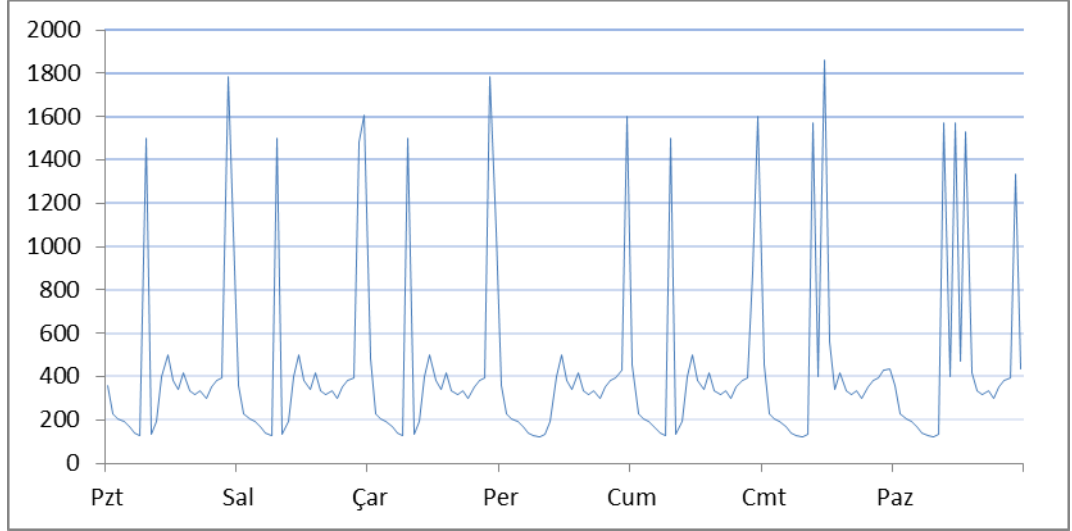


Şekil 5.41 : VG8_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.

Beyanata bağlı haftalık güç tüketim grafiklerinin 10 ve 60 dakikalık ortalamalarla oluşturulan hali Şekil 5.42 ve Şekil 5.43'te görülmektedir.



Şekil 5.42 : VG8_10 yük modelinin tekrar eden bölümü.

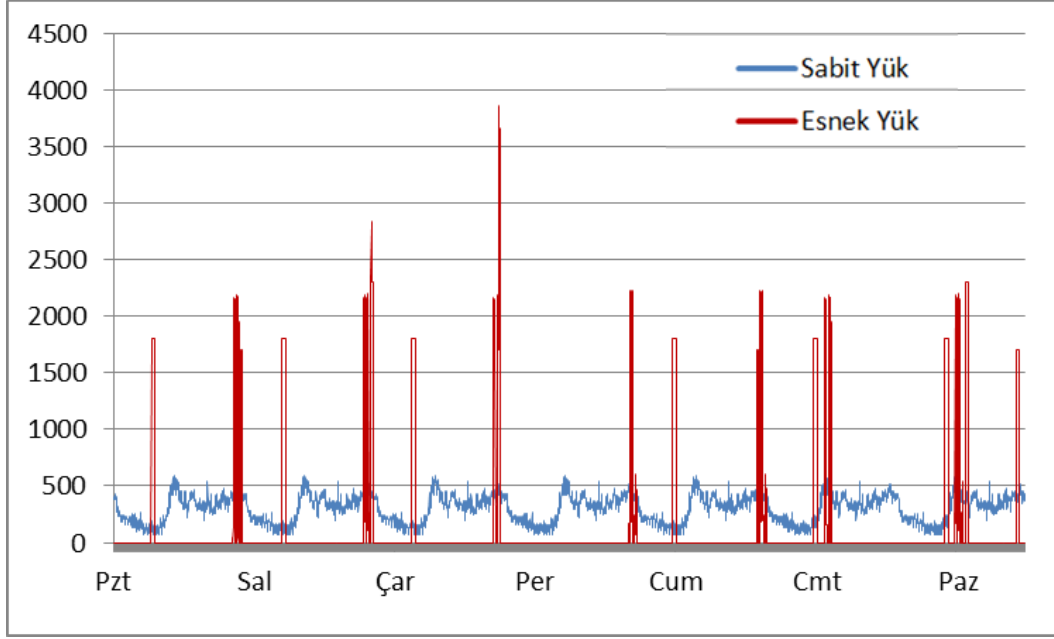


Şekil 5.43 : VG8_60 yük modelinin tekrar eden bölümü.

5.4 Beyanata Bağlı Optimize Yıllık Yük Modeli

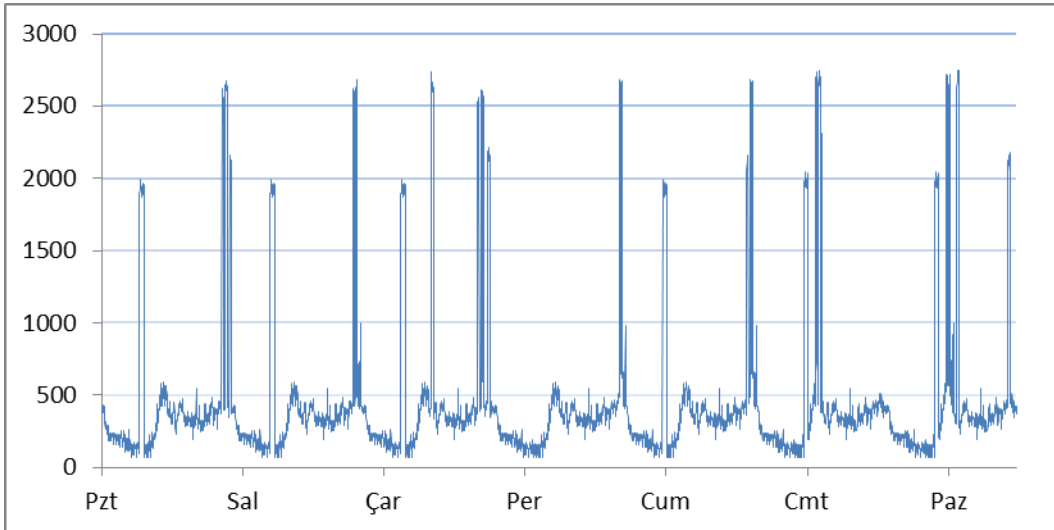
Şebekeden bağımsız hibrit sistemler için elektrikli ev aletlerinin kullanımının planlanması sistem boyutlandırmasında önemli bir etkidir. Evdeki cihazlar kullanım zamanlarının değiştirilebilirliğine göre sabit yükler ve esnek yükler olarak ikiye ayrılabilir. Evdeki elektriksel yüklerden buzdolabı, televizyon, bilgisayar ve aydınlatma kullanım zamanı kontrol edilemeyen sabit yükler olarak tanımlanmaktadır. Bulaşık makinesi, çamaşır makinesi ve ütü ise kullanım zamanı değiştirilebilir olduğundan esnek yükler olarak kabul edilmektedir [33].

Sabit yük olarak tanımlanan cihazlar, kullanım zamanı kontrol edilemeyen yükü oluşturur. Bölüm 5.3'te hesaplanan, beyanata bağlı haftalık modeldeki kullanım zamanı kontrol edilemeyen yükün ortalama değeri 300W, pik değeri 594W olarak hesaplanmıştır. Beyanata bağlı haftalık modeldeki kullanım zamanı esnek cihazların yükünün ortalama değeri ise 133W iken pik değeri 3865W olarak hesaplanmıştır. Esnek cihazlar belirli ve kısıtlı zamanlarda kullanıldığı için haftalık bazda ortalama değeri düşük iken pik değeri sabit yüke göre yüksektir. Sabit ve esnek yüklere ait haftalık tüketim grafiği Şekil 5.44'te görülmektedir. Kullanım zamanı kontrol edilen esnek yükler ve kullanım zamanı kontrol edilemeyen sabit yükler tek bir grafikte gösterilmiştir.



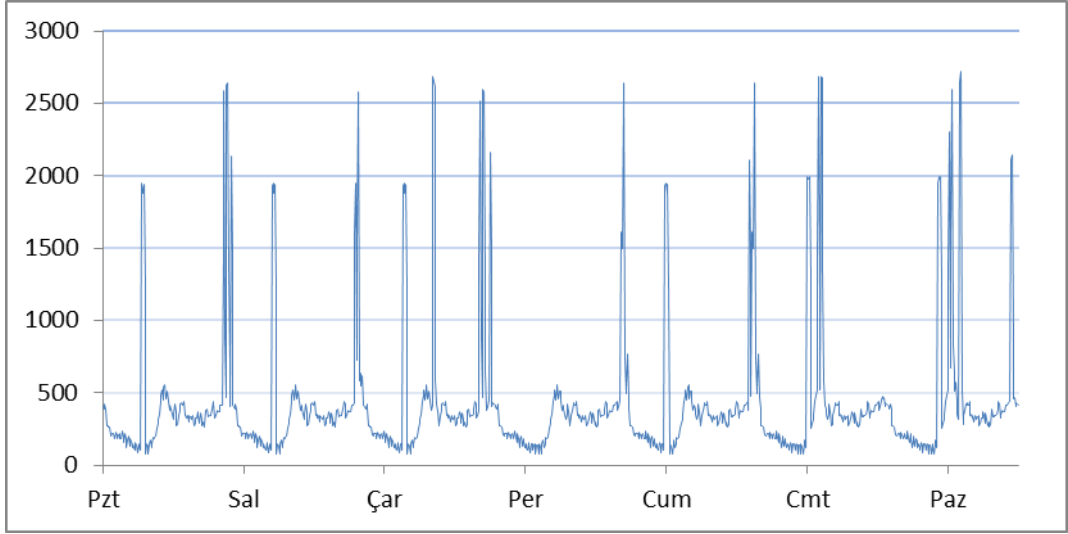
Şekil 5.44 : Kullanım zamanı kontrol edilen ve edilemeyen yükler.

Kullanım zamanı esnek cihazların aynı anda kullanılması pik gücünü oluşturan en önemli etkidir. Kullanım zamanı esnek cihazlarda zaman planlaması yapılarak pik güç değeri azaltılabilmekte ve boyutlandırma optimize edilebilmektedir. Çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi için yapılan zaman planlaması sonrası beyanata bağlı haftalık modelde 4350W olan pik güç değerinin 2750W'a düşmesi mümkün olmaktadır. Zaman planlaması ile optimize edilerek yeniden oluşturulan beyanata bağlı haftalık yük modeli Şekil 5.45'te görülmektedir.

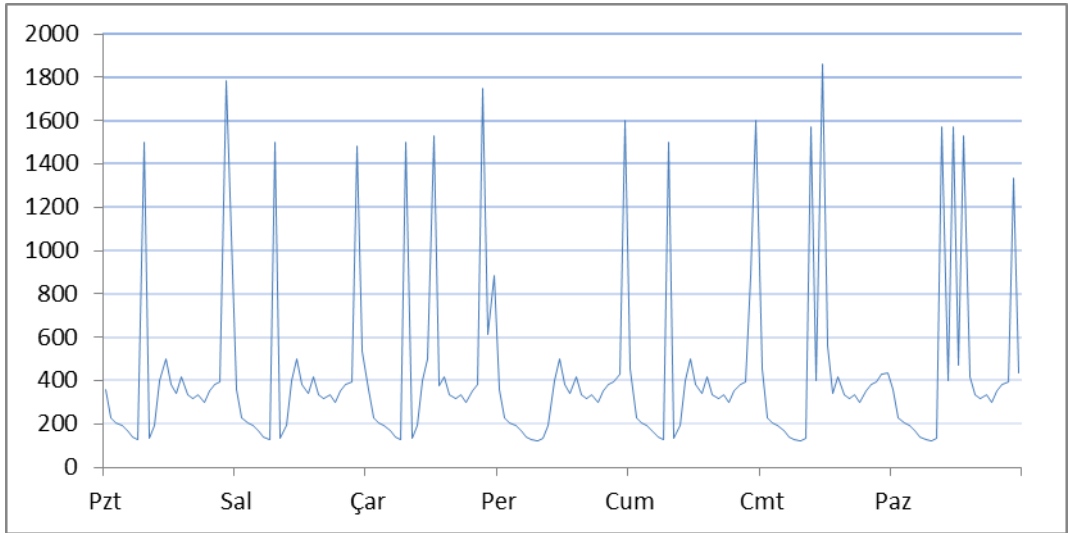


Şekil 5.45 : VG9_1 yük modelinin tekrar eden bölümü.

Beyanata bağlı optimize haftalık gc tüketim grafiklerinin 10 ve 60 dakikalık ortalamalarla oluşturulan hali Şekil 5.46 ve Şekil 5.47’de görülmektedir.



Şekil 5.46 : VG9_10 yk modelinin tekrar eden bölümü.



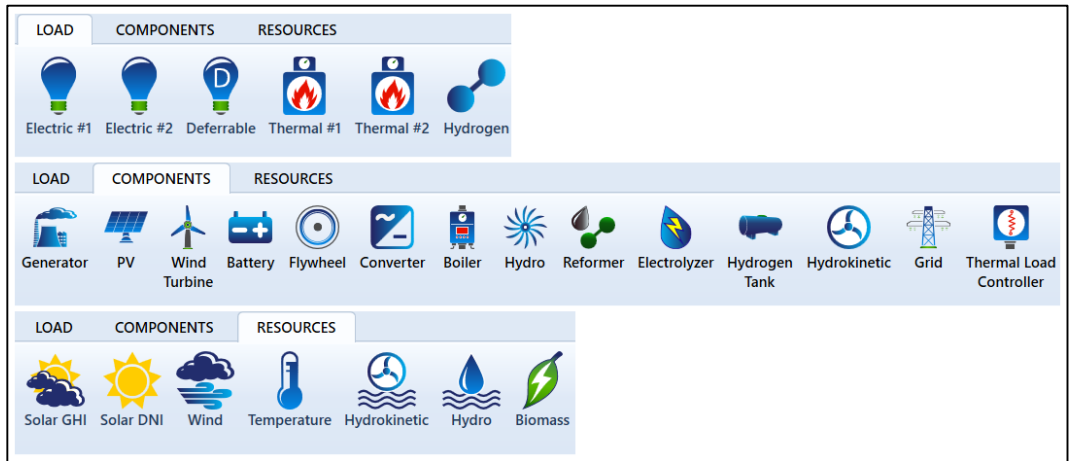
Şekil 5.47 : VG9_60 yk modelinin tekrar eden bölümü.

6. SİMÜLASYON

Bölüm 5’te belirtilen 9 farklı senaryo için 1, 10 ve 60 dakikalık ortalama güç değerlerini içeren yıllık yük modelleri elde edilmiştir. Bu yük modelleri baz alınarak şebekeden bağımsız yenilenebilir hibrit enerji sistemleri boyutlandırılmıştır. Boyutlandırma için güneş paneli, rüzgar türbini, çevirici ve akü grubundan oluşan bir simülasyon yazılımı kullanılmış, fiyat optimizasyonu yapılarak elde edilen yük modelleri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

6.1 Kullanılan Program

Hibrit sistem boyutlandırmasında tez kapsamında HOMER PRO mikro güç modelleme programının 3.1 versiyonu kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji sistemleri simülasyonlarında yaygın bir kullanımı olan HOMER yazılımının gelişmiş ve güncellenmiş versiyonu olan HOMER PRO, fotovoltaik paneller, rüzgar türbinleri, yakıt hücreleri, elektroliz ünitesi, generatörler, depolama birimleri gibi birçok modül içermektedir. Program içerisinde kullanılacak yük çeşitleri, bileşenler ve kaynaklar Şekil 6.1’de görülmektedir.

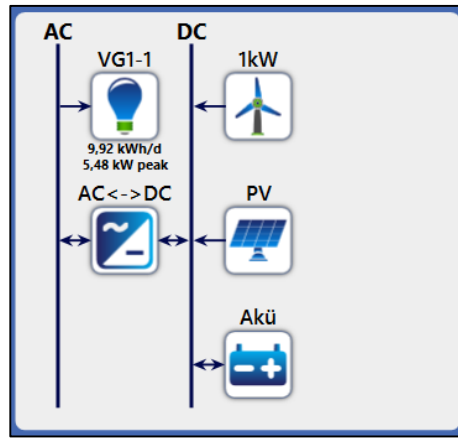


Şekil 6.1 : HOMER PRO program menüsü.

HOMER PRO programında bileşenler eklenip model oluşturulduktan sonra, arama uzayındaki tüm kombinasyonlar için sistem detayları hesaplanır ve maliyete, harcanacak yakıt miktarına veya ağırlığa bağlı optimizasyon yapılır. Tez kapsamında sadece maliyete bağlı optimizasyon yapılmıştır.

6.2 Sistemin Modellenmesi

HOMER PRO kullanılarak yapılacak modellemede yük, yenilenebilir enerji sistemleri bileşenleri ve kaynaklarla ilgili parametreler eklenmiştir. Programda kullanılan model şeması Şekil 6.2’de gösterilmektedir.



Şekil 6.2 : Sistem modeli şeması.

6.2.1 Simülasyonda kullanılan yük

Sistem modelinin oluşturulmasında yük modelinin etkisini incelemek için pilot bir konutta 6 ay boyunca ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları düzenlenerek programda kullanılabilir biçime getirilmiştir. Bölüm 5’te detaylı olarak anlatılan çeşitli senaryolarla farklı yük modelleri oluşturulmuş ve bu modeller veri grupları olarak tanımlanmıştır. Veri gruplarının hangi senaryolara göre oluşturulduğunu içeren açıklamalı özet Çizelge 6.1’de görülmektedir.

Çizelge 6.1 : Veri gruplarının açıklamaları.

Veri Grubu	Tekrarlanan Veriler
VG1_X	6 aylık tüm ölçümler
VG2_X	Tüm ölçümlerin ortalaması
VG3_X	Ekim ayı ölçümleri
VG4_X	Şubat ayı ölçümleri
VG5_X	14. hafta ölçümleri
VG6_X	26. hafta ölçümleri
VG7_X	3 adet günlük ölçüm
VG8_X	Beyanat
VG9_X	Optimize Beyanat

Tüm veri gruplarında 1 dakikalık ölçüm sonuçlarının, 10 ve 60 dakikalık ortalama değerlerinin pik güç ve ortalama güç değer karşılaştırma tablosu Çizelge 6.2’de görülmektedir.

