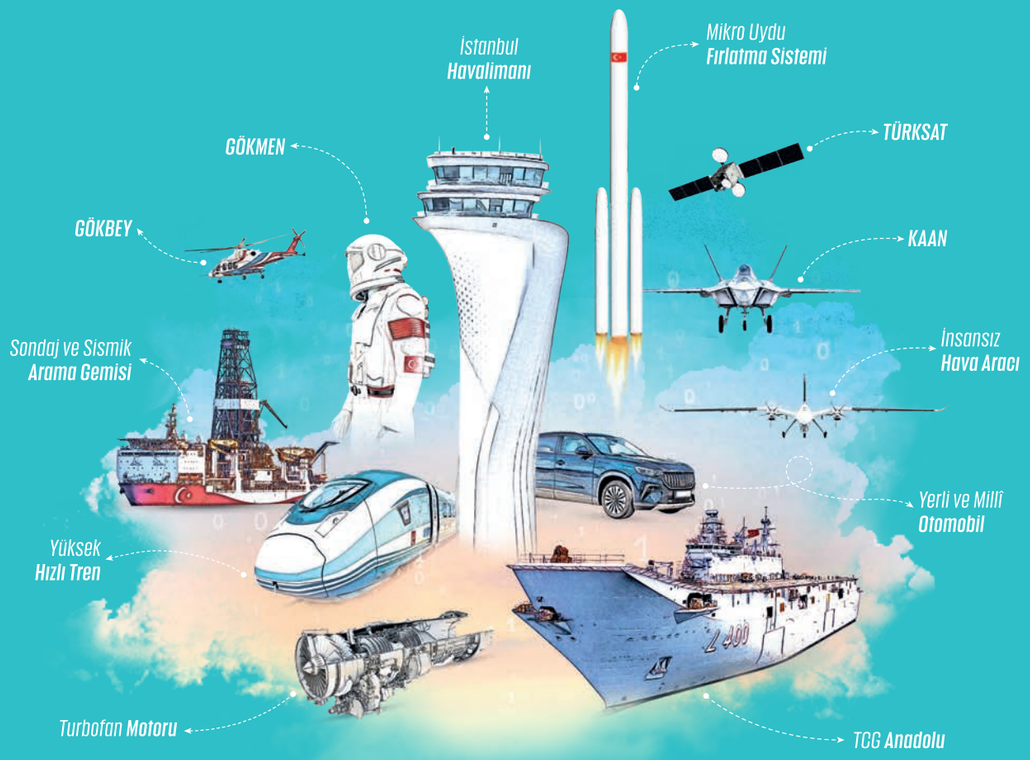
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-7930-2

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI DAĞITIM ŞEBEKESİ VE TARİFELERİ 11-12 DERS MATERYALİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI

DAĞITIM ŞEBEKESİ VE TARİFELERİ

DERS MATERYALİ

11-12



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI

DAĞITIM ŞEBEKESİ VE TARİFELERİ

11-12. SINIF

Ders Materyali

Yazarlar

Dr. Zafer ÖZTÜRK
Esra ÖVEZ
Yalçın TIRAŞ

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....: 9370
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ .....: 3030

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı
Zülfü MUTLU

Program Geliştirme Uzmanı
Fulya ÖLKEN

Rehberlik Uzmanı
Fatih DÜĞENCİ

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Mustafa ÇELİK

Görsel Tasarım Uzmanı
Tümay ALDEMİR

ISBN: 978-975-11-7930-2

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

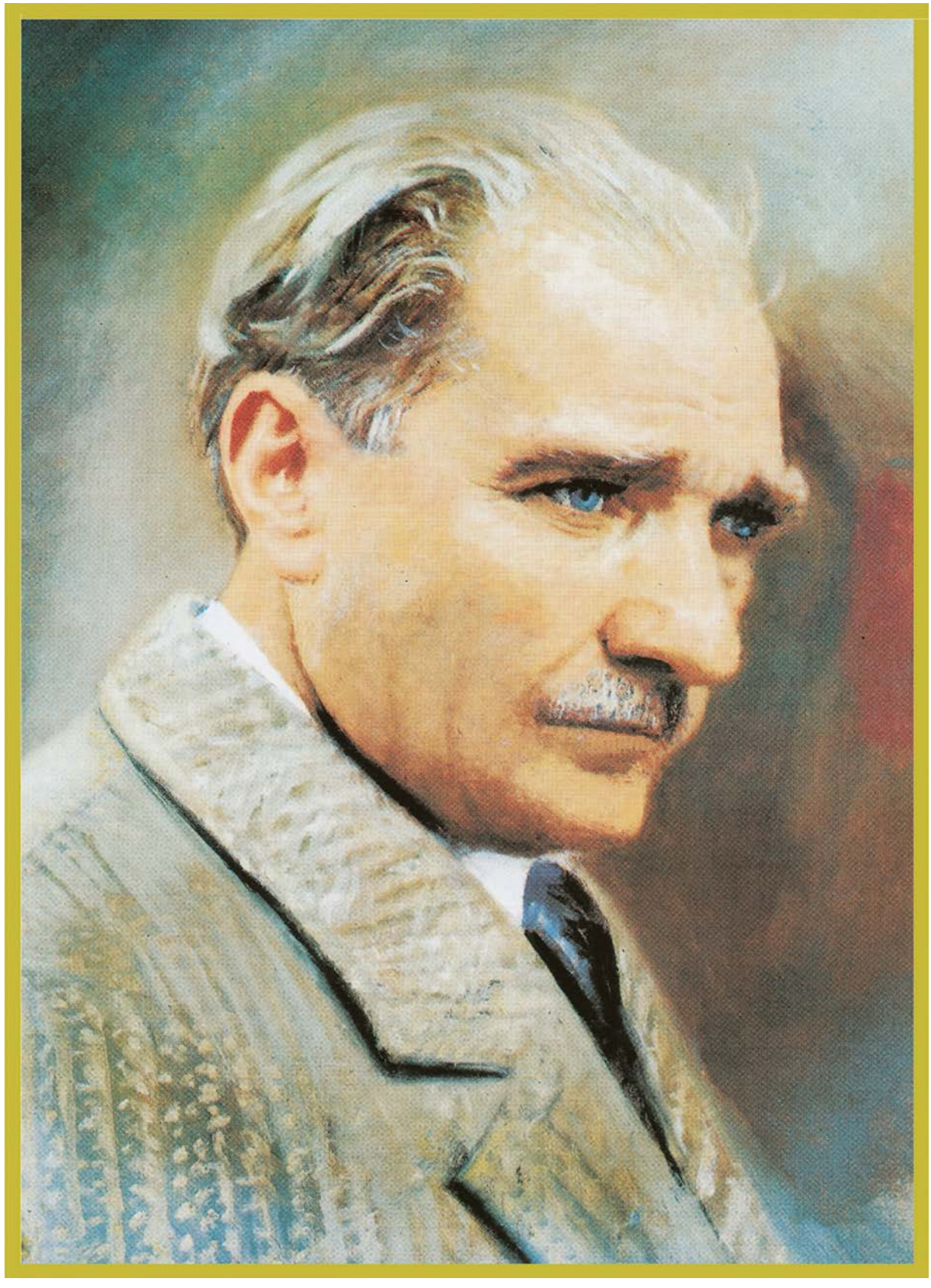
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI 14

1 ÖĞRENME BİRİMİ

ENERJİ ÜRETİMİ 15

1.1. ELEKTRİK ENERJİSİ VE ÖNEMİ 18
1.2. ENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN KAYNAKLAR 19
1.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları 19
1.2.1.1. Kömür ve Linyit 19
1.2.1.2. Doğal Gaz 20
1.2.1.3. Petrol (Benzin, Mazot vb.) 22
1.2.1.4. Nükleer Enerji Kaynakları (Toryum, Uranyum) 23
1.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 24
1.2.2.1. Güneş (Solar) Enerjisi 25
1.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi 27
1.2.2.3. Jeotermal Enerji 28
1.2.2.4. Hidrolik Enerji (Hidroelektrik Enerjisi) 28
1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi 28
1.2.2.6. Dalga Enerjisi 30
1.2.2.7. Gelgit Enerjisi 30
1.2.2.8. Hidrojen Enerjisi 30
1.2.3. Geleceğin Enerji Kaynakları 31
1.3. ELEKTRİK SANTRALİ ÇEŞİTLERİ 31
1.3.1. Termik Santral 31
1.3.1.1. Kömür Termik Santrali 32
1.3.1.2. Doğal Gaz Termik Santrali 34
1.3.2. Jeotermal Santrali 36
1.3.3. Biyogaz (Biyokütle) Santrali 39
1.3.4. Hidroelektrik Santrali (HES) 40
1.3.5. Nükleer Santral 42
1.3.6. Güneş Panelli (PV) Solar Enerji Santralleri (GES) 43
1.3.6.1. Güneş Panelinin Yapısı ve Çalışması 44
1.3.6.2. Güneş Panelinin Çeşitleri 45
1.3.6.3. Güneş Enerjisi Santralinin Çalışması 46
1.3.6.4. Güneş Enerjisi Santralinin Kurulu Olduğu Yerler 47
1.3.6.5. Güneş Enerjisi Santralinin Avantajları ve Dezavantajları 47
1.3.6.6. Güneş Panellerinin Bağlantıları 48
1.3.6.7. PV Paneli Sayısı ve Verimlilik Hesabı 54
1.3.7. Rüzgâr Türbinli Enerji Santrali (RES) 56
1.3.8. Gelgit Santralleri 59
1.3.9. Dalga Enerjisi Santrali 59
1.3.9.1. Kıyı Şeridi Dalga Enerji Santrali 59
1.3.9.2. Kıyıya Yakın Dalga Enerjisi Santrali 61
1.3.9.3. Kıyıdan Uzak Dalga Enerjisi Santrali 62
1.3.10. Hidrojen (H_2) Enerji Santralleri 64
1.3.10.1. Hidrojen Gazı Enerji Santralleri 65
1.3.10.2. Hidrojen Yakıt Hücreli Enerji Santralleri 66
1.4. ALTERNATÖRLERİN YAPISI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ 67
1.4.1. Alternatörün Yapısı ve Çalışması 67
1.4.2. Alternatörün Avantajları ve Dezavantajları 68

1.4.3. Alternatör Çeşitleri 69
1.4.4. Elektriğin Üretilmesi, İletilmesi ve Dağıtılması 69
1.5. ALTERNATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI 70
UYGULAMA TEMRİNLERİ 76
1. Uygulama: Hidroelektrik Santral Tasarım Çizimi 77
2. Uygulama: Rüzgâr Türbin Maket Tasarımı ve Uygulaması 79
3. Uygulama: PV Panel Hesabının Oluşturulması 83
4. Uygulama: Fotovoltaik Panel Deneyi 84
5. Uygulama: Fotovoltaik (PV) Panel İle Elektrik Santrali Kurulum Uygulaması . 88
6. Uygulama: Rüzgâr İle Çalışan Elektrik Santrali Uygulam..... 91
7. Uygulama: Hibrit Enerjili Elektrik Santrali Uygulaması 94
8. Uygulama: Hibrit Sistemle Elektrik Santrali Simülasyonu ve Uygulaması 97
9. Uygulama: PV Panelli Sokak Aydınlatma Uygulaması 105
10. Uygulama: Söner Işık İle Alternatörün Paralel Bağlanma Deneyi 110
11. Uygulama: Senkronoskop İle Alternatörün Paralel Bağlanma Deneyi 113
ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ 115
1. Proje: Türkiye'de Enerji ve Santraller 115
2. Proje: Hidroelektrik Santral Maketi 117
3. Proje: Senkronizasyon Kontrol Cihaz ile Alternatörün Paralel Bağlanması 118
4. Proje: Güneş Panel Projesi 119
5. Proje: Araştırma Raporu ve Sunumu 122
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 124

2 ÖĞRENME BİRİMİ

ENERJİ ŞEBEKELERİ 127
2.1. GERİLİMLERE GÖRE ŞEBEKELER 129
2.1.1. Alçak Gerilim (AG) Şebekeler 129
2.1.1.1. TN Tipi Şebekeler 130
2.1.1.2. TT Tipi Şebekeler 131
2.1.1.3. IT Tipi Şebekeler 131
2.1.2. Orta Gerilim (OG) Şebekeler 131
2.1.3. Yüksek Gerilim (YG) Şebekeler 131
2.1.4. Çok Yüksek Gerilim (ÇYG) Şebekeler 133
2.2. DAĞITIM ŞEKİLLERİNE GÖRE ŞEBEKELER 133
2.2.1. Dallı (Dalbudak) Şebekeler 133
2.2.2. Ring (Halka) Şebekeler 134
2.2.3. Gözlü (Ağ Gözlü) Şebekeler 135
2.2.4. Enterkonnekte Şebekeler 135
2.2.5. Mikro Şebekeler (Micro Grid) 139
2.2.5.1. Dağıtılmış Enerji Kaynakları (DER) 139
2.2.5.2. Mikro Şebekelerin Kullanım Alanları 139
2.2.5.3. Mikro Şebekelerin Temel Bileşenleri 139
2.2.5.4. Mikro Şebekelerin Amaçları 140
2.2.5.5. Mikro Şebekelerin Avantajları 140
2.2.5.6. Mikro Şebekelerin Dezavantajları 140
2.2.6. Akıllı Şebekeler (Smart Grid) 141
2.2.6.1. Mevcut Şebekelerin Genel Yetersizlikleri 142
2.2.6.2. Akıllı Şebekelerin Genel Amaçları 142
2.2.6.3. Akıllı Şebekelerin Genel Özellikleri 142
2.2.6.4. Klasik Şebeke ile Akıllı Şebekenin Karşılaştırılması 143
2.2.6.5. Akıllı Şebekelerin Genel Avantajları 143
2.2.6.6. Türkiye'nin Akıllı Şebekeler Açısından Fırsatları 143
2.2.6.7. Türkiye'nin Akıllı Şebekeler Açısından Zayıf Yönleri 143

UYGULAMA TEMRİNLERİ **144**
1. Uygulama: Araştırma Projesi 145
2. Uygulama: YG Tek Hat Projeleri Çizimleri 147
3. Uygulama: Enterkonnekte Şebeke Çizimler 150
ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ **153**
1. Proje: Türkiye'de Elektrik Şebekeleri 153
2. Proje: Akıllı Şebekeler 154
1. ETKİNLİK ÇALIŞMASI **155**
2. ETKİNLİK ÇALIŞMASI **155**
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME **156**

3 **ÖĞRENME BİRİMİ**

ENDEKS OKUMA 158

3.1. ENDEKS PARAMETRELERİ VE ANLAMLARI **160**
3.1.1. İş, Güç ve Enerji Kavramları 160
3.1.2. Elektrik Sayacı (Enerji Metre) 161
3.1.2.1. Elektrik Sayacının İşlevleri 161
3.1.2.2. Elektrik Sayacının Çeşitleri 161
3.1.2.3. Elektrik Sayaçlarının Yapısı ve Çalışması 164
3.1.2.4. Bir Fazlı Elektrik Sayacının Devreye Direkt Bağlantısı 168
3.1.2.5. Üç Fazlı Elektrik Sayacının Devreye Direkt Bağlantısı 168
3.1.2.6. Üç Fazlı Elektrik Sayacının Devreye Ölçü Trafoları ile Bağlantısı 169
3.1.3. Endeks Değerleri 170
3.1.4. Elektrik Tarifeleri 170
3.2. ENDEKS OKUMA YÖNTEMLERİ **173**
3.2.1. Manuel Olarak Göz İle Endeks Okuma 173
3.2.2. El Terminali İle Endeks Okuma 174
3.2.3. Optik Port İle Endeks Okuma 174
3.3 UZAKTAN ENDEKS OKUMA SİSTEMLERİ **175**
3.3.1. Uzaktan Sayaç Okuma Sisteminin Avantajları 176
3.3.2. Uzaktan Sayaç Okuma Sisteminin Yapısı 176
3.3.3. Uzaktan Sayaç Okuma Yöntemleri 177
3.3.3.1. GSM/GPRS İle Uzaktan Sayaç Okuma 177
3.3.3.2. PLC İle Uzaktan Sayaç Okuma 177
3.3.3.3. M.bUS İle Uzaktan Sayaç Okuma 178
3.3.3.4. RF İle Uzaktan Sayaç Okuma 178
3.3.3.5. LoRa İle Uzaktan Sayaç Okuma 178
3.3.3.6. RS232/RS485 İle Uzaktan Sayaç Okuma 178
3.3.3.7. NB-IoT İle Uzaktan Sayaç Okuma 178
3.3.3.8. PSTN İle Uzaktan Sayaç Okuma 179
UYGULAMA TEMRİNLERİ **179**
1. Uygulama: Bir Fazlı Elektronik Kombi Sayaç Deneyi 180
2. Uygulama: Üç Fazlı Kombi Sayaç Deneyi 183
3. Uygulama: Kompanzasyonlu Üç Fazlı Kombi Sayaç Bağlantı Deneyi 187
4. Uygulama: OSOS Monofaze Sayaç Okuma Simülasyonu ve Uygulaması 191
5. Uygulama: Mikrodenetleyiciyle Enerjimetre Tasarımı ve Uygulaması 199
ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ **204**
1. Proje: Yenilenebilir Enerjili Hibrit Güç Sisteminde Enerji Ölçümü 204
2. Proje: OSOS ile Sayaç Okuma 205
3. Proje: Araştırma Raporu ve Sunumu 206
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME **208**

4 ÖĞRENME BİRİMİ

ELEKTRİK PİYASASI ESAS VE USULLERİ 210

4.1. TEMEL KAVRAMLAR VE PİYASA ANALİZİ 212
4.1.1. Elektrik Piyasası Kavramları 212
4.1.2. Elektrik Piyasasında Bulunan Kurumlar 213
4.1.3. Elektrik Piyasası Analizi 213
4.1.3.1. Monopol Modeli 214
4.1.3.2. Tek Alıcı Modeli 214
4.1.3.3. Toptan Satış Rekabeti Modeli 215
4.1.3.4. Perakende Satış Rekabeti Modeli 215
4.2. MEVZUAT ALTYAPISI 215
4.2.1. Elektrik Piyasası Kanunu 217
4.2.2. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun 218
4.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun 218
4.3. ELEKTRİK PİYASASINDA TÜKETİCİ HİZMETLERİ VE HAKLARI 218
4.3.1. İkili Anlaşma Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları 218
4.3.2. Perakende Satış Sözleşmesi Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları.. 223
4.3.3. Sayaç Okuma ve Faturalama Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları. 224
4.3.4. Tüketicinin Korunması ve Desteklenmesi Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları 224
4.4. ELEKTRİK PİYASASI BİLEŞENLERİ 226
4.4.1. Elektrik Üretimi 226
4.4.2. Elektrik İletimi 227
4.4.3. Elektrik Dağıtımı 227
4.4.4 Elektrik Toptan ve Perakende Piyasalar 229
4.4.4.1. Elektrik Toptan Piyasalar 229
4.4.4.2. Elektrik Perakende Piyasalar 230
4.5. ELEKTRİK TÜKETİMİ TARİFELER 231
4.5.1. Elektrik İletim Tarifesi 231
4.5.2. Elektrik Toptan Satış Tarifesi 231
4.5.3. Elektrik Dağıtım Tarifesi 231
4.5.4. Elektrik Bağlantı Tarifesi 232
4.5.5. Elektrik Perakende Satış Tarifesi 232
4.5.6. Elektrik Piyasa İşletim Tarifesi 232
4.5.7. Son Kaynak Tedarik Tarifesi 232
4.6. FATURA BİLEŞENLERİ 233
4.6.1. Fatura/Ödeme Bilgileri 233
4.6.2. Fatura/Ödeme Hesaplaması 235
4.6.2.1. Enerji Tüketim Bedeli 235
4.6.2.2. Elektrik Faturasındaki Vergiler 236
4.6.2.3. Reaktif Enerji Tüketim Bedeli 239
UYGULAMA TEMRİNLERİ 243
1. Uygulama: Elektrik Fatura Bileşenlerinin Belirlenmesi 244
2. Uygulama: Tek Terimli, Tek Zamanlı Mesken AG Elektrik Fatura Hesabı 246
3. Uygulama: Tek Terimli, Çok Zamanlı Mesken AG Elektrik Fatura Hesabı 247
4. Uygulama: Tek Terimli, Tek Zamanlı Kamu ve Özel Hizmet Sektörü İle Diğer AG Elektrik Fatura Hesabı 248
5. Uygulama: Tek Terimli, Çok Zamanlı Kamu ve Özel Hizmet Sektörü İle Diğer AG Elektrik Fatura Hesabı 249
6. Uygulama: Çift Terimli, Tek Zamanlı Ticarethane OG Elektrik Fatura Hesabı 250

ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ **252**
1. Proje: Tek ve Çok Tarifeli Fatura Analizleri 252
2. Proje: Sayaç Ölçümü ve Fatura Oluşturma 253
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME **254**

EK A **ENERJİ VERİLERİ VE HARİTALARI** 256

Ek A-1. Güneşlenme Süresi (Sonbahar) 258
Ek A-2. Güneşlenme Süresi (Kış) 259
Ek A-3. Güneşlenme Süresi (İlkbahar) 260
Ek A-4. Güneşlenme Süresi (Yaz) 261
Ek A-5. Güneşlenme Süresi (Yıllık Ortalama) 262
Ek A-6. Doğrudan Normal Işınım Solar Radyasyon Haritası 263
Ek A-7. Küresel Yatay Işınım (GHI) Solar Radyasyon Haritası 264
Ek A-8. Fotovoltaik Enerji Potansiyel Haritası 265
Ek A-9. Türkiye'nin Nisan 2024 Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası 266
Ek A-10. Türkiye'nin Farklı Aylardaki Buharlaşma Haritaları 267
Ek A-11. Türkiye'nin Yıllık Ortalama Sıcaklık Değişimi 268
Ek A-12. Türkiye'nin Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık Değişimi 269
Ek A-13. Türkiye'nin Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık Değişimi 270
Ek A-14. Türkiye'nin Yıllık Ortalama Yağış Haritası 271
Ek A-15. Ortalama Ortalama Rüzgâr Hızı Haritası (1) 272
Ek A-16. Ortalama Ortalama Rüzgâr Hızı Haritası (2) 273
Ek A-17. Türkiye Dilsiz Haritası (Genel) 274
Ek A-18. Türkiye Dilsiz Haritası (Bölgelere Göre) 275
Ek A-19. Türkiye Dilsiz Haritası (İllere Göre) 276
Ek A-20. Türkiye Dilsiz Haritası (İl ve İlçelere Göre) 277
Ek A-21. Türkiye'de Jeotermal Kaynaklar Haritası 278
Ek A-22. Türkiye Kömür Sahaları ve Potansiyel Kullanım Alanları 280
Ek A-23. Türkiye'de Hidroelektrik Santralleri (1) 280
Ek A-24. Türkiye'de Hidroelektrik Santralleri (2) 281
Ek A-25. Türkiye'de Termik Santraller 282
Ek A-26. Türkiye'de Doğal Gaz Santraller 283
Ek A-27. Türkiye'den Geçen Doğal Gaz ve Petrol Boru Hatları 284
Ek A-28. Türkiye'de Güneş Santralleri 285
Ek A-29. Türkiye'de Rüzgâr Santralleri 286
Ek A-30. Türkiye'de Biyokütle İle İlgili Enerji Üretim Santralleri 287
Ek A-31. Dünya'nın Yenilenebilir Enerji Haritası 289
Ek A-32. Türkiye'de Lisanslı Elektrik Dağıtım Şirketleri 290
Ek A-33. Türkiye'de Lisanslı Görevli Tedarik Şirketleri 291
Ek A-34. Senkronoskop Cihazı İle İlgili Teknik Bilgiler 292
Ek A-35. Senkronizasyon Kontrol Cihazı İle İlgili Teknik Bilgiler 295
Ek A-36. Üç Fazlı Elektronik Kombi Sayaç İle İlgili Teknik Bilgiler 299
Ek A-37. Enerji Analizörü İle İlgili Teknik Bilgiler 305
Ek A-38. Türkiye'de Tek ve Üç Tarifeli Elektrik Maliyetleri 311

CEVAP ANAHTARI **314**
KAYNAKÇA **315**

DERS MATERYALİNİN TANITIMI



Karekod okuyucu ile taratılarak resim, video, soru ve çözümleri vb. ilave kaynaklara ulaşılabilecek karekod bölümüdür.

Öğrenme biriminde yer alan konuları gösterir.

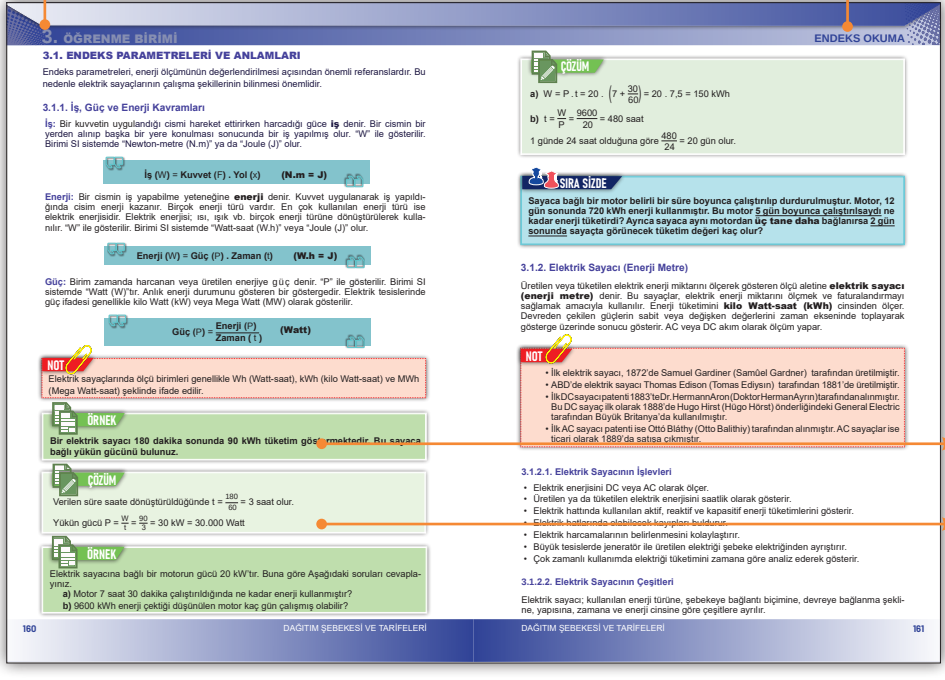
Öğrenme biriminde neler öğrenileceği ile ilgili ön bilgileri gösterir.

Öğrenme biriminde yer alan temel kavramları gösterir.

Derse başlamadan önce yapılacak hazırlıkları gösterir.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.



Konunun pekiştirilmesi için hazırlanmış olan soruları içerir.

Konu ile ilgili dikkat çekici bilgiler içerir.

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

6. UYGULAMA: ÇİFT TERİMLİ, TEK ZAMANLI TİCARETHANE OG ELEKTRİK FATURA HESABI

AMAÇ

Çift terimli, tek zamanlı ticarethane OG elektrik fatura hesabını yapmak.

İSTENENLER

Tablo 4.6'da çift terimli tek zamanlı ticarethane OG elektrik faturasının 2020 Mayıs ayı endeks bilgileri görülmektedir. Buna göre güncel elektrik tarifesini (https://www.epdk.gov.tr/) dikkate alarak elektrik faturası tutarını hem tek hem de çok zamanlı tarifeye göre hesaplayınız. Her iki sonucu değerlendiriniz.

Tablo 4.6: Elektrik Faturası Bilgileri

Okuma Bilgisi	İlk Endeks	Son Endeks	Çarpan	Fark
Okuma günü	01.05.2020	31.05.2020		31 gün
Tek (tüm) zamanlı	4.004.096	4.040.177	6.900	248.958.900 kWh
Gündüz (endeks)	1.998.280	2.014.390	6.900	111.159.000 kWh
Puant (endeks)	851.338	858.772	6.900	51.294.600 kWh
Gece (endeks)	1.154.477	1.167.014	6.900	86.505.300 kWh
Reaktif (endüktif)	119.846	120.930	6.900	7.479.600 kVARh
Reaktif (kapasitif)	107.238	109.276	6.900	14.062.200 kVARh
Fatura Detayı	**Birimi**	**Miktarı**	**Birim Fiyat**	**Bedel (TL)**
Aktif enerji bedeli (tüm zamanlar)	kWh	248.958.900	0,470000	117.010,68
Güç bedeli	kW	1.680,000	5,334459	8.961,89
Elektrik dağıtım bedeli	kWh	248.958.900	0,155373	38.681,49
Toplam enerji bedeli				164.654,06
TRT payı				2.340,21
Enerji fonu				1.170,11
BTV (Elk. ve Hvg. Vergi)				5.850,53
KDV (Matrah %18)				31.322,69
Vergi ve fonlar				40.683,54
Sözleşme gücü	1.680,0 kW			
Aktif-reaktif çarpanı/demand	6.900 / 0,080 kW			
Önceki takvim yılı tüketimler	4.409.658,900 kWh/yıl, 12.081 kWh/gün			
Cari yıl tüketimleri	2.018.401,800 kWh/yıl, 65.110 kWh/gün			
Ödenecek tutar	205.337,00 TL			
Fatura ortalama tüketim	8.030,932 TL			

NOT: .....

MALZEME LİSTESİ

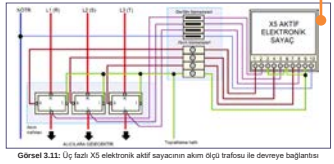
MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		1 adet
Kalem		1 adet
Hesap makinesi		1 adet

NOT: .....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Güncel elektrik birim fiyatlarını belirledi.	20	
Sınıfı:	2	Tek zamanlıya göre faturayı hesapladı.	20	
Numarası:	3	Mevcut ile eski fiyatlandırmayı değerlendirdi.	20	
ÖĞRETMEN	4	Çok zamanlıya göre faturayı hesapladı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Tek ve çok zamanlı fiyatları karşılaştırdı.	20	
İmza:		Toplam Puan	100	

Öğrenme biriminde yer alan uygulamaları gösterir.

Görsel 3.11'de üç fazlı X5 elektronik aktif sayacının akım ölçü trafosu ile devreye bağlantısı görülmektedir.



Görsel 3.11: Üç fazlı X5 elektronik aktif sayacının akım ölçü trafosu ile devreye bağlantısı

3.1.3. Endeks Değerleri

Alıcıların tüketim miktarlarını elektrik sayaçları üzerindeki ekranda ölçtüğü belli ifadelere **endeks** denir. Bu değer, tüketilen enerji miktarını bulmada önemli bir ölçüt olarak dikkate alınır. Elektrik faturasının oluşturulmasında sayaç üzerindeki ilk endekse ve son endekse bakılır. Bir önceki faturada yer alan tüketim miktarına **ilk endeks**, güncel faturanın kesildiği andaki tüketim miktarına **son endeks** denir. İlk endeks ve son endeks arasındaki fark **tüketilen elektrik miktarını** gösterir. Bu değer, aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$W_E = W_{E\,(SON)} - W_{E\,(İLK)} \quad (kWh)$$

W_E : Elektrik sayacından ölçülen tüketilen elektrik miktarı (kWh)
$W_{E\,(SON)}$: Son endeks tüketim miktarı (kWh)
$W_{E\,(İLK)}$: İlk endeks tüketim miktarı (kWh)

ÖRNEK

Sayaç üzerinde okunan elektrik tüketim değeri 003032.320 (kWh) şeklindedir. Son elektrik faturası üzerindeki değer 002950.480 (kWh) olarak görülmüştür. Buna göre bu tesisin elektrik tüketimini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

$W_E = W_{E\,(SON)} - W_{E\,(İLK)} = 3032{,}32 - 2950{,}48 = 81{,}84$ kWh = 81840 Wh

3.1.4. Elektrik Tarifeleri

Elektrik tüketimi faturalandırılırken üç tarife dikkate alınır:

Tek Zamanlı Tarife: Herhangi bir zaman aralığı gözetilmeden günün 24 saatinde tüketilen elektrik değerinin sabit değer üzerinden ücretlendirildiği elektrik tarifesine **tek zamanlı tarife** denir. Sayaçlarda "T" tarifesi ile gösterilir.

Çok (Üç) Zamanlı Tarife: Günün belirlenmiş üç farklı zaman diliminde tüketilen elektrik değerlerinin her biri için farklı fiyat tarifesinin uygulandığı elektrik tarifesine **çok (üç) zamanlı tarife** denir. Sayaçlarda "T1", "T2" ve "T3" tarifeleri ile gösterilir. "T4" ise yedek tarife olarak dikkate alınır.

Tablo 3.1'de tek ve çok zamanlı tarifelerin zaman aralıkları ve 2023 yılı elektrik fiyat tarifeleri (vergi ve fonlar hariç) görülmektedir.

Tablo 3.1: Tek ve Çok Zamanlı Tarifelerin Zaman Aralıkları ve Ücretlendirmeleri (2023)

Tarife	Abone Grubu	Tek Zamanlı Tarife (T kodu)	Çok (Üç) Zamanlı Tarife ve Kodları		
			Gündüz Dönemi (T1 kodu)	Puant Dönemi (T2 kodu)	Gece Dönemi (T3 kodu)
Saat aralığı	-	24 saat	06.00-17.00	17.00-22.00	22.00-06.00
Düşük kademe	Mesken	1,210388 TL	2,005109 TL	3,094456 TL	1,133962 TL
Yüksek kademe	Mesken	1,975193 TL			
	Ticarethane	3,27 TL	3,296126 TL	4,992428 TL	1,946445 TL

NOT

1 Ocak 2022 tarihinden itibaren kademeli elektrik tarifesi ile 240 kWh altında (E<240 kWh) elektrik tüketen abonelere **düşük birim fiyat**, bu değer ve üzerinde (E≥240 kWh) elektrik tüketen abonelere **yüksek birim fiyat** üzerinden ücretlendirme yapılmaktadır.

Ulusal tarifelerde elektrik fiyatları, Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından üç aylık dönemler itibarıyla belirlenir. Bu tarifeler, serbest tüketici limit değerinin aşıldığı ya da aşılmadığı durumlarda tedarikçisini seçme veya değiştirme hakkını kullanmayan tüm tüketiciler için geçerlidir. Tüketicilerin bağlantı durumlarına, abone türüne ve sözleşme gücüne göre değişiklik gösterebilir. Bir elektrik faturasında şu kalemler yer alır:

- Aktif enerji bedeli
- Dağıtım bedeli
- Güç ve güç aşım bedelleri (çift terimli kullanıcılar için)
- Reaktif enerji bedeli (reaktif enerji tüketen kullanıcılar için)
- TRT ve BTV payı
- Enerji fonu
- KDV (%8)

Tablo 3.2: Elektrik Sayaç Şartnamesindeki Sayaçlarda Ortak Asgari Kodlamalar

Kod	Açıklaması	Kod	Açıklaması
0.0.0	Seri numarası	96.70	Gövde kapak açma tarihi
0.9.1	Sayaç saati	1.8.1*1	T1 tüketim ay başı değeri (kWh)
0.9.2	Sayaç tarihi	1.8.1*2	T2 tüketim ay başı değeri (kWh)
0.9.5	Haftanın günü	1.8.1*3	T3 tüketim ay başı değeri (kWh)
1.8.0	Kümülatif aktif enerji (import)	1.8.1*4	T4 tüketim ay başı değeri (kWh)
1.8.1	Toplam enerji-T1 (kWh)	5.8.0	Reaktif endüktif enerji tüketimi (kVARh)
1.8.2	Toplam enerji-T2 (kWh)	8.8.0	Reaktif kapasitif enerji tüketimi (kVARh)
1.8.3	Toplam enerji-T3 (kWh)	5.8.0*1	Reaktif endüktif ay başı değeri (kVARh)
1.8.4	Toplam enerji-T4 (kWh)	8.8.0*1	Reaktif kapasitif ay başı değeri (kVARh)
1.6.0	Maksimum aktif güç (kWh)	0.1.0	Demand sıfırlama sayısı
1.6.0*1	Önceki ay maksimum aktif güç	0.1.2*1	Son demand sıfırlama tarihi ve saatleri
96.71	Son klemens kapak açma tarihi		

Öğrenme birimi ile ilgili şekilleri gösterir.

Öğrenme biriminde yer alan taloların sırasını ve içeriğini gösterir.

Konu ile ilgili formülleri gösterir.



YENİLENEMEYEN ENERJİ
SONLU KAYNAKLAR

YENİLENEBİLİR ENERJİ
TEMİZ ENERJİ

1. ENERJİ ÜRETİMİ ÖĞRENME BİRİMİ



KONULAR

1.1. ELEKTRİK ENERJİSİ VE ÖNEMİ
1.2. ENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN KAYNAKLAR
1.3. ELEKTRİK SANTRAL ÇEŞİTLERİ
1.4. ALTERNATÖRLERİN YAPISI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ
1.5. ALTERNATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Elektrik enerjisinin önemi
- Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynaklar
- Elektrik üretiminde kullanılan santrallerin çalışması
- Alternatörlerin yapısı ve elektrik üretimi
- Alternatörlerin paralel bağlanması

TEMEL KAVRAMLAR

alternatör, elektrik dağıtımı, elektrik enerjisi, elektrik iletimi, elektrik üretimi, enerji çeşitleri, santraller, yenilenebilir enerji kaynakları.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Elektrik enerjisinin önemi ile ilgili bildiklerinizi sınıfta paylaşınız.
2. Elektrik enerjisi üretimi ile ilgili bilgilerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

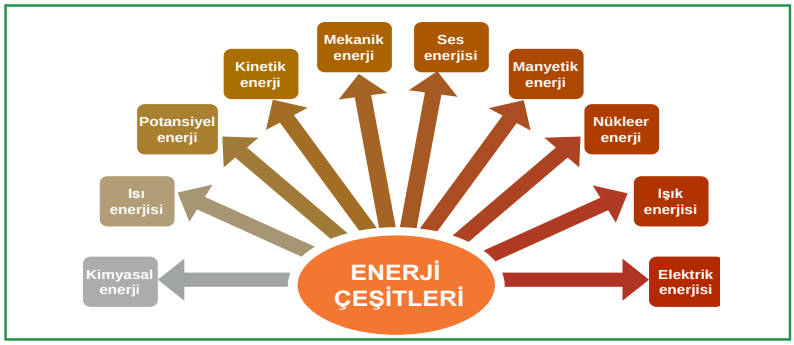
Bir sistemin iş yapabilme kapasitesine **enerji** denir. Enerji doğrudan gözlemlenemez ancak kendi konumu üzerinden hesaplanabilir. Enerji W ile gösterilir, birimi Joule'dür. Üç farklı formül ile enerjiyi hesaplamak mümkündür.

$$W = F \cdot x = m \cdot c^2 = P \cdot t$$

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

W : Elektrik enerjisi (Joule)
F : Kuvvet (Newton)
x : Yer değişim mesafesi (metre)
m : Maddenin kütlesi (kg)
c : Işık hızı (m/s^2)
P : Elektriksel güç (Watt)
t : Uygulanan süre (saniye)

Görsel 1.1'de enerji çeşitleri görülmektedir.



Görsel 1.1: Enerji çeşitleri

NOT

Enerji türlerinin toplamı, sistemin toplam enerjisini verir. Enerji yok olmaz, farklı bir enerji türüne dönüşür. Bu nedenle enerjiler arasında bir ilişki bulunur.

1.1. ELEKTRİK ENERJİSİ VE ÖNEMİ

Elektronların hareketi sonucunda elde edilen enerjiye **elektrik enerjisi** denir. İletken tel içindeki elektronların itme ve çekme kuvveti ile elektrik enerjisi oluşur.

Elektrik enerjisinin diğer enerji türlerine göre avantajları şunlardır:

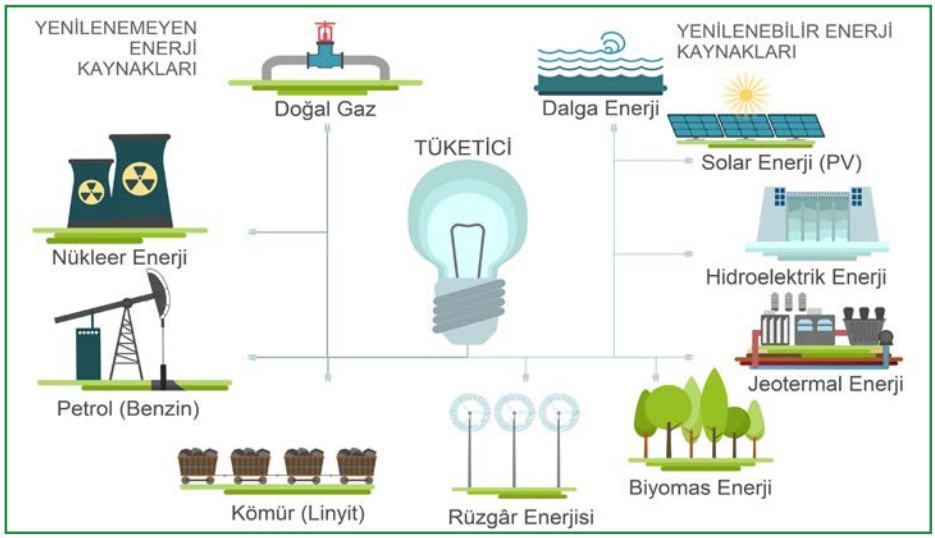
- En çok kullanılan enerji türüdür.
- Diğer enerjilere dönüşümü kolaydır.
- Üretimi, iletimi, dağıtımı kolay ve ucuzdur.
- Akü ve pilde depolanabilir.
- Transformatörler ile azaltılıp arttırılabilir.
- Rengi, kokusu ve ağırlığı yoktur.
- Çevreyi kirletmez ve atık bırakmaz.

NOT

Elektrik enerjisi; iş yoluyla mekanik (kinetik veya potansiyel) enerjiye, ısı yoluyla ısı enerjisine, dirençlerden akım geçen malzemenin ısınması sonucu ışınım yaymasıyla ışık enerjisine dönüşür.

1.2. ENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN KAYNAKLAR

Enerjinin üretilmesinde kullanılan kaynaklara **enerji kaynakları** denir. Görsel 1.2'de enerji üretiminde kullanılan kaynak çeşitleri görülmektedir.



Görsel 1.2: Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar

1.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yeniden kullanım imkânı bulunmayan doğal kaynaklardan elde edilen enerjiye **yenilenemeyen (tükenebilir) enerji**, bu enerjinin kaynaklarına **yenilenemeyen (tükenebilir) enerji kaynakları** denir. Fosil yakıtlar ve nükleer kaynaklar buna örnektir. Fosil yakıtlar, yüksek oranda karbon içeren doğal enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynakları arasında petrol, kömür ve doğal gaz bulunur. Nükleer kaynaklar ise uranyum, toryum ve plütonyum gibi radyoaktif elementlerdir. Bu elementler özel yöntemlerle parçalanır ve açığa çıkan enerji elektrik üretiminde kullanılır.

1.2.1.1. Kömür ve Linyit

Kömür (Taş Kömürü): Doğada bulunan bitki ve ağaç kalıntılarının milyonlarca yılda kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğraması sonucunda oluşan kaya parçalarına **kömür (taş kömürü, maden kömürü)** denir (Görsel 1.3). Taş kömürü, 1. jeolojik zamanda oluşmuştur. Sert, siyah ve sıkı bir yapıya sahiptir. İçerdiği karbon miktarı %40 ila %90, nem ve uçucu madde miktarı %15 ila %40 arasındadır. Kömür, kolay yanabilen bir enerji kaynağıdır. Daha çok demir-çelik imalatında ve kimya endüstrisinde kullanılır. Diğer yakıtlar arasında en yüksek karbon seviyesine sahiptir. Bu nedenle kömürün havaya saldığı karbon miktarı fazladır. Kömür yandığı zaman karbondioksit (CO_2) ve kükürtdioksit (SO_2) gazları ortaya çıkar. Bu gazlar insan sağlığını olumsuz etkiler. Ayrıca kömür atıkları toprağı, su kaynaklarını ve ormanları kirletir.



Görsel 1.3: Kömür

Linyit: Zengin enerji kaynaklarından biridir. Kahverengi kömür olarak isimlendirilen linyit fosil yakıtlar içinde yer alır. Linyitin içerdiği karbon miktarı %70'tir. Taş kömürüne göre enerji değeri daha düşüktür. Aynı miktarda enerjiyi elde etmek için taş kömürüne göre daha fazla linyitin yakılması gerekir. Taş kömürüne göre linyitin içeriğindeki sülfür ve kül miktarı daha yüksektir. Bu nedenle linyit ile çalışan termik santraller, taş kömürü ile çalışan santrallere göre havayı daha fazla kirletir. Termik santrallerde, ısınmada, sanayide kullanılır. Linyit yakılması ile ortaya çıkan gazlar, taş kömürü kullanımında olduğu gibi suya, havaya ve toprağa karışarak çevreye zarar verir.

2021 yılında dünyadaki birincil enerji tüketiminde kömür %26,9'luk payla petrolden sonra ikinci sırada, elektrik üretiminde ise %35,9'luk payla ilk sırada yer almıştır. BP [British Petroleum (Biritiş Petrol)] firmasının 2022 yılı verilerine göre 2020 yılı sonu itibarıyla dünya üzerindeki toplam görünür kömür rezervi 1,07 trilyon tondur. Bu rezervin 753,6 milyar tonunu (%70'ini) antrasit ve bitümlü kömür (taş kömürü), 320,5 milyar tonunu (%30'unu) ise alt bitümlü kömür ve linyit oluşturur. Dünyada 2021 yılında toplam 8,17 milyar ton kömür üretimi gerçekleştirilmiştir. Çin, 4,1 milyar ton (%50,5) ile bu üretimle ilk sırada yer almıştır. Dünya antrasit ve taş kömürü rezervlerinin en büyük kısmı %29,1'lik payla (218,94 milyar ton) ABD'de yer almaktadır. ABD'yi %17,9 payla Çin (135,07 milyar ton), %14,1'le Hindistan (105,98 milyar ton), %9,8'le Avustralya (73,72 milyar ton) ve %9,5'le Rusya (71,72 milyar ton) izler. Dünya alt bitümlü kömür ve linyit rezervlerininse en büyük kısmı %28,2'lik payla (90,45 milyar ton) Rusya Federasyonu'nda bulunur. Rusya'yı; %23,9'la Avustralya (76,51 milyar ton), %11,2'yle Almanya (35,90 milyar ton), %9,4'le ABD (30,00 milyar ton), %3,7'yle Endonezya (11,73 milyar ton) ve %3,4'le (10,98 milyar ton) Türkiye izler.

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) verilerine göre 2021 yılında Türkiye'de toplam kömür üretimi; 90,78 milyon ton linyit, 1,55 milyon ton asfaltit, 1,73 milyon ton taş kömürü olmak üzere 94,06 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de 2021 yılında, yerli kömüre dayalı santrallerden 49.313 GWh, ithal kömüre dayalı santrallerden ise 54.888 GWh olmak üzere kömüre dayalı santrallerden toplam 104.202 GWh elektrik üretilmiştir. 2021 yılında kömüre dayalı santrallerden üretilen elektriğin toplam elektrik üretimi içindeki payı %31,4 olmuştur. Türkiye'de 2021 yılında 116,7 milyon ton kömür (37,3 milyon ton taş kömürü, 73,6 milyon ton linyit ve asfaltit ile 5,8 milyon ton taş kömürü koku) tüketilmiştir. Taş kömürü, linyit ve asfaltit tüketiminde en büyük pay termik santrallerindir. Türkiye'de 19,32 milyar ton linyit ve asfaltit (%92,7), 1,52 milyar ton taş kömürü (%7,3) olmak üzere toplam kömür kaynağı yaklaşık 20,84 milyar tondur. 2022 yılı Temmuz ayı itibarıyla Türkiye'de; 1 adet asfaltit, 46 adet linyit, 4 adet taş kömürü ve 16 adet ithal kömürle çalışan olmak üzere toplam 67 adet kömürle çalışan elektrik üretim santrali bulunmaktadır. 2022 Temmuz itibarıyla Türkiye'nin kömüre dayalı santral kurulu gücü toplam kurulu gücün %20,7'sine karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu gücün toplam kurulu güce oranı ise %11,2'dir.

1.2.1.2. Doğal Gaz

Metan (CH_4), etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) gibi hafif moleküler hidrokarbonlardan oluşan, havadan hafif, renksiz, kokusuz ve yanıcı enerji kaynağına **doğal gaz** denir (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Doğal gaz ve doğal gaz üretim tesisi

Doğal gaz, bileşimindeki hidrokarbonların dışında az miktarda karbondioksit (CO_2), azot, helyum ve hidrojen sülfür içerir. Yer altında petrol ile birlikte ya da tek başına bulunabilir. Bilinen fosil yakıtlar arasında en temizidir. Kaynağından çıkarıldığı gibi herhangi bir işlem görmeden kullanılabilir. Boru hatlarıyla veya sıvılaştırılarak taşınabilir. Elektrik üretiminde, konutlarda, sanayide ve hizmet sektöründe yoğun kullanılmaktadır. Doğal gazın karbon salınımı kömürden daha azdır. Doğal gaz tam olarak yandığı için kömürden daha verimlidir. Doğal gaz kullanılarak elektrik üretimi yapan termik santraller, yenilenebilir enerji kaynaklarından farklı olarak kesintisiz çalışabilir. Bu santraller kömürlü termik santrallere göre çevreye daha az zarar verdiği için tercih edilir. Bu nedenle doğal gaz tüketimi giderek artmaktadır.

Dünyada Rusya, İran, Katar, Türkmenistan ve ABD zengin doğal gaz rezervlerine sahiptir. 2019 yılında en yüksek üretime sahip ABD'yi üretimde Rusya, İran, Katar, Çin ve Kanada izlemiştir. 2019 yılı sonu itibarıyla dünya doğal gaz rezervi 198,8 trilyon m^3 olarak gerçekleşmiş ve aynı yıl bu rezervlerden 4 trilyon m^3 doğal gaz üretilmiştir. Dünya elektrik enerjisi tüketimi mevcut durumdaki gibi devam ederse kömür dışındaki enerji kaynakları 21. yüzyılın sonunda tükenme noktasına gelecektir. Dünya üzerinde ispatlanmış doğal gaz rezervi 2,7 trilyon m^3 tür. Mevcut tüketim dikkate alındığında doğal gaz rezervinin ömrünün 67 yıl olduğu öngörülmektedir.

Türkiye, doğal gazda dışa bağımlı bir ülkedir. Türkiye'de 2019 yılında yaklaşık 45,3 milyar m^3 doğal gaz tüketilmiş ve 483 milyon m^3 üretim yapılmıştır. Kalan üretilebilir rezerv yaklaşık 3,36 milyar m^3 tür. Ayrıca 2018 ve 2019 yıllarında keşfedilen yeni sahalarla birlikte doğal gaz üretimi 2018 yılında %20, 2019 yılında yaklaşık %11 artmıştır. 2019 yılında 45,21 milyar m^3 doğal gaz ithalatı yapılmıştır. Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ithalatı, 2019 yılında yapılan toplam doğal gaz ithalatının %28'ini oluşturmuştur. Türkiye'de 2022 yılındaki elektrik üretiminin %22,2'si doğal gazdan sağlanmıştır. 2023 yılı Şubat ayı sonu itibarıyla üretilen elektriğin kurulu gücü 104.136 MW'a ulaşmıştır. Kurulu gücün enerji kaynaklarına göre dağılımında doğal gaz %24,4'lük paya sahiptir. 2023 yılında Karadeniz'de keşfedilen doğal gaz rezervleri, gelecek yıllardaki üretim açısından oldukça önemlidir.

Görsel 1.5'te Türkiye'den geçen doğal gaz boru hatları görülmektedir. Bu hatlar şunlardır:

- Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı)
- Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Mavi Akım Gaz Boru Hattı)
- Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Türk Akım Gaz Boru Hattı Projesi)
- İran-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı)
- Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı
- Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonneksiyonu (ITG)
- Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) Projesi



Görsel 1.5: Türkiye'den geçen doğal gaz boru hatlarını gösteren harita

1.2.1.3. Petrol (Benzin, Mazot vb.)

Organik maddelerin basınç ve ısıya maruz kalarak başkalaşım geçirmesi sonucu oluşan enerji kaynağına **petrol** denir. Bileşiminde hidrojen, karbon, az miktarlarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunur. Rafine edilmemiş yani işlenmemiş sıvı hâldeki petrole **ham petrol** denir. Ham petrol işlenerek günlük yaşamda kullanılan pek çok ara maddeye ve akaryakıta dönüştürülür. Petrol; asfalt, gaz yağı, deterjan, plastik yapımında ve tekstil fabrikalarında kullanılır. Aynı zamanda benzin ve mazot hâlinde motorlu araç yakıtı olarak kullanılır. Petrol ve petrol ürünleri günlük yaşamı kolaylaştırırken maalesef işlenip kullanılması sürecinde canlılara, çevreye ve doğaya zarar vermektedir (Görsel 1.6).



Görsel 1.6: Petrolün çıkarılması ve kullanılması

Petrol hem karada hem de deniz tabanında açılan kuyulardan çıkarılır. Kuyularda, boru hatlarında ve platformlarda oluşabilen sızıntılar doğaya zarar verir. Ayrıca petrolün nakliyesi sırasında meydana gelebilen kaza ve arızalarda oluşan sızıntılar da çevre ve insan sağlığı için risk teşkil eder. Petrol ürünlerinin yanması sonucu havaya birçok zehirli gaz yayılır. Bu gazlar hava kalitesini bozarak insanlarda astım, bronşit gibi solunum yolu hastalıklarına, görme sorunlarına, kalp krizlerine ve kansere neden olur. Havaya yayılan bu zararlı gazlar ozon tabakasını incelterek güneşten gelen zararlı ışınların artmasına sebep olur. Bu durum iklim değişikliğini de ortaya çıkarır.

Dünyada 2019 yılında petrol rezervi 1.733,9 milyar varil olarak tespit edilmiştir. Petrol rezervinin 833,8 milyar varili Orta Doğu ülkelerinde, 324,1 milyar varili Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, 244,4 milyar varili Kuzey Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) yayınladığı "Petrol 2021" raporuna göre 2026 yılı itibarıyla günlük petrol talebinin 104,1 milyon varile ulaşması beklenmektedir. Mevcut petrol tüketimi dikkate alındığında dünyadaki petrol rezervlerinin ömrünün 41 yıl olacağı öngörülmektedir.

Türkiye'de 2019 yılı sonuna kadar yapılan petrol aramalarında 5063 adet kuyu açılmış, toplam 9.536.832 m sondaj yapılmıştır. Bunun sonunda ham petrol üretimi 2.984.800 ton ve kalan üretilebilir petrol rezervi 51.076.078 ton olmuştur. 2019 yılında 31 milyon ton ham petrol ve 13,7 milyon ton petrol ürünü ithal edilmiştir. Buna karşın 14,3 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir. Türkiye'nin başlıca ham petrol ithal ettiği ülkeler sırasıyla Rusya, Irak, Kazakistan, İran, Suudi Arabistan, Nijerya ve Libya'dır.

NOT

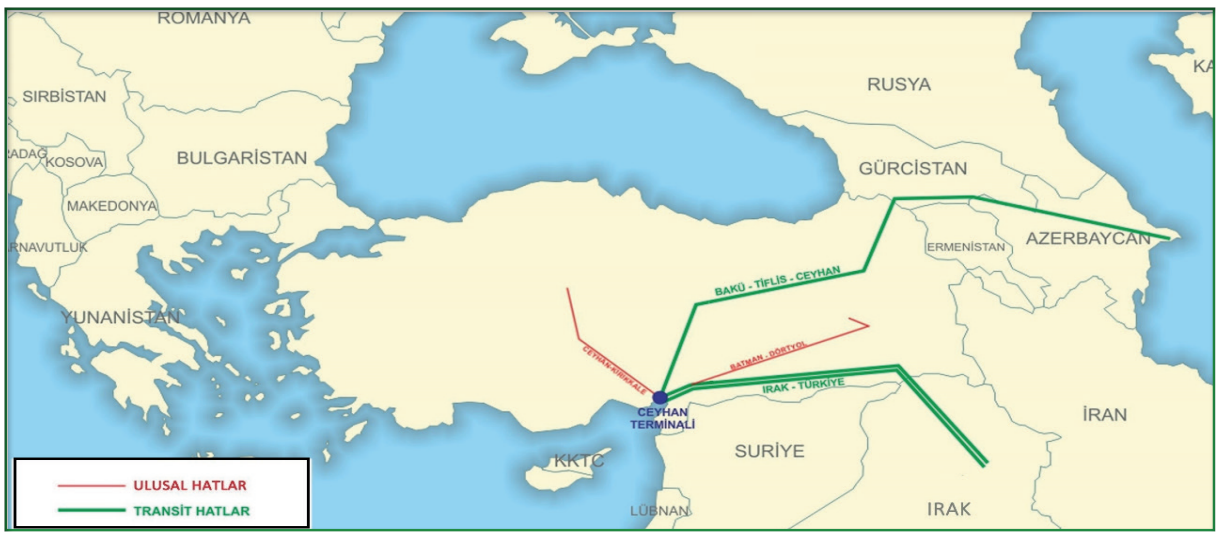
Türkiye'de son yıllarda, yeni rezervler keşfetmek amacıyla başta Karadeniz ve Akdeniz deniz kıta sahanlığı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmak üzere birçok bölgede petrol ve doğal gaz arama çalışmaları arttırılmıştır. Bu kapsamda ülkeye iki adet sismik gemi (Barbaros Hayrettin Paşa ve MTA Oruç Reis) ve dört adet sondaj gemisi (Fatih, Yavuz, Kanuni ve Abdulhamit Han) kazandırılmıştır. Çalışmalar sonucunda yeni rezerv sahaları keşfedilmiştir.

Paris İklim Anlaşması ve Fosil Yakıt Tüketiminin Azaltılması Hedefi: Fosil yakıtların yanması ile birlikte ortaya çıkan CO_2, güneş ışınlarının yansıtma seviyesini arttırır. Bu durum küresel ısınmaya, iklim değişikliğine ve sera gazı emisyonlarına neden olarak doğaya ve canlılara zarar verir. Birçok ülkede fosil yakıtların neden olduğu hava kirliliğini önlemek için kısıtlamalar getirilmiştir. Özellikle Türkiye'de fosil yakıtların azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının

artırılması ile ilgili araştırma-geliştirme (AR-GE) çalışmaları başlatılmıştır. 2015 yılında Paris'te düzenlenen konferans ile Paris Anlaşması kabul edilmiştir. Bu anlaşma ile 2020 yılı sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesi oluşturulmuştur. Bu anlaşmayla küresel ısınmanın 2 ^{O}C altında olması ve karbon emisyon miktarının ciddi oranlarda azaltılması amaçlanmıştır. Bunun için fosil yakıt kullanımının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gereklidir. Türkiye, 7 Ekim 2021 tarihinde bu anlaşmayı onaylamış ve 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefini ilan etmiştir. Bu anlaşmayı onaylayan birçok ülke fosil yakıt kullanımını 2030 yılına kadar azaltmayı taahhüt etmiştir.

Görsel 1.7'de Türkiye'den geçen petrol boru hatları görülmektedir. Bu hatlar şunlardır:

- Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı (Transit)
- Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) Ham Petrol Boru Hattı (Transit)
- Ceyhan-Kırıkkale Petrol Boru Hattı (Ulusal)
- Batman-Dörtyol Petrol Boru Hattı (Ulusal)



Görsel 1.7: Türkiye'den geçen petrol boru hatlarını gösteren harita

1.2.1.4. Nükleer Enerji Kaynakları (Toryum, Uranyum)

Nükleer yakıtta ham madde olarak uranyum ve toryum kullanılır. Ancak günümüzde toryum ile çalışan nükleer santral bulunmamaktadır. Uranyum madeni doğada tek başına bulunmaz. Birçok elementin birleşmesi ile meydana gelir ve nükleer santrallerde kullanılıncaya kadar çeşitli aşamalardan geçer. Uranyum ve plütonyum atomlarının çekirdeklerinin parçalanması sonucu nükleer enerji elde edilir. Nükleer santrallerde bu atomlar parçalanır ve ortaya çıkan ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Uranyum ayrıca zırh yapımında, gemi ve uçak imalatında, seramik renklendirmede, hidrojen bombası ve nükleer patlayıcı yapımında da kullanılır.

Görsel 1.8'de toryum ve uranyum yakıtları görülmektedir.



Görsel 1.8: Toryum ve uranyum

Hindistan, Norveç ve ABD toryum ile çalışabilecek nükleer santralleri uzun zamandır denemektedir. 2016 yılında dünya doğal uranyum ihracatının %47,6'sını Asya ülkeleri gerçekleştirmiştir. Ancak zenginleştirilmiş uranyum satışlarının %85,9'u Avrupa ülkeleri tarafından yapılmıştır. Fransa'da yapılan İklim Değişikliği Konferansı sonrasında küresel ısınmaya karşı çözüm olarak nükleer enerji ön plana çıkmıştır. Bu nedenle gelecek yıllarda uranyum talebi artmaya devam edecektir. 2025 yılında, elektrik enerjisi üreten 480 kadar nükleer santralin çalışıyor olacağı tahmin edilmektedir. Bu da uranyum talebinin artacağı anlamına gelmektedir. Çin, şu anda aktif hâlde çalışan 36 nükleer santrale sahiptir. Ayrıca yeni santrallerin inşasını da sürdürmektedir. Buna bağlı olarak Çin'in bugünkü uranyum talebinin 2025 yılında üç kat daha artacağı tahmin edilmektedir. Nuclear Energy Agency (NEA) tarafından, dünyada belirlenmiş uranyum rezervlerinin bugünkü tüketim koşullarında yaklaşık 200 yıl yeterli olduğu ifade edilmektedir. Yeni arz kaynaklarının devreye sokulmasıyla bu sürenin 250 yıla kadar çıkacağı tahmin edilmektedir.

Görsel 1.9'da Türkiye'deki toryum ve uranyum yatakları görülmektedir. Türkiye'de uranyum ticareti bulunmamaktadır. Akkuyu Nükleer Santralinin devreye girmesiyle ileriki dönemlerde uranyum ticaretine yönelik hareketlenme ve yurt içinde üretime yönelik çalışmalar olması beklenmektedir. 2016 verilerine göre dünyada bilinen toplam toryum rezervi yaklaşık 6,35 milyon tondur. Rezervler ağırlıklı olarak Hindistan, Brezilya, Avustralya, ABD ve Türkiye'de bulunur. Türkiye'nin, dünyanın en büyük toryum rezervine sahip ülkelerinden biri konumunda olduğu söylenebilir. Teknolojik sorunların çözülebilmesi şartıyla Türkiye, nükleer enerji ham maddesi olan toryum açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Günümüzde toryum yakıtı ile çalışan ticari ölçekte bir enerji santrali bulunmamaktadır. Bunun sonucu olarak da toryumun enerji ham maddesi tüketimi yok denecek düzeydedir. Bu nedenle Türkiye'de bulunan toryumun yakıt, çubuk veya cevher olarak satışı bugün için söz konusu değildir. Dünya genelinde de toryum pazarı henüz oluşmamıştır. Nükleer enerji santrali teknolojisi toryum kullanımına uygun hâle geldiğinde toryumun ticari değerinin hızla artacağı öngörülmektedir. Bu nedenle Türkiye'deki toryum yataklarının detaylı şekilde araştırılması ve cevher kazanımına yönelik AR-GE çalışmalarının arttırılması önem arz eder.



Görsel 1.9: Türkiye'de uranyum ve toryum yatakları

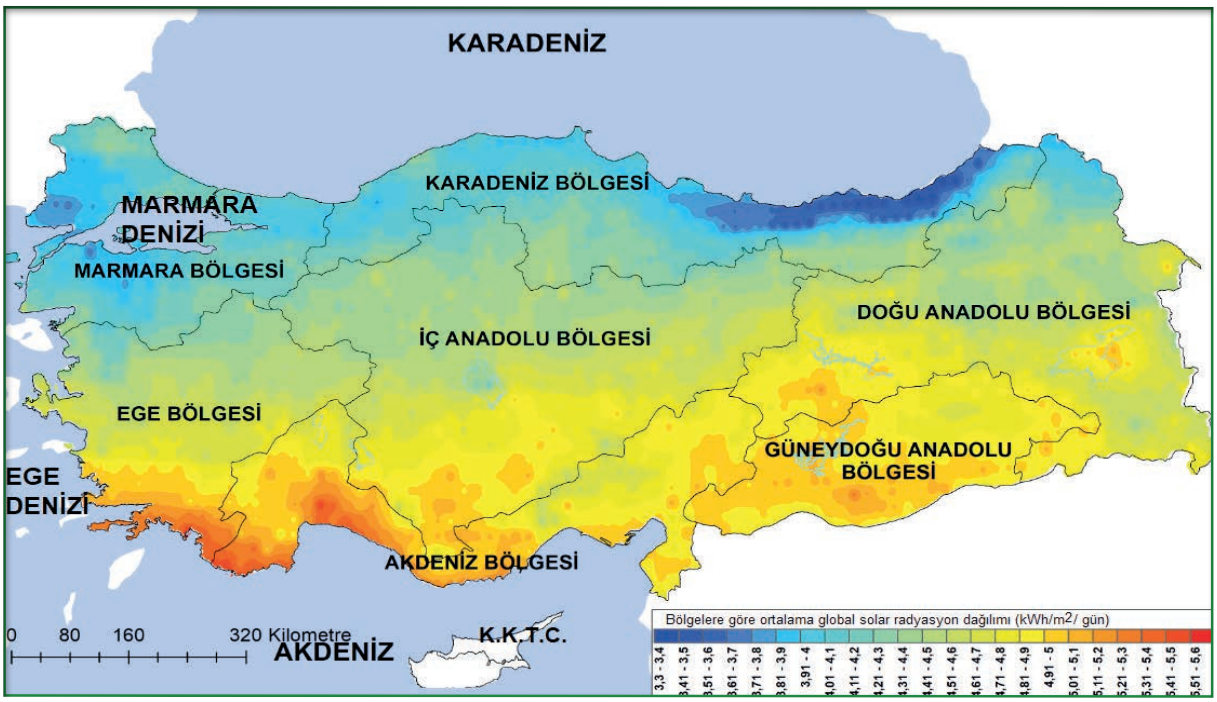
1.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yaşamsal atıklardan ve doğadan elde edilen enerji kaynaklarına **yenilenebilir (tükenmeyen) enerji kaynakları** denir. Bu kaynakların çevreye zararı genellikle olmaz. Rezerv sınırı ve tükenme durumu yoktur. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekliliğini sağlamak her zaman mümkün değildir. Bu kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi, gelgit ve dalga enerjisi şeklinde sınıflara ayrılır.

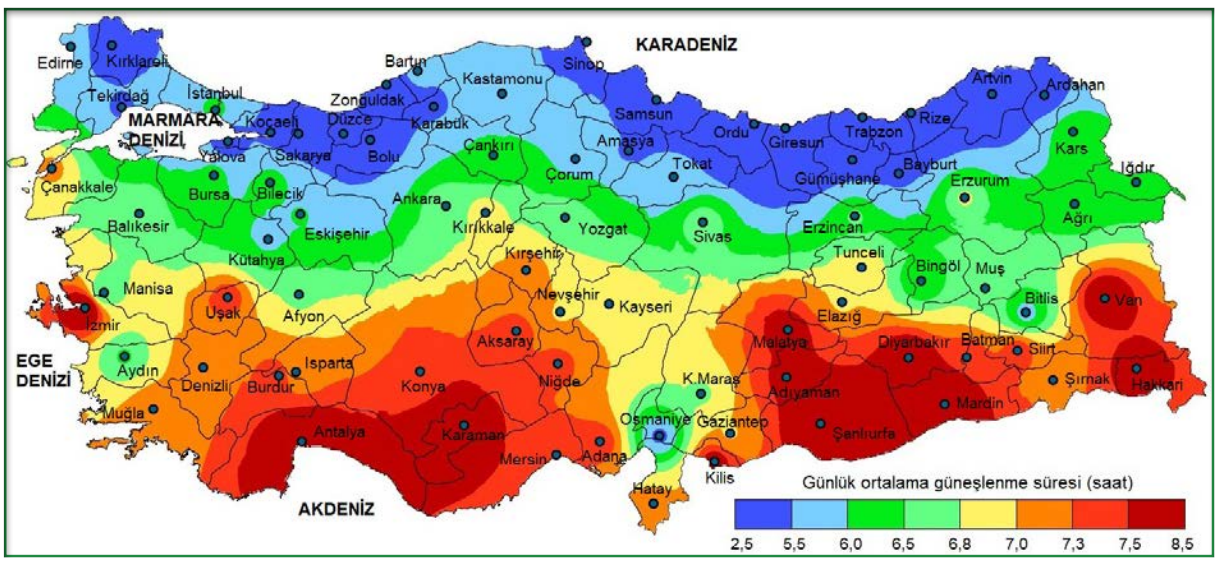
1.2.2.1. Güneş (Solar) Enerjisi

Güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisine **güneş (solar) enerjisi** denir. Güneş, yaklaşık $3{,}9x10^{26}$ W güç yayan, temiz ve tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneşten yayılan bu enerjinin çok az bir miktarı Dünyaya ulaşır. Atmosferin dış yüzeyindeki her metrekareye ortalama 1367 W güç düşer. Güneş'teki bu enerjiden sürdürülebilir, yenilenebilir enerji üretilebilir. Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji imkânı sağlar. Dünyanın her yerinde kullanılabilir. Sera gazı salınımı yapmaz ve bu nedenle çevreyi kirletmez.

Görsel 1.10'da Türkiye'nin bölgelere göre ortalama solar radyasyon dağılım haritası, Görsel 1.11'de Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi haritası görülmektedir.



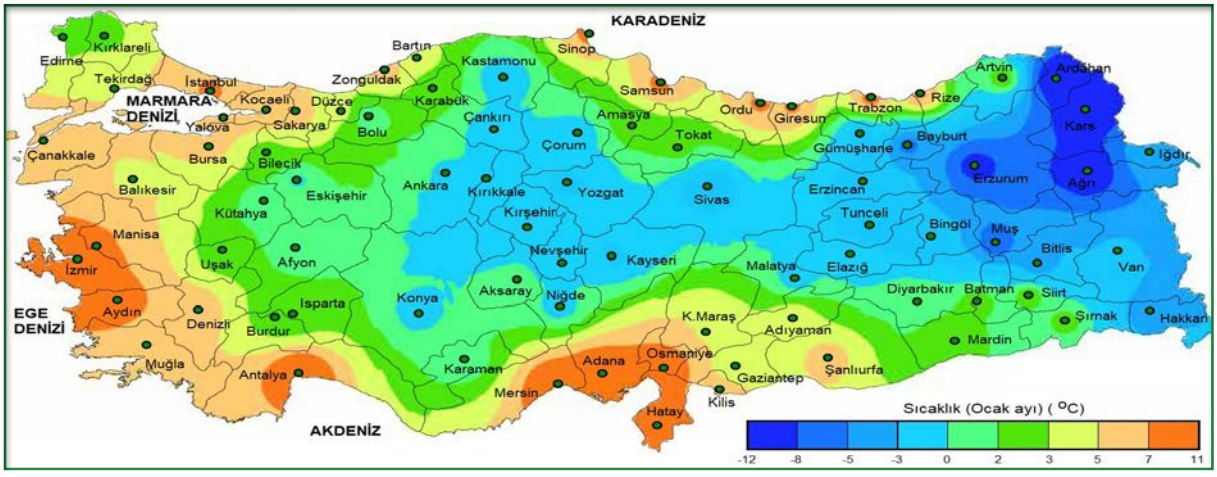
Görsel 1.10: Türkiye'nin bölgelere göre solar radyasyon dağılım haritası



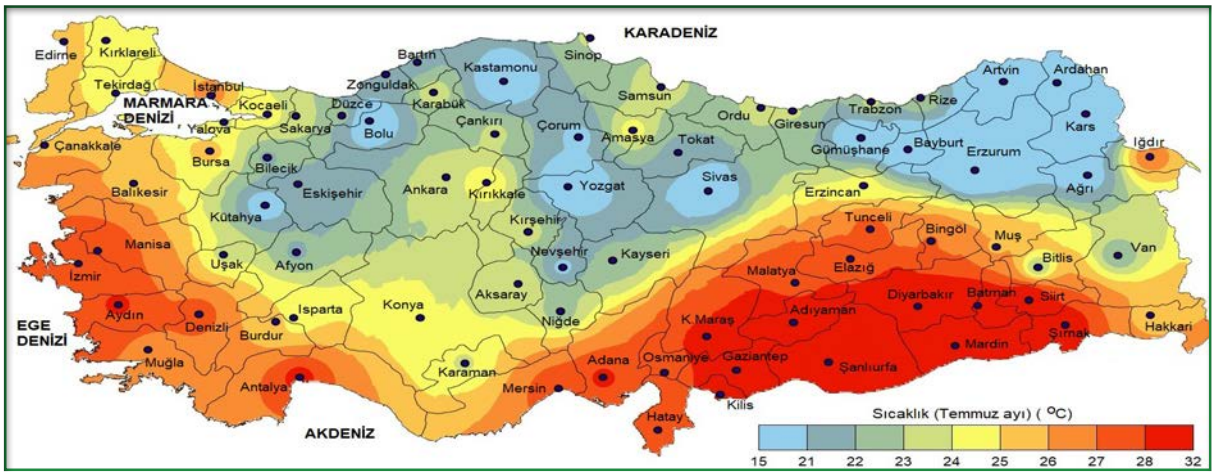
Görsel 1.11: Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi haritası

Sıcaklık değerleri güneş enerjisinin fotovoltaik panele etkisi kadar öneme sahiptir. Sıcak bölgelerde PV panelleri, soğuk bölgelere nazaran daha verimli şekilde çalışır. Buna göre Türkiye'nin batı ve güney bölgeleri sıcaklık olarak daha elverişli olduğundan bu bölgelerde PV ile enerji üretmek oldukça verimlidir.

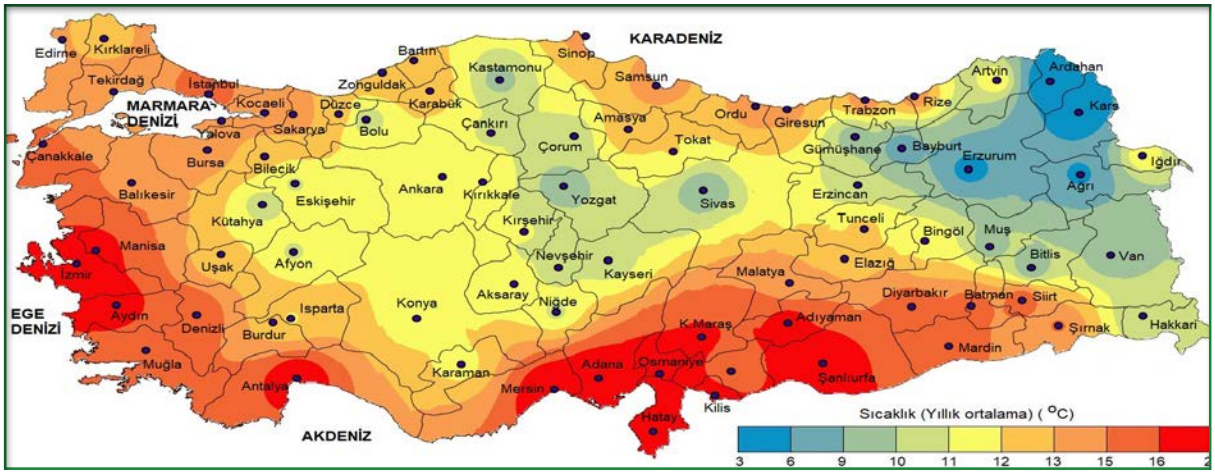
Görsel 1.12, 1.13 ve 1.14'te Türkiye'nin çeşitli sıcaklık verileri görülmektedir.



Görsel 1.12: Türkiye'nin ocak ayı ortalama sıcaklık değişim haritası

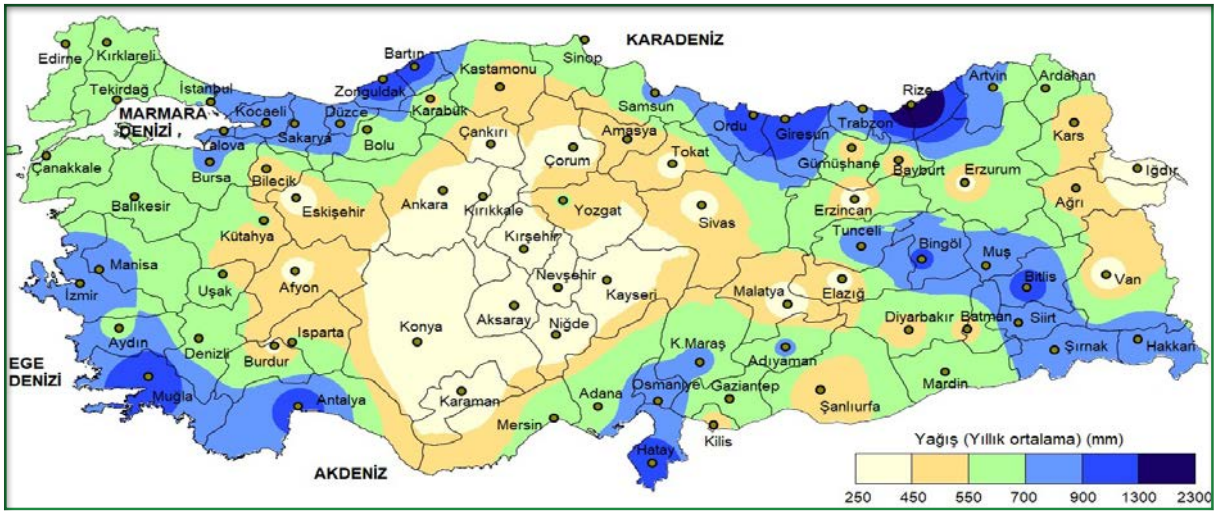


Görsel 1.13: Türkiye'nin temmuz ayı ortalama sıcaklık değişim haritası



Görsel 1.14: Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklık değişim haritası

Türkiye, solar radyasyon ve sıcaklık açısından elverişli koşullara sahiptir. Bu durum PV ile elektrik üretimine imkân sağlar. Ancak bazı bölgelerde bulutların ve yağışların etkisiyle PV'den yeterince faydalanılamaz. Görsel 1.15'te Türkiye'nin yıllık ortalama yağış haritası görülmektedir. Karadeniz sahil bölgelerinde özellikle Rize ve Artvin kentlerinde yoğun yağışlar nedeniyle PV'den faydalanılmamaktadır.

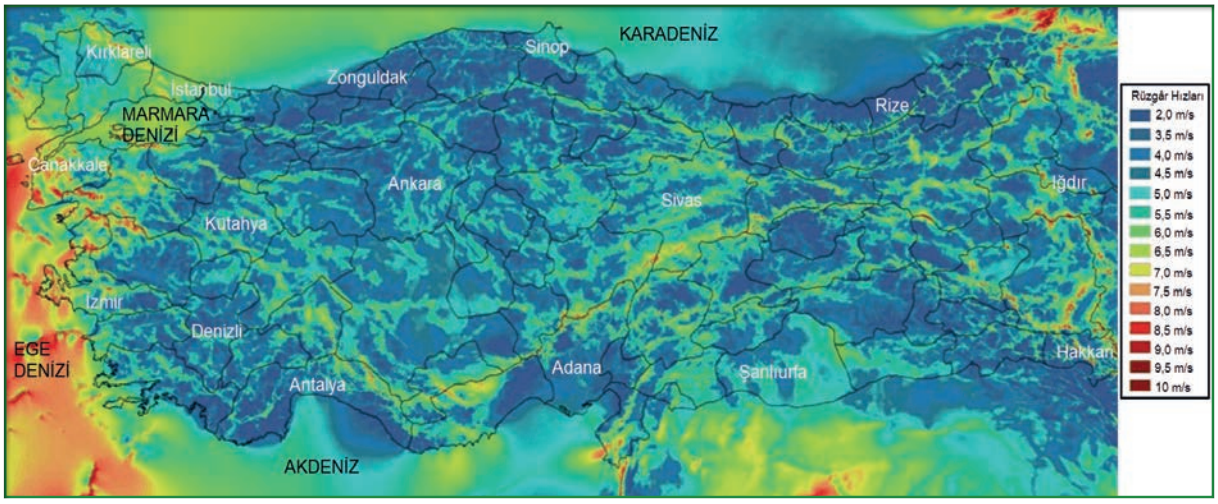


Görsel 1.15: Türkiye'nin yıllık ortalama yağış haritası (bulutluluk durumu)

1.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneş kaynaklı radyasyonun yer yüzeyinin farklı bölgelerine aynı anda farklı derecelerde ısı yaymasından kaynaklanır. Atmosferdeki nem ve basınç farklılıkları havanın hareketine neden olur. Havanın hareketine **rüzgâr,** rüzgârdaki hava hareketinin oluşturduğu enerjiye **rüzgâr enerjisi** denir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine dönüşür. Rüzgâr; tükenmez, temiz, yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Ancak bu enerjinin kapasitesi düşüktür. Rüzgâr enerjisi tesislerinin bakımları kolay olsa da kurulum maliyetleri yüksektir. Bu tesisler kuruldukları bölgedeki yaban hayatını olumsuz etkileyebilir.

Görsel 1.16'da Türkiye'nin 50 m yükseklikteki rüzgâr enerjisi potansiyelinin haritası görülmektedir. Özellikle boğaz bölgeleri, Çanakkale ve Ege Bölgesi rüzgâr açısından önemli potansiyele sahiptir.

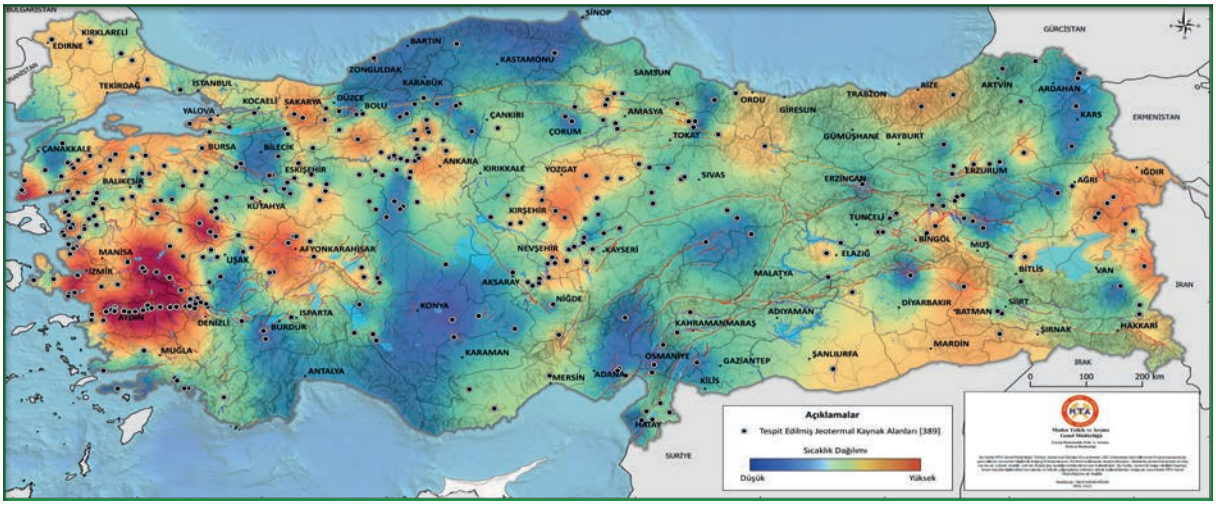


Görsel 1.16: Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli haritası (50 m)

1.2.2.3. Jeotermal Enerji

Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının çözülmüş minerallerle çeşitli tuzlar içerebilen su, buhar ve gazlar ile yüzeye taşınmasıyla oluşan ısı enerjisine **jeotermal enerji** denir. Jeotermal enerji temiz, ucuz ve çevre dostu bir enerjidir. Kurallara uygun kullanıldığında doğal yaşama zarar vermez. Jeotermal kaynakların verimi yüksektir.

Görsel 1.17'de MTA tarafından yayımlanan Türkiye'nin jeotermal enerji haritası görülmektedir. Türkiye, jeolojik olarak aktif tektonik kuşak bölgesinde yer aldığından ve volkaniklere sahip olduğundan jeotermal açıdan zengin bir konumdadır. Bu nedenle jeotermal saha sayısı her geçen gün artmaktadır. Ayrıca Türkiye'de tedavi ve termal turizm amaçlı 350'den fazla tesis kurulmuştur.



