



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



DAĞITIM ŞEBEKESİNDE ÖLÇÜME DAYALI
TASARIM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

ETHEM KONAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ethem Konar

Tarih:30.06.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAĞITIM ŞEBEKESİNDE ÖLÇÜME DAYALI TASARIM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Ethem KONAR

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

2021, 64 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Mustafa YAĞCI

Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz MUTLUER

Elektrik dağıtım şebekesinin tasarımında özellikle alçak gerilim şebekesinde geçmişten bugüne tecrübeye dayalı tespit edilen katsayılar ile şebekeden çekilecek güç tespit edilmeye çalışılmış ve bu güç değeri baz alınarak dağıtım şebekeleri boyutlandırılmıştır. Bu durumun atıl kapasite, fazladan yatırım maliyeti ve şebekede elektrik enerjisi kaybı gibi sonuçları olmaktadır.

Bu tez çalışmasında yukarıda bahsedilen sorunların önüne geçebilmek için yapı bağlantı noktalarından ve dağıtım transformatörlerinin çıkışındaki alçak gerilim panolarından, kalite kayıt edici ve genel ölçüm sayaçları ile ölçümler alınmıştır. Bu veriler analiz edilerek tasarımda mesken ve ticarethane grupları için kullanılacak abone başına demanda katkı değerleri tespit edilmiştir. Yapı bağlantı noktalarından yapılan ölçümler mevcut yöntemle göre hesap edilen güç değerleri ile karşılaştırılmış arada dört katı bulan bir fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Seçilen örneklerden elde edilen sonuçlar beş bin dağıtım trafosu verisi ile mukayese edilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen verilerin birer tasarım parametresi olarak kullanılması halinde gerek dağıtım şirketleri gerekse üçüncü kişiler tarafından yapılacak olan yatırımların kapasitelerinin gerçekleşen ve gerekli olan değerlere çok daha yakın olacağı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dağıtım, Demand, Eş zamanlılık, Genel ölçüm sayaçları, Kalite kaydediciler, Ölçme, Tasarım

ABSTRACT

MS THESIS

**DETERMINATION OF MEASUREMENT BASED DESIGN CRITERIA IN THE
DISTRIBUTION NETWORK**

Ethem KONAR

**NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL FACILITIES**

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Mustafa YAGCI

2021, 64 Pages

Jury

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa YAGCI
Assoc. Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Assist. Prof. Dr. Mümtaz MUTLUER**

In the design of the electricity distribution network, mostly in the low voltage network, absorbed power has been determined by the coefficients based on experience and subsequent inventories have been defined up to now. This causes idle capacity, extra investment cost and loss of electrical energy in the network.

In this thesis, several measurements have been taken from building connection points and low voltage panels where connected to the output of distribution transformers by quality recorders and general measurement meters in order to avoid problems mentioned above. In the design, collected measurement data has been analyzed and the contribution values per subscriber to be used for residential and commercial groups has been calculated. The measurements taken from the building connection points have been compared with the power values calculated according to the traditional method and study shows that four times difference between the measurements and previously defined power values. The results obtained from the selected samples are verified with the data of five thousand distribution transformers. It has been proven that in case of usage of the data obtained within the scope of this study as a design parameter, the capacities of the investments by distribution companies and third parties will be effectively determined in required values.

Keywords: demand, design, distribution, general measurement meters, measurement, quality recorder, simultaneity.

ÖNSÖZ

Bu tezin her aşamasında engin bilgi ve tecrübesinden yararlandığım saygıdeğer hocam Doç. Dr. Mustafa YAĞCI'ya, tez sürecindeki katkıları ve destekleri Dr. Öğretim Üyesi Ali Osman ÖZKAN'a yine değerli görüşlerinden istifade ettiğim kıymetli çalışma arkadaşlarım İbadullah İpek ve Yusuf Ay'a teşekkür ederim.

En başından beri yardımlarını esirgemeyen değerli eşim Dilber Konar'a teşekkür ederim.

Ethem KONAR
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	10
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	13
3. DAĞITIM SİSTEMİNİN TASARIMI.....	17
3.1. Elektrik Dağıtım Şebekesinin Tasarımına Yönelik Genel Kavramlar	17
3.1.1. Kurulu güç	18
3.1.2. Demand gücü	18
3.1.3. Eş zamanlı güç	18
3.1.4. Diversite faktörü	19
3.2. Dağıtım Şebekesinin Tasarımı Yöntemleri	19
3.2.1. Alıcıların sınıflandırılmasına dayalı yöntemler	19
3.2.2. Tüketicilerin sınıflandırılmasına dayalı yöntemler	20
3.2.3. Eş zamanlı güç hesabında kullanılan ulusal düzenleme yöntemleri	20
3.2.1. Diğer yöntemler	24
3.2.1.1. Tesadüf faktörü ve Nickel Baurtsein yöntemi	24
3.2.1.2. Valenders veya Strand-Axelsson formülü	25
3.2.1.3. Aşağıdan yukarıya hesap yaklaşımı	26
3.2.1.4. Herman-Beta metodu	28
4. DEMAND GÜCÜNÜN ÖLÇÜLMESİ.....	30
4.1. Binaların Demand Güçlerinin Ölçülmesi	32
4.2. Dağıtım Trafolarından Demand Güçlerinin Ölçülmesi	33
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	35
5.1. Konut Alanlarının Tüketimlerinin Halihazırda Kullanılan Yöntemle Kıyaslanması.....	35
5.2. Trafo Bazlı Demand Gücü Verilerinin Analizi	37
5.2.1. Meskenleri besleyen trafoların tüketim verileri	38
5.2.1.1. Kaputaş 5 trafo postası	38
5.2.1.2. Gülağaç 5 trafo postası	40
5.2.1.3. Yazır Toki 1 ve Toki 2 trafo binaları (672 kullanıcı)	42
5.2.1.4. Yazır 82 trafo binası	44
5.2.1.5. Garanti konutları 1 (Azra tatil köyü) trafo binası	45
5.2.1.6. Yazır 44 (hakim konakları) trafo binası	47
5.2.1.7. Hacıveyiszade6 (İşgalaman mah. kentsel dar gelirli) trafo binası	48

5.2.1.8.	Saracoğlu 16 trafo postası	49
5.2.2.	Ticari kullanım alanlarını besleyen trafoların tüketim verileri	50
5.2.2.1.	Anadolu sanayi 2 trafo binası.....	51
5.2.2.2.	Kapu cami trafo binası TR-A ve TR-B	52
5.2.2.3.	Keresteciler 8 trafo binası (TRA ve TRB)	54
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
6.1.	Bina Bazında Yapılan Ölçüm Sonuçları	56
6.2.	Trafo Bazında Yapılan Ölçüm Sonuçları	57
6.3.	Mesken Kullanıcılarında Tesisat Başına Tüketimleri	59
6.4.	Ticari Kullanım Alanlarında Tesisat Başına Tüketimler	60
6.5.	Öneriler	60
KAYNAKLAR		62
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

kW	: Kilovat
kVA	: Kilovolt amper
kV	: Kilovolt
P	: Güç
ADMD:	Kullanıcı başına demanda katkı değeri
V	: Volt
A	: Amper

Kısaltmalar

AG	: Alçak gerilim
OG	: Orta gerilim
TM	: Trafo Merkezi
DM	: Dağıtım Merkezi
TR	: Trafo
OMS	: Kesinti yönetim sistemi
DMS	: Dağıtım yönetim sistemi
MBS	: Müşteri bilgi sistemi
CBS	: Coğrafi bilgi sistemi

1. GİRİŞ

Tüm dünyada, gelişen teknoloji ile birlikte artan enerji ihtiyacı, ilave elektrik alt yapı yatırımlarını gerekli kılmış ve artan yatırım maliyetleri nedeniyle söz konusu yatırımların kapasitesini belirleyen parametrelerin ve referans değerlerin gözden geçirilmesi ihtiyacı tartışılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, gerek güç iletimi ve dağıtımında yaşanan kapasite sorunları (gerilim düşümü, transformatör gücü yetersizliği, iletken ve kabloların kesit yetersizliği v.b. gibi) gerekse de bahse konu sorunların önüne geçmek için yapılan yatırımların yeterlilik-maliyet optimizasyonu ile ilgili parametrelerin ihtiyaca cevap verip vermediği konusu öne çıkmaktadır.

Elektrik dağıtım sektöründe, talep çeşitliliğinden kaynaklanan en kötü senaryonun gerçekleşmesi üzerine uyarlanmış tahmine dayalı talep gücü hesapları uygulamada yer almaktadır. Gelişen akıllı teknolojiler, ölçüm noktası sayısını artırmakta ve ölçüme ilişkin her geçen gün artan veri kapasitesi nedeniyle yeni referans verilerin belirlenebilmesine imkan sağlamaktadır.

Dağıtım ve iletim sistem yatırımları belirli bir tecrübe ve bilgi birikimine dayalı olarak yapıldığından bu yatırımların gerçekte ihtiyaca cevap verebilecek nitelikte olsa bile bir miktar atıl yatırım yapılıp yapılmadığı konusu göz ardı edilmektedir. Seçilen yüksek güçlü trafolar sadece ilk yatırım maliyetinin fazlalığına indirgenen bir sorun olarak ele alınmamalı ayrıca bu trafolarda meydana gelen teknik kayıplarda şebekenin verimliliğini düşüren bir diğer unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dağıtım sektöründe ölçüm ve ölçülmüş verilere göre tasarım yapma alışkanlığının gelişmesi bu ve benzeri sorunların çözümünde kritik öneme sahiptir. Veri olmadan doğru kararlar almak veya alınmış olan bu kararların sonuçlarından emin olmak neredeyse imkânsızdır. Geleceğin elektrik şebekesinin yönetilebilmesi veriye bağımlı hale gelmiştir. Akıllı şebekeler olarak isimlendirilen bu şebekelerde ilk yapılan çalışmalar ölçmeye yönelik çalışmalardır. Ölçmek kadar ölçülmüş olan verilerin analiz edilmesi ve anlamlı bilgiye dönüştürülmesi süreçleri de ihmal edilmemesi gereken bir diğer önemli unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülke için yalnızca kullanıcılar tarafında değil şebekenin üretimden dağıtıma her bir parçasında tasarım kriterlerinin belirlenmesi önemli bir sorundur. İletim seviyesinde de artan talebin hangi seviyelere ulaşabileceği bunun için

yapılması gereken yatırımlar ve bu yatırımları yaparken baz alınması gereken güç değerleri kritiktir.

Elektrik dağıtım şebekesi göz önüne alındığında son kullanıcıdan başlayarak; bağlantı hatlarını içeren alçak gerilim şebekesi, güç trafosu ve bu trafoları besleyen yüksek gerilim şebekesinin boyutlandırılmasında eş zamanlılık faktörüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektrik tesislerinin projelendirilmesi esnasında mevcut durumda Türkiye’de daire sayısına göre belirlenmiş tecrübeye dayalı eş zamanlılık katsayıları kullanılmaktadır. Bu yöntem esas alınarak hesap edilen eş zamanlı güç değeri, elektrik dağıtım sisteminde kullanılan bütün malzemelerin seçimini sağlayan başlıca kriterdir. Tahmine dayalı katsayılar ile şekillenmiş olan bugünün elektrik şebekesi, gerçekte ihtiyaca cevap verebilecek kapasitede midir? Eğer yeterli kapasitede ise bu ihtiyacı ne kadar süre daha karşılayabilir? Tüm bu sorulara cevap verecek nitelikte tasarlanmış olsa bile bir miktar atıl kapasite (yatırım) bulunmakta mıdır? Tüm bunlar, şebekenin sağlıklı büyümesi ve kaynakların gerekli oldukları noktalarda kullanılabilmesi için cevap bulunması gereken sorular olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu sorulara cevap bulunabilmesi için şebekedeki önemli noktalardan ölçümler yapmak bu ölçümleri zamana dayalı olarak kayıt altına almak ve elde edilen verilerin analizleri sonucu net sonuçlara ulaşabilmek mümkün olabilecektir.

Bu çalışmada dağıtım şebekesinde eş zamanlılık katsayıları ile çözüm üretilmeye çalışılan tasarıma esas demand gücü tespit işleminin yerine hane sayısına bağlı olarak belirli kullanıcı grupları için kW ve kW/m² cinsinden verilmiş sabit güç değerlerinin baz alınması halinde bu güç değerlerine kullanıcı başına olması gereken değerleri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan veriler tahmine veya hesaplamalara dayalı veriler değil gerçek ve özellikle dağıtım trafoları kısmında uzun süreli ölçümlere dayalı verilerdir.

İkinci bölümde konuya ilişkin kaynak araştırması yapılmış ve dünyada eş zamanlılık veya dağıtım sistemi tasarımına yönelik çalışmalardan kesitler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde eş zamanlılık probleminin yeterince anlaşılabilmesi için bilinmesi gerekli olan kavramların yanı sıra bu sorunun çözümüne yönelik ülkelerin mevzuatsal düzenlemeler yapmak suretiyle geliştirdikleri çözüm araçları ve bilim insanlarının yapmış oldukları genel olarak kabul görmüş çalışmalar da bulunmaktadır.

Dördüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan verilerin elde edilif biçimi bu verilerin kendi aralarında ve kullanıcı grupları ile olan ilişkisine yer verilmiştir.

Beşinci bölümde elde edilen verilerin anlamlı bilgiye dönüştürülmesi için geneli yansıtabak örnekler ele alınmakta ve analiz edilmektedir.

Altıncı bölümde ise yapılan analizler özet çizelgeler haline getirilmiş ve bu tespitlere göre çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

J. Dickert, P. Schegner Şebeke Planlamasında Mesken Yüklerinin Tayini isimli çalışmasında tesadüf faktörünü içeren Valenders metodu ile Herman Beta'nın alttan üste hesaplama yaklaşımını karşılaştırmışlardır. Çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birincisinde her bir tüketicinin diversite faktörüne etkisi incelenmiştir. Bu tüketici yükleri üst üste toplanarak pik yük tespit edilmeye çalışılmıştır. İkincisinde ise ekipmanlardan başlayarak ağdaki yük akışının üst seviyesine doğru bir metot belirlenmiştir. Aşağıdan yukarıya yapılan ölçümlerle tasarıma yönelik bir perspektif sunulmaktadır.

Jianlei Niu ve Mattheos Santamouris tarafından binalardaki enerji kullanımına ait bağlantıların araştırıldığı bir kaynaktır. Bir binanın elektriksel yönden iç ihtiyaçlarını azaltmayı ve iç ortam kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan uygulamalar sunmuşlardır.

Mingyang Sun, Ioannis Konstantelos ve Goran Strbac tarafından Londra'da çeşitli standartlarda seçilen binalarda akıllı sayaçları kullanarak ölçüm yapılmış ve bu sonuçlar belirledikleri gruplar üzerinden değerlendirilmiştir. Yaptıkları çalışmada başlıca denetimleri hanelerde yaşayan kişi sayıları ve ekonomik durumları dikkate almak olmuştur. İngiltere'de elektrikte kullanılan güç hesabı ile ölçüm sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Hesap ile ölçüm sonuçları arasındaki farkları ortaya koymuşlardır.

Christian Barteczko tarafından dağıtım sisteminde talep gücü hesabı incelenmiştir. Talep gücü hesabında dikkate alınması gereken kriterleri ve kullanılmakta olan hesap yönteminin yanlışlıklarını elde ettiği sonuçlar ile birlikte ileri sürmüştür.

Mustafa Eren Koçbey zamana, çevresel ve ekonomik faktörlere göre değişen elektrik talebini Bursa ili üzerinden incelemiştir. Şehirsel bazlı değerlendirildiğinde bir şehrin nüfus durumu, mevsimsel şartlar, sanayi üretimindeki değişiklikler, ülke bazlı değerlendirildiğinde ise ülkenin ekonomik durumu, geçmiş yıllara göre büyüme miktarı, nüfus değişimi gibi etmenlerin elektrik talebini nasıl etkilediğini analiz etmiştir.