Çizelge 6.2 : Veri Grupları pik ve ortalama güç değerleri.

Veri Grubu	Pik Güç VGX_1	Pik Güç VGX_10	Pik Güç VGX_60	Ortalama Güç VGX_Y
VG1	5480 W	5014 W	3106 W	413 W
VG2	865 W	797 W	690 W	413 W
VG3	5480 W	3872 W	2719 W	407 W
VG4	5210 W	4396 W	2495 W	443 W
VG5	4550 W	3560 W	2924 W	489 W
VG6	3460 W	2674 W	1232 W	318 W
VG7	5480 W	4331 W	2719 W	555 W
VG8	4351 W	3039 W	1860 W	433 W
VG9	2751 W	2724 W	1860 W	433 W

VGX_1 gruplarında 525600 veri, VGX_10 gruplarında 52560 veri, VGX_60 gruplarında ise 8760 veri bulunmaktadır. 1, 10 veya 60 dakikalık grup tipine göre HOMER PRO programında simülasyon adım sayısı seçilerek, herbir kombinasyon için yapılacak hesaplama sayısı da belirlenmiş olur. Bu sayı, programda belirtilen bileşenlerin arama uzaylarının kombinasyonuna göre hesaplanır. Örnek olarak, farklı boyutta 10 akü, 20 güneş paneli ve 5 çevirici içeren bir bir model 150 kombinasyon oluşturmaktadır. Bu modelde 52560 değer bulunan bir yük verisi kullanılırsa 150x52560 hesaplama yapılır ve hesaplanan sonuçlar arasında tercih edilen optimizasyondaki en uygun model bulunur.

6.2.2 Simülasyon bileşenleri

Simülasyonda kullanılacak bileşenler rüzgar türbini, güneş paneli, akü ve çeviricidir. Bileşen ömrü olarak akü grubuna 10 yıl zaman tanımlanmış, diğer bileşenlere 20 yıl kullanım ömrü tanımlanmıştır.

Rüzgar türbini olarak program kütüphanesinden 1kW'lık Bergey XL.1 seçilmiştir. Türbin yüksekliği olarak 20 metre tanımlanarak arama uzayında 1 adet ve 2 adet alternatifleri belirtilmiştir. Temin ve kurulum maliyeti olarak 5000\$ maliyet öngörülmüştür. Türbin, sistemdeki DC hatta bağlanmaktadır.

Güneş Panelleri %13 verimli, sabit tip, genel bir model seçilmiştir. Panel açısı 40 derece olarak tanımlanmış, arama uzayında 100W hassasiyetinde alternatifler belirtilmiştir. 100W'lık modül için 300\$ temin ve kurulum maliyeti öngörülmüştür.

Depolama birimi olarak 12V nominal gerilimli genel bir kurşun asit akü tipi seçilmiştir. 1 adet akünün kapasitesi 84Ah olarak programda belirtilmiş, arama uzayında 60, 65, 70 ve 75 adet alternatifleri belirtilmiştir. 1 adet akü için öngörülen temin ve kurulum maliyeti 200\$'dır.

Çevirici sistemi olarak, içinde %94 verimli eviricisi, %88 verimli doğrultucusu olan bir model seçilmiştir. Arama uzayında seçilecek değerler yük verisine bağlı olarak değişecektir. Çeviriciyi belirleyen ana faktör pik gücü olduğundan, veri grubuna uygun arama uzayları belirlenecektir. Arama uzaylarının oluşturulmasında 1kW ve 0,5kW'lık hassasiyette alternatifler belirlenmiştir. 1kW kapasite başına 500\$ temin ve kurulum maliyeti öngörülmüştür.

6.2.3 Simülasyon parametreleri

Simülasyon yazılımında global güneş radyasyonu, rüzgar şiddetleri ve sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. Bu değerler aylık ortalama olarak girilebileceği gibi, veri dosyasından zaman serisi yüklenerek daha yüksek çözünürlükte kullanılabilir.

Global güneş radyasyonu için HOMER Pro yazılımının kendi kütüphanesi kullanılmıştır. Ölçümü yapılan pilot konuta yakın olacak şekilde 40°46,17' kuzey enlemi, 29°55,26' doğu boylamı programa girilerek internetten veriler indirilmiştir. Bu verilere bağlı olarak güneş radyasyon değeri yıllık ortalama 4,02kWh/m²/gün olarak belirlenmiştir.

Rüzgar verileri, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi'nin(NOAA) Mauna Loa konumundaki meteoroloji istasyonundaki 2013 yılı kayıtlarından temin edilmiştir. Meteoroloji istasyonunda rüzgar yıllık ortalama 4,77m/sn ile esmektedir. Bu ölçüm 38 metre yükseklikteki bir anemometre ile yapılmış ve yıl boyunca, dakikalık olarak rüzgar hız ve yön verileri kaydedilmiştir [34].

Simülasyonda kullanılan verilerde yıllık ortalama rüzgar hızı, Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası'ndaki Kocaeli ortalama rüzgar hızı verilerine yakın mertebededir. REPA'da, ölçümlerin alındığı pilot evin bulunduğu bölgede, 50 metre yükseklikte Kocaeli'de yıllık ortalama 5-6,5 m/sn rüzgar hızı belirtilmiştir [35].

Ekonomik parametre ayarlarında yıllık nominal faiz oranı %10 olarak, tahmini enflasyon oranı ise %7,5 olarak girilmiştir. Program tarafından yıllık reel faiz oranı %2.33 olarak hesaplanmıştır. Sistem ömrü 20 yıl olarak belirtilmiş, bugünkü net maliyet hesabında bu süre dikkate alınmıştır.

6.3 Simülasyon Sonuçları

Tüm veri grupları Bölüm 6.2.2'de belirtilen bileşenler ve Bölüm 6.2.3'te belirtilen kaynak özellikleri kullanılarak simüle edilmiştir. Simülasyon maliyete göre optimize olarak yapılmış, 1dakika, 10 dakika ve 60 dakikalık ortalamalara ait veri grupları kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Tüm veri gruplarının simülasyon sonuçlarına ait karşılaştırma tablosu Çizelge 6.3'te görülmektedir. Tüm sonuçları içeren bu tablo, veri grubu, sistem bileşenleri, maliyet ve enerji bölümleri altında incelenebilir. Veri grubu bölümü altında pik güç ve ortalama güç değerleri listelenmektedir. Sistem bileşenleri olarak fotovoltaik kurulu güç değeri, rüzgar türbin adedi, akü adedi ve çevirici güç değeri bulunmaktadır. Birim elektrik maliyeti, bugünkü net maliyet değerleri ve ilk yatırım maliyetleri Maliyet başlığı altında incelenmiştir. Enerji başlığı altında ise yıllık toplam üretim ve tüketim değerlerinin yanında rüzgar türbini veya türbinlerinin yıllık elektrik üretim değerleri ve fotovoltaik panellerin yıllık elektrik üretim değerleri bulunmaktadır. Yeşil renkli değerler, buldukları sütundaki en düşük değeri, kırmızı renkli değerler ise buldukları satırdaki en yüksek değeri belirtmektedir.

Çizelge 6.3 : Tüm veri gruplarının simülasyon sonuçları.

Veri Grubu	Veri Grubu		Sistem Bileşenleri				Maliyet			Enerji			
	Pik Güç [W]	Ortalama Güç [W]	Fotovoltaik [kw]	Rüzgar Türbini	Akü [adet]	Çevirici [kW]	Elektrik Maliyeti [\$ cent/kWh]	Bugünkü Net Maliyet [\$]	Yatırım [\$]	Üretim [kWh/yıl]	Tüketim [kWh/yıl]	RT Üretim [kWh/yıl]	FV Üretim [kWh/yıl]
VG1_1	5480	413	5,8	1	69	6	99,2	56854	39200	8406	3617	1123	7283
VG2_1	865	413	6,9	1	59	1	93,4	53478	38000	9787	3615	1123	8665
VG3_1	5480	407	5,7	1	72	6	102,2	57678	39500	8278	3562	1123	7156
VG4_1	5210	443	6,6	2	56	6	98,3	60349	44000	10533	3873	2245	8288
VG5_1	4550	489	7	2	70	5	98,2	66549	47500	11035	4276	2245	8790
VG6_1	3460	318	4,3	1	52	4	99,1	43683	30300	6522	2780	1123	5400
VG7_1	5480	555	8,6	1	87	6	95,5	73617	51200	11922	4861	1123	10799
VG8_1	4351	433	6,7	2	55	5	99,2	59647	44500	10658	3796	2245	8413
VG9_1	2751	433	5	2	70	3	96,9	58281	40500	8523	3796	2245	6278
VG1_10	5014	413	5,8	1	69	5,5	98,6	56525	38950	8384	3618	1099	7285
VG2_10	797	413	7	1	59	1	93,9	53826	38300	9892	3617	1099	8793
VG3_10	3872	407	5,7	1	73	4	100,5	56752	38700	8260	3564	1099	7161
VG4_10	4396	443	6,6	2	57	5	97,8	60081	43700	10488	3875	2198	8290
VG5_10	3560	489	7	2	71	4	97,8	66281	47200	10991	4278	2198	8793
VG6_10	2674	318	4	2	43	3	100,4	44259	32100	7222	2781	2198	5025
VG7_10	4331	555	8,7	1	86	5	94,6	72915	50800	12027	4861	1099	10928
VG8_10	3039	433	6,8	2	55	4	98,8	59336	43400	10739	3791	2198	8542
VG9_10	2724	433	5,2	2	69	3	97,5	58586	40900	8730	3791	2198	6532
VG1_60	3106	413	5,8	1	70	3,5	96,9	55598	38150	8413	3619	1073	7340
VG2_60	690	413	6,6	2	52	1	96,8	55494	40700	10498	3615	2147	8352
VG3_60	2719	407	5,5	1	75	3	99,5	56180	38000	8030	3564	1073	6957
VG4_60	2495	443	6,9	2	57	3	97,4	59807	43600	10878	3876	2146	8732
VG5_60	2924	489	7,1	2	73	4	99,4	67410	47900	11131	4279	2147	8985
VG6_60	1232	318	4,1	2	44	1,5	99,8	44009	31850	7334	2782	2146	5188
VG7_60	2719	555	8,6	1	88	3	93,5	72032	49900	11956	4861	1073	10883
VG8_60	1860	433	6,9	2	57	2,5	99,0	59477	43350	10878	3791	2147	8732
VG9_60	1860	433	4,9	2	74	2,5	98,5	59167	40750	8347	3791	2147	6201

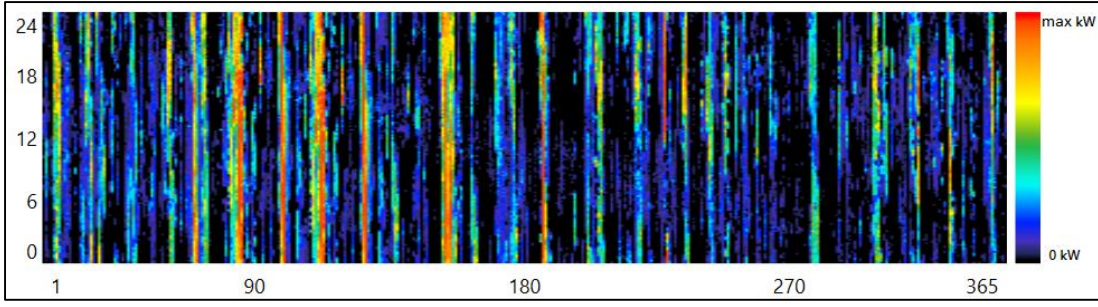
Bölüm 6.2.1’de veri gruplarının 1 dakikalık ölçüm sonuçlarının, 10 ve 60 dakikalık ortalamalarının pik ve ortalama güç değerlerinin karşılaştırma tablosu verilmiştir. En yüksek pik güç değeri 5480W olarak VG1_1, VG3_1 ve VG7_1 veri gruplarında bulunmakta, en düşük pik güç değeri 690W olarak VG2_60 veri grubunda bulunmaktadır. Senaryoya bağlı olarak pik güç değerleri arasında 5kW’a yakın bir fark söz konusudur. Ortalama güçte VG7_X veri grupları 555W ile en yüksek değere, VG6_X grupları 318W ile en düşük değere sahiptir.

Sistem bileşenlerine bağlı olarak simülasyon sonuçları karşılaştırıldığında fotovoltaik kurulu gücün en düşük 4kW, en yüksek 8,7kW olduğu görülmektedir. Akü sayısı, ortalama güç ve pik güce bağlı olarak 43 adet ile 88 adet arasında değişmektedir. VGX_1 veri gruplarının akü kullanım grafikleri EK M'de görülmektedir. Çevirici gücünü belirleyen pik güç değeridir. Simülasyon sonuçlarında çevirici güç değerleri 1kW ile 6kW arasındadır.

Simülasyonlarda birim elektrik maliyeti baz alınarak optimizasyon yapılmıştır. Her veri grubunun simülasyon sonucu, en düşük birim elektrik maliyetine sahip sistem bileşenleri kombinasyonundan meydana gelmektedir. Tüm veri grupları içinde birim elektrik maliyeti en düşük VG2_1 veri grubunda 93,4 \$ cent/kWh olarak hesaplanmıştır. En yüksek birim elektrik maliyeti 102,2 \$ cent/kWh olarak VG3_1 veri grubundadır. En düşük ve en yüksek birim elektrik maliyeti değerlerinin 1 dakikalık simülasyon sonuçlarında olduğu görülmektedir. Bugünkü net maliyet değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek maliyetin 73617\$ olarak VG7_1'de, en düşük maliyetin ise 43683\$ olarak VG6_1'de olduğu görülmüştür.

Yıllık enerji üretim değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değerli sonuçların VG7_X veri gruplarında, en düşük değerli sonuçların VG6_X veri gruplarında olduğu görülmektedir. Yıllık enerji tüketiminde VG1_X ile VG2_X veri grupları birbirine yakın, VG8_X ile VG9_X veri grupları birbiriyle aynı tüketim değerlerindedir. Tüketim değerleri 1, 10 ve 60 dakika ortalamalı aynı veri gruplarında aynı kabul edilebilir. Örnek olarak VG1_1 veri grubu için tüketim değeri yıllık 3617kWh, VG1_10 için 3618kWh ve VG1_60 için 3619kWh'tir.

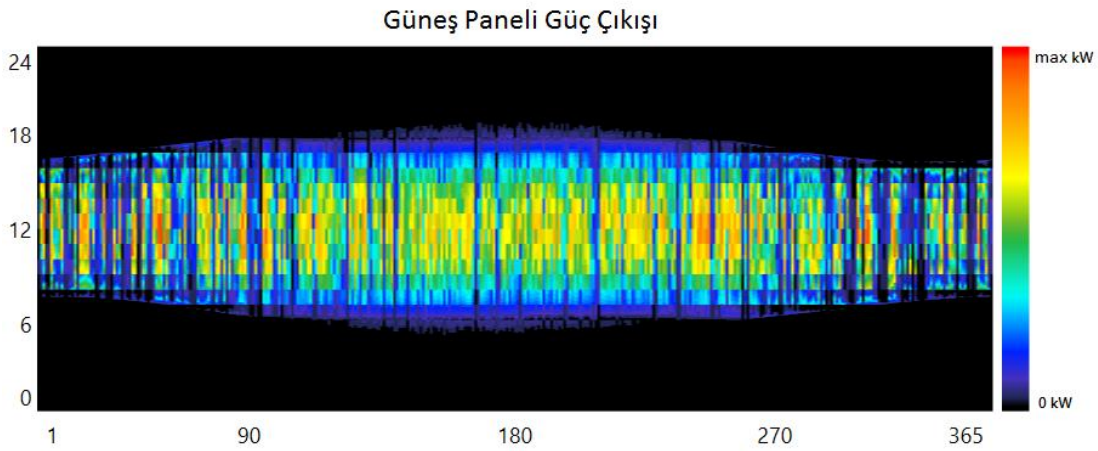
Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji değerleri incelendiğinde, rüzgar türbininin VGX_1 veri gruplarında %12,8, VGX_10 veri gruplarında %12,5 ve VGX_60 veri gruplarında %12,2 kapasite faktörü ile çalıştığı görülmüştür. Tüm simülasyonlarda 1 dakikalık rüzgar verisi kullanılmıştır. Simülasyon sonucundaki türbin sayısı kapasite faktörüne etki etmemektedir. Üretilen enerji, 1 dakikalık veri grupları için türbin başına 1123kWh/yıl, 10 dakikalık gruplarda 1099kWh/yıl ve 60 dakikalık gruplarda 1073kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Günlere ve saatlere bağlı rüzgar türbini güç çıkışı değerleri Şekil 6.3'te görülmektedir. 1 adet türbin için grafikteki max kW çıkış değeri 0,88, 2 adet türbin için 1,76'dır.



Şekil 6.3 : Rüzgar türbini güç çıkışı değerleri.

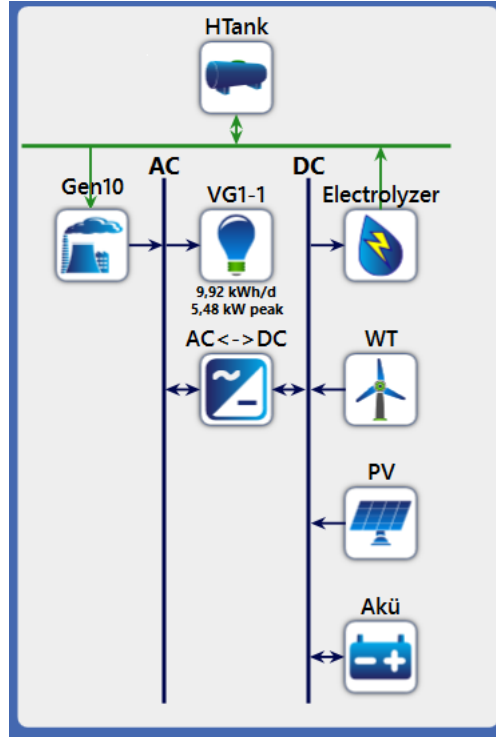
Rüzgar kaynak verisi değiştirilmemiştir. Simülasyon sonuçlarında ise rüzgardan elde edilen enerjide 10 dakikalık ortalama için %2 mertebesinde, 60 dakikalık ortalama için %4 mertebesinde bir azalma görülmektedir. VGX_1 gruplarının simülasyon sonuçlarında türbin başına rüzgardan elde edilen yıllık enerji 1123kWh iken VGX_10 gruplarında bu değer 24kWh düşerek 1099kWh olur. VGX_60 veri gruplarında ise 50kWh düşerek 1073kWh yıllık enerji elde edilebileceği hesaplanmaktadır. Güneş verisinde de bir değişiklik yapılmamıştır. 1 ve 10 dakikalık veri grupları için aynı yıllık enerji üretim değeri görülmektedir. 60 dakikalık veri grupları için %0,7 daha fazla bir üretim miktarı hesaplanmıştır.