Görsel 1.17: Jeotermal enerji potansiyeli haritası (50 m)

1.2.2.4. Hidrolik Enerji (Hidroelektrik Enerjisi)

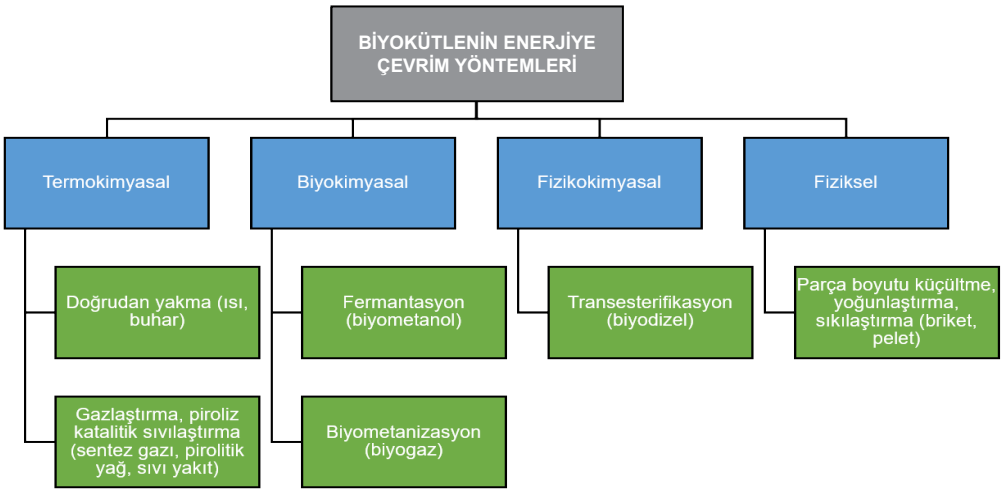
Akan sudan yararlanılarak elde edilen enerji türüne **hidrolik (hidroelektrik) enerji** denir. Suyun akış gücüne göre üretilen enerji miktarı değişir. Temiz, yenilenebilir, verimli, sürdürülebilir, çevre dostu ve dışa bağımlı olmayan bir enerjidir. Hidroelektrik enerji esas olarak elektrik enerjisinin üretilmesi için kullanılır.

1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Bitki ve hayvanlardan, orman ve orman ürünlerinden, kentsel ve endüstriyel atıklardan elde edilen biyokütle kaynakları ile üretilen enerji türüne **biyokütle enerjisi** denir (Görsel 1.18). Yüksek potansiyele sahip bir kaynaktır. Yenilenebilir, sürdürülebilir ve organik bir enerjidir. Biyokütle enerjisi çevrenin korunmasını sağlar. Biyokütle enerjisi üretilirken ortaya çıkan yan ürünler kimyasal ya da organik gübre olarak veya biyoyakıt olarak kullanılır.



Görsel 1.18: Biyokütle enerjisi



Görsel 1.19: Biyokütle kaynaklarından elde edilen yakıt türleri

Biyokütle kaynaklarından Görsel 1.19'da belirtilen çevrim yöntemleri uygulanarak farklı yakıt türleri üretilebilir. Özellikle termokimyasal ile biyokimyasal yöntemler sıklıkla tercih edilmektedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından biyokütle enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan "Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA)" verilerine göre toplanabileceği değerlendirilen atıkların toplam ekonomik enerji eş değeri yaklaşık 3,9 MTEP/yıldır. Biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç Haziran 2022 sonu itibarıyla 2.172 MW olup toplam kurulu güç içerisindeki oranı %2,14'tür. Tablo 1.1'de Türkiye'de biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı toplam kurulu güç değerleri görülmektedir.

Tablo 1.1: Türkiye'de Biyokütle ve Atık Isı Enerjisine Dayalı Toplam Kurulu Güç Değerleri

Yıl	Kurulu Güç (MW)	Yıl	Kurulu Güç (MW)	Yıl	Kurulu Güç (MW)
2011	115 MW	**2015**	362 MW	**2019**	1163 MW
2012	159 MW	**2016**	489 MW	**2020**	1485 MW
2013	224 MW	**2017**	634 MW	**2021**	2035 MW
2014	288 MW	**2018**	811 MW	**2022**	2172 MW

Başlıca biyokütle kaynakları şunlardır:

- Tarımsal biyokütle kaynakları
  - ✓ Yağlı tohumlu bitkiler (ayçiçeği, soya fasulyesi, kanola vb.)
  - ✓ Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, şeker pancarı vb.)
  - ✓ Elyaf bitkiler (keten, kenevir, sorgum, miskantus vb.)
  - ✓ Bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.)
- Orman ürünlerinden elde edilen biyokütle kaynakları
- Hayvanlardan elde edilen biyokütle kaynakları
  - ✓ Kümes hayvanları dışkıları
  - ✓ Küçükbaş hayvan dışkıları
  - ✓ Büyükbaş hayvan dışkıları
  - ✓ Mezbaha atıkları
  - ✓ Hayvansal atıklar
- Kentsel ve endüstriyel atıklardan elde edilen biyokütle kaynakları
  - ✓ Belediye atıkları
  - ✓ Arıtma çamurları
  - ✓ Endüstriyel atıklar
  - ✓ Biyolojik atıklar

1.2.2.6. Dalga Enerjisi

Deniz veya okyanuslardaki dalgaların hareket ve akıntılarının gücünün kullanılması sonucu oluşan enerjiye **dalga enerjisi** denir. Dalga enerjisinden elektrik enerjisi üretilir. Dünyanın %75'i sular ile kaplıdır. Bu nedenle dalga enerjisi büyük potansiyele sahiptir. Yenilenebilir, çevreye zarar vermeyen bir kaynaktır. Elektrik enerjisi üretiminde, su arıtma tesislerinde veya ısı üretiminde kullanılır. "NATOTUWAVE Projesi" sonucunda oluşturulan "Türk Kıyı Rüzgârları ve Derin Dalga Atlası" verilerinden yararlanılarak hesaplanan Türk sularının kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari dalga enerjisi seviyeleri Görsel 1.20'de görülmektedir. Dalga enerjisinden yararlanmak için en uygun yer İzmir-Antalya arasında Dalaman-Finike bölgesindeki denizlerdir.



Görsel 1.20: Türkiye dalga enerjisi potansiyeli

1.2.2.7. Gelgit Enerjisi

Güneş ve Ay'ın çekim etkisi ile denizlerde ve okyanuslarda oluşan gelgit akıntılarının hareketinin kullanılması sonucu elde edilen enerjiye **gelgit enerjisi** denir. Gelgit olayı günde iki kez gerçekleşir. Gelgit enerjisinden hidroelektrik santrallerinde olduğu gibi elektrik üretilir. Ancak akıntı hareketleri sürekli olmadığı için gelgit enerjisinin verimi hidroelektrik santrallerine göre düşüktür. Gelgit enerjisi; yenilenebilir, doğaya zarar vermeyen ve atık oluşturmayan bir enerjidir. Türkiye'de gelgit enerjisi potansiyeli bulunmamaktadır. Çanakkale ve İstanbul Boğazları deniz akıntıları yönünden oldukça kuvvetlidir. Ancak yoğun yerleşme ve deniz trafiği bu alanda enerji üretimini kısıtlamaktadır.

1.2.2.8. Hidrojen Enerjisi

Evrende en fazla bulunan element hidrojendir. Hidrojen; renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. Sentetik bir yakıttır. Doğada saf hâlde bulunmaz. Doğada bileşikler hâlinde bulunan hidrojen (H_2) gazının işlenmesi sonucu ortaya çıkan enerjiye **hidrojen enerjisi** denir. Hidrojen doğal enerji kaynağı değildir ancak yenilenebilir enerji kaynağına dönüştürülebilir. Geleceğin enerji kaynağı olarak kabul edilir. Görsel 1.21'de hidrojen enerjisi tesisi görülmektedir.



Görsel 1.21: Hidrojen enerjisi tesisi

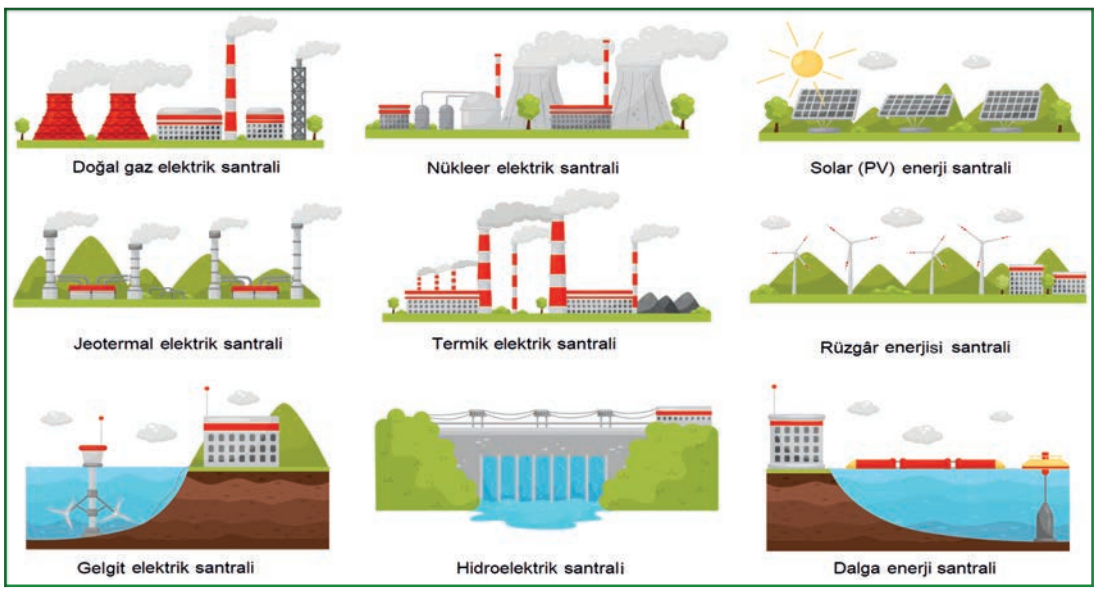
Türkiye'nin bazı önemli kuruluşları, yeşil hidrojen tesisi kurulumu için harekete geçmiştir. Güney Marmara Kalkınma Ajansının önderliğinde Enerji-SA Üretim, ETİ Maden, TÜBİTAK-MAM, ASPİLSAN ENERJİ, Balıkesir'in Bandırma ilçesinde Türk sanayisinin ilk yeşil hidrojen üretimini başlatmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrikle Marmara Denizi suyu elektroliz edilerek yeşil hidrojen üretilir. Şimdilik üretilen hidrojen, Bandırma Enerji Üssünün enerji ihtiyacı için kullanılmaktadır. İkinci aşamada hidrojenin doğal gazla çalışan türbinlere yakıt olarak belirli bir oranda verilmesi planlanmaktadır. Son aşamada Bandırma ve yakın çevresindeki sanayi tesislerinin enerji ihtiyacının yeşil hidrojen ile karşılanması hedeflenmiştir.

1.2.3. Geleceğin Enerji Kaynakları

Günümüz teknolojisi ile yapılan çalışmalardan yola çıkılarak geleceğin enerji kaynakları şöyle sıralanabilir: uzaya dayalı güneş enerjisi, magma enerjisi, nükleer çöp enerjisi, alg enerjisi, füzyon enerjisi.

1.3. ELEKTRİK SANTRALİ ÇEŞİTLERİ

Elektrik enerjisi üretiminde birçok farklı enerji kaynağı kullanılır. Her enerji kaynağının kendine özgü santral modeli vardır. Görsel 1.22'de çeşitli elektrik santral modelleri görülmektedir. Santral modellerinin yapıları ve çalışmaları aşağıda açıklanmıştır.



Görsel 1.22: Elektrik santrali çeşitleri

1.3.1. Termik Santral

Katı, sıvı ve gaz hâldeki termik kaynakların yakılmasıyla elde edilen ısının mekanik enerji etkisiyle alternatörleri döndürmesi sonucu elektriğin üretildiği santrale **termik santral** denir. Bu santraller kömür, taş kömürü, linyit kömürü, doğal gaz vb. fosil yakıtların kimyasal enerjisinin yakılma sonucu elektrik enerjisine dönüştürülmesi yöntemi ile çalışır.

Üç farklı termik santral modeli vardır:

Dizel Enerjili Termik Santral: Bu santrallerde enerji üretimi için dizel yakıt (mazot) kullanılır. Bu santrallerin güçleri 35 kVA ile 50 MVA arasında değişir. Genellikle hastane, AVM, fabrika, istasyon, gemi tersanesi vb. yerlerde tercih edilir. Bazı tesislerde elektrik kesintisinde oluşabilecek zararları önlemek adına kullanılır. Enerji üretiminde birim maliyetlerinin ve CO_2 emisyonlarının yüksek olması dizel enerjili termik santrallerinin dezavantajlarıdır. Bu santral türü devreye hızlı şekilde girebilmesi, kolay taşına bilmesi ve yakıt olduğu müdetçe

kesintisiz çalışabilmesi nedeniyle tercih edilir. Bu santrallerde hava, dizel motora iletilir ve motor pistonları ile sıkıştırılır. Sıkışan havanın içine basınçlı şekilde dizel yakıt püskürtülür. Böylelikle motor içinde yanma meydana gelir ve bunun etkisiyle pistonlar sıkışarak geriye hareket eder. Pistonun uç kısmında yer alan volan (dişli) yoluyla piston hareketi dairesel şekilde, düzgün olarak gerçekleşir. Pistonun oluşturduğu mekanik enerji sayesinde dizel motorun miline bağlı olan alternatör de dönmeye başlar. Böylece dönen alternatör, AC elektrik üretir.

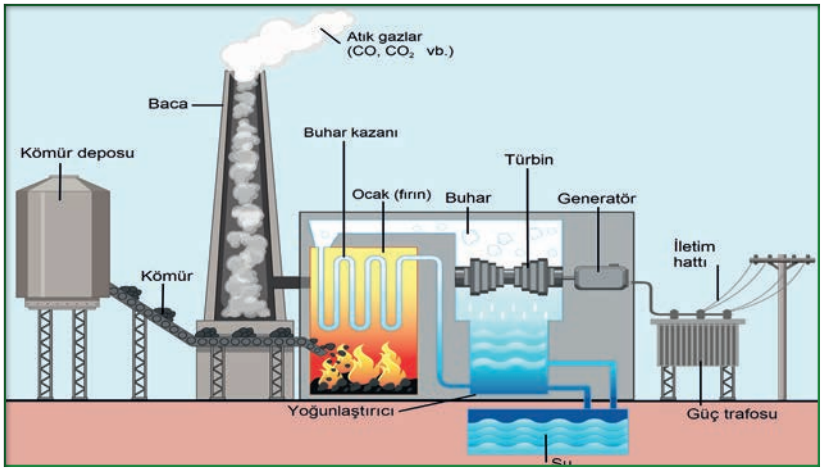
Buhar Türbinli Termik Santral: Bu santrallerde enerji üretimi için kömür, linyit kömürü, petrol ve çöp atıkları kullanılır. Bu santraller, yakıtın bulunduğu bölge yakınına kurulur. Bu tesiste depolanan su kazana gönderilerek ısıtılır. Isıtılan su buharlaşır ve nemi alınmak üzere kızdırıcı cihazlardan geçirilir. Oluşan kızgın buhar, buhar türbinine gönderilir. Türbindeki kanatların dönmesi sonucu alternatör, enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Türbindeki buhar ise kondansere (yoğunlaştırıcı) gönderilir, burada buhar yoğunlaşarak suya dönüşür ve tekrar depolanır.

Gaz Türbinli Termik Santral: Bu santrallerde enerji üretimi için gaz yakıtlar (doğal gaz, LNG vb.) kullanılır. Motor döndürülerek gaz türbini harekete geçirilir ve türbin, hızını artırarak çalışmasına devam eder. Türbin belirli bir seviyeye ulaştığında motor devreden çıkarılır ve bu anda nozullar ile gaz yakıtlar yakılarak oluşturulan basınç, türbinin dönmesini sağlar. Bu santrallerin buhar santralinden farkı, ilk türbin hareketinin motor aracılığı ile sağlanmasıdır.

1.3.1.1. Kömür Termik Santrali

Kömürün yakılmasıyla birlikte elde edilen ısı ve su buharının alternatörün türbinlerini döndürdüğü ve bunun sonucunda elektrik üretiminin gerçekleştiği santrale **kömür termik santrali** denir. Ham madde olarak kömür, linyit ve taş kömürü kullanılır. Ham maddeye yakın bölgelerde kurulur.

Görsel 1.23'te kömür termik santralinin iç yapısı görülmektedir.



Görsel 1.23: Kömür termik santralinin iç yapısı

Kömür termik santralinin bölümleri şunlardır:

Kömür Deposu: Yakılacak kömürün depolandığı alandır.

Ocak (Fırın): Kömürün yakıldığı kısımdır.

Baca: Kazanın içindeki işi biten dumanın dışarı atıldığı bölümdür.

Buhar Kazanı: Su buharının elde edildiği bölümdür.

Yoğunlaştırıcı (Kondenser): Türbinden çıkan kullanılmış buharın tekrar suya dönüştürülmesini sağlayan bölümdür.

Türbin: Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Türbinler, yüksek devirler elde etmek için yatay şaftlı olarak yapılır.

Alternatör (Generatör): Buharın türbinler üzerinden oluşturduğu hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren cihazdır.

Güç Trafosu: Alternatörün ürettiği AC gerilimi, ulusal veya uluslararası enterkonnekte şebekenin besleme hatları için uygun bir değere yükselten trafoldur. Üretilen enerji bu alanda uygun gerilim değerine yükseltilir ve enerji nakil hattına gönderilir.

İletim Hatları: Yüksek gerilimdeki elektrik enerjisinin dağıtım hatlarına iletilmesini sağlayan enerji nakil hatlarıdır.

Çalışması: Kömür toz hâline getirildikten sonra hava ile karıştırılarak ocağa gönderilip yakılır. Yanma sonucunda açığa çıkan ısı sayesinde kazandaki sudan su buharı elde edilir. Su buharının basıncı (135 bar) ve sıcaklığı (535 °C) yükseltilir. Yüksek basınç ve sıcaklıktaki su buharı türbinden geçirilerek türbine bağlı alternatör şaftının dönmesi sağlanır. Alternatörde hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Üretilen elektrik güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Türbin çıkışında soğuyan buhar yoğunlaştırılarak su hâline dönüştürülür. Türbinden çektiği buharla çalışan yeniden ısıtma bölümünde su, ısısı yükseltilip tekrar kazana gönderilir. Ocaktaki kömür tozunun yanması sonucu açığa çıkan yüksek ısıdaki gazların ısısıyla yanma için kullanılan hava ısıtılır, kömürün kurutulması sağlanır. Böylece yanmış gazların ısısı düşürülür ve elektro filtreden geçirildikten sonra bacadan atmosfere salınır.

Türkiye'de EÜAŞ ve özel elektrik üretim şirketleri tarafından işletilen kömür yakıtlı termik santrallerin bulunduğu şehirler Görsel 1.24'te görülmektedir.



Görsel 1.24: Kömür termik santrallerinin bulunduğu şehirler

Kömür termik santralinin avantajları şunlardır:

- Ucuz kömür kullanıldığında elektrik enerjisini elde etmek ekonomik olur.
- Diğer santrallere göre daha düşük maliyetler ile kurulur.
- Kömürün taşınabildiği her yere kurulabilir.
- Hidroelektrik santralleri gibi çok geniş alana ihtiyaç duymaz.
- Yerleşim yerlerine yakın kurulabildiği için elektrik enerjisinin dağıtımı kolay olur.
- Uzun yıllardır kullanılan bir yöntem olduğu için sistem kolay bir şekilde işler.

Kömür termik santralinin dezavantajları şunlardır:

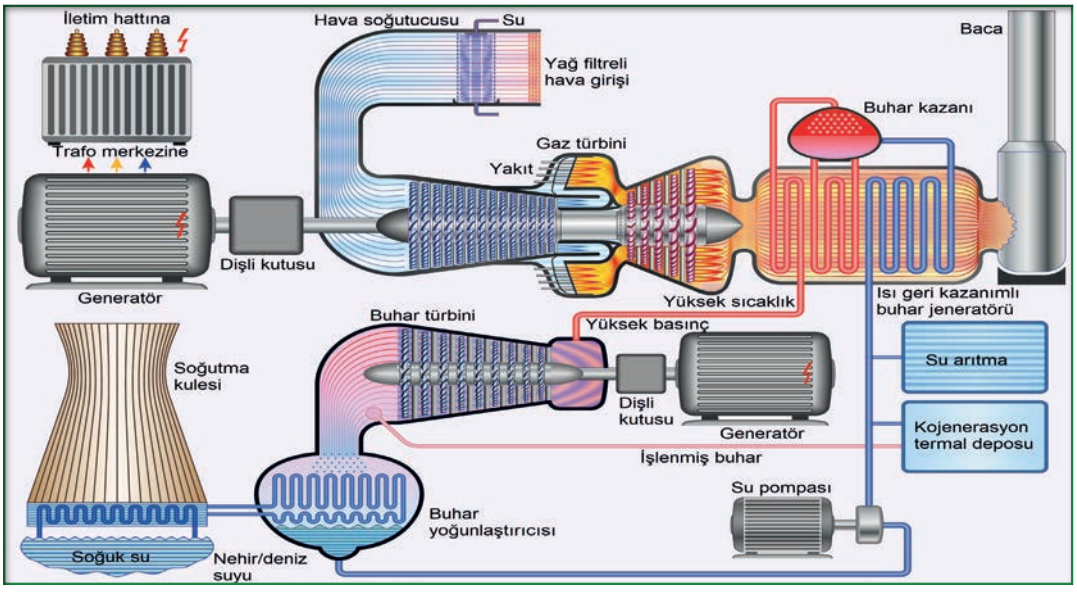
- İşletme ve bakım maliyetleri yüksektir.
- Çevresindeki yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar üzerinde astım, koah, zatürre gibi solunum yolu hastalıklarına; kalp, damar ve kanser rahatsızlıklarına neden olur. Ortaya çıkan bu sağlık sorunları ülkelerin sağlık alanındaki harcamalarının da artmasına neden olur.
- Kömürün neden olduğu hava kirliliği, uzun vadede binlerce kilometre uzaktaki insan ve canlıların bile yaşamını olumsuz etkiler.

- Kömürle çalışan termik santrallerde kazanları soğutmak için fazla miktarda su kullanılmaktadır. Bu sular doğal çevreye sıcaklığı artmış bir şekilde geri döner. Bu durum bitki ve balık yaşamını olumsuz etkiler.
- Elektrik üretimi sırasında zararlı atıklar ortaya çıkar. Bunlar maden atıkları, kömürün yıkanması ve kırılması sonucu oluşan sıvı atıklar ve kömürün yakılması ile ortaya çıkan uçucu küldür. Oluşan bu atıkların farklı alanlarda kullanılmak üzere çok az bir kısmı geri dönüştürülebilir. Geri dönüştürülemeyen atıkların depolanması ve kontrol edilmesi gerekir. Kontrol edilmeyen atıklar çevresinde bulunan içme sularını kirletir.
- Enerji üretimi sırasında ortaya çıkan zehirli gazlar canlı hayatını olumsuz etkiler.
- Zehirli gazlar havaya, suya ve toprağa karışarak doğaya zarar verir.
- Bacalardan çıkan zehirli gazlar asit yağmurlarına neden olur ve ozon tabakasına zarar verir.
- Kömür yenilenemez bir enerji kaynağı olduğu için sürdürülebilir değildir.

1.3.1.2. Doğal Gaz Termik Santrali

Depolama tesislerinden veya boru hatlarından gelen doğal gazın uygun basınç altında yakılmasıyla oluşan ısı ve buharın alternatörü döndürmesi sonucu elektrik üretiminin gerçekleştiği santrale **doğal gaz termik santrali** denir. Bu santralde gaz veya sıvı gaz (LNG) kullanılabilir.

Görsel 1.25'te doğal gaz termik santralinin iç yapısı görülmektedir.



Görsel 1.25: Doğal gaz termik santralinin iç yapısı

Santralin içinde şu bölümler bulunur:

Gaz Türbini: Gazın yakılmasıyla oluşan yüksek basınçlı sıcak havadan mekanik hareket elde edilen bölümdür.

Isı Geri Kazanımlı Buhar Jeneratörü: Gaz türbinlerindeki yanma sonucu ortaya çıkan egzoz gazının sıcaklığıyla su buharının elde edildiği bölümdür.

Buhar Türbini: Yüksek basınç altındaki su buharının sahip olduğu termal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren bölümdür.

Yoğunlaştırıcı (Kondenser): Buhar türbini jeneratöründen çıkan kullanılmış buharın tekrar suya dönüştürülmesini sağlayan bölümdür.

Soğutma Kulesi: Suyun havayla soğutulmasını sağlayan bölümdür.

Alternatör (Generatör): Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren cihazdır.

Çalışması: Yağ filtresi ve soğutucudan geçen hava, dönen kompresörde sıkıştırılarak yanma odasına gönderilir. Yakıt yakılarak yüksek basınçlı, sıcak ve yanmış gazlar elde edilir. Gaz türbini çıkışında bu gazların genişlemesi sağlanarak alternatör şaftı döndürülür. Alternatör şaftının dönmesiyle elektrik enerjisi üretilir. Gaz türbini çıkışındaki gazlar bağımsız atık ısı kazanından geçirilerek sudan yüksek basınç (190 bar) ve sıcaklıkta (530°C) su buharı elde edilir. Elde edilen yüksek basınç ve sıcaklıktaki su buharı buhar türbininden geçirilerek türbine bağlı alternatör şaftının dönmesi sağlanır. Alternatörde hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Gaz ve buhar türbininde üretilen elektrik, güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Buhar türbini çıkışındaki su buharı soğutma kulesinden gelen soğuk suyla yoğunlaştırılarak su hâline dönüştürülür. Su, gaz türbini ısıtma bölümüne gönderilir böylece tekrar yüksek basınç ve sıcaklıkta su buharı elde edilir.

Türkiye'de EÜAŞ ve özel elektrik üretim şirketleri tarafından işletilen doğal gaz termik santrallerinin bulunduğu şehirler Görsel 1.26'da görülmektedir.



Görsel 1.26: Doğal gaz termik santrallerinin bulunduğu şehirler

Doğal gaz termik santralinin avantajları şunlardır:

- Santrallerin kurulumu ucuz ve hızlı olur.
- Fosil yakıtlı santraller arasında en yüksek verime sahiptir.
- Az alana ihtiyaç duyar. Şehirlere yakın yerlere kurulabilir.
- Soğutma suyu ihtiyacı azdır.
- Kömür santrallerine göre atmosfere yayılan CO_2 emisyonu daha azdır.

Doğal gaz termik santralinin dezavantajları şunlardır:

- Doğal gaz fosil yakıt olduğu için yenilenemez enerji kaynağıdır ve sürdürülebilir değildir.
- Doğal gaz, kömüre göre daha temiz enerji kaynağı olsa da yine de de çevreye zarar vermektedir. Kömürlü termik santraller kadar olmasa da enerji üretimi sırasında havaya zehirli gazlar yayarak hava, su ve toprak kirliliğine neden olur.
- Doğal gaz ile elektrik üretimi yapan santrallerde gerekli önlemler alınmadığı takdirde bacalardan çıkan zehirli gazlar havada asılı kalır ve yeryüzüne iner. Bu durum insanlarda akciğer hastalıklarının oluşmasına neden olur.
- Doğal gazın yanması ile birlikte karbonmonoksit (CO) gazı ortaya çıkar. Bu gaz canlıların nefes almasını zorlaştırır ve solunum problemlerine neden olur.
- Santrallerde kömür yerine doğal gaz kullanımı iklim değişikliği sorununu ortadan kaldırmaz.

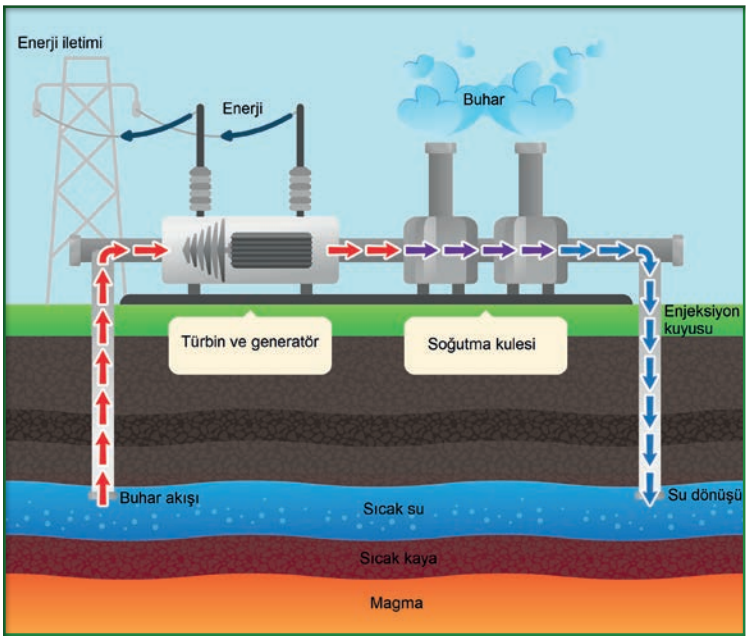
NOT

Fuel-oil, ham petrolün damıtılması sonucu elde edilir. Bu yakıtın yakılmasıyla oluşan ısı ve su buharları, alternatörün türbinlerini döndürür ve elektrik üretimi gerçekleşir.

1.3.2. Jeotermal Santrali

Yer altı kaynaklarından gelen ısının türbinleri döndürmesi yöntemiyle elektrik üretimi gerçekleştiren santrallere **jeotermal santrali** denir. Bu santraller özellikle fay hatlarının yoğun olduğu Ege Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunur.

Görsel 1.27'de jeotermal santralinin iç yapısı görülmektedir.



Görsel 1.27: Jeotermal santralinin iç yapısı

Jeotermal santralinin bölümleri şunlardır:

Türbin: Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Türbin, yüksek devirler elde etmek için yatay şaftlı olarak yapılır.

Soğutma Kulesi: Suyun havayla soğutulmasını sağlayan bölümdür.

Alternatör (Generatör): Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren elektrik cihazıdır.

Güç Trafosu: Alternatörün ürettiği AC gerilimi, ulusal veya uluslararası enterkonnekte şebekenin besleme hatları için uygun değere yükselten trafodur.

İletim Hatları: Yüksek gerilimdeki elektrik enerjisinin dağıtım hatlarına iletilmesini sağlayan enerji nakil hatlarıdır.

Çalışması: Jeotermal buhar, türbinden geçirilerek alternatör şaftının döndürülmesi sağlanır. Buhar türbininde üretilen elektrik, güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Buhar türbini çıkışındaki su buharı, önce yoğunlaştırıcıya gönderilir ardından soğutma kulesinde soğutulur. Yoğunlaşan buhar su hâline dönüştürülerek genellikle tekrar yer altına pompalanır veya akarsu kaynaklarına boşaltılır.

Jeotermal santralinin avantajları şunlardır:

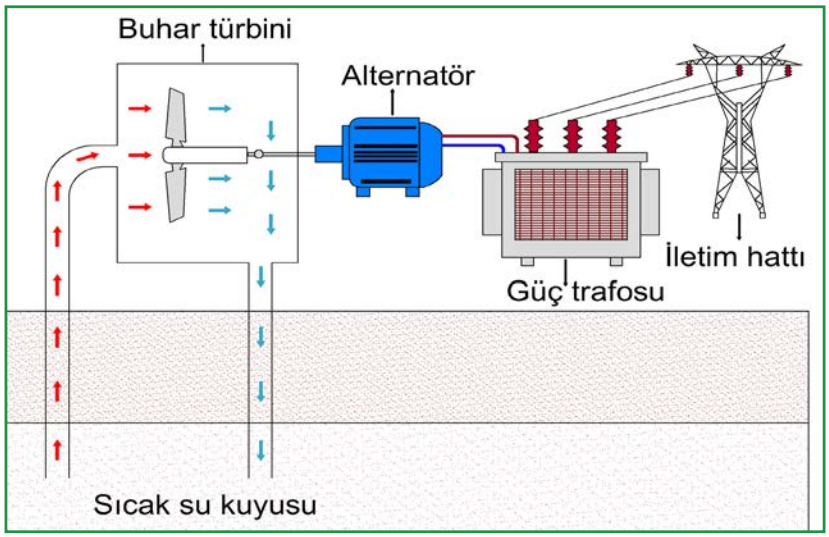
- Jeotermal enerjiden elde edilen gücün maliyeti diğer santrallere göre ucuzdur.
- Rüzgâr ve güneş enerjisinin aksine hava değişimlerinden etkilenmez, sürekli kullanılabilir.
- Tesislerin kurulumu kolay ve bakım ihtiyacı azdır.
- Termik santrallere göre çok daha az çevre sorununa neden olur.
- Fosil yakıtların taşıdığı patlama, alev alma gibi riskler jeotermal kaynaklarda yoktur. Bu nedenle jeotermal santralleri daha güvenlidir.
- Az yer kaplar ve görüntü kirliliği oluşturmaz.

Jeotermal santralinin dezavantajları şunlardır:

- Jeotermal santrallerin her yere kurulması mümkün değildir.
- Jeotermal santrallerinde kullanılan jeotermal enerjideki akışkanda karbondioksit, bor, hidrojen sülfür gibi kimyasallar bulunur. Bu kimyasalların çevre sorunlarına neden olmaması için yer altına geri verme tekniği kullanılmalıdır. Bu nedenle jeotermal santralleri, çevreye zarar verilmemesi için yüksek teknolojiye sahip olmalıdır.

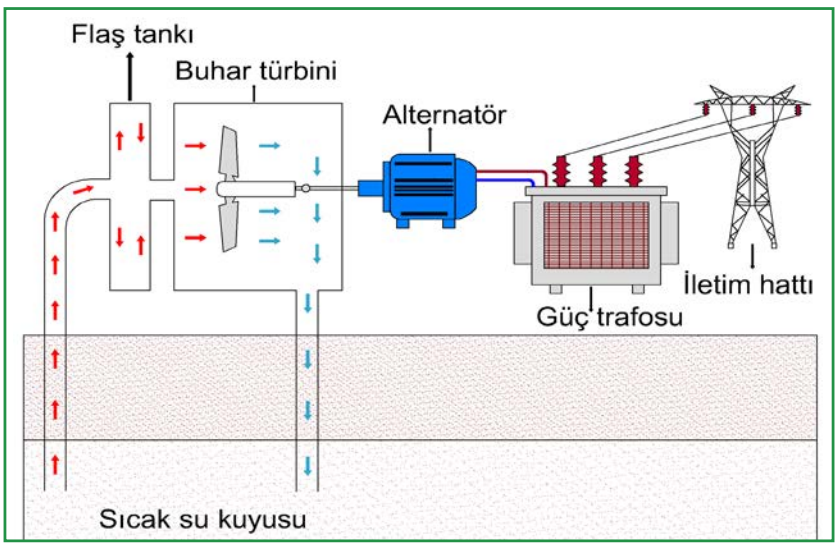
Jeotermal Santrali Türleri: Jeotermal enerji santrallerinde elektrik enerjisi, genellikle kuru, flaş ve çift çevrim olmak üzere üç şekilde üretilir.

Kuru Buhar Jeotermal Santrali: Kuyudan elde edilen su buharı, doğrudan türbinin döndürülmesinde kullanılır. Bunun sonucunda alternatörden elektrik enerjisi üretilerek iletim hatlarına aktarılır. Yoğunlaşan su buharı tekrar yer altına pompalanır (Görsel 1.28).



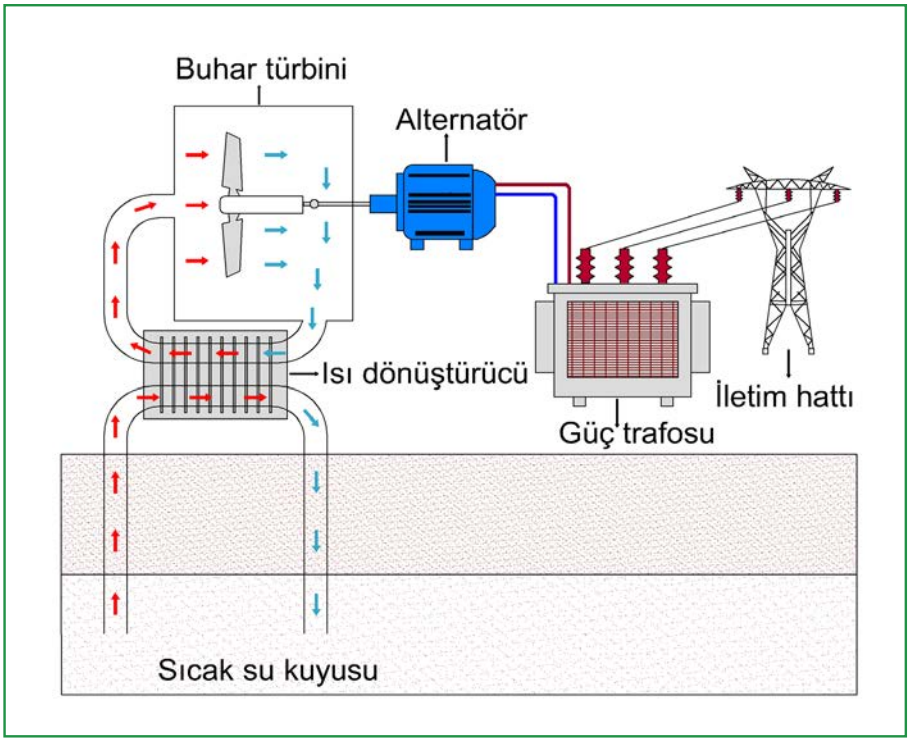
Görsel 1.28: Kuru buhar jeotermal santrali

Flaş Buharlı Jeotermal Santrali: Yüksek basınçla kuyudan gelen sıvı, su ve buhar olarak ayrıştırılır. Ayrıştırılan su buharı türbinin döndürülmesinde kullanılır. Alternatörden elektrik enerjisi üretilerek iletim hatlarına aktarılır. Yoğunlaşan su buharı tekrar yer altına pompalanır. (Görsel 1.29).



Görsel 1.29: Flaş buhar jeotermal santrali

Çift Çevrimli Jeotermal Santrali: Jeotermal sıvının sıcaklığından faydalanılarak su, eşanjörde buharlaştırılır ve elde edilen su buharı türbinin döndürülmesinde kullanılır. Alternatörden elektrik enerjisi üretilerek iletim hatlarına aktarılır. Yoğunlaşan su buharı tekrar yer altına pompalanır (Görsel 1.30).



Görsel 1.30: Çift çevrimli jeotermal santrali

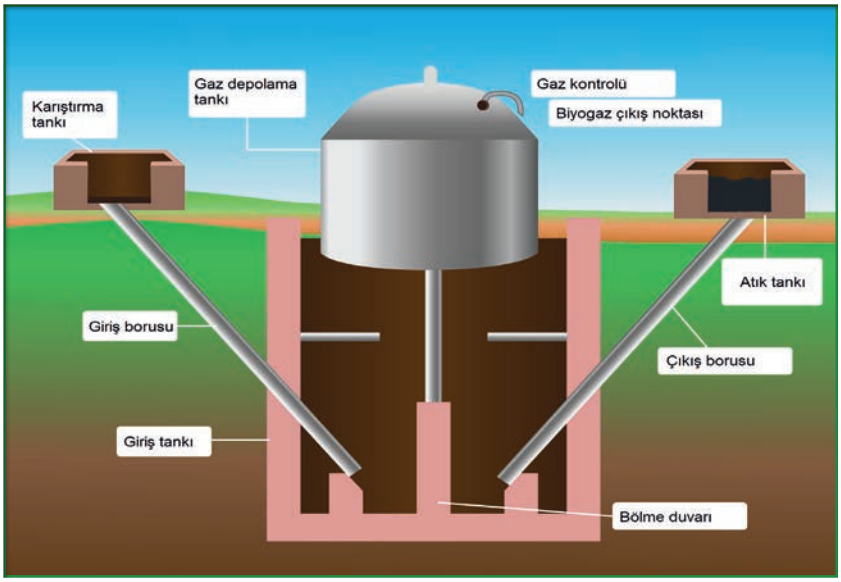
Türkiye'de Ege Bölgesi'nde, çalışmakta olan jeotermal enerji santrali mevcuttur. Jeotermal santrallerinin kurulu olduğu iller Görsel 1.31'de görülmektedir. Ayrıca Aydın'da 4, Manisa'da 2, Denizli'de 1 adet jeotermal santrali kurma çalışmaları devam etmektedir. 820,86 MW kurulu gücündeki bu santraller, Türkiye'nin toplam kurulu gücünün %1,58'ini oluşturur.



Görsel 1.31: Jeotermal santrallerinin bulunduğu iller

1.3.3. Biyogaz (Biyokütle) Santrali

Hayvan gübresi, organik (bitki) atık, çöp vb. türdeki maddelerin çürümesi sonucu metan gazı oluşur. Bu gazın yakılmasıyla elde edilen ısıyı kullanarak elektrik üretimi gerçekleştiren santrallere **biyogaz (biyokütle) santralleri** denir. Görsel 1.32'de biyogaz santralinin iç yapısı görülmektedir.



Görsel 1.32: Biyogaz santralinin iç yapısı

Biyogaz santralinin bölümleri şunlardır:

- **Karıştırma Tankı:** Gübre ve diğer organik materyallerin karıştırılıp ayrıştırıldığı kısımdır.
- **Reaktör:** Karışımın fermente edildiği kısımdır.
- **Gaz Depolama Tankı:** Fermente sonucu elde edilen biyogazın depolandığı kısımdır.
- **Atık Tankı:** Fermente sonrası atıkların depolandığı kısımdır.
- **Kojenerasyon Tesisi:** Biyogazın yakılıp elektrik ve ısı enerjisinin elde edildiği tesistir.

Çalışması: Gübre ve diğer organik materyaller homojen olarak karıştırılır. Karışımın içindeki taş, metal, plastik vb. inorganik maddeler ayrıştırılır. Gübre ve diğer organik maddeler hücre bazında parçalanarak ufalanır ve reaktöre gönderilir. Karışım, reaktörde bakteriler ve diğer bazı mikroorganizmalar kullanılarak fermente edilir. Fermantasyon sürecinin sonunda biyogaz elde edilir. Biyogaz; metan (CH_4), karbondioksit (CO_2) ve diğer gazlardan (H_2S, H_2O, N_2, H_2) oluşur. Metan, biyogazdan ayrıştırılır. Metan gaz yoğunluğu fazla olan biyogaz basıncı ayarlanır ve kojenerasyon tesisinde (gaz türbininde) yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülür. Elektrik enerjisi üretim prensibi doğal gaz termik santraliyle aynıdır. Üretilen elektrik, güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Fermantasyon atıklarından yüksek kaliteli katı ve sıvı gübre elde edilir.

Biyogaz santralinin avantajları şunlardır:

- Bu santraller diğer enerji santrallerine göre daha uzun süre çalışabilir.
- Verimlilikleri yüksektir.
- Karbon salınımı yapmaz.
- Yenilenemez enerji kaynaklarında kullanılan fosil yakıtlara göre biyokütle santrallerinde kullanılan organik atıklar daha ucuzdur.
- Bulunduğu bölgede sosyoekonomik yapının iyileşmesine yardımcı olur, istihdam olanaklarını arttırır.

Biyogaz santralinin dezavantajları şunlardır:

- Isıl değeri fosil yakıtlara göre daha düşük olduğu için verimi de fosil yakıtlara göre azdır.
- Kullanılan bazı biyokütle maddeleri çevreye zarar veren metan gazını oluşturur.
- Bu santrallerde su, fazla kullanılır.
- Pahalı teknolojilerin ve malzemelerin kullanılması gerekir.

Türkiye'de işletilen biyogaz santralleri Görsel 1.33'te görülmektedir.



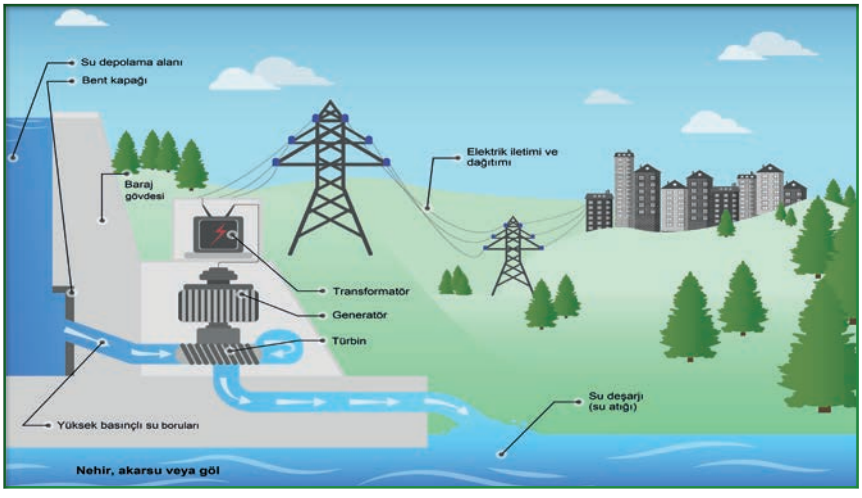
Görsel 1.33: Biyogaz santrallerinin bulunduğu iller

ARAŞTIRMA

Bir biyogaz tesisinde küçükbaş ve büyükbaş hayvancılığa göre elektrik üretimi yapılmak isteniyor. Bunlar ile ilgili santralin enerji üretimi ve güç hesabı nasıl yapılır? Araştırınız.

1.3.4. Hidroelektrik Santrali (HES)

Suyun belirli bir yükseklikteki potansiyel enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü tesislere **hidroelektrik santrali (HES)** denir. Baraj, nehir veya derin akarsu yataklarına kurulur (Görsel 1.34). Depolamalı HES ve akışlı HES olmak üzere iki türü vardır. Görsel 1.34'te hidroelektrik santralinin iç yapısı görülmektedir.



Görsel 1.34: Hidroelektrik santralinin iç yapısı

Hidroelektrik santralinin bölümleri şunlardır:

- **Su Depolama Bölümü:** Suyun biriktirildiği baraj göl alanıdır.
- **Bent Kapağı:** Baraj gölünde su akışını kontrol etmek için kullanılan kapaktır.
- **Baraj Gövdesi:** Barajın yapıldığı vadiyi kapatarak göl oluşmasını sağlayan, beton veya dolgu malzemesinden inşa edilen yapıdır.
- **Yüksek Basınçlı Su Boruları:** Baraj gölündeki suyu türbine taşıyan borulardır.
- **Türbin:** Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Türbinler, yüksek devirler elde etmek için yatay şaftlı olarak yapılır.
- **Alternatör (Generatör):** Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren cihazdır.
- **Güç Trafosu (Transformatör):** Alternatörün ürettiği AC gerilimi, ulusal veya uluslararası enterkonnekte şebekenin besleme hatları için uygun bir değere yükselten trafodur.
- **Su Deşarj Bölümü:** Türbinden çıkan suyu akarsuya boşaltan kısımdır.

Çalışması: Baraj gölünde biriktirilen su, potansiyel enerji kazanır. Su, borularla (su kaynağı ile türbin arasındaki basınçlı boru), yer çekiminin de etkisiyle türbine doğru akıtılarak potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüştürülür. Yüksek basınçla akan su, türbin kanatlarına bağlı olan alternatör şaftını döndürür. Türbin şaftının dönmesiyle alternatör rotorları dönmeye başlar ve elektrik enerjisi elde edilir. Üretilen elektrik güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Türbinden çıkan su akarsuya boşaltılır.

Türkiye'de EÜAŞ ve özel elektrik üretim şirketleri tarafından işletilen hidroelektrik santralleri Görsel 1.35'te görülmektedir.



Görsel 1.35: Hidroelektrik santrallerinin bulunduğu iller

Bir hidroelektrik santralinin üreteceği güç değeri şu formüllerle hesaplanır:

$$P_{HES} = \rho \cdot H \cdot \eta_{HES} \cdot Q \cdot g \qquad \eta_{HES} = \eta_{inşaat} \cdot \eta_{boru} \cdot \eta_{türbin} \cdot \eta_{gen} \cdot \eta_{trafo} \cdot \eta_{ENH}$$

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

P_{HES} : Hidroelektrik santralinin ürettiği (türbin milinden alınan) güç (W)
η_{HES} : Hidroelektrik santralinin genel verimi (%)
ρ : Suyun yoğunluğu (1.10^{-3} kg/m^3)
H : Santraldeki su girişi ile türbin su çıkışı arasındaki yükseklik farkı (m)
Q : Barajın türbinlere birim zamanda verdiği su miktarı (m^3/s)
g : Yer çekimi ivmesi (9,81 m/s^2)
$\eta_{inşaat}$: Santralin ve barajın dayanım verimliliği (%)
η_{boru} : Su taşıyan cebri boruların verimi (%)
$\eta_{türbin}$: Türbin verimi (%)
η_{gen} : Generatör verimi (%)
η_{trafo} : Transformatör verimi (%)
η_{ENH} : Enerji nakil hattı (ENH) verimi (%)

SIRA SİZDE

Örnek bir hidroelektrik santrali araştırınız. Bulduğunuz veriler doğrultusunda ilgili formülü kullanarak santral güç hesabını yapınız.

Hidroelektrik santralinin avantajları şunlardır:

- Temiz bir yakıt kaynağı ile beslenir. Bu nedenle çevreyi kirletmez.
- Kendi bölgesine yetebilecek enerji santralidir.
- Fosil yakıtlara göre daha güvenilir ve uygun maliyetli santral türüdür.
- Yüksek güçler elde edilebilir.

Hidroelektrik santralinin dezavantajları şunlardır:

- Buharlaşma etkisi ile sular kaybolabilir.
- Bölgenin iklim şartlarını değiştirir.
- Doğal habitatı bozar ve doğayı olumsuz etkiler.
- Santralin inşaat ve mühendislik kalitesindeki eksiklikler önemli riskler doğurur. Örneğin barajın çatlaması büyük zarar ve tahribata neden olur.
- Santral, bölgede erozyon ve sel oluşumuna neden olabilir.
- Belirli ömürleri vardır. Bunun nedeni akarsu içinde zamanla toprak birikmesi sonucu depo alanlarının kullanılamaz hâle gelmesidir.

1.3.5. Nükleer Santral

Yakıt olarak uranyum ve toryum gibi radyoaktif madde kullanarak elektrik enerjisi üreten sisteme **nükleer santral** denir.

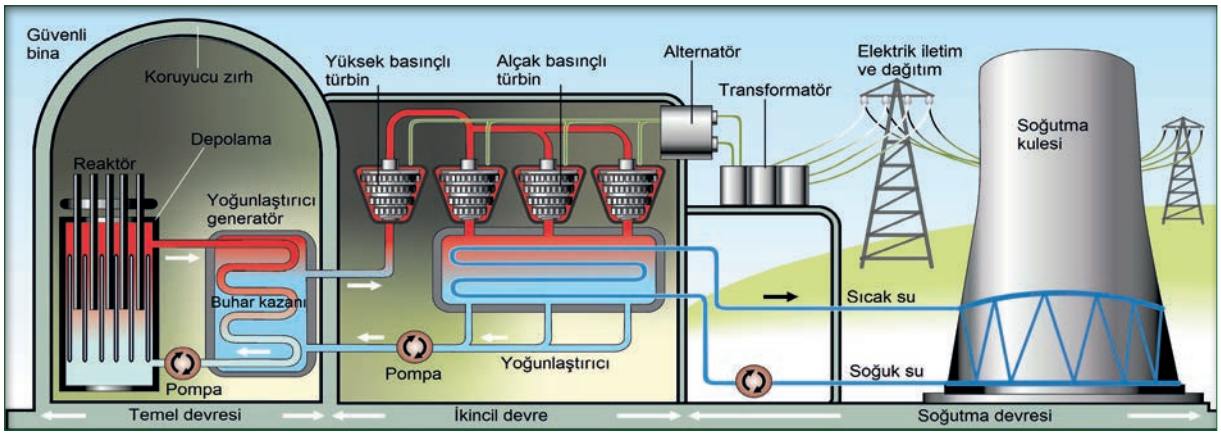
Nükleer santralin avantajları şunlardır:

- Elektrik enerjisi üretim maliyeti düşüktür.
- Fosil yakıtlı santrallere göre atmosfere yaydığı sera gazı salınımı çok düşüktür.
- Çok az yakıt ile çok yüksek miktarda enerji üretebilir.
- Kullanılan ham maddenin rezervleri fazladır. Bu nedenle uzun yıllar çalışabilir.
- Kurulumu sırasında diğer santrallere göre daha az alana ihtiyaç duyar.
- Enerji üretimi sırasında ortaya çıkan atıklar geri dönüştürülebilir.
- Elektrik enerjisi üretiminde dalgalanma yaşanmaz, üretim sabit ve süreklidir.

Nükleer santralin dezavantajları şunlardır:

- Enerji üretimi sonucu radyoaktif nükleer atıklar ortaya çıkar ve bu atıklar çok tehlikelidir. Radyoaktif atıkların etkisini kaybetmesi uzun yıllar sürer.
- Nükleer atıkların gömülme işlemi için taşınması gerekir ve bu işlem risklidir.
- Nükleer santralin kurulacağı alan su kaynaklarına yakın olmalıdır. Bu durum su kaynaklarının kirlenmesine yol açarak çevre kirliliğine neden olabilir.
- Nükleer santralin kurulacağı bölgedeki doğal afet riski dikkatle değerlendirilmelidir.
- Nükleer santral, savaş veya başka eylemler sırasında tehdit oluşturur.
- Nükleer santralde kaza riskleri az olmasına rağmen meydana gelebilecek bir kazanın tahribatı da çok yüksek olur. Bu tahribatın etkileri uzun yıllar devam eder.

Görsel 1.36'da nükleer santralin iç yapısı gösterilmiştir.



Görsel 1.36: Nükleer santralin iç yapısı

Nükleer santralin bölümleri şunlardır:

- **Reaktör:** Zincirleme çekirdek tepkimesinin sürdürüldüğü kısımdır.
- **Koruyucu Bölümü:** Radyoaktif maddelerin çevreye salınımını önleyen yapıdır.
- **Buhar Jeneratörü:** Yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar üretilen kısımdır.
- **Türbin:** Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Türbinler yüksek devirler elde etmek için yatay şaftlı olarak yapılır.
- **Yoğunlaştırıcı (Kondanser):** Buhar türbin jeneratöründenden çıkan kullanılmış buharın tekrar suya dönüştürülmesini sağlayan kısımdır.
- **Alternatör (Generatör):** Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren cihazdır.
- **Soğutma Kulesi:** Suyun havayla soğutulmasını sağlayan kısımdır.

Çalışması: Radyoaktif elementlerden elde edilen yakıt çubukları reaktörde nötronlarla çarpıştırılır. Çarpışma sonucu zincirleme reaksiyon başlar ve yüksek derecede ısı enerjisi açığa çıkar. Açığa çıkan ısı enerjisi yakıt çubukları çevresinde dolaşan suyu ısıtır. Isınan su, pompa vasıtasıyla buhar kazanına gönderilir. Reaktörden gelen sıcak su, borularla buhar kazanında dolaştırılır ve kazandaki sudan buhar elde edilir. Borularda soğuyan su tekrar reaktöre pompalanır. Yüksek basınç ve sıcaklıktaki su buharı türbinden geçirilerek türbine bağlı alternatör şaftının dönmesi sağlanır. Alternatör şaftının dönmesiyle elektrik enerjisi üretilir. Üretilen elektrik, güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Buhar türbini çıkışındaki su buharı, soğutma kulesinden gelen soğuk suyla yoğunlaştırılarak su hâline dönüştürülür. Su, buhar kazanına gönderilerek tekrar yüksek basınç ve sıcaklıkta su buharı elde edilir.

Türkiye'de kurulacak nükleer santraller şunlardır:

- **Akkuyu Nükleer Enerji Santrali (Mersin):** 2018 yılı Nisan ayında inşasına başlanmıştır. 2026 yılında tamamlanması planlanmıştır. Kurulu gücü 4,8 GW olacaktır.
- **Sinop Nükleer Enerji Santrali (Sinop):** 2017 yılında inşasına başlanmıştır. 2025 yılında tamamlanması planlanmıştır. Kurulu gücü 4,48 GW olacaktır.
- **İğneada Nükleer Enerji Santrali (Kırklareli):** Hâlâ planlanma aşamasındadır. Kurulu gücü 4,4 GW olacaktır.

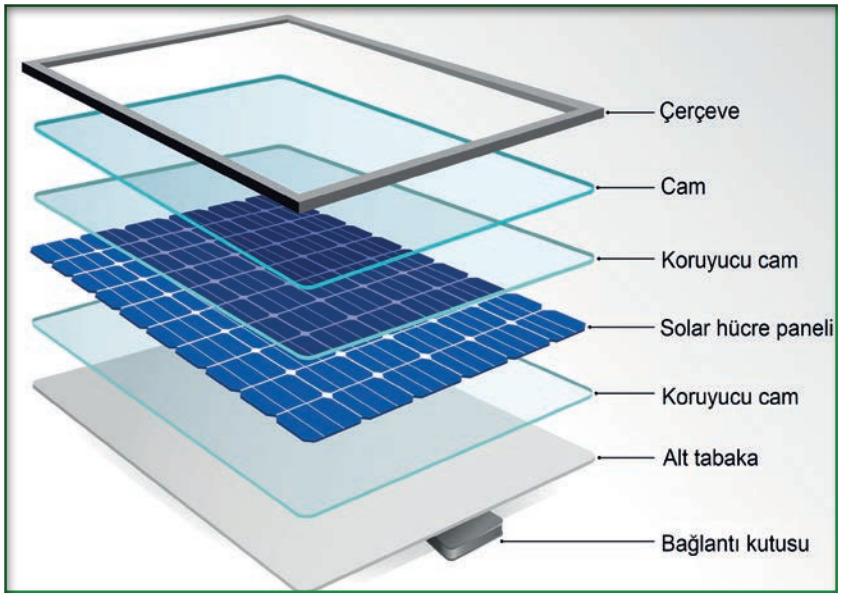
1.3.6. Güneş Panelli (PV) Solar Enerji Santralleri (GES)

Üzerinde güneş enerjisini soğurarak elektrik enerjisi üreten panele **güneş (solar) panel** denir. Bu panel, üzerine gelen güneş ışığını emen solar hücrelerden oluşur. Panelin verimi, kullanılan hücrenin güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürme oranı ile belirlenir. Panelin büyüklüğüne ve özelliğine göre farklı miktarlarda elektrik enerjisi üretir ve bu durum coğrafi konuma göre değişik gösterir. 250-550 W aralığında elektrik üretir.

1.3.6.1. Güneş Panelinin Yapısı ve Çalışması

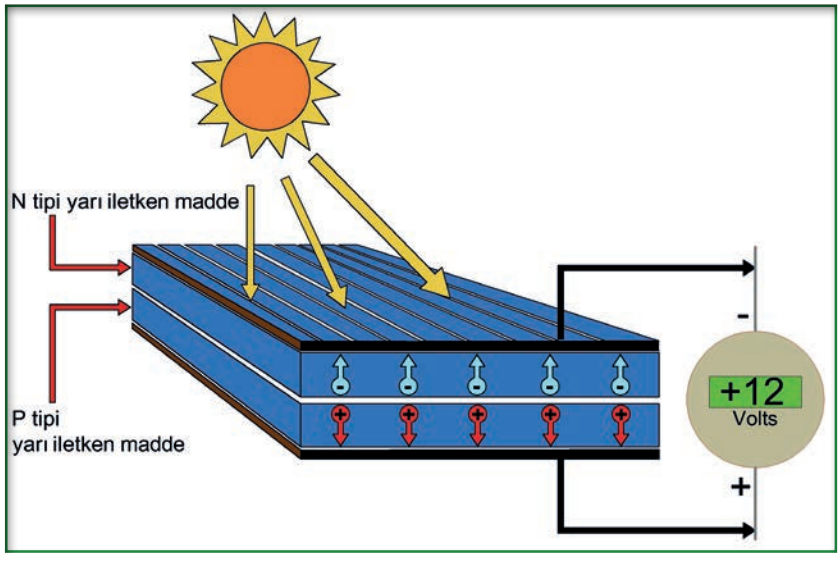
Güneş panelinin yapısında şunlar bulunur (Görsel 1.37):

- **Dış Panel Çerçevesi:** Paneli fiziksel etkilerden koruyan, panel montajı için gerekli yapıyı barındıran alüminyum bölümdür.
- **Koruyucu Cam Bölümü:** Yüksek darbe dayanımıyla paneli rüzgâr, taş, çarpma vb. etkilerden koruyan cam kısımdır.
- **Kapsülleyici (EVA Film):** Koruyucu cam, güneş hücreleri ve alt tabaka arasını dolduran, parçaları birbirine yapıştıran etilen vinil asetat katmanıdır.
- **Güneş Panel Hücreleri:** Güneş ışığından elektrik akımı oluşturan yarı iletken maddedir.
- **Alt Bölümü (Sırt Folyosu):** Güneş panelinin arka tarafının yalıtımını sağlayan kısımdır.
- **Bağlantı Kutusu:** Kablo bağlantıları ve köprüleme diyotunun bulunduğu kısımdır.



Görsel 1.37: Güneş panelinin iç yapısı

Görsel 1.38'de güneş panelinde enerji üretimi görülmektedir.



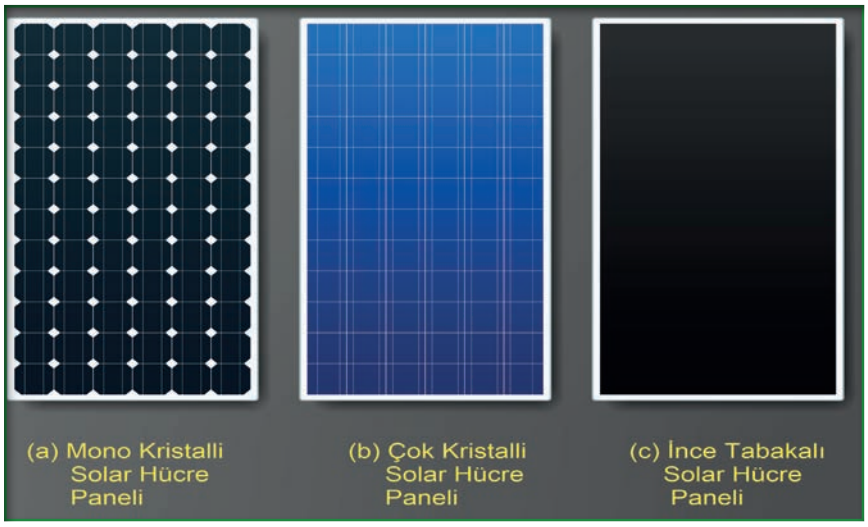
Görsel 1.38: Güneş panelinin enerji üretimi

Çalışması: Periyodik cetvelin 4A grubunda yer alan silisyum (Si), germanyum (Ge) gibi elementler yarı iletken özelliğe sahiptir. Yarı iletken özellikli elementlere periyodik cetvelin 3A grubunda yer alan elementlerden biri eklenerek P tipi (pozitif), 5A grubunda yer alan elementlerden biri eklenerek N tipi (negatif) maddeler elde edilir. P tipi maddede üç elektron kovalent bağ kurarken bir kovalent bağ daha kurulacak alan boşta kalır. Bu duruma **boşluk (delik, hol)** denir. N tipi maddede dört elektron kovalent bağ kurarken bir elektron boşta kalır ve serbest elektron oluşur. Serbest elektron iletkenliği artırır. Yarı iletken özellikli elementlerde P ve N bölgeleri oluşturularak boşluk ve serbest elektronlardan oluşan yarı iletken madde elde edilir. Ancak P ve N maddelerinin birleştiği kısımda (jonksiyon bölgesi) nötr alan oluşur ve denge durumundayken P ve N bölgeleri arasında elektron geçişine izin vermez. Yarı iletken madde, üzerine güneş ışığı geldiğinde güneş hücresi (pil) olarak çalışır. Güneş ışığındaki fotonlar absorbe edilerek serbest elektronlar P tarafına, boşluklar N tarafına doğru hareket ettirilir. P ve N uçlarında yaklaşık 0,6 V DC gerilim oluşur.

1.3.6.2. Güneş Panelinin Çeşitleri

Görsel 1.39'da güneş panelinin tipleri görülmektedir. Buna göre üç farklı panel tipi bulunmaktadır. Güneş paneli tipleri şunlardır:

- **Tek (Mono) Kristal Güneş Paneli:** Yüksek rafinede tek bir silikon kristal silindir çubuktan üretilir. Silikon kristal çubuk, güneş pilleri yapılmak üzere ince ince sekizgen şeklinde dilimlenir. Genellikle bir mono kristal güneş paneli, panelin boyutuna bağlı olarak 60 veya 72 güneş pili içerir. Siyah renktedir. Mono kristal güneş panellerinin verimi ve maliyetleri yüksektir.
- **Çok Kristalli Güneş Paneli:** Silikon kristaller eritilir ve güneş pilleri yapılmak üzere kare hücre hâline getirilir. Her hücre birden fazla kristal yapı içerir. Mavi renktedir. Çok kristal güneş panelleri, düşük maliyetli olduğundan daha yaygın üretime sahiptir ancak verimi mono kristal güneş panellerine göre düşüktür. Bu paneller %16 ila %24 arasında verimli liğe sahiptir.
- **İnce Filmli Güneş Paneli:** Cam, plastik veya metal gibi bir alt tabaka üzerine amorf silikon (a-Si), kadmiyum tellür (CdTe), bakır indiyum galyum selenid (CIGS) veya galyum arsenit (GaAs) gibi fotovoltaik malzemenin yerleştirilmesiyle yapılır. Birkaç nanometre (nm) ila birkaç mikron (µm) kalınlığındadır. İnce film güneş panelleri yapılarından dolayı hafif ve esnektir. Kristal bazlı güneş panellerinden çok daha ucuzdur. İnce film güneş panelleri konut kullanımında uygun değildir. Mono kristal ve poli kristal güneş panellerine oranla daha düşük verime sahiptir ayrıca daha çabuk deforme olur. Bu paneller %10 ila %15 arasında verimliliğe sahiptir.



Görsel 1.39: Güneş paneli tipleri

NOT

Bir güneş panelinin verimi; kullanılan hücre tipine, hücre kalitesine, hücre tasarımına, cam kalitesine ve diğer komponentlerin kalitesine bağlı olarak değişir.

Yapısına göre güneş paneli türleri şunlardır:

- Sabit güneş panelleri
- Ayarlanabilir güneş panelleri

1.3.6.3. Güneş Enerjisi Santralinin Çalışması

Güneş ışıklarından gelen enerjiyi elektrik enerjisine çeviren santrallere **güneş enerjisi santrali (GES)** denir. Görsel 1.40'ta ve Görsel 1.41'de solar PV panellerinin belirli açılarda yerleştirildiği güneş enerjisi santralleri görülmektedir. Bu santraller, güneş ışığının geliş açıları dikkate alınarak yerleştirilmiştir.



Görsel 1.40: Güneş enerjisi panellerinin yerleşimi



Görsel 1.41: Güneş enerjisi santralleri

NOT

Bir güneş panelinin verimliliği, standart test koşullarında yani 1 kW/m^2 de PV paneline güneş ışığı uygulandığında 1 m^2 alanda üretilen güç ile tespit edilir. Örneğin %20 verimliliğe sahip 1 m^2 hücre alanlı PV paneli 1 kW/m^2 güneş ışığını dik aldığında 200 W'lık güç üretir.

Güneş enerjisi santrali, fotovoltaik ve termal sistem olmak üzere iki yapıdan oluşur. Fotovoltaik sistemde güneşten gelen solar radyasyon değeri paneller vasıtasıyla DC elektrik enerjisine çevrilir. Bu enerji, Invertörler aracılığıyla şebeke frekansına uygun olarak AC elektriğe dönüştürülür. Termal sistemde ise özel aynalar vasıtasıyla solar güneş ışınları belirli noktalara aktarılır. Bu noktalarda bulunan yağ ya da su ısıtılır ve ısıtılma sonucunda oluşan buhar basıncı, mekanik enerjiyi kinetik enerjiye çevirir.

Güneş paneli santrallerinin çalışması şu şekildedir:

- Fotovoltaik panel, gelen güneş ışığını sıcaklığı ile birlikte emer.
- Emilen güneş ışığı, PV hücrelerine aktarılır.
- Hücrelere gelen güneş ışığı, µV seviyesinde DC elektriğe dönüştürülür. Bu durumda PV hücreleri çalışmaya başlar ve DC elektriği eviriciye aktarır.
- Güneş ışınları silikon hücre ile etkileşime girer ve elektronlar harekete geçer. Elektronların taşınması, düğümler tarafından yakalanır ve paneldeki kablolarda elektrik akımını başlatır.
- Bu DC akım Invertöre aktarılır ve AC akıma dönüştürülür.

NOT

Güneşten gelen ışınlar PV enerjisi panelleri aracılığıyla yakalanıp DC akıma dönüştürülür. DC akım ile santrale bağlı aküler şarj edilir. Akülerin bağlı olduğu invertör ile DC gerilim, AC gerilime dönüştürülerek şehir şebekesine aktarılır.

1.3.6.4. Güneş Enerjisi Santralinin Kurulu Olduğu Yerler

Türkiye'de kurulu güneş enerjisi santralleri Görsel 1.42'de görülmektedir.



Görsel 1.42: Güneş enerjisi santralleri bulunan iller

1.3.6.5. Güneş Enerjisi Santralinin Avantajları ve Dezavantajları

Güneş paneli santralinin avantajları şunlardır:

- Elektrik giderinden tasarruf edilmesini sağlar. Aynı zamanda imkân dâhilinde fazla enerji şebekeye verilerek maddi kazanç sağlanır.

- Güneş panelleri çok fazla bakım gerektirmez. Bu nedenle bakım maliyetleri düşüktür.
- Elektriğin üretimi ve kullanımı sırasında çevreye zarar verilmez.
- Güneş panellerinin kurulumları basittir.
- Dayanıklı yapı malzemeleri sayesinde zor hava şartlarına uygundur.
- Herhangi bir yakıta ihtiyaç duymadan elektrik üretebilir.
- Güneş panelleri sayesinde elektrik enerjisi, ihtiyaç duyulan yerde üretilir. Böylece nakil problemi olmaz.

Güneş paneli santrallinin dezavantajları şunlardır:

- Kurulum maliyetleri yüksektir.
- Güneş panellerinin güneş enerjisini toplayabilmesi için güneş ışığının olması gerekir. Bu nedenle bulutlu ve yağmurlu günlerde verim düşer.
- Güneş panelleri gece elektrik üretemez ve kış aylarında elektrik üretimi düşer.
- Güneş panelleri fazla alan kaplar. Binaların çatılarına güneş panellerini monte etmek için çatıların sağlam ve geniş olması gerekir.
- Güneş panellerinin kurulu gücünün artması için kaplayacağı alanın da artması gerekir.
- Görüntü kirliliğine neden olur.
- Güneş panellerindeki verim en fazla %40 değerlerine ulaşabilir.

1.3.6.6. Güneş Panellerinin Bağlantıları

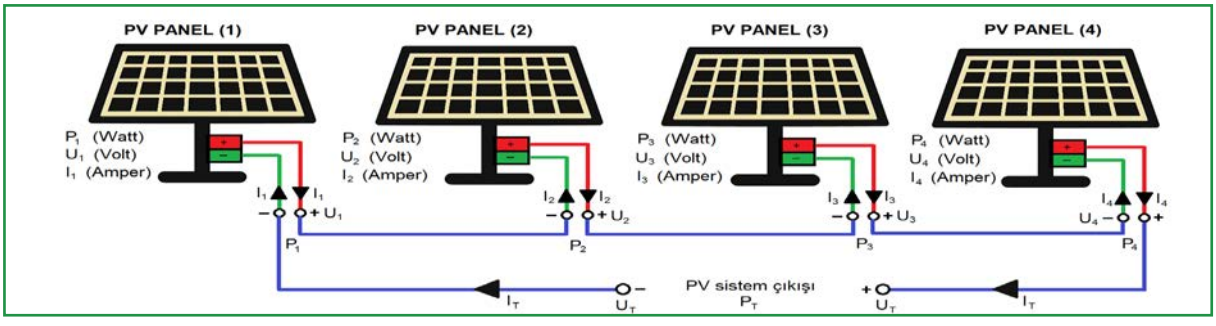
Güneş panelleri çeşitli güç ve modellerde üretilmektedir. Bazı durumlarda istenilen güç değerinde bir PV paneli bulunması zordur. Bu durumu ortadan kaldırmak için PV panelleri seri, paralel ya da karışık şekilde bağlanır. Bu şekilde panel istenen güç değerine çıkarılır.

Güneş panellerinin bağlanma biçimi şu ölçütlere bağlı olarak belirlenir:

- PV paneli sisteminin türü
- Üretilmek istenen solar enerji gücü
- Sistem bileşenlerindeki elemanlar (şarj regülatörü, batarya, Invertör vb.)

Güneş Panellerinin Seri Bağlanması

Aynı güç, akım ve gerilim özelliklerine sahip birden çok PV panelinin birbirine seri olarak bağlandığı duruma **seri bağlantı** denir. Bir PV panelinin, pozitif (+) terminalinin çıkışından diğer PV panelinin (-) negatif terminalinin çıkışına bağlanması şeklinde gerçekleşir. Bu bağlantıda artan güç değeri ile birlikte daha yüksek gerilim elde edilir. Devrede akım korunur. PV'nin seri olarak bağlanabileceği maksimum gerilimi, Invertör veya şarj kontrol cihazı [maksimum güç noktası takibi – maximum power point tracking (MPPT)] yapısındaki gerilime bağlı olarak (örneğin 800 V DC değerine kadar) artış gösterebilir. PV panellerinden geçen toplam çıkış akımı ise tek bir PV panelinden geçen akım değeri ile aynıdır. Görsel 1.43'te PV panellerinin seri bağlantısı görülmektedir.



Görsel 1.43: Güneş panellerinin seri bağlantısı

Devreden geçen toplam akım, toplam gerilim ve toplam güç formülleri şunlardır:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 \quad \text{[Amper]}$$
$$U_T = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 \quad \text{[Volt]}$$
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = U_T . I_T \quad \text{[Watt]}$$

NOT

Verilen formüllerde hesaplama, ideal bir PV'nin sahip olduğu değerler üzerinden yapılmaktadır. Solar radyasyon, PV paneli verimi, akım ve gerilimdeki değişimler gibi etkenler dikkate alınmadan düşünülmüştür. Uygulamalarda bu veriler dikkate alınarak hesaplama yapılmalıdır.

ÖRNEK

240 W, 24 V, 10 A özellikli PV panelinin kullanılması düşünülmektedir. Bu panellerden beş tanesi birbirine seri olarak bağlandığında çıkış akımı, çıkış gerilimi ve çıkış gücü değeri ne olur?

ÇÖZÜM

Devreden geçen toplam akım değeri,

$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = 10$ Amper

Seri bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam gerilim değeri,

$U_T = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 = 5 . 24 = 120$ V

Seri bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam güç değeri,

$P_T = U_T . I_T = 120 . 10 = 1200$ W = 1,2 kW

$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 240 . 5 = 1200$ W = 1,2 kW

ÖRNEK

240 W, 24 V, 10 A özellikli üç PV paneli ile 96 W, 12 V, 8 A özellikli iki PV paneli birbirlerine seri olarak bağlanacaktır. Bu bağlantının çıkışındaki akım, gerilim ve güç değişimi ne olur? Sistemde kaç W kayıp meydana gelir?

ÇÖZÜM

PV panellerindeki akım değerleri farklıdır. Bu PV panellerinden geçecek en düşük akım değeri dikkate alınır. Buna göre devreden geçen toplam akım değeri,

$I_1 = I_2 = I_3 = 10$ Amper $\quad I_4 = I_5 = 8$ Amper $\rightarrow \quad I_T = I_{T\,(min)} = 8$ A

Seri bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam gerilim değeri,

$U_T = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 = 3 . 24 + 2 . 12 = 72 + 24 = 96$ Volt

Seri bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam güç değeri,

$P_{T(net)} = U_T . I_T = 8 . 96 = 768$ Watt (net güç değeri)

$P_{T\,(total)} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 3 . 240 + 96 . 2 = 720 + 192 = 912$ Watt (toplam güç)

$P_T = P_{T\,(total)} - P_{T\,(net)} = 912 - 768 = 144$ Watt (toplam kayıp % 15,8)

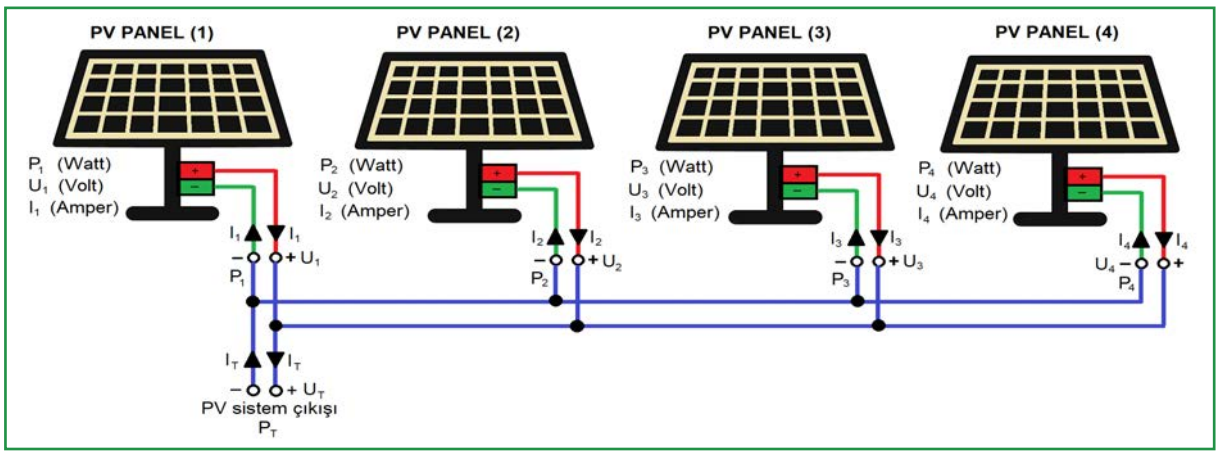
SIRA SİZDE

Aşağıda verilen PV paneli güçleri ile 1 kW'lık bir PV güç değeri elde edilmek isteniyor. Buna göre istenen değerde PV panelini seri bağlayarak bu seri bağlı devrenin akım, gerilim ve güç ilişkisini ele alınız. Sistemde güç kaybı var mıdır?

1) 100 W, 5 A, 20 Volt (PV panel)
2) 20 W, 2 A, 10 Volt (PV panel)
3) 80 W, 4 A, 20 V (1. panel); 120 W, 4 A, 30 V (2. panel)
4) 80 W, 4 A, 20 V (1. panel); 100 W, 5 A, 20 V (2. panel)
5) 200 W, 5 A, 40 V (1. panel); 100 W, 4 A, 25 V (2. panel); 400 W, 5 A, 80 V (3. panel).

Güneş Panellerinin Paralel Bağlanması

Aynı güç, akım ve gerilim özelliklerine sahip birden çok PV panelinin birbirine paralel olarak bağlandığı duruma **paralel bağlantı** denir. Her PV panelinin aynı terminal çıkışlarının birbirlerine bağlanması şeklinde gerçekleşir. Bu bağlantıda artan güç değeri ile birlikte daha yüksek akım elde edilir. Devrede gerilim korunur. PV'nin paralel olarak bağlanabileceği maksimum akım değeri, Invertör veya şarj kontrol cihazı (MPPT) yapısındaki akıma bağlı olarak artış gösterebilir. Paralel bağlı PV panellerinin uçlarındaki gerilim, tek bir PV panelindeki gerilim ile aynıdır. Görsel 1.44'te PV panellerinin paralel bağlantısı görülmektedir.



Görsel 1.44: Güneş panellerin paralel bağlantısı

Devreden geçen toplam akım, toplam gerilim ve toplam güç formülleri şunlardır:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad \text{[Amper]}$$
$$U_T = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 \quad \text{[Volt]}$$
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = U_T . I_T \quad \text{[Watt]}$$

ÖRNEK

240 W, 24 V, 10 A özellikli PV paneli kullanılması düşünülmektedir. Bu panellerden beş tanesi birbirine paralel olarak bağlandığında çıkış akımı, çıkış gerilimi ve çıkış gücü değeri ne olur?

ÇÖZÜM

Devreden geçen toplam akım değeri,
$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 5 \cdot 10 = 50$ Amper

Paralel bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam gerilim değeri,
$U_T = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_4 = 24$ Volt

Paralel bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam güç değeri,

$P_T = U_T \cdot I_T = 24 \cdot 50 = 1200$ W = 1,2 kW

$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 240 \cdot 5 = 1200$ W = 1,2 kW

ÖRNEK

240 W, 24 V, 10 A özellikli üç PV paneli ile 96 W, 12 V, 8 A özellikli iki PV paneli birbirine paralel olarak bağlanacaktır. Bu bağlantının çıkışındaki akım, gerilim ve güç değişimi ne olur? Sistemde kaç W bir kayıp meydana gelir?

ÇÖZÜM

PV panellerindeki gerilim değerleri farklıdır. Bu PV panelleri en düşük gerilim değeri dikkate alınır. Buna göre paralel bağlı PV panellerin uçlarındaki toplam gerilim:

$U_1 = U_3 = U_3 = 24$ Volt $U_4 = U_5 = 12$ Volt $\rightarrow$ $U_T = U_{T\,(Min)} = 12$ Volt

Paralel bağlı PV panellerinin uçlarından geçen toplam akım değeri,

$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 3.10 + 2.8 = 30 + 16 = 46$ Amper

Paralel bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam güç değeri,

$P_{T\,(net)} = U_T \cdot I_T = 12 \cdot 46 = 152$ Watt (net güç değeri)

$P_{T\,(total)} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 3 \cdot 240 + 96 \cdot 2 = 720 + 192 = 912$ Watt (toplam güç)

$P_T = P_{T\,(total)} - P_{T\,(net)} = 912 - 552 = 360$ Watt (toplam kayıp %39,47)

Görüldüğü gibi aynı paneller seri olarak bağlandığında **144 W kayıp** oluştururken paralel olarak bağlandığında bu kayıp 360 W olarak hesaplanmıştır.

SIRA SİZDE

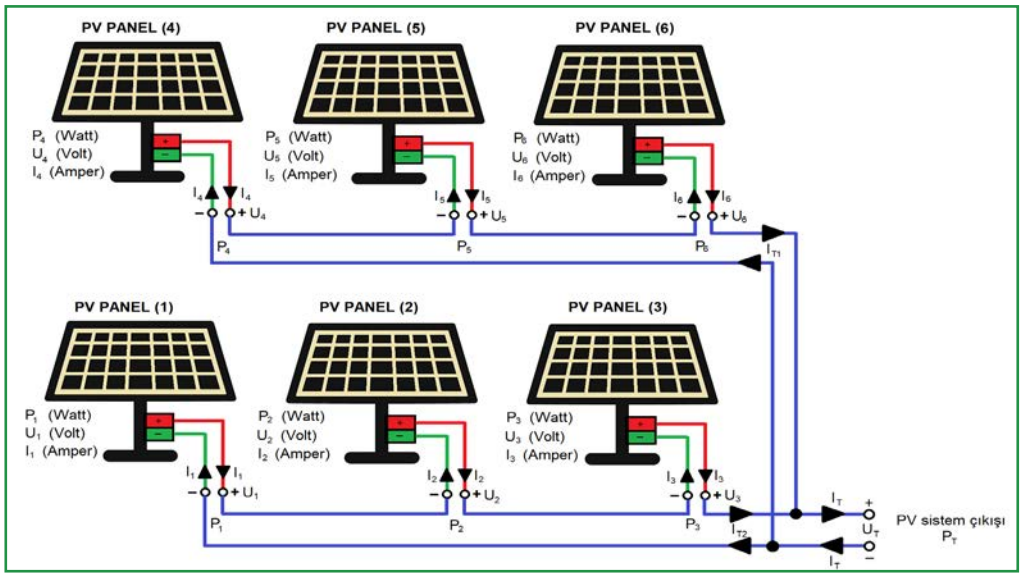
Aşağıda verilen PV paneli güçleri ile 1 kW'lık bir PV güç değeri elde edilmek isteniyor. Buna göre istenilen değerde PV panelini paralel bağlayarak bu seri bağlı devrenin akım, gerilim ve güç ilişkisini ele alınız. Sistemde güç kaybı var mıdır?