Dr JF Van Rensburg tarafından dairelerde kullanılan cihazların harcadığı güçleri kendine ait bir hesaplama metodu geliştirerek sınıflandırmıştır. Elde ettiği sınıflandırmalar sonucunda dağıtım şebekesine ait oluşacak yük değerlerini belirleyecek olan bir yük tahmin aracı oluşturmak için çalışma yapmıştır.

Chittesh Veni Chandran, Malabika Basu ve Keith Sunderland tarafından tüketici yönetimi planlarının, yük yönetiminin / talep yanıtının neden olduğu tüketici rahatsızlıklarını en aza indirecek bir algoritma üzerine çalışma yapılmıştır. Amaçları,

enerji talebini minimuma indirirken, tüketici rahatsızlığını da minimum seviyede tutmaktır. Çözüm olarak tüketici katılım planı oluşturmuşlar. Tüketicileri yönlendirmişler, elde ettikleri sonuçları analiz etmişlerdir.

Muhammed Yenilmez yaptığı çalışmada enerjiyi daha verimli kullanmak için yeni nesil elektrik güç sistemleri olarak adlandırılan akıllı şebekeler üzerine çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında mevcut elektrik dağıtım şebekelerinin kontrolünün zorluğu, elektrik dağıtım şebekelerinde enerji verimliliği sağlanması, operasyonel maliyetlerinin düşürülmesi ve bu sayede çevreye katkıda bulunulması için geliştirilen sistemlerin öneminden bahsedilmiştir. Akıllı işletim sistemine ait kullanılan yöntemlerin ve cihazlar araştırılmıştır.

Celal Yaşar, Yılmaz Aslan ve Tarik Biçer dağıtım sisteminin düşük gerilim yüksek akım işletilmesinden kaynaklı meydana gelen kayıplarını konu olarak işlemişlerdir. Dağıtım sistemlerinin iyileştirilmesi güç kaybının azaltılmasındaki önemini aktarmışlardır. Ülkemizde kullanılan enerjinin içinde konut tüketicilerinin varlığının büyük olması ve kayıp-kaçakların en çok dağıtım sistemlerinde meydana gelmesinden dolayı yaptıkları çalışmada alternatif tasarımlar üzerinde durulmuştur. Tasarımların maliyetleri karşılaştırılmış ve güç faktörünün kayıplar üzerindeki etkileri incelenmiştir.

J. R. Vázquez-Canteli ve Z. Nagy, Küresel enerji tüketiminin yaklaşık %40'ını oluşturan binaların elektrik tüketimi incelenmiştir. Bu tüketimdeki istikrarsızlığı önlemek, güvenliğini sağlamak ve verimliliği arttırmak amacıyla talep gücü yönetiminin öneminden bahsedilmiştir. Kullanıcıların kötü yönde etkilenmemesi de göz önünde bulundurularak algoritma geliştirilmiş ve mevcut durumdaki sonuçlar analiz edilmiştir.

M. H. Albadi ve E. F. El-Saadany tarafından yapılan çalışma da talep gücünün sınıflandırılmasının yanı sıra potansiyel faydalar ve ilgili maliyet bileşenleri de sunulmuştur. Ek olarak, talep gücü ve değerlendirmesi için kullanılan en yaygın endeksler vurgulanmış ve bazı yardımcı programların farklı talep yanıt programlarıyla ilgili deneyimleri tartışılmıştır. Talep yanıtının elektrik fiyatlarındaki etkisini örnekleme yaparak vurgulamışlardır.

Goran Strbac, elektrik talep gücü yönetiminin sağlayabileceği faydaları ve bu işin zorluklarını İngiltere'de mevcut elektrik sistemi üzerinden ele alınmıştır. Mevcut elektrik ağlarının kapasitesinden çok daha az kullanılmasının, sistem yatırımları yapılırken göz önünde tutulmasının gerekliliğinden bahsedilmiştir. Elektrik talep gücü yönetimi, üretim, iletim ve dağıtım ağları bağlamında analiz edilmiştir.

J. A. Short, D. G. Infield ve L. L. Freris tarafından, tüketici cihazlarının sürekli olarak kontrolü ile frekans kararlılığının sağlanması amaçlanmıştır. Elektrik üretim sisteminde anlık meydana gelen üretim kayıplarını araştırmak için simülasyon modelleme çalışmaları yapılmıştır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda, frekans düşüşünde önemli bir gecikme gözlemlenmiştir.

Betül İsmiç, elektrik enerjisine ait arz ve talebin ekonomi üzerindeki etkisini incelenmiştir. Elektrik enerji tüketimindeki başlıca nedenleri sınıflandırmış ve etkilerini örneklerle anlatmıştır. Elektrik enerjisi tüketiminin uluslararası politikalarda yer aldığını ve ülkenin gelişmişlik seviyesi arasındaki ilişki tespiti çalışılmıştır.

Amornrat Kaewpradap, çeşitlilik faktöründen kaynaklı değişkenlik gösteren enerji tüketimini okul binası üzerinde yaptığı ölçümler ile anlamlandırmak için çalışmalar yapmıştır. Enerji tüketimini analiz etmek için kullanılan sistemlerin gerçek gücü ile nominal gücü arasındaki oran kullanılmıştır. Çalışmada, ölçü aletleri ile elde edilen sonuçlar referans alınarak, enerji tüketim verilerindeki sapmalar incelenmiş ve analiz edilmiştir.

D. McQueen ve diğerleri, alçak gerilim elektrik şebekelerinde, talep edilen güç değerini belirlemek için bir güç kalitesi simülasyonu oluşturmak amaçlanmıştır. Arıza şikayeti sonucu onarılan şebekeye bağlı seçilen bir konut üzerinden formül, ölçüm ve simülasyon yöntemleri karşılaştırılmıştır.

I. Richardson ve diğerleri, konutlarda elektrik tüketiminin, kullanıcıların faaliyetlerine ve elektrikli ev aletlerinin kullanımına bağlılığını incelemiştir. Kullanıcılar evde ve uyanık halde iken meydana getirdikleri elektrik tüketimi göz önünde bulundurmışlardır. 22 konut üzerinden yapılan bu çalışma 1 yıl boyunca aralıksız devam ettirilmiştir. Çalışma sonucunda konutların benzer istatistiksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar analiz edildikten sonra konutlar için geliştirilmiş bir tüketim modeli sunulmuştur.

M. Fahri Yapıcıoğlu, H. Hüseyin Sayan ve Hakan Terzioğlu hali hazırda yürürlükte olan Elektrik İç Tesisler Yönetmeliği'nin eş zamanlılık katsayılarının gerçeği yansıtmadığını belirlemiş ve Karabük İlinde 5591 adet müşterinin 4 yıllık gerçek tüketim değerlerini analiz etmişlerdir. Talep gücü ve demand değerleri arasındaki farkı tablo ve grafik yardımı ile göstermişlerdir. Beklenildiği gibi demand değerleri hesaplanan talep gücü değerinin altında kalmıştır.

Runar Skagestad, ileriye dönük enerji taleplerinin tahmine dayalı olarak belirlenmesi yerine hava tahminleri, geçmiş veriler, mevsimsel durumlar gibi etkenleri dikkate alarak geliştirdiği hesaplama metodu ile belirlemeye çalışmıştır. Geliştirdiği yöntem uygulama alanı içinde son 2 yıldaki ortalama enerji talep artışı tahmininde başarılı sonuçlar vermiştir.

İlker Tosun tarafından, Kastamonu ilinin iletim ve dağıtım şebekesi Matlab programı ile modellenmiş hatların yük durumları, akım-gerilim değişimleri, 3 faz-toprak kısa devre durumundaki maksimum akım değerleri iletim ve dağıtım modeli ile elde edilmiştir. Bu ilde bulunan bir fabrikadan alınan verilere göre de aynı program yardımıyla trafo modellemesi yapılarak yükün çektiği akım değeri gözlemlenmiş ve yükün harmonik analizi yapılmıştır.

E. Yüksel Haliloğlu ve B. Ecem Tutu, elektrik tüketimini etkileyen faktörleri belirlemeyi ve arz-talep dengesini sağlayacak talep tahmin modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Ülkemizde daha çok uzun vadeli yapılan tahminlerin dışında kısa vadeli tahminlerin öneminden bahsedilmiştir.

3. DAĞITIM SİSTEMİNİN TASARIMI

Güç; dağıtım sisteminin tasarımında kullanılan başlıca parametrelerden biridir. Bütün şebeke elemanlarının seçimine etki eden bu parametrenin doğru öngörülmesi bu nedenle önem arz etmektedir.

Tasarımın en az maliyetle ve enerjiyi en kaliteli iletebilecek şekilde yapılması şebekenin en fazla yüklendiği anda bile kabul edilebilir seviyede gerilim, akım ve frekans değerlerini sağlaması ile mümkündür. Şebeke tasarımının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi, talep edilen gücün büyüklüğüne, kaynağa uzaklığına, işletme koşullarında meydana gelebilecek değişiklere bağlıdır. Bu tasarım işlemlerinin yapılmasında kullanılan başlıca kavramlar, ülkemizde hali hazırda iç tesisat yönetmeliği ile uygulanan hesap yöntemleri ve diğer ülkelerin uyguladıkları yöntemler ile genel olarak kabul gören yöntemler aşağıda yer almaktadır.

3.1. Elektrik Dağıtım Şebekesinin Tasarımına Yönelik Genel Kavramlar

Belirli bir alanın dağıtım sisteminin tasarımında belirlenmesi gereken ilk faktör gerilim seviyesidir. Alçak ve yüksek gerilimli şebekelerde, gerilim seviyesi, elektrik hatlarının verimliliğini belirleyen en önemli unsurdur. Yüksek gerilimde ülkenin uçtan uca uzaklığı gerilim seviyesinin belirlenmesi için önem arz etmektedir. Diğer taraftan yüksek gerilim tarafında üretim ve tüketim yapılan alanlarda türbin çıkış gerilimi olan 6,3 kV'luk gerilimle dağıtım yapmak gerekli yatırım tutarını önemli ölçüde azaltır.

Gerilim seviyesinin belirlenmesinde bir diğer unsur da çevresel şartlardır. Bölgenin nemlilik durumu, ağaçlık olması veya metal üretimi yapılan fabrikaların bulunması izolasyonda delinmelere neden olabileceği için gerilim seviyesinin düşürülmesine neden olmaktadır. Bu çalışma kapsamında genel olarak belirlenmiş ve standart hale gelmiş olan 36 kV ve 0,4 kV'luk gerilim seviyelerine göre tasarlanmış olan elektrik şebekelerine yer verilmiştir.

Dağıtım sisteminin tasarımda kullanılan kurulu güç, demand gücü, eş zamanlı güç kavramlarının tanımlarına aşağıda yer verilmiştir.

3.1.1. Kurulu güç

Konutlarda aydınlatma, priz ve bilinen ev aletlerinin güçlerinin toplamından oluşur. Şebekede trafi güçlerinin, endüstride ise elektrik motorları ve diğer tüm elektrikli alıcıların etiketlerinde yer alan güçlerin toplamıdır.

3.1.2. Demand gücü

İnsanların tüketim alışkanlıkları hep aynı saatlere tesadüf ettiği için artan tüketimle birlikte birkaç saat içerisinde yoğun bir yük akışı olmaktadır. Bir şebeke parçasında belirli bir anda ölçülen en yüksek güç değerine demand gücü denir. Özellikle endüstride yoğun olarak kullanılan pompa, fan, kompresör gibi makinelerin atalet momenti kaynaklı demaraj akımı denilen kalkış esnasında çekilen en yüksek akım değerlerinde kaydedilen güç değeridir. Elektrik şebekesinde ise beslenen tüm alıcıların gün, ay, yıl gibi zaman dilimlerinde en fazla akım çekilen anda elektrik sayaçları ve analizörler tarafından kayıt altına alınır. Sayaçlarda aylık olarak kaydedilir. Ay içerisinde bir diğer günde daha yüksek bir güç değerine ulaşılır ise demand güç değeri olarak bu değer kaydedilmiş olur.

Şebeke tasarımında mevsimsel yüklerinde etkisiyle bu değer yıllık olarak en yüksekini tespit edilmesi önemlidir. Bu sayede şebekeden yıl içerisinde çekilebilecek en yüksek güç değerine göre tasarım yapılır ve en kötü senaryonun gerçekleşmesi (aynı anda devreye girebilecek en yüksek güç değeri) ihtimaline göre ihtiyaca cevap verebilecek mahiyette bir şebeke tesis edilmiş olur.

3.1.3. Eş zamanlı güç

Eş zamanlı güç belirli bir kapasiteye göre imal edilmiş olan elektrikli alıcıların herhangi bir t anında veya puant saatte çekeceği varsayılarak hesap edilmiş olan güçtür. Örneğin ortalama bir evde kullanılan cihazların toplamda kurulu güç değerleri 10-12 kW seviyesine çıkabilmektedir. Bu cihaz güçlerinin tamamı projelendirme esnasında dikkate alınırsa ortaya ihtiyaç olandan çok daha yüksek kapasitelere sahip trafo güçleri ve iletken kesitleri çıkar. Bu nedenle tecrübeye dayalı katsayılarla, kurulu güç değeri, tasarımda

kullanılacak güç değerine indirgenmektedir. İşte bu güç değerine eş zamanlı güç, denilmektedir.

3.1.4. Diversite faktörü

Elektriğin yaygınlaşmaya başladığı 19. yüzyılın sonu itibariyle planlama ve tasarımda elektrik enerjisi tüketiminin herhangi bir anda ulaşabileceği değeri öngörmek için tüketicilerin kurulu güçleri arasındaki bağıntıyı gösteren sayısal değer veya orandır. Bu kavram Türkiye’de iç tesisat yönetmeliğinde eş zamanlılık katsayısı yerini almıştır.

3.2. Dağıtım Şebekesinin Tasarımı Yöntemleri

Burada alıcıların ve tüketicilerin sınıflandırılması olarak iki yöntem karşımıza çıkmaktadır. Burada hangi metodun kullanılacağı tercihe dayalı olup daha çok kullanılacak olan eş zamanlılık kat sayıları (diversite faktörü) öne çıkmaktadır.

3.2.1 Alıcıların sınıflandırılmasına dayalı yöntemler

Mesken yükünü oluşturan alıcılar ev eşyalarıdır ve bu eşyalar 4 ana sınıfa ayrılmıştır. Bu gruplar; Kahverengi eşyalar, beyaz eşyalar, küçük ev aletleri ve aydınlatmalardır. Kahverengi eşyalara, PC, DVD player, LCD TV, yazıcı modem gibi ofis ekipmanları da dâhil edilmiştir. Beyaz eşyalar ise yemek pişirme veya koruma yönelik aktiviteleri yapan eşyalar ile temizliğe yönelik işlerde kullanılan kahve renkle kodlanan eşyalara nazaran hacimsel olarak daha büyük olan eşya grubudur. Sayılanların yanı sıra ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme grubu da beyaz eşya grubunun içerisinde değerlendirilmektedir. Yine evde bulunan taşınabilir ve yarı taşınabilir olan eşyalar küçük ev aletleri grubunda sınıflandırılmaktadır. Mutfak aletleri ve kişisel bakım ürünleri bu grupta sınıflandırılmıştır. Saç kurutucu, ütü, dikiş makinası, cep telefonu, notebook, e kitap okuyucu bu grupta yer alır.

Aydınlatmalar mesken yüklerinin ve ofislerin tüketimlerinin içerisinde önemli bir yere sahip olsa da tasarruflu lambaların kullanımı bu etkiyi azaltmıştır. Evlerin demand yükünü belirleyen makinalar aşağıda sıralanmıştır.

Çamaşır makinası

Mikro Dalga Fırın veya Fırın
Kurutma makinası
Bulaşık Makinası
Soba veya kombi
Saç Kurutma Makinası
Elektrikli Su Isıtıcısı-Kahve Makinası
Ütü

Sayılan bu yüklerin dışındaki yükler ihmal edilebilir. Çünkü güçleri 80-100 W aralığındadır.