Fotovoltaik panellerin 1 ve 10 dakikalık veri grupları için aynı yıllık enerji üretim değerine sahip olduğu görülmüştür. 100W'lık panel başına yıllık 125,6kWh enerji üretilmektedir. 60 dakikalık veri grupları içinse yıllık 126,5kWh enerji tüketimi hesaplanmıştır. Kapasite faktörü tüm veri grupları için %14'tür. Günlere ve saatlere bağlı güneş paneli güç çıkışı değerleri Şekil 6.4'te görülmektedir. 100W'lık panel için grafikteki max kW çıkış değeri 94W'tır.



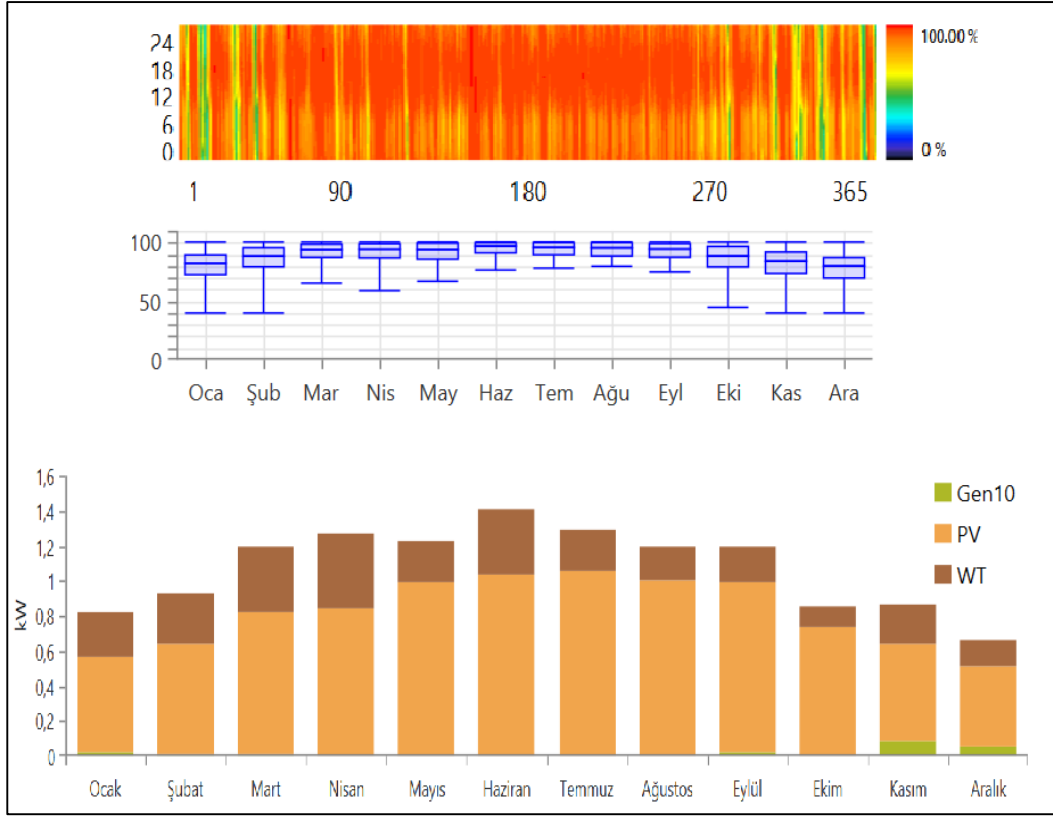
Şekil 6.4 : Güneş paneli güç çıkışı değerleri.

Fotovoltaik güneş paneli ile rüzgar türbinin oluşturduğu hibrit yapıya ek olarak yakıt pili içeren alternatif bir sistem tasarlanmıştır. Elektroliz ünitesi, yakıt deposu ve yakıt pilinden oluşan bu sistem VG1_1 kullanılarak simüle edilmiştir. Simülasyon şeması Şekil 6.5'te görülen bu sistemde 15000\$ değerinde 5kW'lık yakıt pili (Gen10), 3500\$ değerinde 1kW'lık elektroliz ünitesi ve 960\$ değerinde 40kg'lık yakıt tankı öngörülmüştür. Simülasyon sonucunda birim elektrik maliyeti 108,4 \$ cent/kWh olarak hesaplanmıştır.



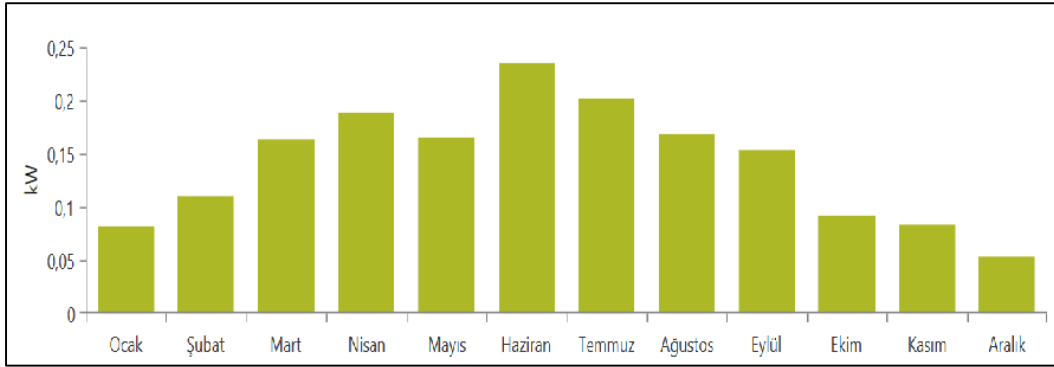
Şekil 6.5 : Yakıt pili içeren sistem modeli şeması.

Yakıt pili, elektroliz ünitesi ve yakıt pili haricinde simülasyon sonucunda sistem bileşenleri olarak 5,6kW güneş paneli, 2 adet rüzgar türbini, 40 adet akü ve 6kW'luk çevirici bulunmaktadır. Sistemin bugünkü net maliyet değeri 62157\$'dır. Rüzgar türbini ve güneş paneli birim enerji üretim miktarlarında bir değişim olmamıştır. Akü durumunu ve sistemin bileşenlerine bağlı elektrik üretim durumunu içeren grafikler Şekil 6.6'da görülmektedir.



Şekil 6.6 : Akü durumu ve elektrik üretimi.

Elektroliz ünitesinin yılda 52kg Hidrojen üreteceği hesaplanmıştır. Aylara bağlı hidrojen üretim miktarı kW cinsinden Şekil 6.7’de görülmektedir.



Şekil 6.7 : Elektroliz ünitesi hidrojen üretim miktarı.

1. veri grubu 6 ay boyunca yapılan ölçümlerin tamamını içermektedir. 2. veri grubu ortalama değerlerden oluşmuştur ve Bölüm 5.2.2’de açıklanmıştır. 3. ve 4. veri grupları bir aylık değerlerden oluşmaktadır. Burada amaç, sadece bir aylık ölçülmüş veri kullanılması halinde boyutlandırmanın ve maliyetlerin nasıl etkileneceğinin görülmesidir. Simülasyonda en yüksek birim enerji maliyetini Ekim ayı verilerini içeren 3. veri grubu oluşturmuştur.

5. ve 6. veri gruplarında bir haftalık değerler kullanılmıştır. VG5_1 değerleri VG1_1 grubundaki gerçek kullanım değeri ile karşılaştırıldığında yatırım maliyetinin yüksek olduğu Çizelge 6.4’te görülmektedir. Ayrıca VG1_1’e göre 600kWh civarı daha fazla enerji olmaktadır.

Çizelge 6.4 : VGX_1 simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

Veri Grubu	Veri Grubu			Maliyet			
	Pik Güç [W]	Ortalama Güç [W]	VG1_1'den farkı [W]	Elektrik Maliyeti [\$ cent/kWh]	VG1_1'den farkı [%]	Bugünkü Net Maliyet [\$]	VG1_1'den farkı [%]
VG1_1	5480	413	0	99,2	%0,0	56854	%0,0
VG2_1	865	413	0	93,4	-%5,8	53478	-%5,9
VG3_1	5480	407	-6	102,2	%3,0	57678	%1,4
VG4_1	5210	443	30	98,3	-%0,9	60349	%6,1
VG5_1	4550	489	76	98,2	-%1,0	66549	%17,1
VG6_1	3460	318	-95	99,1	-%0,1	43683	-%23,2
VG7_1	5480	555	142	95,5	-%3,7	73617	%29,5
VG8_1	4351	433	20	99,2	%0,0	59647	%4,9
VG9_1	2751	433	20	96,9	-%2,3	58281	%2,5

VGX_10 simülasyon sonuçlarının karşılaştırmalı tablosu Çizelge 6.5’te görülmektedir. VGX_10 simülasyon sonuçları karşılaştırıldığında birim enerji maliyetlerinin Çizelge 6.4’e benzer şekilde olduğu görülmektedir. Sadece VG6_10 sonucu Çizelge 6.4’ten farklı olarak %1,8 yüksek çıkmıştır.

Çizelge 6.5 : VGX_10 simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

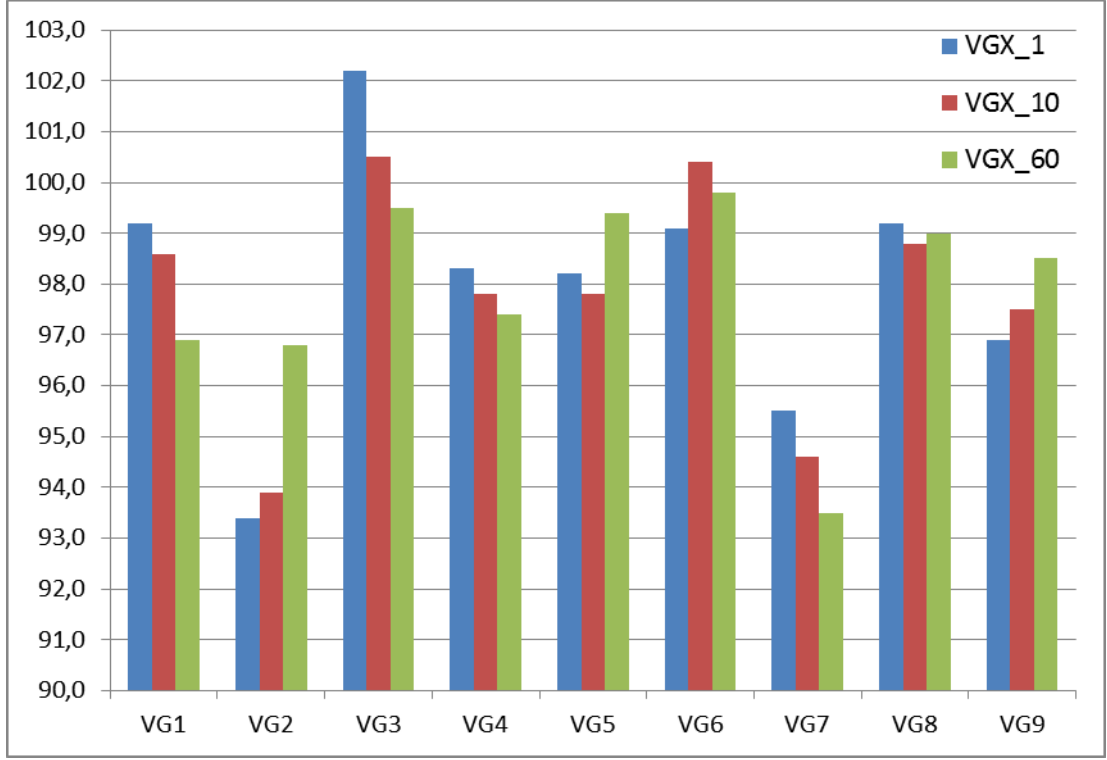
Veri Grubu	Veri Grubu			Maliyet			
	Pik Güç [W]	Ortalama Güç [W]	VG1_10'dan farkı [W]	Elektrik Maliyeti [\$ cent/kWh]	VG1_10'dan farkı [%]	Bugünkü Net Maliyet [\$]	VG1_10'dan farkı [%]
VG1_10	5014	413	0	98,6	%0,0	56525	%0,0
VG2_10	797	413	0	93,9	-%4,8	53826	-%4,8
VG3_10	3872	407	-6	100,5	%1,9	56752	%0,4
VG4_10	4396	443	30	97,8	-%0,8	60081	%6,3
VG5_10	3560	489	76	97,8	-%0,8	66281	%17,3
VG6_10	2674	318	-95	100,4	%1,8	44259	-%21,7
VG7_10	4331	555	142	94,6	-%4,1	72915	%29,0
VG8_10	3039	433	20	98,8	%0,2	59336	%5,0
VG9_10	2724	433	20	97,5	-%1,1	58586	%3,6

VGX_60 simülasyon sonuçlarının karşılaştırmalı tablosu Çizelge 6.6'da görülmektedir.

Çizelge 6.6 : VGX_60 simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

Veri Grubu	Veri Grubu			Maliyet			
	Pik Güç [W]	Ortalama Güç [W]	VG1_60'dan farkı [W]	Elektrik Maliyeti [\$ cent/kWh]	VG1_60'dan farkı [%]	Bugünkü Net Maliyet [\$]	VG1_60'dan farkı [%]
VG1_60	3106	413	0	96,9	%0,0	55598	%0,0
VG2_60	690	413	0	96,8	-%0,1	55494	-%0,2
VG3_60	2719	407	-6	99,5	%2,7	56180	%1,0
VG4_60	2495	443	30	97,4	%0,5	59807	%7,6
VG5_60	2924	489	76	99,4	%2,6	67410	%21,2
VG6_60	1232	318	-95	99,8	%3,0	44009	-%20,8
VG7_60	2719	555	142	93,5	-%3,5	72032	%29,6
VG8_60	1860	433	20	99,0	%2,2	59477	%7,0
VG9_60	1860	433	20	98,5	%1,7	59167	%6,4

Enerji birim maliyetlerine bağlı karşılaştırmalı grafik \$ cent/kWh birimiyle Şekil 6.8'de görülmektedir.



Şekil 6.8 : Simülasyon sonuçları enerji birim maliyet karşılaştırması.

7. veri grubu yüksek pik, yüksek ortalama ve yüksek anma fark gücü değerlerini içeren 3 gün birleştirilerek oluşturulmuştur. Bu senaryo ile ilgili detaylar Bölüm 5.2.5'te açıklanmıştır. Sadece yüksek tüketimli günlerde ölçüm yapılarak, buna bağlı sistem boyutlandırıldığında ortaya çıkan sonuçların incelenmesi amaçlanmıştır. Çizelge 6.4'te görülebileceği üzere yatırım maliyeti VG1_1'e kıyasla en yüksek çıkmaktadır. Ayrıca VG7_1 senaryosunda üretilen enerji, VG1_1 senaryosunda tüketilen enerjiden 8305kWh/yıl fazladır.

Beyanata bağlı verileri içeren modeller 8. ve 9. veri gruplarıdır. Beyanata bağlı verilerden VG8_X grupları oluşturulmuştur. Bu grupların farklı çözünürlüklerdeki simülasyonları birbirine oldukça yakın sonuçlar vermiştir. VG8_X simülasyon sonuçlarında enerji birim maliyet değerleri 1, 10 ve 60 dakikalık gruplarda %0,4 gibi oldukça düşük bir farka sahiptir. Aynı zamanda VG1_1 veri grubuyla VG8_1 arasında birim maliyet farkı bulunmamakta, VG8_10 ve VG8_60 veri gruplarında ise sırasıyla %0,2 ve %0,4 fark bulunmaktadır.

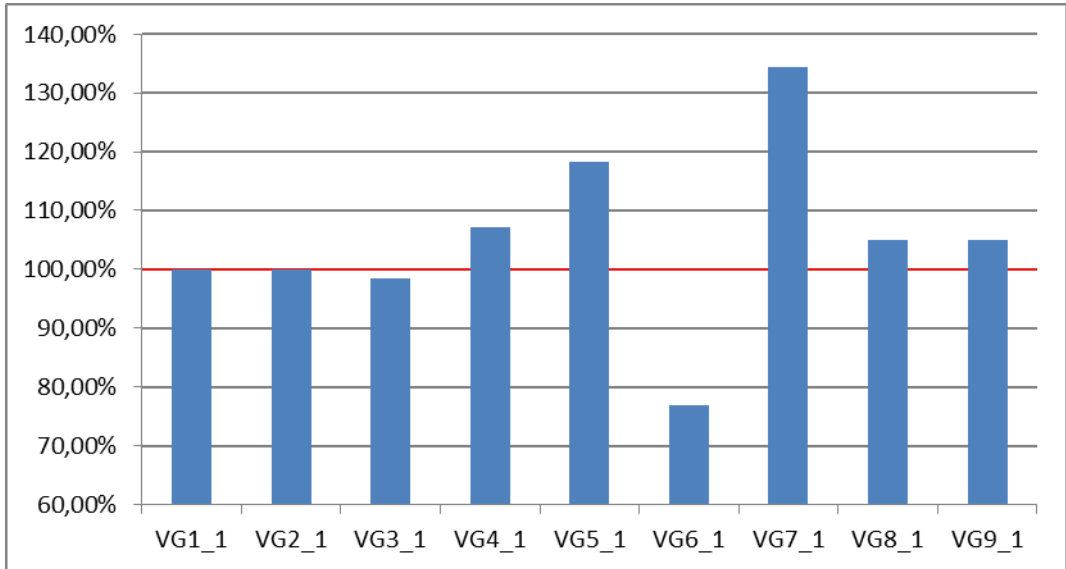
VG8_X grupları baz alınarak, güç değerleri Bölüm 5.4'te belirtildiği şekilde düzenlenerek optimize edilmiş beyanat bilgileri VG9_X veri gruplarını oluşturmaktadır. Enerji birim maliyet değerleri 1, 10 ve 60 dakikalık gruplarda

VG1_1'e göre sırasıyla %2,3, %1,7 ve %0,7 daha düşüktür. Ortalama verilerin oluşturduğu VG2_X'lere benzer olarak veri çözünürlüğü arttıkça enerji birim maliyeti bu modelde yükselmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında şebekeden bağımsız yenilenebilir hibrit enerji sistemlerinde yük modelinin elde edilmesi ve boyutlandırmaya etkileri üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada referans olarak kullanılan veri, enerji analizörü ile bir hanenin 6 ay boyunca 1 dakikalık periyotla ortalama gücünün ölçülmesi sonucu elde edilmiştir. Bu veri baz alınarak ve farklı senaryolar kullanılarak yük modelleri hazırlanmış ve modeller simüle edilerek sistem boyutlandırmaları karşılaştırılmıştır.