1) 100 W, 5 A, 20 Volt (PV panel)
2) 20 W, 2 A, 10 Volt (PV panel)
3) 80 W, 4 A, 20 V (panel 1); 120 W, 4 A, 30 V (panel 2)
4) 80 W, 4 A, 20 V (panel 1); 100 W, 5 A, 20 V (panel 2)
5) 200 W, 5 A, 40 V (panel 1); 100 W, 4 A, 25 V (panel 2); 400 W, 5 A, 80 V (panel 3)

Güneş Panellerinin Karışık Bağlanması

Aynı güç, akım ve gerilim özelliklerine sahip birden çok PV panelinin birbirlerine farklı şekillerde (seri ve paralel) bağlandığı duruma **karışık bağlantı** denir. Burada seri ve paralel bağlantılar

kullanılır. Bu tip devrelerde akım veya gerilim değerlerinde sabitlik korunamaz. Bunun sonucunda Invertör veya şarj kontrol cihazı (MPPT), çıkıştaki toplam akım ile toplam gerilim değerlerinin değerlerini belirler. Görsel 1.45'te PV panellerinin karışık bağlantısı görülmektedir. Görüldüğü gibi PV 1-2-3 panelleri ile PV 4-5-6 panelleri kendi içinde seri, birbirlerine paralel olarak bağlanmıştır. Bu tip bağlantılar çeşitlendirilebilir.



Görsel 1.45: Güneş panellerinin karışık olarak bağlantısı

Devreden geçen toplam akım, toplam gerilim ve toplam güç formülleri şunlardır:

$$I_{T2} = I_1 = I_2 = I_3 \quad [A] \qquad I_{T1} = I_4 = I_5 = I_6 \quad [A] \qquad I_T = I_{T1} = I_{T2} \quad [A]$$

$$U_{T2} = U_1 + U_2 + U_3 \quad [V] \qquad U_{T1} = U_4 = U_5 = U_6 \quad [V] \qquad U_T = U_{T1} = U_{T2} \quad [V]$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = U_T . I_T \quad [W]$$

ÖRNEK

240 W, 24 V, 10 A özellikli PV paneli kullanılması düşünülmektedir. Görsel 1.45'teki gibi altı adet PV paneli bağlandığında bu bağlantının çıkışındaki akım, gerilim ve güç değişimi nasıl olur?

ÇÖZÜM

Devreden geçen toplam akım değeri,

$I_{T1} = I_4 = I_5 = I_6 = 10$ Amper $\qquad I_{T2} = I_1 = I_2 = I_3 = 10$ Amper

$I_T = I_{T1} + I_{T2} = 10 + 10 = 20$ Amper

Karışık bağlantılı PV panellerinin uçlarındaki toplam gerilim değeri,

$U_{T2} = U_4 + U_5 + U_6 = 3 . 24 = 72$ Volt $\qquad U_{T1} = U_1 + U_2 + U_3 = 3 . 24 = 72$ Volt

$U_T = U_{T1} = U_{T2} = 72$ Volt

Karışık bağlı PV panellerinin uçlarındaki toplam güç değeri,

$P_T = U_T . I_T = 72 . 20 = 1440$ W $= 1{,}44$ kW

$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1440$ W $= 1{,}44$ kW

SIRA SİZDE

5 farklı PV panelinin özellikleri aşağıda verilmiştir:

- **PV (1):** 4 A, 10 V, 40 W
- **PV (2):** 4 A, 05 V, 20 W
- **PV (3):** 2 A, 20 V, 40 W
- **PV (4):** 2 A, 10 V, 20 W
- **PV (5):** 2 A, 05 V, 10 W

1. PV ve 2. PV panelleri birbirine seri olarak bağlanacaktır. 3. PV ve 4. PV panelleri birbirine seri olarak bağlanacaktır. Bu iki seri bağlı devre birbirine paralel olarak bağlanacaktır. Bu devrenin çıkışına ise 5. PV paneli seri olarak bağlanacaktır. Buna göre aşağıdaki işlemleri gerçekleştiriniz.

a) Devreden geçen akımları ve toplam çıkış akımını bulunuz.
b) Devrenin çıkışındaki toplam gerilimini bulunuz.
c) Devrenin çıkışındaki güç değerlerini (kayıp, net ve toplam) bulunuz.
ç) Devrede kayıp olmaması için PV panellerin nasıl bağlanması gerekir?
d) Her PV panelinin en az 1 kez kullanılması koşuluyla toplamda 1 kW güç değeri elde etmek için minimum kayıpla kaç tane panel, hangi şekillerde bağlanmalıdır?

SIRA SİZDE

Aşağıda verilen PV panelleri Görsel 1.45'teki gibi bağlandığında çıkıştaki akım, gerilim ve güç değişimleri nasıl gerçekleşir?

- **PV (1):** 100 W, 10 V, 10 A
- **PV (2):** 200 W, 20 V, 10 A
- **PV (3):** 400 W, 40 V, 10 A
- **PV (4):** 100 W, 20 V, 5 A
- **PV (5):** 200 W, 20 V, 10 A
- **PV (6):** 400 W, 20 V, 20 A

SIRA SİZDE

4 A, 30 V, 120 W gücünde bir PV paneli aşağıdaki şekilde bağlanacaktır. Bu bağlantının çıkışındaki akım, gerilim ve güç değişimlerini hesaplayınız.

- Seri bağlı 20 panel ve bu panelin 10'lu olarak paralel bağlanması
- Paralel bağlı 10 panel ve bu panelin 8'li olarak seri bağlanması
- Çıkıştan minimum 2 kW ve üzeri güç elde edilen bağlantı şekli

NOT

Seri, paralel ve karışık PV bağlantısı yapılırken aynı tip özellikte PV panelleri tercih edilmelidir. Farklı özellikte PV panelleri bağlanırsa kayıpları **en aza indirmek** için şunlar yapılmalıdır:

- Farklı tip PV panellerinden aynı akımlı olanlar seri bağlanmalıdır.
- Farklı tip PV panellerinden aynı gerilimli olanlar paralel bağlanmalıdır.
- Benzer akım ve gerilim değerlere sahip PV panelleri tercih edilmelidir.
- Her PV panelinin kendine özgü optimum güneş enerjisi izleme noktası vardır. MPPT şarj kontrol cihazı kullanıldığı düşünülürse her panelin etkisi bu MPPT'nin etkisini azaltır.

1.3.6.7. PV Paneli Sayısı ve Verimlilik Hesabı

Bir elektrik tüketen sistemde belirli sayıda PV paneli kullanılmalıdır. Aşağıdaki formüllerde bu tip sistemlerde kullanılacak minimum PV panel sayısı ve PV panel verimi görülmektedir.

$$N_{PV} = \frac{E_{Yük}}{t_{solar} \cdot P_{Pv}} \qquad \eta_{PV} = \frac{100 \cdot P_{Pv\,(max)}}{A_{Pv}}$$

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

- N_{PV} : Kullanılacak PV panel sayısı (adet)
- $E_{Yük}$: Günlük yük tüketimi (kWh)
- t_{solar} : Gün ışığı süresi (saat)
- P_{Pv} : PV panel çıkış gücü (kW)
- $P_{Pv\,(max)}$: Maksimum PV panel gücü (kW)
- A_{Pv} : PV panel alanı (m^2)

NOT

Bir PV panelinin üretebileceği elektrik miktarı, PV panelinin boyutuna, verimliliğine, aldığı solar radyasyon miktarına ve sıcaklığına bağlı olarak değişir. Buna göre bir PV paneli (ışığın dik olduğu dikkate alındığında) 1 m^2 **başına ortalama 150 W** güç üretir. PV panellerinde **maksimum verim %30** civarındadır.

ÖRNEK

100x70 cm ölçülerine sahip ve gücü 150 W olan PV panelin verimi kaçtır?

ÇÖZÜM

$A_{Pv} = 1 \cdot 0{,}7 = 0{,}7\ m^2$ ve $P_{Pv\,(max)} = 150W = 0{,}15\ kW$

$$\eta_{PV} = \frac{100 \cdot P_{Pv\,(max)}}{A_{Pv}} = \frac{100 \cdot 0{,}15}{0{,}7} = \%21{,}42$$

ÖRNEK

Kapalı bir depo için PV panelli aydınlatma sistemi uygulanmaktadır. Maksimum 205 W gücünde, 36 hücreli, 30 yıl ömürlü, %19,16 verimliliği olan, 25,94 V voltajlı, 9,62 A çalışma akımlı ve 1490x680x30 mm ölçülerine sahip bir PV paneli deponun çatı bölgesine uygun açılarda yerleştirilmiştir. PV panelin bulunduğu ortam gün ışığını 10 saate kadar alabilmektedir. Kapalı depo içerisinde 16 adet 100 W lamba ve 4 adet 300 W priz bu saat aralığında 8 saat çalışmaktadır. Buna göre çatıya yerleştirilecek PV panelinin sayısı en az kaç olmalıdır?

ÇÖZÜM

$A_{Pv} = 1{,}49 \cdot 0{,}68 = 1{,}01\ m^2$ (PV paneli alanı)

$E_{Yük} = 8 \cdot (16 \cdot 100 + 4 \cdot 300) = 8 \cdot 2800 = 22400\ Wh = 22{,}4\ kWh$ (8 saatlik enerji tüketimi)

$$N_{PV} = \frac{E_{Yük}}{t_{solar} \cdot P_{Pv}} = \frac{22{,}4}{10 \cdot 0{,}205} = 10{,}92 \cong 11 \text{ adet (205 W PV paneli)}$$

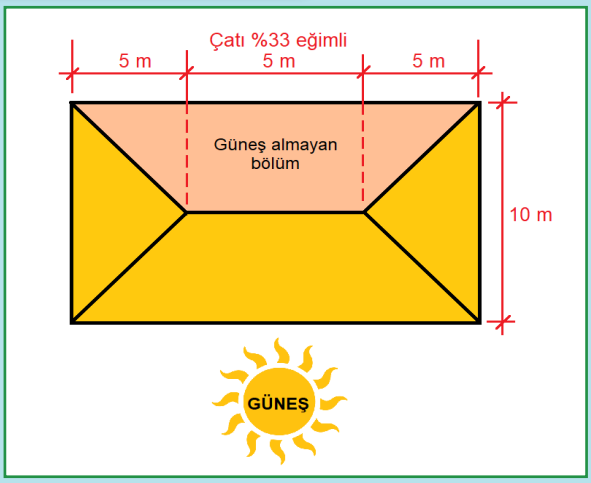
SIRA SİZDE

1465 d/d, 18,5 kW ve 34,9 A özelliğindeki üç fazlı asenkron motor için ne kadarlık bir PV paneli yeterli olur?

NOT

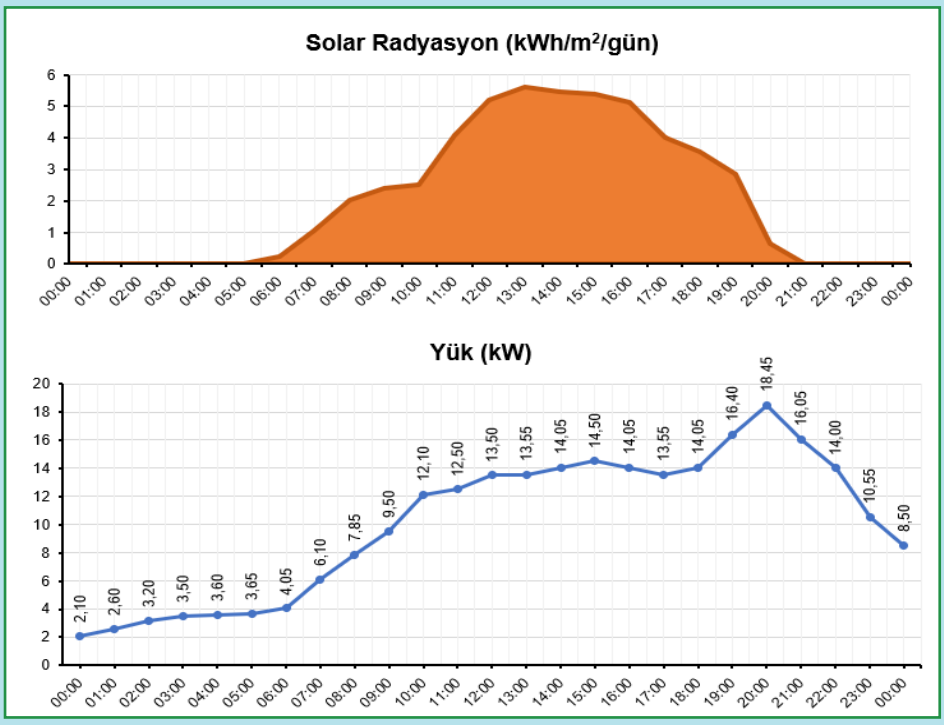
Ortam 10-12 saat gün ışığı almaktadır.

SIRA SİZDE



Görsel 1.46: Çatı alanı yerleşimi ve güneşin geçtiği bölüm

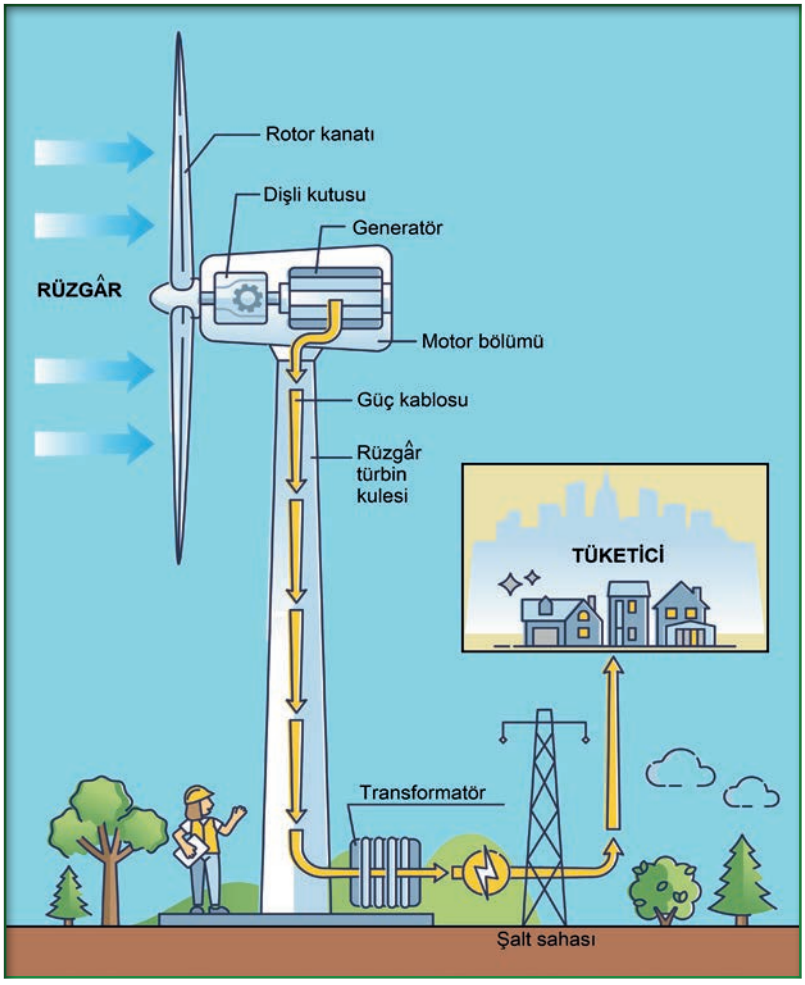
Görsel 1.46'da bir binanın çatı kısmının tasarımı ve güneş alma durumu, Görsel 1.47'de ise bu bölgenin solar radyasyon değişimi ile binadaki yük değişimi verilmiştir. Çatıdaki kullanılabilir PV paneli alanını hesaplayınız. PV paneli sitelerinden PV paneli kataloglarını inceleyiniz ve bu sistem için kullanılabilir olanları belirleyip tablo şeklinde not alınız. Görseldeki yük ve gün ışığı durumunu dikkate alarak ne kadarlık bir PV gücünün yük için yeterli olabileceğini belirleyiniz. Sonuçları yorumlayınız.



Görsel 1.47: Bölgenin günlük solar radyasyon potansiyeli ve elektrik yük değişimi

1.3.7. Rüzgâr Türbinli Enerji Santrali (RES)

Rüzgârın kinetik enerjisinin rüzgâr türbinleri sayesinde elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santrallere **rüzgâr türbinli enerji santralleri (RES)** denir.



Görsel 1.48: Rüzgâr türbinli santralin iç yapısı

Görsel 1.48'de rüzgâr türbininin yapısı görülmektedir. Rüzgâr türbinlerinin yapıları şöyledir:

- **Rotor Kanatları (Pervaneler):** Rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çeviren aerodinamik parçadır.
- **Dişli Kutusu:** Pervane şaftının dönüş hızını elektrik üretimi için uygun seviyeye ayarlayan dişlilerin bulunduğu mekanik parçadır.
- **Alternatör (Generatör):** Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren aygıttır.
- **Kule:** Rüzgâr türbinini sabitleyen yüksek yapıdır.
- **Transformatör:** Alternatörün ürettiği AC gerilimi, ulusal veya uluslararası enterkonnekte şebekenin besleme hatları için uygun bir değere yükseltir.
- **Şalt Sahası:** Transformatör yardımıyla gerilimin dönüştürüldüğü istasyonlardır.

Çalışması: Rüzgârdaki kinetik enerji pervaneler yardımıyla mekanik enerjiye dönüştürülür ve pervane şaftı döndürülür. Pervane şaftının dönüş hızı dişli kutusunda ayarlanarak alternatör şaftının elektrik üretimine uygun hızda dönmesi sağlanır. Alternatör şaftının dönmesiyle elektrik enerjisi üretilir. Alternatörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanır ve AC gerilime dönüştürülerek şebekeye aktarılır veya alternatörden elde edilen elektrik, güç trafosuyla yükseltilip iletim hattına aktarılır.

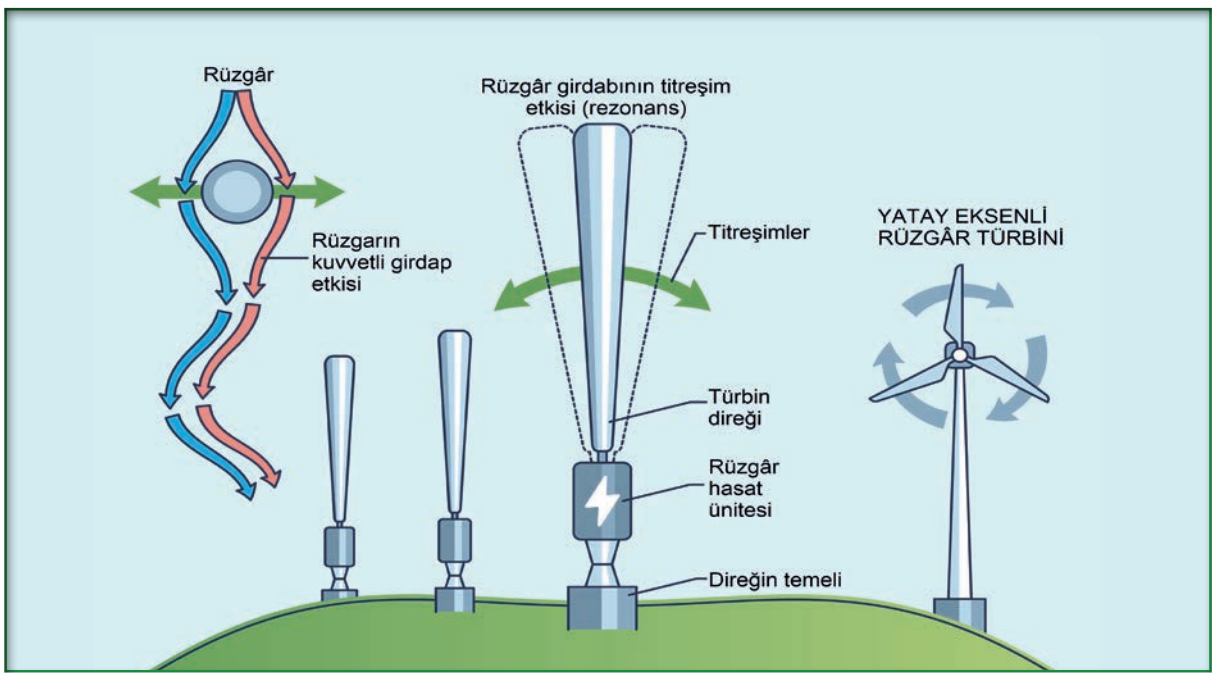
Türkiye'de EÜAŞ ve özel elektrik üretim şirketleri tarafından işletilen rüzgâr santralleri Görsel 1.49'da görülmektedir.



Görsel 1.49: Rüzgâr enerji santralleri bulunan iller

Rüzgâr türbin modelleri şunlardır:

- Kara tipi (on-shore) rüzgâr türbinleri
  - ✓ Pervanesiz (titreşimli) tip (Görsel 1.50)
  - ✓ Pervaneli tip

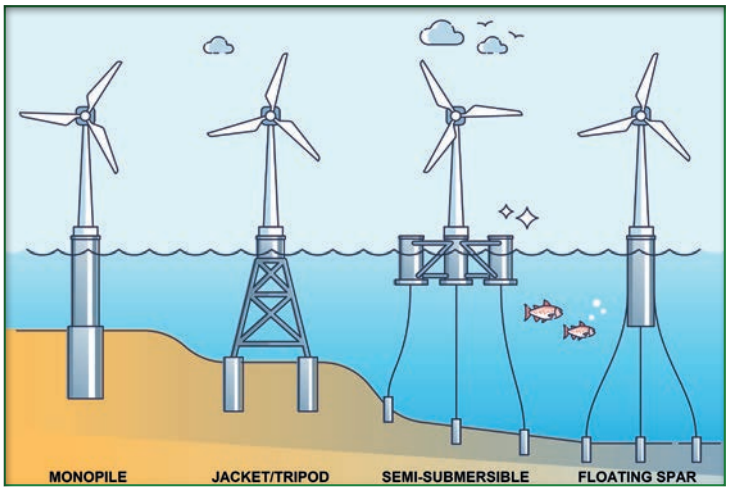


Görsel 1.50: Rüzgârın türbin modelleri

SIRA SİZDE

Pervanesiz tip rüzgâr türbinlerinin çeşitlerini ve çalışmasını araştırınız. Beş sayfayı geçmeyecek şekilde bir rapor hazırlayıp öğretmeninize teslim ediniz.

- Deniz tipi (off-shore) rüzgâr türbinleri (Görsel 1.51)
  - ✓ Tek kuleli (monopile)
  - ✓ Demir ağlı (jacket / tripod)
  - ✓ Yüzen çok direkli (semi-submersible)
  - ✓ Yüzen tek direkli (floating spar)



Görsel 1.51: Deniz üstü rüzgâr türbinli santralin türleri

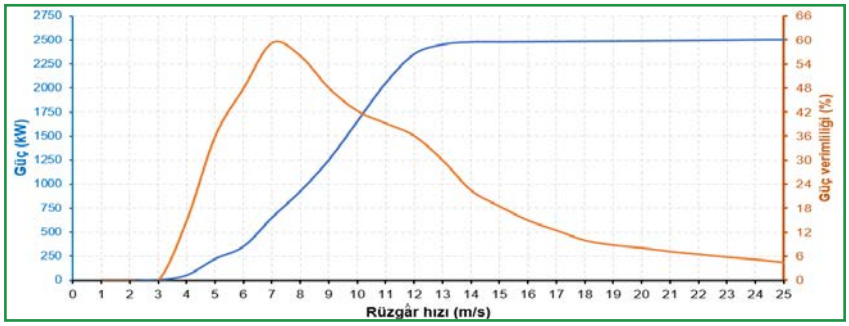
Bir rüzgâr türbininin üreteceği güç değeri şu formülle hesaplanır:

$$P_{RT} = \frac{\mu \cdot V^3 \cdot C_P \cdot A}{2} \qquad A = \pi \cdot R^2_{rotor}$$

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

P_{RT} : Rüzgâr türbinin üreteceği güç değeri (W)
μ : Hava yoğunluğu (1,225 kg/m^3 → deniz seviyesinde, +15 ^{0}C sıcaklıkta)
V : Rüzgâr hızı (türbin yüksekliğindeki)
C_P : Rüzgâr türbin güç verimliliği (Betz limiti) (%) (maksimum değer %59,26)
A : Rüzgâr türbininin kanatlarının süpürdüğü alan (m^2)
R_{rotor} : Rüzgâr türbin kanadının rotor yarıçapı (m)

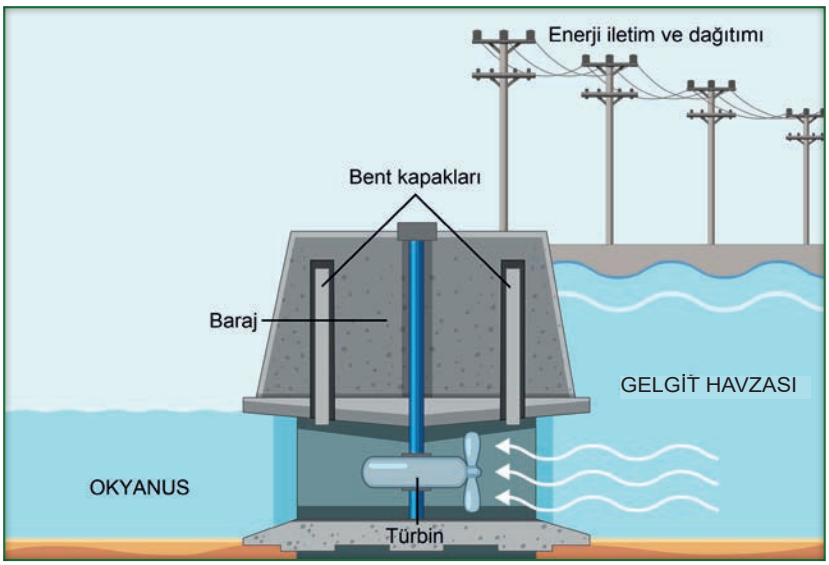
Görsel 1.52'de örnek bir rüzgâr türbini için elde edilen rüzgâr hızı değişimi sonucundaki güç ve güç verimliliği grafiği görülmektedir. Her türbinin kendine özgü bir rüzgâr karakteristik grafiği vardır.



Görsel 1.52: Rüzgâr hızına göre güç ve güç verimliliği değişimi

1.3.8. Gelgit Santralleri

Okyanuslarda ve denizlerde oluşan gelgit olayının oluşturduğu kinetik enerjinin çeşitli yöntemler kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santrallere **gelgit enerji santralleri** denir. Görsel 1.53'te gelgit santralinin yapısı görülmektedir.



Görsel 1.53: Gelgit santralinin iç yapısı

Gelgit santralinin bölümleri şunlardır:

- **Bariyer:** Gelgit havzasının yapıldığı alanın kapatılarak deniz suyunun depolanmasını sağlayan beton veya dolgu malzemesinden inşa edilen yapıdır.
- **Bent Kapakları:** Gelgit havzasına deniz suyu toplanmasını, boşaltılmasını sağlayan veya acil durumlarda havzayı korumak için kullanılan kapaklardır.
- **Gelgit Havzası:** Deniz suyunun toplandığı alandır.
- **Türbin:** Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Türbinler yüksek devirler elde etmek için yatay şaftlı olarak yapılır.
- **Alternatör (Generatör):** Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren aygıttır.

Çalışması: Gelgit olayında deniz suları yükseldiğinde türbin kanalından deniz suyu gelgit havzasına doldurulur. Bu esnada türbin kanalından akan deniz suyu türbin kanatlarına bağlı olan alternatör şaftını döndürür. Türbin şaftının dönmesiyle alternatörden elektrik enerjisi elde edilir. Gelgit olayı sonunda deniz seviyesi azaldığında havzada depolanan deniz suyu türbin kanalından denize doğru akar ve türbin kanatlarına bağlı olan alternatörden tekrar elektrik enerjisi elde edilir. Her iki durumda da üretilen elektrik güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir.

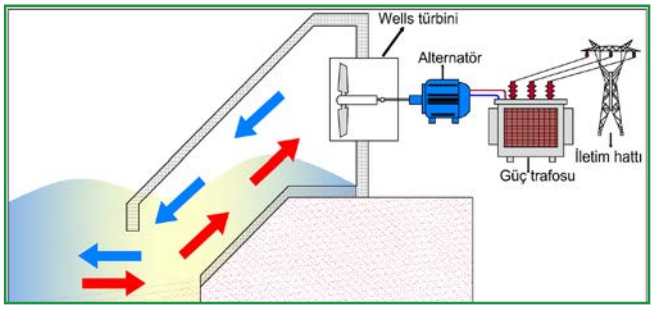
1.3.9. Dalga Enerjisi Santrali

Deniz ve okyanuslarda çeşitli etkilerle oluşan dalgaların oluşturduğu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santrallere **dalga enerjisi santralleri** denir. Bu santraller bulundukları okyanus ya da deniz kesimine göre üçe ayrılır.

1.3.9.1. Kıyı Şeridi Dalga Enerjisi Santrali

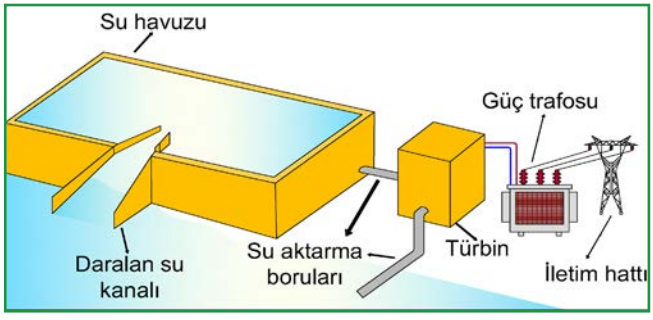
Enerji üretimi kıyıda yapılır. Enerji üretiminde dalgaların taşıdığı deniz suyu veya dalganın sıkıştırdığı hava kullanılır. Enerji üretim yapıları kıyıda olduğundan inşa ve bakım onarım işlemleri açısından avantajlıdır. Ancak dalgaların kinetik enerjisi kıyıda azaldığından verimleri düşüktür. Başlıca kıyı şeridi dalga enerjisi santralleri şunlardır:

Salınımlı Su Kolonu (Oscillating Water Column-OWC): Salınımlı su kolonu sisteminde deniz suyunun havayı sıkıştırmasıyla türbinlerin döndürülmesi sağlanır. Kıyıdaki yapının alt tarafından dalgalarla deniz suyu yapının içerisine girer. Yapının içindeki havayı sıkıştırarak türbine doğru yönlendirir. Türbinin dönmesiyle alternatörden elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.54). Enerji üretiminde Wells türbini kullanıldığından dalganın hem yapıya girmesinde hem de yapıdan çıkmasında türbin istenilen yönde döndürülür.



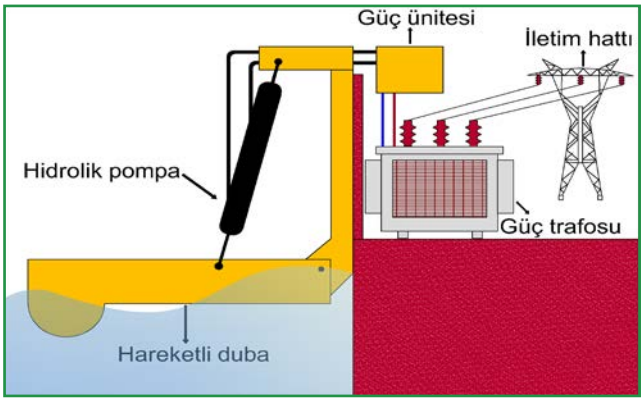
Görsel 1.54: Salınımlı su kolonu sistemiyle enerji elde edilmesi

Daralan Kanal Sistemi (TAPCHAN): Daralan kanal sisteminde deniz suyunun havuza doldurulup bırakılması sırasında elektrik enerjisi elde edilir. Kıyıdan birkaç metre yukarıya inşa edilir. Havuzun giriş kısmı daralan kanal şeklindedir. Havuzda depolanan deniz suyu boruyla taşınarak türbin üzerinden geçirilir. Türbinin dönmesiyle alternatörden elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.55).



Görsel 1.55: Daralan kanal sistemiyle enerji elde edilmesi

Sarkaç Sistemi (Pendular): Sarkaç sisteminde deniz üzerine yerleştirilen duba, deniz dalga hareketleriyle aşağı yukarı hareket eder. Duba üzerinde bulunan hidrolik kollarda aşağı yukarı hareket ederek kıyıda bulunan hidrolik motor döndürülür. Hidrolik motor alternatör şaftının dönmesini sağlar. Şaftın dönmesiyle alternatörden elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.56).

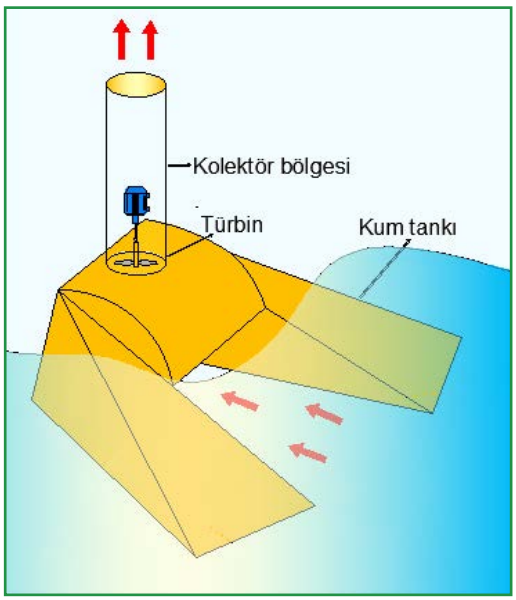


Görsel 1.56: Sarkaç sistemiyle enerji elde edilmesi

1.3.9.2. Kıyıya Yakın Dalga Enerjisi Santrali

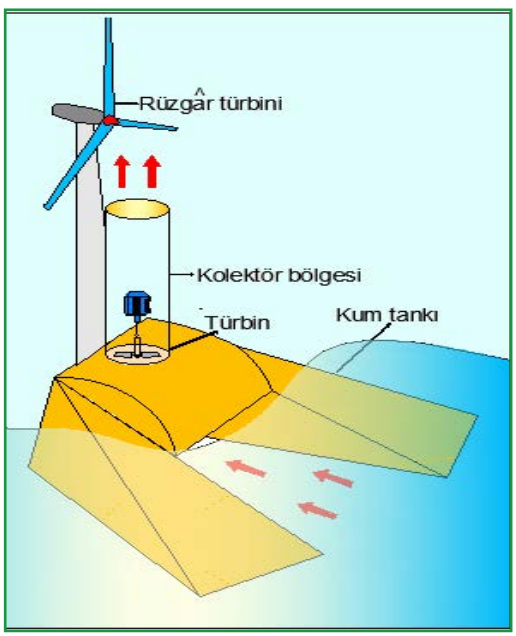
Deniz derinliğinin 10-25 metre olduğu, kıyıya yakın yerlerde kurulan dalga enerjisi santralleridir. Başlıca kıyıya yakın dalga enerjisi santralleri şunlardır:

Osprey (OSP) Dalga Enerjisi Santrali: Osprey sistemi deniz içine kurulan salınımlı su kolonu santrali gibi düşünülebilir. Denizdeki dalgalar daralan kanalla santralin tabanına yönlendirilir. Dalga, yapının içindeki havayı sıkıştırarak türbine doğru iter. Türbinin dönmesiyle alternatörden elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.57).



Görsel 1.57: Osprey sistemiyle enerji elde edilmesi

Rüzgâr ve Okyanus Salınım Enerjisi (Wind and Ocean Oscillation Energy - WOSP) Santrali: WOSP sistemi, osprey sistemine rüzgâr türbini eklenmesiyle elde edilir. Elektrik enerjisi üretiminde hem deniz dalgası hem de rüzgâr enerjisi kullanılır (Görsel 1.58).

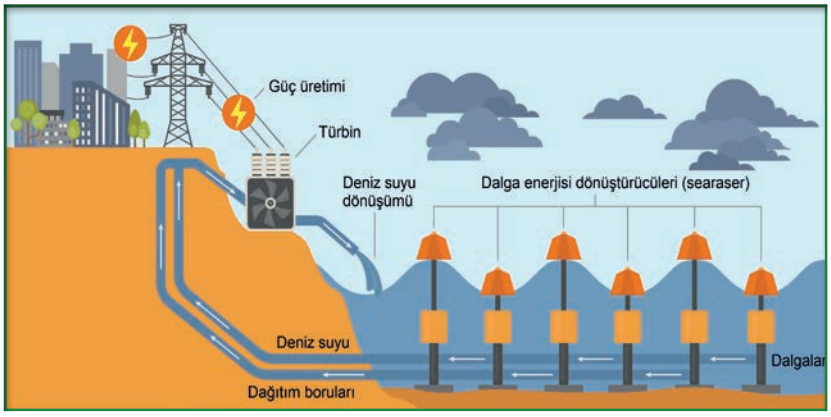


Görsel 1.58: WOSP sistemiyle enerji elde edilmesi

Oyster Dalga Enerjisi Santrali: Oyster sistemi, deniz suyunun karaya pompalanıp elektrik enerjisi elde edilmesi yöntemine dayanır. Görsel 1.59'da oyster dalga enerjisi santralinin yapısı görülmektedir.

Oyster dalga enerjisi santralinin yapısında şunlar bulunur:

- **Deniz Suyu Kanalları:** Deniz suyunu karaya taşıyan su kanallarıdır.
- **Dalga Enerjisi Dönüştürücüleri:** Deniz suyunu alıp karaya pompalayan platformdur.
- **Deniz Suyu Atık Kanalı:** Türbin çıkışındaki suyu denize aktaran su kanalıdır.
- **Türbin:** Yüksek basınçlı buharın kinetik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren makine düzeneğidir. Türbinler yüksek devirler elde etmek için yatay şaftlı olarak yapılır.
- **Alternatör (Generatör):** Hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren aygıttır.

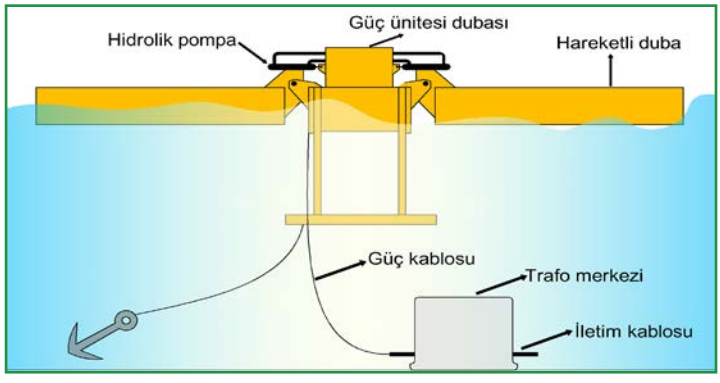


Görsel 1.59: Oyster sistemiyle enerji elde edilmesi

Çalışması: Denize yerleştirilen platformun üst kapakları dalga hareketiyle açılıp kapanarak deniz suyunu alır ve pompalara yöneltir. Deniz tabanına sabitlenen hidrolik pompalar taban akıntılarıyla hareket ederek deniz suyunu karadaki türbine pompalar. Türbinden daha yukarı çıkarılan deniz suyunun borularla yer çekiminden faydalanılarak türbine doğru akıtılmasıyla potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüştürülür. Yüksek basınçla akan su, türbin kanatlarına bağlı olan alternatör şaftını döndürür. Türbin şaftının dönmesiyle alternatör rotorları dönmeye başlar ve elektrik enerjisi elde edilir. Üretilen elektrik, güç trafosuyla yükseltilerek iletim hattına verilir. Türbinden çıkan su denize boşaltılır.

1.3.9.3. Kıyıdan Uzak Dalga Enerjisi Santrali

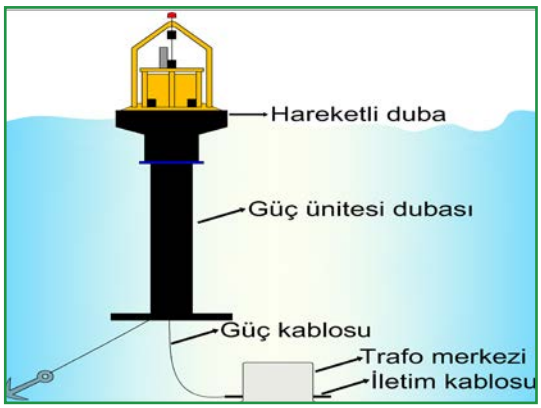
Deniz derinliğinin kırk metreden daha fazla olduğu açık denizlerde kurulan dalga enerjisi santralleridir. Başlıca kıyıdan uzak dalga enerjisi santralleri şunlardır:



Görsel 1.60: McCabe kanal sistemiyle enerji elde edilmesi

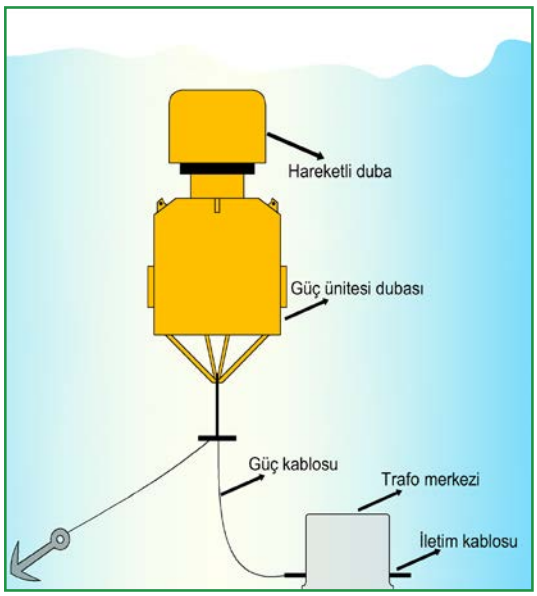
McCabe Dalga Enerjisi Santrali: McCabe dalga enerjisi santrali sistemi birbirine bağlı hareket edebilen üç adet dikdörtgen çelik dubadan oluşur. Yanlarda iki duba ortadaki dubaya hidrolik kollarla bağlıdır. Dalga hareketleriyle hidrolik kollar hareket ederek hidrolik motoru tek yönde döndürür. Hidrolik motor alternatör şaftının dönmesini sağlar ve elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.60).

OPT Dalga Enerjisi Santrali (WEC): OPT dalga enerjisi santrali sistemi deniz dalga hareketlerinin kinetik enerjisini kullanma prensibine dayanır. Bu sistem denize daldırılmış iki silindirik parçadan oluşur. Parçalardan biri hareketli, diğeri sabittir. Hareketli parça deniz dalgaları ile aşağı yukarı hareket ederek hidrolik kolu hareket ettirir. Hareket, özel tasarım mekanizmayla alternatör şaftının dönmesini sağlar ve elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.61). Üretilen elektrik enerjisi OPT'de bulunun akülerde depolanır ve trafo merkezine aktarılır.



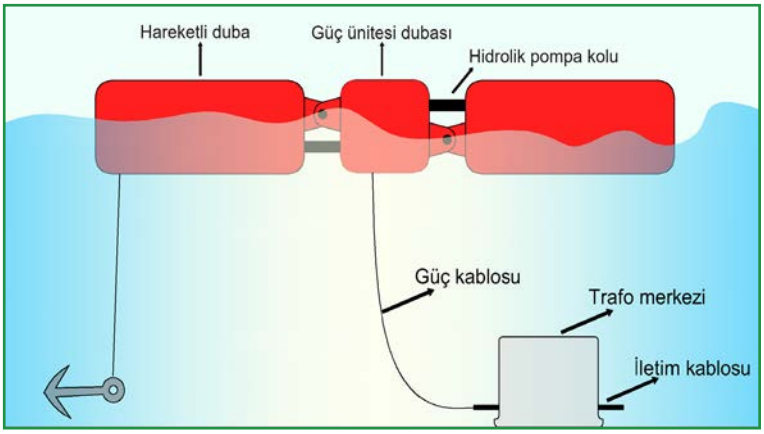
Görsel 1.61: OPT sistemiyle enerji elde edilmesi

Arşimet Dalga Enerjisi Santrali: Arşimet dalga enerjisi santral sistemi de deniz dalga hareketlerinin kinetik enerjisini kullanma prensibine dayanır. Bu sistem denize dikey yerleştirilmiş, birbirinden bağımsız hareket eden şamandıra ve güç ünitesinden oluşur. Deniz yüzeyinin üç dört metre altına yerleştirilir ve deniz tabanına sabitlenir. Güç ünitesi şamandıraya hidrolik kolla bağlıdır. Şamandıra deniz dalgasıyla hidrolik kolu aşağı yukarı hareket ettirerek hidrolik motoru tek yönde döndürür. Bu motor, alternatör şaftının dönmesini sağlar ve elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.62).



Görsel 1.62: Arşimet sistemiyle enerji elde edilmesi

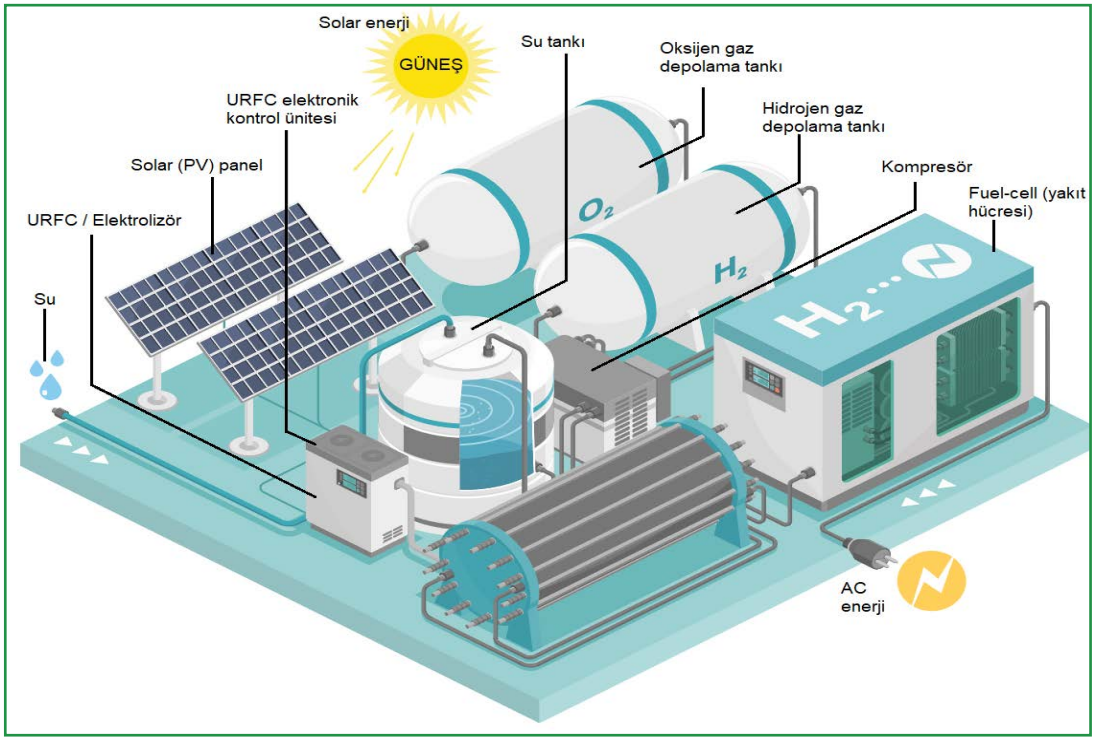
Pelamis Dalga Enerjisi Santrali: Pelamis dalga enerjisi santral sistemi de deniz dalga hareketlerinin kinetik enerjisini kullanma prensibiyle çalışır. Bu sistem denize yatay yerleştirilmiş, birbirinden bağımsız hareket eden silindirik tüpler ve güç ünitelerinden oluşur. Deniz yüzeyine yarı batık şekilde yerleştirilir. Her bir güç ünitesi iki silindirik tüpe hidrolik kollarla bağlıdır. Dalga ile hareket eden tüpler hidrolik kolları ileri geri hareket ettirerek hidrolik motoru tek yönde döndürür. Hidrolik motor alternatör şaftının dönmesini sağlar ve elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.63).



Görsel 1.63: Pelamis sistemiyle enerji elde edilmesi

1.3.10. Hidrojen (H_2) Enerji Santralleri

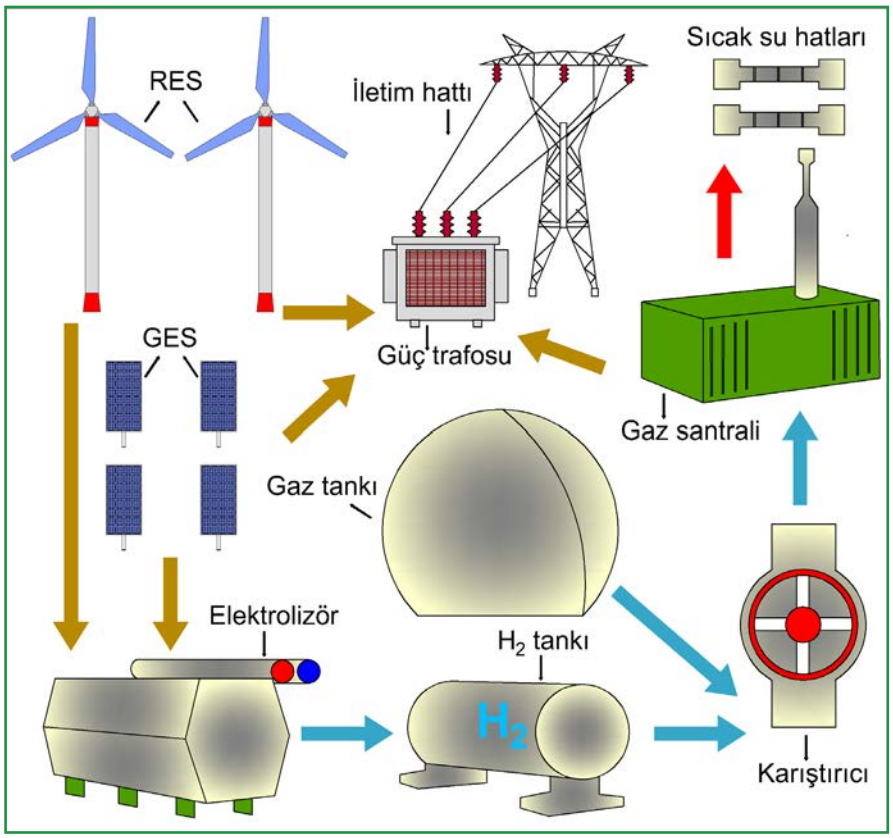
Hidrojen (H_2) gazı, elektrik enerjisi üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Enerji üretimde çevreye zarar vermez. Atık olarak su üretilir. Hidrojen, gaz türbini santrallerinde veya yakıt hücreli santrallerde kullanılır (Görsel 1.64). Bu enerji, depolama sorunundan ve tam verimli kullanılamamasından ötürü hâlâ geliştirme aşamasındadır.



Görsel 1.64: Hidrojen ile çalışan elektrik santrali

1.3.10.1. Hidrojen Gazı Enerji Santralleri

Üretilen hidrojen gazı uygun basınç altında yakılır. Oluşan ısı ve su buharının alternatörü döndürmesi sonucu elektrik üretimi gerçekleşir. Hidrojen genelde doğal gaz ve biyogazla karıştırılıp yakılır. Görsel 1.65'te hidrojen (H_2) enerji santralinin yapısı görülmektedir.



Görsel 1.65: Hidrojen enerji santralinin yapısı

Hidrojen enerji santralinin yapısında şu bölümler bulunur:

- **PV Paneli:** Elektroliz için gerekli enerjiyi üretir. Üretim fazlasını iletim hatlarına aktarır.
- **Elektrolizör:** Sudan hidrojen ve oksijen gazı üretir.
- **Hidrojen Tankı:** Üretilen hidrojen gazını depolar.
- **Mikser Vana:** Hidrojen gazıyla doğal gaz, biyogaz gibi gazların karışımını ayarlar.
- **Gaz Santrali:** Gaz yakıtıyla çalışan kojenerasyon tesisidir.
- **İletim Hatları:** Yüksek gerilimdeki elektrik enerjisinin, dağıtım hatlarına iletilmesini sağlayan enerji nakil hatlarıdır.

Çalışması: Rüzgâr ve PV panelleriyle üretilen elektrik enerjisi suyun elektrolizinde kullanılır. Suyun elektrolizi sonucunda hidrojen gazı elde edilerek tanklarda depolanır. Hidrojen gazının basıncı ve diğer yanıcı gazlarla karışımı ayarlanarak gaz enerjisi santraline gönderilir. Hidrojen gazı enerjisi santralinin çalışması doğal gaz enerjisi santralinin çalışmasıyla aynıdır. Türkiye'de henüz hidrojen gazı enerjisi santrali kurulu değildir. Ancak hidrojen gazı üretimine başlanmıştır.

Hidrojen enerji santrallerinin avantajları şunlardır:

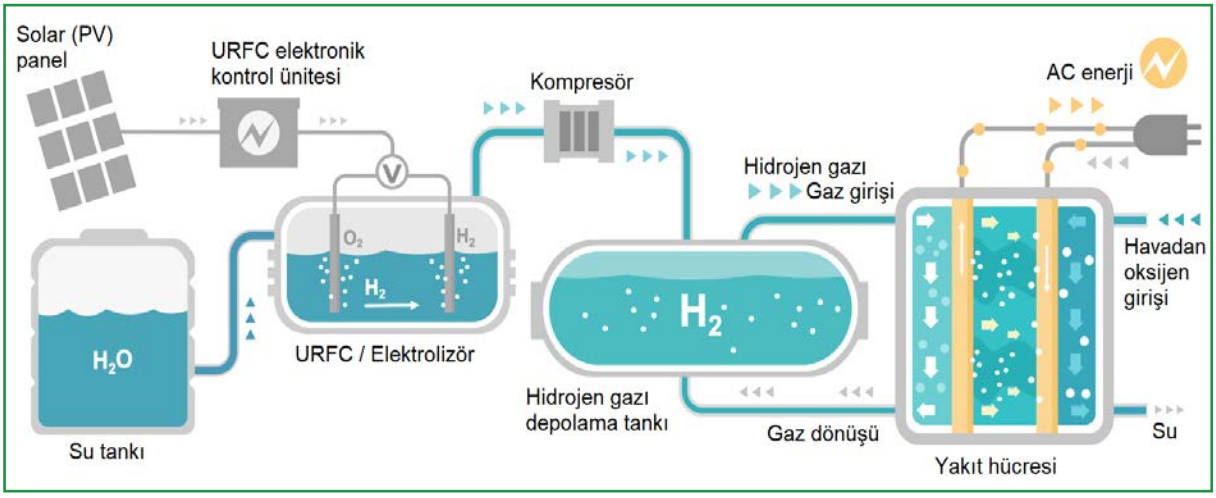
- Çevreyi kirletmez.
- Yüksek verime sahiptir.
- Hidrojen santral alanında üretilebilir.
- Soğutma suyu ihtiyacı azdır.

Hidrojen enerji santrallerinin dezavantajları şunlardır:

- Hidrojen molekülleri çok küçük olduğundan yüksek basınçta depolanması gerekir.
- Hidrojen gazı yanıcı olduğundan taşınması zordur.
- Hidrojen gazının üretim maliyeti yüksektir.
- Hidrojen gazı sıvılaştırılmış veya sıkıştırılmış hâlde taşındığından hidrojen sızıntısı gibi riskler söz konusudur.
- Elektroliz yönteminden daha ucuz olan hidrojen üretim sürecinde petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar kullanılır.

1.3.10.2. Hidrojen Yakıt Hücreli Enerji Santralleri

Üretilen hidrojen gazı, uygun basınç altında yakıt hücresine gönderilir ve bu hücrede hidrojen ve oksijen, elektrokimyasal reaksiyonla birleştirilir. Reaksiyon sırasında kimyasal enerji, elektrik enerjisine dönüştürülür. Görsel 1.66'da yakıt hücreli enerji santralinin yapısı gösterilmiştir.



Görsel 1.66: Yakıt hücreli enerji santralinin yapısı

Yakıt hücreli enerji santralinin yapısında şu kısımlar bulunur:

- **Elektrolizör** : Sudan hidrojen ve oksijen gazı üretir.
- **Hidrojen Tankı** : Üretilen hidrojen gazını depolar.
- **Yakıt Hücresi** : Hidrojen ve oksijen gazından elektrik enerjisi, su ve ısı üreten cihazdır.

Çalışması: PV panelleriyle üretilen enerji suyun elektrolizinde kullanılır. Suyun elektrolizi sonucunda hidrojen gazı elde edilerek tanklarda depolanır. H_2 gazı gönderilir. Yakıt hücresine anottan hidrojen gazı, katottan ise oksijen gazı gider. Yakıt hücresine anottan hidrojen, katottan oksijen gönderilir. Hidrojen, yakıt hücresinden geçerken pozitif yüklü hidrojen iyonlarına ve elektronlarına ayrılır. Pozitif yüklü hidrojen iyonları katoda doğrudan, elektronlarsa iletken üzerinden gönderilir. Böylece iletken üzerinde elektrik akımı oluşturulur. Katotta bir araya gelen elektronlar, pozitif yüklü hidrojen iyonları ve oksijen suya dönüşerek yakıt hücresinden dışarıya aktarılır. Reaksiyonların sürekli olması için yakıt hücresine sürekli olarak reaksiyona giren maddeler gönderilmelidir.

Yakıt Pilleri: Yakıt hücreli enerji santrallerinde tercih edilen önemli bir enerji depolama cihazıdır. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısında hızlı bir gelişim süreci göstermiştir. Bu piller anot ve katot yani iki elektrot arasına elektrolit tabakasının yerleştirilmesiyle meydana gelmiştir. Bu pillerin yüzeyi akım ve plakaların seri olarak bağlanması ile de voltaj oluşturmaktadır. Yakıt pilinde, yakıt kimyasal enerjiden elektrik ve mekanik enerji dönüşümlerine bırakır. Bu yüzden bu pillerde yanma olmaz ve elektrokimyasal bir dönüşüm ile elektrik üretimi gerçekleşir. Bu

pillerin hareketli parçası yoktur, piller çevre dostudur, yüksek verimlidir ve ölçeklenebilir. Ancak bataryalara göre durağan bir enerji depolama yoktur ve çalışması için sürekli reaktant oluşması gerekir. Ayrıca bu pillerde su gibi yan etkiler oluşmaktadır. Yakıt pilinin çeşitleri şunlardır:

- Alkali yakıt pilleri
- Erimiş karbonat yakıt pilleri
- Fosforik asit yakıt pilleri
- Katı oksit yakıt pilleri
- Polimer elektrolit yakıt pilleri

NOT

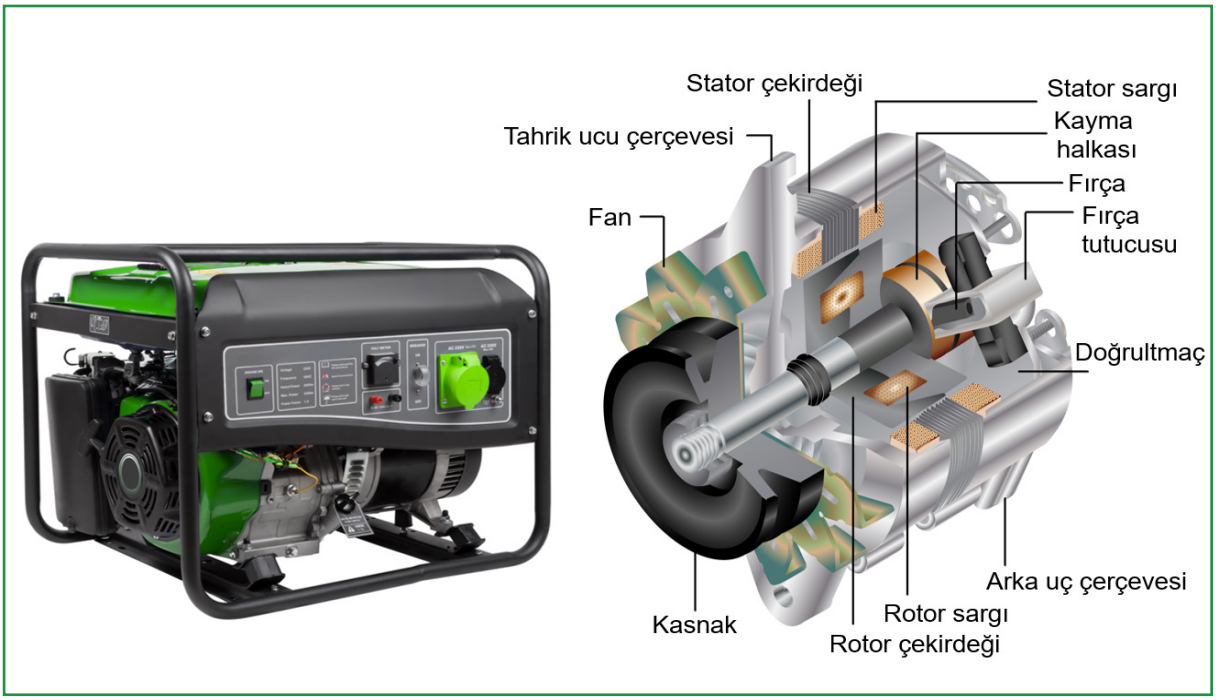
Bu santrallerin dışında özel amaçlı tasarlanan irili ufaklı birçok santral modeli bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda santral tasarımlarında birden çok santral birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin güneş panelli ile rüzgâr türbinli santral modeli gibi. Ayrıca bazı santral modelleri kara bölgesinde, deniz içerisinde veya üzerinde kurulabilmektedir.

1.4. ALTERNATÖRLERİN YAPISI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara **alternatör** denir. Alternatör, alternatif akım üreteci veya senkron generatörü olarak da isimlendirilir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılır ve en büyük enerji dönüştürücüleridir. 1 veya 3 fazlı AC akım üretir. Gerekli mekanik enerjiyi; elektrik motorları, su türbinleri, rüzgârgülleri gibi çeviricilerden elde eder. Elektrik enerjisinin üretiminde ve dağıtımında, yedek güç kaynağı olarak otomobiller, trenler, uçaklar, elektrikli araçlar, elektrik motorları, güneş enerjisi panelleri vb. birçok alanda kullanılır.

1.4.1. Alternatörün Yapısı ve Çalışması

Görsel 1.67'de bir dizel yakıtlı alternatör örneği ve alternatörün iç yapısı görülmektedir.



Görsel 1.67: Alternatör ve iç yapısı

Alternatörün iç yapısında bulunan parçalar şunlardır.

- **Rotor:** Uyartım sargılarının bulunduğu bölümdür. Rotor; rotor sargısı, kayar bilezik, rotor mili ve rotor (kutup) çekirdeklerinden (N-S kutuplarından) oluşur. N-S kutupları döner manyetik alanın oluşmasını sağlar. Su, rüzgâr, motor gibi çeviricilerden aldığı hareketle dönerek değişken manyetik alan oluşturan hareketli parçadır.
- **Stator:** Alternatörlerdeki sabit parçadır. Stator, stator sargısı (armatür) ve çekirdekten oluşur. Stator çekirdeği, stator sargılarının bulunduğu sac paketlerinden meydana gelen ve çelikten kaplanan oluklu bölümdür. Stator sargısı, yalıtılmış bakır tellerden oluşur. Stator, manyetik alanın oluştuğu bölümdür ve bu sargılarda AC akım üretilir.
- **Doğrultmaç:** Stator sargılarında üretilen AC akımın DC akıma dönüştürüldüğü bölümdür. Doğrultmaç devresi, normal ya da köprü diyotlar ile oluşturulur.
- **Kasnak:** Mekanik enerjiyi alarak alternatörü harekete geçirir.
- **Soğutma Fanı:** Alternatörün çalışması ile oluşan ısının soğutulmasında kullanılır. Böylece ısının ortamdan uzaklaştırılması ve hava akışının sağlanması ile alternatörün verimliliği arttırılır. Dökme alüminyumdan yapılır ve alternatöre uygun açıda yerleştirilir.
- **Fırça:** Kolektöre temas eden iletken fırçalar, gelen DC akımın alınmasını sağlar.
- **Fırça Tutucu:** İletken fırçayı tutmak için kullanılır.
- **Kayma Halkası:** Rotor mili üzerine bağlıdır. Alternatör rotoruna DC uyartım akımını uygulamak için kullanılır.
- **Gövde:** Çelikten ve silisli sactan yapılır. Rotorun 1,5 katına kadar hızda dönmesine dayanacak şekilde tasarlanır. Üzerinde alternatör elemanları, kasnak, köşebent ve kapaklar bulunur.

Çalışması: Alternatör, elektromanyetik indüksiyon metodu ile çalışır. Bu metot bir iletkenden geçen akımın değişmesi sonucu iletkende elektromotor kuvvet (EMK) indüklenmesi ilkesine dayanır. Alternatörün rotorundaki sargılara fırça ve halka yardımı ile DC gerilim uygulanır. Böylece rotor üzerinde (stator çevresinde) N-S kutuplu sabit bir manyetik alan oluşur. Rotorun haricî motor veya çeviriciler yardımıyla hareket ettirilmesi ile birlikte stator (armatür) iletkenleri, rotorun N-S kutuplarının sabit manyetik akısı ile kesilir. Elektromanyetik indüksiyon sonucunda armatür iletkenlerinde değişken özellikli bir EMK indüklenir ve stator sargılarının uçlarında değişken AC gerilim elde edilir. Her fazda indüklenen gerilimin büyüklüğü, rotordan geçen DC akıma, rotor hızına, fazdaki iletkenlerin sayısına ve iletkenlerin konumuna bağlı olarak değişir. Rotorun döndürülmesi ile birlikte armatür sargılarında üç fazlı bir gerilim indüklenir. Her fazdaki EMK büyüklüğü aynıdır ancak her faz arasında 120^0 lik elektriksel açı değişimleri vardır.

NOT

Alternatör ve DC jeneratörde hem armatür hem de alan sargıları vardır. DC jeneratör, rotora bağlı motordan aldığı mekanik enerjiyi AC veya DC akıma dönüştürür ve kolektör aracılığıyla çıkıştan DC akım elde edilir. Alternatör ise rotora bağlı motordan aldığı mekanik enerjiyi AC akıma dönüştüren bir jeneratördür. DC jeneratörde bobinler dönen parçaları (rotoru), mıknatıslar sabit parçaları (statoru) oluşturur. Alternatörde mıknatıslar rotoru, tel bobinleri ise statoru oluşturur. Alternatörde kayma halkaların kullanılması ile fırçalar DC jeneratöre göre daha uzun süre dayanır.

1.4.2. Alternatörün Avantajları ve Dezavantajları

Alternatörlerin avantajları şunlardır:

- Yüksek verimliliğe sahiptir.
- Uzun süre çalışabilir ve ömürleri uzundur.
- Bakım maliyetleri düşüktür ve çevreye zarar vermez.
- DC akım makinelerine göre daha az arıza yapar.
- AC akım ürettiğinden DC akıma dönüşüm oldukça kolaydır.

Alternatörlerin dezavantajları şunlardır:

- Kurulum maliyetleri yüksektir.
- Boyutları büyüktür.
- İlk hareketi için uyartıcı devre ve motorlara ihtiyaç duyar.
- Yüksek hızlarda döndüklerinde titreşim ve gürültü oluşturur.

1.4.3. Alternatör Çeşitleri

Yapılarına göre alternatör çeşitleri şunlardır:

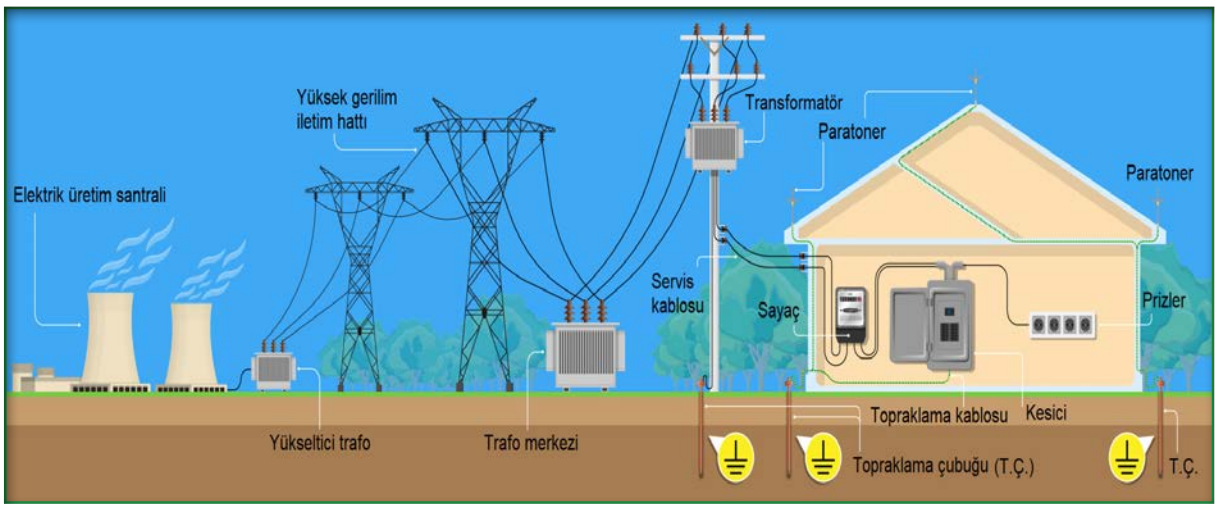
- Fırçasız (kömürsüz) alternatörler
- Fırçalı alternatörler
- Kompakt tip alternatörler

Uyartım şekillerine göre alternatör çeşitleri şunlardır:

- Uyartım diyotsuz alternatörler
- Uyartım diyotlu alternatörler
- Nötr nokta diyotlu alternatörler

1.4.4. Elektriğin Üretilmesi, İletilmesi ve Dağıtılması

Görsel 1.68'de elektriğin üretim, iletim ve dağıtım aşamaları görülmektedir. Elektrik santrallerinde alternatör ile üretilen AC gerilim, yükseltici trafolar ile yüksek gerilime (YG) dönüştürülür. Bunun amacı, uzun mesafelerde hat kayıplarını azami düzeyde tutmak ve enerji kalitesini sağlamaktır. Dönüştürülen YG, enerji iletim nakil hatları ile yerleşim yerlerine doğru taşınır. Yerleşim yerine yakın bölgede kurulu trafo merkezinde YG, orta gerilime (OG) düşürülür. Bu gerilim enerji dağıtım hatları ile çeşitli yerleşim bölgelerine dağıtılır. Yerleşim bölgeleri yakınlarında bulunan dağıtım trafolarına gelen OG, alçak gerilime (AG) düşürülür ve çeşitli direkler ya da yer altı hatlar ile tüketicilere ulaştırılır. OG ve YG enerji dağıtımları genellikle havadaki hatlar ile yapılır. Ancak AG enerji dağıtımı bölgenin koşuluna bağlı olarak yerden ya da havadan olur.



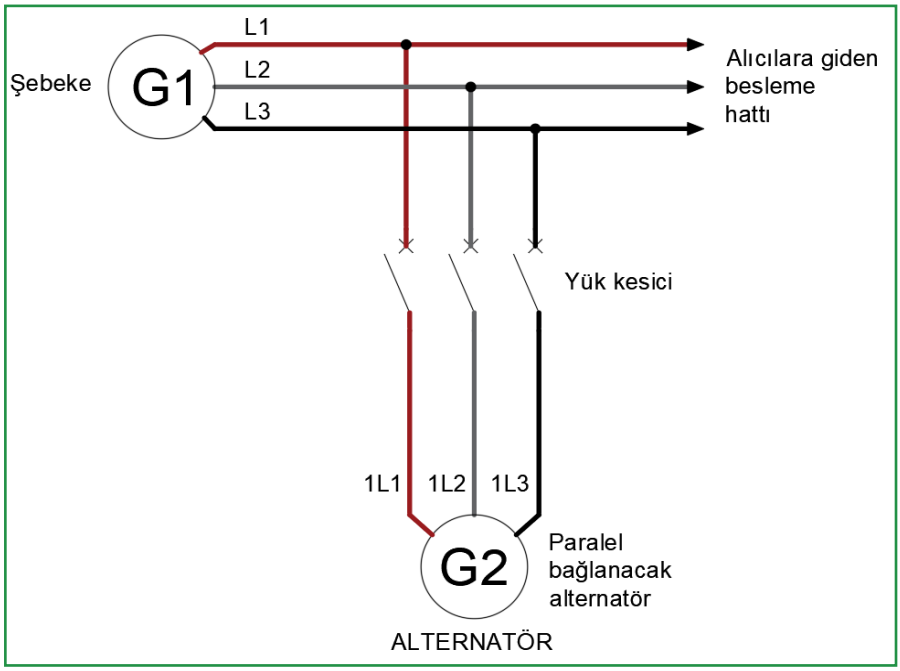
Görsel 1.68: Elektriğin üretimi, iletimi ve dağıtımı

ARAŞTIRMA

Bisikletlerde kullanılan dinamonun çalışma sistemini araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

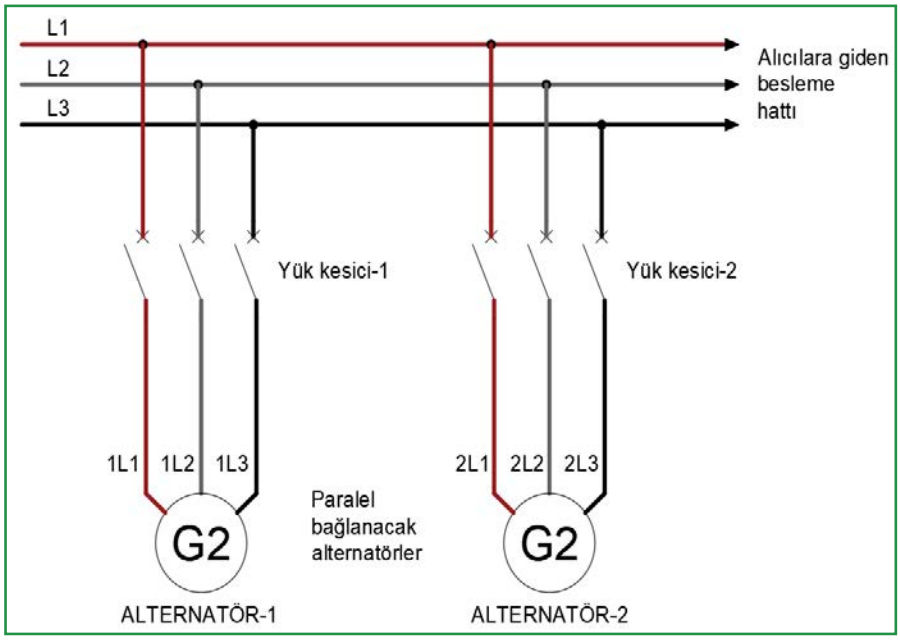
1.5. ALTERNATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI

Günümüzde birçok elektrik santrali, elektrik ihtiyacını karşılamak için enerji üretmektedir. Elektrik şebekesinin kapasitesi doğrultusunda özellikle enterkonnekte şebekede birden çok santralin sisteme girmesi için alternatörlerin devreye girmesi gerekir. Ancak alternatörlerin devreye girmesi için bazı koşullar sağlanmalıdır. Bu nedenle alternatörlerin birbirine paralel bağlanması için önceden gerekli ayarların yapılması gerekir.Görsel 1.69'da şebeke ile alternatörün paralel bağlanması görülmektedir.



Görsel 1.69: Şebeke ile alternatörün paralel bağlanması

Görsel 1.70'te her iki alternatörün paralel bağlanması görülmektedir.



Görsel 1.70: Her iki alternatörün paralel bağlanması

Alternatörlerin paralel bağlanmalarını gerektiren nedenler şunlardır:

- Büyük alıcıların (fabrika, sanayi, şehirler) beslenmesi için birden çok alternatörün paralel bağlanması gerekir.
- Büyük güçlü iki alternatörün paralel bağlanması yerine küçük güçlü birden çok alternatörün paralel bağlanarak elektrik yükünü beslemesi sistemin güvenilirliğini artırır.
- Paralel bağlı alternatörlerden birisinin arızalanması ya da bakıma alınması durumunda sistemin enerjisi kesilmez. Böylece bir alternatör devre dışı kalırken diğer alternatör yükü besler.
- Tek bir alternatör, yükü beslerken tüketilen yük miktarı azaldığında alternatör tam yükte çalışmaz ve alternatörün verimi düşer. Aynı yükü birden çok küçük alternatör beslerse yükler azaldığında azalan yükün miktarına göre alternatör devre dışı kalabilir.

Alternatörlerin paralel bağlanması için bazı şartların sağlanması işlemlerine **senkronizasyon işlemi (senkronlama)** denir. Bu şartlar şunlardır:

- Paralel bağlanacak alternatörün fazlarının uçlarındaki gerilimler eşit olmalıdır. Yani ilk alternatörün faz-faz gerilimi 380 kV ise diğerinin de aynı olmalıdır.
- Paralel bağlanacak alternatörün faz sıraları ($U_{R1} = U_{R2}$, $U_{S1} = U_{S2}$, $U_{T1} = U_{T2}$) aynı olmalıdır. Yani ilk alternatörün L1 (R) fazı, diğer alternatörün L1 (R) fazına bağlı olmalıdır.
- Paralel bağlanacak alternatörün frekansları ($f_1 = f_2$) eşit olmalıdır.
- Paralel bağlanacak alternatörün faz açıları ($\delta_1 = \delta_2$) aynı olmalıdır. Gerilimler arasında %5 ile %15 arasında [$V_1 \angle (\delta_1)$ ise $V_1 \angle (1{,}5 \cdot \delta_1)$] bir faz farkı olabilir.

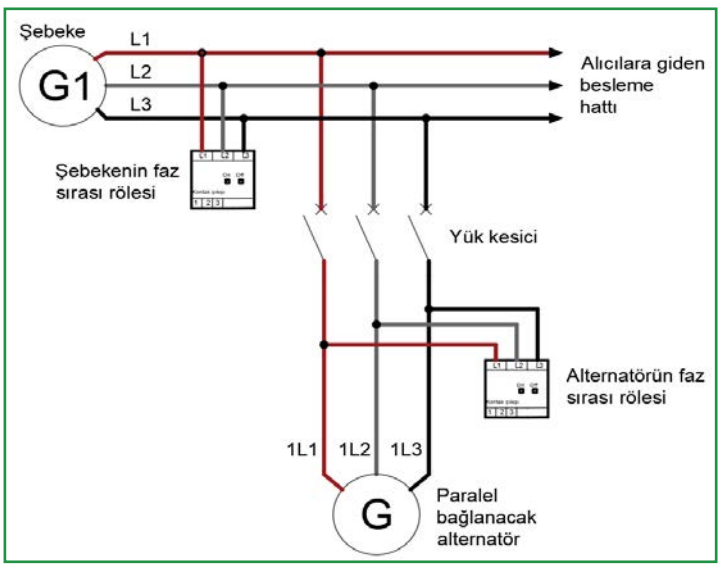
Paralel bağlanma şartlarının hepsinin **aynı anda sağlanması** gerekir. Bu şartlardan herhangi birisi olmazsa sistemde ciddi manada gerilim dalgalanmaları oluşur. Bunun sonucunda alternatörler hasar görür ve şebeke çöker. Bu nedenle senkron anında alternatörler paralel bağlanmalıdır.

Paralel bağlanma şartlarının yerine gelmesi için kullanılan yöntemler şunlardır:

Aynı Fazların Birbirine Bağlanması: Şebeke ile paralel bağlanacak olan alternatörün uçları aynı faz olmalıdır.

Faz sırasının aynı olup olmadığını tespit etmek için şu yöntemler kullanılır:

Aynı Fazların Faz Sırası Rölesi İle Birbirine Bağlanması: Paralel bağlanacak iki AC gerilim kaynağının uçlarına faz sırası rölesi bağlanır (Görsel 1.71). Birinci kaynağın faz sırası



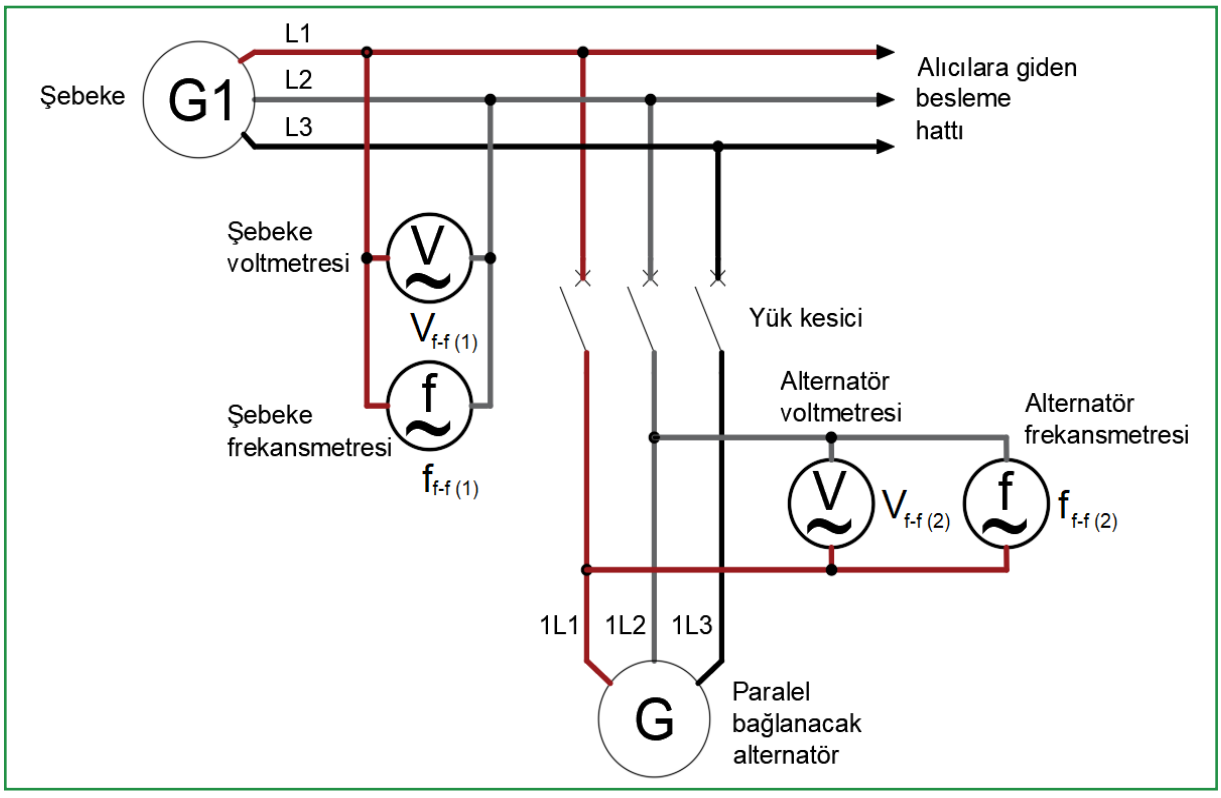
Görsel 1.71: Faz sırası rölesi ile aynı fazların birbirine bağlanması

doğru ise faz sırası rölesi üzerindeki ON ışığı yanar. Birinci kaynağın faz sırası ikinci kaynak için referans alınır. Aynı uçlar ikinci kaynağın faz sırası rölesine bağlanır. İkinci kaynağın faz sırası rölesi, bağlantı uçları karşılıklı gelecek şekilde bağlanır. İkinci kaynağın faz sırası doğru ise röle üzerindeki ON ışığı yanar, faz sıralaması yanlış ise ışık söner. Bu durumda ikinci kaynağın gerilim uçlarının yerleri değiştirilir.

Aynı Fazların Üç Fazlı Paralel Bağlı Lamba Yöntemi İle Birbirine Bağlanması: Şebekenin faz ucu ile paralel bağlanacak alternatörün faz ucu arasına lambalar paralel bağlanır. Alternatörlerin aynı fazlarındaki gerilimler arasındaki fark maksimum olduğunda lambalar aynı anda yanar ve söner. Bu durumda faz sıraları eşit demektir. Ancak iki faza ait lambalar aynı anda yanıp sönüyor, diğer lamba farklı zamanda yanıp sönüyorsa faz sıraları aynı değildir. Faz sıralarının yer değiştirilerek lambaların aynı anda yanıp sönmesi sağlanır.

Gerilim Eşitliğinin Sağlanması: Gerilim ölçümünün yapılabilmesi için iki alternatörün aynı fazlarına iki ayrı voltmetre (voltmetre komütatörü kullanılırsa tek voltmetre) veya iki ayrı skalası bulunan çift voltmetre bağlanır (Görsel 1.72). Alternatör gerilimleri farklı olursa alternatör rotoruna verilen uyartım geriliminin değiştirilmesi ile alternatör gerilimi ayarlanır.

Frekans Eşitliğinin Sağlanması: Paralel bağlanacak alternatörlerin frekanslarının eşit olması gerekir. Frekans eşitliği alternatörlerin devir sayısı ayarlanarak sağlanır. Alternatörlerin devir sayısını ayarlamak için alternatöre mekanik enerji veren sistemin (su türbini, buhar türbini veya dizel motorlar) girişlerinin ayarlanması gerekir. Frekans ölçümünün yapılabilmesi için iki ayrı skalalı ya da iki ayrı tip frekansmetre birlikte kullanılır (Görsel 1.72). Alternatörlerin frekanslarında %100 eşitlik sağlanamaz. Ancak aradaki farkın %1'den fazla olmaması gerekir.