3.2.2. Tüketicilerin sınıflandırılmasına dayalı yöntemler

Elektrik tüketimi tek başına tüketicinin tercihine bağlı olarak şekillenen bir kavram değildir. Tüketim değerlerini çoğu zaman evlerde yapım aşamasında gerçekleştirilen tercihler belirlemektedir. Tüketimde; evde ısıtmanın (doğal gazın olup olmadığı) nasıl yapıldığı evdeki sıcak su ihtiyacının neyle karşılandığı, yemeklerin doğal gazla veya mutfak tüpüyle değil de elektrikli ocaklarla pişirilip pişirilmediği belirleyici faktörlerdir.

Eş zamanlı gücün tayinine yönelik bilimsel literatür ve ulusal düzenleme yöntemleri incelendiğinde;

- Bağımsız bölüm sayıları ile belirlenen
- Kullanıcı gruplarına (kişi ve gelişmişlik seviyesi) göre şekillendirilen
- Cihaz güçleri ile ilişkilendirilmiş olan

yöntemlere rastlanmaktadır.

3.2.3. Eş zamanlı güç hesabında kullanılan ulusal düzenleme yöntemleri

Ülkeler toplumlarının tüketim alışkanlıklarını göz önünde bulundurarak uluslararası standartları da göz ardı etmeden mevzuat düzenlemeleri yapmışlardır. Bu mevzuat düzenlemeleri incelendiğinde;

- daire sayıları baz alınarak belirlenmiş olan katsayılar üzerinden elde edilen sonuçlar üzerinden proje tasarımı yapılması önerilenler

- konutta yaşayan kişi sayısı ve konutun bulunduğu bölgenin gelişmişlik seviyesi veya konutun sınıfına göre belirlenmiş olan katsayılar ile tasarım yapılması önerilenler

olarak iki grup ile karşılaşılmaktadır.

Türkiye ve Fransa eş zamanlı güç hesabında, her mesken de bulunan ev aletlerinin güçleri baz alınarak elde edilen kurulu gücü, belirlenmiş olan kat sayılar oranında indirgeme yöntemini kullanmaktadırlar.

Kişilerin refah seviyesi yaşanan yerin gelişmişlik seviyesi elektrik enerjisi tüketimini etkileyen bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu parametrelere göre tasarım yapan ülkelere örnek olarak İngiltere örneği aşağıda almaktadır.

3.2.3.1. Fransa'da eş zamanlı güç hesabı:

Fransız ulusal standardı NFC 14 -100 de Tablo -3.1 Eşzamanlılık Katsayıları Tablosu olarak yer alan tablo aşağıdaki gibidir. Mesken kullanıcıları için kullanıcı başına belirlenmiş olan katsayılar kullanılmaktadır.

Binaya Bağlı Bağımsız Bölüm Sayısı	Katsayı
2 İla 4	1
5 İla 9	0,78
10 İla 14	0,63
15 İla 19	0,53
20 İla 24	0,49
25 İla 29	0,46
30 İla 34	0,44
35 İla 39	0,42
40 İla 49	0,41
50 ve üzeri	0,38

Çizelge-3.1. NFC 14-100 Standardına göre eş zamanlılık katsayıları

Mesken dışındaki diğer kullanıcı türleri için ise NFC 14 100 standardı Çizelge 3.2 Minimum Tasarım Gücü Çizelgesinde belirtilen ve enerji talep edilen alanın metrekaresi ile doğru orantılı olacak şekilde bir hesap metodu belirlenmiştir (NFC 14100, 2008).

Bina Tipi	Katsayı
-----------	---------

Ofisler ve Tesisler	40 VA/m ²
Küçük Ticarethaneler, Sanat galerileri ve Hastaneler	75 VA/m ²

Çizelge-3.2. NFC 14-100 Standardına göre minimum tasarım gücü

3.2.3.2. Türkiye’de eş zamanlı güç hesabı

Türkiye de talep gücü hesaplamaları Elektrik İç Tesisat Yönetmeliğinin 57.maddesinin a fıkrasının 2. bendine göre yapılmaktadır. Aydınlatma, priz ve ev aletlerinin güçleri toplanarak bulunan daire kurulu gücünün toplamı aşağıdaki esaslara yeniden hesap edilerek indirgenmektedir. Konutlarda bir dairenin eşzamanlı yükünün belirlenmesinde aşağıdaki eşzamanlılık katsayıları esas alınmalıdır.

- Kurulu gücün 8 kW'ye kadar olan bölümü için %60
- Gücün kalan bölümü için % 40

Bu esasa göre yeniden belirlenmiş olan kurulu güç değerleri ile aşağıdaki Çizelge 3.3 de cinsinden verilen katsayılar ile çarpılarak binanın eş zamanlı gücü bulunmakta ve buna göre iletken kesiti belirlenmektedir.

Daire Sayısı	Eş Zamanlı Katsayı (%)
3-5	45
5-10	43
11-15	41
16-20	39
21-25	36
26-30	34
31-35	31
36-40	29
41-45	28
46-50	26
51-55	25
56-61	24
62 ve daha fazla	23

Çizelge-3.3. İç tesisat yönetmeliği eşzamanlılık katsayıları çizelgesi

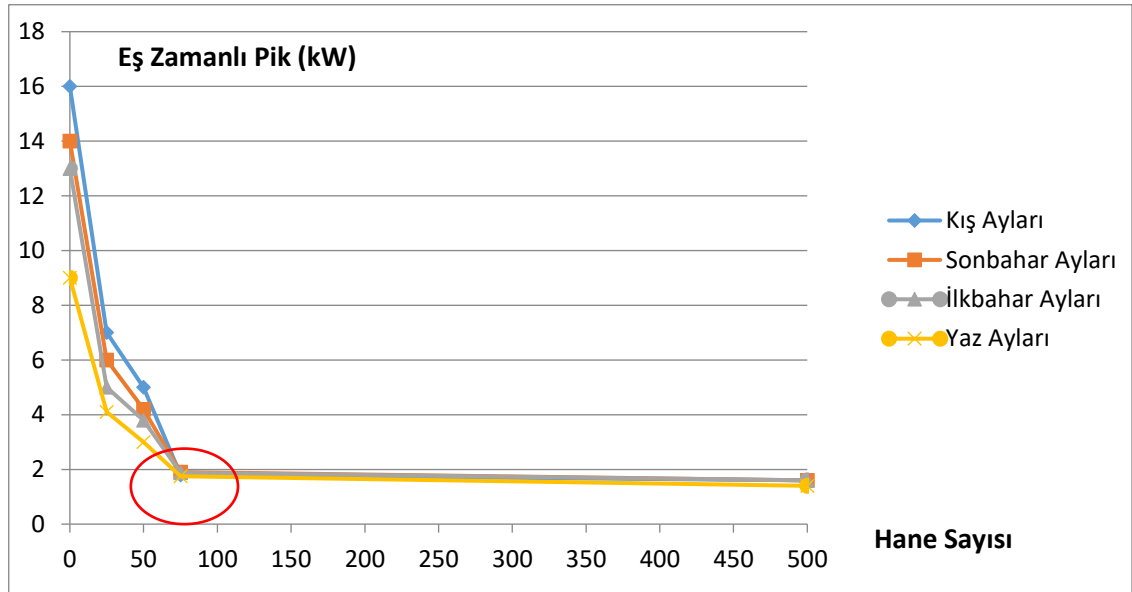
3.2.3.3. İngiltere’de eş zamanlı güç hesabı

İngiliz BS 7671 standardına göre kullanıcılar dar gelirli, orta sınıf ve varlıklı olarak üç ana gruba ayrılmış ve bu gruplardaki kullanıcıların tüm yükün ortalama hane başına yansımaları durumu aşağıdaki Çizelge 3.4 verilmiştir.

	1 Kişi	2 Kişi	3 Kişi ve Fazlası
Dar Gelirli	0,54 kW	0,89 kW	1,12 kW
Orta Sınıf	0,64 kW	0,98 kW	1,34 kW
Varlıklı	0,79 kW	1,16 kW	1,78 kW

Çizelge-3.4. BS 7671 Standardına göre kişi başına düşen tasarım gücü

İngiliz standardı konutlardaki tüketimleri hane sayısı kadar kişi sayısı ile ilişkilendirerek kişilerin refah seviyesine göre bir demanda katkı gücü belirlemektedir. Aynı hanede yaşayan kişi sayısı arttıkça güç değerleri daha düşük bir katsayı ile güncellenmiştir.



Şekil-3.1. Dört mevsim güç konut tüketimleri eğrisi

Şekil 3.1 de görüleceği üzere kış mevsimine doğru bir miktar artış gösterse de hane sayısı 70'in üzerine çıktığında hane başına demand gücü değerinin 2'nin altında bir noktada sabit kalmakta veya çok küçük değerlerde düşüş göstermektedir. En yüksek demand değerleri kış mevsiminde meydana gelmektedir. Sıcaklıkların artması elektrik tüketimini doğrudan azaltmaktadır. 70 hanenin altında demand gücü değerleri 16 kW'a kadar çıkabilmektedir (BS 7671, 1992).

3.2.1. Diğer yöntemler

Dağıtım şebekesinin planlanmasında en kötü durumun (en yüksek talep gücünün) tespit edilebilmesi için bazı yaklaşımlar bulunmaktadır. Aşağıda bu hesaplamanın yapılmasında kullanılan yöntemler verilmektedir.

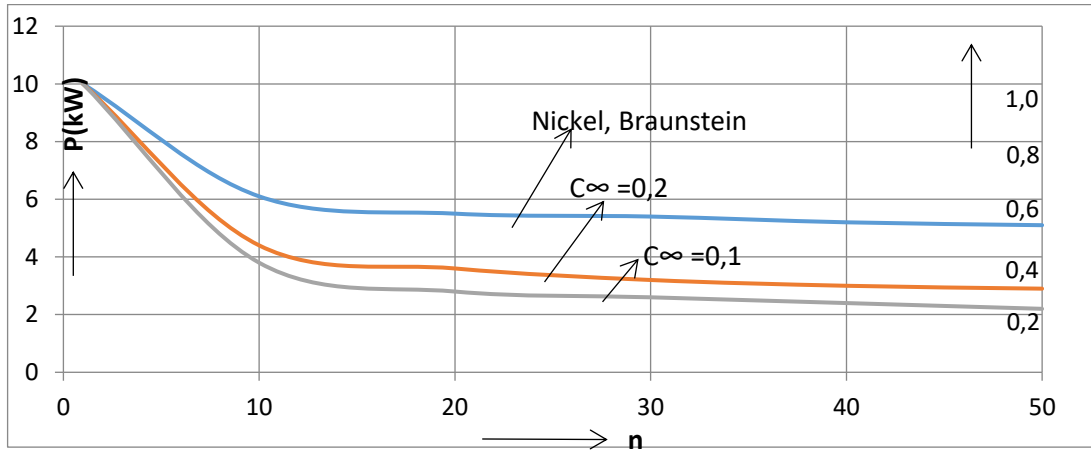
3.2.1.1. Tesadüf faktörü ve Nickel Baurtsein yöntemi

Tesadüf faktörü diversite faktörünün tam tersidir. Diversite faktörü şebeke planlama aşamasının ilk safhalarında göz önünde bulundurulmuş bir faktördür. Benzer tüketiciler gruplanarak, aşağıdaki formülle demand gücü hesabı yapılmaktadır.

$$P_{\max}(n) = n.P_0 + (P_{\max 1} - P_0). \sqrt{n}$$

Formülden elde edilen sonuç $P_{\max 1}$ 'e bölüldüğünde c tesadüf faktörü bulunur. Tesadüf faktörü bir grup tüketicinin belirli bir periyotta toplam demand gücünden yola çıkarak aynı periyotta bireysel bir tüketici başına düşen değeridir. Sonucu 0 ile 1 arasındadır.

Şekil 3.2'den de görüleceği üzere tesadüf faktörü $C=0,1$ e göre belirlenmiş olan bir sistemde 50 tüketicinin tüketimine tesadüf eden demand gücü 114 kW olarak bulunmaktadır. Her bir tüketici demand güce 2,3 kW katkıda bulunmaktadır.



Şekil-3.2. Kullanıcı başına demand yüke katkı

Nickel ve Braunstein eğrisine göre işlem yapılırsa idi bu 50 tüketicinin demand gücü 250 kW'ın üzerinde çıkacaktı.

3.2.1.2. Valenders veya Strand-Axelsson formülü

Valenders formülü 1950 lerden beri İskandinav ülkelerini kapsayan geniş bir coğrafya da kullanılmaktadır.

$$P_{\max_1} = k_1.E + k_2.\sqrt{E}$$

Bu çalışma kapsamında Valenders tarafından bulunup Strand ve Alexsson tarafından geliştirilen, özellikle İskandinav ülkelerinde kullanılan Valenders metodu kullanılacaktır.

Formül E enejisini maksimum demanda dönüştürmek için kullanılmaktadır. k_1 ve k_2 katsayıları tüketiciler için bulunan amprik katsayılardır. Çizelge 3.5'te belirlenmiş olan sınıflara göre verilen bir örneklem bulunmaktadır.

C_∞ : Belirli bir alanda yer alan tüketicilerin ölçülen demand gücü verileri ve kullanıcı sayısı eksenleri arasında elde edilen fonksiyonların her biri ile eşitlenmiş olan katsayıdır.

Bu formül daha sonra Strand ve Axelsson tarafından aşağıdaki şekilde genişletilerek yayınlanmıştır. Yıl içerisinde meydana gelebilecek maksimum talep gücü ile tesadüf faktörü $c=0,2$ alınarak Valenders formülüne eşitlendiğinde amprik katsayılar bulunabilir. n tane tüketici için formül aşağıdaki gibidir.

$$P_{\max}(n) = n. k_1.E + k_2.\sqrt{(n.E)}$$

$$k_1 = P_{\max_1}.C_\infty/E$$

$$k_2 = P_{\max_1}.(1- C_\infty)/\sqrt{E}$$

Bu sayede aşağıdaki Çizelge 3.5 oluşturulmuştur. Çizelge 3.5'in girdisi yalnızca kullanım alanı başına enerji tüketim değeridir. Diğer sütunlar tamamen formüller ile elde edilmiştir.

Sınıflandırma	$k_1 (h^{-1})$	$k_2 (kW/h)^{-1/2}$	E (kWh)	$P_{max1} (kW)$	$P_{max} (100) kW$
Genel Mesken	0,33.10 ⁻³	0.05	2000	2.9	81
			3500	4.1	115
			5500	5.2	145
Kırsal Bölgeler	0,20.10 ⁻³	0.10	2000	4.9	136
			3500	6.6	185
			5500	8.1	226
Kasabalar ve Şehirler	0,25.10 ⁻³	0.06	2000	3.2	89
			3500	4.4	124
			5500	5.5	154
Genel Mesken vb.	0,33.10 ⁻³	0.05	2000	2.9	88
			3500	4.1	145
			5500	5.2	200

Çizelge-3.5. Valenders strand axelsson metodu sonuç değerleri

3.2.1.3. Aşağıdan yukarıya hesap yaklaşımı

Aşağıdan yukarıya hesaplama yaklaşım 1980 yılında Piller tarafından geliştirilmiştir. Tüketicilerin kullanım alışkanlıkları ile ilgili çok fazla parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum yöntemin dezavantajı olarak ta görülebilir. Tüketicilerin kullanım alışkanlıkları psikolojik faktörlere göre zaman içerisinde de değişkenlik gösterebilmektedir.

Model için müşteri davranışının tespitine yönelik veri toplama işlemi yapılması gerekir. Davranışlar ve yaşam tarzları metodun en temel verisidir. Toplanan veriler bilgisayar programı vasıtasıyla bilimsel değişkenlere dönüştürülmektedir. Elde edilen veriler daha sonra planlama amaçlı kullanılan yük tahminleme metodları ile karşılaştırılmakta ve doğruluğu test edilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle cihazların kullanımı ve yüke etkisi ile ilgili farklı algoritmalar geliştirilmiştir.