Ölçümün sadece belirli bir zaman aralığında yapılması veya kullanıcı beyanatının kullanılması halinde gerçek tüketime kıyasla enerjinin birim maliyeti ve enerjinin temin edilme oranı incelenmiştir. İhtiyaç duyulan enerjinin kesintisiz temin edilebilmesi gerektiğinden gerçek ölçüm değerlerine en yakın tüketim değerlerine sahip modeller Şekil 7.1’de görülmektedir.



Şekil 7.1 : Enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması.

VG3 ve VG4 gruplarındaki gibi sadece 1 ay süresince ölçüm yapılması halinde %10 mertebesinde fazla veya eksik boyutlandırmaya ve yüksek maliyetlere neden olmaktadır. VG5 ve VG6 gruplarındaki gibi, sadece 1 haftalık ölçüm yapılması halinde aşırı veya eksik boyutlandırmaya ve yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Birkaç günlük yapılan ölçümlerin kullanılması halinde ise %20 mertebesinde fazla veya eksik boyutlandırmaya ve yüksek maliyetlere neden olduğu görülmektedir. 3 günlük veri içeren VG7 grubunda %30'u aşan bir enerji farkı oluşmaktadır.

Hibrit sistem boyutlandırmasında kullanılacak yük modeli için cihaz tüketim değerleri kullanılarak oluşturulan haftalık kullanıcı beyanı baz alındığında ise gerçek ölçüm sonuçlarına yakın sonuçlar görülmektedir.

VG8 grubu baz alındığında sonuçların gerçek ölçüm değerleri kullanılarak hazırlanan modelle maliyet olarak aynı mertebede olduğu görülmekte, enerji tüketim değeri olarak %5 mertebesinde bir fark görülmektedir. Bununla birlikte, esnek kullanım imkanına sahip bulaşık makinesi, çamaşır makinesi ve ütü gibi cihazların kullanım zamanlarındaki değişikliklerle pik güç değeri düşürülerek birim enerji maliyeti %3 düşürülebilmekte ve ideal boyutlandırmaya yaklaşılmaktadır.

Yapılan çalışmadan görüldüğü üzere, hibrid sistemlerin boyutlandırılmasında yükün önemi büyüktür. Yılın herhangi bir gününde veya haftasında yapılan ölçümlere göre yapılacak sistem boyutlandırılmaları gereğinden fazla veya daha düşük kapasitede kurulumlara neden olacaktır. Gereğinden fazla boyutlandırma maliyet artışlarına, daha küçük boyutlandırma ise müşteri memnuniyetsizliğine neden olacaktır. Hibrid sistem boyutlandırma işleminin optimum yapılabilmesi için 1 dakika çözünürlüklü verilerin uzun süreli olarak kaydedilmesi gerekmektedir. Ancak bu ölçüm işlemleri uzun zaman almaktadır.

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, uzun süreli ölçümler yerine evde kullanılan elektriksel cihazların tüketim değerleri ölçülüp, kullanıcı beyanları doğrultusunda kullanım alışkanlıklarına göre oluşturulacak yük modelinin hibrid sistem boyutlandırılmasında kullanılabileceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Turhan F.**, (2009). “*Rüzgar Enerjisinin Dünya’da Ve Türkiye’de Kullanımı, Eskişehir Merkezinin Rüzgar Değerlerinin İncelemesi*”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [2] **Özdamar A.**, (2000). “*Dünya Ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma*”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.
- [3] **EİE**, (2014). <www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx>, alındığı tarih 14.02.2014, “Güneş Enerjisi ve Teknolojileri”.
- [4] **TEİAŞ**, (2014). <<http://www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls>>, alındığı tarih 04.12.2014, “Türkiye Elektrik Enerjisi Kuruluş Ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç”.
- [5] **EPDK**, (2014). <<http://www.mevzuat.gov.tr/>>, alındığı tarih 04.12.2014, “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik”.
- [6] **Esen G. K.**, (2014). “*Başlangıcından Günümüze Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Mevzuatı Lisanslı Ve Lisanssız Üretim*”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Akdağ S. A.**, (2008). “*Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Ve Ekonomik Analizinde Weibull Dağılımının Kullanımı*”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **REN – Renewable Energy Policy Network**, (2014). <www.ren21.net>, alındığı tarih 04.08.2014, “Renewables 2014 Global Status Report”.
- [9] **ETKB**, (2014). <www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx>, alındığı tarih 04.12.2014, “ETKB Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Rüzgar Enerjisi”.
- [10] **TÜREB – Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği**, (2014). <www.tureb.com.tr>, alındığı tarih 03.06.2014, “Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu”.

- [11] **Erdinç O.**, (2012). “*Şebekeden Bağımsız Uygulamalar İçin Hibrit Bir Rüzgâr Türbini/Fotovoltaik/Yakıt Hücresi/Batarya Sisteminin Optimizasyonu, Tasarımı Ve Uygulaması*”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Tombul B.**, (2005). “*Akülerin Çevreye Zararları Ve Geri Kazanılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **Kumbasar A.**, (2010). “*DA Çevirici Temelli Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinin İncelenmesi ve Simülasyonu*”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] **Erdoğan E.**, (2010). “*Dijital Kontrollü Çok Fazlı Senkronize DC-DC Alçaltıcı Çevirici Tasarımı*”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [15] **Yücel C. Ö.**, (2012). “*Elektrik Üretiminde Hakim Durumun Tespiti*”, Rekabet Kurumu Uzmanlık Tezleri Serisi No:112 Ankara.
- [16] **Özdemir D.**, (2010). “*Yapay Sinir Ağları İle Kocaeli İlinin Puant Yük Tahmini*”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [17] **Dalton G. J., Lockington D. A., Baldock T. E.**, (2008). “*Feasibility analysis of stand-alone renewable energy supply options for a large hotel*”, Renewable Energy, Vol. 33, no. 7, pp. 1475-1490, Avusturalya.
- [18] **Dursun B.**, (2012). “*Determination of the optimum hybrid renewable power generating systems for Kavakli campus of Kırklareli University, Turkey*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 6183–6190, Kırklareli.
- [19] **Bilal B., Sambou V., Ndiaye P. A., Kébé C. M. F., Ndongo M.**, (2013). “*Study of the Influence of load profile variation on the optimal sizing of a standalone hybrid PV/Wind/Battery/Diesel system*”, Energy Procedia 36 1265 – 1275, Senegal.
- [20] **Elhadidy M. A. , Shaahid S. M.**, (2000). “*Parametric study of hybrid (wind + solar + diesel) power generating systems*”, Renewable Energy 21 (2000) 129-139, Suudi Arabistan.
- [21] **Sinsa S., Chandel S. S.**, (2014). “*Review of software tools for hybrid renewable energy systems*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 32 (2014) 192–205, Hindistan.

- [22] **Karakoulidis K., Mavridis K., Bandekas D.V., Adoniadis P., Potolias C., Vordos N.,** (2010). “*Techno-economic analysis of a stand-alone hybrid photovoltaic-dieselebattery-fuel cell power system*”, Renewable Energy 36 (2011) 2238-2244, Yunanistan.
- [23] **Dufo-López R., Bernal-Agustín J. L., Yusta-Loyo J. M., Domínguez-Navarro J. A., Ramírez-Rosado I. J., Lujano J., Aso I.,** (2011). “*Multi-objective optimization minimizing cost and life cycle emissions of stand-alone PV-wind-diesel systems with batteries storage*”, Applied Energy 88 (2011) 4033–4041, İspanya.
- [24] **Salmanoğlu F., Çetin N. S.,** (2013). “*The Software Package for Design Optimization of the Wind/Photovoltaic Autonomous Hybrid Power System: A Case Study for Ankara City*”, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 35:20, İzmir.
- [25] **Güler Ö., Akdağ S. A., Dinçsoy M. E.,** (2013). “*Feasibility analysis of medium-sized hotel’s electrical energy consumption with hybrid systems*”, Sustainable Cities and Society 9 (2013) 15–22, İstanbul.
- [26] **Orlando A. F., Malaga M. P., Huamani M. M.,** (2012). “*Methodology for generating electric load profiles for sizing an electric energy generation system*”, Energy and Buildings 52 (2012) 161–167, Brezilya.
- [27] **Dalton G. J., Lockington D. A., Baldock T. E.,** (2007). “*Feasibility analysis of stand-alone renewable energy supply options for a large hotel*”, Renewable Energy 33 (2008) 1475–1490, Avusturalya.
- [28] **Silva S. B., Severino M. M., Oliveria M. A. G.,** (2013). “*A stand-alone hybrid photovoltaic, fuel cell and battery system: A case study of Tocantins, Brazil*”, Renewable Energy 57 (2013) 384-389, Brezilya.
- [29] **Elma O., Selamioğulları U. S.,** (2012). “*A comparative sizing analysis of a renewable energy supplied stand-alone house considering both demand side and source side dynamics*”, Applied Energy 96 400–408, İstanbul.
- [30] **Çakır Y. S.,** (2013). “*Hibrit Sistemlerin Boyutlandırmasında Veri Çözünürlüğü Etkisinin Analizi*”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] **ENTES,** (2014). <www.entec.com.tr/dosyalar/MPR60S_A2922R6_v.pdf>, alındığı tarih 01.11.2014, “Şebeke Analizörü Mpr60s / Mpr60s Kullanma Kılavuzu”.

- [32] **ETKB**, (2014). <www.enerjihanim.com/UserFiles/CKUpload/documents/Enerji_Hanim_Pilot_Rapor_Faz1.pdf>, alındığı tarih 01.08.2014, “Enerji Hanım Projesi Pilot Uygulama Raporu Faz 1”.
- [33] **Kallel R., Boukettaya G., Krichen L.**, (2014). “*Demand side management of household appliances in stand-alone hybrid photovoltaic*”, Renewable Energy 81 (2015) 123–135, Tunus.
- [34] **NOAA**, (2013). <<ftp://aftp.cmdl.noaa.gov/data/meteorology/in-situ/mlo/2013>>, alındığı tarih 14.02.2014, “Meteorology Measurements from the NOAA/ESRL/GMD Baseline Observatories”.
- [35] **EİE**, (2015). < <http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/KOCAELI-REPA.pdf> >, alındığı tarih 01.04.2015, “Kocaeli İli Rüzgar Kaynak Bilgileri”.

EKLER

EK A: Ölçümde Kullanılan Enerji Analizörünün Test Raporu

EK B: Aylık Tüketim Değerleri Dakikalık

EK C: Aylık Tüketim Değerleri 10 Dakikalık Ortalama

EK D: Aylık Tüketim Değerleri 1 Saatlik Ortalama

EK E: Aylık Tüketim Değerleri Günlük Ortalama

EK F: Bir Güne İndirgenmiş Dakikalık Bazda Aylara Bağlı Tüketim Değerleri

EK G: Bir Güne İndirgenmiş Aylara Bağlı 10 Dakikalık Tüketim Değerleri

EK H: İndirgenmiş Karşılaştırmalı Aylara Bağlı 10 Dakikalık Tüketim Değerleri





EK I: Günlük Tüketim Değerleri Dakikalık

EK J: Günlük Tüketim Değerleri 10 Dakikalık Ortalama

EK K: İndirgenmiş Karşılaştırmalı Güne Bağlı 10 Dakikalık Tüketim Değerleri

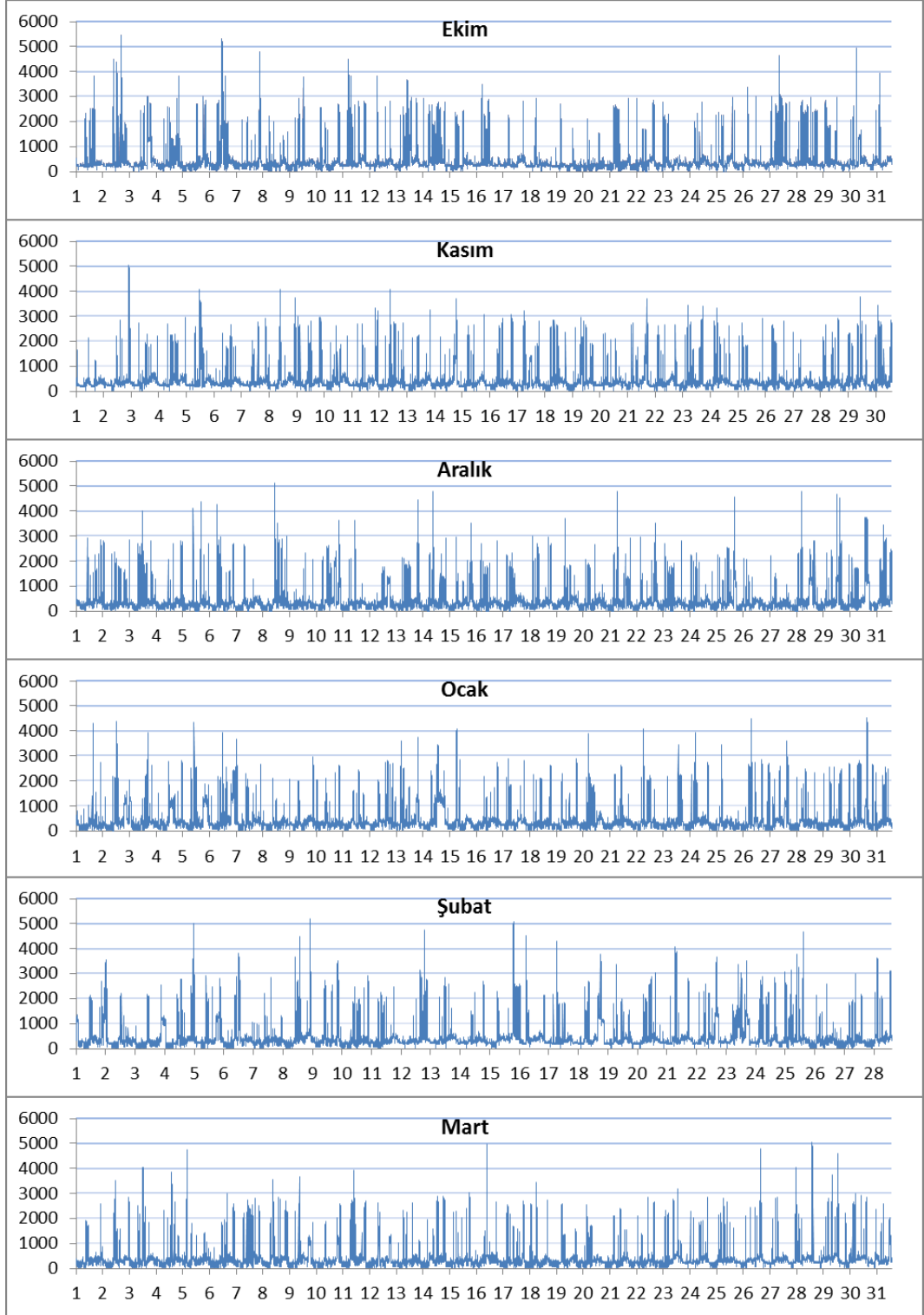
EK L: Veri Gruplarına Bağlı Elektrik Üretim Grafikleri