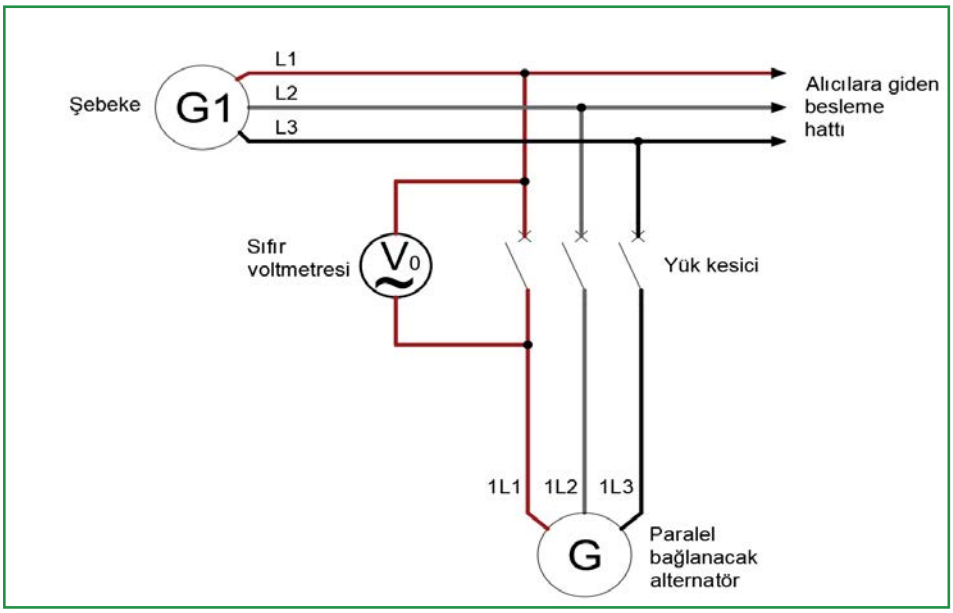


Görsel 1.72: Gerilim ve frekans eşitliğinin kontrolü

Faz Farkının Kontrol Edilmesi: Paralel bağlanacak alternatörlerin birbirine bağlanacak uçları arasında faz farkı olmamalıdır. Alternatörlerin faz eğrilerinin üst üste çakışması durumuna **senkronizm anı** denir. Uygulamalarda %5 ila %15 arasında farka izin verilir.

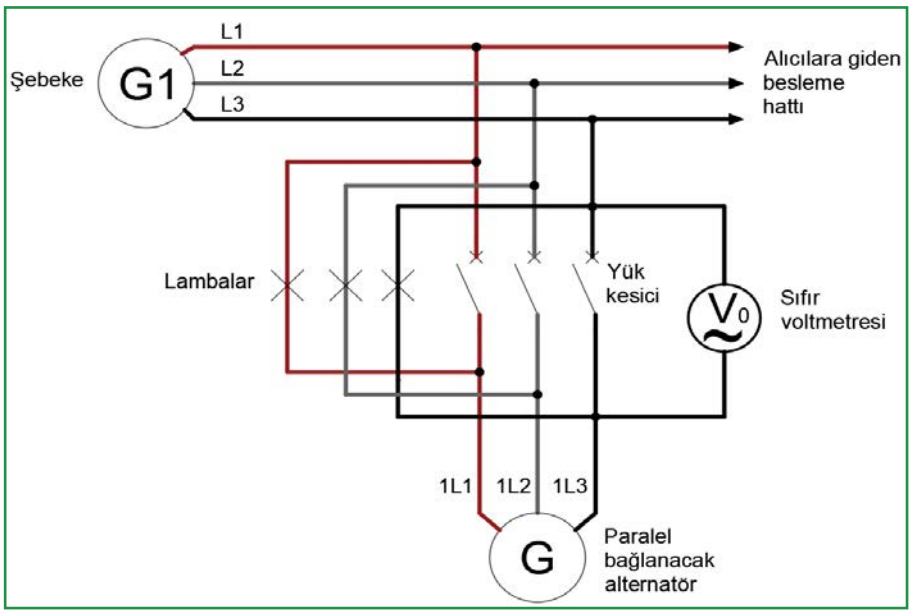
Faz farkının sıfır olduğunun anlaşılabilmesi için şu yöntemler kullanılır:

Faz Farkının Sıfır Voltmetresi ile Kontrol Edilmesi: Sıfır voltmetresi iki alternatörün aynı isimli uçlarına bağlanır (Görsel 1.73). Alternatör uçları arasında faz farkı bulunmuyorsa voltmetre sıfır değerini gösterir.



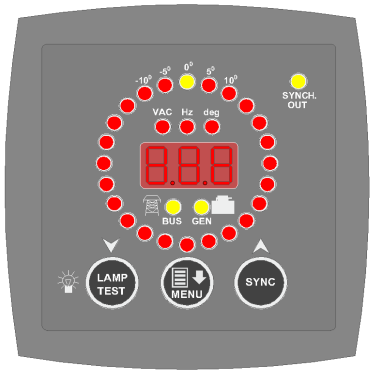
Görsel 1.73: Sıfır voltmetresi ile faz farkının kontrolü

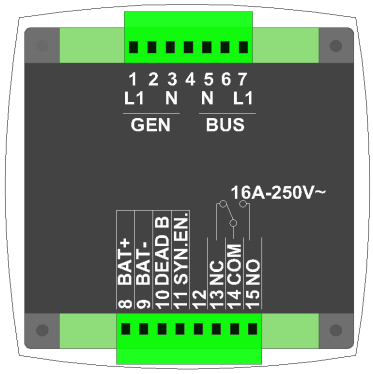
Faz Farkının Söner Işık Bağlantısı İle Kontrol Edilmesi: Paralel bağlanacak alternatörlerin faz sıraları bulunur. Paralel bağlanacak alternatörlerin gerilimi ve frekansı eşitlenir. Aynı adlı fazlar arasına faz gerilimini karşılayacak şekilde uygun sayıda lamba bağlanır (Görsel 1.74). Bağlantı tamamlandıktan sonra lambalar yanıp söner. Lambaların yanıp sönme hızı alternatörler arasındaki frekans farkından kaynaklanır. Paralel bağlanacak alternatörün devir sayısı ayarlanarak lambaların yanıp sönme hızı yavaşlatılır. Lambaların söndüğü an senkronizm anıdır. Bu anda paralel bağlantı gerçekleştirilir. Lambalar ile beraber bir sıfır voltmetresi de kullanılarak voltmetrenin sıfır gösterdiği an takip edilir.



Görsel 1.74: Söner ışık bağlantısı

- **Faz Farkının Senkronoskop ile Kontrol Edilmesi:** Senkronoskop, paralel bağlanacak alternatörlerin frekans ve gerilim değerlerini izler. Alternatörler arasındaki anlık faz farkını yani senkronizm anını ekranı üzerinde gösteren cihazdır. Görsel 1.75'te senkronoskop cihazının görünümü verilmiştir (Görsel 1.76).

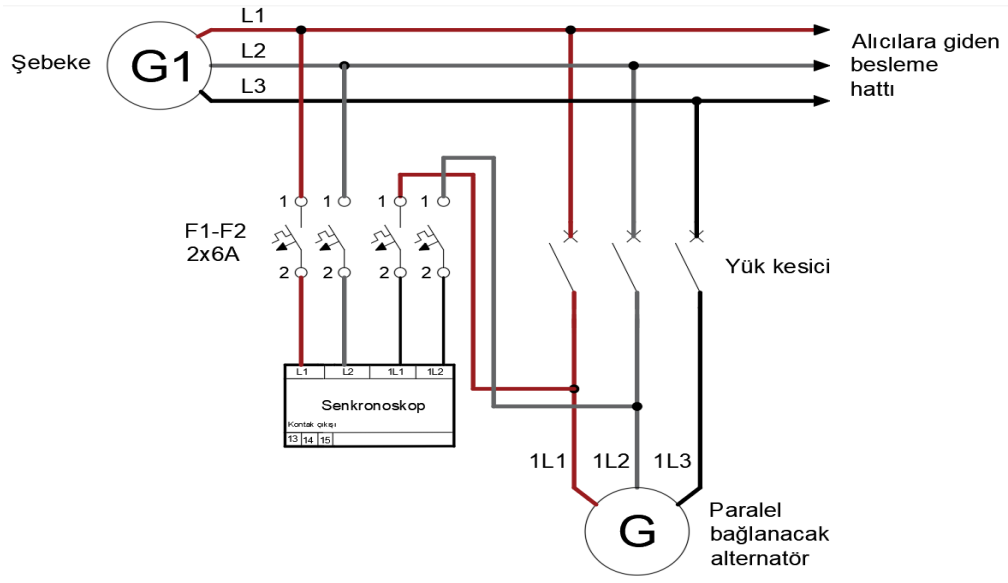




1. Jeneratör fazı (0-300V AC)
2. Boş uç
3. Jeneratör nötr
4. Boş uç
5. Bara nötr
6. Boş uç
7. Bara fazı (0-300V AC)
8. Akü (+12 veya 24V DC)
9. Akü (0V DC)
10. Baş barayı besle
11. Senkronizasyon kontrolünü başlat
12. Boş uç
13. Senkronizasyon rölesi (normalde kapalı kontak)
14. Senkronizasyon rölesi (ortak kontak)
15. Senkronizasyon rölesi (normalde açık kontak)

Görsel 1.75: Senkronoskop cihazının önden ve arkadan görünümü

Görsel 1.76'da senkronoskop cihazının bağlantı şeması görülmektedir.



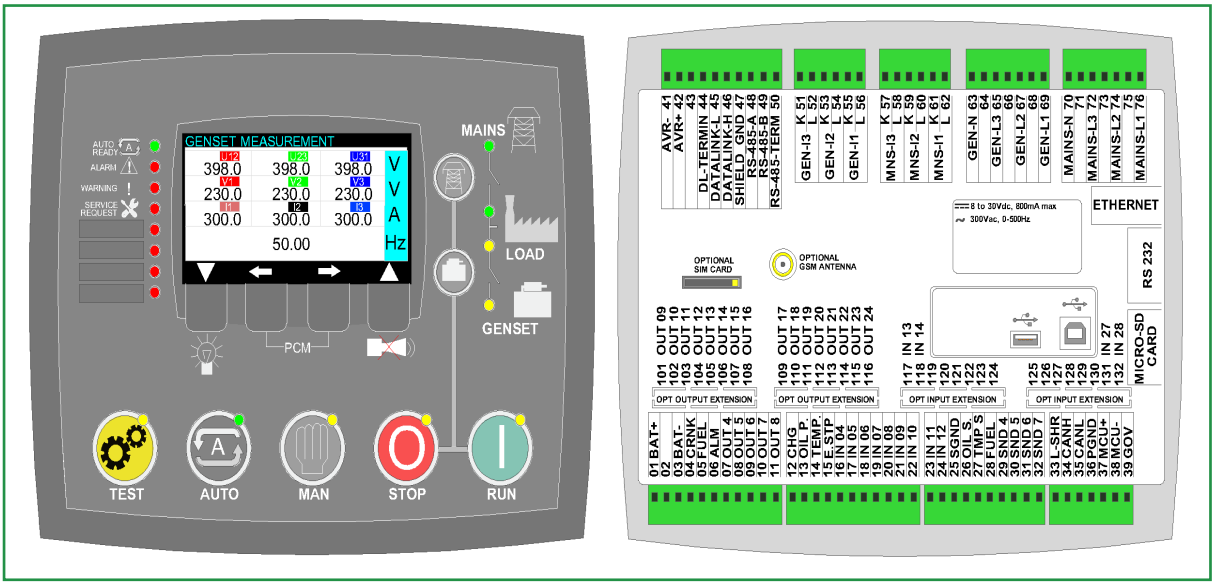
Görsel 1.76: Senkronoskop cihazının bağlantı şeması

NOT

Senkronizm anının tespiti için yanar ışık bağlantısı ve döner ışık bağlantısı yöntemleri de vardır. Yanar ışık bağlantısında lambalardaki değişikliklere dikkat edilmelidir. Ayrıca lambaların kuvvetli yanması sonucu senkronizm olduğunu göstermez. Ancak bu yöntemler sakıncalarından dolayı kullanılmaz.

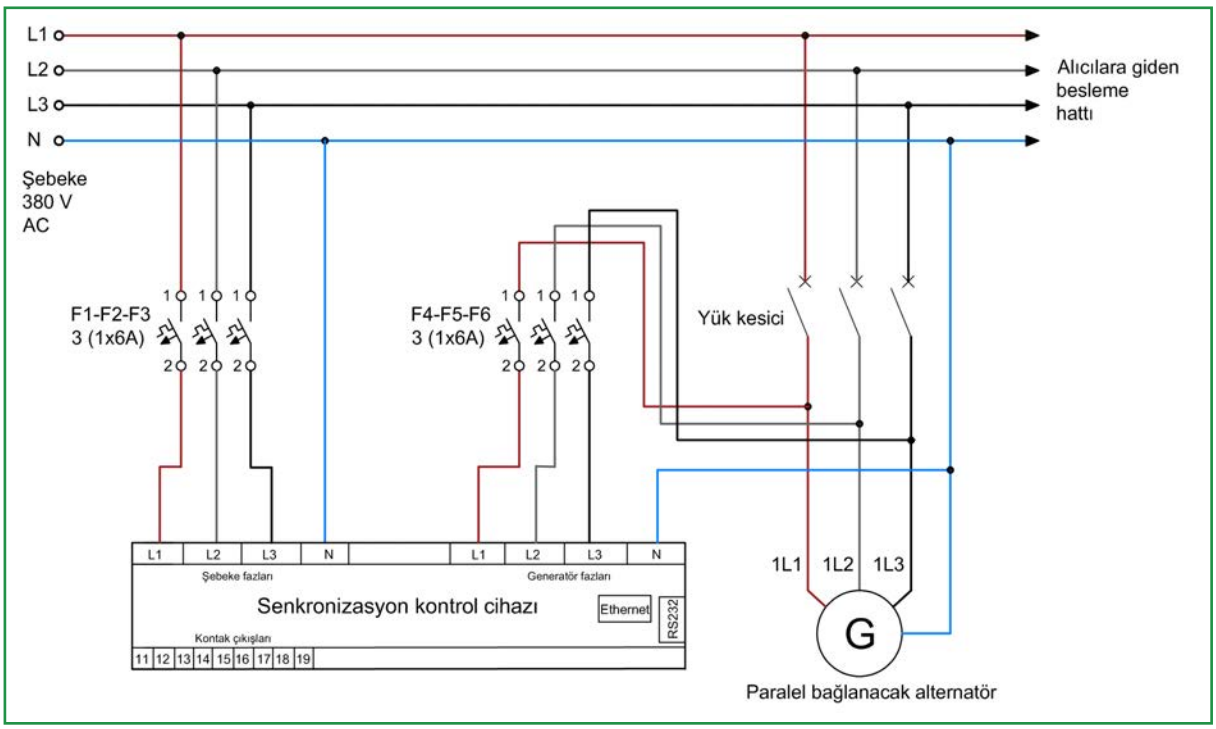
- **Faz Farkının Senkronizasyon Kontrol Cihazı ile Kontrol Edilmesi:** Paralel bağlanacak alternatörlerin akım, gerilim, frekans, hız gibi bilgilerini alarak bu bilgilere göre is-

tenilen şekilde programlanabilen ve kurulacak izleme sistemi ile haberleşebilen cihazdır. Görsel 1.77'de senkronizasyon kontrol cihazının yapısı görülmektedir.



Görsel 1.77: Senkronizasyon kontrol cihazının önden ve arkadan görünümleri görülmektedir.

Görsel 1.78'de senkronizasyon kontrol cihazının bağlantı şeması görülmektedir.



Görsel 1.78: Senkronizasyon kontrol cihazının bağlantı şeması

ARAŞTIRMA

Alternatörlerin paralel bağlantısı yapılırken alternatöre hareket veren motorların hızlarının kontrol edilmesi için kullanılan GOVERNOR cihazını araştırınız. Ulaştığınız bilgileri rapor hâlinde öğretmeninize teslim ediniz.

UYGULAMA TEMRİNLERİ

Aşağıda 1. öğrenme birimi ile ilgili 11 farklı uygulama detaylı olarak verilmiştir. Her bir uygulamayı istenenler doğrultusunda, işlem basamaklarına uygun ilerleyerek gerçekleştiriniz ve sonuçları değerlendiriniz. Uygulamaların bireysel olarak mı yoksa grup çalışmasıyla mı gerçekleştirileceği konusunu öğretmeninize danışınız.

1. **UYGULAMA:** Hidroelektrik Santral Tasarım Çizimi
2. **UYGULAMA:** Rüzgâr Türbin Maket Tasarımı ve Uygulaması
3. **UYGULAMA:** PV Panel Hesabının Oluşturulması
4. **UYGULAMA:** Fotovoltaik Panel Deneyi
5. **UYGULAMA:** Fotovoltaik (PV) Panel ile Elektrik Santrali Kurulum Uygulaması
6. **UYGULAMA:** Rüzgârla Çalışan Elektrik Santral Uygulaması
7. **UYGULAMA:** Hibrit Enerjili Elektrik Santrali Uygulaması
8. **UYGULAMA:** Hibrit Sistemle Elektrik Santrali Simülasyonu ve Uygulaması
9. **UYGULAMA:** PV Panelli Sokak Aydınlatma Uygulaması
10. **UYGULAMA:** Söner Işık ile Alternatörün Paralel Bağlanma Deneyi
11. **UYGULAMA:** Senkronoskop ile Alternatörün Paralel Bağlanma Deneyi

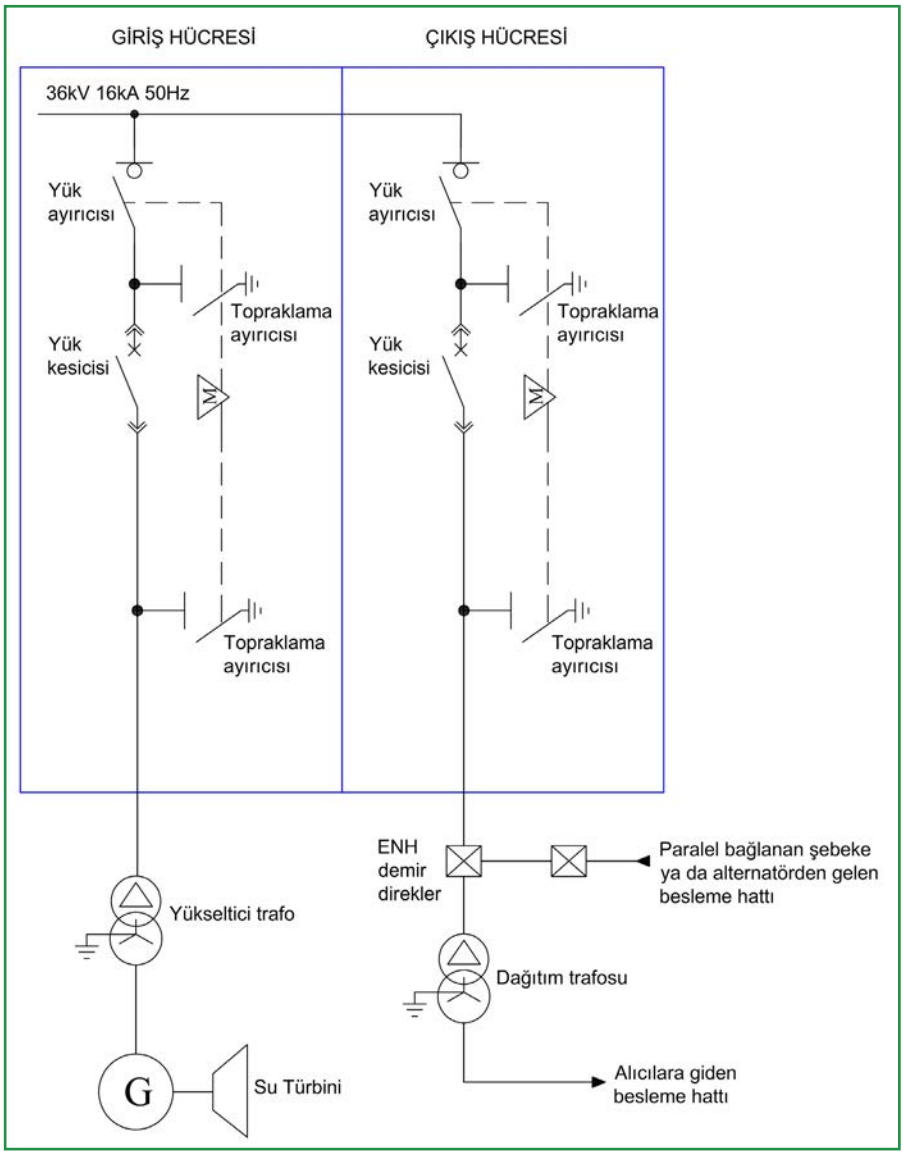
NOT

Mikrodenetleyici kodları, kopyalayıp yapıştırma yöntemi ile program editörüne aktarıldığında bazı hatalar ortaya çıkar. Kodlardaki tırnak (“) işaretleri aktarılmamış olur. Bu nedenle kopyalayıp yapıştırma işleminden sonra kodlardaki tırnak işaretleri kontrol edilip eklenmelidir.

1. UYGULAMA: HİDROELEKTRİK SANTRAL TASARIM ÇİZİMİ

AMAÇ

Hidroelektrik santral tasarımını çizmek.



Görsel 1.79: Hidroelektrik santral tasarımı şeması

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Kâğıt	A2 veya A3 ölçüsünde	1-3 adet
Kalem ve silgi		1 adet
Cetvel	Gönye ve daire şablonu	2 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

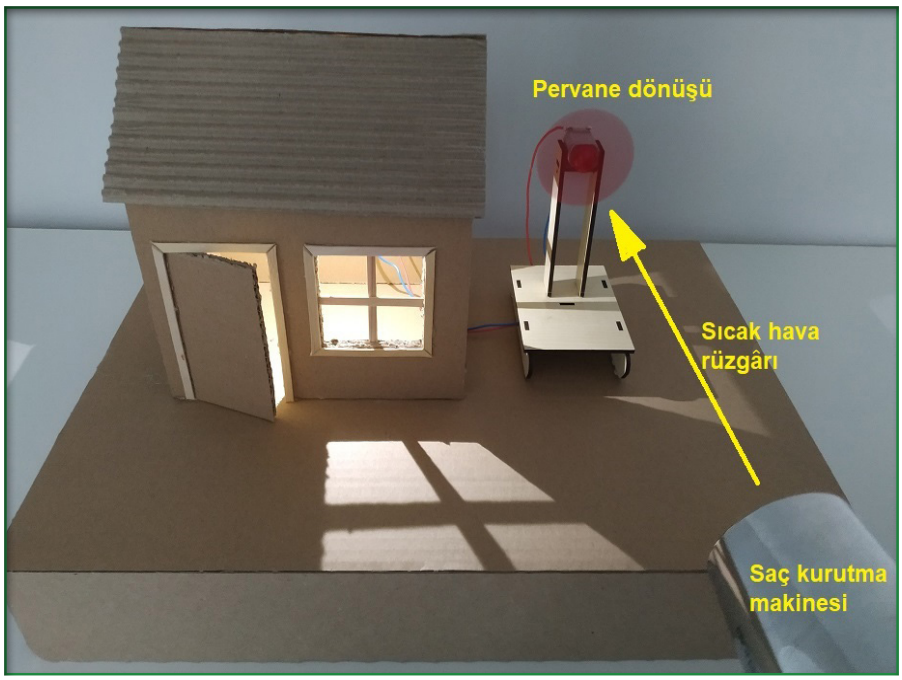
1. Görsel 1.79'da verilen hidroelektrik santral tasarımı şemasını inceleyiniz.
2. A2 veya A3 boyutunda kâğıdına uygun ölçülerde antetler oluşturunuz.
3. A2 veya A3 boyutunda kâğıda şekil sembollerini uygun ölçü ve kalınlıkta oluşturunuz.
4. Sembollerde ve diğer alanlarda tanımlanan yazıları teknik resim normuna dikkat ederek yazınız.
5. Semboller arasındaki hat şemalarını ve diğer teknik şekilleri çiziniz.
6. Çizimlerin doğruluğuna ve hizalarına dikkat ederek kontrollerini yapınız.
7. Çizimleri öğretmeninize teslim ediniz.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Antet çizimlerini yaptı.	20	
Sınıfı:	2	Sembolleri çizdi.	20	
Numarası:	3	Yazıları uygun normda yazdı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Tek hat şemalarını çizdi.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Şeklin düzenine ve tertibine dikkat etti.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

2. UYGULAMA: RÜZGÂR TÜRBİNİ MAKET TASARIMI VE UYGULAMASI

AMAÇ

Rüzgâr türbini maket tasarımını yapmak ve maket üzerinde uygulama gerçekleştirmek.



Görsel 1.80: Rüzgâr türbini maketi örneği



Görsel 1.81: Rüzgâr türbini maketi için örnek malzemeler

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Karton (mukavva)	Plastik, fleksiglas veya tahta	Yeterince
LED veya DC lamba	Seri bağlı lamba (4~6'lı)	1 adet
Dinamo	Farklı güçlerde	4 adet
Pervane	Dinamo miline oturacak ölçülerde	4 adet
Yapıştırıcılar	Normal ve silikon yapıştırıcılar	2 adet
Zil teli	0,75 mm^2	Yeterince
Havya	30~40 W	1 adet
Lehim teli		1 tüp
DC voltmetre	Dijital özellikli	5 adet
Rüzgâr kaynağı	Saç kurutma makinesi, motor vb.	2 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, falçata, testere, kesici alet vb.	-
Cetvel ve kalem		2 adet

Tablo 1.2: Dinamo Güçleri Tablosu

T1 Dinamosu (Watt)	T2 Dinamosu (Watt)	T3 Dinamosu (Watt)	T4 Dinamosu (Watt)
.....	.....	.....	.....

Tablo 1.3: Ölçüm Tablosu

Türbin Durum	Rüzgâr Kaynak Cihazı (Hız Değişimi)			Rüzgâr Türbinlerinin Çıkış Voltmetreleri				Seri Lambanın Parlaklık Durumları		
	Düşük	Orta	Yüksek	V1	V2	V3	V4	Düşük	Orta	Parlak
T1	X	-	-		-	-	-			
	-	X	-		-	-	-			
	-	-	X		-	-	-			
T2	X	-	-	-		-	-			
	-	X	-	-		-	-			
	-	-	X	-		-	-			
T3	X	-	-	-	-		-			
	-	X	-	-	-		-			
	-	-	X	-	-		-			
T4	X	-	-	-	-	-				
	-	X	-	-	-	-				
	-	-	X	-	-	-				
T1+T2	X	-	-			-	-			
	-	X	-			-	-			
	-	-	X			-	-			
T3+T4	X	-	-	-	-					
	-	X	-	-	-					
	-	-	X	-	-					
T1+T3	X	-	-		-		-			
	-	X	-		-		-			
	-	-	X		-		-			

Türbin Durum	Rüzgâr Kaynak Cihazı (Hız Değişimi)			Rüzgâr Türbinlerinin Çıkış Voltmetreleri				Seri Lambanın Parlaklık Durumları		
	Düşük	Orta	Yüksek	V1	V2	V3	V4	Düşük	Orta	Parlak
T2+T4	X	-	-	-		-				
	-	X	-	-		-				
	-	-	X	-		-				
T1+T2 +T3	X	-	-				-			
	-	X	-				-			
	-	-	X				-			
Hepsi	X	-	-							
	-	X	-							
	-	-	X							

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.80 ve Görsel 1.81'de verilenleri inceleyiniz. Bu verilerden yola çıkarak farklı bir bahçesi olan ev maketi tasarlayınız ve tasarımınızı uygun kâğıt üzerinde çiziniz.
2. Belirlediğiniz tasarıma uygun malzeme ve ekipmanları belirleyiniz ve temin ediniz. Her bir dinamonun güçlerini Tablo 1.2'ye yazınız.
3. Karton, plastik levha veya tahta üzerine çizdiğiniz tasarımlardan yola çıkarak ölçülere uygun kesimleri yapınız.
4. Kesilen parçaları uygun yapıştırıcı ile birleştirerek maketin zeminini ve yan duvar bölümünü oluşturunuz.
5. Evin çatı bölümünü tamamlayınız.
6. Her rüzgâr türbini için yükseklik bölümünü ve dinamonun oturacağı alanı ilgili malzemeler ile oluşturunuz. Dinamoları ilgili alana (dinamo uçlarına uygun uzunlukta kabloları kesip üzerine lehimleyerek) yapıştırınız. Dinamolara pervaneleri monte ediniz ve dinamoları yan yana gelecek şekilde bahçeye yerleştiriniz.
7. Evin orta bölümüne seri lamba grubunu belirli yükseklikte yerleştiriniz ve lamba uçlarından uygun uzunlukta kablo çıkışını sağlayınız. Bu kabloları evin duvarından geçecek şekilde yapıştırınız ve uçların çıkışını evin bahçesine yönlendiriniz.
8. Evin çatı bölümünü evin duvarları üzerine yapıştırınız.
9. Rüzgâr kaynağını ilk rüzgâr türbinine (T1) farklı güçlerde rüzgâr üfleyecek şekilde tutunuz ve evin içindeki lambaların yanma şekillerini gözlemleyiniz. Bu anda rüzgâr türbini çıkışını V1 voltmetresi ile ölçünüz. Sonuçları Tablo 1.3'e yazınız.
10. Rüzgâr kaynağını ikinci rüzgâr türbinine (T2) farklı güçlerde rüzgâr üfleyecek şekilde tutunuz ve evin içindeki lambaların yanma şekillerini gözlemleyiniz. Bu anda rüzgâr türbini çıkışını V2 voltmetresi ile ölçünüz. Sonuçları Tablo 1.3'e yazınız.
11. Rüzgâr kaynağını üçüncü rüzgâr türbinine (T3) farklı güçlerde rüzgâr üfleyecek şekilde tutunuz ve evin içindeki lambaların yanma şekillerini gözlemleyiniz. Bu anda rüzgâr türbini çıkışını V3 voltmetresi ile ölçünüz. Sonuçları Tablo 1.3'e yazınız.
12. Rüzgâr kaynağını dördüncü rüzgâr türbinine (T4) farklı güçlerde rüzgâr üfleyecek şekilde tutunuz ve evin içindeki lambaların yanma şekillerini gözlemleyiniz. Bu anda rüzgâr türbini çıkışını V4 voltmetresi ile ölçünüz. Sonuçları Tablo 1.3'e yazınız.

13. Rüzgâr kaynağını çeşitli kombinasyonlarda olacak şekilde rüzgâr türbinlerine farklı güçlerde rüzgâr üfleyecek şekilde tutunuz ve evin içindeki lambaların yanma şekillerini gözlemleyiniz. Bu anda rüzgâr türbin çıkışındaki ilgili voltmetreleri ölçünüz. Sonuçları Tablo 1.3'e yazınız.
14. Tablodaki her sonucu yorumlayınız ve grafik hâline getiriniz Rüzgâr türbini güç değişiminin etkilerini değerlendiriniz.
15. Sonuçları açıkladığınız raporu maketle birlikte öğretmeninize teslim ediniz.

SORULAR

1. Rüzgâr şiddetinin elektrik üretimine etkisini değerlendiriniz.
2. Rüzgâr türbini güç değişiminin elektrik üretimine etkilerini değerlendiriniz.
3. Mevcut rüzgâr türbinlerinin hepsi çalıştırılırsa kaç adet lamba yakılabilir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Ev maketini oluşturdu.	20	
Sınıfı:	2	Rüzgâr türbinlerini oluşturdu ve yerleştirdi.	20	
Numarası:	3	Kablo bağlantılarını yaptı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Çeşitli sonuçları tablo hâline getirdi.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Sonuçları değerlendirdi ve grafikle gösterdi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	100	

3. UYGULAMA: PV PANEL HESABININ OLUŞTURULMASI

AMAÇ

Belirlenen bölge üzerine yerleştirilecek PV paneli hesabını yapmak.

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Kâğıt ve kalem	Antet, A4 ölçüsünde	2-10 adet
Hesap makinesi		1 adet
PV panel katalogları	Çeşitli firmaların PV güç katalog bilgileri	-
Bölgenin enerji verisi	Seçilen binanın yük tüketim verileri	-

İŞLEM BASAMAKLARI

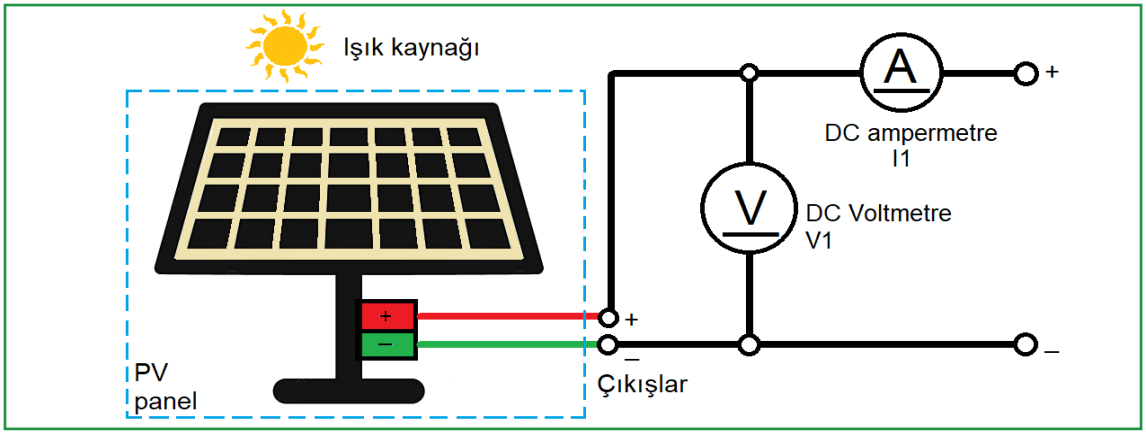
1. Örnek bir bina belirleyiniz (ilgili okulun binası vb.).
2. Seçilen binanın çatı ile ilgili teknik verilerini bulunuz ve bu ölçüleri kâğıt üzerinde gösteriniz.
3. Seçilen binanın yüksekliğini bulunuz.
4. Seçilen binanın 24 saatlik elektrik tüketim verilerini elde ediniz ve grafikle gösteriniz.
5. Seçilen binanın bulunduğu bölgedeki güneşin durumunu tespit ediniz.
6. Çatı alanın güneşe bakan bölümünü belirleyiniz. Buna göre kullanılabilir PV alanı hesaplayınız.
7. İlgili firmaların PV kataloglarını inceleyiniz. Güç ve alanlara göre PV tablosu oluşturunuz.
8. Tablodaki PV güç ve alanları doğrultusunda PV paneli sayısını hesaplayınız ve buna göre oluşan değerleri tabloya not alınız.
9. Belirlenen PV panel sayısı doğrultusunda panellerin nasıl bağlanacağını ve panellerin çıkışındaki akım, gerilim ve güç değerlerini tespit ediniz.
10. Belirlenen alan üzerinde m^2 başına 150 W güç değerini hesaplayınız ve toplam güç değerini bulunuz.
11. Hesaplanan değer ile belirlenen birim alan değeri arasındaki tutarlılığı yorumlayınız.
12. Sonuçları yorumlayınız.
13. Elde edilen hesaplama ve analizleri rapor hâline getirerek öğretmeninize teslim ediniz.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Çatı bilgilerini elde etti.	20	
Sınıfı:	2	Bina yük verilerini elde etti.	20	
Numarası:	3	Ortam güneşlenme verilerini elde etti.	20	
ÖĞRETMEN	4	PV katalog verilerini elde etti.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Hesapları yaptı ve yorumladı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

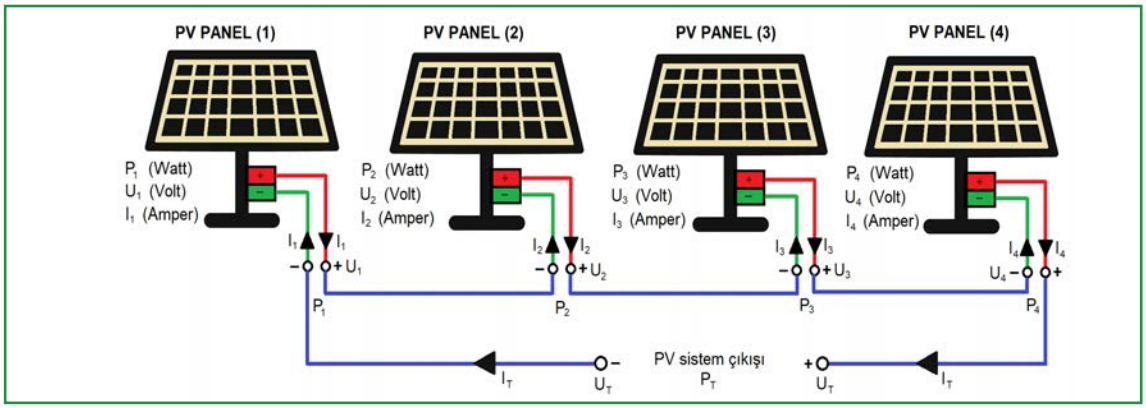
4. UYGULAMA: FOTOVOLTAİK PANEL DENEYİ

AMAÇ

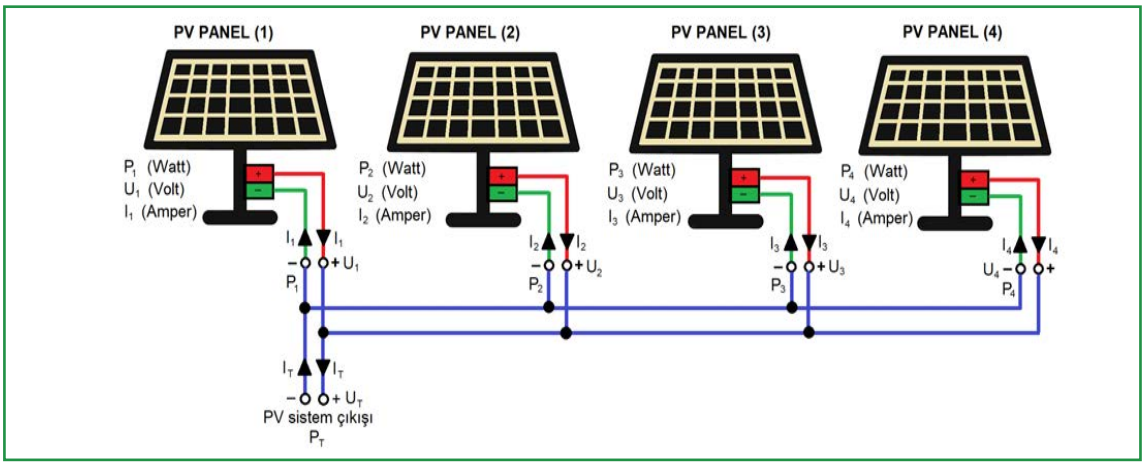
Farklı güçlere sahip fotovoltaik paneller ile çeşitli ölçüm testlerini yapmak.



Görsel 1.82: PV'lerin bireysel ölçümleri



Görsel 1.83: PV'lerin seri bağlanması deneyi



Görsel 1.84: PV'lerin paralel bağlanması deneyi

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
PV panel	Farklı güçte ve özellikte	4 adet
Işık kaynağı	Güneş vb.	4 adet
Katalog	PV panel katalogları	-
Yük	Uygun güçte	1 adet
DC ampermetre	Dijital özellikli	5 adet
DC voltmetre	Dijital özellikli	5 adet
Kumanda kabloları	1,5 veya 2,5 mm^2 NYA	-
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

KULLANILACAK PV PANELLERİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Tablo 1.4: PV Panellerinin Teknik Özellikleri

Teknik Özellikler	PV Panel 1	PV Panel 2	PV Panel 3	PV Panel 4
	P1	P2	P3	P4
Panel tipi				
Maksimum güç değeri (W)				
Optimum çalışma gerilimi (V)				
Optimum çalışma akımı (A)				
Açık devre gerilimi (V)				
Kısa devre akımı (A)				
Modül verimliliği (%)				
Maksimum sistem voltajı (V)				
Hücre sayısı (adet)				
Hücre tipi				
PV panel boyutları (mm x mm x mm)				
Ağırlık (kg)				
Cam tipi				
Çerçeve tipi				
Ömrü (yıl)				

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Test ve ölçümlerde kullanılacak dört farklı PV panelini temin ediniz. Bu panellerin teknik özelliklerini ilgili firmanın sitesinden alarak Tablo 1.4'teki ilgili alanları doldurunuz.

2. Görsel 1.82'de görüldüğü gibi her bir PV paneli için bireysel ölçüm testlerini farklı ışık değerleri altında, çıkışa uygun güçte yük bağlayarak yapınız. Ölçüm sonuçlarını Tablo 1.5'e yazınız.

Tablo 1.5: PV Panellerinin Bireysel Testleri

Panel tipi	Sıcaklık (°C)	DC Voltmetre (Volt)			DC Ampermetre (mA)		
		Düşük ışık	Yüksek ışık	Güneş ışığı	Düşük ışık	Yüksek ışık	Güneş ışığı
1. PV paneli							
2. PV paneli							
3. PV paneli							
4. PV paneli							

3. Bireysel ölçüm testlerini farklı sıcaklık değerleri altında yapınız ve herhangi bir değişim olup olmadığını Tablo 1.5'e yazınız.
4. Görsel 1.83'te verilen seri bağlı PV paneli devresini oluşturunuz. PV panellerinin uçlarına DC voltmetreyi, girişlerine DC ampermetreyi, çıkışlarına ise uygun güçte yükü bağlayınız.
5. Paneller üzerine aynı anda ve aynı şiddette düşük ve yüksek ölçekte ışık şiddeti uygulayınız. Her durumda ölçü aletlerinde görülen değerleri Tablo 1.6'ya yazınız.
6. Kurulan devreyi güneş ışığı altına çıkarınız. Farklı sıcaklık ve solar radyasyon durumlarında ölçü aletlerinde görülen değerleri Tablo 1.6'ya yazınız.
7. Görsel 1.84'te verilen paralel bağlı PV paneli devresini oluşturunuz. PV panelleri nin uçlarına DC voltmetreyi, girişlerine DC ampermetreyi, çıkışlarına ise uygun güçte yükü bağlayınız.
8. Paneller üzerine aynı anda ve aynı şiddette düşük ve yüksek ölçekte ışık şiddeti uygulayınız. Her durumda ölçü aletlerinde görülen değeri Tablo 1.6'ya yazınız.
9. Kurulan devreyi güneş ışığı altına çıkarınız. Farklı sıcaklık ve solar radyasyon durumlarında ölçü aletlerinde görülen değerleri Tablo 1.6'ya yazınız.

Tablo 1.6: PV Panellerinin Grupsal Testleri

Ölçülen Değerler	Sıcaklık (°C)	Seri Bağlı Devre (Görsel 1.83)			Paralel Bağlı Devre (Görsel 1.84)		
		Düşük ışık	Yüksek ışık	Güneş ışığı	Düşük ışık	Yüksek ışık	Güneş ışığı
I_1 (mA)							
I_2 (mA)							
I_3 (mA)							
I_4 (mA)							
I_T (mA)							
U_1 (V)							
U_2 (V)							
U_3 (V)							
U_4 (V)							
U_T (V)							

10. Devreyi sökünüz ve malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz.
11. Seri ve paralel bağlı devrenin ilgili PV paneli verilerini dikkate alarak hesaplamalarını yapınız ve sonuçları tabloya yazınız.
12. Sonuçları karşılaştırınız.

SORULAR

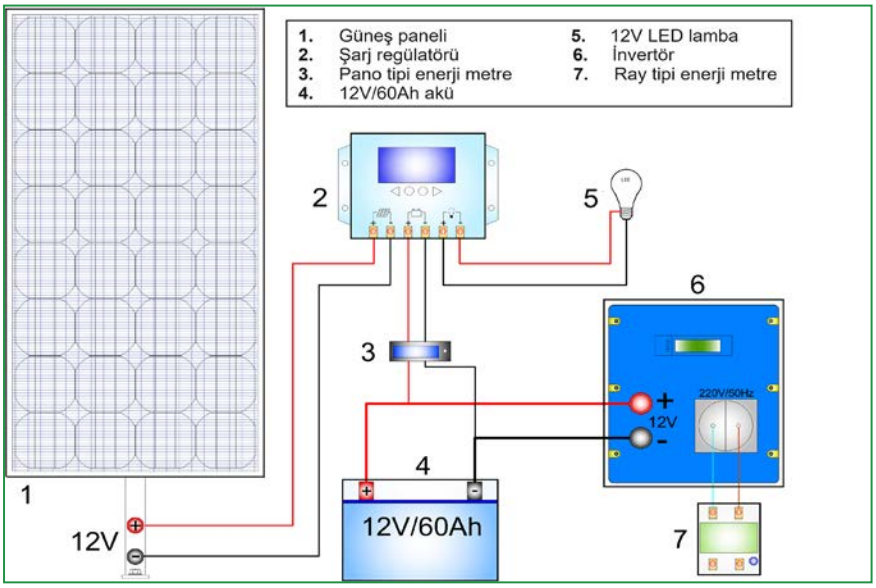
1. Devrelerde kayıplar gerçekleşmiş midir? Belirtiniz.
2. Elle yapılan hesaplamalar ile ölçülen değerler arasında fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
3. Panel üzerinde sıcaklık değişimlerinin yapılması panel çıkışı üzerinde ne gibi etkiler oluşturmuştur? Yorumlayınız.
4. Seri ve paralel bağlı devrenin sonuçlar dikkate alındığında birbirine göre ne gibi farkları ortaya çıkmıştır?
5. Güneş ışığı ile farklı ışık uygulanmasının PV panel çıkışı üzerinde ne gibi etkileri olduğunu araştırınız
6. Panelleri karışık olarak (üçünün paralel, birinin ona seri bağlanması gibi) bağlayarak tüm testleri bu devre üzerinde de yapınız ve test sonuçlarını yeni bir tablo oluşturarak not alınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	PV panellerini belirledi ve detaylandırdı.	20	
Sınıfı:	2	Bireysel PV paneli testlerini yaptı.	20	
Numarası:	3	Seri bağlı PV devresinin testlerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Paralel bağlı PV devresinin testlerini yaptı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Hesaplanan değerler ile sonuçları karşılaştırdı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

5. UYGULAMA: FOTOVOLTAİK (PV) PANEL İLE ELEKTRİK SANTRALİ KURULUM UYGULAMASI

AMAÇ

PV panelini kullanarak elektrik enerjisi üretmek ve enerji ölçümlerini yapmak.



Görsel 1.85: Güneş paneli sistemi uygulaması

Güneş ışığından elektrik enerjisi üretmek için kullanılan hazır güneş paneli paket sistemleri mevcuttur. Güneş paneli paket sistemi içeriğinde fotovoltaik panel, akü, akü şarj regülatörü, DC/AC invertör ve bağlantı kabloları bulunur (Görsel 1.85).

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
PV panel	12 veya 24 V, uygun güçte	1 adet
Şarj regülatörü	12 veya 24 V şarj kontrol cihazı, uygun güçte	1 adet
Akü	12 veya 24 V, uygun güçte	1 adet
DC/AC invertör	Uygun güçte	1 adet
Elektrik panosu	Uygun ebatlarda	1 adet
Bağlantı kablosu	1,5 mm² NYA tipli	-
Bağlantı kablosu	2,5 mm² NYA tipli	-
Bağlantı kablosu	16 mm² NYAF tipli (kırmızı, siyah)	-
Enerji metre	1 fazlı 220 V ray tipi	1 adet
Enerji metre	12/24 V düşük kademeli pano tipi	1 adet
Yük	100 W akkor lamba	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yankeski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Şarj regülatörünü panoya sabitleyiniz.
2. Aküyü şarj regülatörüne yakın şekilde yerleştiriniz.
3. 2,5 mm^2 bağlantı kablosu kullanarak akünün artı (+) kutbunu şarj regülatörü üzerinde bulunan akü sembolünün artı (+) klemensine sıkıca vidalayınız.
4. 2,5 mm^2 bağlantı kablosu kullanarak akünün eksi (-) kutbunu şarj regülatörü üzerinde bulunan akü sembolünün eksi (-) klemensine sıkıca vidalayınız.
5. DC/AC invertörleri aküye yakın şekilde yerleştiriniz.
6. 16 mm^2 kırmızı akü bağlantı kablosu kullanarak akünün artı (+) kutbunu invertörün artı (+) klemensine sıkıca vidalayınız.
7. 16 mm^2 siyah akü bağlantı kablosu kullanarak akünün eksi (-) kutbunu invertörün eksi (-) klemensine sıkıca vidalayınız.
8. Invertör çıkışına ray tipi enerjimetre bağlantısını yapınız (Görsel 1.85).
9. Akü şarj klemenslerine pano tipi enerji metre bağlantısını yapınız.
10. PV panelini güneş ışığını görecek şekilde yerleştiriniz veya ışık kaynağı kullanarak 1500 lüx ışık gücü uygulayınız.
11. Invertör çıkışına yük bağlamayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.7'de görülen **Yüksüz** kısmına yazınız.
12. Invertör çıkışına 100 W gücünde lamba yük bağlayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.7'de görülen **Yüklü** kısmına yazınız.
13. PV panelini gölgeye yerleştiriniz veya ışık kaynağı kullanarak 750 lüx ışık gücü uygulayınız.
14. Invertör çıkışına yük bağlamayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.7'de görülen **Yüksüz** kısmına yazınız.
15. Invertör çıkışına 100 W gücünde lamba yük bağlayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.7'de görülen **Yüklü** kısmına yazınız.
16. Devrenin enerjisini kesiniz.

Tablo 1.7: Güneş Paneli Sistemi Enerji Ölçüm Tablosu

Güneş Işığında veya 1500 lüx	**Ölçümler**	**Yüksüz**		**Yüklü**	
	Gerilim (V)	**Akü**	**Invertör**	**Akü**	**Invertör**
	Akım (A)				
	Enerji (kWh)				
Gölgede veya 750 lüx	**Ölçümler**	**Yüksüz**		**Yüklü**	
	Gerilim (V)	**Akü**	**Invertör**	**Akü**	**Invertör**
	Akım (A)				
	Enerji (kWh)				

SORULAR

1. Güneş ışığında yüksüz durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
2. Güneş ışığında yüklü durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.

3. Gölgede yüksüz durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
4. Gölgede yüklü durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
5. Güneş ışığında ve gölgede PV panelinin ürettiği enerji miktarında fark var mıdır? Varsa sebepleri neler olabilir? Açıklayınız.
6. Güneş ışığında ve gölgede PV panelinin ürettiği gerilim değerinde fark var mıdır? Varsa sebebi ne olabilir? Açıklayınız.

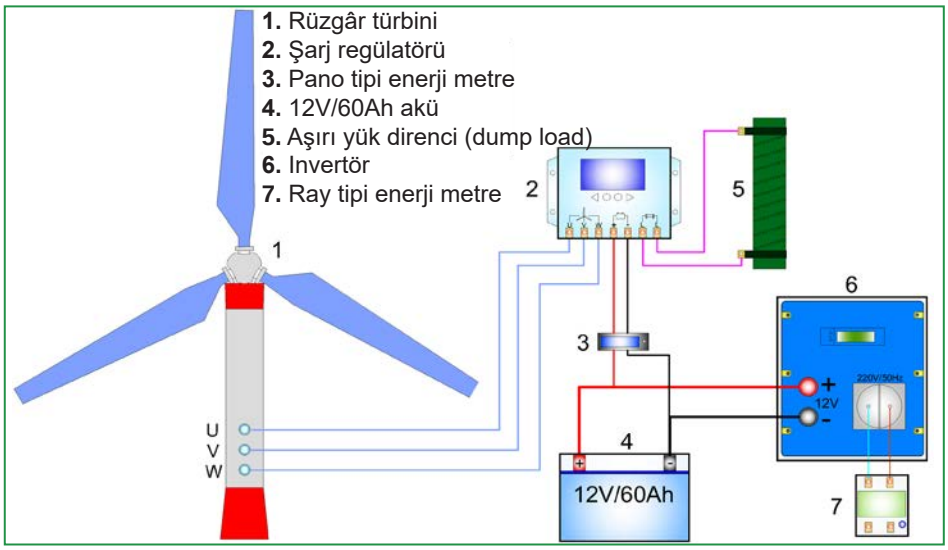
NOT: .....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Malzemeleri temin etti ve kontrolünü yaptı.	20	
Sınıfı:	2	Devre bağlantılarını uygun şekilde yaptı.	20	
Numarası:	3	Devre ölçümlerini yaptı ve tabloya yazdı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Enerji hesaplamalarını yaptı ve sonuçları karşılaştırdı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Elde edilen sonuçları değerlendirdi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

6. UYGULAMA: RÜZGÂR İLE ÇALIŞAN ELEKTRİK SANTRALİ UYGULAMASI

AMAÇ

Rüzgâr türbini kullanarak elektrik enerjisi üretmek ve enerji ölçümlerini yapmak.



Görsel 1.86: Rüzgâr santrali uygulaması

Rüzgârdan elektrik enerjisi üretmek için kullanılan hazır rüzgâr türbini paket sistemleri mevcuttur. Rüzgâr türbini paket sistemi içeriğinde rüzgâr türbini, akü, akü şarj kontrol cihazı, DC/AC invertör, aşırı yük direnci ve bağlantı kabloları bulunur (Görsel 1.86).

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Rüzgâr türbini	12 veya 24 V, yeterli yükseklikte ve güçte	1 adet
Şarj regülatörü	12 veya 24 V şarj kontrol cihazı, yeterli güçte	1 adet
Akü	12 veya 24 V, yeterli güçte	1 adet
DC/AC invertör	Yeterli güçte	1 adet
Aşırı yük direnci	5 Ω / 400 W	1 adet
Elektrik panosu	Yeterli büyüklükte	1 adet
Bağlantı kablosu	1,5 mm^2 NYA tipli	-
Bağlantı kablosu	2,5 mm^2 NYA tipli	-
Bağlantı kablosu	16 mm^2 NYAF tipli (kırmızı, siyah)	-
Enerji metre	1 fazlı 220 V ray tipi	1 adet
Enerji metre	12/24 V düşük kademeli pano tipi	1 adet
Yük	100 W lamba	1 adet
Elektrik motoru	Pervaneli (rüzgâr üretme amacıyla, saç kurutma vb.)	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yankeski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Şarj regülatörünü panoya sabitleyiniz.
2. Aküyü regülatörüne yakın şekilde yerleştiriniz.
3. 2,5 mm^2 bağlantı kablosu kullanarak akünün artı (+) kutbunu şarj regülatörü üzerinde bulunan akü sembolünün artı klemensine sıkıca vidalayınız.
4. 2,5 mm^2 bağlantı kablosu kullanarak akünün eksi (-) kutbunu şarj regülatörü üzerinde bulunan akü sembolünün eksi klemensine sıkıca vidalayınız.
5. DC/AC invertörleri aküye yakın şekilde yerleştiriniz (Görsel 1.86).
6. 16 mm^2 kırmızı akü bağlantı kablosu kullanarak akünün artı (+) kutbunu invertölerin artı klemensine sıkıca vidalayınız.
7. 16 mm^2 siyah akü bağlantı kablosu kullanarak akünün eksi (-) kutbunu invertölerin eksi klemensine sıkıca vidalayınız.
8. Invertör çıkışına ray tipi enerji metre bağlantısını yapınız (Görsel 1.86).
9. Akü şarj klemenslerine pano tipi enerji metre bağlantısını yapınız (Görsel 1.86).
10. Aşırı yük direncini şarj regülatörü üzerindeki yük klemenslerine sıkıca vidalayınız.
11. Rüzgâr türbininden gelen kabloları şarj regülatörü üzerindeki türbin klemenslerine sıkıca vidalayınız.
12. Rüzgâr türbini dönerken pervanelerden uzak durunuz, iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız. Rüzgâr türbinini yüksek devirde dönecek şekilde rüzgârlı ortama yerleştiriniz veya türbin rotoruna bağlayacağınız elektrik motoruyla 1000 RPM hızında döndürünüz.
13. Invertör çıkışına yük bağlamayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.8'de görülen **Yüksüz** kısmına yazınız.
14. Invertör çıkışına 100 W gücünde yük bağlayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.8'de görülen **Yüklü** kısmına yazınız.
15. Rüzgâr türbini düşük devirde dönecek şekilde rüzgârlı ortama yerleştiriniz veya türbin rotoruna bağlayacağınız elektrik motoruyla 500 RPM hızında döndürünüz.
16. Invertör çıkışına yük bağlamayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.8'de görülen **Yüksüz** kısmına yazınız.
17. Invertör çıkışına 100 W gücünde yük bağlayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.8'de görülen **Yüklü** kısmına yazınız.

Tablo 1.8: Rüzgâr Türbini Sistemi Enerji Ölçüm Tablosu

	Ölçümler	Yüksüz		Yüklü	
		Akü	Invertör	Akü	Invertör
Yüksek devirde	Gerilim (V)				
	Akım (A)				
	Enerji (kWh)				
	Ölçümler	Yüksüz		Yüklü	
		Akü	Invertör	Akü	Invertör
Düşük devirde	Gerilim (V)				
	Akım (A)				
	Enerji (kWh)				

SORULAR

1. Yüksek devirde yüksüz durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
2. Yüksek devirde yüklü durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
3. Düşük devirde yüksüz durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
4. Düşük devirde yüklü durumda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
5. Yüksek ve düşük devirde rüzgâr türbininin ürettiği enerji miktarında fark var mıdır? Varsa sebepleri neler olabilir? Açıklayınız.
6. Yüksek ve düşük devirde rüzgâr türbininin ürettiği gerilim değerinde fark var mıdır? Varsa sebebi ne olabilir? Açıklayınız.

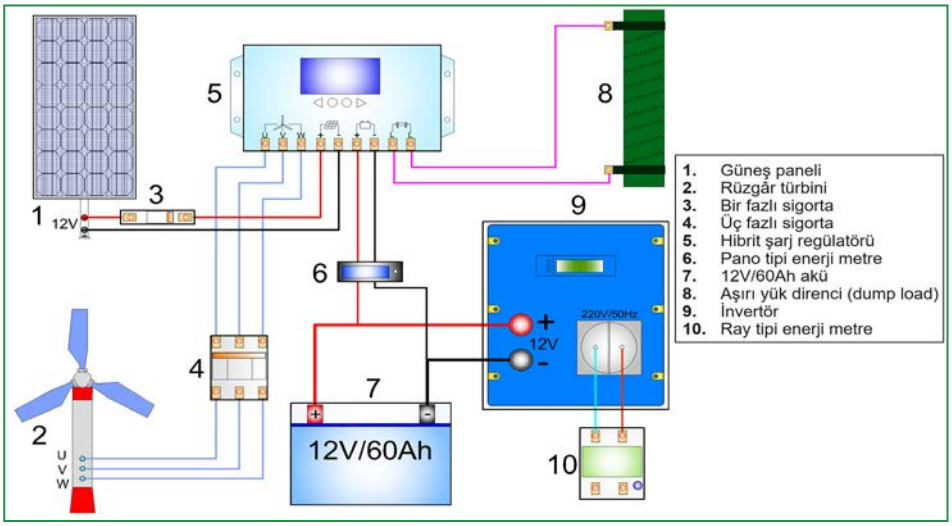
NOT: .....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Malzemeleri temin etti ve kontrolünü yaptı.	20	
Sınıfı:	2	Devre bağlantılarını uygun şekilde yaptı.	20	
Numarası:	3	Devre ölçümlerini yaptı ve tabloya yazdı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Enerji hesaplamalarını yaptı ve sonuçları karşılaştırdı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Elde edilen sonuçları değerlendirdi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

7. UYGULAMA: HİBRİT ENERJİLİ ELEKTRİK SANTRALİ UYGULAMASI

AMAÇ

Hibrit enerji sistemi kullanılarak elektrik enerjisi üretmek ve enerji ölçümlerini yapmak.



Görsel 1.87: Hibrit enerji santrali uygulaması

PV paneli ve rüzgâr türbininden elektrik enerjisi üretmek için kullanılan hazır hibrit sistemler mevcuttur. Bu sistem içerisinde PV paneli, rüzgâr türbini, akü, hibrit şarj regülatörü, DC/AC invertör, aşırı yük direnci ve bağlantı kabloları bulunur (Görsel 1.87).

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Rüzgâr türbini	12 veya 24 V, yeterli yükseklikte ve güçte	1 adet
PV paneli	12 veya 24 V, yeterli güçte	1 adet
Hibrit şarj regülatörü	12 veya 24 V şarj kontrol cihazı, yeterli güçte	1 adet
Akü	12 veya 24 V, yeterli güçte	1 adet
DC/AC invertör	Yeterli güçte	1 adet
Aşırı yük direnci	5 Ω / 400 W	1 adet
Elektrik panosu	Yeterli büyüklükte	1 adet
Bağlantı kablosu	1,5 mm² NYA tipli	-
Bağlantı kablosu	2,5 mm² NYA tipli	-
Bağlantı kablosu	16 mm² NYAF tipli (kırmızı, siyah)	-
Enerji metre	1 fazlı 220 V ray tipi	1 adet
Enerji metre	12/24V düşük kademeli pano tipi	1 adet
Yük	100 W lamba	1 adet
Elektrik motoru	Pervaneli (rüzgâr üretme amacıyla, saç kurutma vb.)	1 adet
El Aletleri	Kargaburnu, yankeski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Şarj regülatörünü panoya sabitleyiniz.
2. Aküyü şarj regülatörüne yakın olacak şekilde yerleştiriniz.
3. 2,5 mm^2 bağlantı kablosu kullanarak akünün artı (+) kutbunu şarj regülatörü üzerinde bulunan akü sembolünün artı klemensine sıkıca vidalayınız.
4. 2,5 mm^2 bağlantı kablosu kullanarak akünün eksi (-) kutbunu şarj regülatörü üzerinde bulunan akü sembolünün eksi klemensine sıkıca vidalayınız.
5. DC/AC invertörleri aküye yakın şekilde yerleştiriniz (Görsel 1.87).
6. 16 mm^2 kırmızı akü bağlantı kablosu kullanarak akünün artı (+) kutbunu Invertörin artı klemensine sıkıca vidalayınız. 16 mm^2 siyah akü bağlantı kablosu kullanarak akünün eksi (-) kutbunu invertörlerin eksi klemensine sıkıca vidalayınız.
7. Invertör çıkışına ray tipi enerji metre bağlantısını yapınız (Görsel 1.87).
8. Akü şarj klemenslerine pano tipi enerji metre bağlayınız (Görsel 1.87).
9. PV paneli ve rüzgâr türbini kablolarını hibrit şarj regülatörü üzerindeki panel klemenslerine sıkıca vidalayınız.
10. PV paneli güneş ışığını görecek şekilde yerleştiriniz veya ışık kaynağı kullanarak 1500 lüx ışık gücü uygulayınız.
11. Rüzgâr türbini dönerken pervanelerden uzak durunuz, iş güvenliği önlemlerini almayı unutmayınız. Rüzgâr türbinini rüzgârlı ortama yerleştiriniz veya türbin rotoruna bağlayacağınız elektrik motoruyla 1000 RPM hızında döndürünüz.
12. Invertör çıkışına yük bağlamayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.9'da görülen **yüksüz** kısmına yazınız.
13. Invertör çıkışına 100 W gücünde yük bağlayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.9'da görülen **yüklü** kısmına yazınız.
14. PV panelini güneş ışığını görecek şekilde yerleştiriniz veya ışık kaynağı kullanarak 750 lüx ışık gücü uygulayınız. Rüzgâr türbinini rüzgârlı ortama yerleştiriniz veya türbin rotoruna bağlayacağınız elektrik motoruyla 500 RPM hızında döndürnüz.
15. Invertör çıkışına yük bağlamayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.9'da görülen **yüksüz** kısmına yazınız.
16. Invertör çıkışına 100 W gücünde yük bağlayınız. Enerji metrelerdeki gerilim, akım ve enerji ölçüm değerlerini Tablo 1.9'da görülen **yüklü** kısmına yazınız.

Tablo 1.9: Hibrit Sistemin Enerji Ölçüm Tablosu

	Ölçümler	Yüksüz		Yüklü	
		Akü	Invertör	Akü	Invertör
1500 lüx 1000 RPM	**Gerilim (V)**				
	Akım (A)				
	Enerji (kWh)				
	Ölçümler	**Yüksüz**		**Yüklü**	
		Akü	Invertör	Akü	Invertör
750 lüx 500 RPM	**Gerilim (V)**				
	Akım (A)				
	Enerji (kWh)				

SORULAR

1. 1500 lüx ve 1000 RPM hızda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
2. 750 lüx ve 500 RPM hızda ölçülen gerilim ve akım değerlerine göre enerji hesabını yapınız. Ölçülen ve hesaplanan enerjiyi karşılaştırıp fark olup olmadığını gözlemleyiniz.
3. Hibrit sistem ile elektrik üretmenin ne gibi avantajları olabilir? Açıklayınız.
4. Hibrit sistemde ışık şiddetinin veya rüzgâr hızının artması elektrik üretimini nasıl etkilemektedir? Açıklayınız.

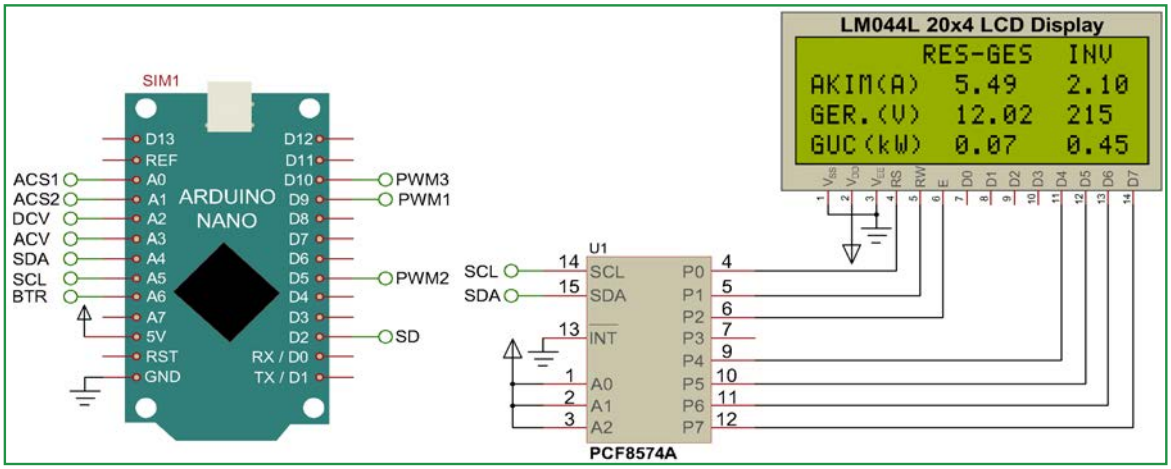
NOT: .....

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Malzemeleri temin etti ve kontrolünü yaptı.	20	
Sınıfı:	2	Devre bağlantılarını uygun şekilde yaptı.	20	
Numarası:	3	Devre ölçümlerini yaptı ve tabloya yazdı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Enerji hesaplamalarını yaptı ve sonuçları karşılaştırdı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Elde edilen sonuçları değerlendirdi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

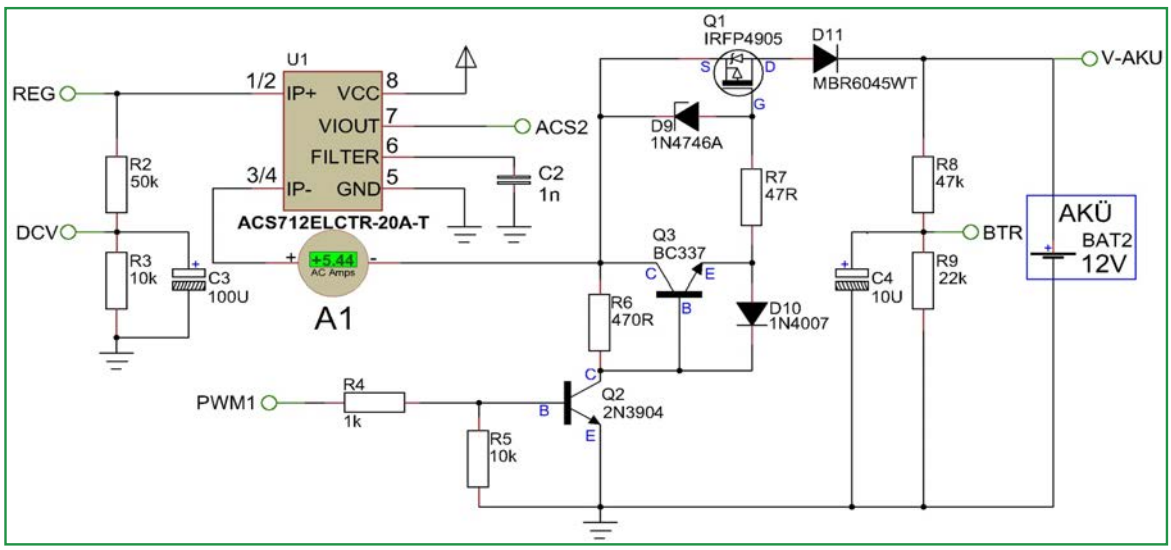
8. UYGULAMA: HİBRİT SİSTEMLE ELEKTRİK SANTRALİ SİMÜLASYONU VE UYGULAMASI

AMAÇ

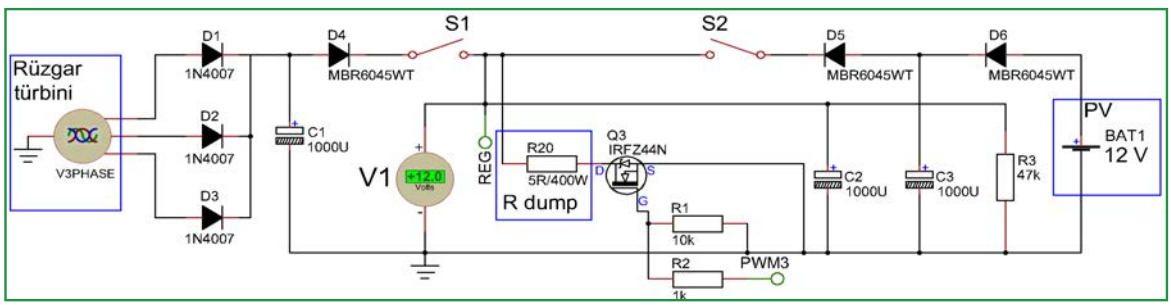
Bilgisayarlı çizim programında hibrit sistemle elektrik enerjisi üretmek ve uygulamasını yapmak.



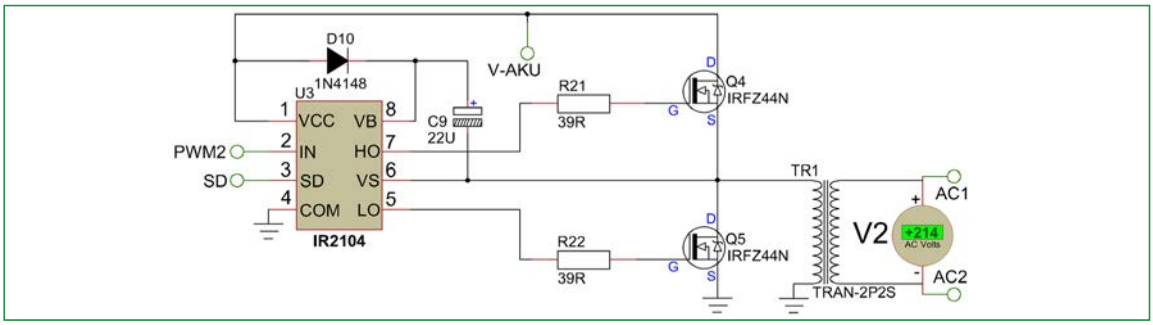
Görsel 1.88: Mikrodenetleyici ve LCD ekran devresi



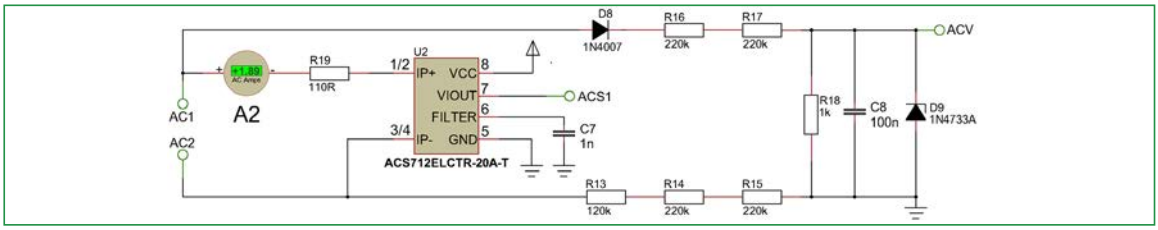
Görsel 1.89: Hibrit regülatör devresi



Görsel 1.90: Rüzgâr türbini ve PV panel modelleme devresi



Görsel 1.91: Invertör devresi



Görsel 1.92: AC ölçüm devresi

NOT

Program PDF dosyadan kopyalanıp ARDUINO IDE programına aktarıldığında çift tırnak sembolleri ARDUINO IDE programında farklı formatta olabilir. Bu durumda çift tırnak işareti silinip ARDUINO IDE programında tekrar yazılmalıdır.

Tablo 1.10: Hibrit Sistem Enerji Ölçüm Tablosu (Simülasyon Analiz Sonuçları)

	Ölçümler		R18-110R		R18-220R	
			LCD Ekran	Ölçü Aletleri	LCD Ekran	Ölçü Aletleri
S1 kapalı S2 açık	RES-GES	Gerilim (V)		V1=		V1=
		Akım (A)		A1=		A1=
		Güç (kW)		P1=		P1=
	INV	Gerilim (V)		V2=		V2=
		Akım (A)		A2=		A2=
		Güç (kW)		P2=		P2=
	Ölçümler		R18-110R		R18-220R	
			LCD Ekran	Ölçü Aletleri	LCD Ekran	Ölçü Aletleri
S1 açık S2 kapalı	RES-GES	Gerilim (V)		V1=		V1=
		Akım (A)		A1=		A1=
		Güç (kW)		P1=		P1=
	INV	Gerilim (V)		V2=		V2=
		Akım (A)		A2=		A2=
		Güç (kW)		P2=		P2=
	Ölçümler		R18-110R		R18-220R	
			LCD Ekran	Ölçü Aletleri	LCD Ekran	Ölçü Aletleri
S1 kapalı S2 kapalı	RES-GES	Gerilim (V)		V1=		V1=
		Akım (A)		A1=		A1=
		Güç (kW)		P1=		P1=
	INV	Gerilim (V)		V2=		V2=
		Akım (A)		A2=		A2=
		Güç (kW)		P2=		P2=

Tablo 1.11: Hibrit Sistem Enerji Ölçüm Tablosu (Uygulama Sonuçları)

	Ölçümler		R18-110R		R18-220R	
			LCD Ekran	Ölçü Aletleri	LCD Ekran	Ölçü Aletleri
S1 kapalı S2 açık	RES-GES	Gerilim (V)		V1=		V1=
		Akım (A)		A1=		A1=
		Güç (kW)		P1=		P1=
	INV	Gerilim (V)		V2=		V2=
		Akım (A)		A2=		A2=
		Güç (kW)		P2=		P2=
	Ölçümler		R18-110R		R18-220R	
			LCD Ekran	Ölçü Aletleri	LCD Ekran	Ölçü Aletleri
S1 açık S2 kapalı	RES-GES	Gerilim (V)		V1=		V1=
		Akım (A)		A1=		A1=
		Güç (kW)		P1=		P1=
	INV	Gerilim (V)		V2=		V2=
		Akım (A)		A2=		A2=
		Güç (kW)		P2=		P2=
	Ölçümler		R18-110R		R18-220R	
			LCD Ekran	Ölçü Aletleri	LCD Ekran	Ölç Aletleri
S1 kapalı S2 kapalı	RES-GES	Gerilim (V)		V1=		V1=
		Akım (A)		A1=		A1=
		Güç (kW)		P1=		P1=
	INV	Gerilim (V)		V2=		V2=
		Akım (A)		A2=		A2=
		Güç (kW)		P2=		P2=

Tablo 1.12: ARDUINO NANO Mikrodenetleyicinin Kodları

No.	Kodlar
1	//kütüphaneler ve tanımlamalar
2	#include "ACS712.h"
3	#include <Wire.h>
4	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
5	LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 4);
6	ACS712 sensor(ACS712_05B, A0);
7	//değişkenler
8	int SDC = 2;
9	const int AC = A0;
10	const int DC = A1;
11	float Voltaj = 0;
12	float VRMS = 0;
13	float IAC = 0;
14	float IPV = 0;
15	//alt programlar
16	uint16_t get_max() {
17	uint16_t max_v = 0;
18	for(uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
19	uint16_t r = analogRead(A3);
20	if(max_v < r) max_v = r;
21	delayMicroseconds(200);
22	}

No.	Kodlar

```
23   return max_v;
24  }
25  float VPP_al(const int pin )
26  {
27    float sonuc;
28    int deger;
29    int maxdeger = 0;
30    int mindeger = 1023;
31    uint32_t baslangic = millis();
32     while((millis()-baslangic) < 500) //500 msn örnekleme alınıyor
33     {
34        deger = analogRead(pin);
35        if (deger > maxdeger)
36        {
37          maxdeger = deger;
38        }
39        if (deger < mindeger)
40        {
41          mindeger = deger;
42        }
43     }
44    sonuc = ((maxdeger - mindeger) * 5.0)/1023.0;
45    return sonuc;
46   }
47  //genel ayarlar
48  void setup() {
49    pinMode(SDC,OUTPUT);
50    digitalWrite(SDC,LOW);
51    lcd.begin();
52    sensor.calibrate();
53    lcd.backlight();
54    lcd.setCursor(0, 0);
55    lcd.print("PV-RES ELEKTRIK");
56    lcd.setCursor(0, 1);
57    lcd.print("SANTRALI ");
58    lcd.setCursor(0, 2);
59    lcd.print("UYGULAMASI");
60    lcd.setCursor(0, 3);
61    lcd.print("www.kitap.eba.gov.tr");
62    delay(1000);
63    lcd.clear();
64    lcd.setCursor(0, 0);
65    lcd.print("  OLCME ISLEMLERI  ");
66    lcd.setCursor(0, 1);
67    lcd.print("     YAPILIYOR     ");
68  }
69  //ana program
70  void loop() {
71    int pvdc = analogRead(A2);         //PV panel ve rüzgar türbini test ediliyor.
72    float dcv = (pvdc * 5 / 1023.0)*6;
73      if ((dcv/6) > 1.5 and (dcv/6)<4.3 )
74     {
75      analogWrite(9,127);
76     }
77     else
78   {
79       digitalWrite(9,LOW);
80     }
81      if ((dcv/6) > 4.5)                  //Rdump devreye alınıyor.
82     {
83       analogWrite(10,100);
84    delay(3);
85       digitalWrite(10,LOW);
86     }
87    int btr = analogRead(A6);          //AKÜ test ediliyor.
88    float bdcv = (btr * 5 / 1023.0)*6;
```

```
89    if (bdcv > 11)
90    {
91     analogWrite(5,127);
92     digitalWrite(SDC,HIGH);
93    }
94    else
95    {
96      digitalWrite(SDC,LOW);
97    }
98   Voltaj = VPP_al(DC);  //PV akımı ölçülüyor
99   VRMS = (Voltaj) *0.707;
100  IPV = VRMS /0.11;
101  float gucdc=(dcv*IPV)/1000; //DC güç ölçülüyor
102  IAC = sensor.getCurrentAC();//AC yük akımı ölçülüyor
103  uint32_t v = get_max();
104  v /= sqrt(2);
105  v*=4.95;
106  float gucac=(v*IAC)/1000; //AC güç ölçülüyor
107  lcd.clear();
108  lcd.setCursor(7, 0);lcd.print("RES-GES");lcd.setCursor(16, 0);lcd.print("INV");
109  lcd.setCursor(0, 1);lcd.print("AKIM(A)   ");
110  lcd.setCursor(10, 1);lcd.print(IPV);lcd.setCursor(16, 1);lcd.print(IAC);
111  lcd.setCursor(0, 2);lcd.print("GER. (V)  ");
112  lcd.setCursor(10, 2);lcd.print(dcv);lcd.setCursor(16, 2);lcd.print(v);
113  lcd.setCursor(0, 3);lcd.print("GUC(kW) ");
114  lcd.setCursor(10, 3);lcd.print(gucdc);lcd.setCursor(16, 3);lcd.print(gucac);
115  delay(200);
116 }
```

DEVRENİN ÇALIŞMASI

Devrede V3PHASE rüzgâr türbinini, BAT1 PV panelini temsil eder. S1 anahtarı rüzgâr türbinini, S2 anahtarı PV panelini devreye alır. S1 ve S2 anahtarının bağlı olduğu REG terminali hibrit regülatörü giriş terminaline bağlıdır. Rüzgâr türbini, PV paneli veya her ikisi de devredeyden mikrodenetleyici, R5 (DCV) direnci üzerinde voltaj algılar. R6 (PWM1) direnci üzerinden PWM şarj sinyali göndererek IRFP4905 üzerinden aküyü şarj eder. Mikrodenetleyici R10 (BTR) diyodu üzerinden akü şarj durumunu algılar. Akü şarjı tamsa PWM şarj sinyalini keser. Akü, invertör devresinin ana besleme kaynağıdır. Akünün şarjlı olduğu durumlarda mikrodenetleyici PWM2 sinyali üreterek IR2104 entegresinin 2 No.lu bacağına ve lojik 1 (5V) kontrol sinyalini 3 No.lu bacağına uygular. Invertör çıkışından 220V AC sinyal elde edilir. Mikrodenetleyici D9 (ACV) diyot üzerinden invertör çıkış gerilim durumunu algılar. Invertör çıkışından gerilim üretilmiyorsa sistemi korumaya alır. U1 akım sensörü üzerinden (ACS2) rüzgâr türbini ve PV panelinden çekilen akım, U2 akım sensörü üzerin¬den (ACS1) R19 yük direncinden çekilen akım hesaplanır. R19 yük direnci invertör çıkışına bağlıdır ve değeri değiştirilerek yük direnci ayarlanır. Devredeki LCD ekran, akım gerilim ve güç değerlerini ekranda görüntüler.

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Breadboard	Yeterince büyük	2-3 adet
Yazılımlar	Elektronik devre simülasyonu, program editörü	2 adet
ARDUINO NANO	Mikrodenetleyici kart	1 adet
LM044L display	20x4 LCD display ekran	1 adet
PCF8574A entegresi		1 adet

ACS712 entegre	ACS712ELCTR-20A-T	2 adet
IR2104 entegresi		1 adet
Transformatör	220V/12-24 V	1 adet
Rüzgâr türbini	Uygun güçte (alternatör)	1 adet
PV panel	Uygun güçte	1 adet
Akü	Uygun güçte	1 adet
1N4007 diyot		4 adet
1N4148 diyot		1 adet
MBR6045WT diyot		4 adet
1N4733A zener diyot		1 adet
IRFZ44N transistör		3 adet
TIP42 Transistör	PNP tipli	1 adet
2N3904 transistör	NPN tipli	1 adet
1 nF kondansatör		2 adet
100 nF kondansatör		1 adet
10 µF kondansatör	Elektrolitik	1 adet
22 µF kondansatör	Elektrolitik	1 adet
100 µF kondansatör	Elektrolitik	1 adet
1000 µF kondansatör	Elektrolitik	3 adet
Anahtar	On-off	2 adet
5 Ω direnç	400 W (Rdump)	1 adet
39 Ω direnç		2 adet
110 Ω direnç		1 adet
470 Ω direnç		1 adet
1 kΩ direnç		3 adet
10 kΩ direnç		4 adet
47 kΩ direnç		1 adet
50 kΩ direnç		2 adet
120 kΩ direnç		1 adet
220 kΩ direnç		4 adet
Ampermetre	2 adet AC ve 1 adet DC	3 adet
Voltmetre	1 adet AC ve 1 adet DC	2 adet
Multimetre		1 adet
AC güç kaynağı	220 V AC	1 adet
DC güç kaynağı	+5 V, 12 V, 24 V	1 adet
Kumanda kabloları		Yeterince
Zil teli		Yeterince
Bağlantı probları		-
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.88 ile 1.92 arası verilen devreleri bilgisayarlı çizim ve simülasyon programında kurup bağlantıları yapınız.
2. V3PHASE gerilimini 10 V, BAT1 gerilimini 12,5V, BAT2 gerilimini 12V olarak ayarlayınız.