Algoritmalar;

- Elektrikli taşıma sistemi verileri (asansör v.b.g)
- Beyaz eşya tüketim verileri
- Pişirme işleminin elektrik ile yapılıp yapılmadığı

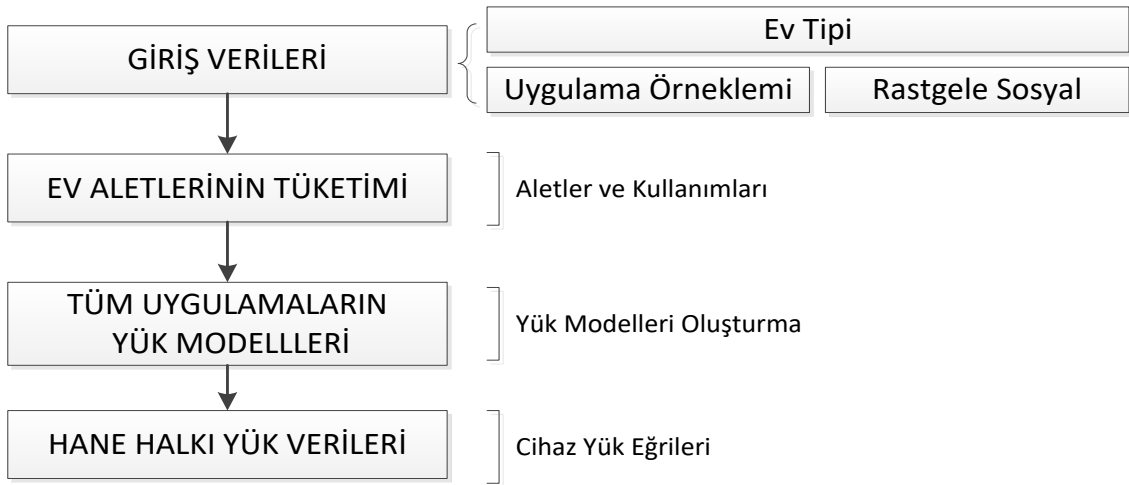
bilgilerini içermelidir.

Model farklı müşteri gruplarının evlerinin boyutlarına işe veya okula devam durumlarına ve evlerin müstakil, apartman veya site olması durumlarına bağlıdır.

Ayrıca cihazlar kullanım şartlarına göre gruplandırılmaktadır;

- Buzdolabı gibi müşteriden bağımsız olarak sürekli çalışanlar,
- Çamaşır makinesi gibi kullanımı müşteriye bağlı olanlar haftanın belirli günlerinde,
- Yine tüketiciye bağlı olarak televizyon gibi her gün kullanılabilenler,

Bu modelin akış diyagramı aşağıdaki Şekil 3.3’de gösterildiği gibidir. Sayıca fazla ve karmaşık veri içermektedir. Cihaz etkisinin yaklaşımsal olarak tespitine çalışılmaktadır. Sosyal tabakaların rastgele tespiti çok zor olduğu için yöntemin doğru sonuçlar vermesi makul varsayımların yapılmasına bağlıdır.



Şekil-3.3 Aşağıdan yukarıya yük profili oluşturma diyagramı

Bu metotla elde edilen yük modeli verileri ölçülen sonuçlar ile karşılaştırılabilir. Bu enerji tüketiminin yanı sıra geniş bir tüketici grubu için peak yükün tayininin tespitini de sağlayacaktır. Yük modeli oluşturabilmek için ideal zaman aralığı yıl boyunca 30 saniye ile 1 dakika arasındadır.

Yük tahmin metotları şebekenin belirlenen limitler içerisinde işletilebilmesi ve en az maliyete katlanması bakımından oldukça önemlidir. Bu metotlar, büyük şebeke parçaları için pik yükte çalışma koşullarının belirlenmesine ve şebekenin boyutlandırılmasına katkı sağlamaktadır. Yine göz önünde bulundurulması gereken bir diğer faktör genişleme (büyüme) senaryolarıdır.

Bireysel yüklerin tek başına kullanılması şebeke tasarımı için uygun değildir. Bu sorunun çözümü için Ruck ve Valender tarafından formüller geliştirilmiştir. Herman Beta metodu ise bireysel yükün peak yükün tespiti ile doğru orantılı olmadığını göstermektedir. Bu durum aşağıdan yukarıya hesap metodu ile teyit edilmiştir.

Bu metotların bir dezavantajı asimetrik yüklerin etkisinin toplam yükün veya akımın her faz için dikkate alınmamasıdır. Bu etkinin toplam içerisinde ihmal edilebilir düzeyde kaldığı düşünülmektedir. Reaktif güç ve güç faktörü içeren çalışmaların daha doğru sonuç verdiği kabul edilebilir (Dickert and Schegner, 2010).

3.2.1.4. Herman-Beta metodu

1991 yılında Güney Afrika da nüfusun önemli bir kısmına elektrik sağlamak üzere bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışmada talep gücü yerine yük akımı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu amacı gerçekleştirmek üzere çalışma kapsamında Herman Beta metodu olarak adlandırılan metot geliştirilmiştir.

Araştırma sırasında yük akımı ölçüm zamanı önce 10 dakika olarak alınmıştır. 10'ar dakikalık periyotlarla alınan ölçümlerin gerçek değerden %2 daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu süre 2 dakikaya indirildiğinde ise %1'lik bir fazlalık tespit edilmiştir. Bu nedenle 5 dakikalık ölçümler uygun kabul edilmiş, daha kısa zaman aralıklarında yapılan ölçümlerin arasında fazlasıyla fark bulunduğu için ve bu doğruluk oranı yeterli görülmüş ve periyot daha da kısaltılmamıştır.

Güney Afrika da geniş mesken bölgelerinin yük ölçümlerine 1988 yılında başlanılmış ve bu verilerin kaydı 1991 yılı öncesinde veri kaydediciler ile yapılmıştır. Yerli tüketici bağlantılarından sekiz kanallı kaydediciler ile ölçümler yapılmaktadır. Akım ölçümleri, 2 saniyelik aralıklarla örneklenmiş ve ortalama 5 dakika üzerinden alınmıştır. Ölçümlere, faz nötr gerilimleri, fazlardan birinin gerilimi de kayıt altına alınarak dahil edilmiştir.

Kaydedilen veriler her ay düzenli olarak bir dizüstü bilgisayara aktarılmakta idi. Bu çalışmanın 1991 yılındaki ilk temel bulguları;

- Dağıtım şebekesinde tüketici yükleri ile sistemin maksimum talebi içerisinde normal dağılıma (Gaussian Dağılımına) sahip değildir. Peak ve tüketici yükü eğrileri büyük ölçüde kayıktır.
- Tüketicilerin yükleri küçük yüklerdir peak yük ise daha çok büyük yüklerle ve kısmen orta büyüklükteki yüklerle bağlıdır.

Bu dönemde Güney Afrika hükümeti genel bir elektrifikasyon projesi başlatmış ve her yıl 450.000 tüketiciyi sisteme bağlamayı hedeflemiştir. Bu finansal açıdan geri dönüşümü olan bir proje olmasa bile sosyal ve politik açıdan makul görülmüştür. Bu gibi

kamu hizmetlerinin güvenlik ve arz kalitesi standartlarını sağlayacak şekilde toplam maliyetlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu sorunun çözümü için yük çalışmalarının sonuçları derinlemesine incelenmiş, yük ölçümü çalışmalarının kapsamı 1992 yılından sonra her yıl farklı sosyo-ekonomik grupları kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Çalışma kapsamında önemli miktarda veri toplandı ve projenin ilk sonuçları farklı tüketici grupları için yük modelleri oluşturulmasını sağladı. Hangi müşteri akımlarının Beta olasılık teoremine uygun olarak formüle edilebileceği tespit edildi.

Yapılan bu analizler ile tasarıma yönelik (maksimum talep, gerilim düşümü, devre kesici boyutu v.b.g) uygun parametreler elde edildi. Yine bu veriler ile gelecekteki yük projeksiyonları da hazırlanabilmiştir. Diğer taraftan enerji kayıpları, yatırım ve işletme maliyetlerinin hesaplanması ve burada oluşan kayıplar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Beta yük modeli fider tasarımı aşamasında gerilim düşümü ve akım hesaplamalarına dahil edildi. Beta yük akımları fider voltajlarına dönüştürüldü. Alfa ve Beta parametleri istatistiksel olarak bazı anların voltaj değerleri kullanılarak türetildi. Birbirini izleyen bölümlere süperpozisyon teoremi uygulanarak sorunun tüm boyutları ile ele alınması sağlanmış oldu.

Yapılan bağımsız araştırmalar Herman Beta yönteminin gerilim düşümü hesaplamalarında diğer araştırmalara göre daha üstün olduğunu ortaya koymaktadır. Güney Afrika da kullanılan alçak gerilim şebekesi tasarım kriterleri incelendiğinde bir tüketicinin anlık yükü 2 kVA kabul edilmiş 230 volt nominal gerilimde yük akımı 9 A olarak hesap edilmiştir. Tüketicilerin yükleri, 5 dönem boyunca ölçülmektedir. 5'er dakikalık ölçüm periyotları hesaplama için yeterlidir. 30 dakika ve üzerinde sabit bir şekilde akım çekilmesine neden olan yükler birleştirilmektedir.

Bir belediyeye ait elektrikli araçların yüklerine dair üniversite ve danışmanlık şirketi mühendislerince yayınlanmıştır. İzlenen tüketici sayısı hatayı 1A in altına düşürmek için minimum 60 alınmış ve 100 den fazla tüketici içeren birkaç siteye ölçüm cihazı yerleştirilmiştir. Kaydediciler her iki yılda bir yeni bir siteye taşınmış ve geçen sürede 30 site yıllık veri elde edilmiştir.

Sosyometrik veriler hane halkı ile yüz yüze görüşülerek elde edilmekte hava durumu verileri ise en yakın ölçüm istasyonundan alınmaktadır (Herman and others, 1999).

4. DEMAND GÜCÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Ülkemizin elektrik şebekesinde gerilim seviyesi Şekil 4.1'den de görüleceği üzere 154 kV'luk sistemden 30-36 kV'lar mertebesine indirgenmektedir. Bu indirici trafolarında güç değerleri 50-100-250 MVA'lar mertebesindedir. Daha sonra Swallow, 3/0 piegon ve 477 MCM Havk kesitli Enerji Nakil Hatları vasıtasıyla dağıtım merkezlerine taşınan elektrik enerjisi buradan kablolu veya havai dağıtım hatları ile gerilim seviyesi değiştirilmeden trafolarla ulaştırılmaktadır.

Güç trafolarının 50 kVA'dan başlayarak 1600 kVA'ya kadar güçlerde seçilmesi ile son kullanıcılara 30-36 kV mertebesinden 0,4 kV mertebesine düşürülen gerilim seviyesi ile elektrik enerjisi temini sağlanmaktadır. Gerilim seviyesinin düşük olması alçak gerilim tarafında (güç trafolarından sonraki kısımda) kaybı artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca ani yük talepleri hat sonraların gerilimin kabul edilebilir sınır olan 0,38 kV seviyesinin altına düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle güç trafosunun seçiminden başlayarak sonraki AG şebekenin, bu şebekeyi oluşturan iletken, kablo ve saha dağıtım kutularının, ana kolon hatlarının seçimi şebekenin yük açısından en fazla değişim gösteren tarafı olan bu kısımda kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada ilk etapta son kullanıcıların tükettikleri enerjinin kendi aralarında toplanarak bina tüketim noktalarından çektikleri demand gücü tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın bu kısmında binaların enerji odalarında bulunan AG panolar ile tüketim tesisatlarının proje hesaplamalarının geçerliliği kalite kaydediciler ile alınan veriler ile test edilmiştir. Şekil 4.1'de kalite kaydedicilerin bulunduğu nokta 1 nolu nokta olarak ok işareti ile gösterilmektedir.

Araştırmanın ikinci kısmında ise AG devrenin yapı bağlantı noktasından sonraki kısmı olan trafolardan ölçüm yapan sayaçların verileri esas alınmıştır. Bu sayaçlardan elde edilen veriler coğrafi bilgi sistemi verileri üzerinden son kullanıcılara ait tesisat bilgileri ile eşleştirilmiştir. Bu sayede yıl içerisinde ölçülen en yüksek demand gücü değeri tüketici sayısına bölünerek tüketici başına demanda katkı olarak ifade edilen tasarım değerine ulaşılmıştır. Şekil 4.1'de genel ölçüm sayaçlarının bulunduğu nokta 2 nolu nokta olarak ok işareti ile gösterilmektedir.

4.1. Binaların Demand Güçlerinin Ölçülmesi

Yapılacak ölçme işlemi için sahada uygulaması yapılacak çalışmalarda aşağıdaki malzemeler kullanılacaktır;

1. Bilgisayar
2. Kalite Kayıt Edici (Ölçüm Cihazı)(10 Adet)
3. Akım Trafosu (30 Adet)
4. Jumper Kablo (30 Adet)

Yukarıdaki malzemeler kullanılarak hazırlanacak sistem binaların sayaç odasında bulunan panolara tesis edilmiştir.

Yapılan çalışmalar aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

1.Belirlenen toplam 25 adet bina seçilmiştir. Binalar seçilirken 2019-2020 yıllarında yapılıp sisteme bağlanan güncel hesaplamalar göre proje hesaplamaları yapılmış ve bu verilere ulaşılabilen binalar seçilmiştir.

2.Binalar geleneksel yöntem ile hesaplanmış proje gücü ve bağımsız bölüm sayılarına göre sınıflandırılmıştır..

3. Yapının ana kolon hattına bağlanmak sureti ile akım ve gerilimleri ölçülecek bu değerleri anlık olarak çekilen güce dönüştüren kalite kayıt edici bütün verileri kendi hafızasında depolayacaktır.

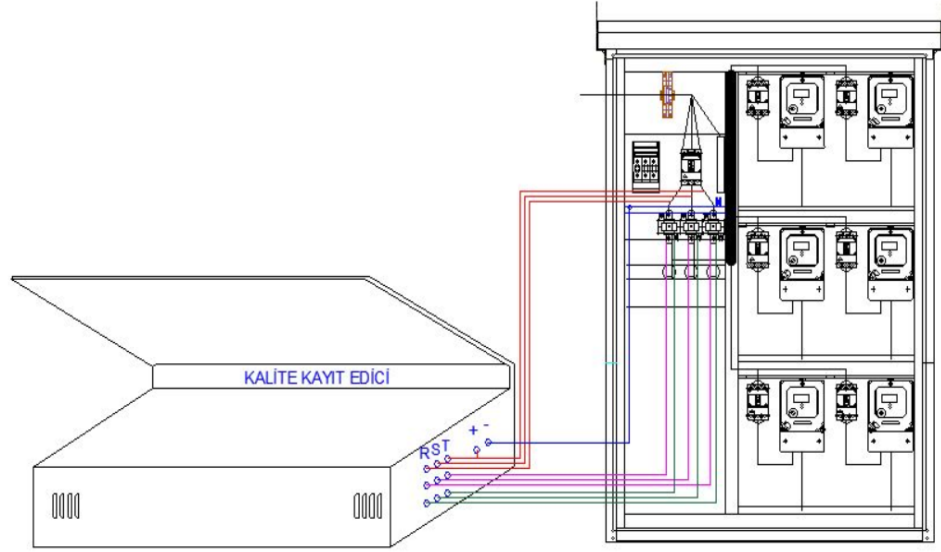
4.Ölçüm süresi en az 3 gündür.

5.Ölçüm süresinin sona ermesi ile ölçüm sonuçları bilgisayara aktarılmıştır.

6.Tüm ölçüm sonuçları kendine ait belirlenmiş gruba içinde değerlendirilmiştir.