EK M: Veri Gruplarına Bağlı Akü Kullanım Grafikleri

		<h2>TEST RAPORU</h2>						TS EN ISO 9001 KYS Belgesi *				
Elektronik Cihazlar İmalat ve Tic. A.Ş.								Tarih: 24.07.2012				
SERİ NO 12300087		TESTİ YAPAN Ad, Soyad, İmza Erkan FINDIKLI 				ONAY Ad, Soyad, İmza 						
Model : MPR-60 / 60000178		Firmware : v1.78				Müşteri :						
1.TEST ÖRNEK REF		2.TEST ÖRNEK REF		3.TEST ÖRNEK REF		4.TEST ÖRNEK REF		5.TEST ÖRNEK REF		6.TEST ÖRNEK REF		
VLN1	99,9	100	230,4	230,1	230,5	230	100	100	270,6	270	230,7	230
VLN2	229,8	230	229,8	230	269,4	270	229,8	230	99,9	100	269,7	270
VLN3	269,6	270	229,8	230	100	100	269,6	270	229,8	230	100	100
VLL1	293,4	293	399,2	398,5	433,3	433,5	293,6	293	332,3	331,5	433,5	433,5
VLL2	433,3	433	398,4	398,4	331,2	331,5	433,3	433	293	293,1	331,4	331,5
VLL3	330,6	331	397,4	398,5	292,7	293,1	330,8	331	432,5	433,5	293	293,1
ILN1	0,1	0,099	0,2	0,2	5,736	5,75	0,05	0,05	0,1	0,1	3,001	2,992
ILN2	0,1	0,099	0,3	0,298	5,728	5,75	0,05	0,05	0,4	0,398	3	2,993
ILN3	0,1	0,099	0,4	0,399	5,733	5,75	0,05	0,05	0,3	0,299	3	2,995
PF1	-0,5	0,5	1	1	0,87	0,86	0,51	0,5	-1	1	-0,86	0,86
PF2	-0,49	0,5	-1	1	0,87	0,86	0,51	0,5	-1	1	-0,87	0,86
PF3	-0,5	0,5	-1	1	0,87	0,86	0,51	0,5	-1	1	-0,87	0,86
COS1	-0,49	0,49	1	1	0,86	0,86	0,5	0,5	-1	1	-0,86	0,86
COS2	-0,49	0,49	-1	1	0,86	0,86	0,5	0,5	-1	1	-0,86	0,86
COS3	-0,49	0,49	-1	1	0,86	0,86	0,5	0,5	-1	1	-0,86	0,86
W1	5	5,02	46	46	1148	1137,35	3	2,5	27	27,04	599	596,4
W2	11	11,47	69	68,64	1338	1335,15	6	5,9	40	39,78	700	698,1
W3	13	13,57	92	91,5	497	494,5	7	6,8	69	68,54	260	259,9
VAr1	-9	8,57	0	0	660	693	4	4,2	0	0	-350	341
VAr2	-20	19,8	0	0	776	808	10	9,9	0	0	-407	401,7
VAr3	-23	23,3	0	0	288	300	12	11,7	-1	0	-151	148,9
VA1	10	9,94	46	46	1322	1322,5	5	4,9	27	27,05	692	687
VA2	23	22,87	69	68,64	1543	1611	11	11,43	40	39,78	809	805,4
VA3	27	26,96	92	91,5	574	598	13	13,48	69	68,55	300	299,5
TW	30	30,05	207	206,5	2982	2974	15	14,85	136	135,4	1559	1554
TVAr	-52	51,68	-1	0	1723	1802	26	25,92	-1	0	-908	891,4
TVA	60	59,79	207	206,5	3444	3531,5	30	29,87	136	135,4	1804	1792
TPF	-0,5	0,5	-1	1	0,87	0,86	0,51	0,51	-1	1	-0,86	0,86
THD V	0,7	0	0,6	0	0,8	0	0,5	0	0,6	0	0,6	0
THD I	2	0	0,4	0	0	0	4,6	0	0,8	0	0,1	0
Hz.	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60
O.VLN	199,7	199,7	230	230,1	199,9	199,8	199,8	199,7	200,1	199,9	200,1	200,1
O.VLL	352,4	352,5	398,3	398,5	352,4	352,4	352,5	352,4	352,6	352,6	352,6	352,4
TI	0,099	0,099	0,299	0,3	5,743	5,75	0,049	0,05	0,226	0,227	3,004	3
Test Sonucu GEÇTİ												
ETALON Kimliği : Omicron CMC256P LD094F												
1. TEST : 100V, 230V, 270V, 0.1A, 0.1A, 0.1A, cap 60, 50Hz 2. TEST : 230V, 230V, 230V, 0.2A, 0.3A, 0.4A, 50Hz 3. TEST : 230V, 270V, 100V, 5.75A, 5.75A, 5.75A, ind 30, 50Hz						4. TEST : 100V, 230V, 270V, 0.05A, 0.05A, 0.05A, ind 60, 60Hz 5. TEST : 270V, 100V, 230V, 0.1A, 0.4A, 0.3A, 60Hz 6. TEST : 230V, 270V, 100V, 3A, 3A, 3A, ind 30, 60Hz						

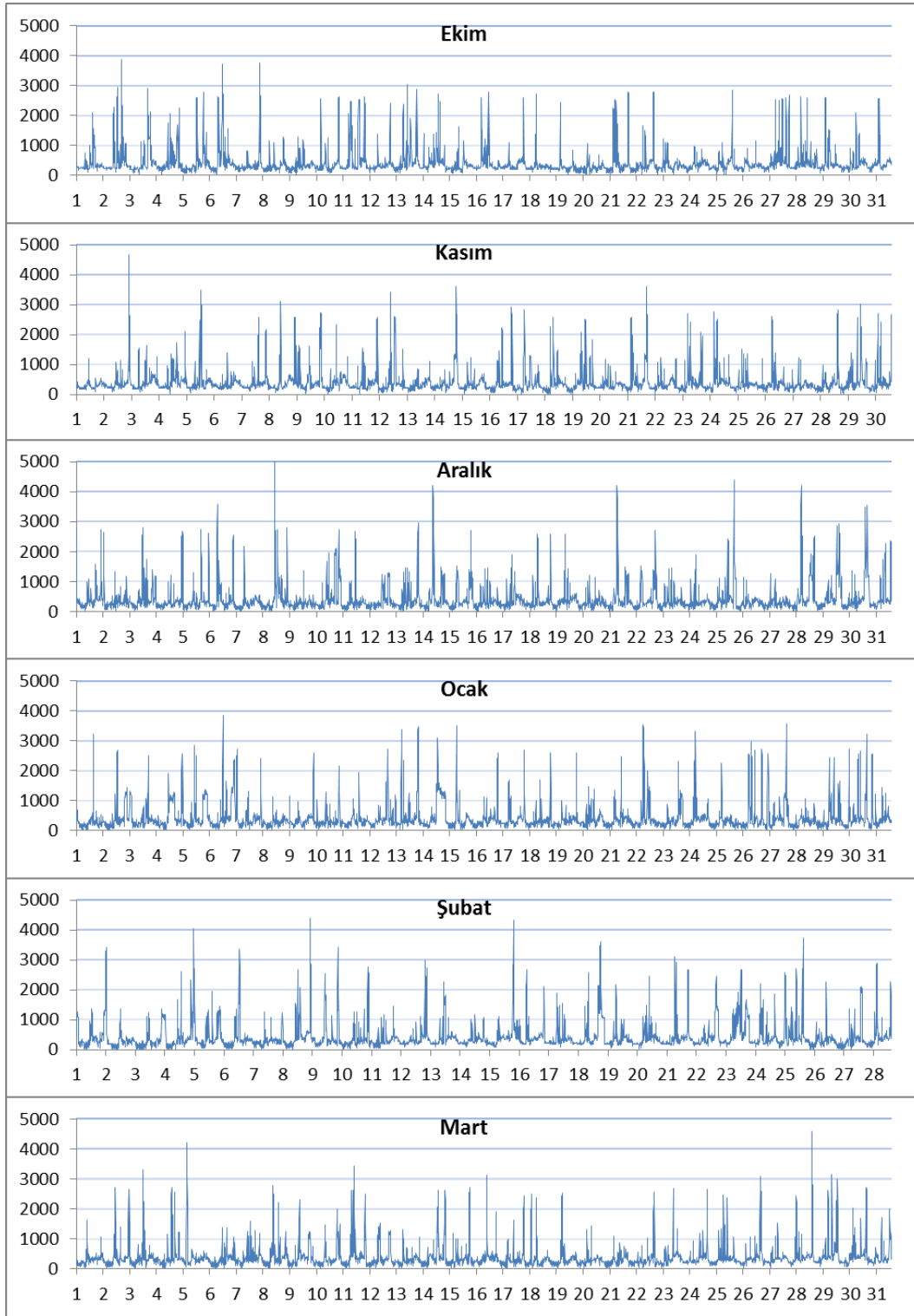
Şekil A.1 : Ölçümde Kullanılan Enerji Analizörünün Test Raporu.

EK B



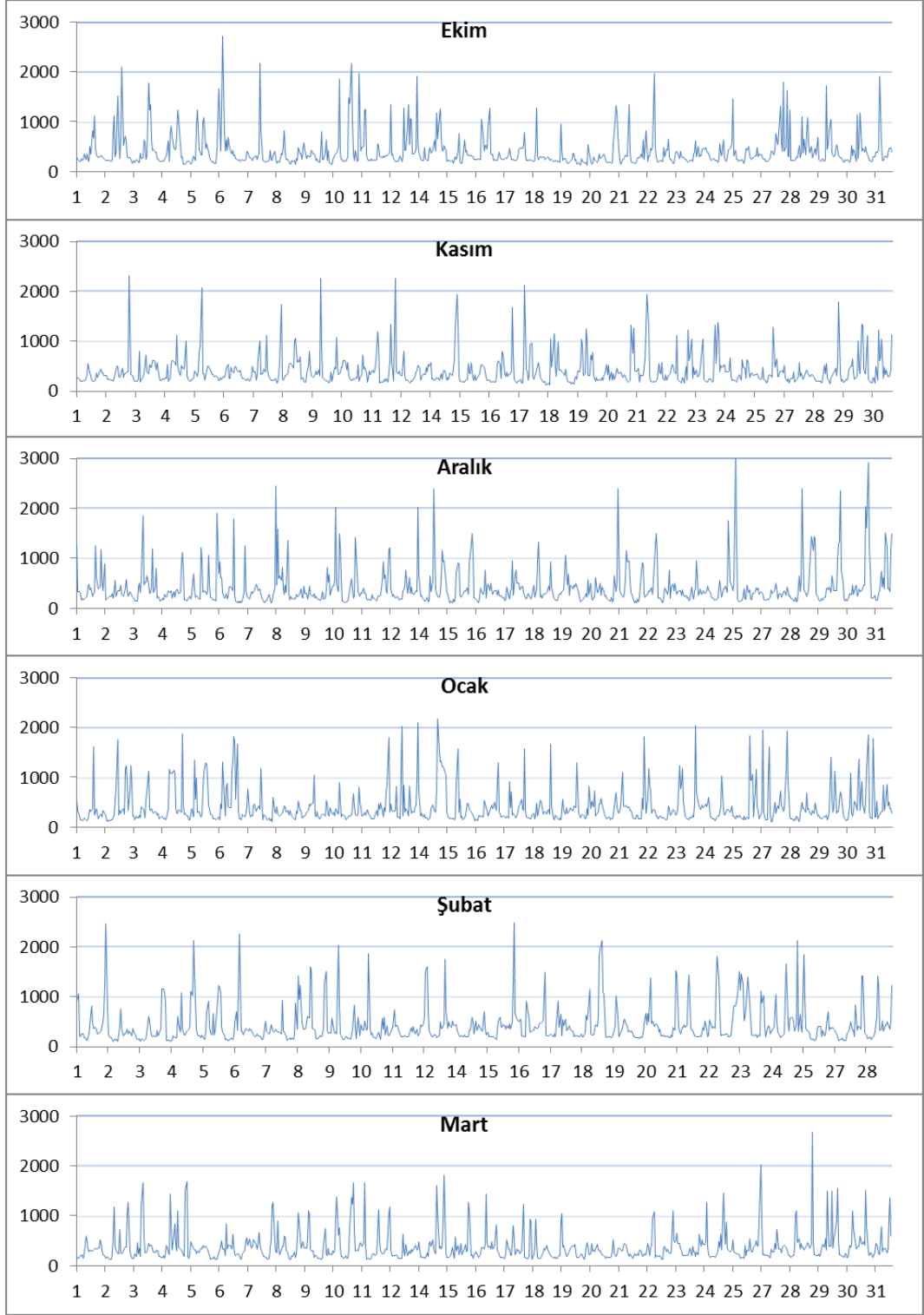
Şekil B.1 : Aylık Tüketim Değerleri Dakikalık.

EK C



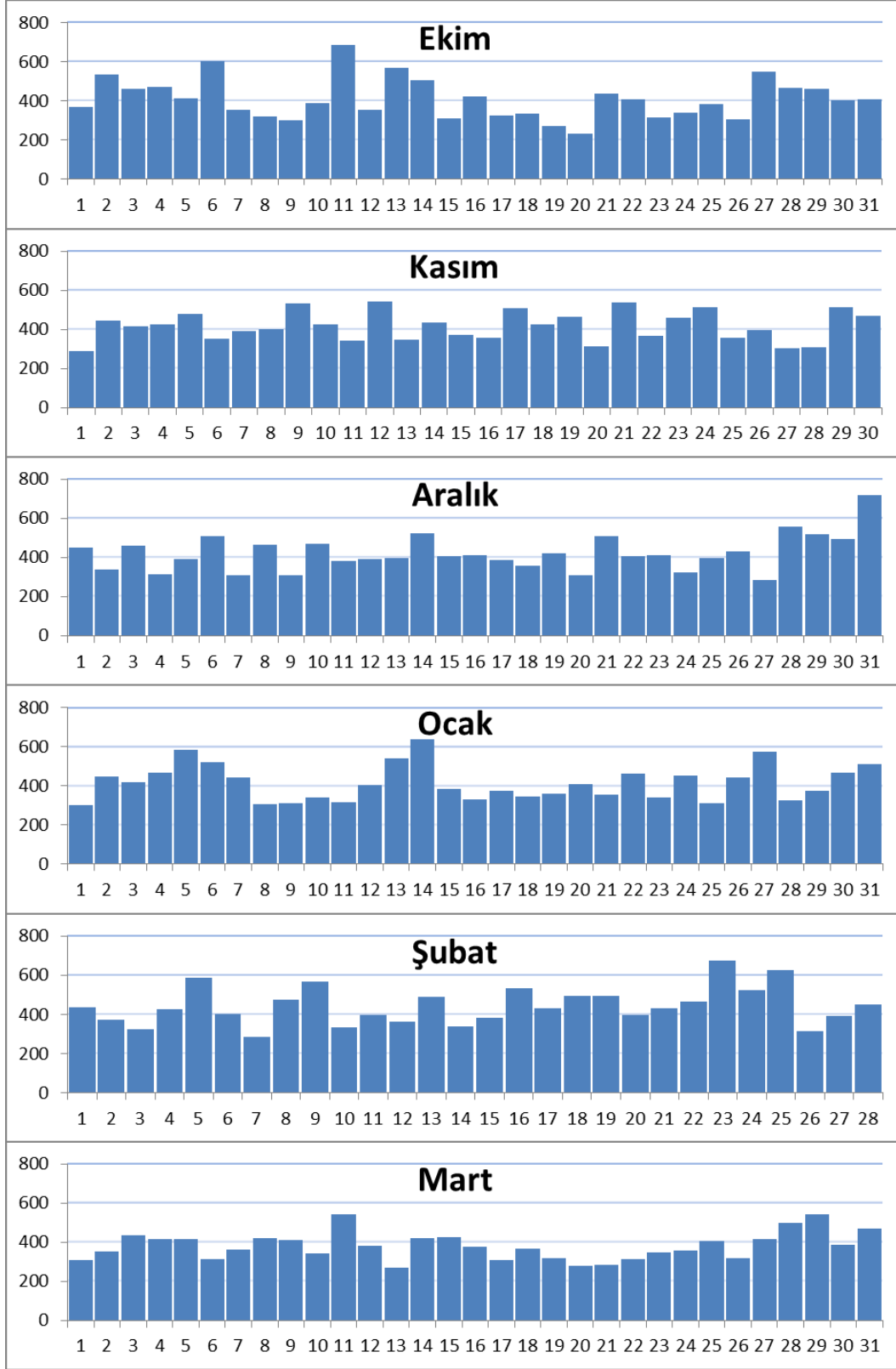
Şekil C.1 : Aylık Tüketim Değerleri 10 Dakikalık Ortalama.

EK D



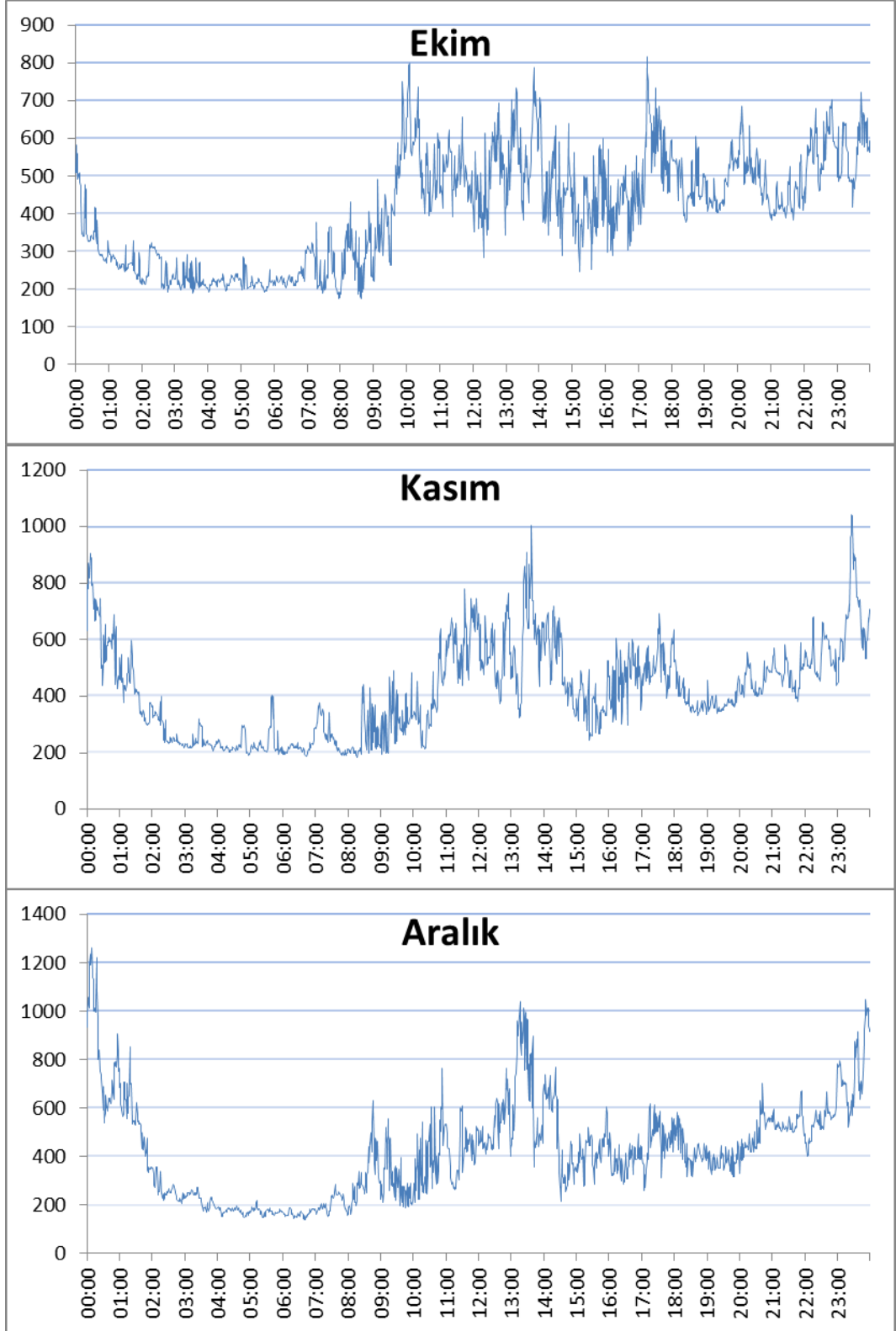
Şekil D.1 : Aylık Tüketim Değerleri 1 Saatlik Ortalama.