3. Trafonun primer indüktansını 0,09H, sekonder indüktansını 100H olarak ayarlayınız.
4. Tablo 1.12'de verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE editör programında derleyiniz ve **HIBRIT.HEX** olarak kaydediniz. Bu dosyayı simülasyondaki mikrodenetleyiciye yükleyiniz.
5. Simülasyonu başlatınız.

Elemanlar	LM044L, 1N4007, 1N4148, 1N4733A, ACS712ELCTR-20A-T, ACS712ELCTR-05BT, 2N3904, ALTERNATOR, CELL, CERAMIC1N, CERAMIC100N, DISC100N50V, IR2104, TIP42, IRFZ44N, MBR6045WT, MINRES39R, MINRES470R, MINRES110R, MINRES1K, MINRES10K, MINRES47K, MINRES50K, MINRES120K, MINRES220K, PCELEC10U63V270M, PCELEC22U63V270M, PCELEC100U100V350M, PCELEC1000U100V1100M, PCF8574A, SWITCH, TRAN-2P2S, V3PHASE
Mikrodenetleyici	ARDUINO NANO
Güç kaynağı	GROUND, INPUT, POWER, DEFAULT
Ölçü aletleri	DC VOLTMETER, AC VOLTMETER, AC AMPMETER

6. S1 anahtarını kapalı, S2 anahtarını ise açık konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.10'daki ilgili sütunlara yazınız.
7. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.10'da görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
8. S1 anahtarını açık, S2 anahtarını ise kapalı konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.10'daki ilgili sütunlara yazınız.
9. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.10'da görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
10. S1 ve S2 anahtarlarını kapalı konumuna getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.10'daki ilgili sütunlara yazınız.
11. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.10'da görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
12. Simülasyonu durdurunuz.
13. R19 değerini 220R olarak değiştiriniz ve simülasyonu başlatınız.
14. S1 anahtarını kapalı, S2 anahtarını ise açık konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.10'daki ilgili sütunlara yazınız.
15. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.10'da görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
16. S1 anahtarını açık S2 anahtarını ise kapalı konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.10'daki ilgili sütunlara yazınız.
17. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.10'da görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
18. S1 ve S2 anahtarlarını kapalı konumuna getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.10'daki ilgili sütunlara yazınız.
19. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.10'da görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
20. Simülasyonu durdurunuz.
21. Görsel 1.88 ve 1.92'de verilen devreleri breadboardların üzerlerine kurunuz.
22. **HIBRIT.HEX** dosyayı mikrodenetleyiciye kart üzerinden yükleyiniz.
23. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.

24. S1 anahtarını kapalı, S2 anahtarını ise açık konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.11'deki ilgili sütunlara yazınız.
25. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.11'de görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
26. S1 anahtarını açık, S2 anahtarını ise kapalı konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.11'deki ilgili sütunlara yazınız.
27. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.11'de görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
28. S1 ve S2 anahtarlarını kapalı konumuna getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.11'deki ilgili sütunlara yazınız.
29. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.11'de görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
30. Devrenin enerjisini kesiniz.
31. R19 değerini 220R olarak değiştiriniz.
32. Devreye öğretmen kontrolünde enerji veriniz.
33. S1 anahtarını kapalı, S2 anahtarını ise açık konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.11'deki ilgili sütunlara yazınız.
34. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.11'de görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
35. S1 anahtarını açık, S2 anahtarını ise kapalı konuma getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.11'deki ilgili sütunlara yazınız.
36. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.11'de görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
37. S1 ve S2 anahtarlarını kapalı konumuna getiriniz. Ölçü aletlerinde (V1, A1, V2, A2) ve LCD ekranda görülen ölçüm sonuçlarını Tablo 1.11'deki ilgili sütunundaki yazınız.
38. Ölçü aletlerinde görülen akım ve gerilim değerlerine göre güç değerlerini hesaplayıp Tablo 1.11'de görülen ölçü aleti sütunundaki P1 ve P2 satırlarına yazınız.
39. Devrenin enerjisini kesiniz ve devreleri sökerek öğretmeninize teslim ediniz.
40. Simülasyon sonuçları ile deney ölçüm sonuçlarını karşılaştırarak yorumlayınız.

SORULAR

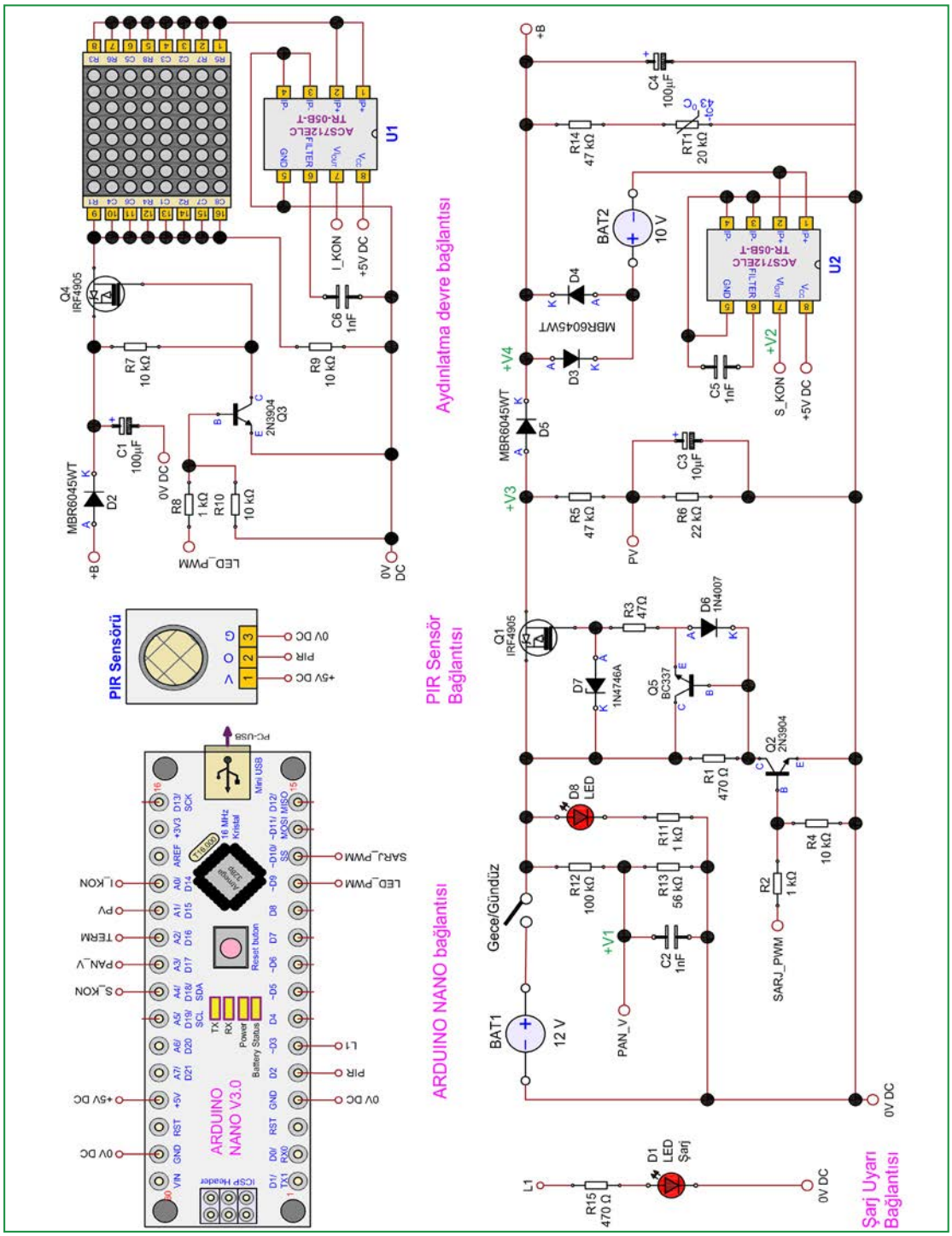
1. LCD ekranda görülen akım gerilim ve güç değeri ile ölçü aletlerindeki akım, gerilim ve hesaplanan güç değri arasında fark var mıdır? Varsa sebepleri neler olabilir? Açıklayınız.
2. S1 ve S2 anahtarları kapalı durumdayken akım, gerilim ve güç değerlerinde artış var mıdır? Varsa sebepleri neler olabilir? Açıklayınız.
3. Rüzgâr türbininde üç fazlı elektrik üretilmesinin sebebi neler olabilir? Açıklayınız.
4. Hibrit sistemde rüzgâr hızının artmasının dezavantajları neler olabilir? Açıklayınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Devre kodlarını derledi ve yükledi.	20	
Sınıfı:	2	Devrenin simülasyonunu ve ölçümlerini yaptı.	20	
Numarası:	3	Devre uygulamasını ve ölçümlerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Her bir ölçüm sonucunu tablolara yazdı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Sonuçları karşılaştırdı ve yorumladı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

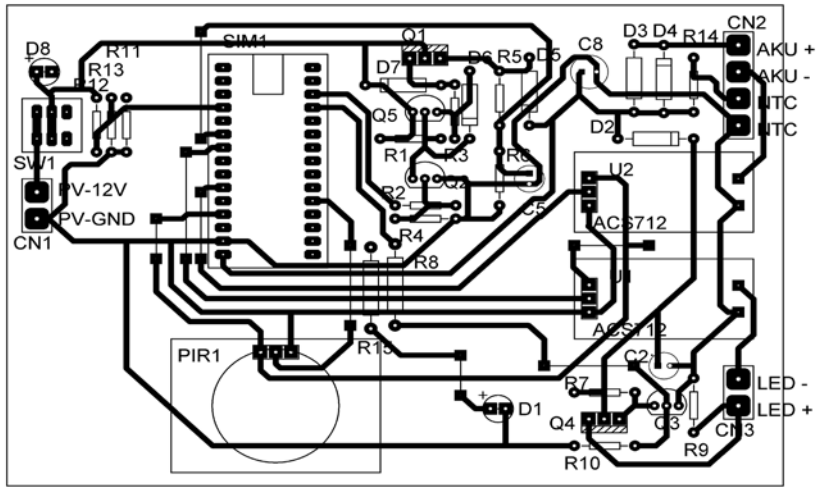
9. UYGULAMA: PV PANELLİ SOKAK AYDINLATMA UYGULAMASI

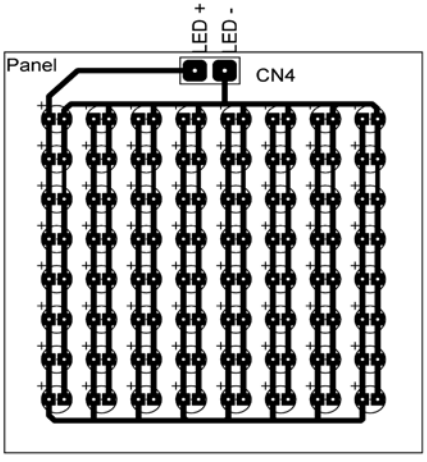
AMAÇ

PV panelli sokak aydınlatma uygulamasını yapmak ve çalıştırmak.



Görsel 1.93: ARDUINO NANO ile PV panelli sokak aydınlatması devresi





R1	470	D1	LED
R2	1K	D2	MBR6045WT
R3	47	D3	MBR6045WT
R4	10K	D4	MBR6045WT
R5	47K	D5	MBR6045WT
R6	22K	D6	1N4007
R7	10K	D7	1N4746A
R8	1K	D8	LED
R9	10K	Q1	IRF4905
R10	10K	Q2	2N3904
R11	1K	Q3	2N3904
R12	100K	Q4	IRF4905
R13	56K	Q5	BC337
R14	47K	U1	ACS712 MODUL
R15	470	U2	ACS712 MODUL
C1	100u	SW1	ON/OFF anahtar
C2	1n	SIM1	ARD-Nano
C3	10u	AKU	12V
C4	100u	PV	12V
CN1	PCB klemens	Panel	PWR-LED
CN2	PCB klemens	NTC	20K
CN3	PCB klemens		
CN3	PCB klemens		

Görsel 1.94: ARDUINO NANO ile PV panelli sokak aydınlatması baskı devresi

NOT

Program PDF dosyadan kopyalanıp ARDUINO IDE programına aktarıldığında çift tırnak sembolleri ARDUINO IDE programında farklı formatta olabilir. Bu durumda çift tırnak işareti silinip ARDUINO IDE programında tekrar yazılmalıdır.

ARDUINO NANO kullanılarak PV panelli sokak aydınlatma devresi yapılacak ve isteğe göre devre, kutu içine yerleştirilecektir. ARDUINO NANO kullanılarak tasarlanan PV paneli ile sokak aydınlatma devresi Görsel 1.93'te, baskı devre şeması ise Görsel 1.94'te görülmektedir. Tablo 1.13'te devrenin yazılım kodları verilmiştir.

Tablo 1.13: ARDUINO NANO Mikrodenetleyicinin Kodları

No.	Kodlar
1	//kütüphaneler ve tanımlamalar
2	#define led 9
3	#define sarj 10
4	#define pir_dedektor 2
5	#define sistem_ok 3
6	#define akim_kont A0
7	#define mos_aktif A1

No.	Kodlar
8	#define pil_isi A2
9	#define panel_gerilim A3
10	#define sarj_akim A4
11	//değişkenler
12	int panel_g=0, mos, sicaklik, akim, yuk_akim;
13	//genel ayarlar
14	void setup()
15	{
16	pinMode(led, OUTPUT);
17	pinMode(sistem_ok, OUTPUT);
18	pinMode(sarj, OUTPUT);
19	pinMode(pir_dedektor, INPUT_PULLUP);
20	Serial.begin(9600);
21	}
22	//ana program
23	void loop()
24	{
25	panel_g=analogRead(panel_gerilim);
26	panel_g=map(panel_g,0,1023,0,255);
27	if (panel_g>200) {
28	analogWrite (led,0);
29	sicaklik=analogRead(pil_isi);
30	sicaklik=map(sicaklik,0,1023,0,255);
31	if (sicaklik<70){
32	digitalWrite(sistem_ok,LOW);
33	analogWrite (sarj,0); }
34	else{
35	akim=analogRead(sarj_akim);
36	akim=map(akim,0,1023,0,255);
37	Serial.println(akim);
38	if (akim>150){
39	delay(500);
40	akim=analogRead(sarj_akim);
41	akim=map(akim,0,1023,0,255);
42	if (akim>150){
43	digitalWrite(sistem_ok,LOW);
44	analogWrite (sarj,0);}}
45	else{
46	analogWrite (sarj,125);
47	delay(10);
48	mos=analogRead(mos_aktif);
49	mos=map(mos,0,1023,0,255);
50	if (mos>50){
51	digitalWrite(sistem_ok,HIGH);}
52	else{
53	digitalWrite(sistem_ok,LOW);
54	analogWrite (sarj,0);}}}}
55	else{
56	digitalWrite(sistem_ok,LOW);
57	analogWrite (sarj,0);
58	if (digitalRead(pir_dedektor)){
59	analogWrite (led,125);
60	yuk_akim=analogRead(akim_kont);
61	yuk_akim=map(yuk_akim,0,1023,0,255);
62	if (yuk_akim>130){
63	delay(250);
64	yuk_akim=analogRead(akim_kont);
65	yuk_akim=map(yuk_akim,0,1023,0,255);
66	if (yuk_akim>130){
67	analogWrite (led,0);}}}
68	else{
69	analogWrite (led,0);}}
70	}

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
ARDUINO NANO	Mikrodenetleyicili kart	1 adet
Yazılımlar	Devre simülasyon ve baskı devre yazılımları	2 adet
Plaket	Yeterli genişlikte, tek taraflı	1 adet
PIR dedektör	Dijital çıkışlı	1 adet
Akım sensörü	2XACS712	2 adet
Direnç 0,25W	47 Ω	1 adet
Direnç 0,25W	470 Ω	2 adet
Direnç 0,25W	1 kΩ	3 adet
Direnç 0,25W	10 kΩ	4 adet
Direnç 0,25W	22 kΩ	1 adet
Direnç 0,25W	47 kΩ	2 adet
Direnç 0,25W	56 kΩ	1 adet
Direnç 0,25W	100 kΩ	1 adet
Kondansatör	1nF, 10 µF, 2x100 µF	4 adet
LED diyot	Kırmızı, yeşil renkte	2 adet
MBR6045WT diyot	Şotki	4 adet
1N4007 diyot	Kristal diyot	1 adet
1N4746A diyot	5 V zener diyot	1 adet
Transistör	BC337, 2x2N3904	3 adet
Mosfet	2xIRF4905	2 adet
Akü	11,7 V 3S şarjlı pil (BAT2)	1 adet
Güneş paneli	12 V (BAT1)	1 adet
PWR-LED	5 mm beyaz	64 adet
NTC	20 kΩ	1 adet
PCB klemens	2 pin	2 adet
PCB klemens	4 pin	1 adet
Anahtar	ON/OFF anahtar	1 adet
Zil teli	0,5 veya 0,75 mm^2	3-5 m
DC güç kaynağı	5…24 V DC	1 adet
Asit ve tuz ruhu		1 adet
Lehim ve havya		1 adet
Matkap ve uçları		1 adet
Uygun kutu	Lambayı yerleştirmek için	1 adet
Baskı devre kalemi	S ve M uçlu	2 adet
Zımpara kâğıdı ve ütü		Birer adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

DEVRENİN ÇALIŞMASI

Gece/gündüz anahtarı kapalı durumda gündüzü, açık durumda geceyi simüle eder. Anahtar gündüz konumundayken akü (BAT2) şarja başlar. RT1, akünün sıcaklığını ölçer. Akü

aşırı ısınırsa (60^0) ARDUINO NANO şarjı keser. Akü sıcaklığı 45 dereceye düştüğünde tekrar şarja başlanır. U2, aküden geçen şarj akımını ölçer. Şarj akımı yüksekse ARDUINO NANO şarjı keser. Şarj göstergesi D1 LED diyotudur. Bu diyot şarj esnasında ışık verir. Anahtar gece konumundayken PIR1 sensörü çıkışından (0) lojik 1 bilgisi gelince (logicstate 1 konumuna alınır.) LED panel yanar. PIR1 çıkışı (0) lojik 0 oluncaya kadar ışık verir (logicstate 0 konumuna getirilir, PIR1 sensör çıkışının lojik 0 olması beklenir.). U1 dot, LED panelden geçen akımı ölçer. LED panelden aşırı akım geçmesi durumunda ARDUINO NANO LED panel voltajını keser. LED panel yanarken anahtar gündüz konumuna alınırsa LED panel voltajı kesilir ve akü şarjına başlanır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Tablo 1.13'te verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE editöründe derleyiniz ve **LAMBA.HEX** olarak kaydediniz.
2. Uygun kart ile HEX kodunu mikrodenetleyiciye yükleyiniz.
3. Görsel 1.93'te verilen devreyi bilgisayar simülasyon programında kurarak test ediniz.
4. Görsel 1.94'te verilen baskı devreyi, baskı devre yazılımda oluşturunuz ve devrenin çıktısını alarak plaketin üzerine gerekli malzemeler ile işleyiniz.
5. Baskı devre kalemi kullanarak aktarılan çizimlerin üzerinden geçiniz.
6. Uygun ölçekte asit ve tuz ruhunu plastik kaba dökünüz ve plaketi kaba atınız. Belirli bir süre plaketin eridiğini gözlemleyiniz.
7. Plaketi alarak su içinde zımpara ve deterjan ile temizleyiniz.
8. Uygun matkap uçları ile plaket üzerinde delik deliniz.
9. Devre elemanlarını plaket üzerine sırayla yerleştiriniz ve ardından sıraya uygun olarak düzgün şekilde lehimleyiniz.
10. Gerekli kabloları ayarlayınız ve plaket üzerine yerleştirerek lehimleyiniz.
11. Tüm kontrolleri yapınız ve plaketi kutu içerisine yerleştirip vidalayınız.
12. Son kontrolleri yapınız ve kutu içindeki son montaj işlemlerini tamamlayınız.
13. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
14. Lambayı güneşli ortama alınız ve belirli bir süre durumunu gözlemleyiniz.
15. Lambayı karanlık ortama alınız ve belirli bir süre durumunu gözlemleyiniz.
16. Öğretmen kontrolünde devrenin enerjisini kesiniz.
17. Tüm parça ve elemanları öğretmeninize teslim ediniz.

SORULAR

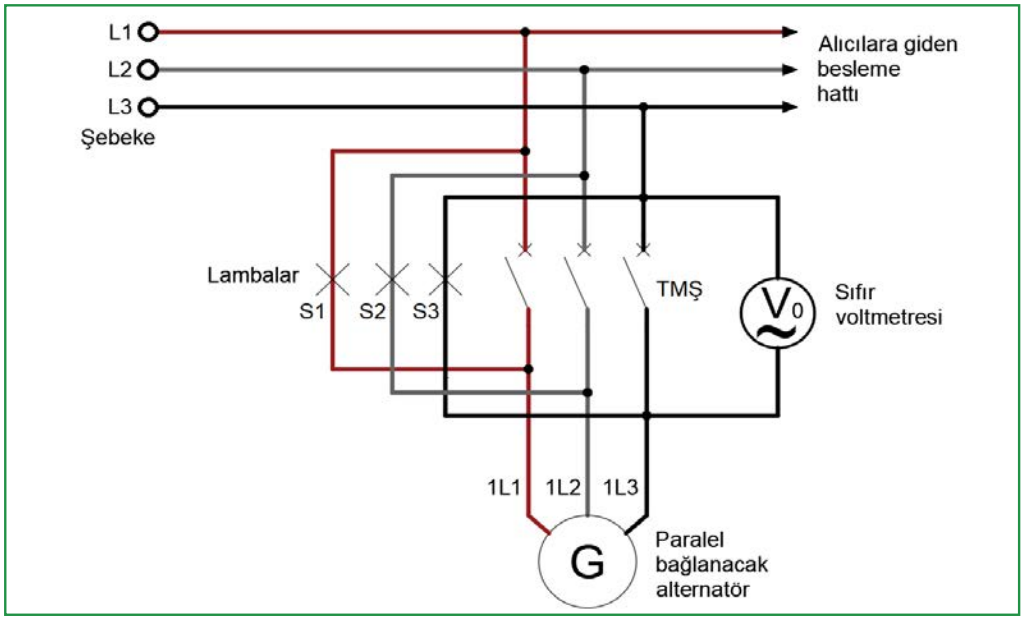
1. LED panel ve şarj akımının PWM yöntemiyle sağlanmasında amaç nedir?
2. PIR dedektörün görevi nedir?
3. Devrede kullanılan NTC'nin görevi nedir?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Devre tasarımını oluşturdu.	20	
Sınıfı:	2	Devre plaketinin patern işlemini tamamladı.	20	
Numarası:	3	Devre plaketini deldi ve plakete elemanları lehimledi.	20	
ÖĞRETMEN	4	Devreyi kutu içeresine yerleştirdi.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Devreyi çalıştırdı ve kontrolünü yaptı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

10. UYGULAMA: SÖNER IŞIK İLE ALTERNATÖRÜN PARALEL BAĞLANMA DENEYİ

AMAÇ

Söner ışık ile alternatörün paralel bağlanma deneyini yapmak.



Görsel 1.95: Söner ışık ile alternatörün paralel bağlanma deneyi

DEVRENİN ÇALIŞMASI

Devrede bağlanan lambanın gerilimi, iki senkron generatörün ya da şebeke–generatörün gerilimleri toplamına eşit olmalıdır. Paralel bağlanacak generatör çalıştırıldıktan sonra gerilim ve frekansı şebekeye eşitlenir. Bu eşitlenme anında lambaların hepsi yanacak ve ardından sönecektir. Generatörün devri belirli oranda artırıldığında yanıp sönme hızı bir noktaya kadar azalır. İşte bu sürenin kalktığı yani lambaların sönük hâlde kaldığı durum senkronizm anıdır. Bu anda TMŞ kapatılarak senkron generatör devreye paralel bağlanır. Sıfır voltmetresi de lambaların sönük kaldığı anda “0” değerini gösterir.

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Alternatör	3 fazlı	2 adet
Montaj panosu	Uygun ölçülerde	1 adet
Lamba grubu	230 V 75 W lamba (3'lü grup)	3 adet
AC voltmetre	Dijital özellikli	1 adet
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet

Termik manyetik şalter	Alternatör gücüne uygun	1 adet
Kumanda kabloları	2,5 mm² NYA	Yeterince
AC güç kaynağı	3 fazlı, 50 Hz, 380 V (f-f)	1 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Devre malzemelerini temin ediniz ve ölçü aleti ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
2. Uygun ölçülere sahip montaj panosu temin ediniz ve uygulamaya hazır hâle getiriniz.
3. Panoya ray ve kanalları uygun şekilde yerleştiriniz.
4. Malzemelerin pano içerisine yerleşimini planlayınız.
5. Lambaları panonun üst kısmına ve AC voltmetreyi pano kapağına monte ediniz.
6. Alternatörü panonun alt kısmına yerleştiriniz.
7. Görsel 1.95'te verilen devrenin kablo bağlantılarını yapınız. Bağlantıları lambaların uygun faza bağlı olup olmadığına dikkat ederek gerçekleştiriniz.
8. Termik manyetik şalteri (TMŞ) açık konuma alınız.
9. Devreye öğretmen kontrolünde enerji veriniz.
10. Devreye paralel bağlanacak generatörü uygun koşullarda motor desteği ile çalıştırınız.
11. Lambalar yanıp sönmeye başlayacaktır. Lambaların yanıp sönme hızı, fazların arasındaki faz farkından ötürüdür. Bu nedenle şebeke ile alternatör arasındaki faz farkı "0" olduğunda lambaların söndüklerini gözlemleyiniz (Tablo 1.14).
12. Voltmetrenin "0" değerini gösterdiğini gözlemleyiniz. Lambaların söndüğü ve volt metrenin "0" değerin gösterdiği an senkronizasyon anıdır. Bu anda TMŞ'yi kapatarak alternatörün paralel bağlantısını gerçekleştiriniz.
13. TMŞ'yi ve şebeke gerilimini açarak devrenin enerjisini kesiniz. Alternatörün çalışmasını da durdurunuz.
14. Devrede alternatörün uçlarını yer değiştirerek çalışmaları tekrar ele alınız. Fazdaki değişimlerin sonuçlarını Tablo 1.14'e yazınız.
15. Malzemeleri sökerek öğretmeninize teslim ediniz.
16. Çalışmayı değerlendiriniz.

Tablo 1.14: Çalışma Deneyi

Alternatör		Faz Grupları (Şebeke)			Lambalar			Sıfır Voltmetre	
		L1	L2	L3	S1	S2	S3	TMŞ Açık	TMŞ Kapalı
Durum 1	1L1	X							
	1L2		X						
	1L3			X					
Durum 2	1L1		X						
	1L2			X					
	1L3	X							
Durum 3	1L1	X							
	1L2			X					
	1L3		X						

SORULAR

1. Alternatörün dinamodan farkları nelerdir?
2. Alternatörün paralel bağlanmasında uçların rastgele bağlanması ne gibi sorunlara yol açar?
3. Yapılan deneyde akkor flamanlı lambalar yerine başka hangi özellikte ve kaç adet lamba kullanılabilir?

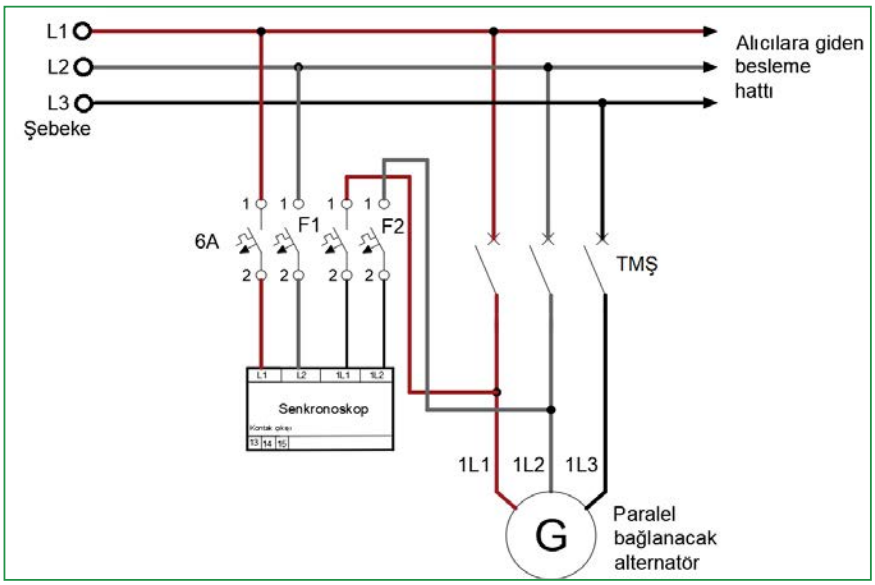
NOT: .....

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Devre bağlantılarını yaptı.	20	
Sınıfı:	2	Generatörü uygun şekilde bağladı.	20	
Numarası:	3	Devreye öğretmen kontrolünde enerji verdi.	20	
ÖĞRETMEN	4	Çalışmaları gözlemledi ve raporladı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Sonuçları değerlendirdi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

11. UYGULAMA: SENKRONOSKOP İLE ALTERNATÖRÜN PARALEL BAĞLANMA DENEYİ

AMAÇ

Senkronoskop ile alternatörün paralel bağlanması deneyini yapmak.



Görsel 1.96: Senkronoskop ile alternatörün paralel bağlanma deneyi

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Alternatör	3 fazlı	2 adet
Montaj panosu	Uygun ölçülerde	1 adet
Senkronoskop	Dijital	1 adet
Otomatik sigorta	6 A	4 adet
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet
Termik manyetik şalter	Alternatör gücüne uygun	1 adet
Kumanda kabloları	2,5 mm^2 NYA	Yeterince
AC güç kaynağı	3 fazlı, 50 Hz, 380 V (f-f)	1 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Devre malzemelerini temin ediniz ve ölçü aleti ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
2. Uygun ölçülere sahip montaj panosu temin ediniz ve uygulamaya hazır hâle getiriniz.
3. Panoya ray ve kanalları uygun şekilde yerleştiriniz.
4. Malzemelerin panoya yerleşimini planlayınız.
5. Alternatörü panonun alt kısmına yerleştiriniz.

6. Görsel 1.96'da verilen devrenin kablo bağlantılarını elemanlar arası yapınız. Bağlantıları lambaların uygun faza bağlı olup olmadığına dikkat ederek gerçekleştiriniz.
7. Termik manyetik şalteri (TMŞ) açık konuma ve sigortaları kapalı konuma alınız.
8. Devreye paralel bağlanacak generatörü uygun koşullarda motor desteği ile çalıştırınız.
9. Senkronoskop cihazının gerekli ayarlarını yapınız. Senkronoskop cihazdaki menü tuşuna basılı tutularak programlama menüsüne giriniz ve cihazını programlayınız.
10. Senkronoskop cihazını programlarken şebeke ve alternatör faz gerilimlerinin alt ve üst limit değerlerini giriniz. Girdiğiniz değerleri Tablo 1.15'e kaydediniz.
11. Senkronoskop cihazını programlarken şebeke ve alternatör faz gerilimlerinin arasındaki farkı volt olarak giriniz. Girdiğiniz değerleri Tablo 1.15'e kaydediniz.
12. Senkronoskop cihazını programlarken şebeke ve alternatör faz gerilimlerinin arasındaki faz farkını derece olarak giriniz. Girdiğiniz değerleri Tablo 1.15'e kaydediniz.
13. Devreye öğretmen kontrolünde enerji veriniz.
14. Senkronoskop cihazı üzerinde daire şeklinde LED göstergeler bulunur. Bu göstergeler, şebeke ve alternatör arasındaki faz açı farkını gösterir. Bu LED'leri gözlemleyiniz.
15. Şebeke ve alternatör arasında senkronizasyon sağlandığında en üstteki (0 yazan) sarı LED yanacaktır. Sarı LED'in yandığını gözlemleyiniz.
16. Senkronizasyon LED yandığında TMŞ'yi kapatınız. Böylece alternatörü şebekeye paralel bağlayınız. Senkronoskop üzerindeki şebeke ve alternatör LED'leri ayarlanan volt değerleri dışında olursa sönecektir.
17. Alternatör frekansı, şebeke frekansından yüksek olursa senkronoskop cihazındaki dairesel LED'ler saat yönünde dönecektir. Eğer frekans düşük olursa dairesel LED'ler saat yönünün tersinde dönecektir. Bu durumları gözlemleyiniz.
18. Enerjiyi kesiniz ve tüm koruma elemanlarını açınız. Alternatörün de çalışmasını uygun şekilde durdurunuz.
19. Malzemeleri sökerek öğretmeninize teslim ediniz.
20. Çalışmayı değerlendiriniz.

Tablo 1.15: Senkronoskop Cihazında Yapılan Ayarlamalar

Şebeke Geriliminin Alt Limit Değeri	Şebeke Geriliminin Üst Limit Değeri	Alternatör Geriliminin Alt Limit Değeri	Alternatör Geriliminin Üst Limit Değeri	Şebeke ve Alternatör Gerilim Farkı	Şebeke ve Alternatör Arası Faz Farkı
Volt	Volt	Volt	Volt	Volt	Derece (^{0})
.....	.....	.....	.....	.....	.....

SORULAR

1. Senkronoskop cihazının kullanım amacını yazınız.
2. Senkronoskop cihazı nasıl çalışır? Açıklayınız.
3. Lamba deneyine göre senkronoskop cihaz ölçümünün avantajları nelerdir?
4. Paralel bağlanacak alternatörlerin frekansları farklı ise frekanslarının istenen değerlere gelmesi için ne yapılabilir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Devre bağlantılarını yaptı.	20	
Sınıfı:	2	Generatörü uygun şekilde bağladı.	20	
Numarası:	3	Devreye öğretmen kontrolünde enerji verdi.	20	
ÖĞRETMEN	4	Çalışmaları gözlemledi ve raporladı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Sonuçları değerlendirdi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ

Aşağıda 1. öğrenme birimi ile ilgili 5 farklı araştırma ve uygulama projesi verilmiştir. Her projeyi araştırınız, proje raporlarını hazırlayınız ve belirlenen süre sonunda uygulamaları ile birlikte teslim ediniz. Projelerde öğretmen onayı ile gruplar oluşturabilirsiniz.

1. PROJE: TÜRKİYE'DE ENERJİ VE SANTRALLER

Proje Süresi : 5-6 hafta

Proje Grup Sayısı: 1-3 kişi

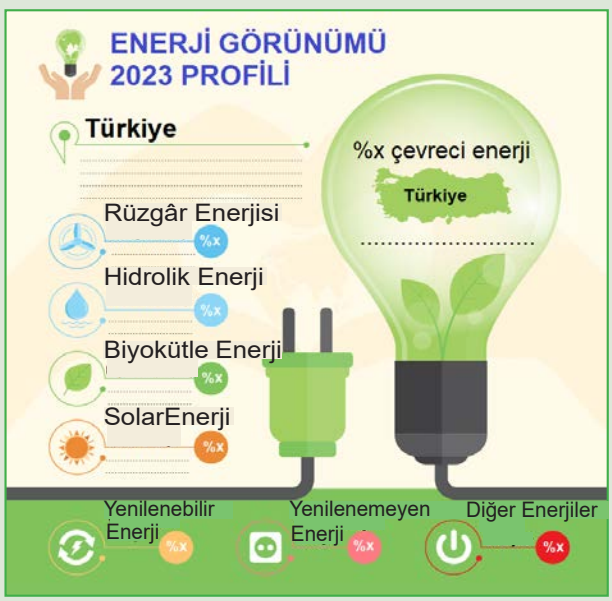
Projenin Amacı : Dünyada ve Türkiye'de enerji kaynaklarını ve elektrik santrallerini araştırmak, detaylı olarak rapor hazırlamak ve afiş tasarımlarını gerçekleştirmek.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Mavi dosya (1 adet)
- Rapor çıktısı (30 sayfa ve üzeri)
- Afişler (A3 veya A4 renkli çıktı)
- Harita görselleri (Ek A.17-A.20

Projede İstenenler

- Enerji kaynaklarının özelliklerini detaylı olarak araştırınız.
- Her enerji kaynağını görseller de kullanıp yazılı olarak açıklayınız.
- Dünyadaki enerji kaynaklarının son beş yıllık istatiksel verilerini bulunuz. Bu verileri tablo ve grafikler oluşturarak yorumlayınız.
- Türkiyedeki enerji kaynaklarının son beş yıllık istatiksel verilerini bulunuz. Bu verileri tablo ve grafikler oluşturarak yorumlayınız.
- Her iki istatiksel veriyi açıklayan bir afiş oluşturunuz (Görse1.97).



Görsel 1.97: Türkiye enerji afişi örneği

• Türkiye'de enerji kaynakların bulunduğu yerleri araştırınız. Her enerji kaynağını ayrı tablo (Tablo 1.16) ve harita üzerinde detaylı olarak gösteriniz.

Tablo 1.16: Türkiye'de Enerji Kaynaklarının Çıkarıldığı Yerler ve Özellikleri

No	Enerji Kaynakları	Çıkarıldığı İl/İlçe	Kapasitesi	Potansiyeli
1				
2				
...				

- Elektrik santrallerinin özelliklerini detaylı olarak araştırınız. Her santralin özelliğini, çalışmasını, kullanılan enerji türlerini, avantaj ve dezavantajlarını ve güç üretim formülünü detaylı olarak açıklayınız. Ayrıca santralin iç yapısını ve elektrik bağlantı şemalarını çiziniz.
- Türkiye'deki elektrik santrallerinin istatistiksel verilerini araştırarak Tablo 1.17'de verilen formata uygun olarak çıkarınız. Listede en yüksek kapasite değerinden başlayarak sıralama yapınız. Ayrıca her santrali ayrı harita üzerinde gösteriniz.

Tablo 1.17: Türkiye'de ..... Santralleri ve Teknik Özellikleri

No	İl/İlçe	Kaynağı	İşletme Tarihi	Kapasite Değeri
1				
2				
...				

- Proje dosyasını tamamlayarak belirlenen tarih sonunda eksiksiz olarak öğretmeninize teslim ediniz.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Enerji kaynakları detaylı olarak araştırıldı.	10
2	Enerji kaynakları detaylı olarak görsel ve tablolarla birlikte açıklandı.	10
3	Dünyada ve Türkiye'de enerji kaynağı ile ilgili istatistiki bilgiler oluşturuldu.	10
4	Dünyada ve Türkiye'de enerji kaynağı ile ilgili istatistiki bilgilerle afiş hazırlandı.	10
5	Türkiye'nin enerji kaynakları ile ilgili haritalar oluşturuldu.	10
6	Elektrik santralleri detaylı olarak araştırıldı.	10
7	Elektrik santralleri detaylı olarak görsel ve tablolarla birlikte açıklandı.	10
8	Dünyada ve Türkiye'de elektrik santralleri ile ilgili istatistiki bilgiler oluşturuldu.	10
9	Dünyada ve Türkiye'de elektrik santralleri ile ilgili istatistiki bilgiler afiş hâline getirildi.	10
10	Türkiye'nin elektrik santralleri ile ilgili haritalar oluşturuldu.	10
	TOPLAM PUAN	**100**

2. PROJE: HİDROELEKTRİK SANTRAL MAKETİ

Proje Süresi : 4-6 hafta

Proje Grup Sayısı: 2-8 kişi

Projenin Amacı : Grubun tasarladığı şekiller doğrultusunda hidroelektrik santral maketini yapmak ve örnek türbin döndürülmesi sonucu elektrik ölçümlerini gerçekleştirmek.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Hidroelektrik santral tasarımları (CAD yazılım üzerinde)
- Renkli çıktı (A4 kâğıt veya üzeri)
- Hidroelektrik santral maketi
- Proje dosyası ve CAD yazılım dosyası (DVD)

Projede İstenenler

- Hidroelektrik santralinin yapısını ve çalışmasını araştırınız. Teknik bilgileri ve ayrıntılı olarak rapor üzerinde açıklayınız.
- Hidroelektrik santralinin iç yapısını CAD yazılımında detaylı olarak oluşturunuz. Başka tür yazılımlar ile çalışmayı destekleyebilirsiniz.
- Hidroelektrik santrali tasarımının uygun kâğıt üzerinde renkli çıktısını alınız ve uygun şekilde katlayarak proje dosyasına yerleştiriniz.
- Hidroelektrik santraline uygun malzeme ve ekipman listesini oluşturunuz. Bu listeyi oluştururken maketin gerçekçi bir zemin üzerinde oluşturulacağını düşününüz. Örneğin suyun konulacağı alanlarda plastik veya suya dayanıklı malzemeler kullanılması gerekir.
- Hidroelektrik santralinin maketini uygun araç gereç kullanarak sağlam bir zemin üzerine kurunuz. Maket kurulumunda her bir grubu parça şeklinde oluşturarak demonte yapmak maket tasarımı açısından daha sağlıklı olacaktır. Ayrıca bu tasarımda elektrik üretimi ve kablolarının geçiş güzergâhları için uygun yerler önceden hazırlanmalıdır.
- Türbinin su ile döndürülmesi ile zemin üzerine yerleştirilen tüm LED aydınlatmalar yanmalı ve haricî güç çıkışından gerekli ölçümler sağlanmalıdır.
- Maket tasarımı ile ilgili tüm süreçleri rapor üzerinde açıklayınız.
- İstenen proje dosyasını, çıktı kâğıdını, maketini ve DVD'yi belirlenen süre sonunda eksiksiz olarak öğretmeninize teslim ediniz.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Hidroelektrik santrali detaylı olarak araştırıldı.	10
2	Hidroelektrik santrali raporda detaylı olarak açıklandı.	10
3	CAD yazılımında hidroelektrik santrali, modellenmiş ve uygun ölçülerde çizildi.	10
4	CAD yazılımındaki tasarım çıktısı renkli olarak uygun kâğıt üzerine alındı.	10
5	Maket ile ilgili malzeme ve ekipman listesi belirlendi.	10
6	Maket ile ilgili malzemeler üzerinde gerekli kesme ve delme işlemleri yapıldı.	10
7	Modüler şekilde maketler oluşturuldu ve her biri uygun zemine monte edildi.	10
8	Maket üzerine elektrik kabloları ve jeneratör, uygun alanlara yerleştirildi.	10
9	Türbinden su akışı sağlandı ve LED lambaların durumları incelendi.	10
10	Proje dosyası ve maket uygun şekilde ve eksiksiz olarak teslim edildi.	10
	TOPLAM PUAN	**100**

3. PROJE: SENKRONİZASYON KONTROL CİHAZI İLE ALTERNATÖRÜN PARALEL BAĞLANMASI

Proje Süresi : 2-4 hafta
Proje Grup Sayısı: 1-3 kişi
Projenin Amacı : Senkronizasyon kontrol cihazı ile alternatörün paralel bağlanma deneyini grubun belirlediği şartlar doğrultusunda yapmak ve raporlamak.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje dosyası
- CAD yazılımı
- Deney seti (öğretmen gözetiminde)
- Alternatörler (2 adet)
- Enerji kontrol cihazı (1 adet) ve kullanım kılavuzu
- Kumanda ve güç koruma elemanları (sigorta, TMŞ vb.)
- Kablolar (uygun tipte)
- Çeşitli ölçü aletleri

Projede İstenenler

- Senkronizasyon kontrol cihazını detaylı olarak araştırınız.
- Örnek bir senkronizasyon kontrol cihazı temin ediniz ve bu cihazın sitesinden kullanım kılavuzunu detaylı olarak inceleyip rapor üzerinde açıklayınız.
- Senkronizasyon kontrol cihazı ile alternatörün paralel bağlanma deney şemasını CAD yazılım üzerinde çiziniz ve etiketlerini yazınız.
- Senkronizasyon kontrol cihazını verilen katalog bilgilerinden yola çıkarak uygun şekilde programlayınız ve bu bilgileri rapor içerisine dâhil ediniz.
- Deney ile ilgili tüm malzeme ve ekipman listesini oluşturunuz.
- Öğretmeninizden belirttiğiniz malzeme ve ekipmanı alarak deneyi oluşturunuz.
- Öğretmen gözetiminde deneyi yapınız ve sonuçları tablolara uygun şekilde not alınız.
- Uygulama sonunda deney malzeme ve ekipmanı öğretmeninize teslim ediniz.
- Çalışma verilerini ve süreç değerlendirme bilgilerini rapora detaylı olarak yazınız. Çalışmanın senkronoskop cihazına göre avantaj ve dezavantajlarını yorumlayınız.
- Proje dosyasına çizim ve analiz raporlarını ekleyerek eksiksiz olarak süre sonunda öğretmeninize teslim ediniz.
- İstenen proje dosyasını, çıktı kâğıdını, maketi ve DVD'yi belirlenen süre sonunda eksiksiz olarak öğretmeninize teslim ediniz.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Senkronizasyon kontrol cihazı, detaylı olarak araştırıldı..	10
2	Senkronizasyon kontrol cihazının kullanma kılavuzu detaylı olarak incelendi.	10
3	Senkronizasyon kontrol cihazının yapısı, çalışması ve kullanımı açıklandı.	10
4	Senkronizasyon kontrol cihazının bağlantı şeması, CAD üzerinde çizildi.	10
5	Senkronizasyon kontrol cihazının bağlantı şeması, renkli olarak çıktı alındı.	10
6	Deney ile ilgili malzeme ve ekipman listeleri oluşturuldu.	10
7	Senkronizasyon kontrol cihazı uygun şekilde programlandı.	10
8	Öğretmen kontrolünde deney uygulaması gerçekleştirildi.	10
9	Deney ile ilgili ölçüm ve testler yapıldı, sonuçlar tablolara yazıldı.	10
10	Proje dosyası istenenler doğrultusunda tamamlandı ve eksiksiz olarak teslim edildi.	10
	TOPLAM PUAN	**100**

4. PROJE: GÜNEŞ PANELİ PROJESİ

Proje Süresi : 8-10 hafta

Proje Grup Sayısı: 2-10 kişi

Projenin Amacı : Mikrodenetleyici kullanarak seyyar prizlerin elektrik ihtiyacını karşılayacak PV panel uygulaması yapmak ve akülerle enerjileri depolamak.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje dosyası
- Yazılımlar (CAD yazılımı, elektronik devre simülasyon ve baskı devre yazılımları)
- Güneş panelleri (uygun güçte ve sayıda), uygun tipte MPPT cihazı ve Invertörler
- Aküler (uygun güçte ve sayıda)
- Pano (orta boyutta, devre ve cihazların yerleştirileceği bölüm)
- Prizler (yeterince)
- Mikrodenetleyici kartlar (ARDUINO UNO veya diğerleri)
- Yazılım editör programı (mikrodenetleyici programlaması için)
- Kumanda kabloları
- Baskı devre elemanları ve baskı devre plaketi
- El aletleri ve lehimleme araçları, ölçü aletleri

Projede İstenenler

- Güneş panellerinin çalışmasını, yapısını, çeşitlerini ve teknik özelliklerini araştırıp detaylı şekilde raporda açıklayınız.
- Güneş panelleri ile ilgili tüm formülleri (güç çıkışı, verimi, sıcaklıkları) bulunuz ve açıklayınız.
- Güneş panellerinin bağlantılarını şemalar ve formüllerle açıklayınız.
- Güneş paneli çıkışına yerleştirilecek MPPT şarj kontrol cihazı ve invertörler (DC/AC dönüştürücü) ile ilgili teknik bilgileri araştırarak raporda detaylı şekilde açıklayınız.
- Akülerin yapısını, çalışmasını, çeşitlerini ve teknik özelliklerini araştırıp detaylı olarak şekil ve tablolar ile açıklayınız.
- **Devrenin çalışma mantığı şu şekilde olacaktır:** Panoya bağlı 5-6 ayrı şekilde linye prizler ve yeterli sayıda akü grubu bulunmaktadır. Her prizin ve akü grubunun girişlerinde uygun tip sigortalar olmaktadır. PV panelinin çıkışında yer alan MPPT'nin çıkışına DC/AC dönüştürücü (Invertör) bağlanırken akülerde ise AC/DC dönüştürücü (doğrultmaç) bağlanmaktadır. PV panelleri enerjiyi DC olarak üretirken aküler enerjiyi DC olarak kullanır. Prizler ise enerjiyi AC olarak kullanmaktadır. Bu nedenle üretilen enerji, mikrodenetleyici kontrol cihazının kontrolündeki röleler üzerinden prizlere AC, akülere ise DC olarak gönderilmektedir. Ayrıca bunlara haricî olarak dışarıdan sigorta kontrollü elektrik hattı linyesi de gelmektedir. PV'den üretilen enerji ilk olarak prizleri besleyecektir. Prizlerin yeterince yük çekmemesi durumunda aküleri doluncaya kadar şarj edecektir. PV'den yeterince güç üretilemediği anlarda akülerden enerji ihtiyacı karşılanacak eğer aküler de yeterli olmazsa elektrik hattından prizlere enerji verilecektir. Sistemin çalışmasını ve enerji kontrollerini mikrodenetleyici kart veya kartlar sağlayacaktır. Elektrik alışverişleri, uygun güçteki röleler üzerinden yapılacaktır. Ayrıca pano üzerinde sistemi açıp kapamaya yarayan 0-1 paket şalter ve buna uygun sinyal lambası olacaktır. Her bir priz linyesinin gücü 3x300W yani 1 kW olarak (toplamda 6x1kW=6 kW'lık yük) belirtilecektir.

- Gruptaki her bir üyenin görev paylaşımlarını yapınız ve süreçlerini belirleyiniz. Bu işlemler öğretmen tarafından yapılabileceği gibi grup içerisinde de belirlenebilir.
- Projenin çalışmasına uygun şekilde, uygun güçte PV panelleri belirleyiniz ve temin ediniz.
- Projenin çalışmasına uygun şekilde, uygun güçte MPPT cihazı belirleyiniz ve temin ediniz.
- Projenin çalışmasına uygun şekilde, uygun kapasitede akü grupları (min. 10 kWh ve üzeri) belirleyiniz ve temin ediniz.
- Projenin çalışmasına uygun şekilde PV üretim dikkate alınarak DC/AC dönüştürücü (Invertör) cihazı belirleyiniz ve temin ediniz.
- Projenin çalışmasına uygun şekilde akü grup gücüne ve PV enerji üretimine dikkate alarak AC/DC dönüştürücü (konvertör) cihazı belirleyiniz ve temin ediniz.
- Projenin çalışmasına uygun panoyu belirleyiniz ve temin ediniz.
- Proje ile ilgili malzeme ve ekipman listesini oluşturunuz ve temin ediniz.
- Projede kullanılacak mikrodenetleyici kart modellerini belirleyiniz.
- Projenin çalışmasını açıklayan algoritma şemasını oluşturunuz ve bu şemaya uygun olarak programlamalarını hazırlayınız.
- Programlamayı ilgili editör programında oluşturunuz ve derleyerek HEX dosyalarını oluşturunuz. Bu dosyaları ilgili mikrodenetleyici kartlarına yükleyiniz.
- Devrenin tasarımını CAD çizim yazılımında oluşturunuz ve çıktısını alınız.
- Elektronik devre simülasyon ve baskı devre yazılımında devrenin elektronik devre simülasyonunu ve baskı devre tasarımlarını oluşturunuz ve bunların çıktılarını alınız.
- Baskı devre plaketi üzerinde baskı devre patern işlemlerini yürütünüz ve plaketi uygun hâle gelecek şekilde hazırlayınız.
- Baskı devre plaket üzerine elemanları ve kabloları yerleştiriniz ve lehimleme işlemini yapınız.
- Monte edilmiş plaketi uygun bir kutu içerisine yerleştiriniz ve klemensler üzerinden çıktı işlemlerini yapınız.
- Mikrodenetleyici devre kutusunu, kumanda koruma elemanlarını, röleleri ve diğer cihazları (aküler ve MPPT) pano içerisine uygun şekilde yerleştiriniz. Pano kapağına ise 0-1 paket şalteri ve sinyal lambaları monte ediniz.

NOT

Projenin devamı olan enerji ölçümü projesi, 3. öğrenme birimindeki "1. Proje" içerisinde gerçekleştirilecektir. Bu nedenle bu uygulamada pano içerisinde iki adet elektrik sayacının girebileceği boşluklar bırakılması gerekmektedir.

- Pano içi kablo bağlantılarını cihazlar ve devreler arasında yapınız. Panonun giriş ve çıkış bağlantıları için klemens grubunu kullanınız. Panoyu hazır hâle getiriniz.
- PV panellerinin ölçüm testlerini PV'lerin bireysel ve bağlantılı olacak şekilde yapınız. Her bir ölçümü tablolara yazarak sonuçları değerlendiriniz.
- PV'leri uygun şekilde (seri, paralel veya karışık) bağlayınız ve kablo çıkışlarını panodaki ilgili klemens girişlerine bağlayınız. PV panellerini güneşi düzgün şekilde görecek alan zeminine monte ediniz (Açılar doğru olarak seçilmeli.).
- Uygun uzunluklara sahip priz kabloları oluşturunuz ve her bir kablonun ucuna anahtarlı üçlü priz bağlayınız. Her priz linyesini farklı bölgelere kanallar üzerinden dağıtınız.
- Öğretmen kontrolünde sistemin çalışmasını detaylı olarak kontrol ediniz. Güneşin etkili olduğu ve olmadığı zamanlarda olacak şekilde farklı yükler kullanıldığında sistemin tepkilerini kapsamlı olarak analiz ediniz ve tablolar üzerinden yorumlayınız.
- Sistemin yapılış ve çalışma aşamalarını fotoğraf çekilerek proje dosyasına ekleyiniz.

- PV panellerin elektrik şebeke bağımlılığı ne derece azalttığını ve enerji verimliliğini hangi oranda değiştirdiğini dikkate alarak sistemi yorumlayınız.
- Proje dosyasını görseller, analiz sonuçları, fotoğraflar, devre tasarımları ve bağlantı şemaları olacak şekilde detaylı yorumlarla tamamlayınız ve eksiksiz olarak dosyayı öğretmeninize teslim ediniz.

NOT: .....

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	PV paneli ile ilgili detaylı açıklamalar yapıldı.	10
2	MPPT cihazı ile ilgili detaylı açıklamalar yapıldı.	10
3	Aküler ile ilgili detaylı açıklamalar yapıldı.	10
4	Sistemin tasarımı CAD yazılımında oluşturuldu.	10
5	Devre şemaları çizildi, simülasyonu ile baskı devre çizimleri yapıldı.	10
6	Mikrodenetleyici yazılımı oluşturuldu, derlendi ve ve cihazlara yüklendi.	10
7	PV paneli ile ilgili test ve ölçümler yapıldı, bağlantılar gerçekleştirildi.	10
8	Pano ile ilgili montaj işlemleri yapıldı.	10
9	Sistemin çalışması farklı saatler içerisinde yapıldı ve ve analizleri toplandı.	10
10	Sonuçlar yorumlandı ve dosya eksiksiz bir şekilde teslim edildi.	10
	TOPLAM PUAN	**100**

5. PROJE: ARAŞTIRMA RAPORU VE SUNUMU

Proje Süresi : 3-5 hafta

Proje Grup Sayısı: 1 kişi

Projenin Amacı : Belirlenen konu ile ilgili araştırma yapmak, bu araştırma ile ilgili sunum raporu oluşturmak ve sunum dosyası ile birlikte belirlenen süre içerisinde sunmak.

Sunum Süresi : 10 dakika

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje sunum rapor dosyası
- Proje sunum dosyası
- DVD (her iki dosyanın elektronik dokümanı, görseller, şekiller vb.)

Proje Konuları

- Enerji türleri ve elektrik enerjisinin etkileri
- Yenilenemeyen enerji kaynaklarının dünyadaki ve Türkiye'deki potansiyelleri
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyadaki ve Türkiye'deki potansiyeli
- Termik enerji santralleri ve Türkiye'deki üretim potansiyelleri
- Doğal gaz enerji kaynağı ve Türkiye'nin dışa bağımlılığı
- Dünyada ve Türkiye'de petrolün etkileri
- Nükleer enerji kaynağının dünyadaki geçmişi ve geleceği
- Türkiye'nin solar enerji potansiyelinin dünyadaki duruma göre yeri
- Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyelinin dünyadaki duruma göre yeri
- Rüzgâr türbinlerindeki değişim ve gelişimler
- Türkiye'deki hidroelektrik santraller ve enerji üretimindeki payı
- Türkiye'deki biyokütle ve biyogaz enerji potansiyelinin değerlendirilmesi
- Deniz ve okyanuslarda enerji potansiyeli ve Türkiye'deki yansımaları
- Türkiye'de enerji üretimleri ile ilgili istatistik veriler (2010-2050 yılları arası)
- Türkiye'nin enerji üretiminde dünyadaki yeri ile ilgili istatistiki veriler
- Alternatör ile dinamoların birbirlerine göre farklılıkları

Projede İstenenler

- Yukarıda verilen proje konularından birisini seçiniz.
- 2 hafta boyunca konu ile ilgili literatür taraması yapınız.
- Verilen sunum dosya formatına uygun olarak sunum dosyasını oluşturunuz.
- Dosyada kullanılan tüm görsel, şekil ve çizimleri, her iki dosya ile birlikte DVD içeresine yedekleyiniz. Ayrıca sunum rapor dosyasının A4 boyutunda renkli çıktısını alınız.

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	İlgili konu seçilerek literatür araştırmaları yapıldı.	10
2	Sunum rapor dosyası istenenler doğrultusunda hazırlandı ve çıktısı alındı.	20
3	Sunum dosyası istenen kurallar doğrultusunda hazırlandı.	20
4	Tüm dokümanlar DVD içerisine eklendi ve dosya ile birlikte teslim edildi.	20
5	Sunum, etkili bir şekilde ve belirlenen zaman aralığında yapıldı.	30
	TOPLAM PUAN	**100**

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki önermeleri okuyunuz ve boş bırakılan ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Hidroelektrik santrallerinde suyun kinetik enerjisinden faydalanılır.
2. ( ) Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarar fazladır.
3. ( ) Güneş panellerinde yarı iletken teknolojisi kullanılır.
4. ( ) Rüzgâr enerji santrallerinde rüzgâr hızını dengeleyen dişli sistemleri kullanılır.
5. ( ) Nükleer santrallerde biyogaz kullanılır.
6. ( )Deniz ve okyanuslardaki dalgaların oluşturduğu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü santrallere dalga enerjisi santralleri denir.
7. ( ) Alternatörler, elektromanyetik indüksiyon metodu ile çalışır.
8. ( ) Alternatörlerin paralel bağlanma şartlarından biri, akımlarının eşit olmasıdır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

9. Kömür termik santrallerinde yakıt olarak kömür veya …… kullanılır.
10. Termik santrallerde türbinin döndürülmesi için sudan …… elde edilir.
11. Yer altından çıkarılan buhardan elektrik üreten santrale …… santral denir.
12. İçinde metan (CH_4), etan (C_2H_6) ve propan bulunduran gaza …… denir.
13. Suyun elektrikle elektrolizi sonucunda oksijen ve …… gazı elde edilir.
14. Trafik işaret lambalarının elektrik enerji ihtiyacını karşılamada ..... kullanılır.
15 Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara ..... denir.
16. Paralel bağlanacak alternatörlerin frekans ve gerilim değerlerini izleyen cihaza ..... denir.

C) Aşağıdaki tabloda ilk sütunda ifadeler, diğer sütunda ise kavramlar verilmiştir. İfadelerin önündeki parantez içlerine kavramların önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

İFADELER		
17.	( )	Sıcak su kuyusundan çıkan buharla doğrudan türbini çeviren jeotermal enerji santral çeşididir.
18.	( )	Denize yatay ve yarı batık şekilde yerleştirilmiş, birbirinden bağımsız hareket eden silindirik tüpten oluşan dalga enerjisi santralidir.
19.	( )	Denizin üç dört metre altına dikey yerleştirilen, birbirinden bağımsız hareket eden şamandıra ve güç ünitesinden oluşan dalga enerjisi santralidir.
20.	( )	Deniz içine kurulan ve salınımlı su kolonu santrali mantığıyla çalışan dalga enerjisi santralidir.
21.	( )	Hidrojen ve oksijen gazından elektrik enerjisi, su ve ısı üreten cihazdır.
22.	( )	Sudan hidrojen ve oksijen gazı üretir.
23.	( )	Alternatörlerin faz eğrilerinin üst üste çakışma durumudur.

KAVRAMLAR	
A	Pelamis
B	Yakıt hücresi
C	Kuru tip
D	Senkronizm anı
E	Osprey
F	Elektrolizör
G	Arşimet
Ğ	Rüzgâr santrali

Ç) Aşağıdaki soruları okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

24. Aşağıdakilerden hangisi tarımsal biyokütle kaynaklarındandır?

A) Ayçiçeği B) Enerji bitkileri C) Evsel atıklar
D) Hayvan gübresi E) Orman ürünleri atıkları

25. Termik santrallerde buharın suya dönüştürüldüğü bölüm aşağıdakilerden hangisidir?

A) Alternatör B) Buhar jeneratörü C) Buhar kazanı
D) Reaktör E) Yoğunlaştırıcı

26. Biyogaz enerji santrallerinde elektrik enerjisinin üretildiği kısım aşağıdakilerden hangisidir?

A) Atık tankı B) Gaz tankı C) Kojenerasyon tesisi
D) Karıştırma tankı E) Reaktör

27. Nükleer santrallerde kullanılan yakıt türü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Doğal gaz B) Hidrojen gazı C) Kömür D) Linyit E) Yakıt çubuğu

28. Aşağıdakilerden hangisi hidrojen enerjisi santralinin kısımlarından biri değildir?

A) Elektrolizör B) Gaz tankı C) Karıştırıcı D) Katalizör E) Su tankı

29. Aşağıdakilerden hangisi güneş panelli santrallerin dezavantajlarından birisi değildir?

A) Gece elektrik üretemez.
B) Bakım maliyetleri düşüktür.
C) Fazla alan kaplar.
D) Verimi %40 değerindedir.
E) Görüntü kirliliğine neden olur.

30. Yer altı kaynaklarından gelen ısının türbinleri döndürmesi ile elektrik üretilmesini sağlayan santral aşağıdakilerden hangisidir?

A) Jeotermal santral
B) Rüzgâr santrali
C) Güneş panelli santraller
D) Dalga enerji santralleri
E) Gelgit enerji santralleri

31. Alternatörlerde değişken manyetik alanın oluştuğu hareketli parça aşağıdakiler den hangisidir?

A) Fan B) Fırça C) Gövde D) Rotor E) Stator

32. Aşağıdakilerden hangisi alternatörlerin dezavantajlarındandır?

A) Verimleri yüksektir.
B) İlk hareketi için uyartıcı devreye htiyaç duyar.
C) Çevreye zarar vermez.
D) Bakım maliyetleri düşüktür.
E) Daha az arıza yapar.



2

ELEKTRİK ŞEBEKELERİ

ÖĞRENME BİRİMİ



KONULAR

2.1. GERİLİMLERE GÖRE ŞEBEKELER
2.2. DAĞITIM ŞEKİLLERİNE GÖRE ŞEBEKELER

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Gerilimlere göre şebekeler
- Dağıtım şekillerine göre elektrik şebekeleri

TEMEL KAVRAMLAR

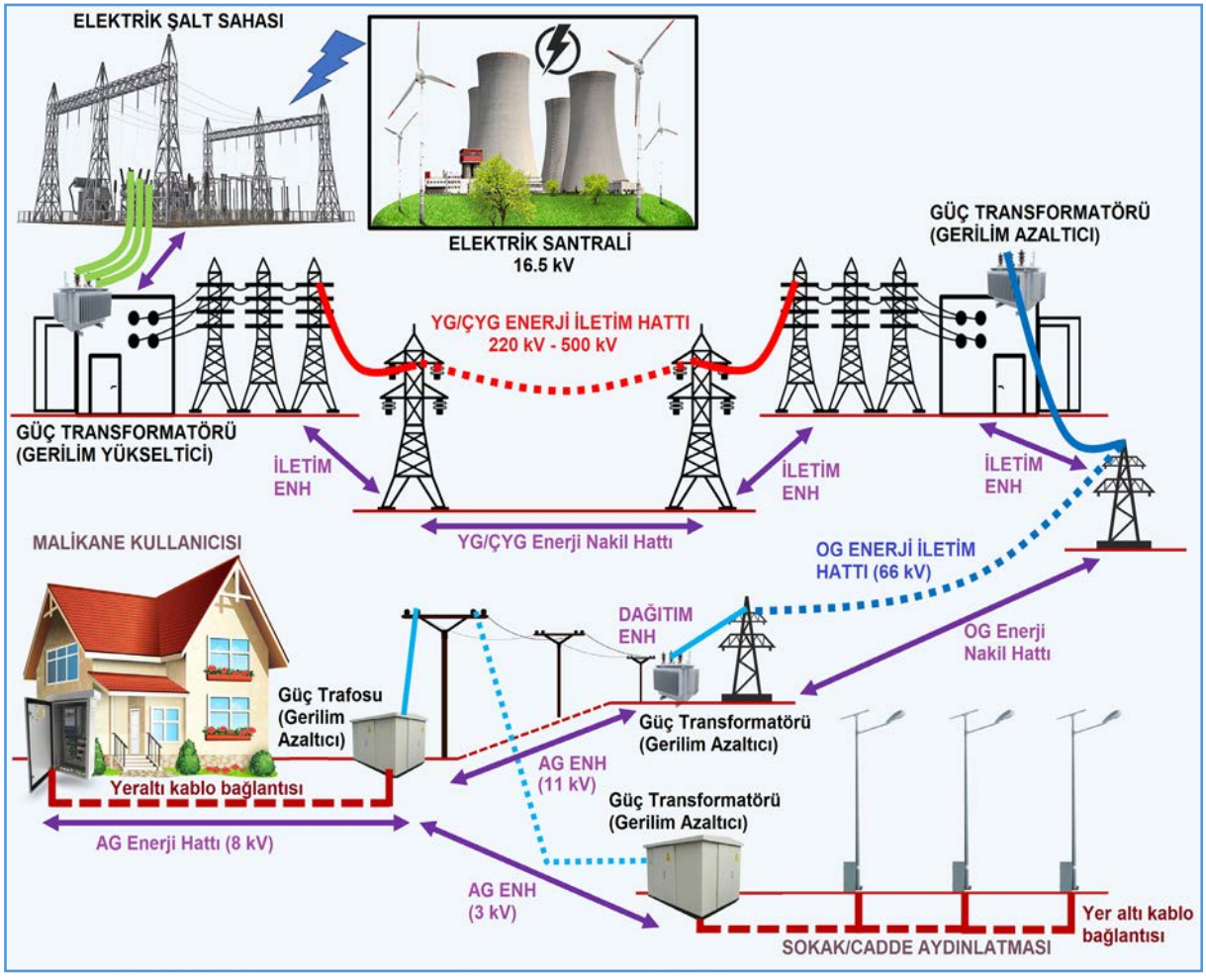
ağ şebeke, akıllı şebeke, alçak gerilim (AG), çok yüksek gerilim (ÇYG), dallı şebeke, elektrik şebekesi, gözlü şebeke, enterkonnekte şebeke, mikro şebeke, orta gerilim (OG), radyal besleme, yüksek gerilim (YG).

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Türkiye'de enerji iletim hatlarının neden yüksek gerilim ile yapıldığını biliyor musunuz? Bu hatların alçak gerilim ile yapılması durumunda ortaya çıkabilecek sorunları tartışınız.
2. Enterkonnekte şebekelerin mevcut sistem altyapısında ne gibi olumsuz durumlar oluşturduğunu araştırarak sınıf ortamında tartışınız.

Bölge veya ülke çapında yaygınlaştırılmış iletişim ve ulaşım ağı örgüsüne **şebeke** denir. GSM şebekesi, elektrik şebekesi, telekomünikasyon şebekesi, su şebekesi vb. ağlar buna örnek verilebilir. Anma gerilimi aynı olan, birbirine direkler ve iletkenler aracılığıyla bağlı elektrik tesislerinin tümüne **elektrik şebekesi** denir. Elektrik şebekesi, üretilen elektrik enerjisini kullanıcılara iletmek amacıyla oluşturulan birleşik bir ağdır. Elektriği üreten enerji santrallerinden, enerji iletim hatlarından ve kullanıcılara bağlantı sağlayan dağıtım hatlarından oluşur.

İletim amacıyla kullanılan şebekeye **iletim şebekesi**, dağıtım amacıyla kullanılan şebekeye ise **dağıtım şebekesi** denir. Elektrik enerjisini üreten, ileten, dağıtan, tüketen ve bir yerde birbirine bağlanan elektrik işletmelerine **elektrik tesisi** denir. Görsel 2.1'de gerilimin üretimini, iletimini ve dağıtımını gösteren bir sistem modeli örneği görülmektedir.



Görsel 2.1: Gerilimin üretilmesi, yükseltilmesi ve dağıtılması

Bir elektrik şebekesinde olması gereken özellikler şunlardır:

- Üretilen enerji, tüketicilere kesintisiz ve güvenli bir şekilde iletilip dağıtılmalıdır.
- İletim hatları, uygun bölgelere planlanmış şekilde yerleştirilmelidir.
- Şebekede oluşabilecek arızalara ve olumsuz durumlara karşı acil müdahale için tedbirler oluşturulmalıdır. Örneğin hatlardaki yangınlara hızlı müdahale edecek ekipler kurulmalıdır.
- Üretilen enerji, üretim noktasından dağıtım yerine ulaşana kadar sabit gerilim ve frekansta olmalıdır.
- Şebeke, her türlü doğa şartında ve oluşabilecek güç artışlarında tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek yapıda olmalıdır.

2.1. GERİLİMLERE GÖRE ŞEBEKELER

Kullandıkları gerilim değerlerine göre elektrik şebeke türleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Kullanılan Gerilim Değerlerine Göre Elektrik Şebekeleri

Gerilim Aralığı	Şebeke Türü	Gerilim Aralığı	Şebeke Türü
AG<1 kV	Alçak gerilim (AG) şebeke	35 kV≤YG<154 kV	Yüksek gerilim (YG) şebeke
1 kV≤OG<35 kV	Orta gerilim (OG) şebeke	154 kV≤ÇYG	Çok yüksek gerilim (ÇYG) şebeke

2.1.1. Alçak Gerilim (AG) Şebekeler

1 kV altı gerilime sahip şebekelere **alçak gerilim (AG) şebekeler** denir. Bu şebekeler dağıtım trafolarından başlayarak tüketicilere (abonelere) kadar ulaşan elektrik hatlarından meydana gelir. Alçak gerilim şebekeleri yalıtım, korunma ve elektriğin taşınmasının kolaylığı nedeniyle tüketicilere yakın bölgelerde (konut, fabrika, kamu binaları, dükkânlar vb.) kurulur. Türkiye'de AG şebekelerinde 50 Hz, 230 V (1~) ve 400 V (3~) şeklinde gerilimler kullanılır. Bu şebekelerdeki iletimlerde gerilim düşümlerinin fazla olması sonucu güç kayıpları da fazla olmaktadır. Bu nedenle dağıtım şebekelerinde alçak gerilim yerine yüksek gerilim tercih edilir.

NOT

Elektrik enerjisinin santrallerden kullanım alanlarına iletimi sırasında oluşan güç kaybını ve gerilim düşümünü asgariye indirmek için gücün sabit tutulup gerilimin yükseltilmesi gerekir. Bu da akımın düşürülmesi demektir. Akım düşürüldüğünde iletim hattındaki ısı da düşürülmüş olur. Böylece hatlarda kullanılan iletkenlerin kesitleri küçülür, hatlardaki kayıplar azalır ve hattın iletim maliyeti düşer. Elektrik enerjisini düşürme ve yükseltme işlemleri transformatörlerle gerçekleştirilir.

AG şebeke sınıflandırmasında kullanılan kısaltmaların açılımları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2: AG Şebeke Sınıflandırmasında Kullanılan Kısaltmalar

Kısaltma	Açıklamalar	Kısaltma	Açıklamalar
T	Toprak iletkeni	**C**	Koruma ve nötr, PEN hattında birleştirilmiş.
N	Nötr iletkeni	**S**	Koruma ve nötr iletkenler birbirinden ayrılmış.
I	İzolasyon iletkeni	**PE**	Koruma iletkeni

AG şebeke türleri kısaltmasındaki ilk üç harfin anlamı Tablo 2.3'te verilmiştir. Buna göre 1. harf güç sisteminin toprağa bağlanmasını, 2. harf tesisattaki açık iletken bölümlerinin toprağa bağlanmasını, 3. harf ise tesisattaki özel durumun gösterilmesini açıklar.

Tablo 2.3: AG Şebeke Sınıflandırmasında Kullanılan Kısaltmalar

Harf	Kısaltma	Anlamları
1	**T**	Şebekenin herhangi bir noktası (örneğin λ noktası) topraklanmıştır.
	I	Şebekenin bütün aktif kısımları toprağa karşı yalıtılmıştır ya da şebekenin herhangi bir noktası bir empedans üzerinden topraklanmıştır.
2	**T**	Açıkta olan iletkenler doğrudan toprağa bağlanmıştır. Şebeke topraklaması yapılmıştır ancak cihaz ayrı şekilde direkt olarak topraklanmıştır.
	N	Açıktaki iletken bölümlerin topraklı noktasına ve cihazın muhafaza kısmına elektriksel açıdan şebeke topraklaması ile doğrudan bağlanmıştır.
3	**S**	Koruma iletkeni ile nötr hattı, fonksiyon açısından birbirinden ayrılmıştır.
	C	Koruma iletkeni ile nötr hattı, fonksiyon açısından PEN hattında birleştirilmiştir.

Uluslararası yönetmeliklere göre (TS 3394) AG şebeke türleri üçe ayrılır:

- TN tipi şebekeler
  - ✓ TN-C tipi şebeke
  - ✓ TN-S tipi şebeke
  - ✓ TN-C-S tipi şebeke
- TT tipi şebekeler
- IT tipi şebekeler

2.1.1.1. TN Tipi Şebekeler

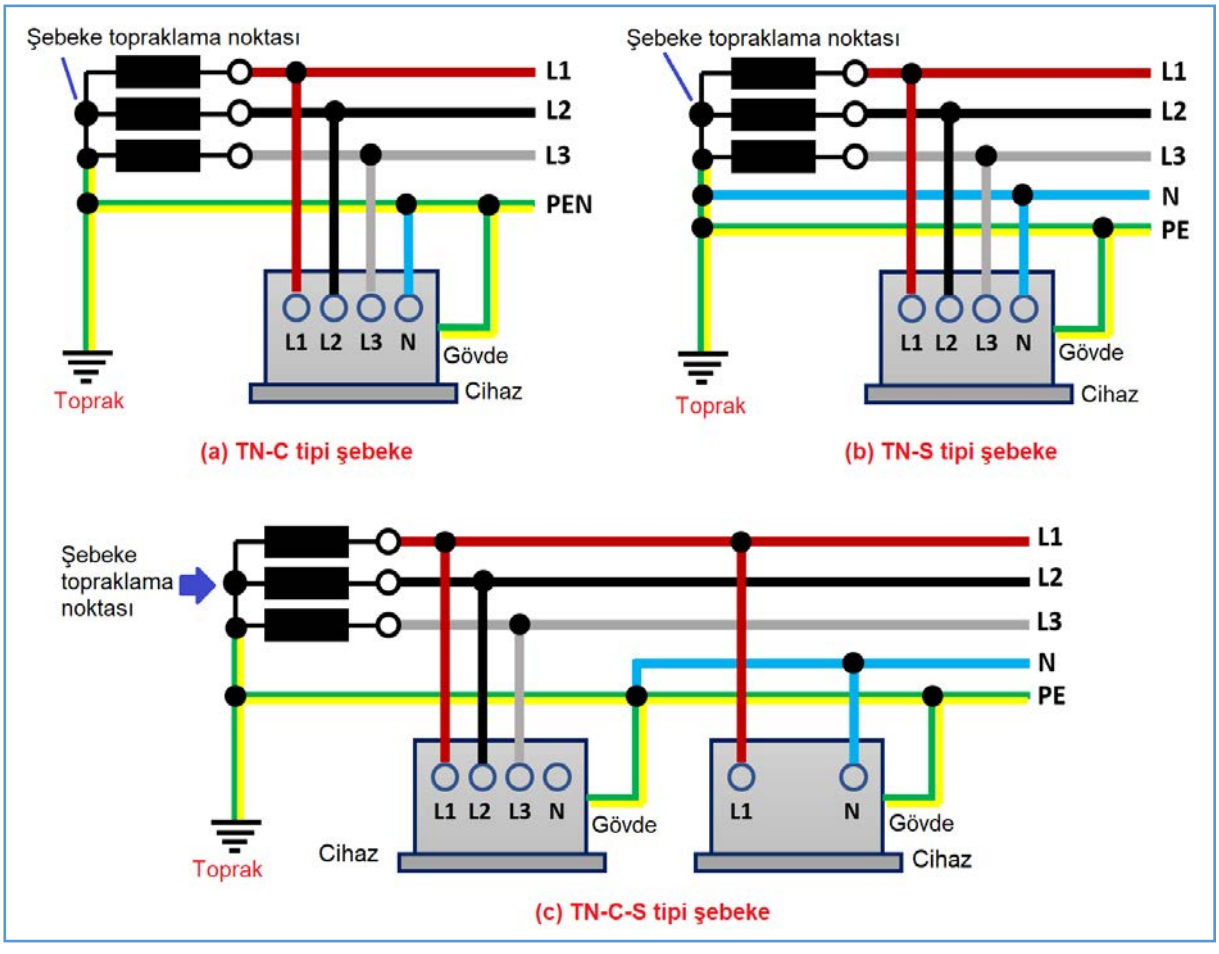
En yaygın kullanılan AG şebeke türüdür. Bu şebekede topraklama işlemi doğrudan tesisattaki topraklama noktasına (işletme topraklamasına) yapılır. Bu şebekede koruma topraklamasına ve sıfırlamaya izin verilir.

Bu tip şebekeler kendi aralarında üçe ayrılır:

TN.C Tipi Şebeke: Koruma ve nötr iletkenleri ile tesise ait tüm madenî kısımların (cihaz gövdesi vb.) tek bir PEN hattı üzerinden birleştirildiği şebeke türüdür (Görsel 2.2a).

TN-S Tipi Şebeke: Koruma ve nötr iletken hattının şebekenin tamamına ayrı çekildiği ve koruma hattı ile tesise ait tüm madenî kısımların ortak bir PE koruma hattı üzerinden işletme topraklamasına bağlandığı şebeke türüdür (Görsel 2.2b).

TN-C-S Tipi Şebeke: Koruma ve nötr iletkenlerinin şebekenin bir bölümünde ortak bir iletken hat üzerinden, başka bir bölümünde ise ayrı olarak çekildiği şebeke türüdür (Görsel 2.2c).

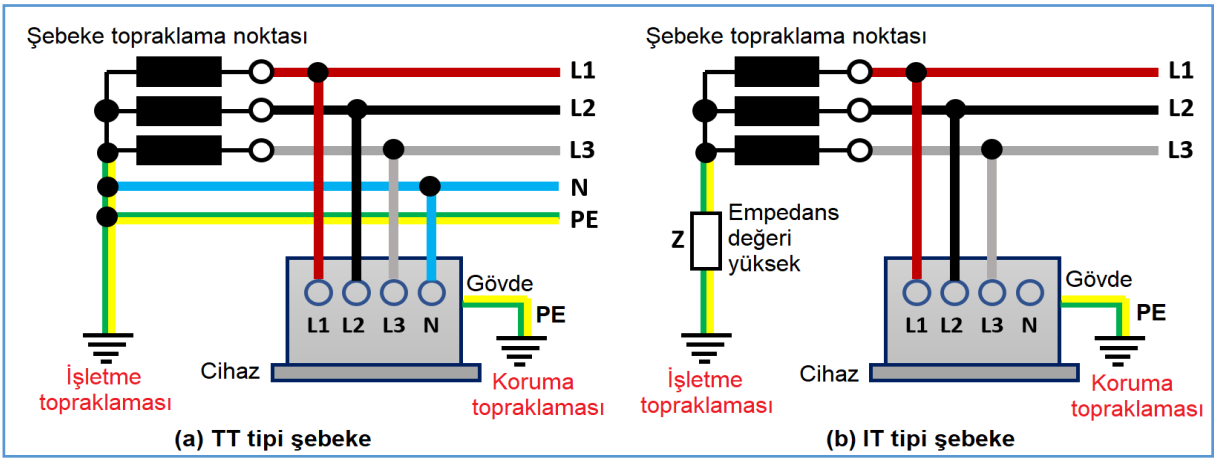


Görsel 2.2: TN tipi şebekeler

2.1.1.2. TT Tipi Şebekeler

Bu şebekede yıldız noktası doğrudan işletme topraklaması ile topraklanmıştır. Tesise ait tüm madenî kısımlar ise işletme topraklamasının dışında topraklayıcıya koruma topraklaması ile doğrudan bağlanmıştır.

Görsel 2.3a'da TT tipi şebeke modeli görülmektedir.



Görsel 2.3: TT ve IT tipi şebekeler

2.1.1.3. IT Tipi Şebekeler

Bu şebekede yıldız noktası, değeri yüksek olan empedans (direnç veya bobin tipli) üzerinden işletme topraklaması ile yalıtılmıştır. Tesise ait madenî kısımlar ise koruma topraklama ile topraklayıcıya bağlanmıştır. İzolasyondan kaynaklanabilecek sorunlarda cihazların korumalarını sağlamak için bu tip koruma sistemi kullanılmıştır. Görsel 2.3b'de IT tipi şebeke modeli görülmektedir.

NOT

Sıfırlama, topraklama ile nötr hattının birleştirilerek nötr hattı olarak kullanılması durumudur. Ancak olası kaçaklarda olabilecek temaslarda tehlikeli durum oluşturduğundan tercih edilmez.

2.1.2. Orta Gerilim (OG) Şebekeler

1 kV ve üstündeki gerilimler ile 35 kV altındaki gerilimler arasındaki şebekelere **orta gerilim (OG) şebekeler** denir. AG ile YG veya ÇYG şebekeler arasındaki bağlantıyı sağlar. Yüksek gerilimin tüketicilere izolasyon ve güvenlik açısından zarar vermesini engellemek için bu şebekeler kullanılır. Yüksek gerilim değeri uygun değere indirilerek bu şebekelere bağlanır. OG şebeke, sanayi bölgeleri ve küçük şehirlerde kullanılır. Şehir girişine gelen OG şebekesi, dağıtım trafoları üzerine bağlanır ve tüketicilerin bulunduğu bölgelere gönderilir. Bu bölgelerde gerilim uygun gerilim değerlerine indirilerek AG şebekeleri ile tüketicilere dağıtılır. Türkiye'de OG şebekelerde 6.3 kV, 10.5 kV, 15 kV ve 33 kV gerilimler kullanılır.

2.1.3. Yüksek Gerilim (YG) Şebekeler

35 kV ve üstündeki gerilimler ile 154 kV altındaki gerilimler arasındaki şebekelere **yüksek gerilim (YG) şebekeleri** denir. Yüksek gerilim santrallerinden başlayan ve büyükşehirlerin veya bölgelerin başlangıcı arasında kullanılan şebeke türüdür. Yüksek gerilimde kesinlikle dağıtım olmaz. Bu nedenle iletimi en uygun gerilim tipi olduğundan çoğunlukla iletim şebekelerinde kullanılır.

Türkiye'de yüksek gerilim şebekelerinde 66 kV ve 154 kV gerilimler kullanılır. Enerji nakil hatlarının (ENH) uzunluğuna göre hat gerilimleri Tablo 2.4'teki gibi tespit edilir.