7.Sonuçlar, sayaç verileri ve geleneksel hesaplama yöntemi ile kıyaslanıp değerlendirilmiştir.

Kalite kaydedicilerin bağlanma şekli Şekil-4.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil-4.2 Kalite kaydedici bağlantı şeması

4.2. Dağıtım Trafolarından Demand Güçlerinin Ölçülmesi

Elektrik dağıtım şirketleri bütün dağıtım varlıklarını CBS (coğrafi bilgi sistemleri) adı verilen sistemlerde tutarlar. Bu sistemler elektriksel hiyerarşiyi de içerecek şekilde tasarlanmış DMS (dağıtım yönetim sistemi) ve OMS (kesinti yönetim sistemi) gibi gelişmiş şebeke yönetim sistemlerine de alt yapı sağlamaktadırlar. CBS’de bir trafo postası, onu besleyen enerji nakil hatları, dağıtım merkezleri, kesici ölçü kabinleri, fiderleri ile birlikte AG şebeke de direkler ve tüketici sayaçları yer almaktadır.

Çalışma kapsamında CBS verileri bir trafodan elektrik alan tüketicilerin belirlenebilmesi için kullanılacaktır.E

Diğer taraftan şebekeden dağıtılan enerjinin yönetimi için zaman içerisinde geliştirilen MBS (müşteri bilgi sistemleri) adı verilen veri tabanında tesisatların, tüketicilerin ve faturaların detaylı verilerinin yer aldığı sistemler mevcuttur. Bu sistemlerden bir tüketicinin yıllık veya aylık tüketim değerlerine ulaşabilmek mümkündür.

Çalışma kapsamında MBS’inden tüketicilerin tesisatlarının yıllık toplam tüketim değerleri alınacaktır.

Trafo merkezlerinin zaman içerisinde ulaştıkları toplam güç değerlerinin tespit edilebilmesi, buna göre gerekli hallerde transformatörün daha yüksek güçlü bir transformatör ile değiştirilmesinin sağlanması ve trafo merkezi bazında kayıp kaçak

tespiti yapılabilmesi amacıyla genel ölçüm sayacı adı verilen özünde tüketici sayaçlarından herhangi bir farkı olmasa da yüzlerce tüketicinin tüketimini kaydederek toplu olarak gösterebilen sayaçlar mevcuttur.

Genel ölçüm sayaçlarından alınan trafo merkezi bazlı aylık demand değerlerinin en yükseği tespit edilecek ve trafodan elektrik alan tesisat adedine bölünecektir. Bu şekilde belirlenecek tüketici gruplarına yönelik tasarım aşamasında dikkate alınacak şekilde tasarım kriterleri belirlenmeye çalışılmıştır.

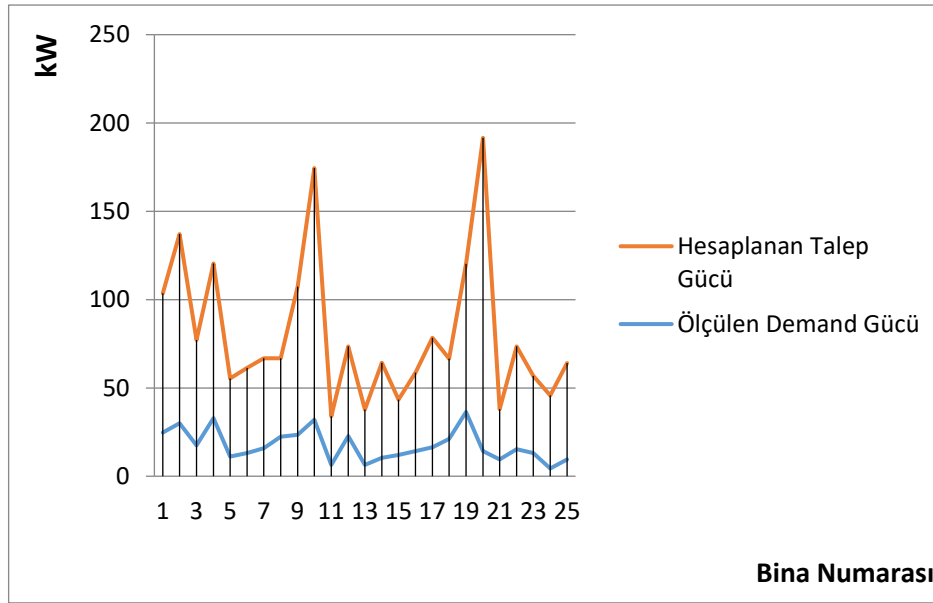
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında kullanıcı grupları arasında en yaygın olarak yer alan mesken ve ticarethane tesisleri iki kısımda incelenmiştir. Birinci kısımda; yapı bağlantı noktalarından ölçülen veriler iç tesisat yönetmeliği hükümlerine göre hesap edilen talep gücü verileri ile mukayeseli olarak ele alınmıştır. İkinci kısımda ise trafolardan ölçülen veriler ile bu trafolara bağlanan kullanıcı sayıları arasında ilişki kurularak tesisat başına düşen demand gücü katkısı hesap edilmeye çalışılmıştır.

5.1. Konut Alanlarının Tüketimlerinin Halihazırda Kullanılan Yöntemle Kıyaslanması

Mevcut iç tesisat yönetmeliği hükümleri referans alınarak tasarım yapıldığında elde edilen değerler ile gerçekte durumun ne olduğunu görmek için yapılan ölçümler karşılaştırıldığında aşağıdaki gibi sonuçlar elde edilmiştir.

Toplamda 25 Adet binada demand ölçümü gerçekleştirilmiştir. Güç değerleri herhangi bir sınıflandırılmaya uğratılmadan bina bazında grafiksel olarak Şekil 5.2’de belirtilmiştir



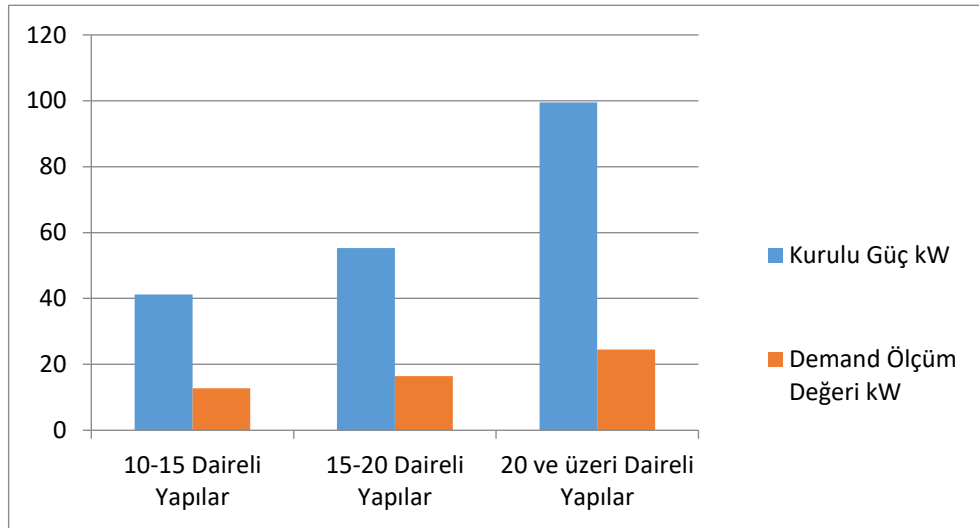
Şekil-5.1 Örnek seçilen binaların hesap - ölçüm yöntemleri karşılaştırması

Şekil 8’de yer alan Grafikten de görüleceği üzere her ne kadar hesap edilen talep güçleri ile ölçülen demand güçleri arasında bir bağlantısallık görüntüsü var gibi görünse

de bu bağlantısallık lineer değildir. Belirli bir katsayı ile talep gücü hesabı yapmaya çalışmak her zaman doğru sonucu vermemektedir.

Grafikten de görüleceği üzere hesap edilen talep güçleri ile ölçülen demandlar arasında 2,5 ila 5 kat arasında fark bulunmaktadır.

Aynı verilere kurulu güç ve daire sayıları açısından bakmak istediğimizde Şekil 9'da yer alan grafiğine ulaşılmaktadır. Bu grafikte Binalar daire sayılarına göre sınıflandırılmış ve güç değerlerinin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Şekilden de görüleceği üzere daire sayısı arttıkça ölçülen demand güçleri ile kurulu güç değerleri arasındaki makasa açılmaktadır. Bu durum mevcutta yüksek bağımsız bölüm sayısına sahip yapılarda daha küçük değerdeki katsayılar ile telafi edilmeye çalışılmaktadır.



Şekil 5.2 Örnek seçilen binaların sınıflandırılarak hesap ölçüm yöntemleri karşılaştırması

Elde edilen sonuçlar mevcutta yer alan eş zamanlılık katsayılarını karşılaştırıldığında Çizelge 5.1 deki sonuçlara ulaşılmıştır.

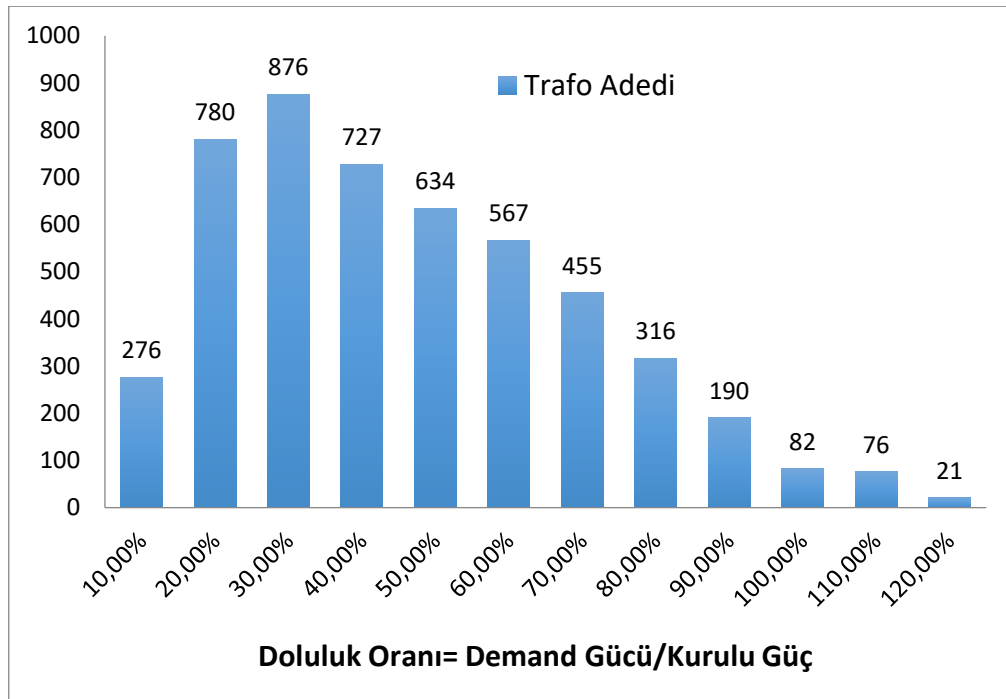
Daire Sayısı	Eş Zamanlı Katsayı % (Mevcut)	Eş Zamanlı Katsayı % (Önerilen)
11-15	41	31
16-20	39	29
21-25	36	25

Çizelge-5.1: Mevcut eşzamanlılık katsayılarının ölçülen sonuçlar ile karşılaştırılması

5.2. Trafo Bazlı Demand Gücü Verilerinin Analizi

Araştırma kapsamında dağıtım trafolarının güçlerinin ve bu trafolarla kullanım alanları arasında yer alan diğer dağıtım varlıklarının ihtiyaca cevap verecek şekilde seçilip seçilmediği belirlenmeye çalışılacaktır. Dağıtım varlıkları daha yüksek güçte seçiliyor ise bunun nedenleri araştırılacak ve sorunun çözümüne katkı sunulmaya çalışılacaktır.

Araştırmanın örneklemini Meram Elektrik Dağıtım A.Ş. (MEDAŞ) bölgesinde yer alan ve AG panolarına genel ölçüm sayacı takılarak yıl içerisinde demandları ölçülen 5.000 trafo yer almaktadır. Bu 5.000 adet trafonun doluluk oranları Şekil 5.3'te gösterildiği gibidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus ölçülen demand güçlerinin herhangi bir anda veya belirli bir günde değil yıl içerisinde ulaştığı en yüksek güç değerinin trafonun kurulu gücüne oranını gösterilmektedir.



Şekil-5.3 Trafoların yıl içerisindeki en yüksek demand güçlerinin trafo gücüne oranının dağılımı

Şekil 5.3'te yer alan grafikten de görüleceği üzere araştırma örnekleminde yer alan 5.000 trafodan 3.293 adedinin bir diğer deyişle %65,86'sının %50'den daha düşük kapasite ile çalıştığı görülmektedir. Her şartta doluluk oranı %50'nin altındaki trafolarda bir tasarım hatasının olduğu aşikârdır. Burada bölgenin genişlemesi, nüfus ve dolayısıyla talep artışı v.s. gibi nedenler öne sürülse de düzenleyici kurum olan Enerji Piyasası

Düzenleme Kurumu tarafından da kabul edilen 30 yıllık ekonomik ömür süresi içerisinde doluluk oranı bu denli düşük olan trafoların hiç bir zaman güç yetirememesi durumu ile karşı karşıya kalmayacağı görülebilir.

İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasının yanı sıra yüksek güçlü trafolarla meydana gelecek trafo kayıplarının da güç nispetinde yüksek olacağı hususu göz ardı edilmemelidir.

Araştırma kapsamında demand gücü verisi genel ölçüm sayaçlarından elde edilen trafoların beslediği kullanıcıların kullanım amaçlarına göre incelemesi yapılmış Şekil 10'u oluşturan trafo verileri içerisinde başlıca kullanıcı grupları konut (mesken), ticarethane ve sanayi seçilmiştir. Bu gruplarda yer alan trafolar içerisinde gelişmişlik, refah, ticari faaliyet alanı gözetilerek seçilen örneklemelere göre yapılan analizler aşağıda yer almaktadır.

Konut alanları bu alanlarda yaşayan kişilerin refah seviyesine, bir diğer değişle bölgenin gelişmişlik seviyesine ve bölgedeki tarım, hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapılıp yapılmadığına bakılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

5.2.1. Meskenleri besleyen trafoların tüketim verileri

Mesken kullanıcılarının yoğun olarak bulunduğu trafoları kullanıcıların gelir durumu ve bölgenin gelişmişliğine göre kırsal (dar gelirli), kent (orta gelirli) ve kent (yüksek gelire sahip) şeklinde üç grupta incelenmiştir. Yine kırsal tüketim alışkanlıkları incelenirken bazı köylerde tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapılması nedeniyle tüketimin farklılaştığı tespit edilmiş ve bu durumda bir kategori olarak grupların içerisine ilave edilmiştir.

5.2.1.1. Kaputaş 5 trafo postası

Araştırmanın materyal ve yöntem kısmında belirtilen işlem basamakları 100 kVA gücündeki Aksaray ili Eskişehir ilçesi Fatih Mahallesi'nde yer alan Kaputaş5 TR trafo merkezine uygulandığında, trafodan enerji alan toplam 48 adet tesisat bulunmakta olup bu tesisatların kullanım amaçlarına göre dağılımı Çizelge 5.2'n de gösterildiği gibidir.

Tarife Grubu	Tesisat Sayısı
Aydınlatma	1
Mesken	32
Tarımsal Sulama	2
Ticarethane	13
Genel Toplam	48

Çizelge-5.2. Kaputaş 5 TR tesisatların kullanım amacına göre sınıflandırılması

Çizelge 5.2 deki 32 adet tesisatın kullanım amacı mesken gibi görünse de bölge de her hanede küçük ölçekli hayvancılık ve buna bağlı tarım uygulamaları yapılmaktadır. Tüketiciler müştemilat mahiyetindeki yapılara bürokratik engeller ve maliyetler nedeniyle ayrıca abone olmak yerine, evlerini besleyen tesisatlardan elektrik enerjisi sağlamaktadırlar.