EK E



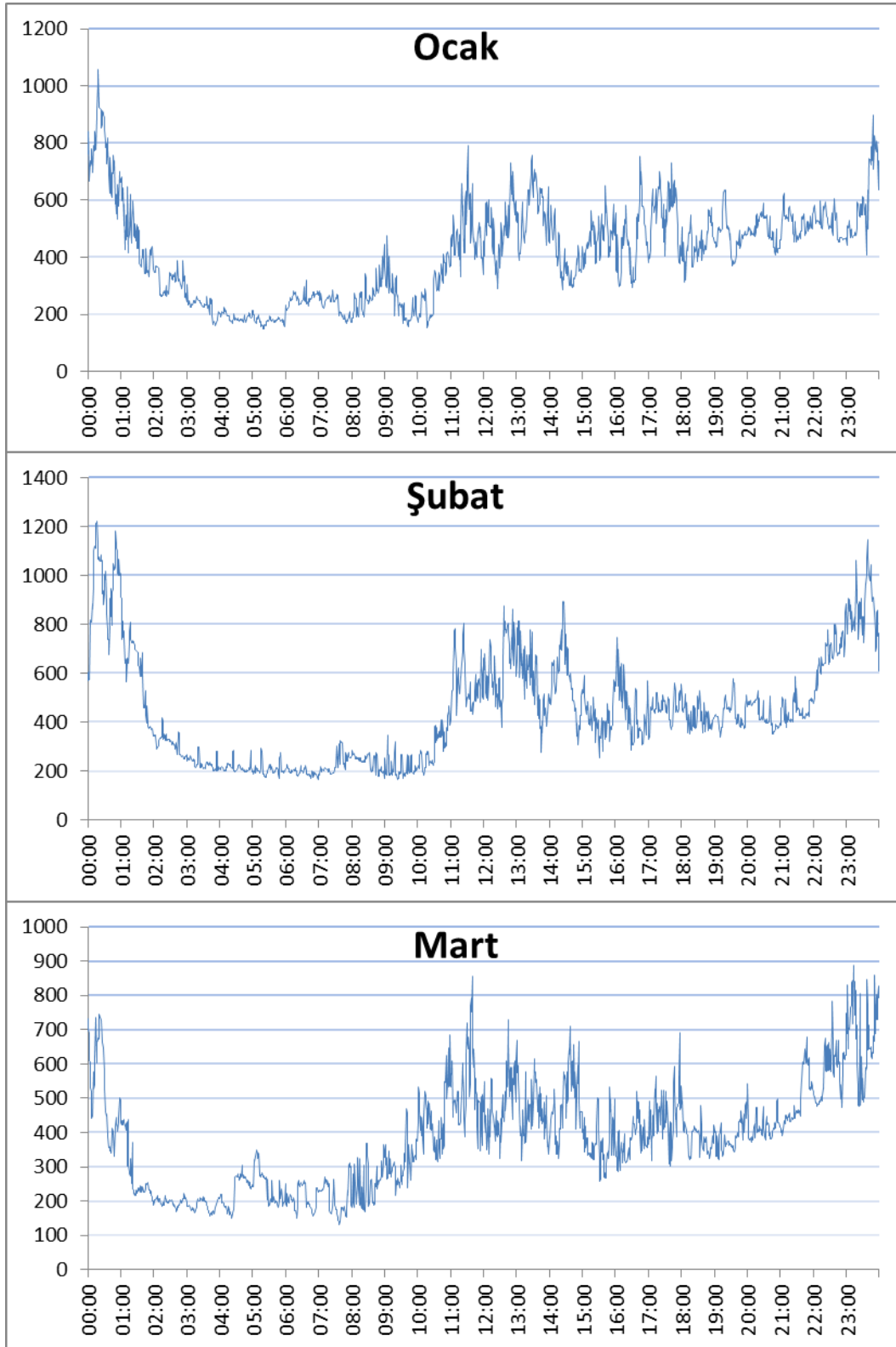
Şekil E.1 : Aylık Tüketim Değerleri Günlük Ortalama.

EK F



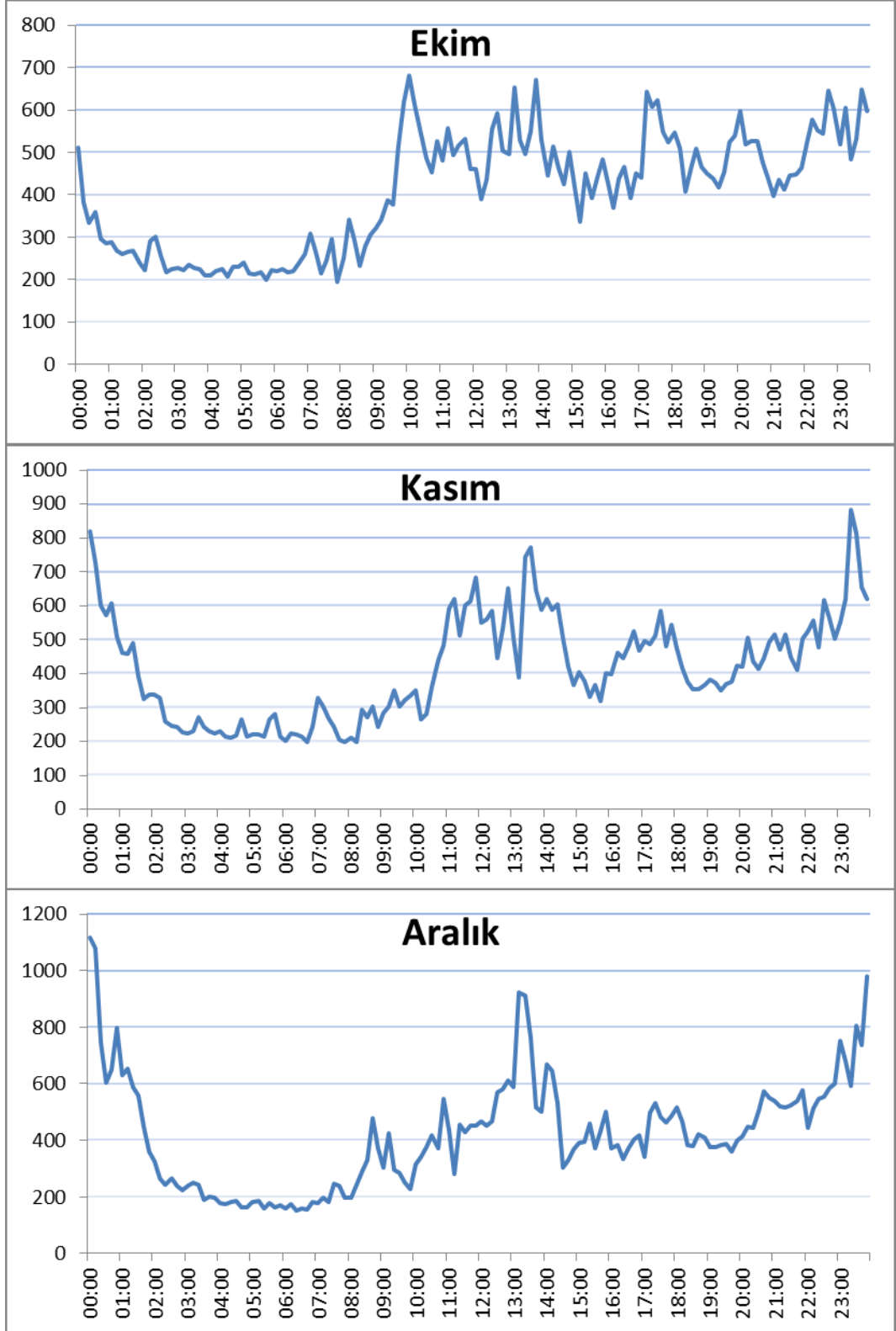
Şekil F.1 : Bir Güne İndirgenmiş Dakikalık Bazda Aylara Bağlı Tüketim Değerleri.

EK F (devam)



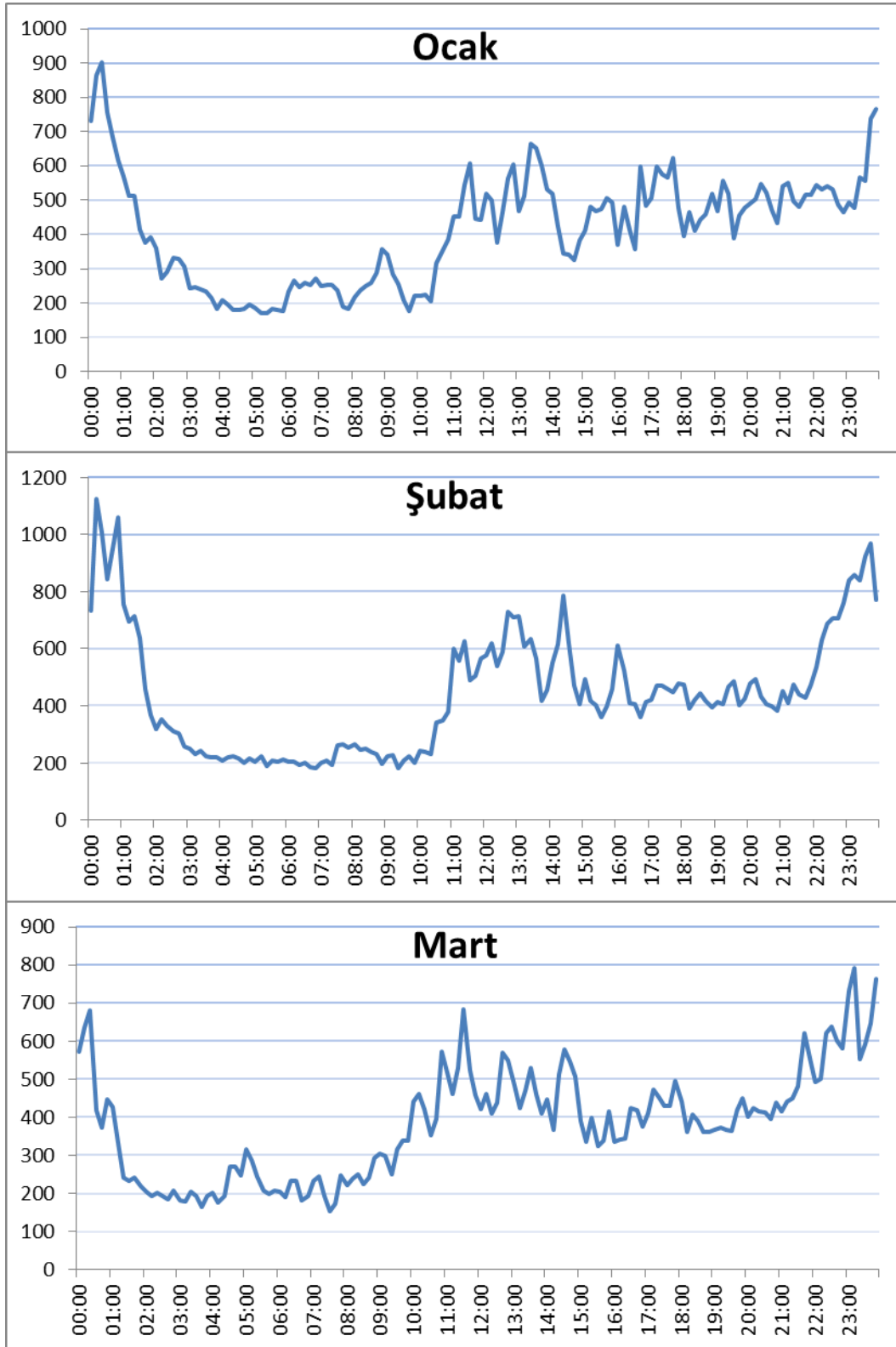
Şekil F.2: Bir Güne İndirgenmiş Dakikalık Bazda Aylara Bağlı Tüketim Değerleri.

EK G



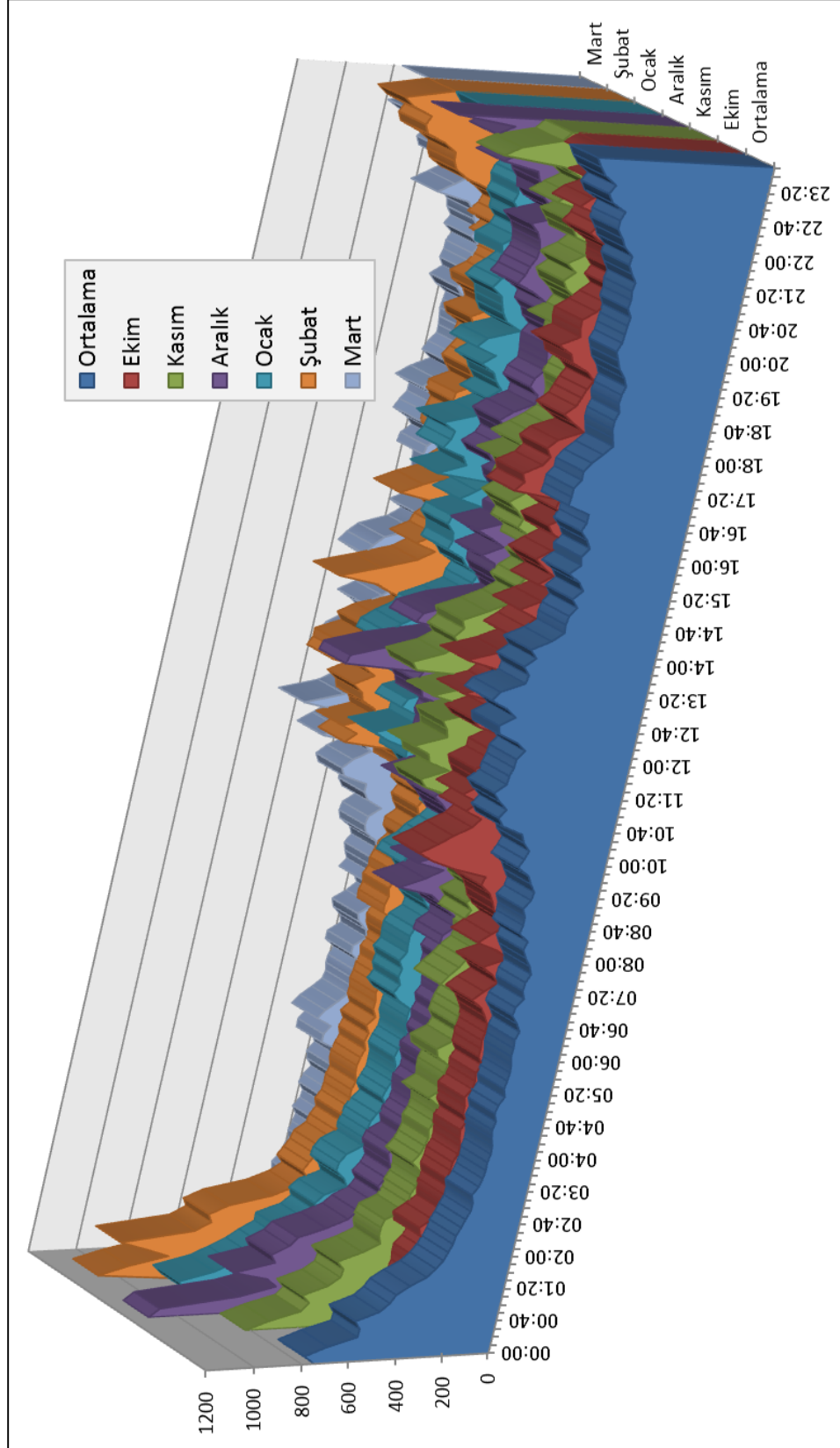
Şekil G.1 : Bir Güne İndirgenmiş Aylara Bağlı 10Dakikalık Tüketim Değerleri.

EK G (devam)



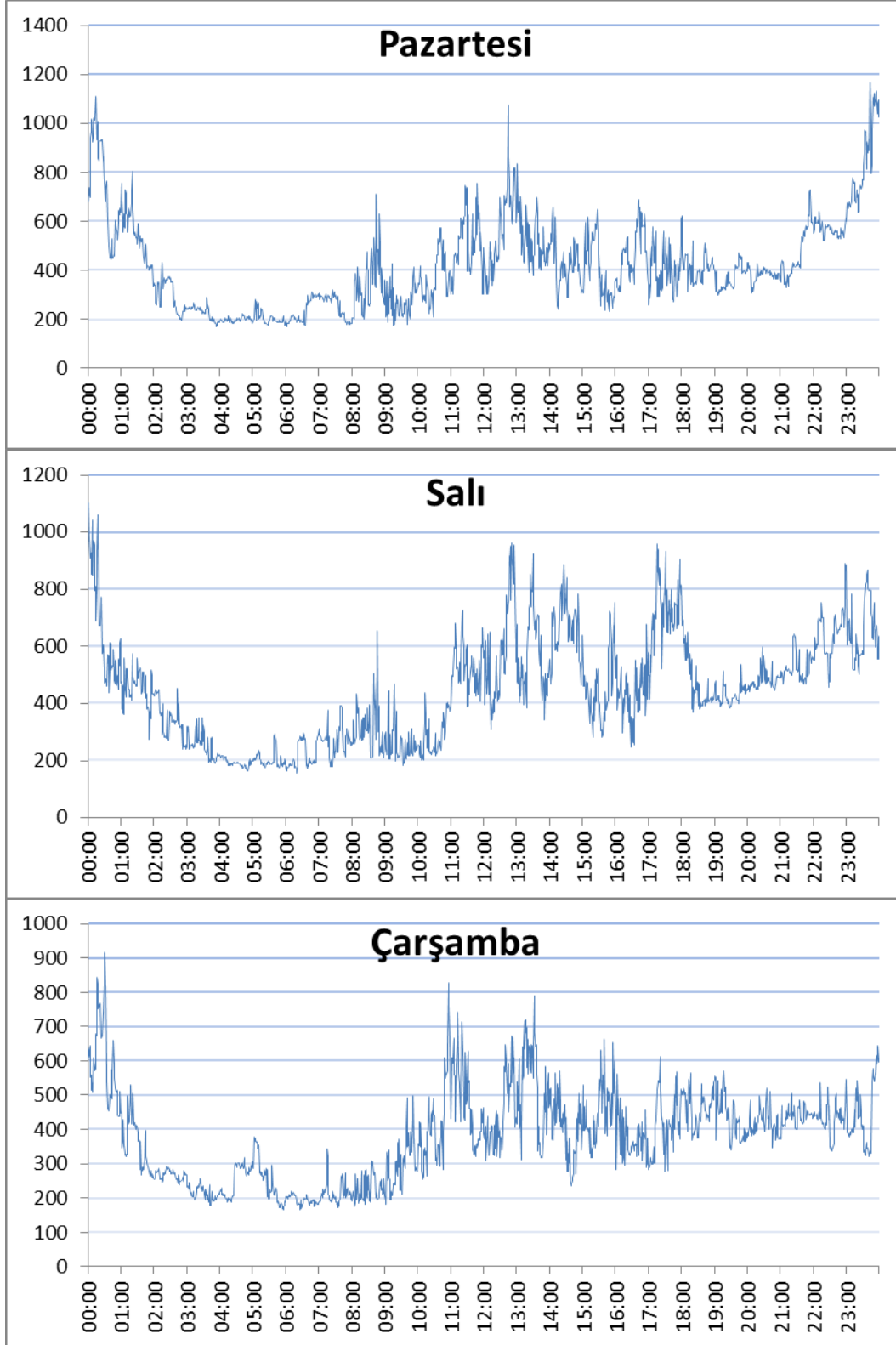
Şekil G.2 : Bir Güne İndirgenmiş Aylara Bağlı 10Dakikalık Tüketim Değerleri.