Tablo 2.4: Enerji Nakil Hatlarının Uzunluğuna Göre Hat Gerilimlerinin Tespit Edilmesi

ENH Mesafe Aralığı (km)	Hat Gerilimleri (kV)	Hat Gerilim Tipi
1 km ≤ ENH <10 km	**3-10 kV**	Orta Gerilim (OG)
10 km ≤ ENH<30 km	**10-20 kV**	Orta Gerilim (OG)
30 km ≤ ENH<70 km	**20-35 kV**	Orta Gerilim (OG)
70 km ≤ ENH <150 km	**60-100 kV**	Yüksek Gerilim (YG)
150 km ≤ ENH <230 km	**100-154 kV**	Yüksek Gerilim (YG)
230 km ≤ ENH	**154 kV üstü**	Çok Yüksek Gerilim (ÇYG)

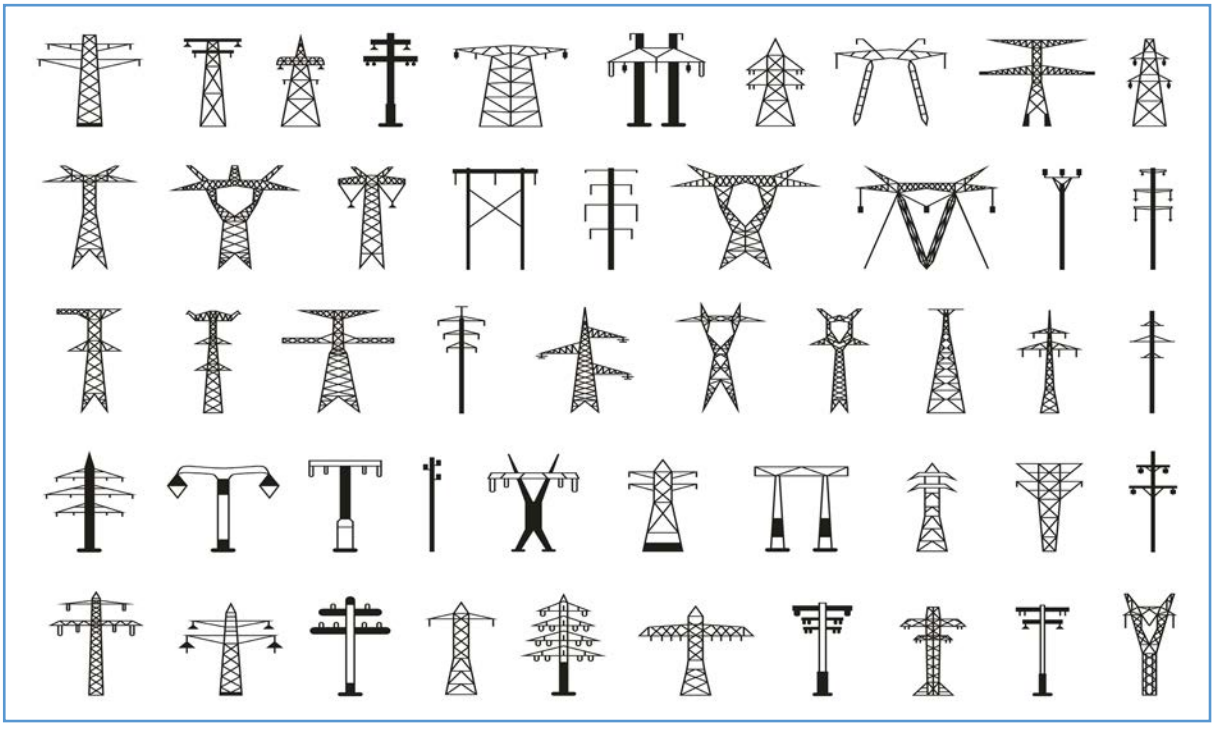
2.1.4. Çok Yüksek Gerilim (ÇYG) Şebekeler

154 kV ve üzerindeki gerilimi kullanan şebekelere **çok yüksek gerilim (ÇYG) şebekeleri** denir. Şehirler arası ve santraller arası bölgelerde bu tip şebekeler kullanılır. Türkiye'de çok yüksek gerilim olarak 380 kV gerilim kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde 500 kV ile 750 kV'luk ÇYG'ler kullanılmaktadır.

NOT

Türkiye'de iletim ve dağıtım hatlarında kullanılan gerilimler standartlaşmıştır. Buna göre **154 kV** ile **380 kV** gerilimler iletim hatlarında, **33 kV** gerilim de dağıtım hattında kullanılır.

Görsel 2.4'te enerji iletim hatlarında kullanılan çeşitli direk modelleri görülmektedir.



Görsel 2.4: Elektrik iletim ve dağıtımında kullanılan direk çeşitleri

2.2. DAĞITIM ŞEKİLLERİNE GÖRE ŞEBEKELER

Dağıtım şebekeleri iki farklı şekilde yapılır:

Radyal Besleme: Şebeke ile tüketici arasında tek hattın olduğu besleme türüdür. Bu beslenmede ilk yatırım maliyeti, kısa devre akımları ve arz güvenliği düşüktür. Ayrıca bu beslemenin aşırı akım veya yük koruması, gerilim kontrolü, planlama ve analizi oldukça kolaydır.

Ağ Besleme: Şebeke ile birden fazla hattın olduğu besleme türüdür. Besleme iki noktadan yapılır ve besleme kolları üzerinde birden çok tüketici bulunur. Ağ beslemenin bakımı kolaydır, maliyeti ve arz güvenliği oldukça yüksektir.

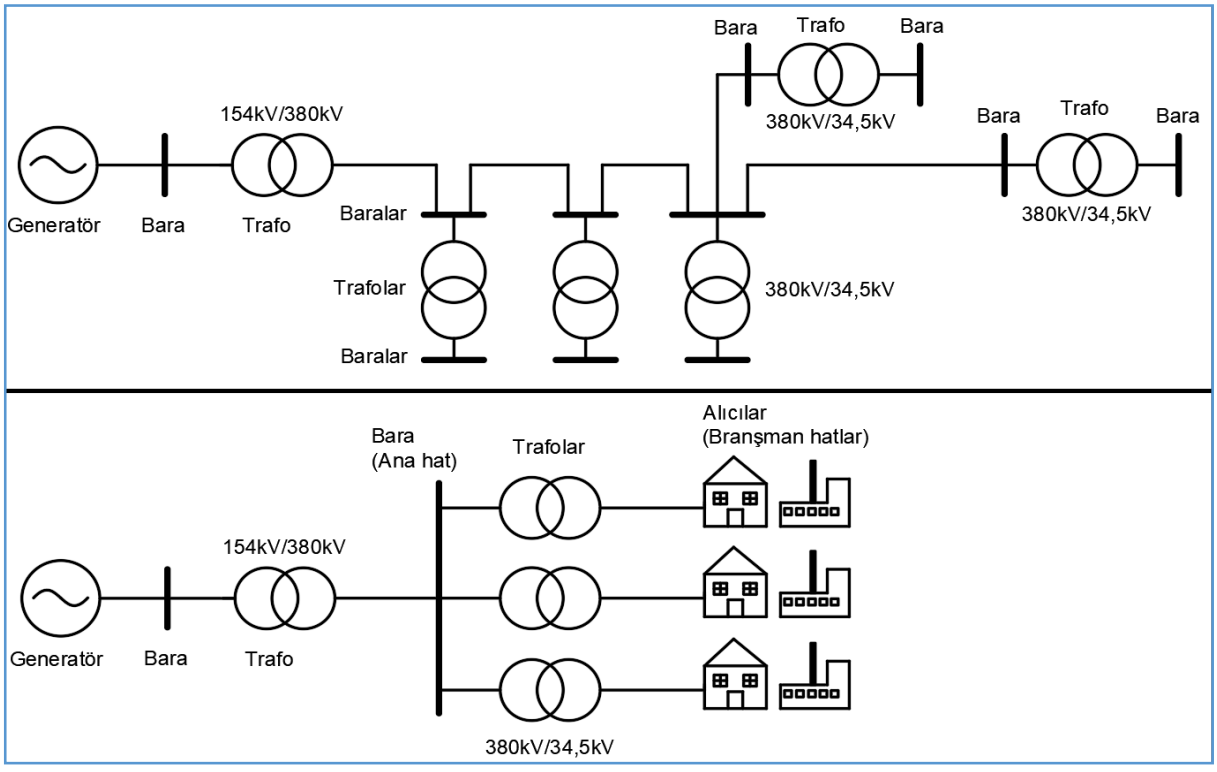
Dağıtım şekillerine göre şebeke çeşitleri şunlardır:

- Dallı (dalbudak) şebekeler
- Ring (halka) şebekeler
- Gözlü (ağ gözlü) şebekeler
- Enterkonnekte şebekeler
- Mikro şebekeler (micro grid)
- Akıllı şebekeler (smart grid)

2.2.1. Dallı (Dalbudak) Şebekeler

Ağaç dallarına benzeyen ve genel olarak yerleşim merkezlerinde beslemesi tek kaynaktan olan şebeke türüne **dallı (dalbudak) şebeke** denir. Bu şebekede trafolar, elektrik enerji dağıtımı yapılacak yerin yük açısından ağırlık merkezlerine uygun şekilde yerleştirilir. Bu trafolar üzerinden elektrik enerjisi, bir ağacın dalları gibi önce kalın kesitli kollara, daha sonra ince kesitli kollara ayrılarak kullanıcı merkezlerine dağıtılır. Dağıtım trafosuna yakın kısımdaki kalın kesitli hatlara **ana hat**, trafodan uzaklaştıkça kesiti incelerek son kullanıcılara ulaşan hatlara **branşman hattı** denir.

Görsel 2.5'te çeşitli dallı şebeke örnekleri görülmektedir.

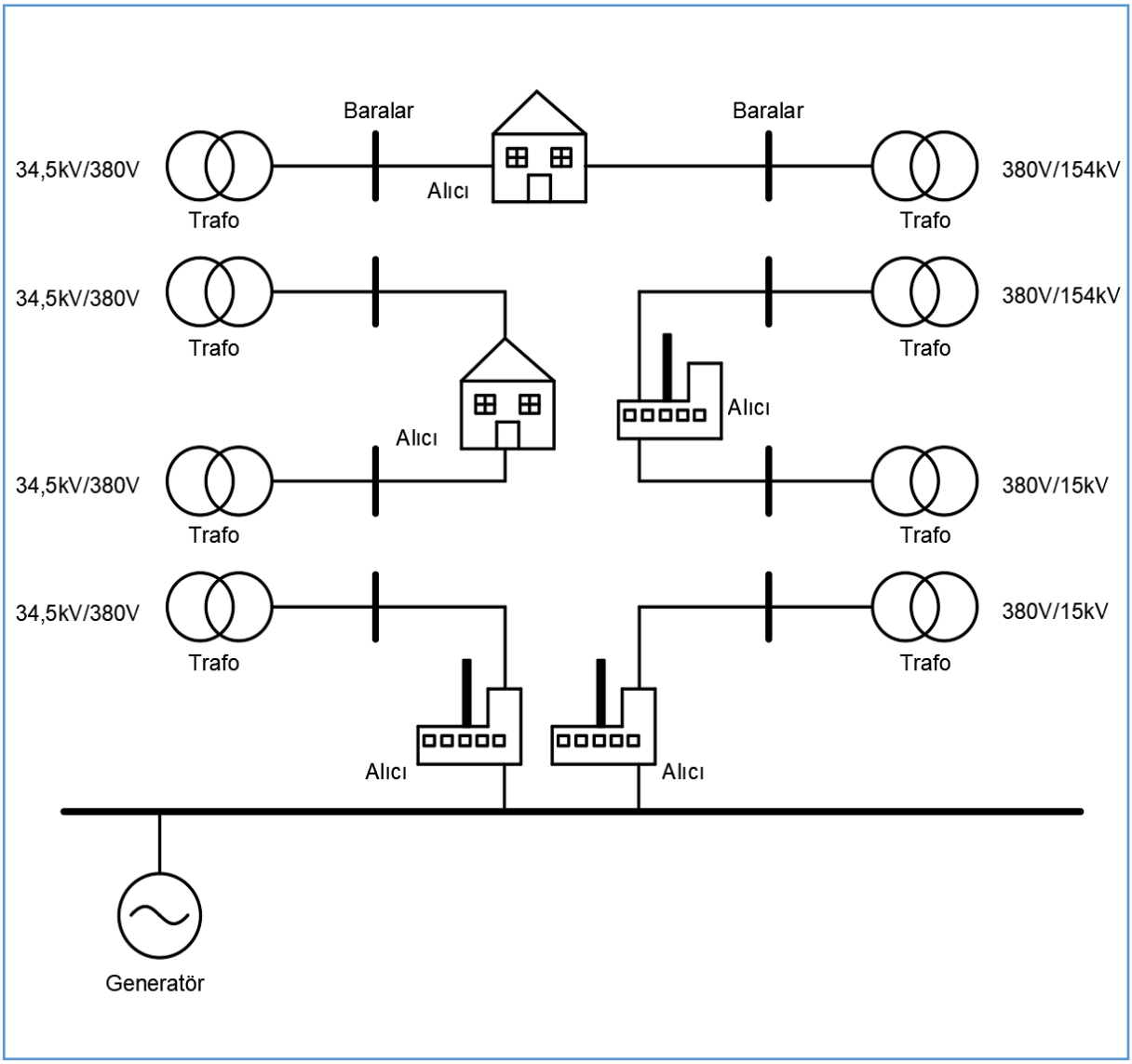


Görsel 2.5: Dallı şebeke örnekleri

Dallı şebekeler; tesis kurulum bedellerinin düşüklüğü, bakım ve işletme kolaylığı, tesiste ve hatlarda oluşan arızaların kolay tespiti nedenleriyle tercih edilir. Bu şebekede emniyetin oldukça düşük olmasından dolayı arıza durumunda çok sayıda kullanıcı enerjisiz kalabilir. Hatlarda gerilim eşitliği yoktur ve hatların uzamasıyla birlikte gerilim düşümleri artmaktadır.

2.2.2. Ring (Halka) Şebekeler

Şehir, köy, sanayi gibi merkezde kullanılan, elektrik enerji iletiminin birden çok transformatör ile yapıldığı, bu transformatörlerin birbirine paralel bağlanarak kapalı bir sistem oluşturduğu şebeke türüne **ring (halka) şebeke** denir. Görsel 2.6'da ring şebeke örneği görülmektedir.

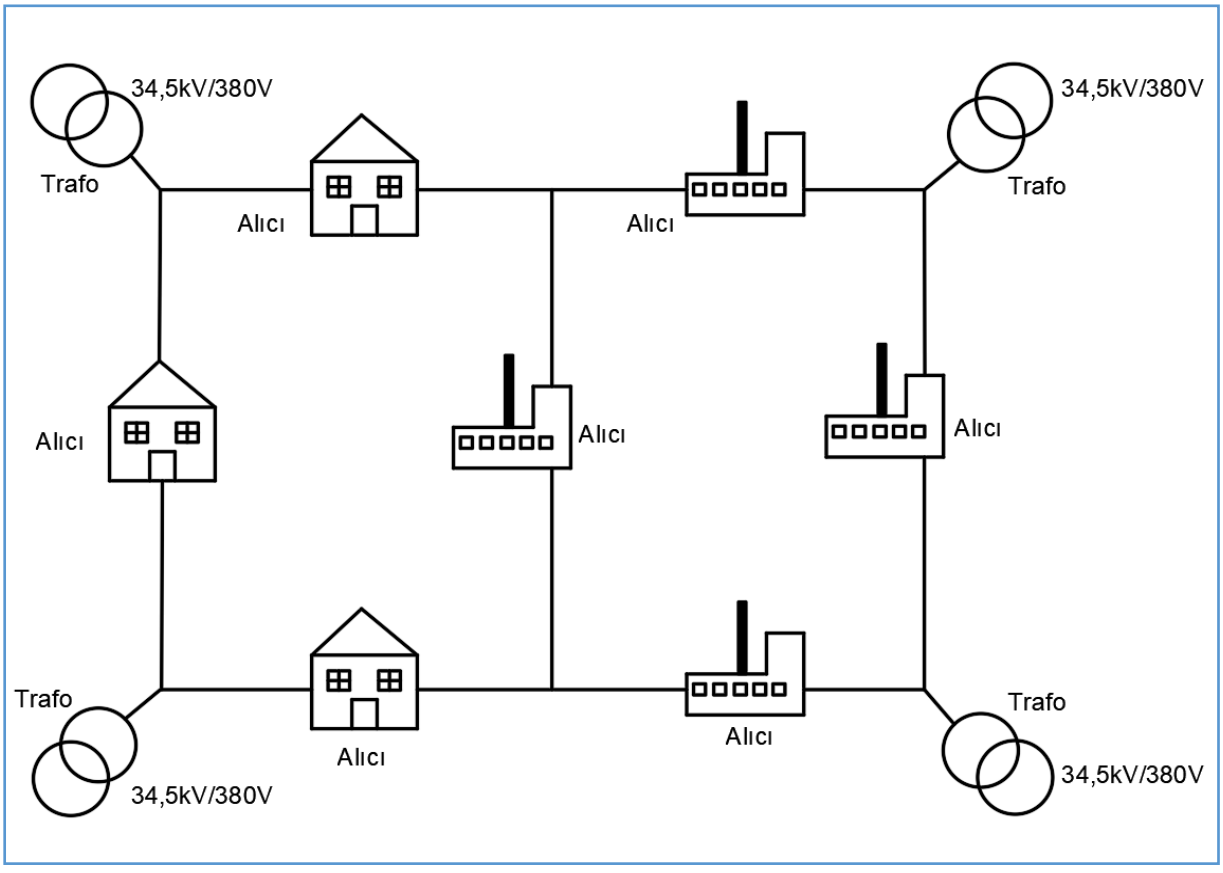


Görsel 2.6: Ring şebeke

Dallı şebekelere göre oldukça güvenlidir. Ring içerisindeki elektrik hatlarının tümünde iletken kesitleri aynı olduğundan tesisin kurulum maliyeti yüksektir. Ring içerisinde elektriksel bir arıza olması neticesinde sadece arızalı bölge devre dışı ve enerjisiz kalır. Kullanıcıların artması ile birlikte hatların akım taşıma kapasitesinin yetersiz kalması, hattın yenilenmesine (diğer tüm hatlar ile birlikte) neden olur. Bu durum üreticiye çok pahalıya mal olacaktır. Ancak dallı şebekede bu durumda sadece akımı fazla olan hattın değiştirilmesi yeterlidir.

2.2.3. Gözlü (Ağ Gözlü) Şebekeler

Elektrik enerji beslemesinin birden fazla transformatör ile yapıldığı, kullanıcıları besleyen hatların bir ağ şeklinde örülerek belirli gözler oluşturduğu ve şehir, köy, sanayi gibi merkezlerde uygulanan şebekelere **gözlü (ağ gözlü) şebekeler** denir (Görsel 2.7).

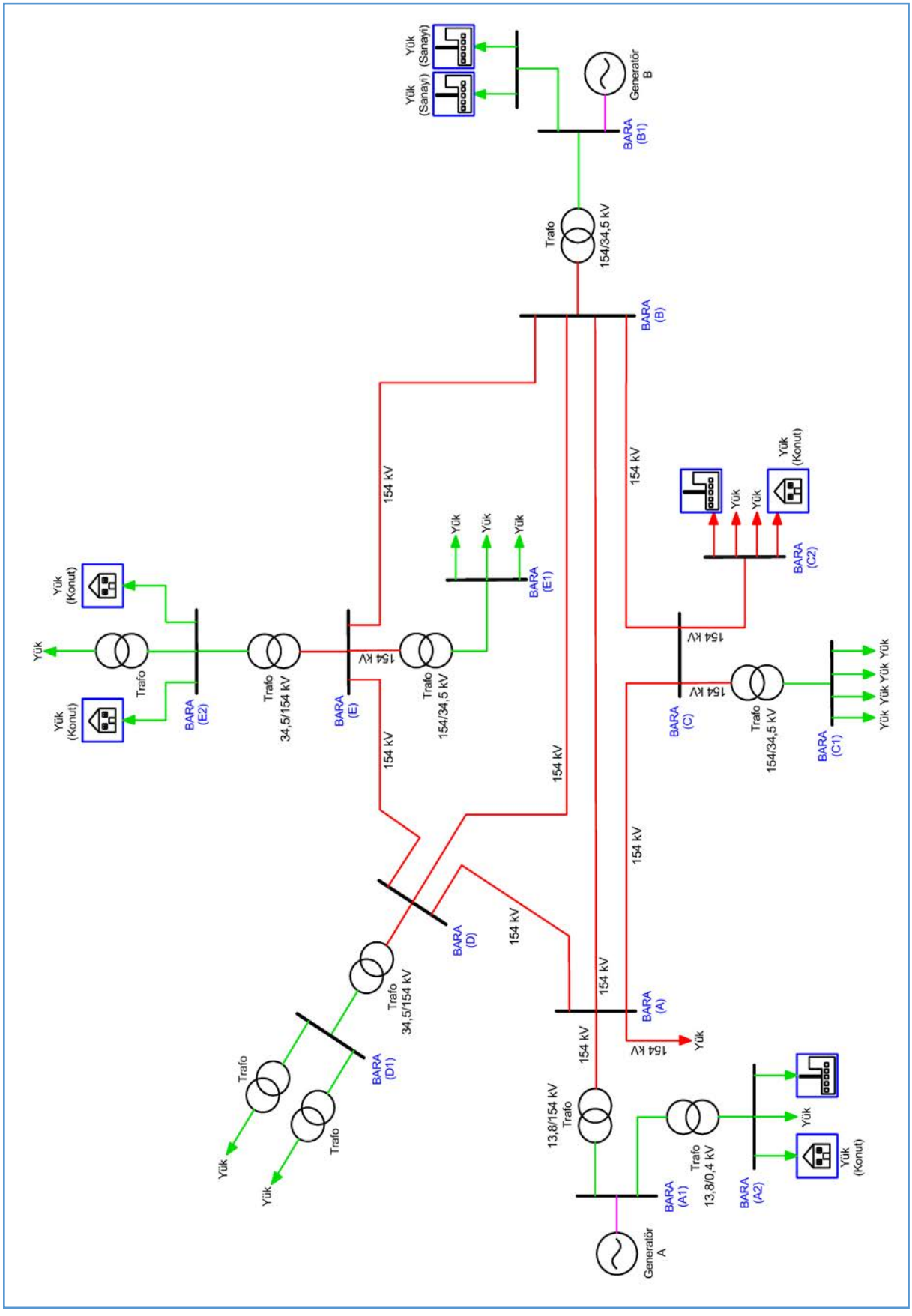


Görsel 2.7: Gözlü (ağ gözlü) şebeke

Bu şebekede besleme, ring şebekedeki gibi sürekli olarak yapılır. Oluşan arıza, arızanın oluşturduğu bölgeyi etkiler. Bazı ağ şebekelerde besleme tek yerden yapılır. Ancak trafo arıza verdiği anda şebekenin tamamının elektriği kesilmiş olur. Bu şebekenin gerilim düşümünün az olması, çoğunlukla elektriğin kullanıcılara sağlanması, güçlü yüklerin sisteme bağlanması gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Bunun dışında kurulum, işletme ve bakım zorluğu ve kısa devre akımın verdiği etkinin fazlalığı gibi sakıncaları da vardır.

2.2.4. Enterkonnekte Şebekeler

Bir ülkenin tamamının veya belirli bir bölgenin elektrik enerji ihtiyacını giderecek şekilde üretim yapan ve uluslararası bağlantı olanağı sağlayan şebekelere **enterkonnekte şebekeler** denir. Görsel 2.8'de enterkonnekte şebeke örneği görülmektedir. Bu şebekelerde; taşıma, iletim ve nakilde güvenilirlik ile kârlılığın arttırılmasına önem verilir. Bölgedeki bütün elektrik üretici ve tüketicileri şebekeye dâhil edilir. Bu sistemin; elektriğin kesintisiz sağlanabilmesi, yüksek verim elde edilmesi ve ekonomik olması gibi avantajları vardır. Ancak sistem kararlılığının sağlanmasının zorluğu ve kısa devre akımlarının yüksek olması gibi dezavantajları vardır. Enterkonnekte şebekede bir arıza olması durumunda sadece arıza olan bölgenin enerjisi kesilir. Örneğin bir bölgede bazı santral veya trafolarda arıza olduğunda diğer santral ve trafolar bölgeyi beslemeye devam eder. Bu beslemeyi desteklemek amacıyla bağımsız küçük santrallerden yararlanılır (Görsel 2.9).

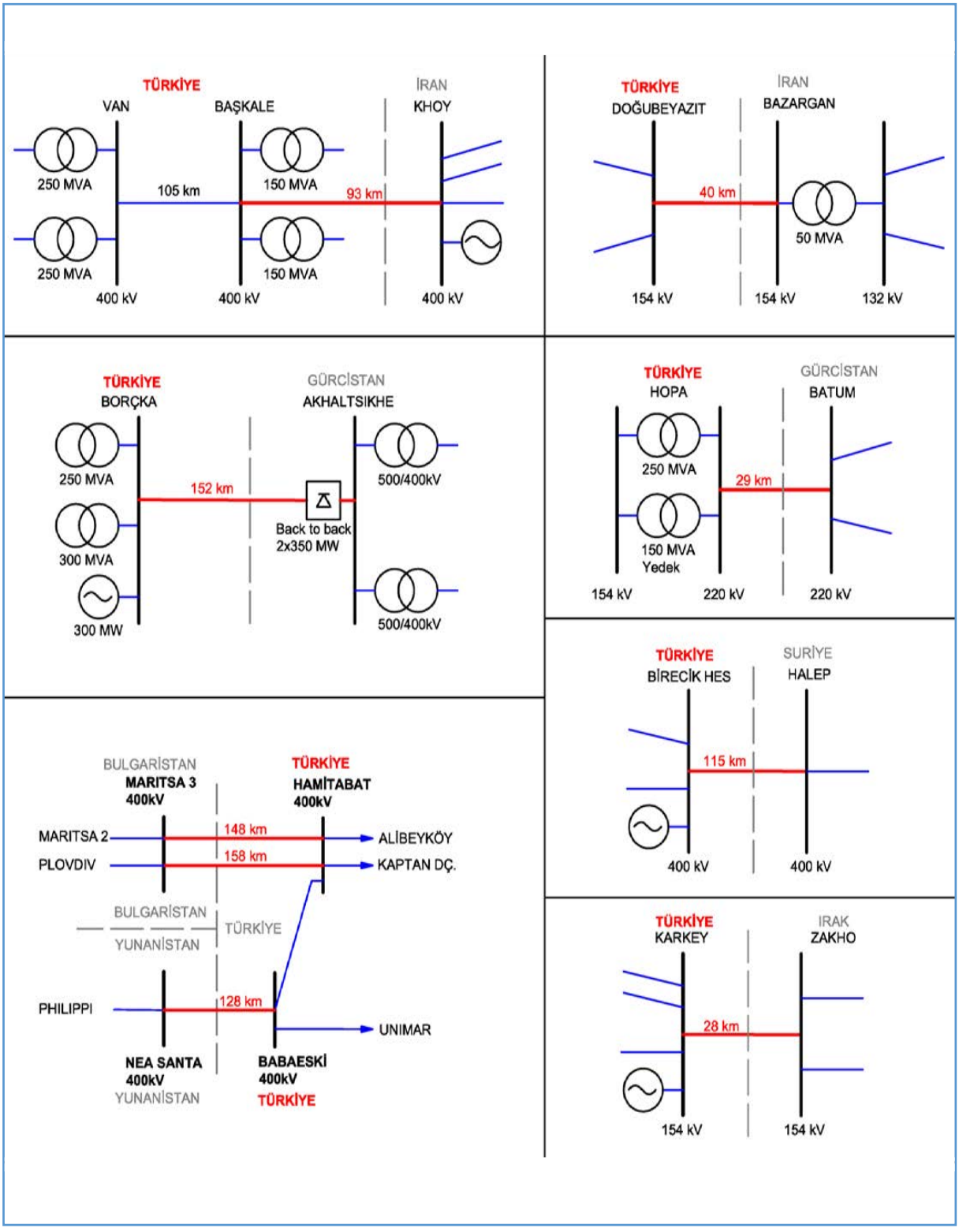


Görsel 2.8: Enterkonnekte şebeke



Görsel 2.9: Türkiye'nin diğer ülkelerle ENH bağlantıları

Enterkonnekte şebekede komşu ülkeler birbiriyle elektrik alışverişi yapabilir. Türkiye'nin elektrik sistemi, **ENTSO-E** [European Network of Transmission System Operators for Electricity (Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri Ağı)] adı verilen ağ üzerinden bölge ülkelerin elektrik sistemine bağlıdır. Görsel 2.9 ve Görsel 2.10'da Türkiye'nin bölge ülkeleri ile elektrik enerji alışveriş haritası görülmektedir.

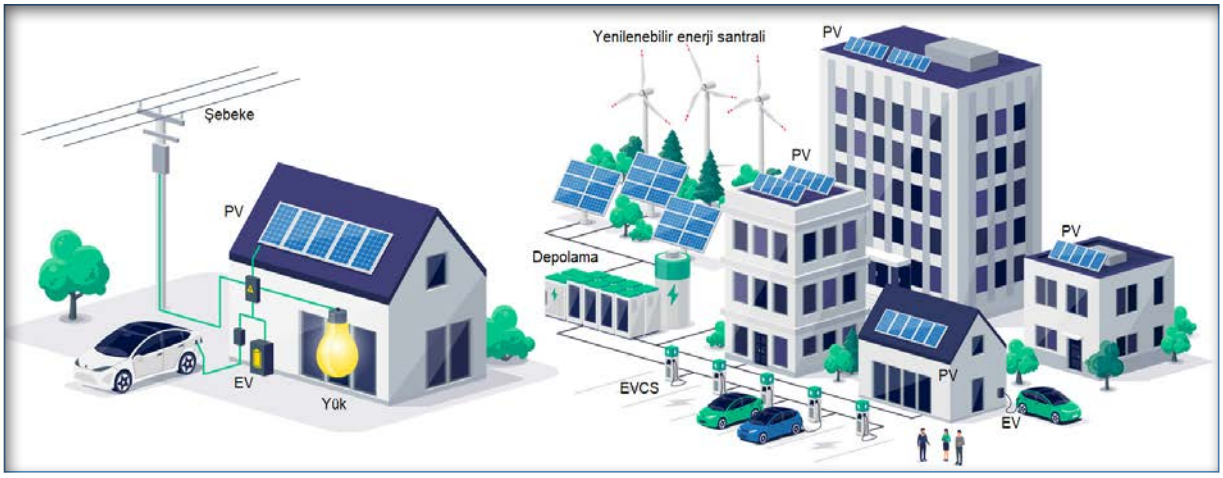


Görsel 2.10: Türkiye'nin diğer ülkeler ile ENH bağlantıları

2.2.5. Mikro Şebekeler (Micro Grid)

Elektrik yükleri ve enerji depolama sistemleri (ESS) dâhil olmak üzere dağıtılmış enerji kaynaklarından (DER) oluşan elektrik dağıtım ağına **mikro şebeke** denir. Bu şebeke yerel ve özel elektrik dağıtım ağlarından meydana gelir.

Görsel 2.11'de mikro şebeke örneği görülmektedir.



Görsel 2.11: Mikro şebeke örnekleri

2.2.5.1. Dağıtılmış Enerji Kaynakları (DER)

Elektrik şebekesine bağlı, genellikle yük merkezlerine yakın ve şebekeye toplu ya da ayrı ayrı enerji sağlayan küçük ölçekli enerji kaynaklarına **dağıtılmış enerji kaynakları (DER)** denir. Bu kaynaklar genellikle 10 MW altında kapasitelere sahiptir. DER, yenilenebilir enerji kaynakları (RES), doğal gaz jeneratörleri, enerji depolama sistemleri ve elektrik şebekesini içerir. Mikro şebekenin temel bir parçasıdır. Görsel 2.11'de DER'lerin farklı yük içindeki dağılımı görülmektedir. Bu sistemde yükün elektrik ihtiyacına uygun olarak üretilen enerji kaynaklarından optimal düzeyde yararlanılır. Özellikle şebekeye bağımlılığı azaltmak adına RES'lerden daha fazla üretilen enerjiyi talep eder ve geri kalan sürede şebekeden hatta dizel yakıt jeneratörlerinden faydalanır. Burada RES'lerin ürettiği enerji zaman dilimleri ön plana çıkmaktadır. Bu kaynakların etkili yönetilmesi için mikro şebekelere ihtiyaç duyulur.

2.2.5.2. Mikro Şebekelerin Kullanım Alanları

Mikro şebeke, merkezî olmayan bölgesel enerji üretimlerini merkezî bir şebekeye kazandırmak amacıyla kullanılır. İl ve ilçe merkezleri, hastaneler, üniversite yerleşkeleri, sanayi siteleri, askerî üsler, küçük ev, apartmanlar gibi birçok yerde tercih edilir.

2.2.5.3. Mikro Şebekelerin Temel Bileşenleri

Mikro şebekeler beş temel noktadan oluşur:

- Dağıtılmış enerji kaynakları (DER)
  - ✓ Geleneksel enerji kaynakları (dizel yakıt, termik vb.)
  - ✓ Yenilenebilir enerji kaynakları (RES)
- Enerji depolama sistemleri (ESS)
  - ✓ Elektriksel özellikli ESS (kapasitörler, süper kapasitörler vb.)
  - ✓ Elektrokimyasal özellikli ESS (kurşun asit, lityum-iyon, Ni.cd, sodyum özellikli vb.)
  - ✓ Mekaniksel özellikli ESS (volanlar, hidropompa sistemleri, sıkıştırılmış havalı vb.)
  - ✓ Hidrojen tank sistemleri (güneş hidrojen, güneş metal, güneş amonyak vb.)

  - ✓ Isıl (termal) özellikli ESS
  - ✓ Yakıt hücreleri
- Enerji tüketicileri (yükler)
  - ✓ Temel elektrik yükler
  - ✓ Hidrojen yükler
  - ✓ Termal yükler
- Elektrik şebekeleri
  - ✓ Şebeke hattı dâhil (on-grid)
  - ✓ Şebekesiz (ada) sistem (off-grid)
- Kontrol noktası (merkezi)

2.2.5.4. Mikro Şebekelerin Amaçları

- Çevreci ve yeşil üretime öncelik veren enerji üretimini desteklemek.
- RES'lerden maksimum oranda faydalanmak.
- Yükün enerji hatlarına bağımlılığını azaltmak.
- Şebekeden bağımsız yerlerde yükün elektrik ihtiyacını sağlamak.
- Enerji güvenliğini ve kesintisiz enerjiyi sağlamak.
- Arızalara kolay ve hızlı bir biçimde ulaşıp problemi çözmek.

2.2.5.5. Mikro Şebekelerin Avantajları

- Enerji hatlarındaki kayıpları en alt seviyeye indirir.
- RES'lere öncelik verir. Böylece konvansiyonel enerjiyi daha az kullanmaya çalışır.
- Yüke kesintisiz enerji desteği sağlar.
- Bölgesel şebekeden güvenli şekilde ayrılır ve kendi içinde kontrolü sağlar.
- Merkezî şebekenin üzerinden yükü alarak üzerinde oluşabilecek riskleri dağıtır.
- Doğal afetler sonrasında oluşan elektrik kesintilerini ortadan kaldırır.
- Anlık değişen enerji talep ihtiyaçlarını karşılar.
- Sistem içine çeşitli enerji kaynaklarının verimli şekilde dâhil edilmesini sağlar.
- Enerji yük ihtiyacı, kontrol sistemi ile enerji kaynaklarından en optimal şekilde karşılanır.
- İçerisine elektrikli araçların (EV) kolaylıkla entegre edilmesini sağlar.

2.2.5.6. Mikro Şebekelerin Dezavantajları

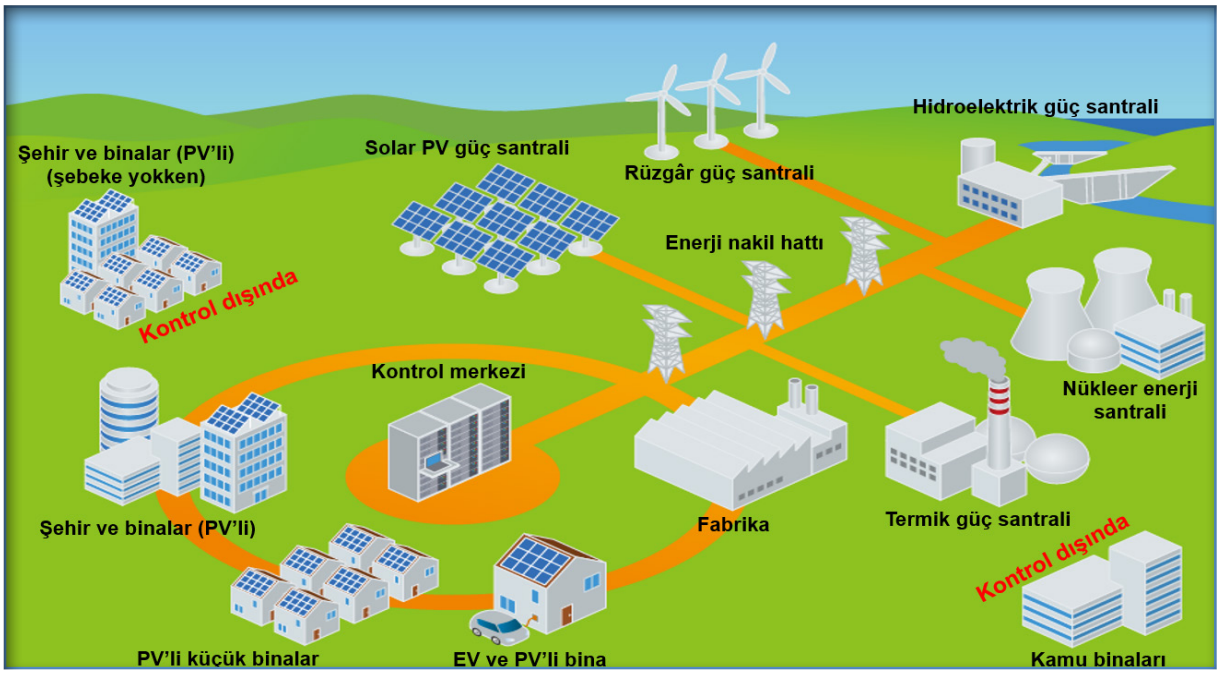
- Hava koşullarının değişken olması sebebiyle RES'lerde düzenli bir elektrik üretimi olmaz. Bu da sistemin kontrolünü olumsuz etkiler.
- Bu şebekelerin modellenmesi ve kontrol mekanizmasının tasarlanması gerekir.
- Şebeke içinde oluşabilecek iki yönlü akım etkisiyle koruma devresi tasarımına gerek duyulur. Bu devreler komplike bir tasarıma sahiptir ve yüksek maliyetlidir.
- Şebeke içi AC dağıtım hatlarında ani dalgalanma ve sönümlenme nedeniyle güçlükler yaşanır. Bu nedenle iyi bir kontrol sistemine ihtiyaç duyulur.
- ESS'lerin yatırım, bakım, onarım ve işletme maliyetleri yüksektir.

NOT

Mikro şebekenin kurulmadan önce simülasyon ile modellenmesi ve boyutlandırılması gerekir.

2.2.6. Akıllı Şebekeler (Smart Grid)

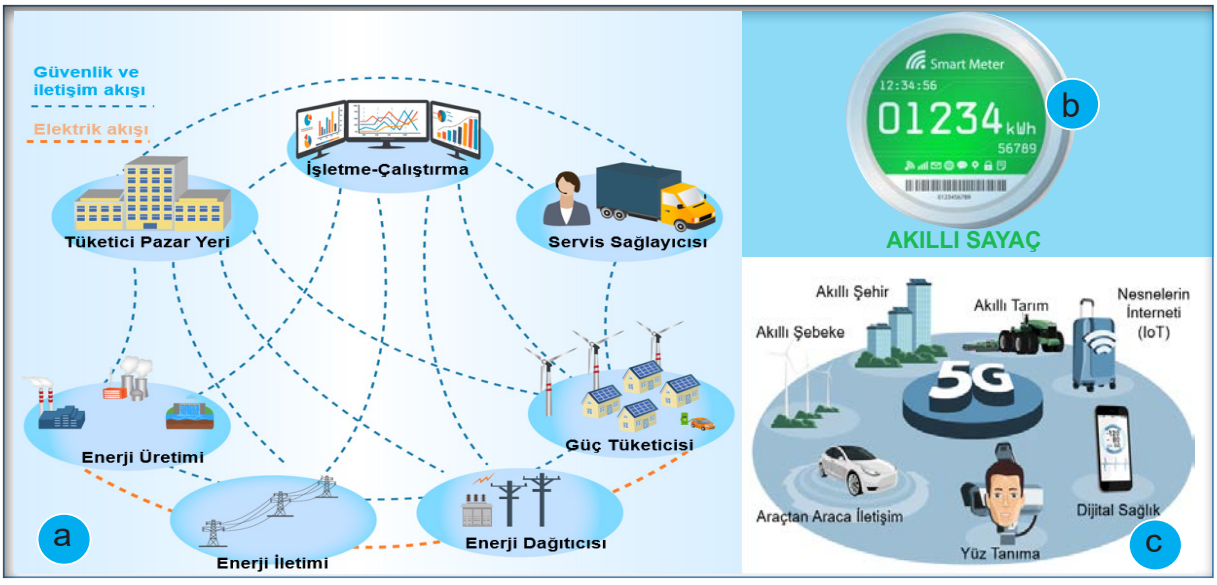
Elektrik şebekelerine akıllı sayaç ve izleme, değerlendirme, kontrol sistemlerinin eklenmesi, izlenmesi ve güncellenmesi ile oluşturulan şebekelere **akıllı şebekeler** denir. Akıllı şebekelerin amacı, elektrik üretici ve tüketicileri arasında karşılıklı olarak iletişimin ve kullanıcı güvenliğinin sağlanmasıdır.



Görsel 2.12: Akıllı şebeke sistemleri

Görsel 2.12'de akıllı şebeke örneği görülmektedir. Buna göre şebekenin merkezinde kontrol merkezi bulunurken çevresinde şebeke ağı ile örülü DER ve yükler bulunur. Bu sistem, gerçek zamanlı veri toplanmasını temel aldığından haberleşme önemlidir ve gereklidir.

Görsel 2.13a'da akıllı şebekenin akış diyagramı verilmiştir. Buna göre akıllı şebeke sisteminde yaşanan temel süreçler şunlardır:



Görsel 2.13: 5G ve akıllı şebekeler

- Akıllı enerji üretimi
- Akıllı enerji iletim ve dağıtımı
- Tüketici davranışları
- Akıllı yönetim ve kontrol sistemi (ileri kontrol metotları)
- Akıllı ölçüm sistemi (akıllı sayaçlar) (Görsel 2.13b)
- Akıllı uygulama ve istasyonlar
- Sistemin işletilmesi ve çalıştırılması
- Servis sağlayıcıları
- Bütünleştirilmiş haberleşme (SCADA)

Akıllı ölçüm sistemi ile tüketilen enerji verileri belirlenen süre doğrultusunda toplanarak enerji yönetim sistemine aktarılır. Elde edilen veriler değerlendirilir ve tüketilecek enerji değeri kadar DER'lerden enerji üretimi yapılır. Kontrol merkezinin kontrolünde üretilen enerji belirlenen zaman aralıklarında şebeke hatlarına yönlendirilir. İletim ve dağıtım (ENH) hatları ile de tüketim noktasına kadar taşınır. Böylece tüketicilerin anlık enerji talepleri karşılanmış olur.

Akıllı şebekelerde sağlıklı bir biçimde işletilmesi için tüketicinin gerçek zamanlı izlenmesi ve tüketim ihtiyacına sistemin hızlı bir şekilde cevap verilmesi gerekir. Bu nedenle hızlı ve güvenli bir iletişim altyapısı sistemin en önemli bileşenlerindendir.

Görsel 2.13 c'de 5G'nin altyapısı görülmektedir. Bu sistemin temel bileşenleri; akıllı şebeke, akıllı şehir, akıllı tarım, nesnelerin interneti (IoT), araçtan araca iletişim, dijital sağlık ve yüz tanıma sistemleridir.

2.2.6.1. Mevcut Şebekelerin Genel Yetersizlikleri

- Enerji nakil hat arızalarından şebeke ve aboneler ciddi oranda etkilenir.
- İki yönlü enerji akışından ötürü reaktif güç kontrolü zordur.
- Aktif ve reaktif güç ile hattaki gerilim düşümünden dolayı istenmeyen gerilim değişimleri yaşanır. Bu durum sistemde oluşabilecek harmonikleri etkiler.
- Enerji santrallerini sisteme entegre etmek için uygun gerilim ve faz açısı şartlarının yakalanması ve bunların sürekli takip edilmesi zordur.

2.2.6.2. Akıllı Şebekelerin Genel Amaçları

- Şebeke kapasitesini optimize etmek için enerji arz ve talebini dengelemek.
- Yük eğrisinde günlük dalgalanmaları önlemek ve yük faktörünü maksimize etmek.
- Üretim ve iletim kısıtlarından dolayı oluşan enerji maliyetlerindeki değişimleri düzenlemek.
- Enerji çeşitliliğini artırmak ve enerji ihtiyaçlarını kontrol altında tutmak.
- Mikro şebekeleri bu sistem içine entegre etmek.
- Enerji kayıplarını asgari düzeye indirmek.

2.2.6.3. Akıllı Şebekelerin Genel Özellikleri

- Güvenilirlikleri yüksektir.
- Şebeke yapıları güçlüdür. Dolayısıyla RES ve DER'leri etkili olarak kullanır.
- Talep tarafındaki yönetimi dâhil ederek enerji altyapısındaki verimliliği arttırır.
- Sürdürülebilirliği yüksektir. Dâhilî sistemleri etkili kullanarak sorunsuz enerji akışı sağlar.

NOT

Akıllı şebekelerin yaygınlaşması, akıllı şehirlerin oluşmasına katkıda bulunacaktır.

2.2.6.4. Klasik Şebeke ile Akıllı Şebekenin Karşılaştırılması

Klasik şebeke ile akıllı şebeke arasındaki temel farklar Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5: Klasik Şebeke ile Akıllı Şebekenin Karşılaştırılması

KLASİK ŞEBEKE	AKILLI ŞEBEKE
• Arıza durumunda kontrol merkezinden manuel olarak müdahale edilir.	• Otomatik ölçüm ve durum analizi yapan sistemler ile arızaya anında müdahale edilir.
• Enerji üretim ve tüketimleri sürekli olarak izlenemediği için yönetimi zordur.	• Akıllı sayaç ile yapılan enerji takibi sonucunda yük yönetimi kolaylaşmıştır.
• Merkezî üretim yapan santraller vardır.	• Hem merkezî hem de bölgesel santraller vardır.
• Merkezî olmayan tüketiciler vardır ve tüketim dağınımı yapılır.	• Tüketici ve tüketim kontrolü optimize edilmiştir.
• Karışık test ve üretim yapıları vardır. Bu nedenle kontrolü zordur.	• Akıllı şalt merkezi otomasyonu sayesinde kontrol son derece kolaydır.
• Yeni bir santrali sisteme entegre etmek zordur.	• Uygun kontrol sistemleri ve akıllı otomasyon ile birden çok santral sisteme kolayca entegre edilir.
• ESS'lerden yeterince faydalanılamaz.	• ESS'lerden büyük oranda faydalanılır.
• Şebeke tarifeleri sınırlıdır ve genelde tek tip olarak belirlenir.	• Tarifelerde çeşitlilik vardır. Hatta kullanıcı ürettiği elektriği satabilir.
• Haberleşme sistemleri müdahale durumları için gereklidir.	• Haberleşme sistemleri tüm kontrol sistemi için gereklidir ve her durumda etkilidir.

2.2.6.5. Akıllı Şebekelerin Genel Avantajları

- Tüketicilere kapsamlı bilgi ve enerji tarifeleri sunar.
- Akıllı şehir projelerinin daha kolay hayata geçmesine olanak sağlar.
- Enerji nakil hatlarının iyileştirilmesine ve geliştirilmesine katkı sağlar.
- RES'lerin enterkonnekte sisteme daha kolay ve hızlı bir şekilde entegre olmasını sağlar.
- Enerji iletim ve dağıtım şirketlerine (TEDAŞ vb.) daha fazla şebeke yönetim imkânı sağlar.
- Karbon salınımını azaltmaya yardımcı olur.
- Elektrikli araç (EV) ve elektrikli araç şarj istasyonları (EVCS) için sağlam bir altyapı sunar.
- Enerji yatırımları, sistem ölçümleri ve oluşturulan analizler sayesinde daha iyi planlanabilir.
- Elektrik tüketim ve üretiminin anlık olarak izlenmesiyle sisteme müdahale kolaylaşır.
- Tüketim oranları, gerçek zamanlı değerler ile karşılaştırılarak kayıp ve kaçak azaltılır.
- Yeni kurulacak santrallerin sisteme entegresinde kolaylık sağlar.
- ESS'lerin sistemde kullanımını etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirir.
- Elektrik şebekesindeki alım ve satım tarifelerinde çeşitliliğe olanak sağlar.
- Teknolojik altyapıdan (5G vb.) yararlandığı için arıza ve sorunlar hızlı bir şekilde giderilir.

2.2.6.6. Türkiye'nin Akıllı Şebekeler Açısından Fırsatları

- Son yıllarda RES kurulumu artmaktadır.
- RES'lerin büyümesi sonucu şebekeden beklenen modernizasyon artmaktadır.
- Mikro şebekelerin yaygınlaşması bu şebekelere olan talebi artırmaktadır.
- Elektrikli araç kullanımındaki artış ve elektrikli araç şarj istasyonlarına olan gereksinim bu şebekelere olan ihtiyacı da arttırmıştır.

2.2.6.7. Türkiye'nin Akıllı Şebekeler Açısından Zayıf Yönleri

- Akıllı şebekeler ile ilgili politika ve düzenleme eksikliği bulunmaktadır.
- Akıllı şebekeler hakkında tüketicilerde bilgi eksikliği görülmektedir.
- Hükûmet ile özel sektör arasında akıllı şebeke kalkınması için yeterince iş birliği yoktur.
- Kamu kurum ve kuruluşları arasında iş birliği ve koordinasyon eksikliği bulunmaktadır.

UYGULAMA TEMRİNLERİ

Aşağıda 2. öğrenme birimi ile ilgili 3 farklı uygulama temrini detaylı olarak verilmiştir. Her temrini istenenler doğrultusunda işlem basamaklarına uygun ilerleyerek yapınız ve sonuçları değerlendiriniz. Temrinde öğrencinin grup olup olamayacağı öğretmen tarafından belirlenecektir. Aşağıda bu öğrenme birimindeki tüm uygulamaların listeleri verilmiştir.

1. UYGULAMA: Araştırma Projesi

2. UYGULAMA: YG Tek Hat Proje Çizimler

3. UYGULAMA: Enterkonnekte Şebeke Çizimleri

1. UYGULAMA: ARAŞTIRMA PROJESİ

AMAÇ

Verilen çeşitli konular ile ilgili araştırmalar yapmak ve sonuçları raporlaştırmak.

İSTENENLER

Aşağıdaki soruların yanıtları için araştırma yapınız. Araştırma sonuçlarını raporlayarak belirlenen süre sonunda öğretmeninize teslim ediniz. Çalışmada gerekli grafikleri kullanınız. Çalışmada kullanılan kaynakların listesini (kaynakça) oluşturunuz.

1. Dünyada akıllı şebekeler ile ilgili hangi ülke nasıl bir yol izlemiştir? En az beş ülke belirleyerek bu ülkelerin çalışmalarını detaylı şekilde açıklayınız.
2. Türkiye'de son on yılda mikro ve akıllı şebekeler ile ilgili nasıl bir yol izlenmiştir? Yapılan çalışmaları ve bu sistemlerin özelliklerini açıklayınız.
3. Enterkonnekte, mikro ve akıllı şebeke arasındaki farkları birkaç maddede açıklayınız.
4. Akıllı sayacın sistem açısından avantajlarını sıralayınız.
5. Nesnelerin internetinin (IoT) akıllı şebeke açısından katkıları nelerdir?
6. Dünyanın ve Türkiye'nin gelecek 10 ila 20 yılda akıllı şebekeler ile ilgili izleyecekleri yolu anlaşmalar, kanunlar ve kararlar ile açıklayınız.
7. Türkiye'de veya dünyada kurulan örnek bir mikro veya akıllı şebekenin iç yapısını teknik resim kurallarına uygun olarak çiziniz.
8. 2010-2020 yılları arasında dünyada ve Türkiye'de akıllı ve mikro şebeke gelişimini gösteren grafik oluşturunuz.

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Bilgisayar ve internet		1 adet
Dosya ve A4 kâğıdı		Yeterince

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	Araştırmaları yaptı.	20	
Sınıfı:	**2**	Dosya raporunu oluşturdu.	20	
Numarası:	**3**	Raporda grafik ve şekilleri kullandı.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	Dosyada temizlik ve düzene dikkat etti.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Raporu teslim etti.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

2. UYGULAMA: YG TEK HAT PROJELERİ ÇİZİMLERİ

AMAÇ

YG sembollerini ve tek hat projelerini teknik resim kurallarına göre çizmek.

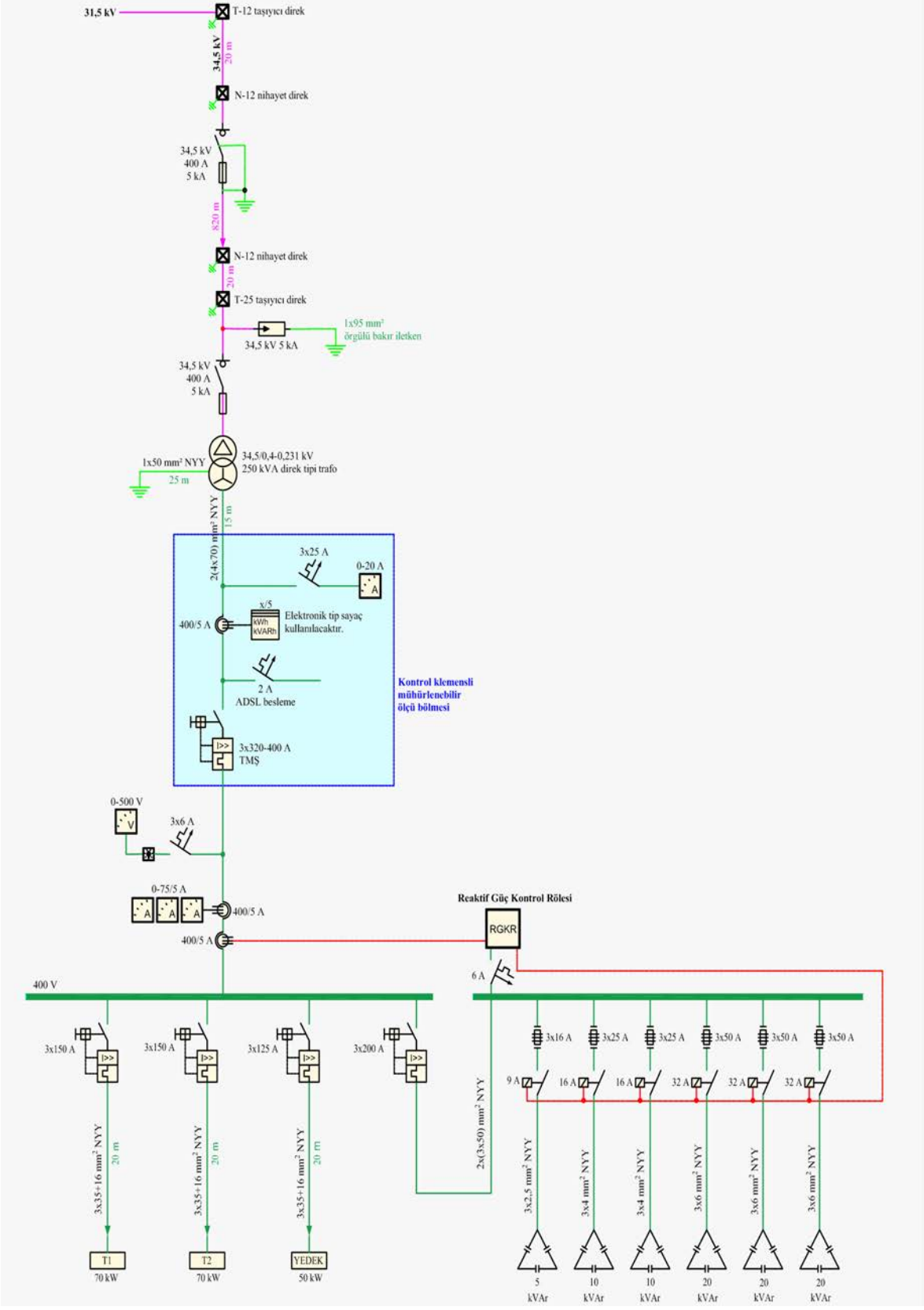
DEVRE ŞEMASI

Görsel 2.14'te yüksek gerilim (YG) tesislerinde kullanılan sembollerin özellikleri, Görsel 2.15'te ve Görsel 2.16'da ise YG tesis tek hat şemaları çizimleri görülmektedir.

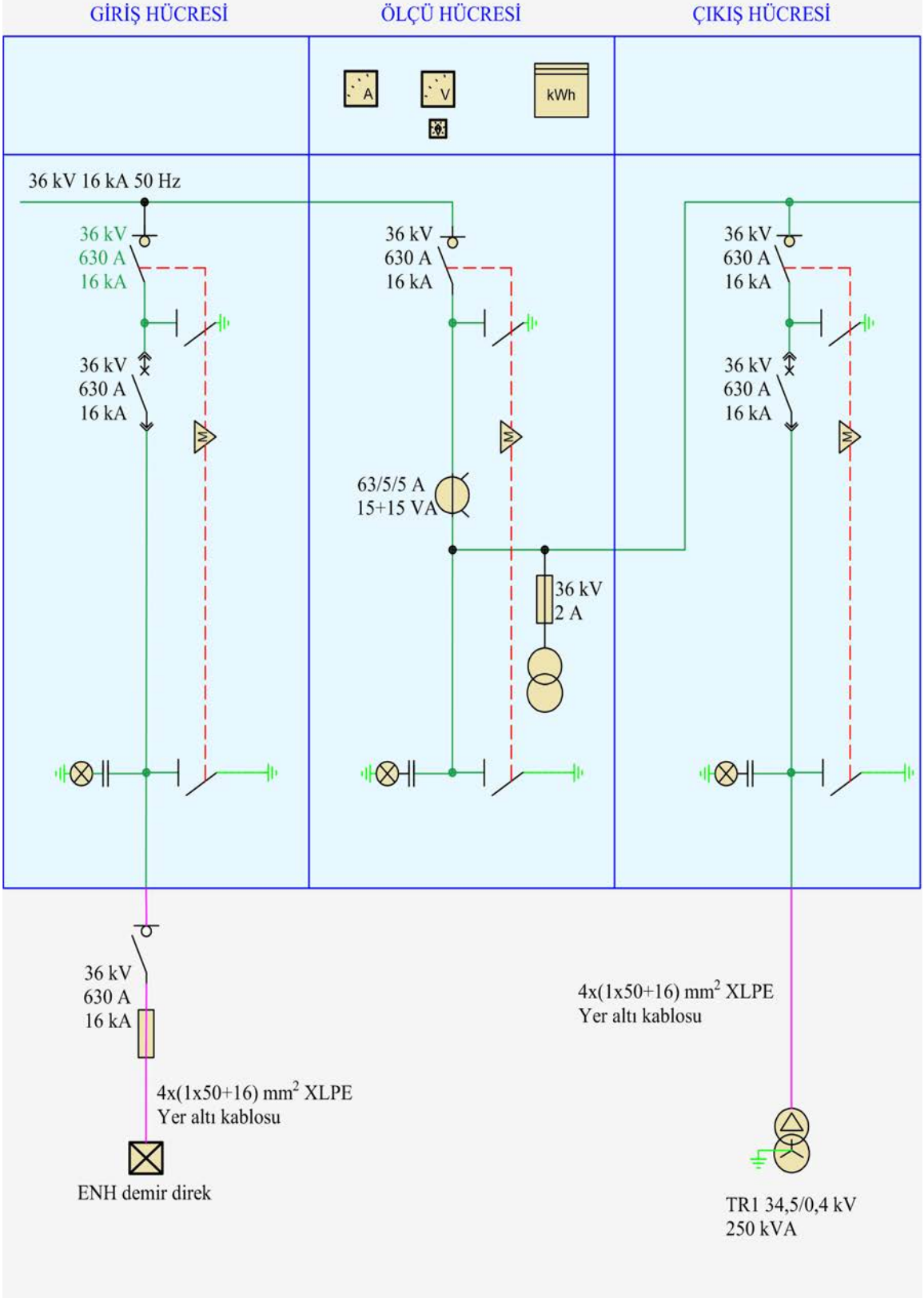
YÜKSEK GERİLİM (YG) TESİSLERİNDE PROJELERDE KULLANILAN SEMBOLLER VE ANLAMLARI

SEMBOL	ANLAMI	SEMBOL	ANLAMI
	Yük ayırıcısı		Yüksek gerilim (YG) sigortası
	Topraklama ayırıcısı	kWh	Sayaç
	Yük kesicisi	A	Ampermetre
	Çekmeceli yük kesicisi	V	Voltmetre
M	Motorlu yük kesicisi		Demir direk
	Gerilim transformatörü	G	Genaratör
	Gerilim ölçü transformatörü		Otomatik sigorta
3	Akım ölçü transformatörü	I>	Termik manyetik şalter
	Parafudr		Kompanzasyon kondansatörü
I> I>>	Koruma rölesi	RGKR	Reaktif güç kontrol rölesi
	Kapasitif sinyal lambası		NH bıçaklı sigorta
	Topraklama		Kontaktör
M	Mekanik kilitleme		Voltmetre komütatörü

Görsel 2.14: YG tesislerinde kullanılan semboller



Görsel 2.15: YG tesis 1. tek hat şeması



Görsel 2.16: YG tesis 2. tek hat şeması

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		3 adet
Cetvel		1 adet
Gönyeler		2 adet
Daire şablonu		1 adet
Kurşun kalem		1 adet
Silgi		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. A4 boyutunda kâğıtlara antet kısımlarını oluşturunuz.
2. Görsel 2.14'te verilen YG tesisinde kullanılan sembol listesini teknik resim kurallarına uygun olarak A4 antetli kâğıda çiziniz ve yazıları teknik resim normuna uygun yazınız.
3. Görsel 2.15'te verilen YG tesisi 2. tek hat şemasını teknik resim kurallarına uygun olarak A4 antetli kâğıda çiziniz ve yazıları teknik resim normuna uygun olarak yazınız.
4. Görsel 2.16'da verilen YG tesisi 1. tek hat şemasını teknik resim kurallarına uygun olarak A4 boyutunda antetli kâğıda çiziniz ve yazıları teknik resim normuna uygun olarak yazınız.
5. Son kontrolleri yapınız ve eksik noktaları düzeltiniz.
6. Çizimleri öğretmeninize teslim ediniz.

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

.....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	A4 kâğıdına antetleri oluşturdu.	20	
Sınıfı:	**2**	YG sembol tablosunu oluşturdu.	20	
Numarası:	**3**	YG 1. tek hat şemasını çizdi.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	YG 2. tek hat şemasını çizdi.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Çizimleri tamamladı ve teslim etti.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

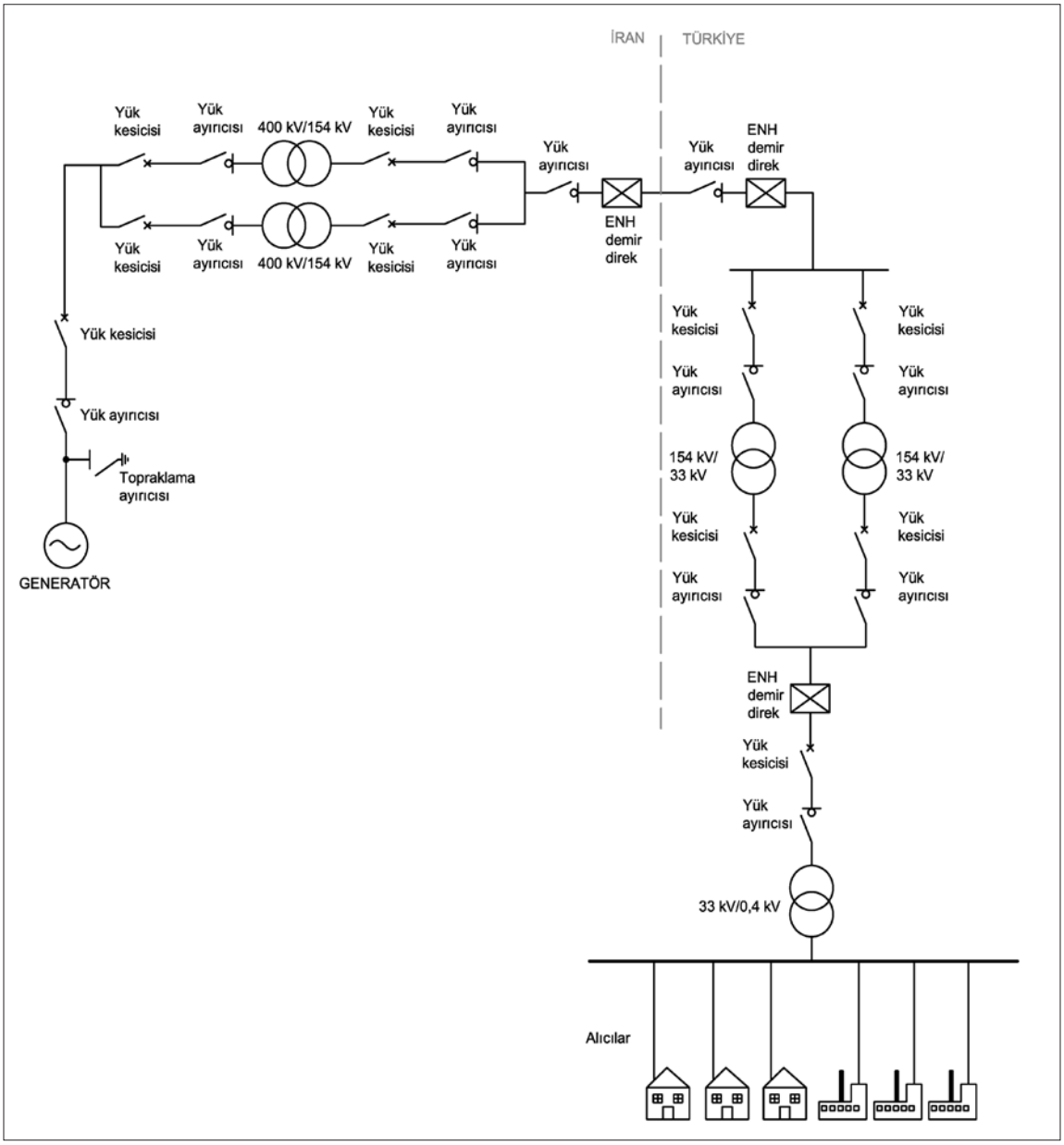
3. UYGULAMA: ENTERKONNEKTE ŞEBEKE ÇİZİMLERİ

AMAÇ

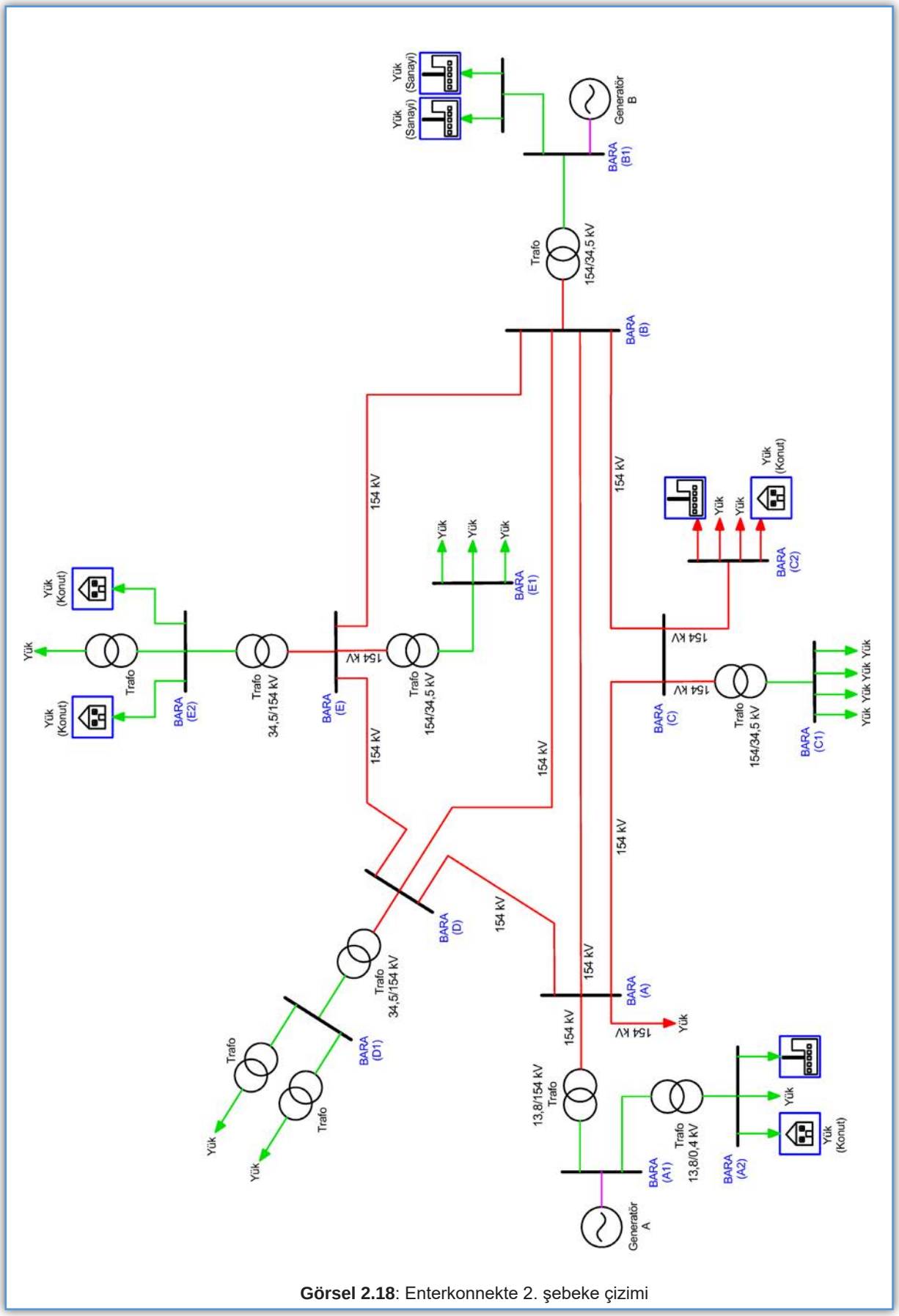
Enterkonnekte şebeke çizimlerini teknik resim kurallarına uygun şekilde yapmak.

DEVRE ŞEMASI

Görsel 2.17 ve Görsel 2.18'de enterkonnekte şebeke çizimi görülmektedir.



Görsel 2.17: Enterkonnekte 1. şebeke çizimi



Görsel 2.18: Enterkonnekte 2. şebeke çizimi

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		2 adet
Cetvel		1 adet
Gönyeler		2 adet
Daire şablonu		1 adet
Kurşun kalem		1 adet
Silgi		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. A4 boyutunda kâğıda antet kısmını oluşturunuz.
2. Görsel 2.17'de verilen enterkonnekte 1. şebeke çizimini teknik resim kurallarına uygun olarak A4 boyutunda antetli kâğıda çiziniz ve yazıları teknik resim normuna uygun olarak yazınız.
3. Görsel 2.18'de verilen enterkonnekte 2. şebeke çizimini teknik resim kurallarına uygun olarak A4 boyutunda antetli kâğıda çiziniz ve yazıları teknik resim normuna uygun olarak yazınız.
4. Son kontrolleri yapınız ve eksik noktaları düzeltiniz.
5. Çizimleri öğretmeninize teslim ediniz.

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

.....

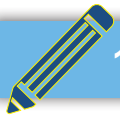
.....

.....

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	A4 kağıdına antetleri oluşturdu.	20	
Sınıfı:	**2**	Enterkonnekte 1. şebeke çizimini yaptı.	20	
Numarası:	**3**	Enterkonnekte 2. şebeke çizimini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	Kağıt temizliğine ve düzenine dikkat etti.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Çizimleri tamamladı ve teslim etti.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ

Aşağıda 2. öğrenme birimi ile ilgili 2 farklı araştırma ve uygulama projesi verilmiştir. Projeleri gerçekleştirip raporları ile birlikte öğretmeninize teslim ediniz. Çalışmalar, öğretmen onayı alınarak grup hâlinde yürütülebilir.



1. PROJE: TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ŞEBEKELERİ

Proje Süresi : 5-6 hafta

Proje Grup Sayısı: 1 kişi

Projenin Amacı : Projenin konusu ile ilgili araştırma yapıp sunum raporu oluşturmak. Çalışmayı sunum raporu ile birlikte belirlenen süre içinde teslim etmek.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje sunum rapor dosyası
- Proje sunum dosyası
- DVD (her iki dosyanın elektronik dokümanı, görseller, şekiller vb.)

Proje Konuları : Aşağıda verilen konuları sırasıyla araştırınız.

- Elektriğin üretim, iletim ve dağıtım süreçleri
- Enerji nakil hatlarının özellikleri ve yapıları
- Şebeke içinde hatların doğru oluşturulmasının şebekeye etkileri
- Şebeke çeşitlerinin özellikleri, birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları (şekillerle)
- Türkiye'de ilgili şebekelerin olduğu bölgeler (tablolarla)
- Şebekede enerji çökmesi durumu ve gerekli tedbirler
- Enerji hatlarında buz yüklerinin etkileri
- Enerji hatlarında sehim hesabı

Projede İstenenler

- Yukarıda verilen konuları sırasıyla araştırınız.
- 2-3 hafta boyunca konu ile ilgili literatür taraması yapınız.
- Ekte verilen sunum dosya formatına uygun olarak sunum dosyasını oluşturunuz.
- Dosyada kullanılan görsel, şekil ve çizimleri her iki dosya ile birlikte DVD formatında yedekleyiniz. Ayrıca sunum rapor dosyasının A4 boyutunda kâğıda renkli çıktısını alınız.
- Belirlenen süre sonunda raporları ve DVD'yi öğretmeninize teslim ediniz.
- Belirlenen tarihler içinde, kurallara uygun olarak onar dakikalık sunum gerçekleştiriniz.
- Sunum değerlendirmesini ilgili formu kullanarak diğer bireylere yaptırınız.
- Sonuçları değerlendiriniz.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Konu seçimi ve literatür taraması yapıldı.	10
2	Sunum rapor dosyası istenenler doğrultusunda hazırlandı ve çıktılar alındı.	20
3	Sunum dosyası, istenenlere uygun hazırlandı.	20
4	Dokümanlar DVD formatında kaydedilmiş şekilde dosya ile birlikte teslim edildi.	20
5	Sunum, başarılı şekilde ve belirlenen zaman aralığında yapıldı.	30
	TOPLAM PUAN	**100**

2. PROJE: AKILLI ŞEBEKELER

Proje Süresi : 4-5 hafta

Proje Grup Sayısı : 1 kişi

Projenin Amacı : Projenin konusu ile ilgili araştırma yapıp sunum raporu oluşturmak. Çalışmayı sunum raporu ile birlikte belirlenen süre içinde teslim etmek.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje sunum rapor dosyası
- Proje sunum dosyası
- DVD (her iki dosyanın elektronik dokümanı, görseller, şekiller vb.)

Proje Konuları : Aşağıda verilen konuları sırasıyla araştırınız.

- Klasik elektrik şebekelerin özellikleri, avantaj ve dezavantajları
- Mikro şebekelerin özellikleri, avantaj ve dezavantajları
- Akıllı şebekelerin özellikleri, avantaj ve dezavantajları
- Dünyada akıllı şebeke uygulamaları
- Türkiye'de akıllı şebeke uygulamaları
- Klasik şebekelerin akıllı şebekelere dönüştürülmesi işlemi

Projede İstenenler

- Yukarıda verilen konuları sırasıyla araştırınız.
- 2-3 hafta boyunca konu ile ilgili literatür taraması yapınız.
- Ekte verilen sunum dosya formatına uygun olarak sunum dosyasını oluşturunuz.
- Dosyada kullanılan tüm görsel, şekil ve çizimleri, her iki dosya ile birlikte DVD formatında yedekleyiniz. Ayrıca sunum rapor dosyasının A4 boyutunda kâğıda renkli çıktısını alınız.
- Belirlenen süre sonunda raporları ve DVD'yi eksiksiz öğretmeninize teslim ediniz.
- Belirlenen tarihler içinde, kurallara uygun olarak onar dakikalık sunum gerçekleştiriniz.
- Sunum değerlendirmesini ilgili formu kullanarak diğer bireylere yaptırınız.
- Sonuçları değerlendiriniz.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Konu seçimi ve literatür taraması yapıldı.	10
2	Sunum rapor dosyası istenenler doğrultusunda hazırlandı ve çıktılar alındı.	20
3	Sunum dosyası, istenenlere uygun hazırlandı.	20
4	Dokümanlar DVD formatında kaydedilmiş şekilde dosya ile birlikte teslim edildi.	20
5	Sunum, başarılı şekilde ve belirlenen zaman aralığında yapıldı.	30
	TOPLAM PUAN	**100**

1. ETKİNLİK ÇALIŞMASI

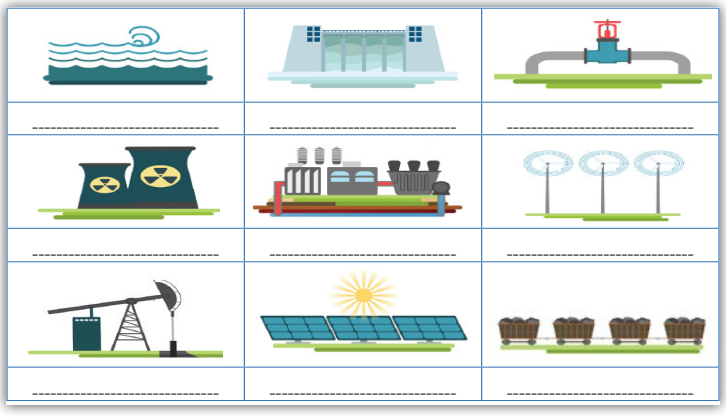
Aşağıda 1. öğrenme birimi ile ilgili kelime listesi ve kelimelerin içine yerleştirildiği tablo verilmiştir. Tabloda kelimeler; soldan sağa, sağdan sola, yukarıdan aşağıya, aşağıdan yukarıya ve çapraz şekilde bulunabilir. Listedeki kelimeleri tabloda bulunuz. Bulduğunuz kelimeleri kelime listesinde ve tabloda örnekteki gibi işaretleyerek listede yer alıp tabloda olmayan kelimeyi belirleyiniz.

Verilen Kelimeler: Alternatör, biyokütle, biyomas, branşman, buhar, doğal gaz, elektrolizör, faz farkı, fermantasyon, fotovoltaik, hibrit, hidroelektrik, hidrojen, hidrokarbon, jeotermal, katalizör, kömür, linyit, magma, mazot, metan, parafudr, petrol, plütonyum, reaktör, ~~rüzgâr enerji~~, santral, senkronizasyon, solar enerji, şebeke, termal, tesis, topraklama, toryum, trafo, türbin, uranyum.

N	O	Y	S	A	T	N	A	M	R	E	F	S	A	M	O	Y	İ	B	A
K	İ	A	T	L	O	V	O	T	O	F	A	C	Ö	N	M	İ	D	S	L
F	H	E	T	H	R	Ö	Z	İ	L	A	T	A	K	T	U	K	R	A	E
H	İ	D	R	O	K	A	R	B	O	N	G	Ş	O	E	Y	T	Ö	N	Ğ
A	D	K	F	T	R	M	İ	V	T	L	R	Z	U	S	R	O	T	T	N
C	R	T	A	O	Ş	Y	E	J	A	E	A	Y	J	B	O	P	A	R	O
Ğ	O	E	Z	Y	F	İ	U	M	**R**	M	R	Ş	A	F	T	R	N	A	Y
A	E	S	F	R	P	A	R	M	**Ü**	E	Y	M	N	P	Ü	A	R	L	S
M	L	İ	A	B	O	E	R	P	**Z**	Y	N	H	A	M	L	K	E	İ	A
G	E	S	R	E	T	D	İ	T	**G**	T	E	E	Ö	L	P	L	T	E	Z
A	K	A	K	O	Ü	K	N	Ö	**A**	Ü	E	K	R	I	R	A	L	L	İ
M	T	U	I	R	V	Z	A	N	**R**	R	K	Y	P	A	Ş	M	A	T	N
P	R	J	L	S	E	A	M	E	**E**	B	E	R	L	Z	L	A	D	Ü	O
D	İ	S	V	A	Z	U	Ş	J	**N**	İ	B	J	Ö	İ	V	O	T	K	R
L	K	T	K	T	Y	L	N	O	**E**	N	E	U	N	T	Ğ	M	S	O	K
O	E	R	İ	N	H	E	A	R	**R**	L	Ş	Y	O	A	K	G	E	Y	N
R	M	G	A	R	O	D	R	D	**J**	P	İ	S	L	H	T	A	D	İ	E
T	İ	R	N	H	B	A	B	İ	**İ**	T	Ü	G	N	B	F	E	E	B	S
E	U	J	R	İ	U	İ	Ü	H	L	R	A	H	Ö	K	L	Ğ	M	R	A
P	A	B	E	C	F	B	H	R	Ö	Z	İ	L	O	R	T	K	E	L	E

2. ETKİNLİK ÇALIŞMASI

Aşağıdaki görselleri verilen elektrik santrallerinin karşılıklarını bulunuz ve boş bırakılan alanlara her birinin adlarını yazınız.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki önermeleri dikkatle okuyunuz ve boş bırakılan ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Anma gerilimi aynı olan, birbirine direkler ve iletkenler aracılığıyla bağlı elektrik tesislerinin tümüne telekomünikasyon şebekesi denir.

2. ( ) Koruma ve nötr iletkenleri ile tesise ait tüm madenî kısımların (cihaz gövdesi vb.) tek bir PEN hattı üzerinden birleştirildiği şebeke türüne TN.C şebekesi denir.

3. ( ) 154 kV ile 380 kV gerilimler dağıtım hatlarında, 33 kV gerilim iletim hattında kullanılır.

B) Aşağıdaki soruları okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

4. 63 kV'a sahip enerji nakil hattı hangi gerilim türü içinde yer alır?

A) AG B) ÇYG C) DG D) OG E) YG

5. Dağıtım trafolarından başlayarak tüketicilere (abonelere) kadar ulaşan şebekelere ne ad verilir?

A) AG B) ÇYG C) DG D) OG E) YG

I. Güç sisteminin toprağa bağlanmasını 2. harf gösterir.
II. C harfi, koruma iletkeni ile nötr hattının fonksiyon açısından birbirinden ayrıldığını belirtir.
III. İzolasyon iletkenini "I" harfi temsil eder.

6. AG şebeke türleri dikkate alındığında yukarıda verilenlerden hangisi veya hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

7. Koruma ve nötr iletkenlerinin şebekenin bir bölümünde ortak bir iletken hat üzerinden çekildiği, başka bir bölümünde ise ayrı olarak çekildiği şebeke türüne ne ad verilir?

A) IT B) T-C C) TN-C-S D) TN-S E) TT

8. Aşağıda verilen gerilimlerden hangisi Türkiye'de kullanılan OG'den birisi değildir?

A) 6,3 kV B) 10,5 kV C) 15 kV D) 33 kV E) 35 kV

9. Elektrik enerji iletiminin birden çok transformatör ile yapıldığı, bu transformatörlerin birbirine paralel şekilde bağlanarak kapalı bir sistem oluşturduğu ve şehir, köy, sanayi gibi merkezlerde kullanılan şebeke türüne ne ad verilir?

A) Gözlü B) Enterkonnekte C) Mikro D) Ring E) Dallı

10. Türkiye, aşağıda verilen ülkelerden hangisi ile yaptığı elektrik alışverişinde 132-154 kV enerji iletim hattı kullanmaktadır?

A) Bulgaristan B) Gürcistan C) Irak D) İran E) Suriye



Enerji tüketiminin arttığı şu dönemde enerjiyi verimli olarak kullanalım.



3

ENDEKS OKUMA

ÖĞRENME BİRİMİ



KONULAR

3.1. ENDEKS PARAMETRELERİ VE ANLAMLARI
3.2. ENDEKS OKUMA YÖNTEMLERİ
3.3. UZAKTAN ENDEKS OKUMA SİSTEMLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Elektrik sayaçlarının özellikleri ve bağlantıları
- Elektrik sayaçları üzerindeki endeks parametrelerin özellikleri
- Elektrik sayaçları üzerinden endeks okuma yöntemleri
- Uzaktan endeks okuma sistemleri ile endeks okuma işlemleri

TEMEL KAVRAMLAR

elektrik faturası, elektrik sayaçları, elektrik tarifesi, endeks, endeks okuma, enerji analizörü, kombi sayaçlar, tek zamanlı tarife, uzaktan endeks okuma sistemleri (OSOS), üç zamanlı tarife

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Elektrik sayaçlarının enerji analizöründen farklarını araştırarak ulaştığınız bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Uzaktan endeks okumak için uygulanan yöntemleri ve OSOS modemlerin bu yöntemler içindeki yerini araştırarak ulaştığınız bilgileri sınıfta paylaşınız.

3.1. ENDEKS PARAMETRELERİ VE ANLAMLARI

Endeks parametreleri, enerji ölçümünün değerlendirilmesi açısından önemli referanslardır. Bu nedenle elektrik sayaçlarının çalışma şekillerinin bilinmesi önemlidir.