Ölçülmüş geçmiş dönem demand gücü verileri Çizelge 5.3'te yer almaktadır.

Trafo Adı	YIL	AY	Ölçülen Demand (kW)
269396-KAPUTAS5 TR	2019	7	85,44
269396-KAPUTAS5 TR	2019	8	107,04
269396-KAPUTAS5 TR	2019	9	100,96
269396-KAPUTAS5 TR	2019	10	77,12
269396-KAPUTAS5 TR	2019	11	70,56
269396-KAPUTAS5 TR	2019	12	73,76
269396-KAPUTAS5 TR	2020	1	75,52
269396-KAPUTAS5 TR	2020	2	71,68
269396-KAPUTAS5 TR	2020	3	69,44
269396-KAPUTAS5 TR	2020	4	70,88
269396-KAPUTAS5 TR	2020	5	76,8
269396-KAPUTAS5 TR	2020	6	88,8

Çizelge-5.3: Kaputaş 5TR aylara göre demand gücü değerleri

Çizelge-5.3'ten de görüleceği üzere en yüksek güç değeri 107 kW olarak 2019 yılının ağustos ayında ölçülmüştür. Trafo merkezinin 2017 yılında tesis edildiğini de göz önünde bulundurursak, söz konusu trafo postasının mümkün olan en kısa sürede ilave bir trafo projesi ile desteklenmesi veya güç artışı yapılması ihtiyacının 3 yıl geçmeden ortaya çıktığı görülmektedir. Çizelge 5.2'de sayısı ve kullanım amacı verilen tesisatların yıllık tüketim değerlerine göre tahmin edilen demand gücüne katkı verilerine histogram yöntemi uygulandığında Çizelge 5.4'de yer alan veriler elde edilmektedir.

P (kW)	Tesisat Sayısı
0,06	3
4,30	40
8,54	2
12,78	3
	48

Çizelge-5.4. Kaputaş 5TR yıllık tüketim değerlerine göre demand gücü yoğunlaşma histogramı

Çizelge 5.4'ten de görüleceği üzere tesisatların puant yüke katkısı 4,3 kW mertebesinde yoğunlaşmaktadır. Bu güç değeri tasarım kriteri olarak baz alındığında güç gereksinimi $48 \times 4,3 = 210$ kW olarak bulunur ve trafo postasının gücünün 250 kVA olarak belirlenmesi gerekirdi. Çizelge 5.4'de gücü 0,06 kW olarak görülen 3 tesisat gibi yıl içerisinde hiç kullanım yapılmamış 22 tesisatta CBS ve MBS kayıtlarında bu trafodan elektrik alıyor olarak görülmektedir. Projelendirme çalışmaları sırasında bu tesisatların mevcut durumu kullanım alanlarının faal hale gelme ihtimalleri göz önünde bulundurulması gerekir.

5.2.1.2. Gülağaç 5 trafo postası

Aynı yöntemi 250 kVA gücündeki Aksaray ili Gülağaç ilçesinde yer alan Gülağaç 5 TR trafo merkezine uygulandığında aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Gülağaç 5 TR bölgesi genel olarak tek katlı müstakil evlerden oluşması, az sayıda ticarethane yükünün bulunması kırsal sınıfın tüketim alışkanlıklarını tam olarak yansıtmaması bakımından bu trafo merkezinin seçiminde önemli rol oynamıştır. Toplam 223 adet abone bulunmaktadır. Bu abonelerin dağılımı Çizelge 5.5'te verildiği gibidir.

Tarife Grubu	Tesisat Sayısı
Aydınlatma	1
Mesken	207
Ticarethane	15
Genel Toplam	223

Çizelge-5.5 Gülağaç 5 TR tesisatların kullanım amacına göre sınıflandırılması

Genel tüketim sayacı verileri kontrol edildiğinde kayıtların aylık periyotlara göre Çizelge 5.6'daki gibi olduğu görülmektedir.

Trafo Adı	YIL	AY	Ölçülen Demand (kW)
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	5	74,88
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	6	97,44
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	7	94,56
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	8	119,52
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	9	93,6
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	10	102
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	11	89,52
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2019	12	93,6
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2020	1	94,56
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2020	2	94,08
28312-GÜLAĞAÇ TR-5	2020	3	97,68

Çizelge-5.6. Gülağaç 5TR aylara göre demand gücü değerleri

Tasarım kriterleri açısından bakıldığında her bir tesisatın demand gücüne olan katkısının sınıflandırılması halinde aşağıda yer alan Çizelge 5.7'deki veriler elde edilmektedir.

P (kW)	Tesisat Sayısı
1,37	212
2,72	7
4,05	1
8,07	1
14,76	1
18,78	1
	223

Çizelge-5.7 Gülağaç 5TR Yıllık Tüketim Değerlerine Göre Demand Gücü Yoğunlaşma Histogramı

Çizelge 5.7'den de görüleceği üzere tasarım aşamasında kırsalda trafo gücü hesabında dikkate alınması gereken eş zamanlı güç değeri veya değişik standartlarda P veya ADMD olarak ifade edilen değer bu bölge için 1,37 kW olarak alınabilir.

Gülağaç 5 TR'nin genel tüketim sayacı 2019'un ağustos ayında 119,52 kW değerini görmüştür. Tekil tesisatlardan oluşan bu trafo merkezinin gücü bağlantı gücü verileri esas alınarak seçilmiş olsaydı bu bölgeye $223 \times 5 = 1115$ kW güce karşılık 1250 kVA bina tipi bir trafo tesis edilirdi. Tespit edilmiş olan 250 kVA'lık güç değeri doğrudur. Kırsalda bu bölgenin zaman içerisinde yapılaşmış güç ihtiyacının birden bire değil de yavaş yavaş ortaya çıkması böyle bir hatanın yapılmasının önüne geçmiştir.

Şehir merkezlerinde toplu olarak inşa edilen konut alanlarında benzer hatalar yapılmaya devam edilmektedir. Bu duruma örnek olarak verilebilecek trafolar aşağıda yer almaktadır.

5.2.1.3. Yazır Toki 1 ve Toki 2 trafo binaları (672 kullanıcı)

Bu duruma örnek olarak Konya İli Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesi'nde bulunan 672 konutluk TOKİ (toplu konut idaresi) konutlarını verebiliriz. Bu toplu konut projesi elektriksel açıdan ikiye ayrılmış olup 1000'er kVA'lık 2 trafo merkezi ile elektrik altyapısı sağlanmıştır. 363 tesisat Toki 1 TR'den elektrik almaktadır.

Tasarım kriterleri açısından bakıldığında her bir tesisatın demand gücüne olan katkısının sınıflandırılması halinde aşağıda yer alan Çizelge 5.8'deki veriler elde edilmektedir.

P (kW)	Tesisat Sayısı
0,06	1
0,28	13
0,50	42
0,73	189
0,95	95
1,17	9
1,39	2
2,96	5
3,18	3
3,63	2
3,85	1
4,29	1
	363

Çizelge-5.8. Yazır Toki-1 yıllık tüketim değerlerine göre demand gücü yoğunlaşma histogramı

Çizelge 5.8'den de görüleceği üzere tasarım aşamasında kentlerde toplu konutların yapıldığı alanlarda trafo gücü hesabında dikkate alınması gereken eş zamanlı güç değeri veya değişik standartlarda P veya ADMD olarak ifade edilen değer bu bölge için 1 kW olarak alınabilir.

Bu hesabın geçerliliğinin sorgulanmasında anlamında genel tüketim sayacı verileri kontrol edildiğinde kayıtların aylık periyotlara göre Çizelge-5.9'daki gibi olduğu görülmektedir.

Trafo Adı	YIL	AY	Ölçülen Demand (kW)
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2020	1	116,48
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2020	2	119,04
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2020	3	131,84
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2020	4	160
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2020	5	175,36
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2020	6	104,96
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2019	8	94,72
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2019	9	112,64
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2019	10	111,36
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2019	11	112,64
150762-YAZIR 672 TOKİ 1 TR	2019	12	116,48

Çizelge-5.9 Yazır Toki-1 aylara göre demand gücü değerleri

TOKİ 1 TR'nin genel tüketim sayacı 2020 yılının mayıs ayında 175,36 kW değerine ulaştığı görülmüştür.

Sitenin ikinci kısmını besleyen TOKİ 2 TR için de aynı işlemler yapıldığında benzer sonuçlara ulaşılmaktadır.

Trafo Adı	YIL	AY	Ölçülen Demand (kW)
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2020	1	145,92
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2020	2	147,2
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2020	3	161,28
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2020	4	157,44
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2020	5	186,88
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2020	6	135,68
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2019	8	104,96
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2019	9	121,6
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2019	10	162,56
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2019	11	136,96
150765-YAZIR 672 TOKİ 2 TR	2019	12	140,8

Çizelge-5.10. Yazır Toki-2 aylara göre demand gücü değerleri

TOKİ 1 TR'nin genel tüketim sayacı 2020 yılının mayıs ayında 186,88 kW değerine ulaştığı görülmüştür.

5.2.1.4. Yazır 82 trafo binası

Bir diğerk örneği yine kent merkezinde ekonomik refah seviyesi daha yüksek kişilerin oturduğu bir alan seğelim. Yazır82 trafosu aktif 337 tesisatın bulunduğu Konya ili Selçuklu ilçesinde Yazır Mahallesinde Elmalılı Hamdi Hoca Caddesi ile Türkerler Sokak arasında yapılaşmanın yoğun olduğu bir alandır. Yapı deseni 10 katlı 165 metrekare 3+1 evlerden oluşmaktadır.

Trafo gücü 1250 kVA'dır. Trafonun imal yılı 2011 tarihidir. Trafodan toplamda 337 aktif tesisat elektrik almaktadır. Tesisatların kullanım amacına göre dağılımı Çizelge-5.11'de verilmiştir.

Tarife Grubu	Tesisat Sayısı
Aydınlatma	1
Mesken	320
Ticarethane	16
Genel Toplam	337

Çizelge-5.11. Yazır 82 TR tesisatların kullanım amacına göre sınıflandırılması

Yukarıda detayları verilen 337 tesisata Tasarım kriterleri açısından bakıldığında her bir tesisatın demand gücüne olan katkısının sınıflandırılması halinde aşağıda yer alan Çizelge 5.12'deki veriler elde edilmektedir.

P (kW)	Tesisat Sayısı
0,03	1
1,04	262
2,05	61
4,06	4
6,07	1
7,08	3
8,08	2
9,09	1
14,12	2
	337

Çizelge-5.12. Yazır 82 TR yıllık tüketim değerlerine göre demand gücü yoğunlaşma histogramı

Tesisat başına düşen puant güç değerinin 1 ile 2 arasında bir değer alınması gerektiği sonucuna ulaşılır. Ağırlıklı ortalaması alınırsa 1,25 kW gibi bir değer elde edilir.

Bu değer tasarım kriteri olarak ele alındığında $337 \times 1,25 = 421,25$ kW'lık bir değer bulunur. Buradan hareketle transformatör gücü olarak 630 veya en fazla 800 kVA olarak belirlenmesi yeterlidir. 1250 kVA yüksek bir güçtür. Bu trafonun tesis edildiği tarihten bugüne kadar ulaşabildiği en yüksek güç değeri 400 kVA'dır. Bu değer genel tüketim sayacı verilerinden elde edilmiştir. Çizelge 5.13'den de görüleceği üzere trafo çekilen en yüksek güç değeri 2020 yılının şubat ve nisan aylarında 400 kVA olarak ölçülmüştür.

Trafo Adı	YIL	AY	Ölçülen Demand (kW)
59038-YAZIR 82 TR	2019	7	292,8
59038-YAZIR 82 TR	2019	8	324,8
59038-YAZIR 82 TR	2019	9	350,4
59038-YAZIR 82 TR	2019	10	355,2
59038-YAZIR 82 TR	2019	11	350,4
59038-YAZIR 82 TR	2019	12	377,6
59038-YAZIR 82 TR	2020	1	376
59038-YAZIR 82 TR	2020	2	400
59038-YAZIR 82 TR	2020	3	360
59038-YAZIR 82 TR	2020	4	400
59038-YAZIR 82 TR	2020	5	387,2

Çizelge-5.13. Yazır 82 TR aylara göre demand gücü değerleri

5.2.1.5. Garanti konutları 1 (Azra tatil köyü) trafo binası

Garanti konutları Konya İli Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesiinde yer alan 165 m² lik 3+1 dairelerden oluşan bir sitedir. Site içerisinde süs havuzları ve spor salonları da bulunmaktadır. Araştırmada bu siteye kentsel orta gelir grubunda yer alan insanların yaşadığı sitelere örnek olması açısından yer verilmiştir.



Şekil-5.4. Garanti konutları CBS ekran görüntüsü

Siteye enerji verilmesi aşamasında 2 adet 1000'er kVA'lık trafo tesis edilmiş olup 2019 yılı haziran ayında takılan genel ölçüm sayaçları ile demand verileri tespit edilmeye başlanmıştır. Bu verilere aşağıdaki Çizelge-5.14'de yer verilmiştir.

Trafo Adı	YIL	AY	Demand (kW)
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2019	9	156,8
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2019	10	131,2
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2019	11	139,2
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2019	12	150,4
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2020	1	142,4
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2020	2	145,6
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2020	3	147,2
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2020	4	166,4
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2020	5	169,6
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	2020	6	134,4
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2019	9	187,2
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2019	10	187,2
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2019	11	202,8
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2019	12	223,2
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2020	1	218,4
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2020	2	240
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2020	3	238,8
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2020	4	266,4
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2020	5	262,8
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	2020	6	187,2

Çizelge-5.14. Garanti konutları 1 ve 2 TR aylara göre demand gücü değerleri

1 Nolu trafo 169,6 kVA demand gücüne 2020 yılı mayıs ayında ulaşmıştır. 2 No'lu trafo ise 266,4 kVA demand gücüne 2020 yılı nisan ayında ulaşmıştır. Çizelge 5.15 den de görüleceği üzere ADMD (abone başına demand güce katkı) değeri 0,71 kVA olarak tespit edilmiştir.

Trafo Adı	Demand (kW)	Abone Sayıları	ADMD	Tarife
155105-GARANTİ KONUTLARI 02 TR	266,4	374	0,71	Mesken
155104-GARANTİ KONUTLARI 01 TR	169,6	447	0,38	Mesken

Çizelge-5.15. Garanti konutları 1 ve 2 TR tesisat başına demanda katkısı

5.2.1.6. Yazır 44 (hakim konakları) trafo binası

Hakim Konakları Konya İli Selçuklu İlçesi Yazır Mahallesiinde yer alan 180 m² lik 3+1 veya 4+1 dairelerden oluşan bir sitedir. Araştırmada bu siteye kentsel orta gelir grubunda yer alan insanların yaşadığı sitelere örnek olması açısından yer verilmiştir.

Siteye enerji verilmesi aşamasında 1 adet 1000 kVA'lık trafo tesis edilmiş olup 2019 yılı ağustos ayında takılan genel ölçüm sayaçları ile demand verileri tespit edilmeye başlanmıştır. Bu verilere aşağıdaki Çizelge 5.16 da yer verilmektedir.

Trafo Adı	YIL	AY	Demand (kW)
64760-YAZIR 44 TR	2019	8	99,84
64760-YAZIR 44 TR	2019	9	116,48
64760-YAZIR 44 TR	2019	10	121,6
64760-YAZIR 44 TR	2019	11	126,72
64760-YAZIR 44 TR	2019	12	133,12
64760-YAZIR 44 TR	2020	1	128
64760-YAZIR 44 TR	2020	2	131,84
64760-YAZIR 44 TR	2020	3	134,4
64760-YAZIR 44 TR	2020	4	140,8
64760-YAZIR 44 TR	2020	5	140,8
64760-YAZIR 44 TR	2020	6	110,08

Çizelge-5.16. Yazır TR 44 aylara göre demand gücü değerleri

Trafo 140,8 kVA demand gücüne 2020 yılı mayıs ayında ulaşmıştır. Trafodan enerji alan kullanıcı sayısı 190 olup, Çizelge 5.17'den de görüleceği üzere ADMD (abone başına demand güce katkı) değeri 0,74 kVA olarak tespit edilmiştir.