EK H



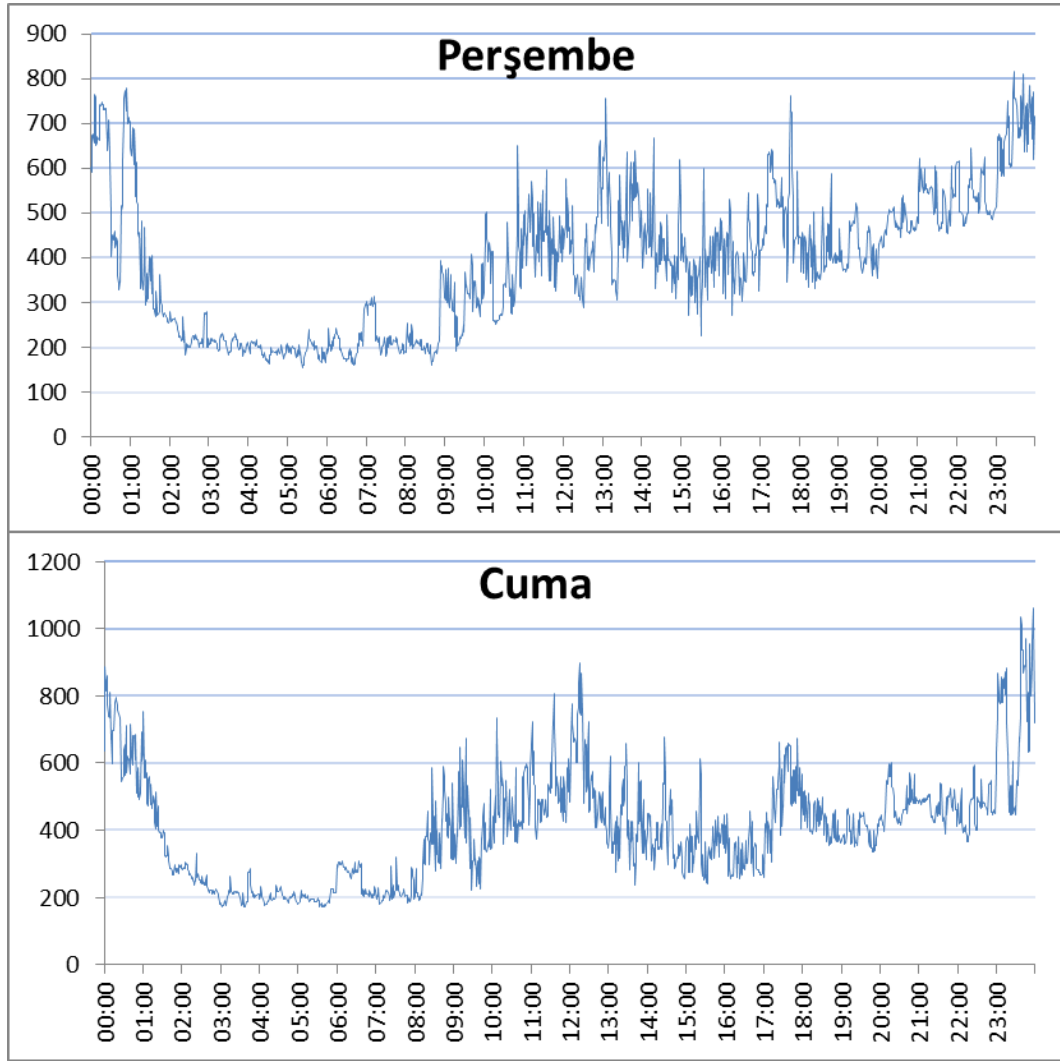
Şekil H.1 : İndirgenmiş Karşılaştırmalı Aylara Bağlı 10 Dakikalık Tüketim Değerleri.

EK I



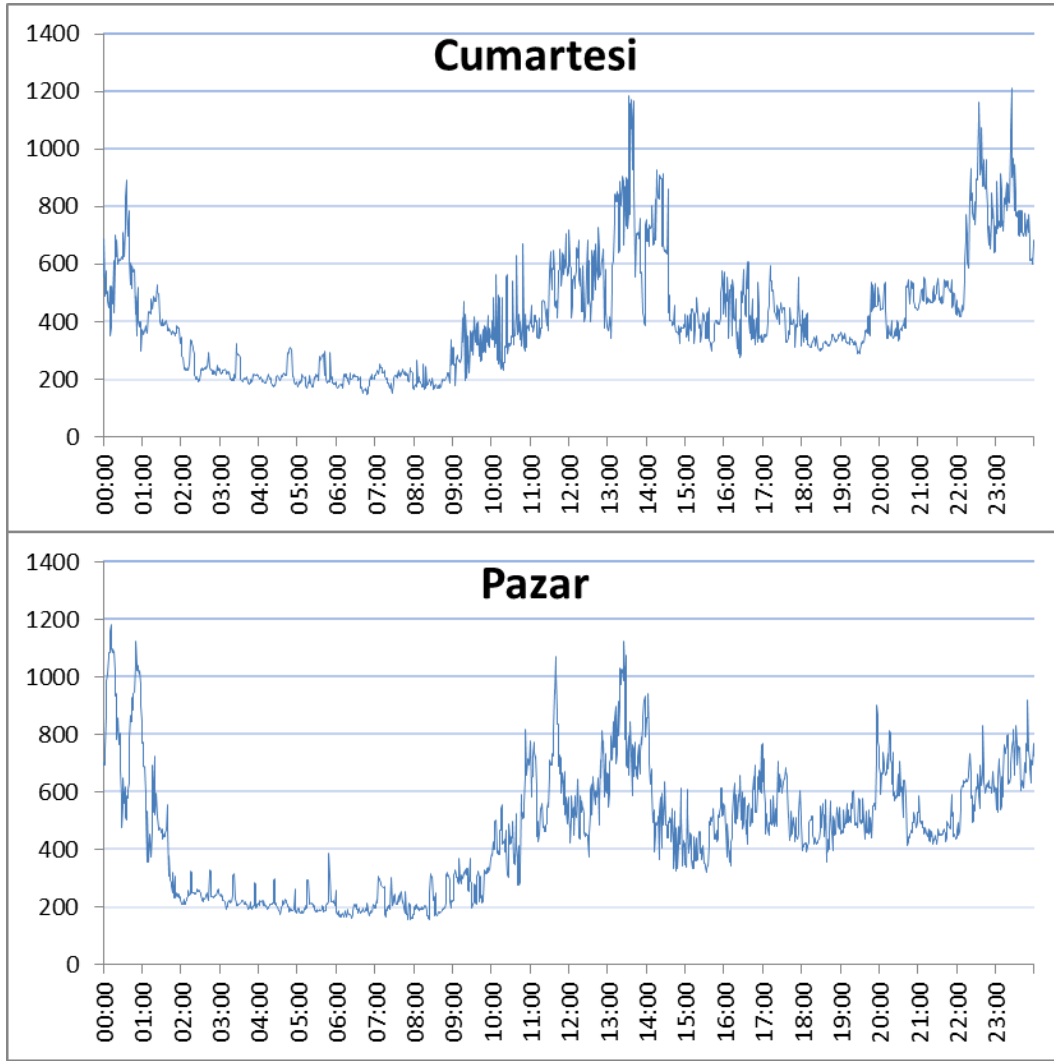
Şekil I.1 : Günlük Tüketim Değerleri Dakikalık.

EK I (devam)



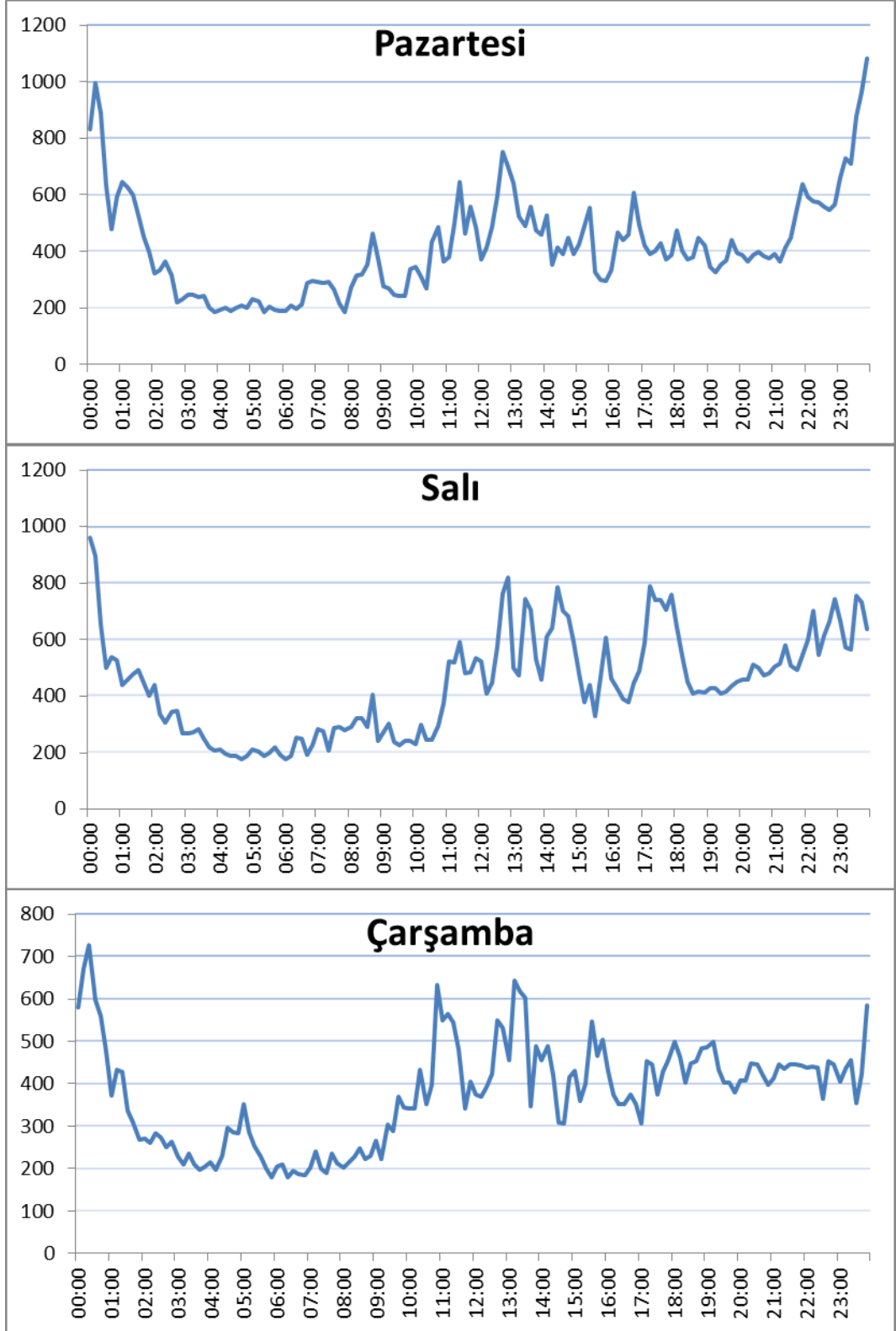
Şekil I.2 : Günlük Tüketim Değerleri Dakikalık.

EK I (devam)



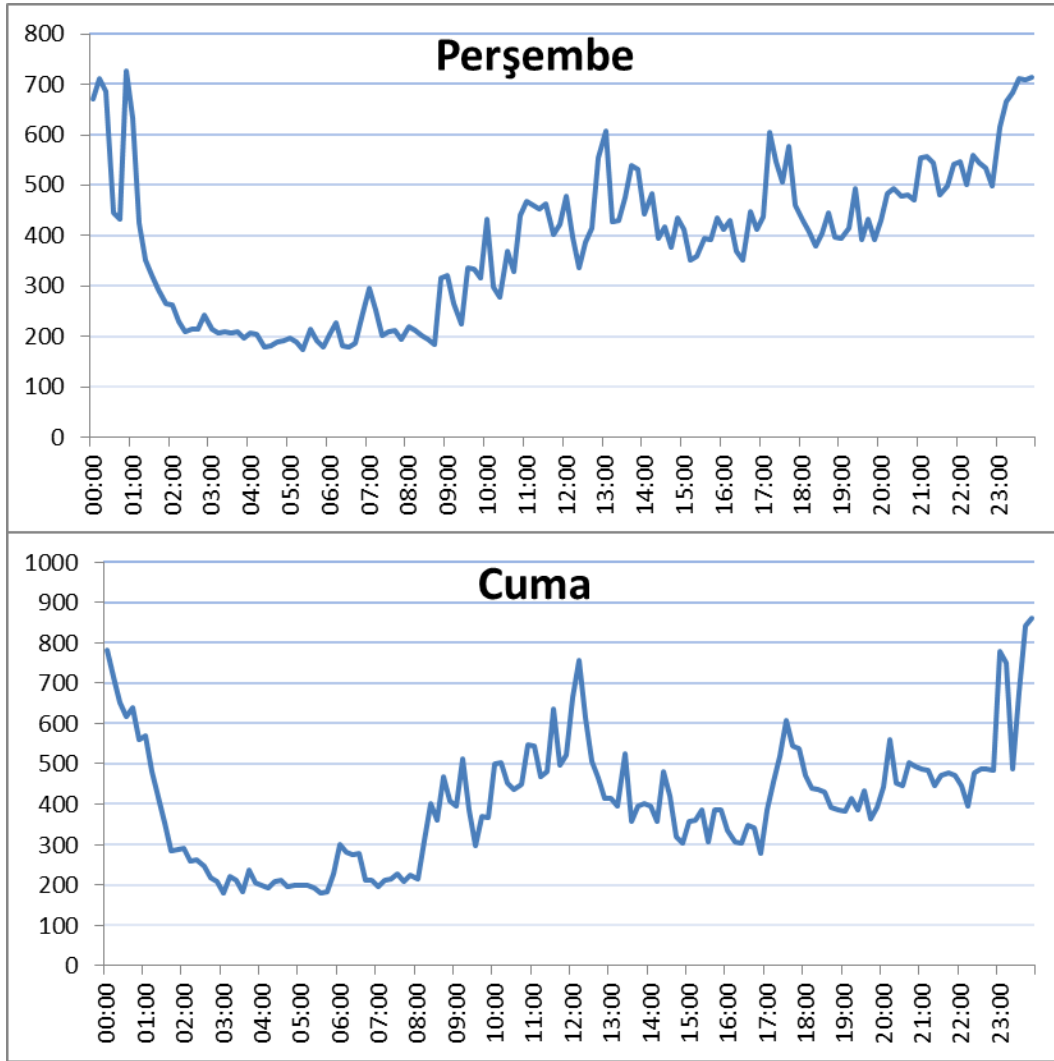
Şekil I.3 : Günlük Tüketim Değerleri Dakikalık.

EK J



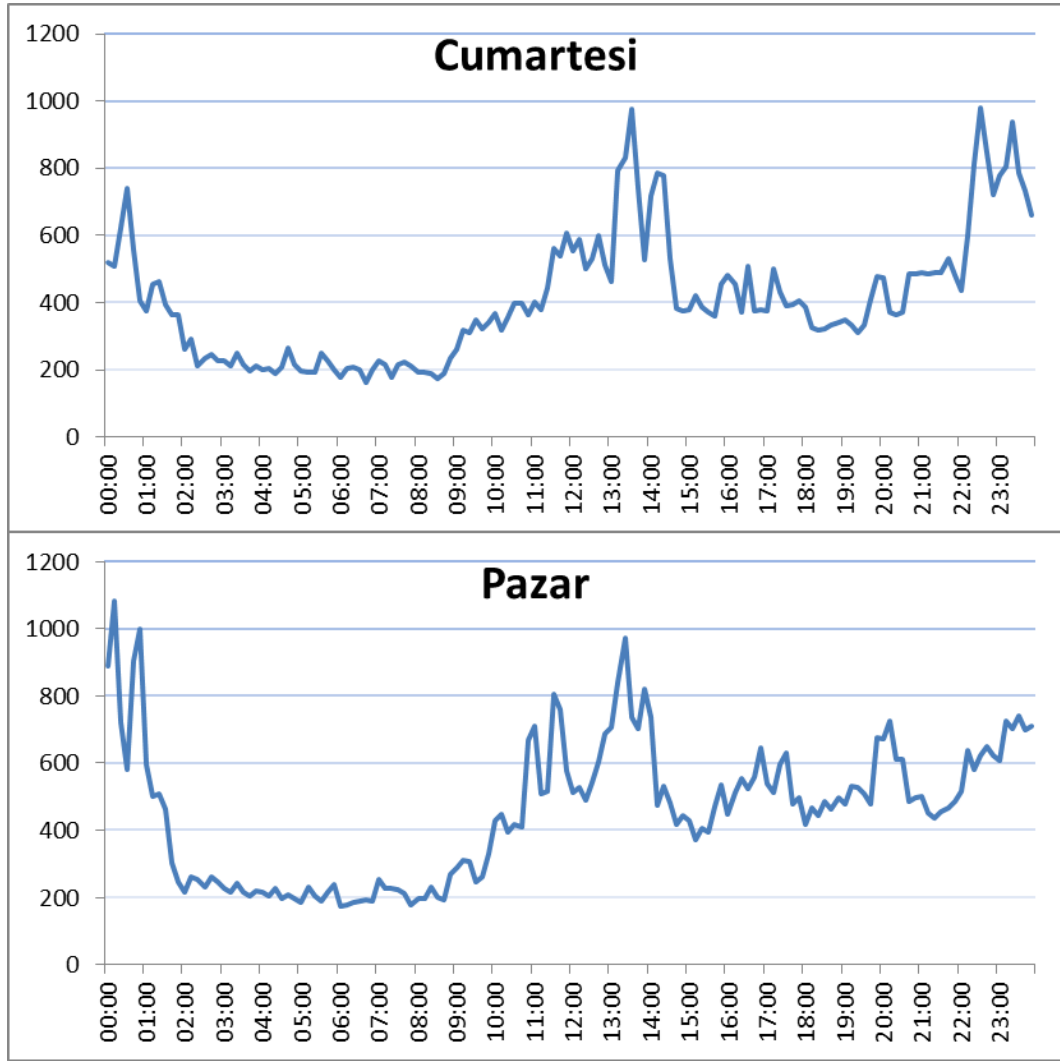
Şekil J.1 : Günlük Tüketim Değerleri 10 Dakikalık Ortalama.