3.1.1. İş, Güç ve Enerji Kavramları

İş: Bir kuvvetin uygulandığı cismi hareket ettirirken harcadığı güce **iş** denir. Bir cismin bir yerden alınıp başka bir yere konulması sonucunda bir iş yapılmış olur. "W" ile gösterilir. Birimi SI sistemde "Newton-metre (N.m)" ya da "Joule (J)" olur.

İş (W) = Kuvvet (F) . Yol (x) **(N.m = J)**

Enerji: Bir cismin iş yapabilme yeteneğine **enerji** denir. Kuvvet uygulanarak iş yapıldığında cisim enerji kazanır. Birçok enerji türü vardır. En çok kullanılan enerji türü ise elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi; ısı, ışık vb. birçok enerji türüne dönüştürülerek kullanılır. "W" ile gösterilir. Birimi SI sistemde "Watt-saat (W.h)" veya "Joule (J)" olur.

Enerji (W) = Güç (P) . Zaman (t) **(W.h = J)**

Güç: Birim zamanda harcanan veya üretilen enerjiye güç denir. "P" ile gösterilir. Birimi SI sistemde "Watt (W)"tır. Anlık enerji durumunu gösteren bir göstergedir. Elektrik tesislerinde güç ifadesi genellikle kilo Watt (kW) veya Mega Watt (MW) olarak gösterilir.

$$\text{Güç (P)} = \frac{\text{Enerji (P)}}{\text{Zaman (t)}} \quad \textbf{(Watt)}$$

NOT

Elektrik sayaçlarında ölçü birimleri genellikle Wh (Watt-saat), kWh (kilo Watt-saat) ve MWh (Mega Watt-saat) şeklinde ifade edilir.

ÖRNEK

Bir elektrik sayacı 180 dakika sonunda 90 kWh tüketim göstermektedir. Bu sayaca bağlı yükün gücünü bulunuz.

ÇÖZÜM

Verilen süre saate dönüştürüldüğünde $t = \frac{180}{60} = 3$ saat olur.

Yükün gücü $P = \frac{W}{t} = \frac{90}{3} = 30$ kW = 30.000 Watt

ÖRNEK

Elektrik sayacına bağlı bir motorun gücü 20 kW'tır. Buna göre Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Motor 7 saat 30 dakika çalıştırıldığında ne kadar enerji kullanmıştır?

b) 9600 kWh enerji çektiği düşünülen motor kaç gün çalışmış olabilir?

ÇÖZÜM

a) $W = P \cdot t = 20 \cdot \left(7 + \frac{30}{60}\right) = 20 \cdot 7{,}5 = 150$ kWh

b) $t = \frac{W}{P} = \frac{9600}{20} = 480$ saat

1 günde 24 saat olduğuna göre $\frac{480}{24} = 20$ gün olur.

SIRA SİZDE

Sayaca bağlı bir motor belirli bir süre boyunca çalıştırılıp durdurulmuştur. Motor, 12 gün sonunda 720 kWh enerji kullanmıştır. Bu motor 5 gün boyunca çalıştırılsaydı ne kadar enerji tüketirdi? Ayrıca sayaca aynı motordan üç tane daha bağlanırsa 2 gün sonunda sayaçta görünecek tüketim değeri kaç olur?

3.1.2. Elektrik Sayacı (Enerji Metre)

Üretilen veya tüketilen elektrik enerji miktarını ölçerek gösteren ölçü aletine **elektrik sayacı (enerji metre)** denir. Bu sayaçlar, elektrik enerji miktarını ölçmek ve faturalandırmayı sağlamak amacıyla kullanılır. Enerji tüketimini **kilo Watt-saat (kWh)** cinsinden ölçer. Devreden çekilen güçlerin sabit veya değişken değerlerini zaman ekseninde toplayarak gösterge üzerinde sonucu gösterir. AC veya DC akım olarak ölçüm yapar.

NOT

- İlk elektrik sayacı, 1872'de Samuel Gardiner (Samûel Gardner) tarafından üretilmiştir.
- ABD'de elektrik sayacı Thomas Edison (Tomas Ediysın) tarafından 1881'de üretilmiştir.
- İlk DC sayacı patenti 1883'te Dr. Hermann Aron (Doktor Herman Ayrın) tarafından alınmıştır. Bu DC sayaç ilk olarak 1888'de Hugo Hirst (Hügo Hörst) önderliğindeki General Electric tarafından Büyük Britanya'da kullanılmıştır.
- İlk AC sayacı patenti ise Ottó Bláthy (Otto Balithiy) tarafından alınmıştır. AC sayaçlar ise ticari olarak 1889'da satışa çıkmıştır.

3.1.2.1. Elektrik Sayacının İşlevleri

- Elektrik enerjisini DC veya AC olarak ölçer.
- Üretilen ya da tüketilen elektrik enerjisini saatlik olarak gösterir.
- Elektrik hattında kullanılan aktif, reaktif ve kapasitif enerji tüketimlerini gösterir.
- Elektrik hatlarında olabilecek kayıpları buldurur.
- Elektrik harcamalarının belirlenmesini kolaylaştırır.
- Büyük tesislerde jeneratör ile üretilen elektriği şebeke elektriğinden ayrıştırır.
- Çok zamanlı kullanımda elektriği tüketimini zamana göre analiz ederek gösterir.

3.1.2.2. Elektrik Sayacının Çeşitleri

Elektrik sayacı; kullanılan enerji türüne, şebekeye bağlantı biçimine, devreye bağlanma şekline, yapısına, zamana ve enerji cinsine göre çeşitlere ayrılır.

Kullanılan Enerji Türüne Göre Sayaçlar

DC Sayaç: Doğru akımda (DC) kullanılan sayaçtır.
AC Sayaç: Alternatif akımda (AC) kullanılan sayaçtır.

Şebekeye Bağlanma Biçimine Göre Sayaçlar

Bir Fazlı (Monofaze) Sayaç: Tek fazlı iki telli indüksiyon sayacıdır. Genellikle meskenlerde ve aydınlatma bölgelerinde kullanılır. Düşük güç tüketir, uzun ömürlüdür. Gerilim, akım, frekans gibi ana parametreleri ölçer. Kaçak elektrik tüketiminin tespit edilmesinde kolaylık sağlar ve haberleşme standartlarına uyumludur.

Üç Fazlı (Trifaze) Sayaç: İki veya üç adet tek fazlı sayacın bir araya gelmesiyle oluşur. Birden fazla diskin mil üzerinde dönmesi nedeniyle tek fazlı sayaçlardan farklıdır. Şebekeden gelen iletken sayısına göre üç veya dört telli olmak üzere iki çeşidi vardır.

- **Üç Fazlı İki Elemanlı Üç Telli Sayaç (Aron Bağlantı):** Yükleri dengeli aboneliklerde kullanılan sayaç türüdür. Bu sayaçta ikişer adet akım ve gerilim bobini vardır. Akım bobinleri iki faza, gerilim bobinleri ise akım bobinleri ile boşta kalan 3. faz arasına bağlanır.
- **Üç Fazlı Üç Elemanlı Dört Telli Sayaç:** Her fazın enerjisinin ayrı ölçülüp genel toplamın verilmesi gereken tüketim yerlerinde kullanılan sayaç türüdür. İçinde üçer adet akım ve gerilim bobini bulunur. Akım bobinleri her faza, gerilim bobinleri ise her faz girişi ile nötr arasına paralel olarak bağlanır.

Devreye Bağlanma Biçimine Göre Sayaçlar

Direkt Bağlantılı (Sekonder) Sayaç: Ölçü (akım, gerilim) transformatörleri olmadan devreye doğrudan bağlanan sayaç türüdür. Genellikle 100 A'e kadar (bazı özel sayaçlar için 120 A'e kadar) devreye direkt olarak bağlanır.

X5 (Primer) Sayaç: Ölçü (akım, gerilim) transformatörleri ile devreye bağlanan sayaç türüdür. 5 A referans akımı ile çalışır. Alçak gerilim (AG) kullanıldığında akım transformatöründen (X5/AG), orta gerilim (OG) kullanıldığında hem akım hem de gerilim transformatöründen (X5/OG) yararlanır.

Yapısına Göre Sayaçlar

Mekanik ve elektronik sayaç olarak iki türlüdür (Görsel 3.1):



Görsel 3.1: Mekanik ve dijital sayaçlar

Mekanik (İndüksiyon) Sayaç: Gerilim ve akım bobinleri, mıknatıslı yatak, dişli çark, numaratör ve disklerden oluşan mekanik özellikli sayaç türüdür. Bir ve üç fazlı türleri bulunur. Akım bobinlerinin sargı direnci küçük olduğundan kalın kesitli, az sipirlidir. Bu nedenle fazlara seri olarak bağlanır. Gerilim bobinlerinin sargı direnci büyük olduğundan ince kesitli, çok sipirlidir.

Bu nedenle devreye paralel olarak bağlanır. Diskler, birbirine dik konumda bulunan akım ve gerilim elektromıknatısları arasında bulunur. Böylece her iki bobin, sayacın mekanik kısmında yer alan diskler üzerine güç uygular ve disklerin dönmesini sağlar. Numaratör ise diskin devir sayısını belirleyen bir saat görevi üstlenir. Diskin dönmesi sonucu numaratör de döndüğünden enerji ölçümü gerçekleşir.

Elektronik (Dijital) Sayaç: Elektronik devreler ile hassas ölçüm yapabilen, tarifeli sistem ile haberleşme seçeneklerine olanak sağlayan, teknolojik özelliklere sahip sayaç türüdür. Bağlantıları mekanik sayaçlarla benzerlik gösterir ancak çalışma yapısı farklıdır. İçinde mikroişlemci ya da sinyal işlemcisi, üzerinde dijital ekran paneli bulunur. Ölçülen enerji ve güç değerleri, zaman, tarih ve tarifeler bu işlemcilerde otomatik olarak kaydedilir. LCD ekran üzerinde, kaydedilen bu veriler görüntülenir. Bazılarında optik port yani port okuyucu bulunur. Bu bölümden kablosuz veri aktarımı yapılır ve kaydedilen tüm veriler bilgisayara aktarılır. Klemens kutusunun altında yer alan tamper sayesinde kutunun açılma sayısı tespit edilir.

Yaptıkları Ölçüme Göre Sayaçlar

Aktif Elektrik Sayacı: Aktif olarak tüketilen elektrik enerjisini ölçen sayaçtır. Genellikle meskenlerde ve küçük işletmelerde kullanılır. Düşük düzeyde aktif enerji tüketimini takip ederek toplar.

Reaktif Elektrik Sayacı: Reaktif gücün ölçülmesi için kullanılan sayaçtır. Genellikle işletmelerde ve endüstriyel tesislerde kullanılır.

Aktif/Reaktif (Kombi) Elektrik Sayacı: Hem aktif hem de reaktif ölçüm yapabilen sayaçtır. Yüksek akımda rahatlıkla ölçüm yapabilir. Yüksek enerji kullanan alışveriş merkezi, fabrika, hastane vb. yerlerde tercih edilir.

Zamana veya Tarifeye Göre Sayaçlar

Tek Zamanlı/Tarifeli Sayaç: Tek tarifeli sistemin 7 gün 24 saat esasına bağlı olarak uygulandığı sayaç türüdür. Kullanılan enerji tüm saatlerde sabit birim fiyatı üzerinden ücretlendirilir.

Çok Zamanlı/Tarifeli Sayaç: Günün üç farklı saat aralığında tüketilen enerji miktarının ayrı olarak ölçülüp değerlendirildiği ve üç tarifeli sistemin uygulandığı sayaç türüdür. Günün farklı saatlerinde tüketilen enerji, farklı birim fiyat üzerinden ücretlendirilir. Bu tarifenin amacı, genel tüketimin yüksek olduğu zaman diliminde birim fiyatı yüksek tutarak enerji tüketimini azaltıp tüketimin diğer zaman aralıklarında gerçekleşmesini sağlamaktır.

Talep Gücüne Göre Sayaçlar

Dağıtım şirketleri ile elektrik abonelerin yaptıkları sözleşme uyarınca tek veya çift terimli abonelikli elektrikli sayaç olarak ikiye ayrılır:

Tek Terimli Abonelikli Elektrik Sayacı: Dağıtım şirketleri ile elektrik aboneleriin yaptıkları sözleşme uyarınca yalnızca tüketilen elektrik tutarını gösteren sayaçtır. Tüketilen elektrik tutarı, belirlenen fiyat üzerinden ücretlendirilir.

Çift Terimli Abonelikli Elektrik Sayacı: Dağıtım şirketleri ile elektrik abonelerinin yaptıkları sözleşme uyarınca abonelik başlangıcında belirtilen talep miktarı doğrultusunda ölçümleri gösteren sayaçtır. Bu sayaçta abonelik başlangıcında belirlenen talep miktarına ulaşıncaya kadar abonelere daha uygun fiyatlı elektrik tüketimine olanak tanınır. Bu talep miktarı aşıldığı anda daha yüksek bir ücretlendirme gerçekleşir.

Şebekeye Göre Sayaçlar

Genellikle alışveriş merkezi, plaza, rezidans vb. büyük yapılarda kullanılan sayaç modelleridir. Bu sayaçlar şebekeden gelen elektrik tüketimi ile jeneratörde motorin ile üretilen elektrik tüketimini ayrı olarak ölçer. Böylece normal elektrik kullanımının yanında jeneratörden kullanılan elektrik miktarı da belirlenir.

NOT

Sayaçların enerji analizöründen farklı özellikleri şunlardır:

- Kapakları mühürlenir.
- Hafızaları ve ekranları silinemez.
- Yardımcı besleme gerektirmez.

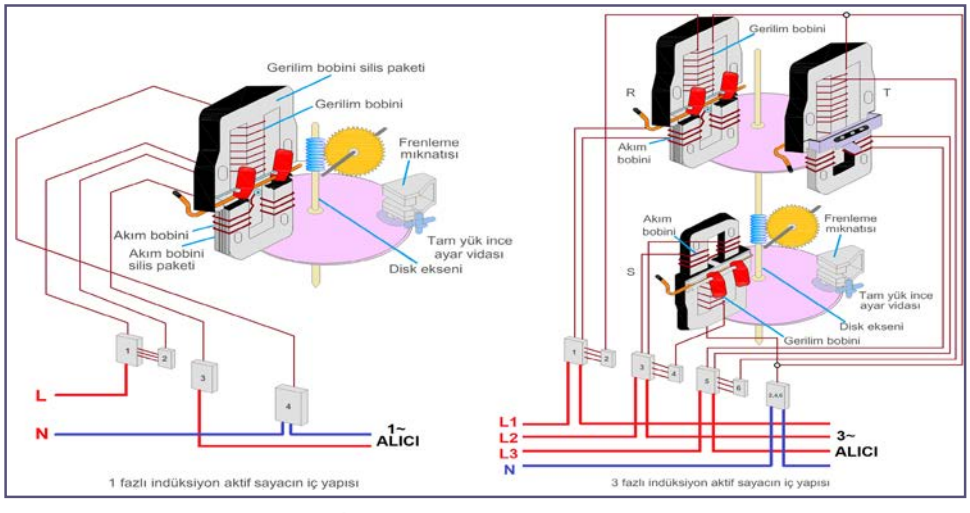
Fonksiyonlarına Göre Sayaçlar

- Normal sayaçlar
- Demandmetreli sayaçlar
- Çok tarifeli sayaçlar
- Yük profili kaydeden sayaçlar
- Haberleşme özellikli sayaçlar

3.1.2.3. Elektrik Sayaçlarının Yapısı ve Çalışması

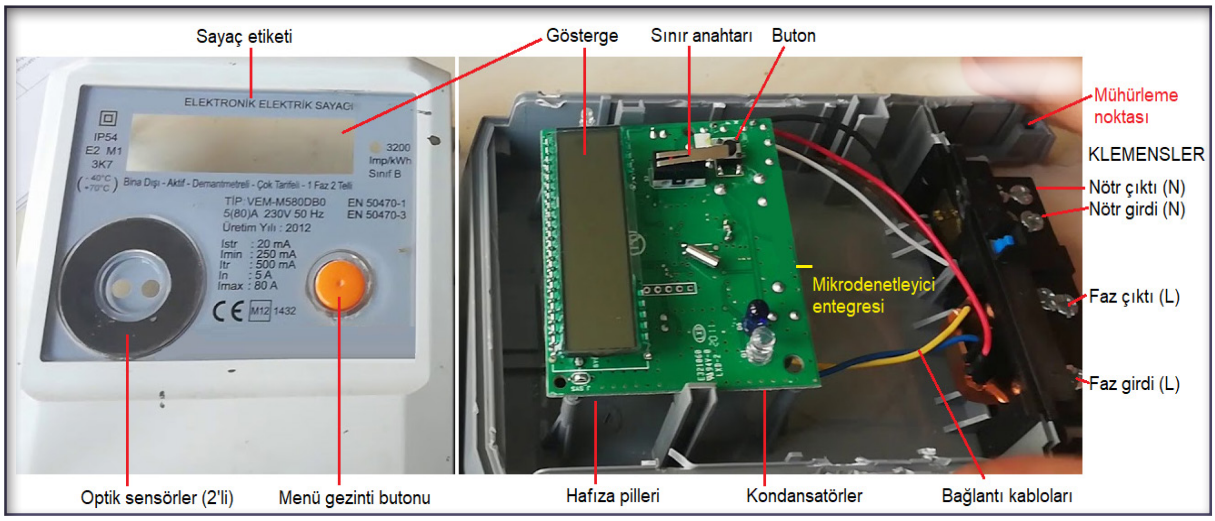
İndüksiyon Aktif Sayaçlar: Elektrik sayacının yapısında akım ve gerilim bobinleri, alüminyum disk, elektromıknatıslar (U ve G şeklinde), sabit mıknatıs, sonsuz vida ve numaratör bulunur. Alüminyum diskler, elektromıknatıs kutuplar arasına serbest dönebilecek şekilde yerleştirilir. Bu diskler, birbirine dik konumdaki akım ile gerilim elektromıknatıslarının arasında yer alır. Bu diskin dönme hızı, enerji ölçümünün şiddetini gösterir.

Akım bobini, ayrı iki demir nüve üzerine kalın kesitli ve az sipirli olacak şekilde sarılmıştır. Bu bobin nüvesine, uçları bir R direncine bağlı olan birkaç sipirli bobin yerleştirilmiştir. Gerilim bobini ise bir demir nüve üzerine ince kesitli ve çok sipirli olacak şekilde sarılmıştır. Her iki bobin, elektromıknatıs kutupları arasına diskin rahat dönmesi için yerleştirilmiştir. Akım bobinleri devreye seri, gerilim bobinleri ise paralel bağlanır. Akım ve gerilim bobinleri, üzerinden geçen akımın şiddetine bağlı olarak bir elektromanyetik alan meydana getirir ve üzerinden akım geçen disk, bu alan etkisiyle bir döndürme momenti oluşur. Böylece bu moment ve güç etkisiyle disk dönmesi gerçekleşir. Numaratör, diskin dönmesiyle birlikte hareket ettiği için tüketilen enerji ölçülür. Diskin devri, sonsuz vida ile numaratöre iletilir. Diskin dönme hızı, sistemden çekilen güç ile orantılıdır. Frenleme mıknatısı, bobinlerden akım geçmediği anlarda diski ani olarak durdurmak amacıyla kullanılır. Bir fazlı sayaçlarda 1 adet silindir ve 1 adet akım-gerilim bobini bulunurken üç fazlı sayaçlarda 2 adet silindir ve 3 adet akım-gerilim bobini bulunur (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: İndüksiyon aktif sayaçların iç yapıları

Elektronik Aktif Sayaç: Görsel 3.3'te elektronik aktif sayacın iç yapısı görülmektedir. Bu sayaçlarda indüksiyon sayaçlardan farklı olarak mekanik kısımlar yerine mikrodenetleyici entegreli elektronik kart düzeneği bulunur. Ayrıca optik sensörler ve LCD display gösterge bu kart üzerine yerleştirilir.

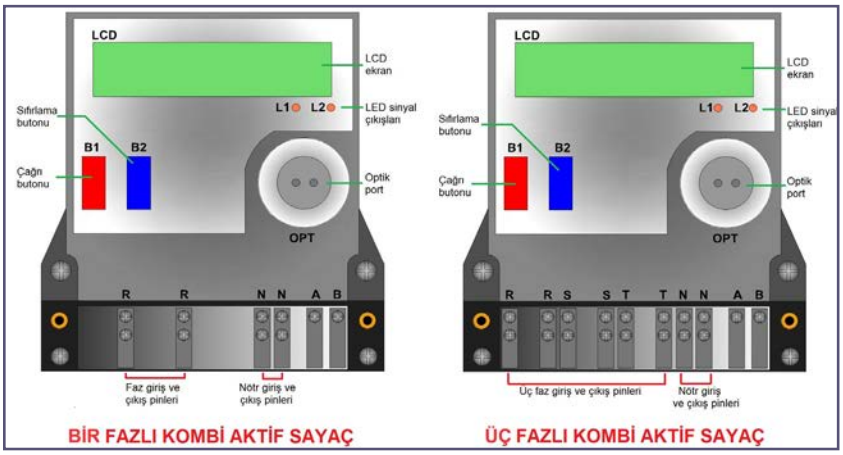


Görsel 3.3: Elektronik aktif sayaç yapısı

NOT

Reaktif sayaçlar, reaktif enerjinin ölçümünde kullanılan sayaç tipidir. Çoğunlukla trafo ve motorların yoğun olarak yer aldığı endüstriyel tesisler ile alışveriş merkezlerinde tercih edilir. Reaktif sayaçlar önceden aktif sayaçlar gibi ayrı olarak üretilip kullanılırken günümüzde kombi sayaçlar içinde yer almaktadır.

Kombi (Aktif-Reaktif) Sayaçlar: Hem aktif hem de reaktif enerji ölçümlerini yapan elektrik sayaçlarına **kombi sayaç** denir. Yüksek enerji harcayan ve reaktif enerji tüketiminin fazla olduğu fabrika, alışveriş merkezi gibi yerlerde kullanılır. Yüksek reaktif enerji tüketen yerlerde reaktif enerji ölçümüne de gerek duyulduğu için bu sayaçlar tercih edilir. Bir ve üç fazlı olarak üretilir. Yüksek akımda da ölçüm yapabilir ve akım trafosuz daha doğru sonuç verir. Görsel 3.4'te bir ve üç fazlı kombi sayaçların iç yapıları görülmektedir. Görüldüğü üzere klemens bağlantıları, normal elektronik sayaçlar ile benzerlik gösterir ancak kombi sayacın içindeki elektronik kart sayesinde reaktif enerji de ölçülür.



Görsel 3.4: Bir ve üç fazlı kombi sayaçlar

NOT

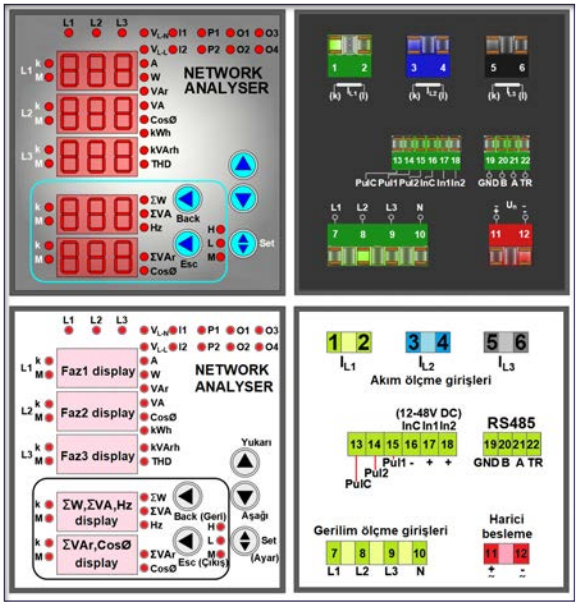
Reaktif enerji, endüktif ve kapasitif olarak iki türlüdür. Motor, transformatör, bobin gibi endüktif alıcılarda endüktif reaktif enerji; UPS, kondansatör, elektronik balast gibi kapasitif alıcılarda ise kapasitif reaktif enerji oluşur. Endüktif reaktif enerjinin fazla olması, kompanzasyon ihtiyacını doğurur. Aksi durum, belirlenen sınırlar dışına çıkıldığında ceza uygulanmasına ve sistemden fazla enerji tüketilmesine neden olur.

Hem elektronik sayaçlarda hem de kombi sayaçlarda tüketimin detaylı olarak ölçülmesini sağlayan optik portlar bulunur. Bu portlarla ölçülen enerji değerleri saatlik olarak ilgili okuma cihazına aktarılır. Böylelikle zaman dilimlerine göre tüketilen enerji miktarı kolaylıkla tespit edilir. Çoğu konut, apartman ve iş yeri, merkezî otomatik okuma sistemine bağlıdır ancak diğer yerlerde de değerler, bu portlar üzerinden okuma cihazı ile kolaylıkla okunarak faturaya yansıtılır. Bu portların en büyük avantajı, okuma cihazları ile şebeke arasındaki elektriksel izolasyonun en az maliyetle oluşturulmasıdır.

Sayaç türlerinin ayırt edici temel özellikleri şunlardır:

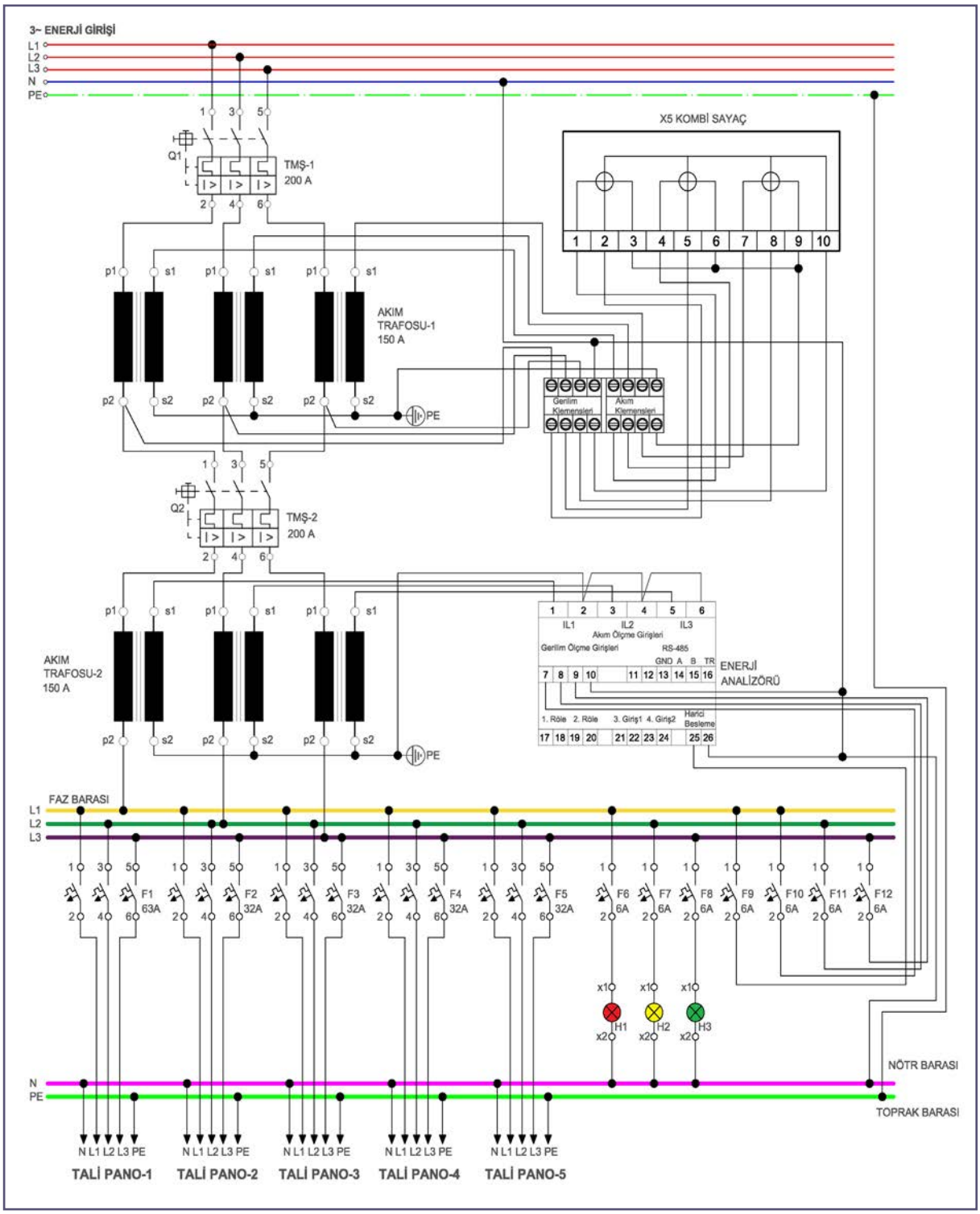
- **Elektronik Sayaç :** Evlerde kullanılan ve yalnızca aktif enerjiyi ölçen sayaçtır.
- **Kombi Sayaç :** Aktif ve reaktif enerjiyi birlikte ölçen sayaçtır.
- **X5 Kombi Sayaç :** Elektrik tesisatlarında akım trafosuyla birlikte kullanılan sayaçtır.
- **Süzme Sayaç :** Sayaç yanında haricî bir bölümün enerjisini ölçen sayaçtır.

Enerji (Şebeke) Analizörü: Bir elektrik dağıtım sisteminin ya da elektrik tüketici bölgesinin tüm elektriksel parametrelerini izleyerek ölçen cihaza **enerji (şebeke) analizörü** denir (Görsel 3.5). Elektriğin tüm parametrelerini ölçer ve sonuçlarını değerlendirerek ekrana yansıtır. Enerjiyi daha kaliteli kullanmak için bu cihaza gerek duyulur. Bir enerji analizörünün ölçtüğü temel parametreler şunlardır: tek ve üç fazlı sistemlerin efektif değerleri, faz-nötr gerilimleri, faz-faz gerilimleri, nötr akım değeri, faz ve toplam akım değerleri, anlık aktif görünür güç değerleri, endüktif ve kapasitif reaktif güç değerleri ve frekansı, güçlerin ortalama ve maksimum değerleri, güçlerin harmonik etkileri ve bozulma, saatlik güç değerleri, faz açıları vb. Bu cihazın en önemli etkisi harmoniklerin ölçülebilir, yazdırılabilir, saklanabilir ya da başka bir yere aktarılabilir olmasıdır. Ayrıca cihaz birçok farklı elektrostatik analizörü için de kullanılabilir.



Görsel 3.5: Enerji analizörünün yapısı ve klemens uçları

Görsel 3.5'te enerji analizörünün yapısı ve klemens uçları görülmektedir. Ön panelde 5 farklı display ekranı (Bunlardan üçü üç faz ile ilgili değer ölçümleri, diğerleri ise güç ve güç katsayısı ile ilgili ölçümleri gösterir.), çeşitli LED'ler ve ayar butonları vardır. Arka bölümde ise bağlantı klemensleri (akım ve gerilim ölçme, RS485 bağlantı, sistemi besleme ve diğer özel ölçme klemensleri) bulunmaktadır. Görsel 3.6'da enerji analizörünün örnek bağlantısı görülmektedir. Bu analizörler, sayacın bağlı olduğu akım trafosunun çıkışındaki TMŞ'ye bağlı akım trafosunun uçlarına bağlanır.



Görsel 3.6: Enerji analizörünün devreye bağlantısı

Kombi sayacının enerji analizöründen farklı özellikleri şunlardır:

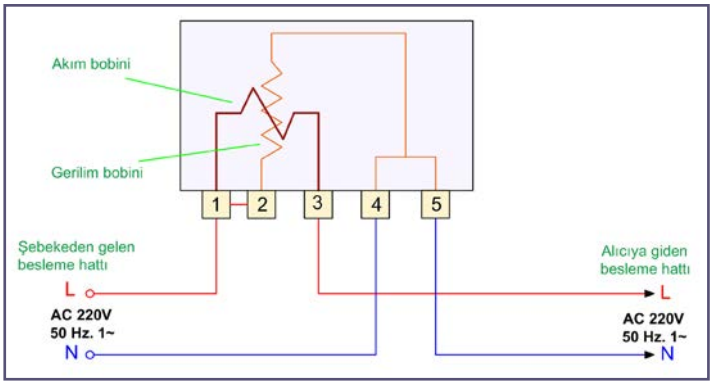
- Yapıları mühürlenir.
- Ekranı ve hafızaları silinemez.
- Enerji verileri göstergesi daha basittir.
- Sistemin yalnızca aktif ve reaktif enerji ölçümlerini yapar.
- Çoklu tarifeler için uygundur.
- Yük profilini detaylı olarak inceler.
- Gerçek zaman saati kullanarak enerji tüketimlerini detaylı olarak verilebilir.

NOT

Türkiye'de elektrik sayaçları, EPDK'nin tebliğine uymalı, MID sertifikasına (MI-003) ve gerekli olursa Sanayi Bakanlığı Ulusal Tip Onay Belgesi'ne sahip olmalıdır. Bu şartların sağlanmasının ardından TEDAŞ tarafından gerekli onay işlemleri yapılır.

3.1.2.4. Bir Fazlı Elektrik Sayacının Devreye Direkt Bağlantısı

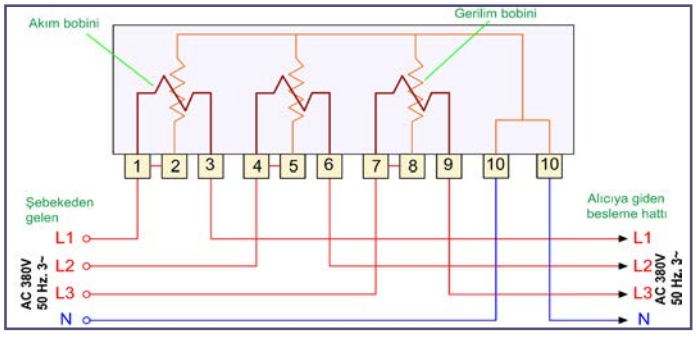
Görsel 3.7'de bir fazlı elektrik sayacının devreye direkt bağlantısı görülmektedir. İçinde kalın telli, az sipirli akım bobini ve ince telli, çok sipirli gerilim bobini bulunur. Her iki bobinde anlık akım ve gerilim değerleri ölçülür ve enerji değeri olarak ekrana yansıtılır. Her bir t anında tüketilen güç değerinin bulunması sonucu enerji değeri elde edilir.



Görsel 3.7: Bir fazlı elektrik sayacının devreye direkt bağlantısı

3.1.2.5. Üç Fazlı Elektrik Sayacının Devreye Direkt Bağlantısı

Üç fazlı sistemlerde devrede enerji ölçümünü direkt olarak yapabilmek için üç fazlı sayaçlar devreye doğrudan bağlanır. Görsel 3.8'de üç fazlı elektrik sayacının devreye direkt bağlantısı görülmektedir.



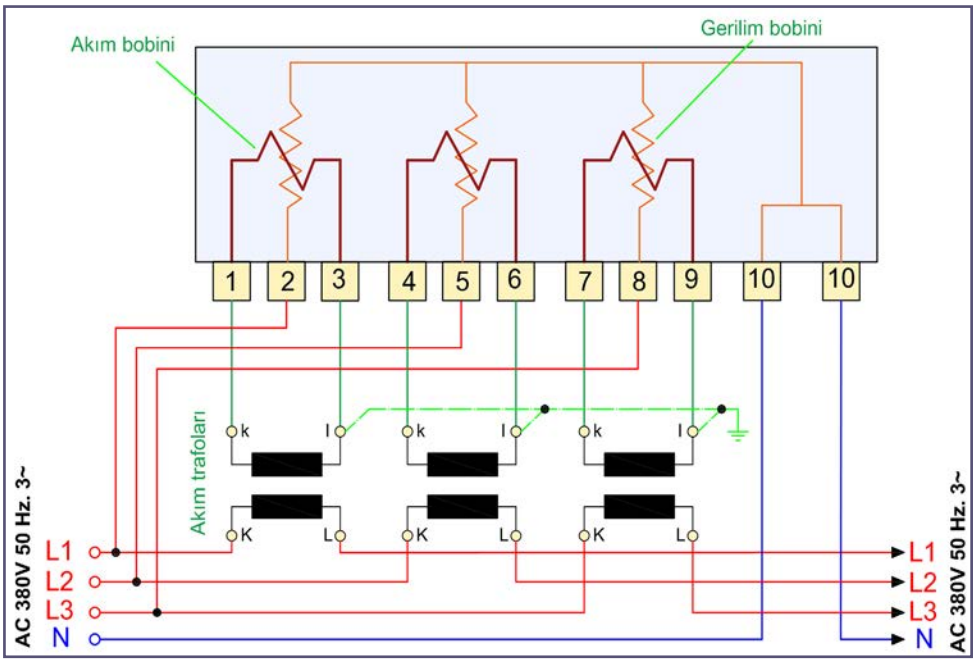
Görsel 3.8: Üç fazlı elektrik sayacının devreye direkt bağlantısı

1 ve 3 fazlı sistemlerde aktif enerji değerleri şu formüller ile ölçülür:

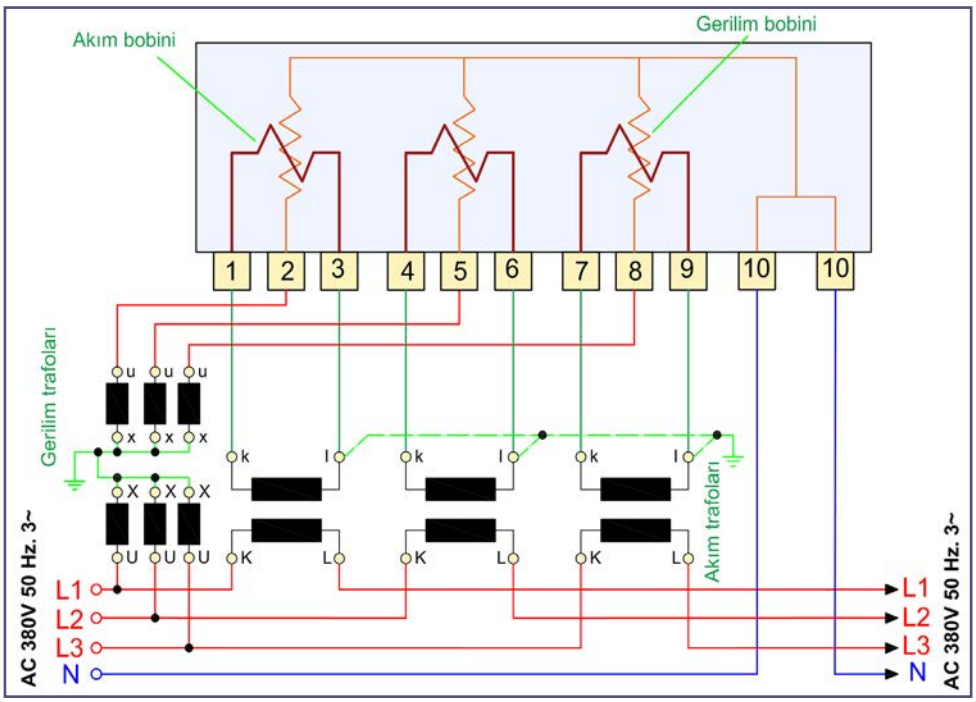
- 1 fazlı aktif enerji : **W = U . I . cosφ . t = P . t (W.h)**
- 3 fazlı aktif enerji : **W = √3. U . I . cosφ . t = √3 . P . t (W.h)**

3.1.2.6. Üç Fazlı Elektrik Sayacının Devreye Ölçü Trafoları İle Bağlantıları

Görsel 3.9'da üç fazlı elektrik sayacının akım ölçü trafosu ile devreye bağlantısı, Görsel 3.10'da üç fazlı elektrik sayacının akım ve gerilim ölçü trafosu ile devreye bağlantısı görülmektedir.

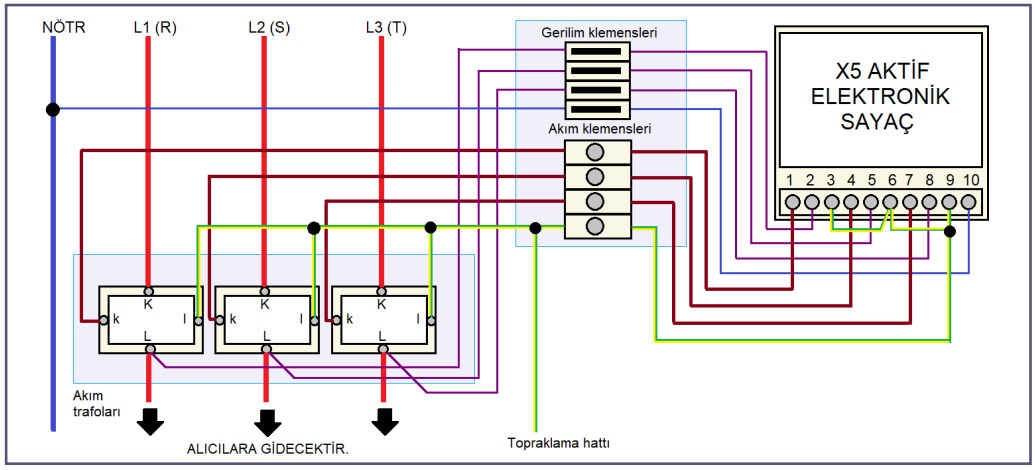


Görsel 3.9: Üç fazlı elektrik sayacının akım ölçü trafosu ile devreye bağlantısı



Görsel 3.10: Üç fazlı elektrik sayacının akım ve gerilim ölçü trafoları ile devreye bağlantısı

Görsel 3.11'de üç fazlı X5 elektronik aktif sayacının akım ölçü trafosu ile devreye bağlantısı görülmektedir.



Görsel 3.11: Üç fazlı X5 elektronik aktif sayacının akım ölçü trafosu ile devreye bağlantısı

3.1.3. Endeks Değerleri

Alıcıların tüketim miktarlarını elektrik sayaçları üzerindeki ekranda ölçtüğü belli ifadelere **endeks** denir. Bu değer, tüketilen enerji miktarını bulmada önemli bir ölçüt olarak dikkate alınır. Elektrik faturasının oluşturulmasında sayaç üzerindeki ilk endekse ve son endekse bakılır. Bir önceki faturada yer alan tüketim miktarına **ilk endeks**, güncel faturanın kesildiği andaki tüketim miktarına **son endeks** denir. İlk endeks ve son endeks arasındaki fark **tüketilen elektrik miktarını** gösterir. Bu değer, aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$W_E = W_{E\,(SON)} - W_{E\,(İLK)} \quad (kWh)$$

W_E : Elektrik sayacından ölçülen tüketilen elektrik miktarı (kWh)
$W_{E\,(SON)}$: Son endeks tüketim miktarı (kWh)
$W_{E\,(İLK)}$: İlk endeks tüketim miktarı (kWh)

ÇÖZÜM

Sayaç üzerinde okunan elektrik tüketim değeri 003032.320 (kWh) şeklindedir. Son elektrik faturası üzerindeki değer 002950.480 (kWh) olarak görülmüştür. Buna göre bu tesisin elektrik tüketimini hesaplayınız.

ÖRNEK

$W_E = W_{E\,(SON)} - W_{E\,(İLK)} = 3032{,}32 - 2950{,}48 = 81{,}84$ kWh = 81840 Wh

3.1.4. Elektrik Tarifeleri

Elektrik tüketimi faturalandırılırken üç tarife dikkate alınır:

Tek Zamanlı Tarife: Herhangi bir zaman aralığı gözetilmeden günün 24 saatinde tüketilen elektrik değerinin sabit değer üzerinden ücretlendirildiği elektrik tarifesine **tek zamanlı tarife** denir. Sayaçlarda "T" tarifesi ile gösterilir.

Çok (Üç) Zamanlı Tarife: Günün belirlenmiş üç farklı zaman diliminde tüketilen elektrik değerlerinin her biri için farklı fiyat tarifesinin uygulandığı elektrik tarifesine **çok (üç) zamanlı tarife** denir. Sayaçlarda "T1", "T2" ve "T3" tarifeleri ile gösterilir. "T4" ise yedek tarife olarak dikkate alınır.

Tablo 3.1'de tek ve çok zamanlı tarifelerin zaman aralıkları ve 2023 yılı elektrik fiyat tarifeleri (vergi ve fonlar hariç) görülmektedir.

Tablo 3.1: Tek ve Çok Zamanlı Tarifelerin Zaman Aralıkları ve Ücretlendirmeleri (2023)

Tarife	Abone Grubu	Tek Zamanlı Tarife (T kodu)	Çok (Üç) Zamanlı Tarife ve Kodları		
			Gündüz Dönemi (T1 kodu)	Puant Dönemi (T2 kodu)	Gece Dönemi (T3 kodu)
Saat aralığı	-	24 saat	06.00-17.00	17.00-22.00	22.00-06.00
Düşük kademe	Mesken	1,210388 TL	2,005109 TL	3,094456 TL	1,133962 TL
Yüksek kademe	Mesken	1,975193 TL			
	Ticarethane	3,27 TL	3,296126 TL	4,992428 TL	1,946445 TL

NOT

1 Ocak 2022 tarihinden itibaren kademeli elektrik tarifesi ile 240 kWh altında (E<240 kWh) elektrik tüketen abonelere **düşük birim fiyat**, bu değer ve üzerinde (E≥240 kWh) elektrik tüketen abonelere **yüksek birim fiyat** üzerinden ücretlendirme yapılmaktadır.

Ulusal tarifelerde elektrik fiyatları, Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından üç aylık dönemler itibarıyla belirlenir. Bu tarifeler, serbest tüketici limit değerinin aşıldığı ya da aşılmadığı durumlarda tedarikçisini seçme veya değiştirme hakkını kullanmayan tüm tüketiciler için geçerlidir. Tüketicilerin bağlantı durumuna, abone tipine ve sözleşme gücüne göre değişiklik gösterebilir. Bir elektrik faturasında şu kalemler yer alır:

- Aktif enerji bedeli
- Dağıtım bedeli
- Güç ve güç aşım bedelleri (çift terimli kullanıcılar için)
- Reaktif enerji bedeli (reaktif enerji tüketen kullanıcılar için)
- TRT ve BTV payı
- Enerji fonu
- KDV (%8)

Tablo 3.2: Elektrik Sayaç Şartnamesindeki Sayaçlarda Ortak Asgari Kodlamalar

Kod	Açıklaması	Kod	Açıklaması
0.0.0	Seri numarası	**96.70**	Gövde kapak açma tarihi
0.9.1	Sayaç saati	**1.8.1*1**	T1 tüketim ay başı değeri (kWh)
0.9.2	Sayaç tarihi	**1.8.1*2**	T2 tüketim ay başı değeri (kWh)
0.9.5	Haftanın günü	**1.8.1*3**	T3 tüketim ay başı değeri (kWh)
1.8.0	Kümülatif aktif enerji (import)	**1.8.1*4**	T4 tüketim ay başı değeri (kWh)
1.8.1	Toplam enerji-T1 (kWh)	**5.8.0**	Reaktif endüktif enerji tüketimi (kVARh)
1.8.2	Toplam enerji-T2 (kWh)	**8.8.0**	Reaktif kapasitif enerji tüketimi (kVARh)
1.8.3	Toplam enerji-T3 (kWh)	**5.8.0*1**	Reaktif endüktif ay başı değeri (kVARh)
1.8.4	Toplam enerji-T4 (kWh)	**8.8.0*1**	Reaktif kapasitif ay başı değeri (kVARh)
1.6.0	Maksimum aktif güç (kWh)	**0.1.0**	Demand sıfırlama sayısı
1.6.0*1	Önceki ay maksimum aktif güç	**0.1.2*1**	Son demand sıfırlama tarihi ve saatleri
96.71	Son klemens kapak açma tarihi		

İletim ve dağıtım şebekelerinin verimli kullanılabilmesi amacıyla sayaç altyapısının uygun olduğu tüketiciler, tüketici grupları, tüketim seviyeleri ya da bağlantı tipleri için farklı çok zamanlı tarifeler EPDK onayı ile uygulanabilir. Farklı çok zamanlı tarifelerin uygulanması durumunda, sayacı çok zamanlı ölçüme uygun olmayan tüketicilere tek zamanlı tarife uygulanır. EPDK tarafından elektrik piyasasında kullanılacak sayaçlar hakkında usul ve esasların belirtildiği elektrik sayacı şartnameleri düzenlenmiştir. Bu şartnamelerde sayaçlardaki ortak asgari kodlama yapısı belirtilmiştir. Bu kodlamalar Tablo 3.2'de gösterilmiştir. T1, T2, T3 endekslerinin dışında sayaçlarda T4, T5 endeks alanı bulunur. Bu alanlar aktif olarak kullanılmaz. Yeni bir zamana ait tüketim hesaplaması istendiğinde bu alanlar kullanılır.

ÖRNEK

Aylık toplam 180 kWh ve 320 kWh elektrik tüketimi yapan iki farklı mesken abonesinin düşük birim fiyat ve yüksek birim fiyat değerlerine göre fatura bedelleri kaç TL olur?

ÇÖZÜM

1. Mesken Abonesi: 180 kWh <240 kWh olduğundan düşük birim fiyat.
180 . 1,73 = **311,4 TL** (Bütün vergiler ve fonlar dâhil.)

2. Mesken Abonesi: 320 kWh >240 kWh olduğundan yüksek birim fiyat.
320 . 2,6 = **832 TL** (Bütün vergiler ve fonlar dâhil.)

ÖRNEK

Bir meskenin üç zamanlı tarifede tükettiği elektrik değerleri şunlardır:

- **Gündüz dönemi (T1)** : 200 kWh
- **Puant dönemi (T2)** : 280 kWh
- **Gece dönemi (T3)** : 140 kWh

Buna göre bu meskenin tükettiği elektriğin fatura bedeli kaç TL olur?

ÇÖZÜM

Toplamda 200 + 280 + 140 = 620 kWh aylık elektrik tüketilmiştir. Ancak üç zamanlı tarifede tüketilen elektrik değerleri saatler arasında değişiklik gösterir.

200 . 2,005109 = 401,02 TL (06.00-17.00 arası elektrik maliyeti)

280 . 3,094456 = 866,45 TL (17.00-22.00 arası elektrik maliyeti)

140 . 1,133962 = 158,75 TL (22.00-06.00 arası elektrik maliyeti)

Aktif kullanım bedeli (AE) = 401,02 + 866,45 + 158,75 = 1426,22 TL

Elektrik fatura bedeli = AE + dağıtım bedeli (tüketilen enerji . 0,3351 TL/kWh) + elektrik tüketim vergisi (AE. %5) + enerji fonu (AE. %0,7) + KDV (AE. %8)

Elektrik fatura bedeli = 1426,22 + 620 . 0,3351 + 1426,22 .0,05 + 1426,22 . 0,007 + 1426,22 . 0,08 = 1426,22 + 207,762 + 71,311 + 9,983 + 114,097 = **1829,374 TL**

NOT

4. öğrenme biriminde elektrik faturası ile ilgili detaylı hesaplamalar görülecektir.

Yeşil Tarife (YETA): 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 17. maddesinin 4. fıkrası kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi amacıyla EPDK tarafından belirlenen tarifedir. 01.06.2021 tarihi itibarıyla uygulamaya koyulmuştur. Bu tarife, ilgili tüketicinin yeşil tarifeyi seçmesi durumunda tarife tablolarında yer alan birim fiyatlar üzerinden uygulanır.

3.2. ENDEKS OKUMA YÖNTEMLERİ

Elektrik sayaçlarındaki endekslerin düzenli olarak okunması ve faturalandırılması gerekir. Bunun için sayaç okuma yöntemleri kullanılır. Sayaçların okunması için kullanılan en temel yöntem sayaç üzerini göz ile okumaktır. Hemen hemen bütün sayaçlarda manuel olarak gözle okumayı sağlayan gösterge mevcuttur.

Klasik sayaç okuma yöntemleri şunlardır:

- Manuel olarak gözle okuma
- El terminali ile okuma
- Optik port ile okuma

3.2.1. Manuel Olarak Göz İle Endeks Okuma

Endeks okuyucu tarafından ilk endeks ve son endeks değerleri göz ile okunup not edilir. Elektronik sayaçların yaygınlaşması ile birlikte bu yöntem yerini diğer endeks okuma yöntemlerine bırakmıştır.

Görsel 3.12'de göz ile endeks okuma işlemi görülmektedir.



Görsel 3.12: Göz ile endeks okuma işlemi

3.2.2. El Terminali ile Endeks Okuma

Endeks okuyucular yanlarında getirdikleri el terminalleri ile tüketilen endeksi okuma işlemini yapar. Görsel 3.13'te el terminali ile endeks okuma işlemi görülmektedir.



Görsel 3.13: El terminali ile endeks okuma

El terminali ile endeks okuma işlemi şu aşamaları kapsar:

- Endeks okunacak bölgenin abone bilgileri (abone numarası, sayaç numarası, eski endeks vb.) el terminaline yüklenir.
- Endeks okuma görevlisi el terminali ile bölgeye giderek abonelerin sayaçları üzerindeki endeksi okur. Bu sırada sayaç numarası ve abone numarası bilgilerini kontrol eder.
- Önceden programlanan el terminali ile hesaplamaları yapar. İhbarname veya faturayı oluşturur. Oluşturulan belge el terminaline bağlı yazıcıdan basılır ve abonenin adresine bırakılır.
- Okuma sırasında arıza, kaçak kullanım gibi bilgiler tespit edilip el terminaline kaydedilebilir.
- Endeks okuma görevlisi enerji dağıtım firmasına döndükten sonra el terminali ana sisteme bağlanarak toplanmış olan bilgiler ana sisteme aktarılır.

3.2.3. Optik Port ile Endeks Okuma

Elektronik sayaçlar üzerinde bulunan optik portlar kızılötesi alıcı ve vericiden oluşur. Optik port yardımı ile anlık ve geriye dönük bütün bilgiler kısa sürede bilgisayar ortamına aktarılır. Optik port ile endeks okumada optik okuyucular kullanılır. Optik okuyucular kablolu ve kablosuz olmak üzere iki çeşittir. Kablolu optik okuyucular bilgisayarların USB girişlerine takılır. Kablosuz optik okuyucular bluetooth üzerinden okuma yapar.

Optik port ile endeks okumada el terminalleri yerine cep telefonu ya da tabletler de kullanılabilir. Optik port, bluetooth üzerinden cep telefonu ya da tablete tanıtılır. Cep telefonuna ya da tablete sayaç okuma uygulamaları yüklenir. Optik port sayesinde veriler uygulama üzerinden okunur. Oluşturulan belge mobil yazıcıda basılır ve adrese teslim edilir.

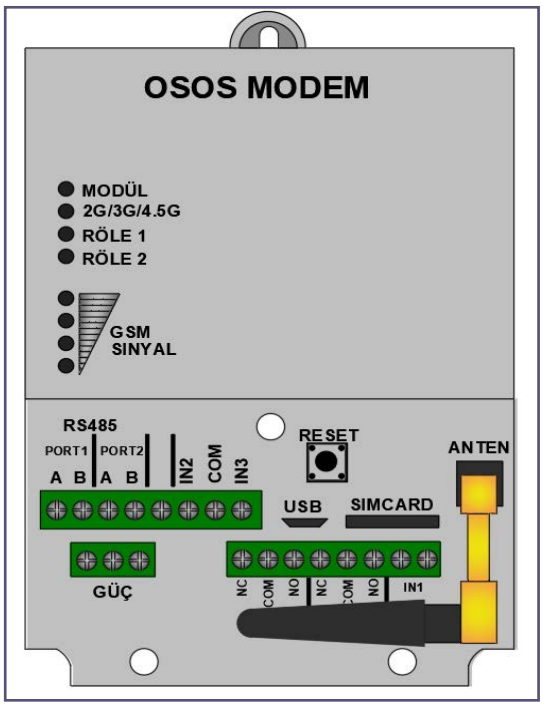
Optik port ile okuma aşağıdaki işlem sırası ile yapılır:

- Optik okuyucu sayaçtaki optik port bölümüne yerleştirilir.
- Optik okuyucu, bluetooth üzerinden el terminaline tanıtılır.
- El terminali üzerinden optik port seçilir, "çalıştır" tuşuna basılır.
- Optik port, sayaç üzerindeki bütün tüketim değerlerini okur.
- Oluşturulan belge el terminaline bağlı yazıcıdan basılır ve abonenin adresine bırakılır.

3.3. UZAKTAN ENDEKS OKUMA SİSTEMLERİ

Günümüzde kullanılan klasik sayaç okuma yöntemlerinde, endeks okuma görevlisi her ay aboneleri dolaşarak her sayacın son endeks değerini, abone numarasını ve tarife bilgilerini el terminaline girerek fatura kesme işlemini gerçekleştirmektedir. El terminal cihazının olmadığı durumlarda bu bilgiler merkezde toplanır, faturalandırılır ve abonelere gönderilir. Bu yöntemler ile yapılan sayaç okumanın aboneler ve dağıtım şirketi açısından zorlukları vardır. Bu zorluklar; insan kaynaklı hata riski, zaman kaybı, fatura kontrol gerekliliği, kaçak kullanımın tespitinin zor olması, oluşan arızaların yalnızca abone çağrı merkezleri arandığı zaman tespit edilebilmesi olarak sayılabilir.

Sayaç verilerinin otomatik olarak uzaktan okunduğu, merkezî bir sisteme aktarıldığı ve saklandığı, ilgili kişi ve kurumlar ile paylaşıldığı sistemlere **uzaktan sayaç okuma sistemleri** ya da **otomatik sayaç okuma sistemleri** (OSOS) denir. Bu sistemler klasik yöntemler ile sayaç okumada ortaya çıkan zorlukları ortadan kaldırmaya yardımcı olur. OSOS ile elektriğin yanı sıra su, doğal gaz ve merkezî ısıtma sisteminde kullanılan sayaçlar da okunabilir. Görsel 3.14'te OSOS modemin yapısı görülmektedir.



Görsel 3.14: OSOS modem

NOT

Otomatik sayaç okuma sistemlerinin kapsamına ve sayaç değerlerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esaslar EPDK tarafından oluşturulmuştur.

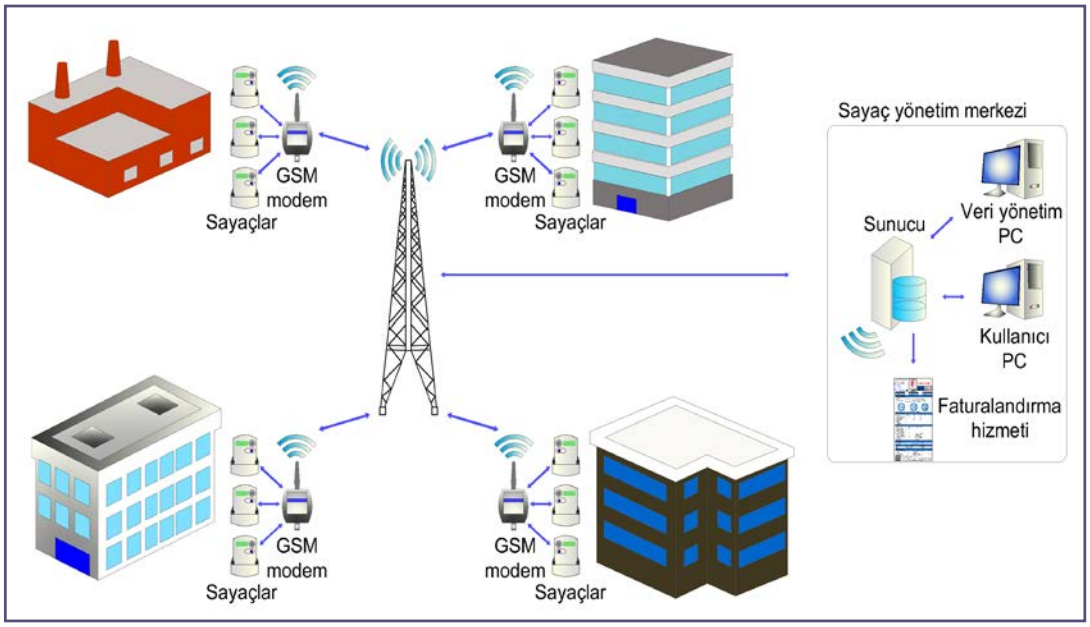
3.3.1. Uzaktan Sayaç Okuma Sisteminin Avantajları

- Zamandan tasarruf sağlar, yanlış okumaları önler ve okuma işlemi sırasında tüketiciler rahatsız edilmemiş olur.
- Aboneler sayaçtaki tüketim değerlerine ve diğer verilere kolay ve güvenli bir şekilde anlık olarak erişim sağlar.
- Faturalandırma işlemi güvenilir, hızlı, kolay ve hatasız şekilde yapılır.
- Denetim ve gerekli kontroller kolay yapılır.
- Hızlı bir şekilde haberleşme sağlar.
- Model ya da markadan bağımsız her türlü sayaç uzaktan okunur ve faturalandırılır.
- Kaçak kullanım ve sayaçtaki arıza durumu uzaktan tespit edilebilir.
- Sayaç okumada insan gücüne ihtiyaç duymadığı için okuma maliyetleri azalır.
- Sayaca yapılan yetkisiz müdahaleler hemen tespit edilebilir.
- Ulaşım ve hava koşulları gibi çevresel etkilerin sayaç okumayı engellemesini ortadan kaldırır.
- Daha önce okunan bilgiler veri tabanında depolanır. Bu verilere ait raporlar, analizler ve grafikler oluşturulur. Verilere ulaşan kullanıcılar enerji tasarrufu yapma konusunda bilinçlenir.
- SMS ve e-mail ile fatura bilgilendirmesi yapılır. İnternet sitesi üzerinden fatura ödenebilir.
- Kullanılan yazılımlar talepler doğrultusunda geliştirilebilir.
- GPRS, PLC, MBUS, RF, LORA, IoT, PSTN haberleşme protokollerinden biri tercih edilir. Bu nedenle kullanıcı, altyapısına ve bütçesine uygun tercihte bulunabilir.

3.3.2. Uzaktan Sayaç Okuma Sisteminin Yapısı

Uzaktan sayaç okuma sistemi üç temel bölümden oluşur (Görsel 3.15):

- İlk bölüm, sayaçlar ve sayaç okuyuculardır. Sayaçlar, sayaç okuyucular ile veri haberleşmesini sağlar. Sayaç okuyucular, sayaç üzerinden gelen sinyalleri haberleşme sistemlerine iletir. Haberleşme sistemlerinden gelen sinyalleri de sayaca aktarır.
- İkinci bölüm, haberleşme yöntemleridir. Haberleşmede uygulanan yöntemler, uzaktan sayaç okuma sistemindeki okuma yöntemlerini oluşturur.
- Üçüncü bölüm ise bilgilerin değerlendirildiği, depolandığı ve izlendiği ana merkezlerdir.



Görsel 3.15: Uzaktan sayaç okuma sisteminin yapısı

3.3.3. Uzaktan Sayaç Okuma Yöntemleri

Uzaktan sayaç okuma sistemlerinde kablolu iletişim, kablosuz iletişim ve hibrit (kablolu-kablosuz) iletişim modelleri kullanılır. Uzaktan sayaç okuma sistemlerinde aşağıdaki haberleşme protokolleri ve yöntemleri kullanılmaktadır:

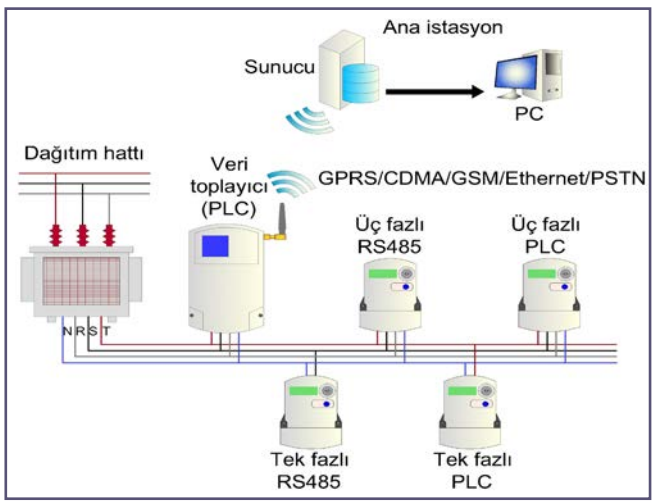
- GSM/GPRS ile uzaktan sayaç okuma
- M-BUS ile uzaktan sayaç okuma
- RF ile uzaktan sayaç okuma
- PLC ile uzaktan sayaç okuma
- LoRa ile uzaktan sayaç okuma
- RS232 / RS485 ile uzaktan sayaç okuma
- NB-IoT ile uzaktan sayaç okuma
- PSTN ile uzaktan sayaç okuma

3.3.3.1. GSM/GPRS ile Uzaktan Sayaç Okuma

Kablosuz iletişim sağlayan yöntemlerdendir. Sayaçların okunmasında yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. Bu sistemin kurulabilmesi için sayaçların haberleşme portu çıkışına sahip olması gerekir. Haberleşme portu çıkışından alınan veriler GSM şebekeleri aracılığı ile iletilir. M2M sim kartları ile çalışan bu modemler çok küçük datalar ile haberleşmeyi sağlar. Bu nedenle haberleşme maliyetleri düşüktür ve kullanım geliştirilebilir. GSM/GPRS modemler sayaç markasına bakılmaksızın tüm sayaçlardaki verileri okuyabilir. Ancak GSM/GPRS modemlerinin kullanıldığı kablosuz yöntemde GSM şebekesinin kapsama alanı problemleri oluşabilmektedir.

3.3.3.2. PLC ile Uzaktan Sayaç Okuma

Kablolu iletişim sağlayan yöntemlerdendir. PLC ile uzaktan okumada, düşük volt ile elektrik hatları üzerinden haberleşme sağlanarak veri iletimi gerçekleşir. Sayaç panolarının olduğu yere PLC panosu eklenir. PLC'deki haberleşme portuna göre sayaçlara haberleşme kabloları çekilir. Örneğin PLC'de RS485 haberleşme portu var ise tek haberleşme kablosuna 32 adet sayaç bağlanabilir. PLC ile uzaktan okumada sayaçların okunacağı yer bulunduğu binanın dışında ise GSM modemler kullanılır. PLC panosuna ve izlem noktasına GSM modemler yerleştirilir. Sistem bu modemler üzerinden haberleşerek okuma yapar. Bu yöntemin kurulumu ve bakımı kolaydır. Yöntem sayesinde, sayaçlar takıldığı andan itibaren izleme merkezi tarafından tanımlanabilir. Ek haberleşme ayarlarına gerek kalmaz. Genellikle alçak gerilim de PLC ile uzaktan okuma kullanılır. Görsel 3.16'da PLC ile uzaktan sayaç okuma işlemi görülmektedir.



Görsel 3.16: PLC ile uzaktan sayaç okuma

3.3.3.3. M-BUS ile Uzaktan Sayaç Okuma

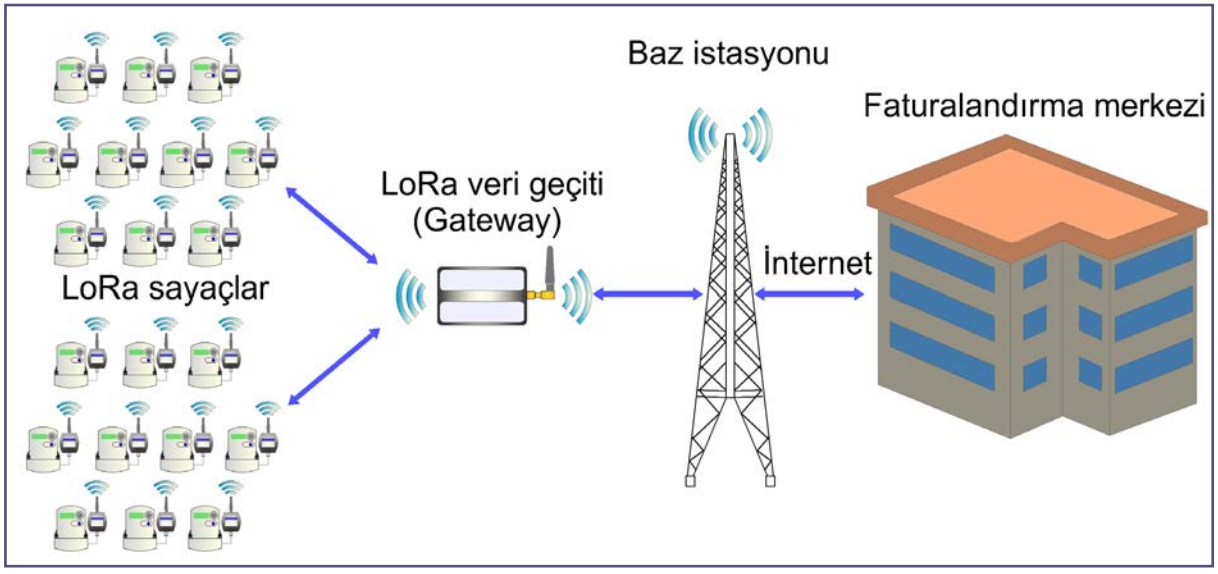
Hem kablolu hem de kablosuz iletişim sağlayan yöntemlerdendir. Uzaktan okuma için geliştirilmiş bir haberleşme protokolüdür. Sistemde M.bUS okuyucular kullanılır. Sayaçlardan gelen sinyal kabloları M.bUS okuyucunun çıkışına bağlanır. Bir M.bUS okuyucuya en fazla 250 adet sayaç bağlanabilir. Kablolama maliyeti düşük olduğu için apartmanlarda ve sitelerde kullanılır. Sayaçlardaki veriler internet üzerinden veya mobil uygulamalar üzerinden aboneler tarafından takip edilebilir.

3.3.3.4. RF ile Uzaktan Sayaç Okuma

Kablosuz iletişim sağlayan yöntemlerdendir. Şehirleşmenin çok olduğu yerlerde RF teknolojisi en çok kullanılan haberleşme protokollerindendir. Bir radyo vericisi sayaca bağlanır. Bu sayede sayaçtan alınan bilgiler ana bilgisayarın bulunduğu merkeze aktarılır. Ancak RF ile sayaç okuma yönteminde özellikle sinyal bozucu dış etkenler sorun oluşturabilir.

3.3.3.5. LoRa ile Uzaktan Sayaç Okuma

Lorawan kablosuz geniş alan ağı teknolojisidir. Veriler düşük güç tüketimi ile uzak mesafelere taşınır. LoRa uzun mesafe teknolojisi 5 km'lik uzaklığa kadar kullanılabilir. Bu sistemde kullanılan LoRa tabanlı sayaçlar LoRa ağları ve internet üzerinden bir merkezde toplanır (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: LoRa ile uzaktan sayaç okuma

3.3.3.6. RS232/RS485 ile Uzaktan Sayaç Okuma

Kablolu iletişim sağlayan yöntemlerdendir. RS232 haberleşme protokolünde her sayaca ayrı sayaç okuyucu bağlanmalıdır. Otomatik sayaç okuma sistemlerinde genellikle RS485 haberleşme protokolü tercih edilir. Bunun nedeni RS485 protokolünün RS232'ye göre daha uzak mesafelere bilgi taşıyabilmesi ve bir sayaç okuyucuya 32 adet sayacın bağlanabilmesidir.

3.3.3.7. NB-IoT ile Uzaktan Sayaç Okuma

Gelişen teknolojiler ile beraber IoT (nesnelerin interneti) kavramı ortaya çıkmıştır. IoT, cihazları (sayaçlar, cep telefonları vb.) birbirlerine veya internete bağlama teknolojisidir. NB-IoT ise IoT ile kullanılacak ağ yapısını belirtir. IoT teknolojisi fiber kablo, bakır kablo, wifi, LoRa, bluetooth, MBUS veya GSM bağlantı yapıları ile kolayca haberleşir.

3.3.3.8. PSTN ile Uzaktan Sayaç Okuma

Kablolu iletişim sağlayan yöntemlerdendir. PSTN teknolojisinde telekomünikasyon altyapısı kullanılır. Bu sistemde her sayaca ait PSTN modem ve her PSTN modem için birer telefon hattı kullanılır. Verileri izleme merkezi, kullanılan yazılım ile belli zamanlarda ilgili telefon numarasını arar ve bu şekilde sayaç okuma işlemini gerçekleştirir. Online bir sistem değildir. Bu nedenle bütün sayaçlar teker teker okunur. İşletme maliyetinin yüksekliği sistem için dezavantajdır.

UYGULAMA TEMRİNLERİ

Aşağıda 3. öğrenme birimi ile ilgili 5 farklı uygulama temrini detaylı olarak verilmiştir. Her bir temrini istenenler doğrultusunda işlem basamaklarına uygun ilerleyerek yapınız ve sonuçları değerlendiriniz. Temrinde öğrencinin grup olup olamayacağı öğretmen tarafından belirlenecektir. Aşağıda bu öğrenme birimindeki tüm uygulamaların listeleri verilmiştir.

1. UYGULAMA: Bir Fazlı Elektronik Kombi Sayaç Deneyi
2. UYGULAMA: Üç Fazlı Kombi Sayaç Deneyi
3. UYGULAMA: Kompanzasyonlu 3 Fazlı Kombi Sayaç Bağlantı Deneyi
4. UYGULAMA: OSOS Monofaze Sayaç Okuma Simülasyonu ve Uygulaması
5. UYGULAMA: Mikrodenetleyiciyle Enerjimetre Tasarımı ve Uygulaması

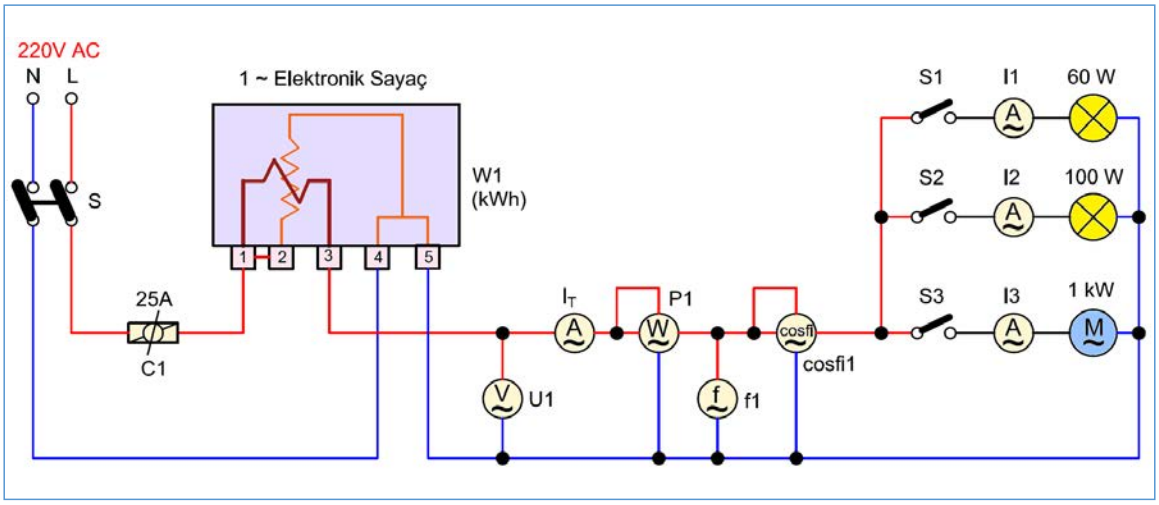
NOT

Mikrodenetleyici kodları, kopyalayıp yapıştırma yöntemi ile program editörüne aktarıldığında bazı hatalar ortaya çıkar. Kodlardaki tırnak (“) işaretleri aktarılmamış olur. Bu nedenle kopyalayıp yapıştırma işleminden sonra kodlardaki tırnak işaretleri kontrol edilip eklenmelidir.

1. UYGULAMA: BİR FAZLI ELEKTRONİK KOMBİ SAYAÇ DENEYİ

AMAÇ

Bir fazlı elektronik kombi sayaç deneyini yapmak ve enerji ölçümünü gerçekleştirmek.



Görsel 3.18: Bir fazlı elektronik kombi sayaç bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Bir fazlı sayaç	Elektronik kombi sayaç	1 adet
AC güç kaynağı	1~ 220 V 50 Hz.	1 adet
1 ~ AC motor	Bir fazlı, 1kW	1 adet
Lamba grubu (duylu)	60 W ve 100 W, akkor flamanlı	2 adet
Paket şalter	Bir fazlı nötr bağlantılı,10 A	1 adet
Paket şalter	Bir fazlı, açma kapama	3 adet
W otomat sigorta	C 25 A	1 adet
Kumanda kabloları	Jaklı kumanda kablosu veya 2,5 mm^2 NYAF	-
Deney seti	Kumanda panosu	1 adet
AC Ampermetre	Dijital özellikli	4 adet
AC Voltmetre	Dijital özellikli	1 adet
AC Wattmetre	Dijital özellikli, 1 kW ve üzeri	1 adet
Frekans metre	Dijital özellikli	1 adet
Kosinüsfimetre	Dijital özellikli	1 adet
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Devredeki elemanların sağlamlık kontrollerini multimetre ile yapınız.
2. Görsel 3.18'de verilen devreyi deney seti üzerinde kurunuz ve elemanlar arası kablo bağlantılarını gerçekleştiriniz.
3. Devredeki paket şalterleri ve sigortayı açık konuma alınız.
4. Bir fazlı elektronik sayacın okuma butonuna basınız, mevcut durumdaki endeks, akım ve gerilim değerlerini Tablo 3.3'e yazınız.

Tablo 3.3: 1 Fazlı Elektronik Sayacının İlk Endeks Değerleri

İlk Endeks Değeri (kWh)	Akım Değeri (A)	Gerilim Değeri (V)
.....	.....	.....

5. Devreye öğretmen kontrolünde enerji veriniz. S şalteri ile C1 sigortasını kapatınız. Bu durumda AC voltmetrede (U1) gerilim değerinin görüldüğünü gözlemleyiniz.
6. Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te verilen sıralamaya uygun olarak anahtarları verilen süre boyunca kapatınız. Süre içinde ölçü aletlerindeki değerleri Tablo 3.5'e yazınız. Süre tamamlandığı anda tüm anahtarları açarak sayaçta ölçülen değeri Tablo 3.4'e yazınız.
7. Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'teki sıralamaya uygun olarak tüm durumları bir önceki adıma uygun şekilde gerçekleştiriniz ve sonuçları tablolara yazınız.

Tablo 3.4: 1 Fazlı Elektronik Sayacın Ölçüm Tablosu

Çalışma Adımları	Çalışma Süresi (Dakika)	Paket Şalterlerin Durumları			Ölçülen Endeks Değerleri (kWh)
		S1	S2	S3	
1	3 dakika	Kapalı	Açık	Açık	.....
2	3 dakika	Açık	Kapalı	Açık	.....
3	3 dakika	Açık	Açık	Kapalı	.....
4	3 dakika	Kapalı	Kapalı	Açık	.....
5	3 dakika	Açık	Kapalı	Kapalı	.....
6	3 dakika	Kapalı	Kapalı	Kapalı	.....
Toplam	18 dakika	Açık			.....
	18 dakika sonunda ..... kWh'lik elektrik tüketimi ölçülmüştür.				

Tablo 3.5: Ölçüm Tablosu

Paket Şalterler			Cos φ1	P1 (Watt)	U1 (Volt)	f1 (Hz)	AC Ampermetreler				W1 (kWh)
S1	S2	S3					I_T (A)	I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	
Kapalı	Açık	Açık									
Açık	Kapalı	Açık									
Açık	Açık	Kapalı									
Kapalı	Kapalı	Açık									
Açık	Kapalı	Kapalı									
Kapalı	Kapalı	Kapalı									

8. Öğretmen kontrolünde devrenin enerjisini kesiniz ve devreyi uygun şekilde sökünüz.
9. Ölçümler sonunda elde edilen değerlere göre her yükün saniyelik, dakikalık ve saatlik enerji tüketimini **W = P . t = U . I . cos φ . t** formülünden yola çıkarak hesaplayıp sonuçları Tablo 3.6'ya yazınız. Ayrıca sayaç verileri ile ölçü aletlerinden ölçülen değerleri karşılaştırınız.

Tablo 3.6 : Yüklerin enerji tüketimlerinin hesaplama tablosu

Enerji Tüketimleri	Akkor Flamanlı Lamba		1 ~ AC Motor
	60 W	100 W	
Saatlik	.....	.....	.....
Dakikalık	.....	.....	.....
Saniyelik	.....	.....	.....

10. Ölçülen değerlerden yola çıkarak devreden çekilen reaktif güç (Q), görünür güç (S) ve reaktif enerji (W_r) tüketim değerlerini hesaplayıp sonuçları değerlendiriniz.

? SORULAR

1. Bir fazlı elektronik sayacın yapısını ve çalışmasını açıklayınız.
2. Elektrik sayaç çeşitlerini sıralayınız.
3. İki lamba grubu aynı anda 20 dakika boyunca çalıştırılsaydı toplamda ne kadar enerji tüketimi gerçekleştirirdi? Hesaplayınız.
4. 1 ~ AC motor, 2 saat boyunca çalıştırılsaydı toplamda ne kadar enerji tüketirdi?
5. Sistemin elektrik tüketiminin maliyetini hesaplayınız.

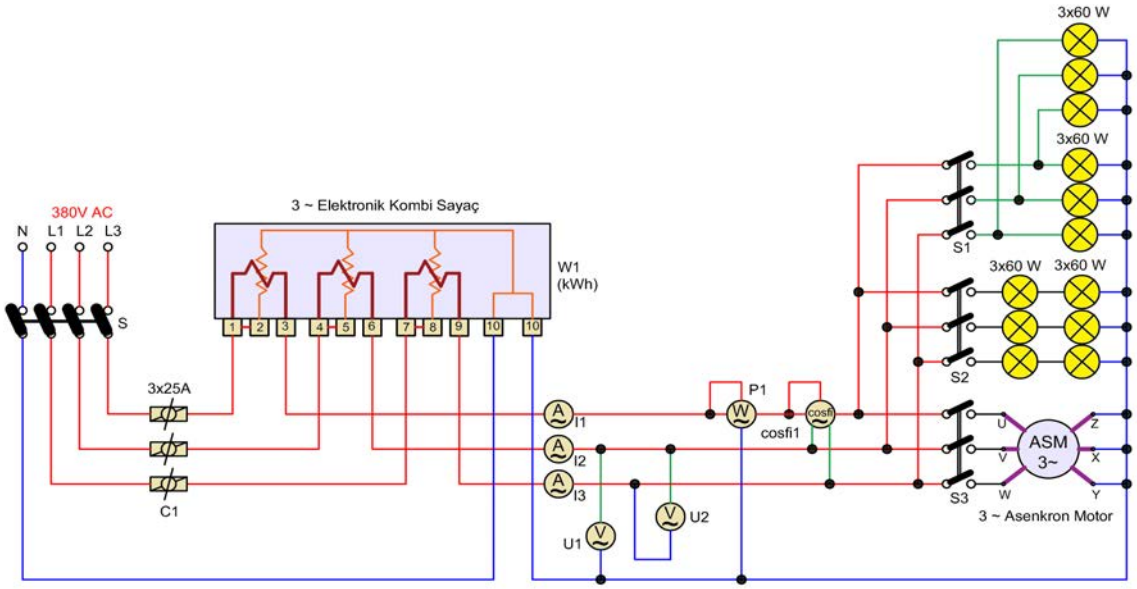
NOT: .....

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Malzemelerin sağlamlıkları kontrol edildi.	20	
Sınıfı:	2	Sayaç değerlerinin ilk endeksleri okundu.	20	
Numarası:	3	Devre kurularak çalıştırıldı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Ölçümler yapılarak tablolara yazıldı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Enerji ölçüm hesaplamaları yapıldı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

2. UYGULAMA: ÜÇ FAZLI KOMBİ SAYAÇ DENEYİ

AMAÇ

Üç fazlı elektronik kombi sayaç deneyini yapmak ve enerji ölçümlerini incelemek.



Görsel 3.19: Üç fazlı kombi sayaç bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Üç fazlı sayaç	Kombi sayaç	1 adet
AC güç kaynağı	3~ 380 V 50 Hz.	1 adet
3 ~ Asenkron motor	Üç fazlı, 3 kW ve üzeri	1 adet
60 W lamba	Akkor flamanlı, duylu	12 adet
Paket şalter	Üç fazlı, açma-kapama	3 adet
Paket şalter	Üç fazlı, nötr bağlantılı	1 adet
W otomat sigorta	C 3x25 A	1 adet
Kumanda kabloları	Jaklı kumanda kablosu veya 2,5 mm^2 NYAF	-
Deney seti	Kumanda panosu	1 adet
AC Ampermetre	Dijital özellikli	3 adet
AC Voltmetre	Dijital özellikli	2 adet
AC Wattmetre	Dijital özellikli, 1 veya 3 fazlı	1 adet
Kosinüsfimetre	Dijital özellikli, 3 fazlı	1 adet
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerine dikkat ederek devredeki elemanların sağlamlık kontrollerini multimetre ile yapınız.
2. Görsel 3.19'da verilen devreyi deney seti üzerinde kurunuz ve elemanlar arası kablo bağlantılarını gerçekleştiriniz.
3. Devredeki sigorta ve paket şalterleri açık konuma alınız.
4. Üç fazlı elektronik kombi sayacın okuma butonuna basınız, mevcut durumdaki endeks, akım ve gerilim değerlerini Tablo 3.7'ye yazınız.