Trafo Adı	Demand (kW)	Abone Sayıları	ADMD	Tarife
64760-YAZIR 44 TR	140,8	190	0,74	Mesken

Çizelge-5.17. Yazır 44 TR Tesisat başına demanda katkısı

5.2.1.7. Haciveyiszade6 (İşgalaman mah. kentsel dar gelirli) trafo binası

Haciveyiszade 6 trafosu Konya İli Karatay İlçesi İşgalaman Mahallesinde yer alan 145 m²'lik 2 veya 3+1 dairelerden ve müstakil evlerden oluşan bir yerleşim alanını beslemektedir. Bu alanda kısmen kentsel dönüşüm çalışmaları devam etmektedir. Araştırmada bu trafoya kentsel dar gelir grubunda yer alan insanların yaşadığı kullanım alanlarının beslendiği trafolarla örnek olması açısından yer verilmiştir.

Trafo Adı	YIL	AY	Demand (kW)
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2019	8	77,6
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2019	9	76
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2019	10	80,8
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2019	11	88
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2019	12	96
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2020	1	95,2
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2020	2	96,8
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2020	3	89,6
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2020	4	112
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2020	5	95,2
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	2020	6	71,2

Çizelge-5.18. Haciveyiszade TR-6 aylara göre demand gücü değerleri

Trafo 112 kVA demand gücüne 2020 yılı nisan ayında ulaşmıştır. Trafodan enerji alan kullanıcı sayısı 321 olup, Çizelge 5.19'dan da görüleceği üzere ADMD (abone başına demand güce katkı) değeri 0,35 kVA olarak tespit edilmiştir.

Trafo Adı	Demand (kW)	Abone Sayıları	ADMD	Tarife
55740-HACİVEYİSZADE6 TR	112	321	0,35	Mesken

Çizelge-5.19. Haciveyiszade 6 TR tesisat başına demanda katkısı

5.2.1.8. Saracoğlu 16 trafo postası

Saracoğlu 16 trafosu Konya İli Karatay İlçesi Saraçoğlu Mahallesinde yer alan 1 veya 2 katlı müstakil evlerden oluşan bir yerleşim alanını beslemektedir. Bu alanda kısmen tarım ve hayvancılık faaliyetleri de yapılmaktadır. Araştırmada bu trafoya kırsal dar gelir grubunda yer alan insanların yaşadığı kullanım alanlarının beslendiği trafolarla örnek olması açısından yer verilmiştir.

Trafodan 2018 yılı Kasım ayında takılan genel ölçüm sayacı ile demand verileri tespit edilmeye başlanmıştır. Bu verilere aşağıdaki Çizelge-5.20'de yer verilmektedir.

Trafo Adı	YIL	AY	Demand (kW)
262038-SARACOGLU16 TR	2018	11	65,6
262038-SARACOGLU16 TR	2018	12	64,8
262038-SARACOGLU16 TR	2019	1	62,4
262038-SARACOGLU16 TR	2019	2	55,2
262038-SARACOGLU16 TR	2019	3	68,8
262038-SARACOGLU16 TR	2019	4	64
262038-SARACOGLU16 TR	2019	5	84,8
262038-SARACOGLU16 TR	2019	6	93,6
262038-SARACOGLU16 TR	2019	7	89,6
262038-SARACOGLU16 TR	2019	8	92
262038-SARACOGLU16 TR	2019	9	77,6
262038-SARACOGLU16 TR	2019	10	74,4
262038-SARACOGLU16 TR	2019	11	76,8
262038-SARACOGLU16 TR	2019	12	78,4
262038-SARACOGLU16 TR	2020	1	72
262038-SARACOGLU16 TR	2020	2	68
262038-SARACOGLU16 TR	2020	3	64,8
262038-SARACOGLU16 TR	2020	4	65,6
262038-SARACOGLU16 TR	2020	5	84,8
262038-SARACOGLU16 TR	2020	6	82,4

Çizelge-5.20. Saracoğlu TR-16 aylara göre demand gücü değerleri

Trafo 93,6 kVA demand gücüne 2019 yılı haziran ayında ulaşmıştır. Trafodan enerji alan kullanıcı sayısı 164 olup, Çizelge-5.21’den de görüleceği üzere ADMD (abone başına demand güce katkı) değeri 0,57 kVA olarak tespit edilmiştir.

Trafo Adı	Demand (kW)	Abone Sayıları	ADM D	Tarife
262038-SARACOGLU16 TR	93,6	164	0,57	Mesken Kırsal

Çizelge-5.21. Saracoğlu 16 TR tesisat başına demanda katkısı

5.2.2. Ticari kullanım alanlarını besleyen trafoların tüketim verileri

Ticari kullanım alanlarında tasarım parametresi olarak alanın yüz ölçümü başına düşen güç değeri kullanılmaktadır. Bu grup imalata yönelik ticarethaneler, satışa yönelik ticarethaneler ve sanayi olmak üzere 3 grupta incelenecektir.

5.2.2.1. Anadolu sanayi 2 trafo binası

Bu alanlara örnek olarak Konya İli Selçuklu İlçesinde yer alan Anadolu Sanayi sitesinde yer alan ve küçük esnaf olarak tabir edilen otomobil tamiri veya kaynak pres taşıma gibi iş ve işlemlerin yapıldığı bir kullanım alanını alalım. Toplam alan 19.230 metrekaredir. Büyüklüğü 120 ile 300 m² arasında değişen toplam 103 işletme bu trafodan elektrik almaktadır.

Tesisatların kullanım amacına göre dağılımı Çizelge-5.22’de belirtildiği gibidir.

Tarife Grubu	Tesisat Sayısı
Sanayi	7
Ticarethane	96
Genel Toplam	103

Çizelge-5.22. Anadolu sanayi 2 TR tesisatların kullanım amacına göre sınıflandırılması

Anadolu sanayi 2 TR 1000 kVA’lık bina tipi bir trafodur. Velander/Strand-Axelson yöntemi uygulandığında puant güç değeri 477,78 kW olarak hesap edilmektedir. Bu güç değerini oluşturan tesisatların puant güce etkisine histogram uygulandığında ise Çizelge 5.23 de ki değerler elde edilmektedir.

P (kW)	Tesisat Sayısı
0,06	8
4,83	74
9,60	8
14,37	3
19,14	4
23,91	2
28,68	2
52,53	2
	103

Çizelge-5.23. Anadolu sanayi 2 TR yıllık tüketim değerlerine göre demand gücü yoğunlaşma histogramı

Tesisat başına düşen puant güç değerinin 5 ile 10 arasında bir değer alınması gerektiği sonucuna ulaşılır. Ağırlıklı ortalaması alınırsa 5,3 kW gibi bir değer elde edilir. Bu değer tasarım kriteri olarak ele alındığında $103 \times 5,3 = 546$ kW’lık bir değer bulunur. Bu tür ticarethaneleri besleyen trafoların seçiminde reaktif güçte göz önünde

bulundurulmalıdır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda hesap edilen ($\cos\phi=0,87$ alındığında) 630 kVA gibi bir güce ulaşılır. Bu nedenle 1000 kVA trafo gücü seçimi uygundur.

Uluslararası standartlarda ve ülkemizin mevzuatın da da yerini aldığı şekliyle bu tip kullanım alanları için metrekareye belirli bir güç tayin edilmesi durumunda ise; Fransız standardı NFC 14100 deki gibi metrekareye 40 VA seçilmesi uygulaması doğrulanmış olur. $630 \text{ kVA} / 19230 \text{ m}^2 = 33 \text{ VA/m}^2$ 'dir. 1000 kVA seçiminde bu değer 50 VA'e yaklaşmaktadır.

Bu trafonun son bir yıl içerisinde ulaşabildiği en yüksek güç değeri 454,8 kW'dır. Bu değer genel tüketim sayacı verilerinden elde edilmiştir. Çizelge-32'den de görüleceği üzere trafodan çekilen en yüksek güç değeri 2020 yılının ocak ayında ölçülmüştür

Trafo Adı	YIL	AY	Ölçülen Demand (kW)
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2019	10	336
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2019	11	418,8
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2019	12	423,6
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2020	1	454,8
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2020	2	424,8
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2020	3	444
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2020	4	339,6
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2020	5	312
57079-ANADOLU SANAYİ 02 TR	2020	6	363,6

Çizelge-5.24. Anadolu sanayi 2 TR aylara göre demand gücü değerleri

5.2.2.2. Kapu cami trafo binası TR-A ve TR-B

Kapu Camin de 1000'er kVA'dan oluşan 2 adet yer altı trafo bulunmaktadır. Bu trafoların beslediği alanda hazır giyim, ayakkabı, sarraf dükkânları gibi ticarethaneler bulunmaktadır.

Trafo Adı	YIL	AY	Demand (kW)
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	5	308
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	6	333
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	7	401
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	8	426
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	9	313
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	10	235
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	11	397
261197-KAPU CAMI TR-A	2019	12	479
261197-KAPU CAMI TR-A	2020	1	533
261197-KAPU CAMI TR-A	2020	2	565
261197-KAPU CAMI TR-A	2020	3	489
261197-KAPU CAMI TR-A	2020	4	206
261197-KAPU CAMI TR-A	2020	5	226
261197-KAPU CAMI TR-A	2020	6	267
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	1	407
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	2	448
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	3	453
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	4	401
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	5	357
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	6	373
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	7	414
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	8	432
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	9	335
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	10	231
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	11	357
261197-KAPUCAMI TR-B	2019	12	441
261197-KAPUCAMI TR-B	2020	1	489
261197-KAPUCAMI TR-B	2020	2	499
261197-KAPUCAMI TR-B	2020	3	423
261197-KAPUCAMI TR-B	2020	4	208
261197-KAPUCAMI TR-B	2020	5	231
261197-KAPUCAMI TR-B	2020	6	284

Çizelge-5.25. Kapu cami TR A ve B aylara göre demand gücü değerleri

A trafosu 565 kW demand gücüne 2020 yılı şubat ayında ulaşmıştır. B trafosu ise 499 kW demand gücüne 2020 yılı şubat ayında ulaşmıştır. Bu durum kış aylarında klima veya elektrikli ısıtıcılar ile ısınmaya çalışılmasının bir sonucudur.

Çizelge-34'ten de görüleceği üzere ADMD (abone başına demand güce katkı) değeri 0,69 kW olarak tespit edilmiştir.

Trafo Adı	Demand (kW)	Abone Sayıları	ADMD	Tarife
261197-KAPU CAMI	1064	1543	0,69	Ticarethane Satış

Çizelge-5.26. Kapu cami TR tesisat başına demanda katkısı

Toplam Alana Düşen Değer: $1064/33.865= 31,41 \text{ W/m}^2$ 'dir.



Şekil-5.5. Kapu cami TR CBS ekran görüntüsü

5.2.2.3. Keresteciler 8 trafo binası (TRA ve TRB)

Keresteciler 8 trafosu Konya ilinde mobilya sanayi hammaddesi olan kereste üretim tesislerinin bulunduğu bir alanı beslemektedir. Sanayi grubuna örnek olması açısından araştırma kapsamında yer verilmiştir.

Trafo Adı	Demand (kW)	Abone Sayıları	ADMD	Tarife
263756-KERESTECILER 8 A TR	630,4	9	70,04	Sanayi İmalata Yönelik
263756-KERESTECILER 8 B TR	172,8	9	19,20	Sanayi İmalata Yönelik

Çizelge-5.27. Keresteciler 8 Ave B TR tesisat başına demanda katkısı

Çizelge-35'den de görüleceği üzere ADMD (abone başına demand güce katkı) değeri 70,04 kVA olarak tespit edilmiştir.

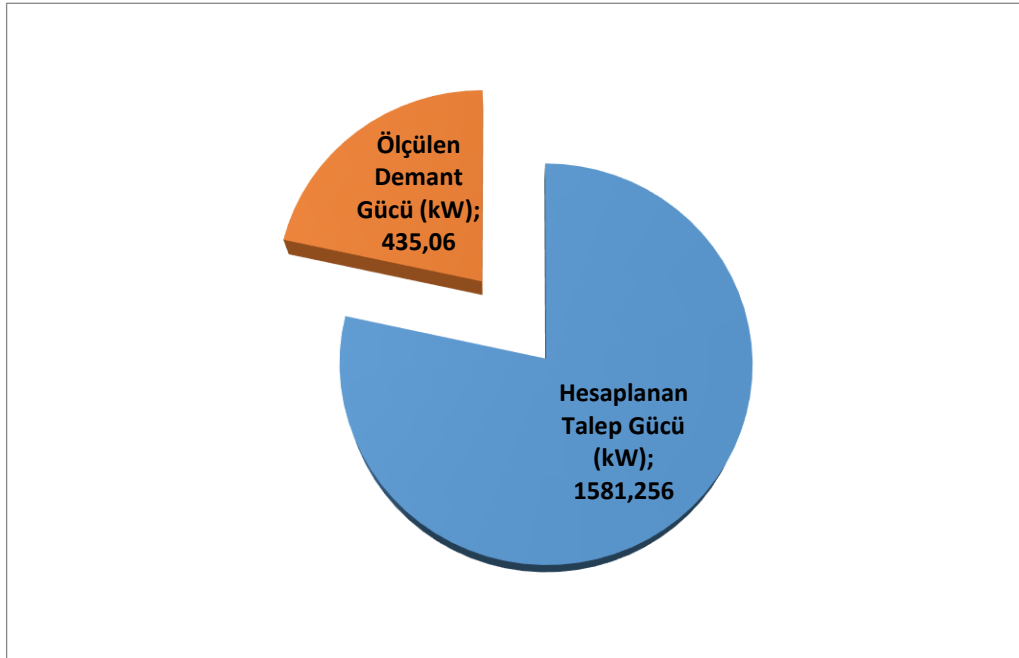
Toplam Alana Düşen Değer: $803/9800= 82 \text{ W/m}^2$ 'dir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında yapılan 2 noktadan elde edilen ölçümlere ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

6.1. Bina Bazında Yapılan Ölçüm Sonuçları

Üzerinde araştırma yapılmış 25 adet binanın hesaplama yöntemiyle belirlenen toplam kurulu gücü ile ölçüm metoduyla belirlenen toplam demand gücü arasında ki fark Şekil 6.1’de belirtilmiştir.



Şekil 6.1: Örnek seçilen binaların sınıflandırılarak hesap – ölçüm yöntemleri karşılaştırması

Demand ölçümü gerçekleştirilen binalarda ölçüm yöntemi ve geleneksel yöntem arasında yaklaşık 3 katlık bir oran bulunmaktadır. Bu nedenle mesken yoğunluklu binalarda mevcut mevzuatsal düzenleme olan iç tesisat yönetmeliğine göre hesap edilmiş olan talep gücünün 1/4’ü alınarak tasarım yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

6.2. Trafo Bazında Yapılan Ölçüm Sonuçları

Örnekleme içerisinde yer alan 5.000 trafodan tesisat adedi 50 ve aşağıda olan 1.250 adet trafo kapsam dışı bırakılarak bir gruplama yapıldığında trafoların yarısından fazlasının tesisat başına 0,5 kW çektiği görülmektedir. Değerlere göre dağılım aşağıdaki gibidir. Çizelge 6.1'den de görüleceği üzere tüm trafolardan beslenen tesisatların % 90'ı puant saat te güce 1,25 kW'ın altında katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle kırsal veya kent fark etmeksizin konut yoğun tüketim alanlarında tasarım kriteri olarak tesisat başına 1,25 kW'lık bir güç değerini baz almak yeterlidir.