EK J (devam)

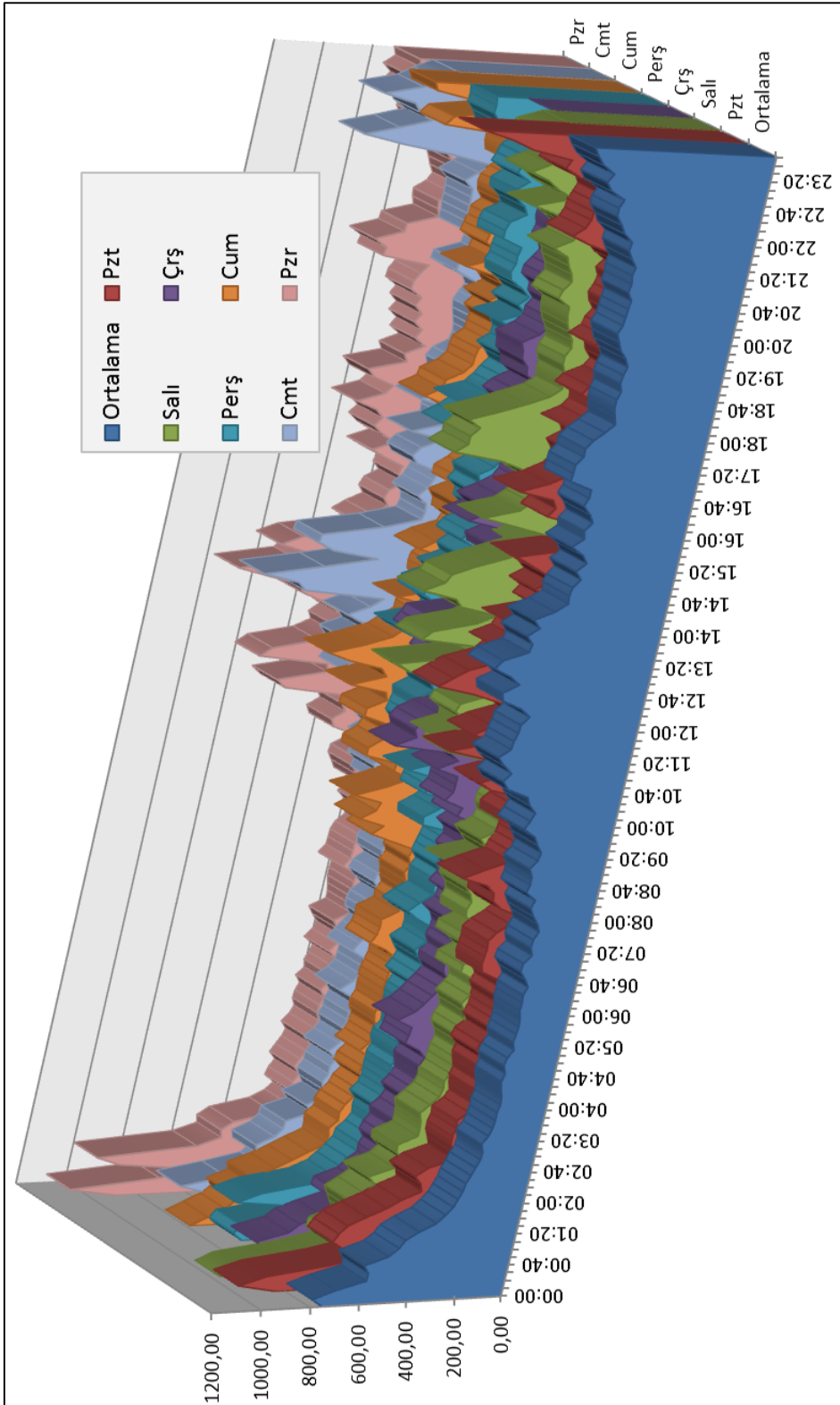


Şekil J.2 : Günlük Tüketim Değerleri 10 Dakikalık Ortalama.

EK J (devam)

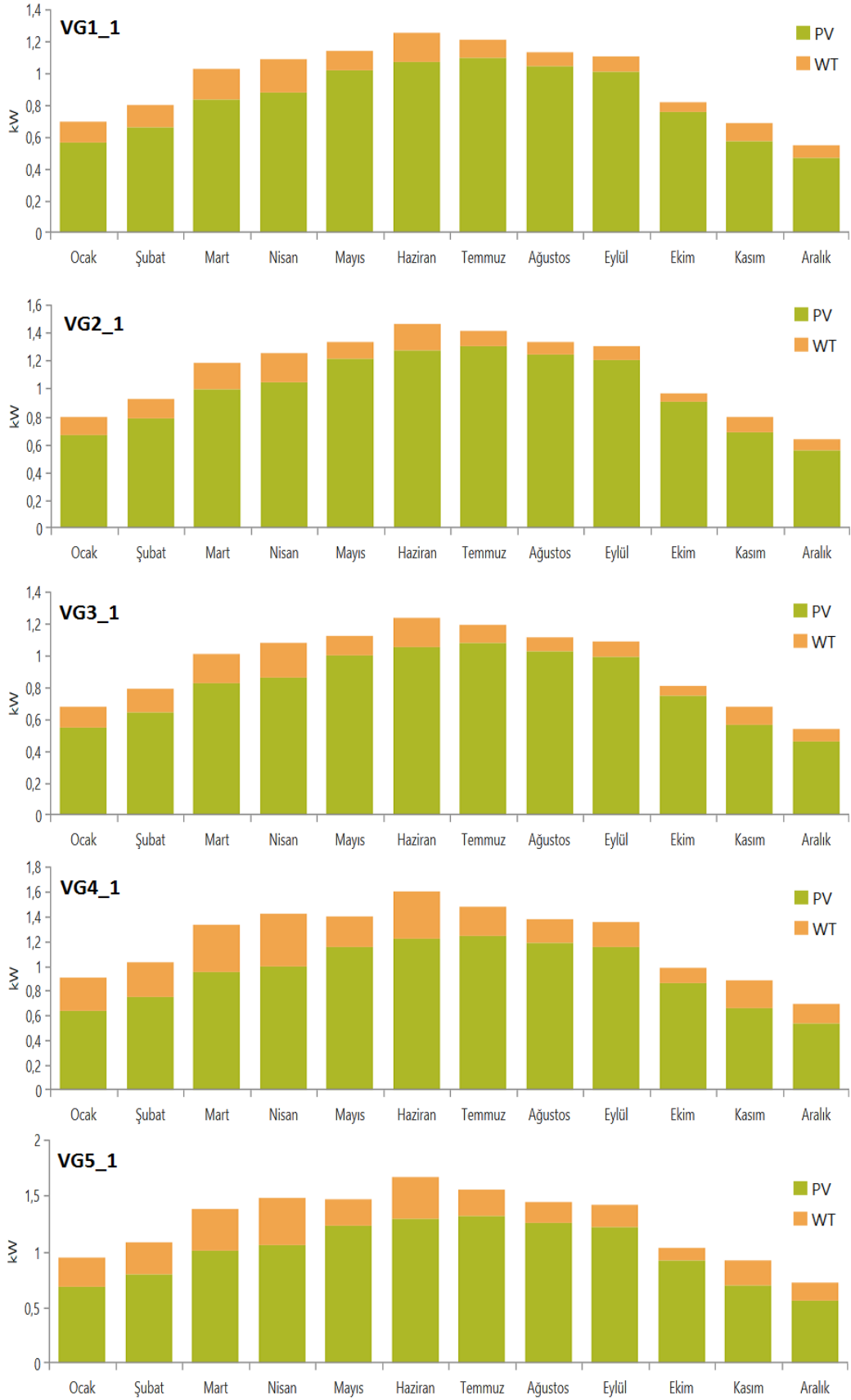


Şekil J.3 : Günlük Tüketim Değerleri 10 Dakikalık Ortalama.



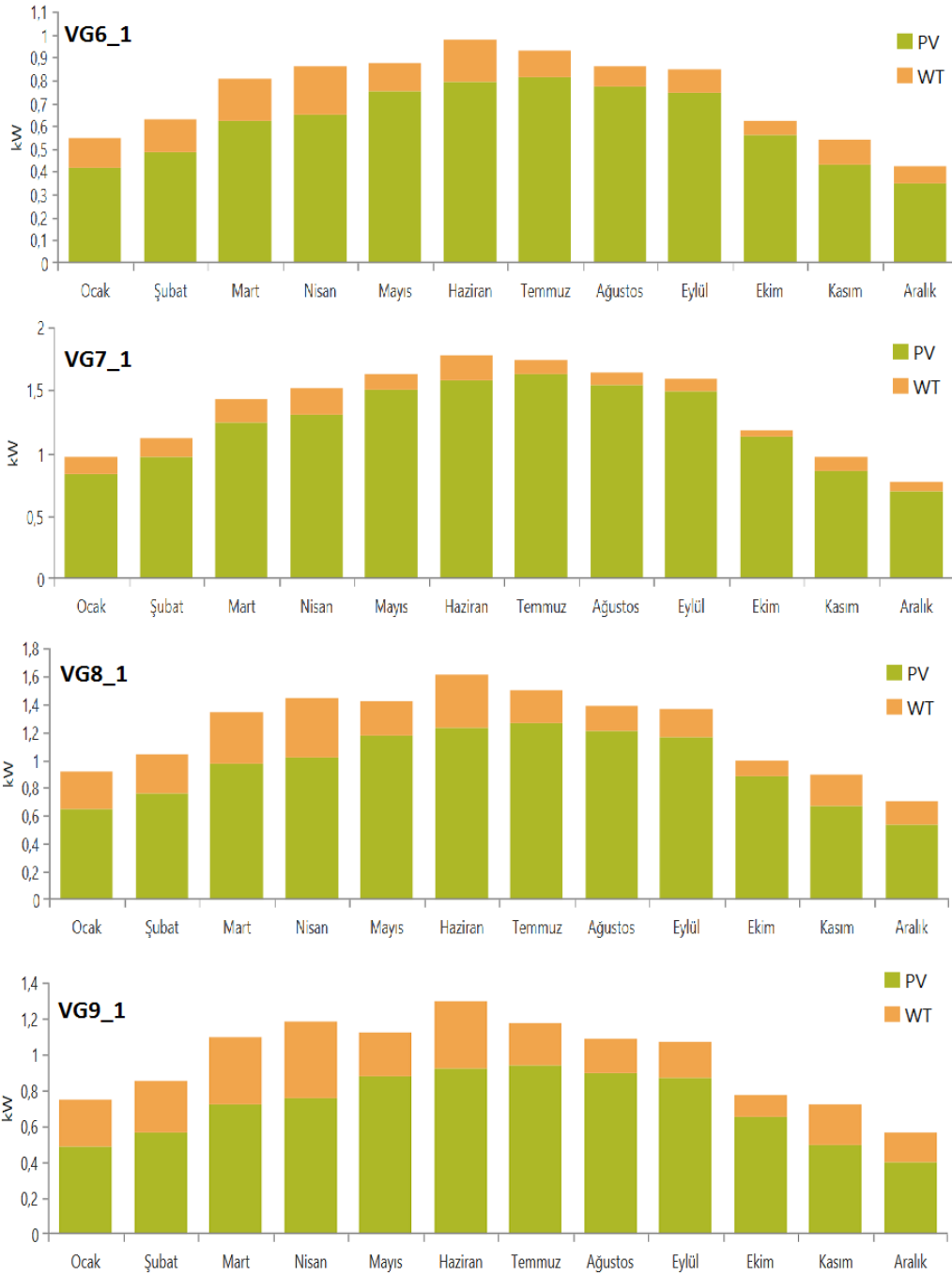
Şekil K.1 : İndirgenmiş Karşılaştırmalı Güne Bağlı 10 Dakikalık Tüketim Değerleri.

EK L



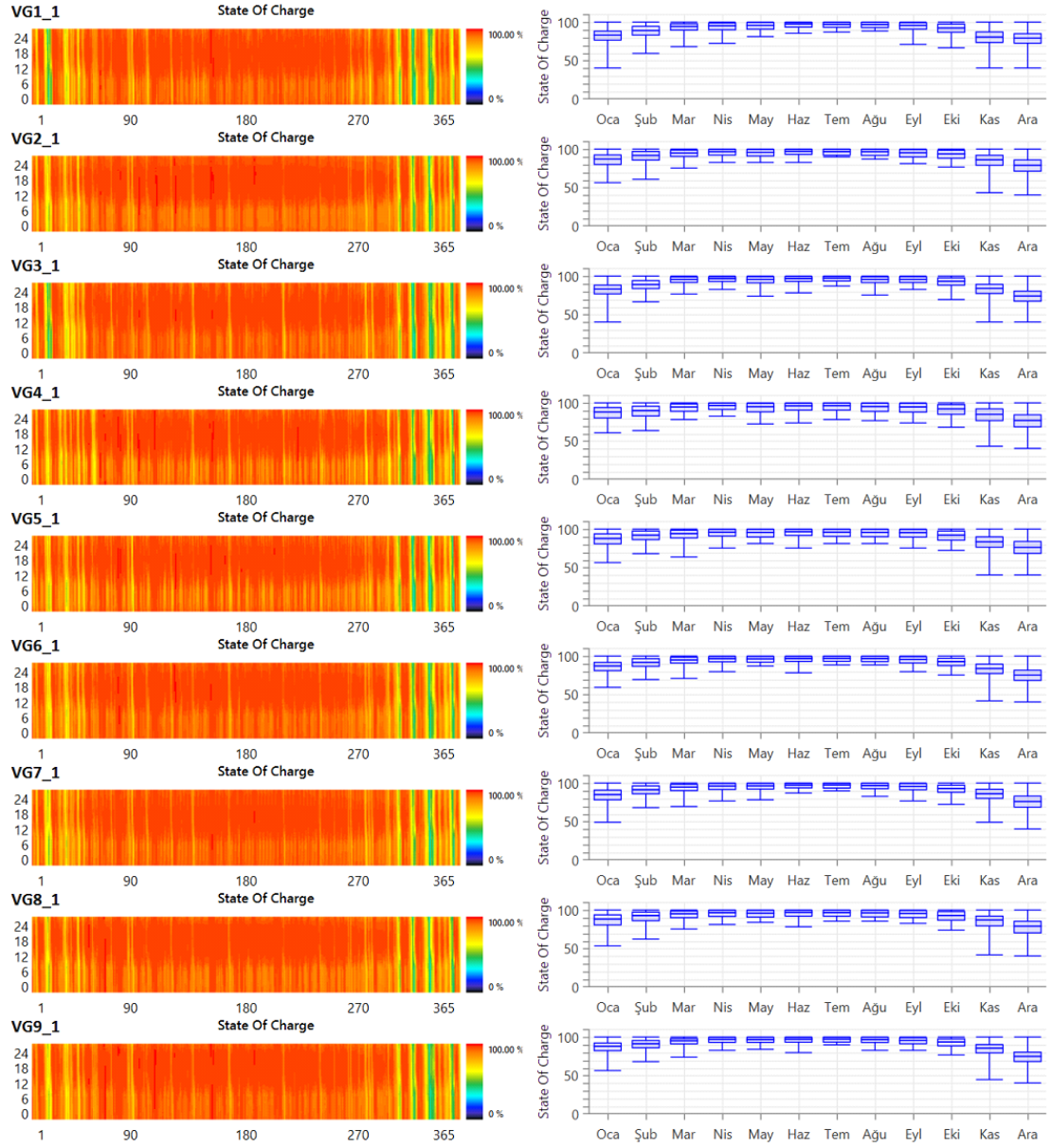
Şekil L.1 : Veri Gruplarına Bağlı Elektrik Üretim Grafikleri.

EK L (devam)



Şekil L.2 : Veri Gruplarına Bağlı Elektrik Üretim Grafikleri.

EK M



Şekil M.1 : Veri Gruplarına Bağlı Akü Kullanım Grafikleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Ali GÜVEN

Doğum Yeri ve Tarihi : İzmit 10.11.1984

E-posta : guven@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2009, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Kontrol Mühendisliği*

Lise : 2002, Kocaeli Körfez Fen Lisesi, *Fen Bilimleri*

MESLEKİ DENEYİM:

Okosis Otomasyon ve Kontrol Sistemleri, *Proje Mühendisi - Enerji Otomasyonu SCADA Devreye Alma Projeleri*, 2009-20011, İSTANBUL

Okosis Otomasyon ve Kontrol Sistemleri, *Proje Yöneticisi – Kocaeli İSU Atıksu SCADA Kurulumu*, 2011-2012, KOCAELİ

Kocaeli İSU Genel Müdürlüğü, *Mühendis, SCADA Sistem Yönetimi*, İşe giriş: 2012
KOCAELİ