Bu değer referans alındığında konut öbekleri içerisinde yerleşim alanlarının diğer ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan ticari kullanım alanlarının talepleri de rahatlıkla karşılanabilecektir.

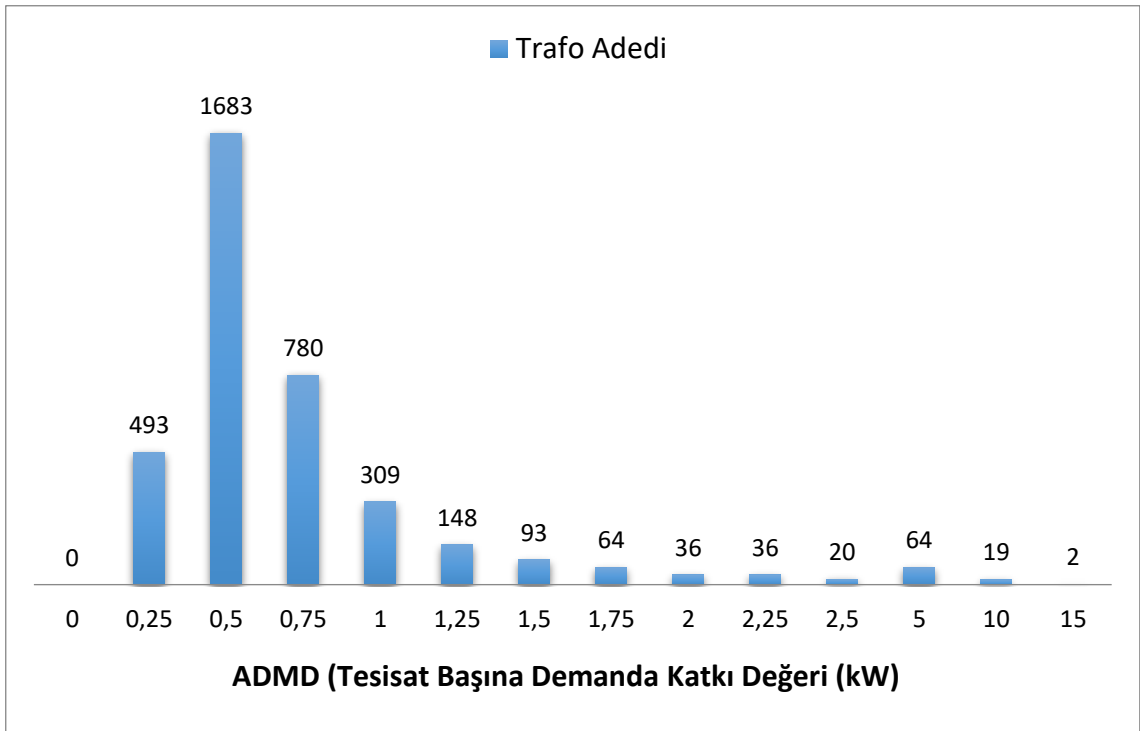
ADMD (kW)	Trafo Adedi	Trafolar İçerisindeki Oran
0,25	493	13,16%
0,5	1683	44,92%
0,75	780	20,82%
1	309	8,25%
1,25	148	3,95%
1,5	93	2,48%
1,75	64	1,71%
2	36	0,96%
2,25	36	0,96%
2,5	20	0,53%
5	64	1,71%
10	19	0,51%
15	2	0,05%

Çizelge-6.1. Tüm trafolarda tesisat başına demanda katkı değerleri

Çizelge 6.1'deki verilen grafiksel ifadesi Şekil 6.2'de görüldüğü gibidir. Örnekleme yer alan 5.000 adet trafo içerisinde 50 tesisatın üzerindeki kullanıcı sayısını besleyen 3.747 adet trafonun toplam kurulu gücü 1.319,5 MVA iken %50'nin altındaki trafoların toplam kurulu gücü 1.031,5 MVA'dır. Doluluk oranları %50'nin altında olan trafoların doğru seçildiği varsayıldığında kurulu güç değeri 813 MVA'ya düşecektir. Buradan % 40 oranında bir atıl kapasite bulunduğu sonucuna ulaşabiliriz. Her yıl tüm Türkiye'de dağıtım sektöründe 20 Milyar ₺'lik yatırım yapıldığı düşünülürse Milyar ₺'lik bir kaynağın israf edildiği sonucuna ulaşabiliriz.

Diğer taraftan 506 MVA'lık kapasite fazlalığının 153.000.000 kWh'lik bir kayba neden olacağı şu anda Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun hesaplama yöntemine göre tespit edilmiştir. Bu ise bölgedeki yıllık 9.000.000.000 kWh mertebesinde olan dağıtılan enerji miktarı içerisinde % 1,7'lik bir orana tekabül etmektedir. Bir diğer deyişle % 7 civarındaki kayıp kaçak oranının % 5,5 mertebesine inmesine sebep olacaktır. Bu iyileşmenin maddi değeri ise yıllık 150 Milyon ₺ olarak hesap edilebilir.

Mevcut şebekede şu aşamada yukarıda hesap edilen kayıpları azaltmak için trafoların değiştirilerek demand değerlerine uygun hale gelecek şekilde kendi içlerinde değiştirilmesi sağlanabilir. Yine tasarımda dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise trafo direklerinin ve beton monoblok köşkerin azami güçteki bir trafoyu işletecek şekilde seçilmesi önem arz etmektedir.



Şekil-6.2. Tesisat başına demanda katkı değerlerinin yoğunluğu

Konut alanları içerisinde talebi çeşitlendirdiğimizde aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Bölge de özellikle 2010 yılı sonrasında teşvik edilen hayvancılık faaliyetleri özellikle sulu tarımın yapılabildiği yem bitkilerinin yetiştirdiği alanlara ek yükler getirmiştir. Buralarda kurulan küçük ölçekli çiftlikler mesken tüketimlerinden beslenmeye başlanılmıştır. Bu çiftliklerde belirli yem bitkilerinin (yonca, mısır v.s. gibi)

ekili olduğu alanları sulamak için kullanılan 3-5 kW aralığında küçük dalgıçlar bulunmaktadır. Diğer taraftan sağım faaliyetleri elektrikli motorlarla hep aynı saatte sabah ve akşam vakitlerinde yapılmaktadır. Bazı çiftliklerde günlük üretim kapasitesi 1 ton'a yaklaşmış ayrıca soğutma tanklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutma tankları olmayan hayvancılığı ortalama 10 adet büyükbaş kapasite ile yapan yerlerde ise kooperatifler üretilen sütün soğutulması vazifesini üstlenmişlerdir. Bu çerçevede konut tüketimleri 1 kW mertebesinde 4,3 kW mertebesine yükselmiştir. Bölgede elektriğin 1980'li yıllarda bu köylere verilmeye başlandığı düşünülürse ekonomik ömrünü dolduruş şebekenin hayvancılık faaliyetleri yoğun alanlarda bu 4,3 kW değerine göre yapılması önerilir.

6.3. Mesken Kullanıcılarında Tesisat Başına Tüketimleri

Çalışma kapsamında yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler analiz edildiğinde çizelge 6.2'de belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tüketici Grupları	Tesisat Başına Güç Değeri (kW)	Değeri Teyit Eden Trafo Adedi	Ortalama Tesisat Adedi
Mesken (Tarımsal ve Hayvancılık Faaliyetleri İçeren)	4,3	64	92
Mesken (Kırsal - Dar Gelirli)	0,57	1683	305
Mesken (Kent- Orta Gelir Grubu)	0,75	780	192
Mesken (Yüksek Gelir Gurubu)	1,25	148	458

Çizelge-6.2. Mesken abonelerinin tasarım kriterleri abone başına demanda katkı

Kent merkezinde kenar mahallelerde yaşayan hanelerin tüketimleri 0,57 kW mertebesindedir. Yine şehir içerisinde düşük gelir grubunda yer alan kentsel dönüşüme uğramış mahallelerde de tüketim 0,57 kW mertebesindedir. Bu da kişilerin yaşadıkları evler müstakilden apartman dairelerine dönüşmüş olsa bile tüketim alışkanlıklarının değişmediğini göstermektedir.

Kişilerin sahip olduğu refah seviyesi şehir içerisinde bu tüketimi 2 katına kadar çıkarabilmektedir. Orta gelir grubunda 0,75 kW olan puant saatteki güç, yüksek gelir grubunda 1,25 kW'a kadar çıkabilmektedir. 1,24 kW'lık güç değeri lüks olarak adlandırılan 150 m² üzerinde 4+1 şeklinde tasarlanmış konut alanları içinde geçerlidir.

Burada ultralüx olarak tabir edilen her odada klima bulunan pişirme faaliyetinin elektrikle yapıldığı ortalama iki dairenin birleşimi olan 4+2 gibi 300 m² üzerindeki daireler için bu güç değerini 2,5 kW olarak almak veya proje üzerinden bu konut alanının puant hesaplamalarını özel olarak yapmak gerekebilir.

6.4. Ticari Kullanım Alanlarında Tesisat Başına Tüketimler

Ticarethanelerde ise uluslararası standartlarda olduğu tespitler alan hesaplamaları üzerinden yapılmıştır. İnşa faaliyetleri sırasında kullanım amacı belli olmayan dağıtım trafolarından beslenen ticarethanelerin metrekare başına puanta katkısı 40 VA olarak alınabilir.

Sanayide alana düşen puant gücü yoğunluğu değeri 80 VA olarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler analiz edildiğinde çizelge 6.3’de belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tüketici Grupları	Güç Yoğunluğu Değeri (W/m ²)
Ticarethane (Küçük Esnaf Satış Dükkânları)	30
Ticarethane (İmalathane)	40
Sanayi	80
Sanayi (Kobiler İçeren İmalata Yönelik)	*

Çizelge-6.3. Ticarethane abonelerinin m² başına demanda katkı değerleri

*Özel imalat yapılan fabrika ve atölyelerde kurulu güç en yüksek güçlü pompa, fan, kompresör gibi büyük güçlü motorlar bulunduran makinaların demaraj akımlarına göre seçilmekte ve özel trafo tesisleri ile enerjilendirilmektedir. Bu gibi yerlerde seçimin proje üzerinden yapılması önem arz etmektedir.

6.5. Öneriler

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göstermiştir ki elektrik dağıtım şebekesinin tasarımında ölçüm esaslı verilerin kullanılması yatırım maliyetlerinin düşürülmesi ve elektrik enerjisi kayıplarının azaltılmasına olanak vermektedir. Bu noktadan hareketle özellikle dağıtım faaliyetini yürütmekte olan şirketlerin lisans bölgelerinde ölçüm noktalarını artırmak suretiyle yatırım projelerinin hesaplamalarına yön vermeleri sağlanabilir.

Şu anda ve gelecekte ülkemizde ve tüm dünyada hızla artan elektrikli araçların ve güneş enerjisi üretim tesislerinin yaygınlaşması şebeke tasarımında ikinci ve üçüncü bir boyut olarak yerini alacak, bu tesislerin şebekeye etkilerini düzenleyen veya körükleyen bir unsur olarak mevcut tüketim tesislerinin güç değerleri daha da önemli hale gelecektir.

Üretimin, tüketim tarafında da uygulanabildiği bu tür şebekelerde tasarımın doğru şekilde yapılabilmesi için gereken yasal düzenlemelerin ölçüm değerlerini esas alacak şekilde güncellenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Tüketim çerçevesinden bakıldığında çalışmaya konu bölgenin tüketim alışkanlıklarının ülkemizin önemli bir kısmını kapsayacağı göz önünde bulundurulduğunda özellikle trafo gücü hesabı ve alçak gerilim şebekesi tasarımında elde edilen sonuçların kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Dickert, Schegner, 2010, Residential Load Models for Network Planning Purposes *Institute of Electrical Power Systems and High Voltage Engineering Technische Universität Dresden Dresden, Germany IEEE Xplore*, Jörg Dickert, Peter Schegner.
- Niu, Santamouris, 2008, *Energy and Buildings journals* Jianlei Niu and Mattheos Santamouris.
- Sun, Konstantelos, Strbac, 2016, Analysis of Diversified Residential Demand in London using Smart Meter and Demographic *General Meeting Power & Energy Society Conference Presentation IEEE Xplore*, Data Mingyang Sun, Ioannis Konstantelos and Goran Strbac.
- Barteczko-Hibbert, 2015, *Customer-Led Network Revolution article Durham University*, After Diversity Maximum Demand (ADMD) Report, Christian Barteczko-Hibbert.
- Koçbey, 2019, Bursa İli Elektrik Gücü Talep Tahmin Analizi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Mustafa Eren Koçbey.
- Rensburg, 2017, Developing load models for Eskom residential customers *North West Universty Electrical And Electronic Engineering*, Dr. JF Van Rensburg.
- Chandran, Basu and Sunderland, 2019, Demand Response and Consumer Inconvenience, *International Conference on Smart Energy Systems and Technologies*, Chittesh Veni Chandran, Malabika Basu ve Keith Sunderland
- Yenilmez, 2016, Akıllı Şebekelerde (Smart Grid) Dağıtım Sistem Otomasyondaki Gelişmeler, *Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Lisans Projesi*, Muhammed Yenilmez.
- Yaşar, Aslan ve Biçer, 2010. Bir Dağıtım Transformatörü Bölgesindeki Kayıpların İncelenmesi *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 22. Sayısı*, Celal Yaşar, Yılmaz Aslan, Tarık Biçer
- Vázquez-Canteli and Nagy, 2019, Reinforcement Learning for Demand Response, A Review of Algorithms and Modeling Techniques, *Applied Energy*, José R. Vázquez-Canteli and Zoltán Nagy, 1072-1089.
- Albadi and El-Saadany, 2008, A Summary of Demand Response in Electricity Markets, *Electric Power Systems Research*, Mohammed Albadi and Ehab El-Saadany, 1989-1996.
- Strbac, 2008, Demand Side Management: Benefits and Challenges, *Energy Policy*, Goran Strbac, 4419-4426.

- Short, Infield and Freris, 2007, Stabilization of Grid Frequency Through Dynamic Demand Control, *IEEE Transactions on Power Systems* Joe A. Short, David. G. Infield and Leon L. Freris, 1284-1293.
- İsmiç, 2015, Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Nüfus İlişkisi, *Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Çankırı*, Betül İsmiç, 259-274.
- Amornrat Kaewpradap, 2015. Diversity Factor Analysis of Energy Consumption for School Building, *Transaction of the TSME*.
- McQueen and others, 2003. Simulation of Power Quality in Residential Electricity Networks, *Centre For Renewable Energy Systems Tecnology Loughborough University United Kingdom*, Dougal McQueen and others.
- Richardson and others, 2010, Domestic Electricity Use: A High - Resolution Energy Demand Model, *Energy and Buildings*, Ian Richardson and others, 1878-1887.
- Yapıcıoğlu, Sayan ve Terzioğlu, 2019, Karabük İlindeki Alçak Gerilim Dağıtım Sistemlerinde Elektrik Tüketiminin Analizi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, M. Fahri Yapıcıoğlu, H. Hüseyin Sayan ve Hakan Terzioğlu, 411-417.
- Skagestad, 2018, Electricity Demand Forecasting with Gaussian Process Regression, *Master of Science in Physics and Mathematics Norwegian University of Science and Technology*, Runar Skagestad
- Tosun, 2014, Kastamonu İli Enerji İletim ve Dağıtım Sisteminin Modellenerek Analizi ve Uygulaması, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İlker Tosun.
- Haliloğlu, Tutu, 2018, Türkiye İçin Kısa Vadeli Elektrik Enerjisi Talep Tahmini, *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, Ebru Yüksel Haliloğlu, Behzat Ecem Tutu, 243-255.
- NF C 14 100 , 2008, Norma Française
- Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, 1984, *Resmî Gazete Sayısı: 18565*.
- BS 7671, 1992, *British Standards*
- Herman and others, 1999, Data collection, load modelling and probabilistic analysis for lv domestic electrification, *International Conference on Electricity Distribution (CIRED)* Ron Herman and others.