Tablo 3.7: 3 Fazlı Elektronik Kombi Sayacının İlk Endeks Değerleri

İlk Endeks Değeri (kWh)	Akım Değeri (A)	Gerilim Değeri (V)
.....	.....	.....

5. Devreye öğretmen kontrolünde enerji veriniz, 3 fazlı S şalteri ile C1 sigortasını kapatınız. Bu durumda AC voltmetrelerde (U1, U2) gerilim değerlerinin görüldüğünü gözlemleyiniz. Ölçümleri Tablo 3.8'e yazınız. Ölçülen değerle belirlenen değeri karşılaştırınız.

Tablo 3.8: Voltmetre Ölçümleri

U1 (Volt)		100 W	
380 Volt	.....	$\frac{380}{\sqrt{3}}$ Volt = 220 Volt	.....

6. Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da verilen sıralamaya uygun olarak paket şalterleri verilen süre boyunca kapatınız. Süre içinde ölçü aletlerindeki değerleri Tablo 3.10'a yazınız. Süre tamamlandığı anda tüm paket şalterleri açarak sayaçtaki değeri Tablo 3.9'a yazınız.
7. Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'daki sıralamaya uygun olarak tüm durumları bir önceki adıma uygun şekilde gerçekleştiriniz ve sonuçlarını tablolara yazınız

Tablo 3.9: 3 Fazlı Kombi Sayacın Ölçüm Tablosu

Çalışma Adımları	Çalışma Aüresi (Dakika)	Paket Şalterlerin Durumları			Ölçülen Endeks Değerleri (kWh)
		S1	S2	S3	
1	3 dakika	Kapalı	Açık	Açık	.....
2	3 dakika	Açık	Kapalı	Açık	.....
3	3 dakika	Açık	Açık	Kapalı	.....
4	3 dakika	Kapalı	Kapalı	Açık	.....
5	3 dakika	Açık	Kapalı	Kapalı	.....
6	3 dakika	Kapalı	Kapalı	Kapalı	.....
Toplam	18 dakika	Açık			.....
	18 dakika sonunda ..... kWh'lik elektrik tüketimi ölçülmüştür.				

Tablo 3.10: Ölçüm Tablosu-1

Paket Şalterler			Cos φ1	P1 (Watt)	U1 (Volt)	U2 (Hz)	AC Ampermetreler			Kombi Sayaç
S1	S2	S3					I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	W1 (kWh)
Kapalı	Açık	Açık								
Açık	Kapalı	Açık								
Açık	Açık	Kapalı								
Kapalı	Kapalı	Açık								
Açık	Kapalı	Kapalı								
Kapalı	Kapalı	Kapalı								

8. Öğretmen kontrolünde devrenin enerjisini kesiniz.
9. Ölçümler sonunda elde edilen değerlere göre her yükün saniyelik, dakikalık ve saatlik enerji tüketimini $W = \sqrt{3} . U . I . \cos\varphi . t = \sqrt{3} . P . t$ formülünden yola çıkarak hesaplayınız ve sonuçlarını Tablo 3.11'e yazınız. Ayrıca sayaç verileri ile ölçü aletlerinden ölçülen değerleri karşılaştırınız. Sayaç butonuna basarak tüm değerleri not alınız.

Tablo 3.11: Yüklerin Enerji Tüketimlerinin Hesaplama Tablosu

Enerji Tüketimleri	Akkor Flamanlı Lamba		3 ~ AC Motor
	3x60 W (seri)	3x60 W (paralel)	
Saatlik	.....	.....	.....
Dakikalık	.....	.....	.....
Saniyelik	.....	.....	.....

10. Ölçülen değerlerden yola çıkarak devreden çekilen reaktif güç (Q) ve görünür güç (S) ile reaktif enerji (WR) tüketim değerlerini hesaplayınız ve sonuçları değerlendiriniz.
11. Devrede motor ve 2'li 3x60 W lamba grubunu paket şalter ile birlikte kaldırınız. Paralel bağlı olan 60 W lambaları da sökünüz ve 60 W lamba grubunu paket şaltere bağlı olarak bırakınız.
12. Devreyi öğretmen kontrolünde tekrar enerji vererek çalıştırınız.
13. S1 paket şalterini kapatınız ve üç dakika boyunca çalıştırınız. Süre içinde ölçü aletlerinde görülen değerleri okuyunuz. Süre başında ve sonunda paket şalteri açarak sayaç verilerini okuyunuz. Ölçülen değerleri Tablo 3.12'ye kaydediniz.

Tablo 3.12: Ölçüm Tablosu-2

Anahtar S1	Cos φ1	P1 (Watt)	U1 (Volt)	U2 (Volt)	AC Ampermetreler			Kombi Sayaç
					I1 (A)	I2 (A)	I3 (A)	W1 (kWh)
Açık								İlk endeks: .....
Kapalı								Ölçülen: .....
Açık	3 dakika sürenin tamamlanması							..... kWh

14. Devredeki enerjiyi kesiniz ve öğretmen kontrolünde devreyi sökerek malzemeleri teslim ediniz. Sayaç butonuna basarak tüm değerleri not alınız.
15. Elde edilen ölçüm değerlerine göre tekli seri 3x60 W, ikili seri 3x60 W ve ikili paralel 3x60 W lamba grubunun akım, gerilim, güç ve enerji tüketim ilişkilerini değerlendiriniz (Tablo 3.13).

Tablo 3.13: Lamba Grubu Ölçümleri

Ölçümler	3x60 W (tekil)	3x60 W (seri, ikili)	3x60 W (paralel, ikili)
Akım (A)			
Gerilim (V)			
Güç (W)			
Enerji (kW)			

16. Sistemin belirlenen süre sonunda harcadığı enerjiyi dikkate alarak fatura tutarını hesaplayınız.
17. Tüm ölçüm sonuçlarını detaylı olarak yorumlayınız.

SORULAR

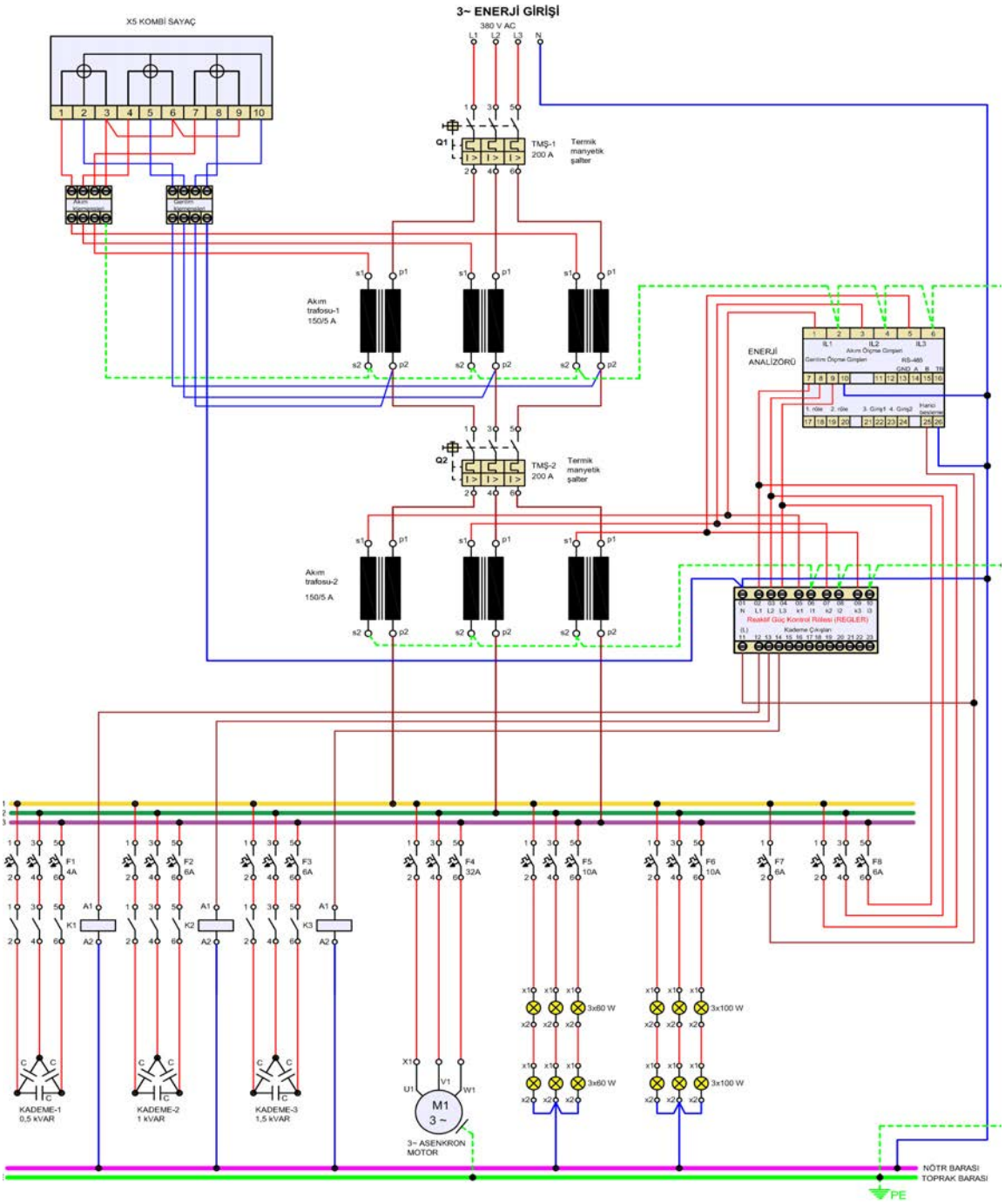
1. Üç fazlı kombi sayacın yapısını ve çalışmasını açıklayınız.
2. Devrede ölçü aletleriyle ölçülen değer ile sayaçtan ölçülen değerleri karşılaştırınız. Değerlerin doğruluğunu yorumlayınız.
3. Lambaları tekil, seri ve paralel bağlamanın devre akımına ve tüketilen enerjiye nasıl etki ettiğini gerekli hesaplamaları yaparak yorumlayınız.
4. Devrede S1 paket şalteri 20 dakika, S2 paket şalteri 30 dakika ve S3 paket şalteri 45 dakika boyunca kapalı kalmakta ve yükler bu sürelerde çalışmaktadır. Buna göre devrede tüketilen enerji ve bunun sonunda oluşan enerji maliyeti ne olur? Hesaplayınız.
5. Devrede tüketilen enerjinin 25 kWh olması için S2 paket şalterinin ne kadar süre kapalı kalması gerekir?
6. Devrede tüketilen enerjinin 50 kWh olması için motor ne kadar süre çalışmalıdır?
7. Bir elektrik faturasının 900 TL olabilmesi için tüm yükler maksimum ne kadar çalışmalıdır?
8. Devrede yüklerin çıkış kısmına nötr hattı yerine topraklama hattı bağlanırsa devrede herhangi bir ölçüm ve hesaplama değişir mi? Neden?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Malzemelerin sağlamlıklarını kontrol etti.	20	
Sınıfı:	2	Sayaç değerlerinin ilk endekslerini okudu.	20	
Numarası:	3	Devreyi kurdu ve çalıştırdı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Ölçümleri yaptı ve tablolara yazdı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Enerji ölçüm hesaplamaları yaptı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

3. UYGULAMA: KOMPANZASYONLU ÜÇ FAZLI KOMBİ SAYAÇ BAĞLANTI DENEYİ

AMAÇ

Kompanzasyonlu üç fazlı kombi sayaç deneyini yapmak, enerji ölçümlerini gerçekleştirmek ve kompanzasyonun reaktif enerjiye etkilerini değerlendirmek.



Görsel 3.20: Kompanzasyonlu üç fazlı elektrik kombi sayaç bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Kumanda panosu	Uygun ölçülerde	1 adet
Akım trafosu	100/5 A	6 adet
X5 kombi sayaç	Üç fazlı	1 adet
Sayaç klemensleri	Ray tipi sayaç akım ve sayaç gerilim klemensi	2 adet
Enerji analizörü		1 adet
Reaktif güç kontrol rölesi	En az üç kademeli	1 adet
Termik manyetik şalter	100 A	2 adet
W otomat sigorta (1 fazlı)	6 A (B tipi)	1 adet
W otomat sigorta (3 fazlı)	3x4 A, 3x6 A, 3x10 A, 3x32 A (C tipi)	7 adet
Kontaktör	Güç kontaktörü veya kompanzasyon kontaktörü	3 adet
Güç kondansatörleri	0,5 – 1,0 – 1,5 kVAR (Δ)	3 adet
AC güç kaynağı	3~ 380 V 50 Hz.	1 adet
3 ~ Asenkron motor	3 kW ve üzeri	1 adet
60 W lamba	Akkor flamanlı lamba, duylu	6 adet
100 W lamba	Akkor flamanlı lamba, duylu	6 adet
Kumanda kabloları	NYAF veya NYA kablolar, 1,5-2,5-4,0 mm^2	-
Montaj elemanları	Bara, somun, cıvata, vida, kanal, ray vb.	-
El aletleri	Yankeski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Devre elemanlarının sağlamlık kontrollerini yapınız.
2. Kumanda panosuna kanal, ray, bara, kapak vb. temel parçaları yerleştiriniz.
3. Ray ve kapaklar üzerine tüm elemanları uygun şekilde yerleştiriniz (Görsel 3.20).
4. Bağlantılarda kullanılacak kabloları uygun ölçülerde kesiniz ve her kablonun ucuna pabuç takınız.
5. Görsel 3.20'de verilen devreye göre devre bağlantılarını uygun kablolar ile yapınız. Sayaç ile akım trafoları arasında 4 mm^2 kablo kullanınız.
6. Elemanlar ile baralar arasında kablo bağlantılarını yapınız.
7. Bağlantı noktalarının sağlamlığını ve uygun torkta sıkıldığını kontrol ediniz.
8. Devredeki sigorta ve şalterlerin açık konumda olduğunu kontrol ediniz.

9. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
10. Q1 ve Q2 termik şalterlerini, F7 ve F8 sigortalarını kapatınız.
11. Üç fazlı elektronik kombi sayacın okuma butonuna basınız ve mevcut durumdaki endeks, akım ve gerilim değerlerini Tablo 3.14'e yazınız.

Tablo 3.14: 3 Fazlı Kombi Sayacının İlk Endeks Değerleri

İlk Endeks Değeri (kWh)	Akım Değeri (A)	Gerilim Değeri (V)
.....	.....	.....

12. Reaktif güç kontrol rölesini kontrol ediniz. Kondansatörlerin kademe değerlerini ve akım trafosu değerini reaktif güç kontrol rölesine giriniz. Kondansatörlerin devreye girmemesi için F8, F1, F2, F3 sigortalarını açınız.
13. F5 sigortasını kapatınız. 3 dakika boyunca lambaların yanmasını gözlemleyiniz ve bu süre sonunda sigortayı açınız. Sayaç ve enerji analizöründeki değerleri not alınız.
14. F6 sigortasını kapatınız. 3 dakika boyunca lambaların yanmasını gözlemleyiniz ve bu süre sonunda sigortayı açınız. Sayaç ve enerji analizöründeki değerleri not alınız.
15. F4 sigortasını kapatınız. 3 dakika boyunca motorun çalışmasını gözlemleyiniz ve bu süre sonunda sigortayı açınız. Sayaç ve enerji analizöründeki değerleri not alınız.
16. F5 ve F6 sigortalarını kapatınız. 3 dakika boyunca lambaların yanmasını gözlemleyiniz ve bu süre sonunda sigortaları açınız. Sayaç ve enerji analizöründeki değerleri not alınız.
17. F4, F5 ve F6 sigortalarını kapatınız. 3 dakika boyunca lambaların yanmasını ve motorun çalışmasını gözlemleyiniz ve bu süre sonunda sigortaları açınız. Sayaç ve enerji analizöründeki değerleri not alınız.
18. Reaktif güç kontrol rölesini kontrol ediniz ve kondansatörlerin devreye girmesi için gerekli ayarları yapınız. F8, F1, F2 ve F3 sigortalarını kapatınız.
19. F4, F5 ve F6 sigortalarını kapatınız. 2 dakikalık sürelerde her bir kondansatör grubunun devreye girip çıkmasını dikkate alarak enerji ölçümlerini yapınız.
20. Yük ve kondansatörlerin sigortalarını (F1-F6) süre sonunda açınız. Sayaç ve enerji analizördeki verileri not alınız.
21. Enerjiyi kesiniz ve devreyi sökerek öğretmeninize teslim ediniz.
22. Her çalışma durumunda sayaçtaki tüm verileri tablo şeklinde kondansatörsüz ve kondansatörlü olarak oluşturunuz.
23. Her çalışma durumunda enerji analizöründeki tüm verileri tablo şeklinde kondansatörsüz ve kondansatörlü olarak oluşturunuz. Ayrıca harmonik durumu oluşmuşsa bu verileri grafikleştiriniz.
24. Ölçümlerin sonucunu dikkate alarak her yük grubu için güç grafikleri çiziniz, güç ve enerji hesaplarını aktif, reaktif ve kapasitif olarak yapınız.
25. Kondansatörlerin devreye girmesi ile oluşan reaktif enerjideki azalmaları yorumlayınız.
26. Tüm ölçüm sonuçlarını detaylı olarak yorumlayınız.
27. Sistemin harcadığı enerjiyi dikkate alarak fatura hesabını reaktif enerjinin olup olmama durumlarına göre yapınız.

SORULAR

1. Devrenin çalışmasını açıklayınız.
2. Enerji analizörünün görevi nedir?
3. Enerji analizörü ile sayaç arasındaki temel farklar nelerdir?
4. Kondansatörler reaktif enerjiyi ne kadar azaltabilmiştir? Bu durum maliyete ne oranda etkietmiştir?
5. Devredeki tüm yüklerin ürettiği reaktif enerjiyi yok etmek için ne kadarlık bir kondansatör kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır?
6. Sistemdeki güç katsayısı değişimini yorumlayınız.
7. Devrede 1 kVAR kondansatör ile asenkron motor birlikte 20 dakika boyunca çalıştığında ve 15 dakika boyunca motor yalnız olarak çalıştığında gerçekleşen aktif ve reaktif enerji tüketimlerini ayrı ayrı hesaplayınız.
8. Çalışma sürelerini dikkate alarak sistemin endüktif ve kapasitif güç açılarından cezada olup olmadığını değerlendiriniz.

NOT: .....

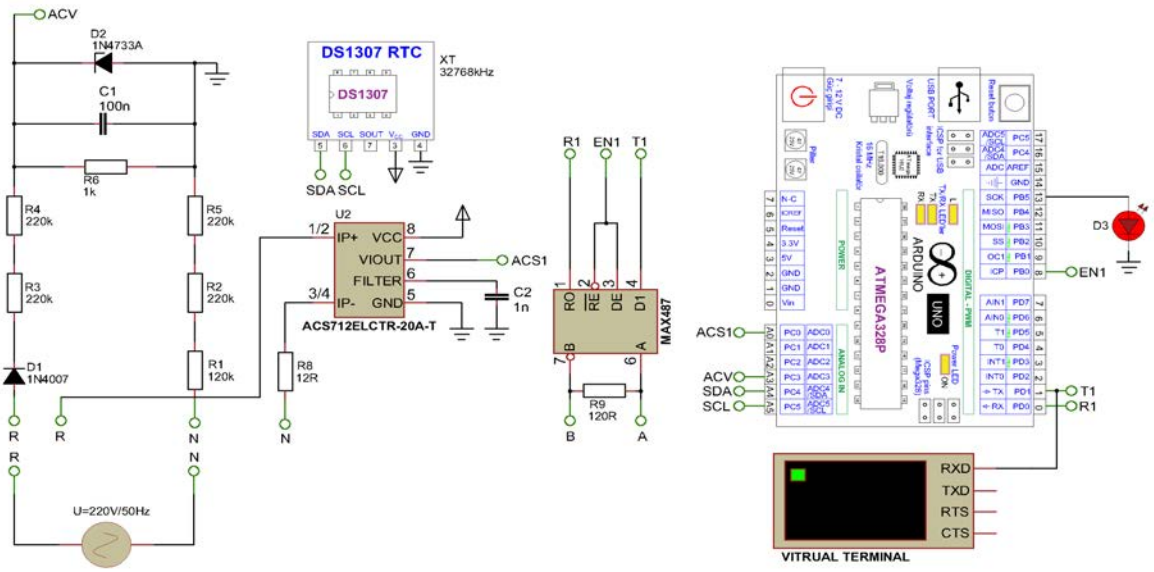
ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Malzemelerin sağlamlıklarını kontrol etti.	20	
Sınıfı:	2	Sayaç değerlerinin ilk endekslerini okudu.	20	
Numarası:	3	Devreyi kurdu ve çalıştırdı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Ölçümleri yaptı ve tablolara yazdı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Enerji ölçüm hesaplamaları yaptı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

4. UYGULAMA: OSOS MONOFAZE SAYAÇ OKUMA SİMÜLASYONU VE UYGULAMASI

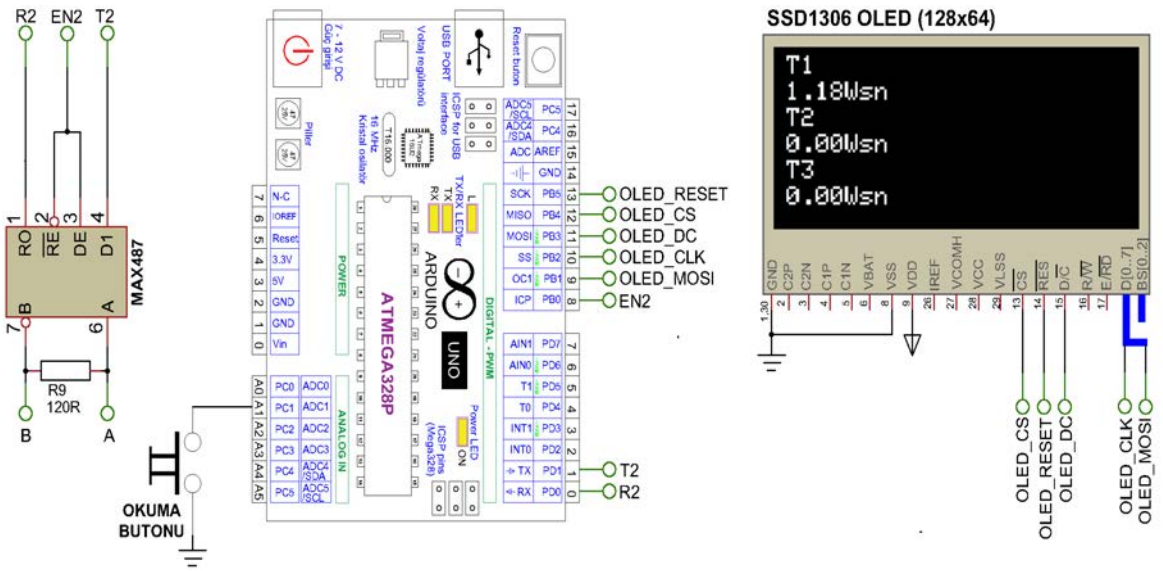
AMAÇ

OSOS sistem yazılımı yazmak ve test etmek. Mikrodenetleyici ile monofaze sayaç ve modem modelleme tasarımı yapmak. Yük üzerinde tüketilen enerji miktarını puant olarak hesaplayıp ekranda göstermek.

ARDUINO UNO kullanılarak tasarlanan OSOS monofaze sayaç okuma devrelerinin simülasyon çizimleri Görsel 3.21 ve 3.22'de görülmektedir.



Görsel 3.21: Monofaze sayaç modellemesi



Görsel 3.22: OSOS modem modellemesi

Elemanlar	SSD1306 OLED, 1N4007, 1N4733A, ACS712ELCTR-20A-T, ALTERNATOR, DS1307, CERAMIC1N, DISC100N50V, MINRES12R, MINRES120R, MINRES1K, MINRES120K, MINRES220K, BUTTON, VIRTUAL TERMINAL
Mikrodenetleyici	ARDUINO UNO
Güç kaynağı	GROUND, INPUT, POWER, DEFAULT

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Breadboard	Yeterli genişlikte	1-2 adet
Simülasyon yazılımı	Elektronik devre simülasyonu	1 adet
ARDUINO UNO	Mikrodenetleyici kart	2 adet
DS1307 RTC	RTC zamanlayıcı kart modülü	1 adet
ACS712ELCTR-20A-T		1 adet
MAX487		2 adet
SSD1306 OLED	128x64 ölçüsünde OLED ekran	1 adet
Buton		1 adet
1N4733A	Zener diyot	1 adet
1N4007 diyot		1 adet
1 nF kondansatör		1 adet
100 nF kondansatör		1 adet
12 Ω direnç		1 adet
120 Ω direnç		2 adet
1 kΩ direnç		1 adet
120 kΩ direnç		1 adet
220 kΩ direnç		4 adet
Kırmızı LED diyot		1 adet
Kumanda kabloları		Yeteri kadar
Zil teli		Yeteri kadar
Bağlantı kablosu		1 adet
AC güç kaynağı	220 V, 50 Hz.	1 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, kargaburnu, falçata vb.	-

Tablo 3.15'te monofaze sayaç modellemesine ait ARDUINO UNO kartının kod yazılımları görülmektedir.

NOT

Program PDF dosyadan kopyalanıp ARDUINO IDE programına aktarıldığında çift tırnak sembolleri ARDUINO IDE programında farklı formatta olabilir. Bu durumda çift tırnak işareti silinip ARDUINO IDE programında tekrar yazılmalıdır.

Tablo 3.15: Monofaze Sayaç Modellemesi Kodları

No.	Kodlar
1	//kütüphaneler ve tanımlamalar
2	#include <Time.h>
3	#include <DS1307RTC.h>
4	#include “ACS712.h”
5	#include <Wire.h>
6	ACS712 sensor(ACS712_20A, A0);
7	//değişkenler
8	#define RS485trx 8
9	String okunan, gonder;
10	String t1kod=”1.8.1*1”, t2kod=”1.8.1*2”,t3kod=”1.8.1*3”, veri=””;
11	float t1veri=0,t2veri=0,t3veri=0;
12	bool guc_oku=true;
13	float IAC = 0, VOL=0, IOL=0, guc;
14	tmElements_t sr;
15	//alt programlar
16	uint16_t get_max() {
17	uint16_t max_v = 0;
18	for(uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
19	uint16_t r = analogRead(A3);
20	if(max_v < r) max_v = r;
21	delayMicroseconds(200);
22	}
23	return max_v;
24	}
25	void setupTimer1() {
26	noInterrupts();
27	TCCR1A = 0;
28	TCCR1B = 0;
29	TCNT1 = 0;
30	OCR1A = 15624;
31	TCCR1B |= (1 << WGM12);
32	TCCR1B |= (1 << CS12) | (1 << CS10);
33	TIMSK1 |= (1 << OCIE1A);
34	interrupts();
35	}
36	ISR(TIMER1_COMPA_vect) {
37	noInterrupts();
38	digitalWrite(13, !digitalRead(13));
39	guc_oku=true;
40	interrupts();
41	}
42	void t1gonder(){
43	veri=String(t1veri);
44	gonder.concat(t1kod);
45	gonder.concat(“ “);
46	gonder.concat(veri);
47	digitalWrite(RS485trx, HIGH);
48	Serial.println(gonder);
49	Serial.flush();
50	digitalWrite(RS485trx, LOW);
51	gonder=””;
52	}
53	void t2gonder(){
54	veri=String(t2veri);
55	gonder.concat(t2kod);
56	gonder.concat(“ “);
57	gonder.concat(veri);
58	digitalWrite(RS485trx, HIGH);
59	Serial.println(gonder);
60	Serial.flush();
61	digitalWrite(RS485trx, LOW);

```
 gonder="";
}
void t3gonder(){
   veri=String(t3veri);
   gonder.concat(t3kod);
   gonder.concat(" ");
   gonder.concat(veri);
   digitalWrite(RS485trx, HIGH);
   Serial.println(gonder);
   Serial.flush();
   digitalWrite(RS485trx, LOW);
   gonder="";
}
//genel ayarlar
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(13,OUTPUT);
  pinMode(RS485trx, OUTPUT);
  digitalWrite(RS485trx, LOW);
  setupTimer1();
}
//ana program
void loop() {
  if(guc_oku)
  {
    guc_oku=false;
    char buf[10]; //AC gerilim ölçülüyor
    uint32_t vac = get_max();
    vac /= sqrt(2);
    vac*=5;
    IAC = sensor.getCurrentAC();//AC yük akımı ölçülüyor
    guc=(vac*IAC)/3600; //AC güç ölçülüyor
    RTC.read(sr);
    if (sr.Hour>=6 && sr.Hour<17)
       {
       t1veri=t1veri+guc;
       t1gonder();
       }
     if (sr.Hour>=17 && sr.Hour<22)
       {
       t2veri=t2veri+guc;
       t2gonder();
       }
       if (sr.Hour>=22 || sr.Hour<6)
       {
       t3veri=t3veri+guc;
       t3gonder();
       }
       digitalWrite(13, LOW);
       }
   if (Serial.available() > 0) {
    okunan = Serial.readStringUntil('\n');
    if (okunan.substring(0,7) == "1.8.1*1") {
      t1gonder();
      }
       if (okunan.substring(0,7) == "1.8.1*2") {
       t2gonder();
      }
       if (okunan.substring(0,7) == "1.8.1*3") {
       t3gonder();
 }
 }
 }
```

Tablo 3.16'da OSOS modem modellemesine ait ARDUINO UNO kartının kod yazılımları görülmektedir.

Tablo 3.16: OSOS modem modellemesi kodları

No.	Kodlar

```
1  //kütüphaneler ve tanımlamalar
2  #include <SPI.h>
3  #include <Wire.h>
4  #include <Adafruit_GFX.h>
5  #include <Adafruit_SSD1306.h>
6  //değişkenler
7  #define SCREEN_WIDTH 128
8  #define SCREEN_HEIGHT 64
9  #define OLED_MOSI   9
10 #define OLED_CLK   10
11 #define OLED_DC    11
12 #define OLED_CS    12
13 #define OLED_RESET 13
14 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT,
15   OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_DC, OLED_RESET, OLED_CS);
16 #define RS485trx    8
17 String okunan;
18 String t1kod="1.8.1*1", t2kod="1.8.1*2", t3kod="1.8.1*3",veri;
19 float yaz_T1, yaz_T2, yaz_T3;
20 const int istek_but = A1;
21 //genel ayarlar
22 void setup() {
23   Serial.begin(9600);
24   pinMode(istek_but, INPUT_PULLUP);
25   pinMode(RS485trx, OUTPUT);
26   digitalWrite(RS485trx, LOW);
27   display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
28   display.display();
29   delay(100);
30   display.clearDisplay();
31   display.display();
32   display.setTextColor(WHITE);
33  }
34 //ana program
35 void loop() {
36   if(!digitalRead(istek_but)){
37         digitalWrite(RS485trx, HIGH);
38         Serial.println(t1kod);
39         Serial.flush();
40         digitalWrite(RS485trx, LOW);
41        while(!digitalRead(istek_but));
42      }
43  if (Serial.available() > 0) {
44     okunan = Serial.readStringUntil('\n');
45      if (okunan.substring(0,7) == "1.8.1*1") {
46        veri = okunan.substring(8, 16);
47        yaz_T1 = veri.toFloat();
48        okunan="";
49        veri="";
50        digitalWrite(RS485trx, HIGH);
51        Serial.println(t2kod);
52        Serial.flush();
53        digitalWrite(RS485trx, LOW);
54       }
55  if (okunan.substring(0,7) == "1.8.1*2") {
56        veri = okunan.substring(8, 16);
57        yaz_T2 = veri.toFloat();
```

```
58          okunan="";
59          veri="";
60          digitalWrite(RS485trx, HIGH);
61          Serial.println(t3kod);
62          Serial.flush();
63          digitalWrite(RS485trx, LOW);
64        }
65      if (okunan.substring(0,7) == "1.8.1*3") {
66          veri = okunan.substring(8, 16);
67          yaz_T3 = veri.toFloat();
68          okunan="";
69          veri="";
70          display.clearDisplay();
71          display.setCursor(0, 0);
72          display.setTextSize(1);
73          display.print("T1");
74          display.setCursor(0, 10);
75          display.print(yaz_T1);
76          display.print("Wsn");
77          display.setCursor(0, 20);
78          display.setTextSize(1);
79          display.print("T2");
80          display.setCursor(0, 30);
81          display.print(yaz_T2);
82          display.print("Wsn");
83          display.setCursor(0, 40);
84          display.setTextSize(1);
85          display.print("T3");
86          display.setCursor(0, 50);
87          display.print(yaz_T3);
88          display.print("Wsn");
89          display.display();
90        }
91      }
92    }
```

DEVRENİN ÇALIŞMASI

Devredeki monofaze sayaç modellemesine 220 V/50 Hz. şebeke gerilimi uygulanmaktadır. R8 yük direnci şebekeye bağlı yükü temsil eder. Her saniyede bir R8 yük üzerinden geçen akım ve şebeke voltajı ölçülerek harcanan enerji miktarı hesaplanır. DS1307 entegresinden sistem saati okunur. Saat 06.00-17.00 arasında hesaplanan enerji T1 puanta, saat 17.00-22.00 arasında hesaplanan enerji T2 puanta, saat 22.00-06.00 arasında hesaplanan enerji T3 puanta yazılır. T1, T2, T3 puant değerleri RS485 haberleşme entegresi (A ve B konektörü) üzerinden OSOS modem modellemesine gönderilir.

OSOS modem "1.8.1*1" başlığıyla gelen veriyi T1, "1.8.1*2" başlığıyla gelen veriyi T2, "1.8.1*3" başlığıyla gelen veriyi T3 puant olarak alır ve OLED ekranda görüntüler. "OKUMA BUTONU"na basılırsa OSOS modem monofaze sayaca "1.8.1*1" başlık bilgisini göndererek sayaçtan T1, T2 ve T3 puant değerlerini ister. Butona basılmasa da sayaç tarafından OSOS modemdeki bilgiler saniyede bir yenilenir.

Tablo 3.17: Puant Tablosu

Süre	Ölçülen Puant						Hesaplanan Puant		
	Devre simülasyonu			Devre uygulaması					
1. saniye	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
2. saniye									
3. saniye									
4. saniye									
5. saniye									
6. saniye									
7. saniye									
8. saniye									
9. saniye									
10. saniye									

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Bilgisayarlı çizim programında monofaze sayaç modellemesini çizip terminal etiketlerini veriniz (Görsel 3.21). Alternatör gerilimini 311 Vpp 50 Hz. olarak, DS1307 entegresi frekansını 32768 kHz olarak ayarlayınız.
2. OSOS modem modellemesini çizip terminal etiketlerini veriniz (Görsel 3.22).
3. Tablo 3.15'te verilen monofaze sayaç yazılım kodlarını ARDUINO IDE programında yazınız. Yazdığınız programı derleyip **SAYAC.HEX** dosyasını elde ediniz.
4. Monofaze sayaç modeli devresindeki ARDUINO UNO'ya **SAYAC.HEX** dosyasını yükleyiniz.
5. Tablo 3.16'da OSOS modem yazılım kodlarını ARDUINO IDE programında yazınız. Yazdığınız programı derleyip **MODEM.HEX** dosyasını elde ediniz.
6. OSOS modem modeli devresindeki ARDUINO UNO'ya **MODEM.HEX** dosyasını yükleyiniz..
7. Simülasyonu başlatınız.
8. Saniyede bir OLED ekranda değişen puant değerlerini gözlemleyip Tablo 3.17'de ölçülen puant kısmını doldurunuz.
9. Simülasyonu durdurunuz ve çalışmayı **OSOS.DSN** olarak kaydediniz.
10. Her iki devreyi breadboard üzerinde kurunuz ve öğretmen kontrolünde çalıştırlnız.
11. Saniyede bir OLED ekranda değişen puant değerlerini gözlemleyip Tablo 3.17'de ölçülen puant kısmını doldurunuz.
12. Aşağıdaki verilen enerji formüllerini kullanarak her saniye tüketilen enerji miktarı nı hesaplayıp Tablo 3.17'de verilen puant kısımlarına doldurunuz.

$$E_{sn} = \frac{U \cdot I}{3600} \left((Watt) / saniye \right)$$

$$E_{toplam} = E_{toplam} + E_{sn} \left((Watt) / saniye \right)$$

NOT

E_{toplam} ilk başta sıfırdır. Birinci saniyede "$E_{toplam} = 0 + E_{sn}$" olur. İkinci saniyede "$E_{toplam} = E_{toplam} + E_{sn}$" olarak toplanarak devam eder. Her saniyede hesaplanan enerji tüketimi bir önceki toplamın üzerine eklenir.

SORULAR

1. Verilen devre şemasını CAD çizim veya elektronik devre çizim yazılımında tasarlayınız.
2. Ölçülen enerji değeri ile hesaplanan enerji değerleri arasında fark varsa bu farkın nedenlerini sınıfta tartışınız.
3. Uygulamada yalnızca T1 puant değerinin görülmesinin sebebi nedir? Açıklayınız.
4. T2 veya T3 puantların ölçülmesi için programda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Açıklayınız.
5. Yük direnci artırılırsa tüketilen enerji miktarında nasıl bir değişiklik olur? Açıklayınız.

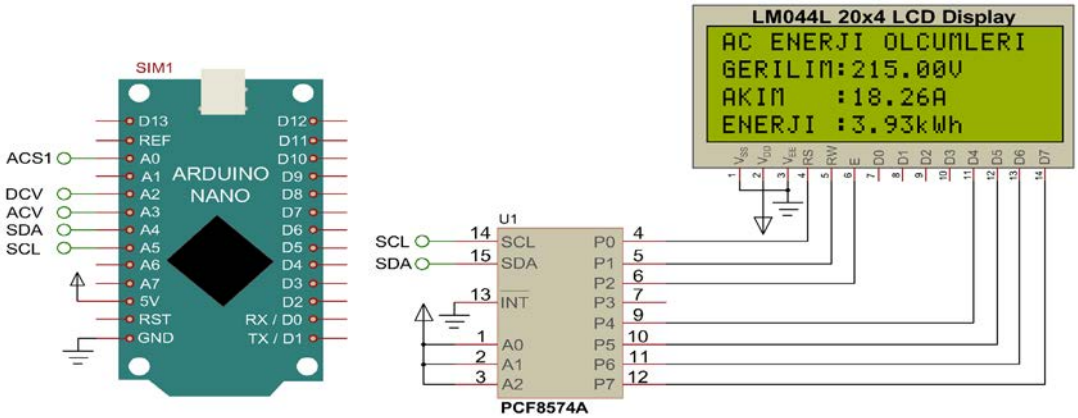
NOT: .....

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Devre yazılım kodlarını derledi.	20	
Sınıfı:	2	HEX kodlarını mikrodenetleyiciye yükledi.	20	
Numarası:	3	Devre simülasyonunu yaptı ve ölçümleri aldı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Devre uygulamasını yaptı ve ölçümleri aldı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Hesaplamalar ile ölçümleri karşılaştırdı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

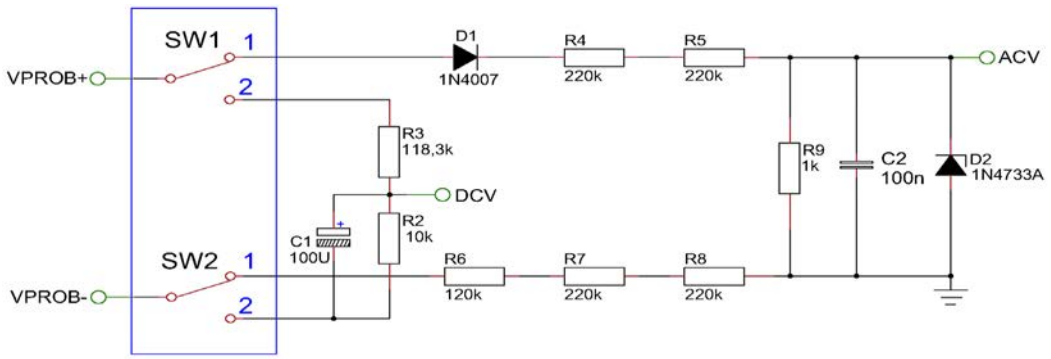
5. UYGULAMA: MİKRODENETLEYİCİYLE ENERJİMETRE TASARIMI VE UYGULAMASI

AMAÇ

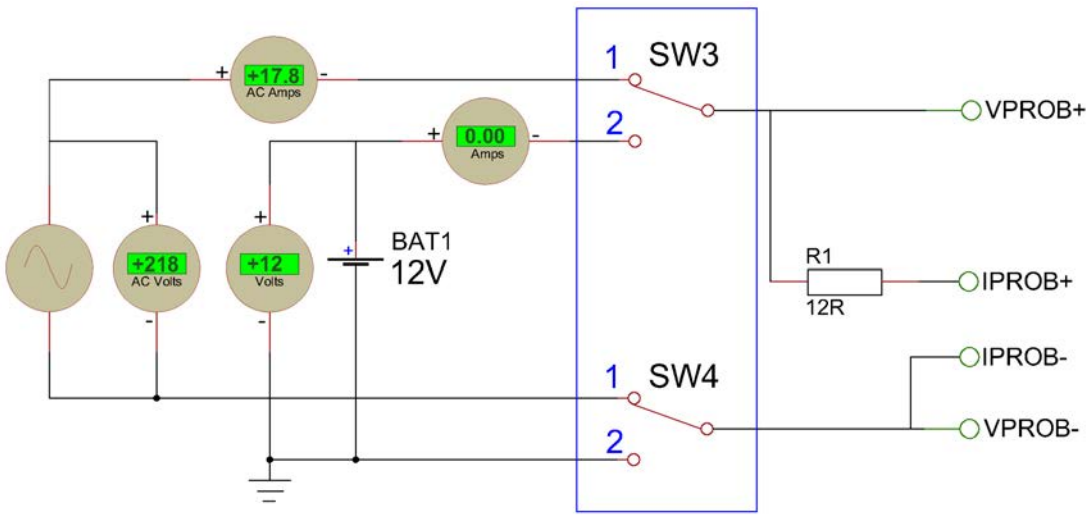
Mikrodenetleyici ile yük üzerinden geçen akım ve gerilimi ölçmek, tüketilen enerji miktarını hesaplamak ve ekranda göstermek.



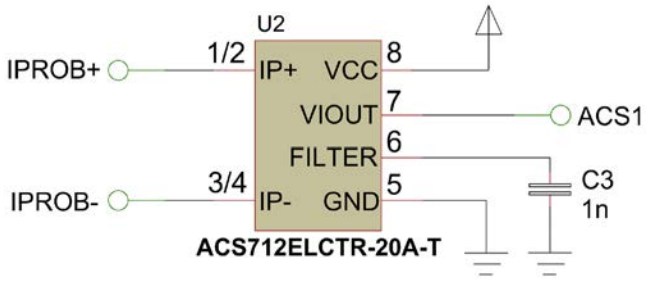
Görsel 3.23: Mikrodenetleyici ve LCD ekran devresi



Görsel 3.24: AC ve DC gerilim ölçme devresi



Görsel 3.25: Güç kaynakları ve ölçü aletleri bağlantıları



Görsel 3.26: Akım sensörü devresi

Elemanlar	LM044L, 1N4007, 1N4733A, ACS712ELCTR-20A-T, ALTERNATOR, CELL, CERAMIC1N, DISC100N50V, MINRES12R, MINRES1K, MINRES120K, MINRES220K, PCELEC100U100V350M, PCF8574A, SW-SPDT-MOM
Mikrodenetleyici	ARDUINO NANO
Güç kaynağı	GROUND, INPUT, POWER, DEFAULT

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
Breadboard	Yeterli genişlikte	1-2 adet
Simülasyon yazılımı	Elektronik devre simülasyonu	1 adet
ARDUINO NANO	Mikrodenetleyici kart	2 adet
LM044L LCD display	20x4 ölçüsünde	1 adet
PCF8574A entegre		1 adet
ACS712ELCTR-20A-T entegre		1 adet
R1 direnç	3Ω, 6Ω, 12 Ω	Birer adet
1 kΩ direnç		1 adet
10 kΩ direnç		1 adet
120 kΩ direnç		2 adet
220 kΩ direnç		4 adet
1 nF kondansatör		1 adet
100 nF kondansatör		1 adet
100 µF kondansatör	Elektrolitik	1 adet
DC güç kaynağı	+5 V ve +12 V DC	2 adet
220V AC güç kaynağı		1 adet
İkili anahtar		4 adet
Voltmetre	1 DC ve 1 AC	2 adet
Ampermetre	1 DC ve 1 AC	2 adet
Kumanda kabloları		Yeteri kadar
Zil teli		Yeteri kadar
Bağlantı kablosu		1 adet
AC güç kaynağı	220 V, 50 Hz.	1 adet
El aletleri	Yankeski, tornavida, kargaburnu, falçata vb.	-

Tablo 3.18'de ARDUINO NANO kartının kod yazılımları görülmektedir.

Tablo 3.18: ARDUINO NANO Kartının Kodları

No.	Kodlar
1	//kütüphaneler ve tanımlamalar
2	#include "ACS712.h"
3	#include <Wire.h>
4	#include <LiquidCrystal_I2C.h>
5	LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);
6	ACS712 sensor(ACS712_20A, A0);
7	//değişkenler
8	float IAC = 0, VOL=0;
9	float IDC = 0, IOL=0;
10	float guc;
11	//alt programlar
12	uint16_t get_max() {
13	uint16_t max_v = 0;
14	for(uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
15	uint16_t r = analogRead(A3);
16	if(max_v < r) max_v = r;
17	delayMicroseconds(200);
18	}
19	return max_v;
20	}
21	//genel ayarlar
22	void setup() {
23	lcd.clear();
24	lcd.begin();
25	lcd.backlight();
26	lcd.setCursor(0, 0);
27	lcd.print("AC VE DC ELEKTRIK");
28	lcd.setCursor(0, 1);
29	lcd.print("OLCME UYGULAMALARI");
30	delay(1000);
31	}
32	//ana program
33	void loop() {
34	int vdcin = analogRead(A2); //DC gerilim ölçülüyor.
35	float vdc = (vdcin*4.60/1023.0)/(10/128.3); // 4.60-5 arası sayı değeri kalibrasyon ayar değe-
36	ridir.
37	char buf[10]; //AC gerilim ölçülüyor
38	uint32_t vac = get_max();
39	vac /= sqrt(2);
40	vac*=5;
41	if (vdc > vac)
42	{
43	IDC = sensor.getCurrentAC();
44	IOL=IDC;
45	VOL=vdc;
46	guc=(VOL*IOL)/1000; //DC güç ölçülüyor
47	}
48	else
49	{
50	IAC = sensor.getCurrentAC();//AC yük akımı ölçülüyor
51	IOL=IAC;
52	VOL=vac;
53	guc=(VOL*IOL)/1000; //AC güç ölçülüyor
54	}
55	lcd.clear();
56	if (vdc > vac)
57	{

```
58   lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("DC ENERJI OLCUMLERI");
59    }
60    else
61    {
62     lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("AC ENERJI OLCUMLERI");
63    }
64   lcd.setCursor(0, 1);lcd.print("GERILIM:");lcd.print(VOL);lcd.print("V");
65   lcd.setCursor(0, 2);lcd.print("AKIM   :");lcd.print(IOL);lcd.print("A");
66   lcd.setCursor(0, 3);lcd.print("ENERJI :");lcd.print(guc);lcd.print("kWh");
67   delay(500);
  }
```

DEVRENİN ÇALIŞMASI

Devrede AC/DC akım, AC/DC gerilim ölçümleri yapılmaktadır. Bunun sonucunda enerji tüketimi hesaplanır. Devredeki anahtarların tamamı "1" konumuna getirildiğinde devrede AC ölçümler ve hesaplamalar yapılır. Anahtarların tamamı "2" konumuna getirildiğinde devrede DC ölçümler ve hesaplamalar yapılır. Ölçüm ve hesaplama sonuçları, LCD ekran üzerinde görüntülenir. Ölçümler, R1 seri direnci üzerinden yapılır. Mikrodenetleyici, her ölçümü analiz ederek sonuçları LCD ekrana gönderir.

Tablo 3.19: Enerjimetre ile AC/DC Enerji Ölçüm Tablosu

	Ölçümler	R1 (Simülasyon)			R1 (Deney)		
		12R	6R	3R	12R	6R	3R
AC Ölçüm (311Vpp-50Hz)	LCD-Gerilim (V)						
	LCD-Akım (A)						
	LCD-Enerji (kWh)						
	AC Voltmetre (V)						
	AC Ampermetre (A)						
	Ölçümler	R1 (Simülasyon)			R1 (Deney)		
		12R	6R	3R	12R	6R	3R
DC Ölçüm (12V DC)	LCD-Gerilim (V)						
	LCD-Akım (A)						
	LCD-Enerji (kWh)						
	DC Voltmetre (V)						
	DC Ampermetre (A)						

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.23 ve 3.26'da verilen devreleri bilgisayarlı çizim ve simülasyon programında oluşturunuz. Alternatör gerilimini 311V_{pp} 50Hz olarak, BAT1 gerilimini 12V olarak ayarlayınız.
2. Tablo 3.18'de verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE editör programında oluşturunuz, derleyiniz ve **ENERJI.HEX** olarak kaydediniz.
3. Oluşturulan HEX dosyasını ARDUINO içerisine yükleyiniz.
4. Tüm anahtarları 1 (AC) konuma alınız.
5. Devrenin simülasyonunu başlatınız.

6. AC ölçü aletlerinde okunan akım, gerilim ve LCD ekranda görülen değerleri Tablo 3.19'a yazınız. R1=6R ve R1=3R için ayrı ayrı ölçümler yaparak tabloya sonuçları yazınız.
7. Devrenin simülasyonunu durdurunuz.
8. Tüm anahtarları 2 (DC) konuma alınız ve R1=12R olacak şekilde ayarlayınız.
9. Devrenin simülasyonunu başlatınız.
10. DC ölçü aletlerinde okunan akım, gerilim ve LCD ekranda görülen değerleri Tablo 3.19'a yazınız. R1=6R ve R1=3R için ayrı ayrı ölçümler yaparak tabloya sonuçları yazınız.
11. Devrenin simülasyonunu durdurunuz ve devreyi kaydederek yedekleyiniz.
12. Görsel 3.23 ve 3.26'da verilen devreleri breadboard üzerinde kurunuz.
13. Mikrodenetleyiciye HEX dosyasını ilgili kart aracılığıyla yükleyiniz.
14. Devreyi öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
15. Tüm anahtarları 1 (AC) konumuna alınız. AC ölçü aletlerinde okunan akımı, gerilimi ve LCD ekranda görülen değerleri Tablo 3.19'a yazınız. R1=6R ve R1=3R için ayrı ayrı ölçüm yapınız.
16. Tüm anahtarları 2 (DC) konumuna alınız. DC ölçü aletlerinde okunan akımı, gerilimi ve LCD ekranda görülen değerleri Tablo 3.19'a yazınız. R1=6R ve R1=3R için ayrı ayrı ölçüm yapınız.
17. Enerjiyi kesiniz ve devreyi sökerek öğretmeninize teslim ediniz.

SORULAR

1. Ölçü aletiyle ve mikrodenetleyiciyle ölçülen gerilim ve akım değerleri arasında fark varsa bu farkın nedenlerini sınıfta tartışınız.
2. R3 direnç değerinin 118,3kΩ olarak ayarlanmasının sebepleri neler olabilir?
3. DC akım AC ampermetre ile ölçülebilir mi? Açıklayınız.
4. Direnç değeri ile harcanan enerji arasındaki orantı nedir? Açıklayınız.

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

.....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Devre yazılım kodlarını derledi.	20	
Sınıfı:	2	HEX kodlarını mikrodenetleyiciye yükledi.	20	
Numarası:	3	Devre simülasyonunu yaptı ve ölçümleri aldı.	20	
ÖĞRETMEN	4	Devre uygulamasını yaptı ve ölçümleri aldı.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Hesaplamalar ile ölçümleri karşılaştırdı.	20	
İmza:		**TOPLAMPUAN**	**100**	

ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ

Aşağıda 3. öğrenme birimi ile ilgili 3 farklı araştırma ve uygulama projesi verilmiştir. Projeleri gerçekleştirip raporları ile birlikte öğretmeninize teslim ediniz. Çalışmalar, öğretmen onayı alınarak grup hâlinde yürütülebilir.

1. PROJE: YENİLENEBİLİR ENERJİLİ HİBRİT GÜÇ SİSTEMİNDE ENERJİ ÖLÇÜMÜ

Proje Süresi : 2-3 hafta

Proje Grup Sayısı: 2-10 kişi

Projenin Amacı : Mikrodenetleyici kullanılarak yapılan seyyar prizlerin elektrik ihtiyacını karşılayan PV panel uygulamasına elektrik sayaçları bağlamak ve enerji ölçümleri yapmak.

Proje Dosyası : Aşağıda proje dosyasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje sunum rapor dosyası
- Proje sunum dosyası
- DVD (her iki dosyanın elektronik dokümanı, görseller, şekiller vb.)

Projede İstenenler

2. öğrenme birimindeki **4. proje uygulaması**nı dikkate alınız ve uygulama üzerinden işlemleri devam ettiriniz. Belirlenen panoya iki adet 1 fazlı AC elektrik sayacı bağlayınız. Bu sayaçlardan birisini DC/AC dönüştürücü (invertör) cihazının çıkışına, diğerini ise priz linyelerinin girişindeki ana linye noktasına bağlayınız. İlk sayaç yeşil enerjiyi, ikinci sayaç tüketilen enerjiyi ölçecektir. Sayaçların bağlantısını yapmadan önce ilk endeks değerlerini not alınız. Tamamlanan projeyi farklı saat dilimlerinde ve farklı yükler altında çalıştırınız. Her saat sonunda verileri sayaçlar üzerinden alarak tablolara yazınız. Enerji ölçümlerini değerlendiriniz. Güneş enerjisinin sisteme katkılarını yorumlayınız. Enerji ölçüm sonuçlarını önceden hazırlanan rapora ekleyiniz (Bu ölçümler sonradan fatura hesabında kullanılacaktır.).

NOT

İsteyen gruplar farklı PV panel projesi oluşturabilir ve bu uygulama üzerinden çalışmalarını altta verilen bilgiler doğrultusunda yürütülebilir. Ayrıca isteyen gruplar bu çalışmanın içerisine rüzgâr türbini ya da farklı tip yenilenebilir enerji kaynağı da ekleyebilir.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Her iki sayaç belirlenen noktalara bağlandı.	20
2	Sayaç kullanılmadan önce ilk endeks verileri not alındı.	20
3	Güneşli saatlerde sistem farklı şekillerde kullanıldı ve ölçümler yapıldı.	20
4	Güneşsiz saatlerde sistem farklı şekillerde kullanıldı ve ölçümler yapıldı.	20
5	Saatlik enerji verileri değerlendirildi ve net enerji kullanımı belirlendi.	20
	TOPLAM PUAN	**100**

2. PROJE: OSOS İLE SAYAÇ OKUMA

Proje Süresi : 2-3 hafta

Proje Grup Sayısı :1 kişi

Projenin Amacı : OSOS ile yapılan örnek sayaç ölçümlerini değerlendirmek.

Projede İstenenler

İlgili üretici firmadan OSOS ile yapılan örnek sayaç ölçümlerini üç aylık veya yıllık olarak alınız. Bu ölçümlerden yola çıkarak günlük, haftalık, aylık ve yıllık enerji tüketim değerleri ile ilgili grafikler oluşturup tablolara yazınız. Sonuçları değerlendiriniz ve örnek bir rapor hazırlayınız.

NOT: .....

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Örnek OSOS ile yapılan sayaç ölçümleri alındı.	20
2	Örnek ölçümler detaylı olarak incelendi.	20
3	Hafta içi ve hafta sonu günlük ortalama enerji tüketim verileri oluşturuldu.	20
4	Aylık ve yıllık ortalama enerji tüketim verileri oluşturuldu.	20
5	Enerji tüketim verileri grafiklerle detaylandırıldı ve raporlandı.	20
	TOPLAM PUAN	**100**

3. PROJE: ARAŞTIRMA RAPORU VE SUNUMU

Proje Süresi : 3-5 hafta

Proje Grup Sayısı: 1 kişi

Projenin Amacı : Belirlenen konu ile ilgili araştırma yapmak, bu araştırma ile ilgili sunum raporu oluşturmak ve sunumu gerçekleştirmek.

Sunum Süresi : 10 dakika

Proje Uygulaması: Aşağıda proje uygulamasında olması gerekenler verilmiştir.

- Proje sunum rapor dosyası
- Proje sunum dosyası
- DVD (her iki dosyanın elektronik dokümanı, görseller, şekiller vb.)

Projede Konuları : Aşağıda verilen konulardan birisi seçilecektir.

- Bir fazlı elektrik sayaçlarının özellikleri ve bağlantıları
- Üç fazlı elektrik sayaçlarının özellikleri ve bağlantıları
- Kombi sayaçlar ve bağlantıları
- Enerji analizörleri ve bağlantıları
- Elektrik sayaçlarında yakından endeks okuma yöntemleri
- Elektrik sayaçlarında uzaktan endeks okuma yöntemleri
- Elektrik sayaçlarında endeks okuma işlemleri

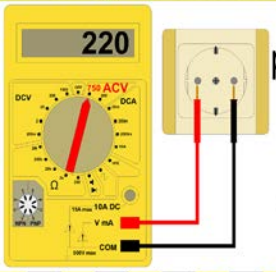
Projede İstenenler

- Yukarıda verilen proje konularından birini seçiniz.
- 2 hafta boyunca konu ile ilgili literatür taraması yapınız.
- Verilen sunum dosya formatına uygun olarak sunum dosyasını oluşturunuz.
- Dosyada kullanılan tüm görsel, şekil ve çizimleri, her iki dosya ile birlikte DVD formatında yedekleyiniz. Ayrıca sunum raporu dosyasının A4 boyutunda kâğıdarenkli çıktısını alınız.
- Belirlenen süre sonunda raporları ve DVD'yi öğretmeninize teslim ediniz.
- Belirlenen tarihler içinde, kurallara uygun olarak onar dakikalık sunum gerçekleştiriniz.
- Sunum değerlendirmesini ilgili formu kullanarak diğer bireylere yaptırınız.
- Sonuçları değerlendiriniz.

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Konu seçimi ve literatür taraması yapıldı.	10
2	Sunum rapor dosyası istenenler doğrultusunda hazırlandı ve çıktılar alındı.	20
3	Sunum dosyası, istenenlere uygun hazırlandı.	20
4	Dokümanlar DVD formatında kaydedilmiş şekilde dosya ile birlikte teslim edildi.	20
5	Sunum, başarılı şekilde ve belirlenen zaman aralığında yapıldı.	30
	TOPLAM PUAN	**100**

ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!



Ölçü aleti prob yönlerine ve ölçme kademesine dikkat ediniz.

ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!



Bakım ve onarım işlerine başlarken tesisattaki elektriği kontrol ediniz.

ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!



Elektrik hatlarına bağlantı yaparken kauçuk eldiven giyiniz.

ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!



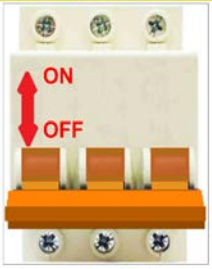
Elektrik panodan kesildiğinde mutlaka uyarı levhası asınız.

DİKKAT EDİNİZ!

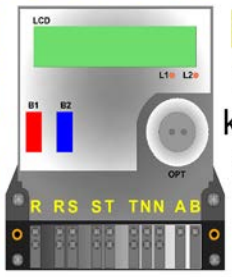


Elektrik sayacı mühürünün yetkili kişi dışında çıkarılması veya kapağının açılması durumunda cezai işlem uygulanır.

ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!



Bakım ve onarım işleri öncesinde sigortaları kapatınız.



ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!

Elektrik sayacının kablo bağlantılarını klemens etiketine uygun olarak yapınız.

ÖNCE İŞ GÜVENLİĞİ!



İnşaat alanı veya sahada kablolama işleri yaparken baret ve iş gözlüğünüzü takınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki önermeleri dikkatle okuyunuz ve boş bırakılan ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Bir fazlı iki telli indüksiyon sayaçlarına monofaze sayaç denir.
2. ( ) Yapısına göre sayaçlar, aktif sayaç ve reaktif sayaç olmak üzere ikiye ayrılır.
3. ( ) Çok tarifeli sayaçların elektronik özellikte olması gerekir.
4. ( ) Sayaç üzerindeki 1.8.1 kodu T1 zamanındaki toplam enerji miktarını gösterir.
5. ( ) Yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi amacı ile EPDK tarafından belirlenen tarifeye gece tarifesi denir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeleri yazınız.

6. Birim zamanda harcanan veya üretilen enerjiye ..... denir.
7. Kullanılan enerjinin tüm zaman boyunca sabit fiyat üzerinden ücretlendirildiği sayaçlara ..... denir.
8. Çok zamanlı tarifede 17.00 - 22.00 arasındaki zaman dilimine ..... denir.
9. Endeks okuyucular yanlarında getirdikleri ..... ile tüketilen endeksi okuma işlemini yaparlar.
10. İlk endeks ve son endeks arasındaki fark ..... gösterir.

C) Aşağıdaki ilk sütunda ifadeler, diğer sütunda ise kavramlar verilmiştir. İfadelerin önündeki parantez içlerine kavramların önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

İFADELER		
11.	( )	Sayaç üzerinden gelen sinyalleri haberleşme sistemine iletir.
12.	( )	1.8.0 sayaç kodudur.
13.	( )	Elektriksel parametreleri ölçer.
14.	( )	Akım trafosu ile birlikte kullanılan sayaçlardır.
15.	( )	Otomatik sayaç okuma sistemidir.

KAVRAMLAR	
A	OSOS
B	Enerji analizörü
C	Sayaç okuyucu
D	X5 kombi
E	Kümülatif aktif enerji
F	Termik manyetik şalter

Ç) Aşağıdaki soruları okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Aşağıdakilerden hangisi elektrik sayacının işlevlerinden değildir?

A) Elektrik enerjisini DC veya AC olarak ölçer.
B) Elektrik harcamasının ölçülmesini sağlar.
C) Aktif, reaktif ve kapasitif enerji tüketimlerini gösterir.
D) Harcanan iş miktarını ölçer.
E) Üretilen ya da tüketilen elektrik enerjisini saatlik olarak gösterir.

17. Aşağıdakilerden hangisi hem aktif hem de reaktif güç ölçen sayaçtır?

A) Aktif B) DC C) Kombi D) Monofaze E) Reaktif

18. Aşağıdakilerden hangisi elektronik sayacın özelliklerinden değildir?

A) Yapısında dişli çark bulunur.
B) Üzerinde LCD ekran vardır.
C) Haberleşme özelliğine sahiptir.
D) İçinde elektronik kart vardır.
E) Hassas ölçüm yapar.

19. Aşağıdakilerden hangisi uzaktan sayaç okuma sistemlerinin avantajlarından değildir?

A) Zamandan tasarruf sağlar.
B) SMS ve e-mail ile fatura bilgilendirmesi yapılır.
C) Kaçak kullanımlar uzaktan tespit edilir.
D) Hızlı haberleşme sağlar.
E) Denetim ve gerekli kontrollerin yapılması zordur.

20. Kablolu iletişim sağlayan, genellikle alçak gerilimde uzaktan sayaç okumada kullanılan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

A) RF ile sayaç okuma
B) NB-IoT ile sayaç okuma
C) LoRa ile sayaç okuma
D) GSM/GPRS ile sayaç okuma
E) PLC ile sayaç okuma

21. Elektrik sayaçlarındaki 5.8.0 kodunun açıklaması aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) T2 tüketim ay başı değeri (kWh)
B) Reaktif endüktif enerji tüketimi (kVARh)
C) Sayaç saati
D) Toplam enerji-T2 (kWh)
E) Son klemens kapak açma tarihi



4 ELEKTRİK PİYASASI ESAS VE USULLERİ

ÖĞRENME BİRİMİ



KONULAR

4.1. TEMEL KAVRAMLAR VE PİYASA ANALİZİ
4.2. MEVZUAT ALTYAPISI
4.3. ELEKTRİK PİYASASINDA TÜKETİCİ HİZMETLERİ VE HAKLARI
4.4. ELEKTRİK PİYASASI BİLEŞENLERİ
4.5. ELEKTRİK TÜKETİMİ TARİFELERİ
4.6. FATURA BİLEŞENLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Elektrik piyasası ile ilgili kavramlar
- Elektrik piyasası mevzuatı
- Tüketici hizmetleri ve hakları
- Elektrik piyasası yapısı
- Elektrik tüketiminde tarife çeşitleri
- Fatura bileşenleri ve okuması

TEMEL KAVRAMLAR

elektrik faturası bileşenleri, dağıtım şirketi, iletim, tarifeler, tedarik şirketi, toptan ve perakende piyasaları, tüketici hakları, üretim

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Elektrik piyasasının mevzuat çerçevesinde yürütülmesinin faydaları nelerdir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Toptan piyasalar kavramı hakkında bildiklerinizi sınıfta paylaşınız.

Alıcıların ve satıcıların bir araya gelip nihai mal, hizmet, bilgi ve finans alışverişinde bulunarak iş yapmalarının sağlandığı platformlara **piyasa** denir. Piyasalar temelde arz ve talep ilişkisine dayalıdır. Piyasadaki ürün veya hizmeti satın alma isteğine **talep** denir. Ürünün, malın veya hizmetin üretilip sunulmasına ise **arz** denir.

4.1. TEMEL KAVRAMLAR VE PİYASA ANALİZİ

Piyasalarda işlemler genel olarak spot ve serbest olmak üzere iki farklı şekilde yürütülür. Ürünün son fiyat üzerinden anında alım satımla el değiştirdiği piyasalara **spot (nakit) piyasa** denir. Ürün fiyatının alıcı ve satıcı tarafların karşılıklı anlaşmayla belirlendiği piyasalara ise **serbest piyasa** denir. Serbest piyasa arz ve talep temelinde kendini dengeler. **Elektrik piyasası**, elektrik enerjisinin üretim, iletim, dağıtım, toptan veya perakende satış, ithalat ve ihracat işlemlerinin yürütüldüğü piyasadır.

4.1.1. Elektrik Piyasası Kavramları

Elektrik piyasası ile ilgili temel kavramlar şunlardır:

Bağlantı Anlaşması: Üretim şirketi, dağıtım şirketi ya da tüketicinin iletim veya dağıtım sistemine bağlantı yapması için oluşturulan, genel ve özel hükümler içeren anlaşmadır.

Dağıtım: Elektrik enerjisinin 36 kV ve altındaki hatlar üzerinden naklinin sağlanmasıdır.

Dağıtım Sistemi: Bir dağıtım şirketinin lisansında belirlenmiş dağıtım bölgesinde işlettiği elektrik dağıtım tesisleri ve şebekeleridir.

Dağıtım Şebekesi: Tüketicilerin iç tesisatını ve üreticilerin şalt sahasını dağıtım sistemine bağlamak üzere tesis edilen, bağlantı hatları dışında kalan dağıtım tesisidir.

Dağıtım Şirketi: Belirlenen bir bölgede elektrik dağıtımı için faaliyet gösteren şirketlerdir.

Dağıtım Tesisi: Üretim tesislerine ait şalt sahalarının bittiği nokta ile tüketicilerin bina giriş noktaları arasındaki (bina giriş ve sayaç arası hariç) elektrik dağıtımı için kullanılan tesis, malzeme ve sayaçların oluşturduğu sistemdir.

Elektrik Piyasası: Elektriğin üretim, iletim, dağıtım, piyasa işletimi, toptan satış, perakende satış, ithalat ve ihracat faaliyetlerine ilişkin iş ve işlemlerin yürütüldüğü piyasasıdır.

Genel Aydınlatma: Otoyollar ve özelleştirilmiş kara yolları hariç bulvar, cadde, sokak, alt ve üst geçit, köprü, meydan ve yaya geçidi gibi yerler ile kamuya ait park, bahçe, tarihî mekân ve ören yerlerinin aydınlatılmasına verilen addır.

İkili Anlaşma: Tedarikçi ve tüketici arasında özel hukuk hükümleri kapsamında elektrik enerjisinin alınıp satılmasına dair yapılan, EPDK onayına tabi olmayan ticari anlaşmalardır.

İletim: Elektrik enerjisinin 36 kV üzerindeki gerilim seviyesine sahip hatlar üzerinden naklinin sağlanmasıdır.

İletim Ek Ücreti: İletim tarifesi üzerinden kurum adına tahsil edilebilecek ücrettir.

İletim Sistemi: Elektrik iletim tesisleri ve şebekesidir.

İletim Tesisi: Üretim veya tüketim tesislerinin 36 kV üstü gerilimle bağlı olduğu üretim veya tüketim tesisi şalt sahasından, dağıtım tesislerinin bağlantı noktalarına kadar (iletim şalt sahalarının orta gerilim alıcıları da dâhil) olan tesislerdir.

Kojenerasyon: Isı, elektrik ve/veya mekanik enerjinin aynı tesiste eş zamanlı olarak üretimidir.

Kurul: Enerji piyasasını düzenleme işlemlerini yürüten kuruldur (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu).

Kurum: Enerji piyasasını düzenlemekle yükümlü resmî kurumdur [T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)].

Mikro Kojenerasyon Tesisi: Elektrik enerjisine dayalı kurulu gücü 100 kW ve altında olan kojenerasyon tesisidir.

Önlisans: Üretim faaliyetinde bulunmak isteyen şirketlere, üretim tesisi yatırımlarına başlamalarında gerekli onay, izin, ruhsat işlemlerini tamamlayabilmeleri için verilen belirli süreli izindir.

Perakende Satış: Elektriğin son tüketicilere satışıdır.

Perakende Satış Sözleşmesi: Bağlantı anlaşması olan kullanım yeri için görevli tedarik şirketi ile tüketiciler arasında yapılan enerji satış sözleşmesidir. Sözleşme, ilgili mevzuat hükümleri çerçevesinde perakende satış veya son kaynak tedarik tarifesi üzerinden elektrik enerjisi temini ile hizmet alımına yönelik şartları ve hükümleri kapsar.

Serbest Olmayan Tüketici: Elektrik enerjisi alımlarını yalnızca görevli tedarik şirketinden yapabilen gerçek ya da tüzel şirketlerdir.

Serbest Tüketici: Kurul tarafından belirlenen elektrik enerjisi miktarından daha fazla tüketimi bulunan, organize sanayi bölgesi tüzel kişiliğine sahip veya iletim sistemine doğrudan bağlı olduğu için tedarikçisini seçme hakkına sahip gerçek veya tüzel kişidir.

Tarife: Elektrik enerjisinin iletimi, dağıtımı ve satışı ile bunlara ait hizmetlere ilişkin fiyat, hüküm ve şartları içeren düzenlemelerdir.

Tedarik: Elektrik enerjisinin toptan veya perakende temin edilmesidir.

Tedarikçi: Elektrik enerjisi sağlayan üretim şirketleri ile tedarik lisansına sahip şirketlerdir.

Tedarik Şirketi: Elektrik enerjisinin toptan veya perakende satış, ithalat ve ihracat faaliyetleri ile ilgilenen tüzel kişidir.

Teknik ve Teknik Olmayan Kayıp: Dağıtım sistemine giren enerji miktarı ile sistemden tüketicilere verilen enerji miktarı arasındaki farktır. Bu fark dağıtım sistemindeki teknik kayıp veya kaçak kullanım gibi sebeplerden kaynaklanır ve maliyeti etkiler.

Tesis: Elektrik enerjisi üretim, iletim ya da dağıtım faaliyetinin yürütülmesinde kullanılan veya kullanılmaya hazır tesis, şebeke ve malzemelerdir.

Toptan Satış: Elektrik enerjisinin üretici şirketler tarafından, son tüketiciye satılmak üzere dağıtım şirketlerine satılmasıdır.

Tüketici: Elektriği kendi kullanımı için satın alan kişidir.

Üretim: Enerji kaynaklarının, elektrik üretim tesislerinde elektrik enerjisine dönüştürülmesidir.

Üretim Şirketi: Sahip olduğu, kiraladığı, finansal kiralama yoluyla edindiği veya işletme hakkını devraldığı üretim tesisi ya da tesislerinde elektrik enerjisi üretip satan, özel hukuk hükümlerine bağlı tüzel kişidir.

Üretim Tesisi: Elektrik enerjisinin üretildiği tesistir.

Yeşil Tarife (YETA): Güneş, rüzgâr, su, jeotermal, biokütle gibi temiz enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisinin kullanımında uygulanan tarifedir.

4.1.2. Elektrik Piyasasında Bulunan Kurumlar

Türkiye'de elektrik piyasasında bulunan kurumların isimleri ve görevleri şunlardır:

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu): Enerji piyasalarını düzenleme ve denetleme yetkisine sahip kurumdur.

EPİAŞ (Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi): Enerji piyasasının işletiminden sorumlu kurumdur.

EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi): Kamuya ait elektrik santrallerindeki elektrik enerjisinin üretiminden ve satışından sorumludur.

TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi): Elektrik dağıtım faaliyetleri Türkiye'de yirmi bir farklı bölgeye ayrılmıştır. TEDAŞ bu bölgelerdeki dağıtım şirketlerinin denetimini yapmakla görevlidir.

TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi): Santrallerde üretilen elektrik enerjisinin yüksek gerilim hatları aracılığıyla trafo merkezlerine iletilmesinden sorumludur.

4.1.3. Elektrik Piyasası Analizi

Elektrik piyasasının temel amacı, elektriğin yeterli, yüksek kaliteli, kesintisiz, ucuz ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulmasıdır. Elektrik piyasası diğer mal ve hizmet piyasalarından farklı özelliklere sahiptir.

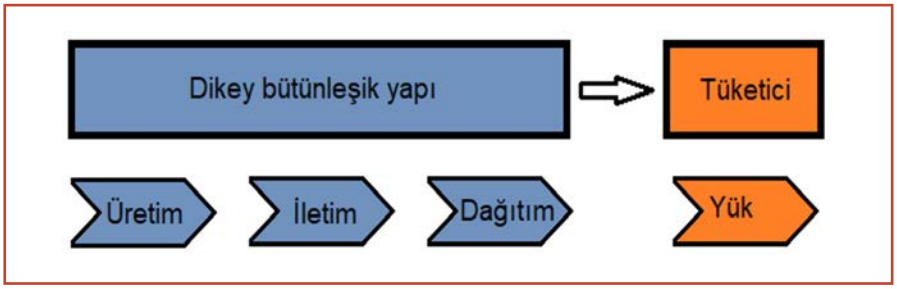
Elektrik piyasasının genel özellikleri şunlardır:

- Elektrik enerjisinin depolanma maliyeti yüksektir. Enerjinin depolanması yerine üretimden direkt tüketime yönlendirilmesine öncelik verilir.
- Elektrik enerjisi konutlarda, ticari alanlarda ve kamu alanlarda nihai mal olarak kullanılırken sanayi sektöründe daha çok üretim amaçlı ara mal olarak kullanılır.
- Sanayi sektöründe kullanılan elektrik miktarı arz ve talebi doğrudan etkilediğinden elektrik fiyatlarında dalgalanmalara sebep olur.
- Elektrik üretim şirketlerin elektrik üretim kapasiteleri veya üretim maliyetleri farklılık gösterebilir.
- Elektrik üretim şirketlerinde üretilen elektriğin iletimi ortak hatlardan yapıldığında üretici-firma tespit edilemeyebilir.

Elektrik piyasasında çeşitli düzenleme ve kontrollere ihtiyaç duyulur. Elektrik piyasasının düzenlemesi genellikle devlet tarafından yapılır. Elektrik piyasasında düzenleme sağlamak, tüketiciye kaliteli hizmet sunmak ve rekabeti artırmak için çeşitli piyasa modelleri geliştirilmiştir. Elektrik piyasaları için dört farklı model tanımlanmıştır. Bunlar monopol, tek alıcı, toptan satış rekabeti ve perakende satış rekabeti modelleridir.

4.1.3.1. Monopol Modeli

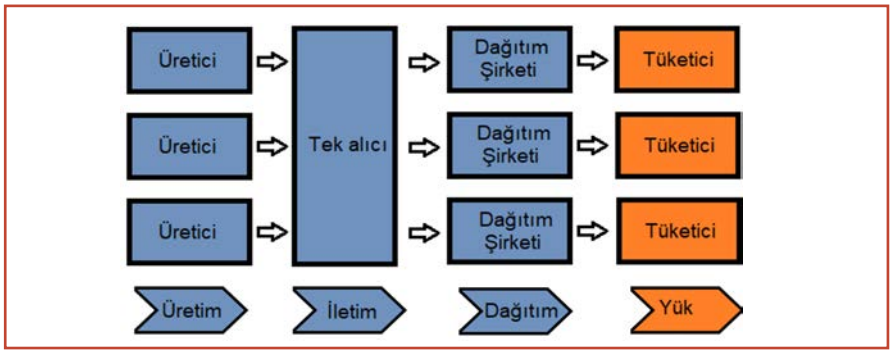
Monopol modelinde elektriğin üretim, iletim ve dağıtım faaliyetlerinin tamamı kamu kurumları veya özel şirketler tarafından gerçekleştirilir. Bu modelde rekabet yoktur. Monopol model elektrik piyasalarında geleneksel dikey bütünleşik yapı olarak da ifade edilir. Görsel 4.1'de monopol modelinin yapısı görülmektedir.



Görsel 4.1: Monopol modelinin yapısı

4.1.3.2. Tek Alıcı Modeli

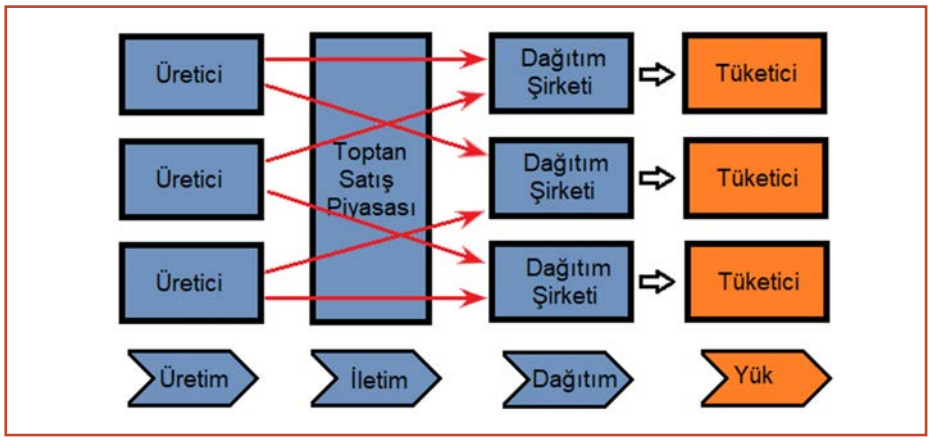
Tek alıcı modelinde, elektrik üretim şirketlerinde üretilen elektrik enerjisi tek alıcıya satılır. Bu modelde üretimde rekabet vardır. Tek alıcı tarafından alınan elektrik enerjisi dağıtım şirketlerine önceden belirlenen tarifeye göre satılır. Nihai tüketicilerin dağıtım şirketi seçme şansı yoktur. Görsel 4.2'de tek alıcı modelinin yapısı görülmektedir.



Görsel 4.2: Tek alıcı modelinin yapısı

4.1.3.3. Toptan Satış Rekabeti Modeli

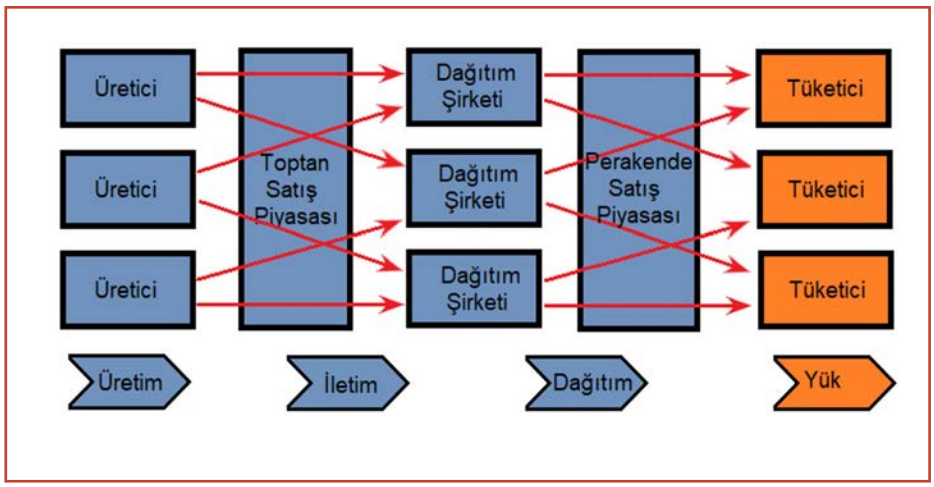
Toptan satış rekabeti modelinde, elektrik üretim şirketlerinde üretilen elektrik enerjisinin toptan satış şirketlerine, dağıtım şirketlerine ve büyük tüketicilere doğrudan satışı yapılabilmektedir. Bu modelde üretimde ve toptan satışta rekabet vardır. Dağıtım şirketleri ve büyük tüketiciler toptan satış piyasasında rekabet ederler. Nihai tüketicilerin dağıtım şirketi seçme şansı yoktur. Görsel 4.3'te toptan satış rekabeti modelini yapısı görülmektedir.



Görsel 4.3: Toptan satış rekabeti modelinin yapısı

4.1.3.4. Perakende Satış Rekabeti Modeli

Perakende satış rekabeti modelinde, nihai tüketiciler elektrik enerjisi ihtiyaçlarını dağıtım şirketlerinden veya perakende satış şirketlerinden karşılayabilirler. Bu modelde toptan satış piyasasının yanında dağıtım şirketleri ve perakende satış şirketleri arasında da rekabet vardır. Görsel 4.4'te perakende satış rekabeti modelinin yapısı görülmektedir.



Görsel 4.4: Perakende satış rekabeti modelinin yapısı

4.2. MEVZUAT ALTYAPISI

Türkiye'nin elektrik enerjisiyle tanışması, 1854 yılında İstanbul-Edirne arasında çekilen telgraf hattı ile başlamıştır. İlerleyen yıllarda elektrik enerjisi aydınlatmada da kullanılmıştır. 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar elektrik üretim ve dağıtım faaliyetleri çoğunlukla yabancı şirketler tarafından imtiyaz usulü ile gerçekleştirilmiştir. Osmanlı Devleti'nde elektrikle aydınlatma için

başvurular Babıali'ye (Osmanlı Devleti'nde sadrazam sarayına verilen isim) yapılmıştır. İlgili kurumlar tarafından incelenip uygun bulunan başvurular sözleşme hâline getirilerek padişahın onayına sunulmuştur. Padişah onayı doğrultusunda imtiyaz veren Osmanlı Devleti ile imtiyaz alan şirket veya kişi arasında sözleşme imzalanmıştır. Özel şirket veya şahıslara verilen imtiyazlar "imtiyaz defteri"ne, yapılan sözleşmeler de "mukavelename"ye ve "mukâvelât" defterleri'ne kaydedilmiştir. Bu sözleşmelerde imtiyazın konusu, verildiği kişi ya da şirket, süresi, iptal şartları, imtiyaz süresi sonunda tesislerin ne şekilde devlete devredileceği gibi konular yer almaktadır.

Osmanlı Devleti sınırları içindeki yabancı şirketlerin faaliyet şekilleri, uymaları gereken kurallar ve denetim işleri ile ilgili 7 Aralık 1887 ve 25 Mart 1906 tarihli iki nizamname (tüzük) kullanılmıştır. İlk elektrik santrali 1902 yılında Tarsus'ta özel sektör tarafından kurulmuştur. Ardından Osmanlı Elektrik Anonim Şirketi adı altında faaliyet gösteren Avusturya-Macaristan sermayeli Ganz Anonim Şirketi tarafından Silahtarağa termik santralinde elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. İkinci Meşrutiyet ile birlikte imtiyaz sisteminde belediyelerin kendi şehirlerindeki kamu hizmeti imtiyazlarında söz sahibi olmalarını sağlayan değişiklikler yapılmıştır. 1910 yılında Menâfi-i Umumiyeye Müteallik İmtiyaz Hakkında Kanun ve 1913 yılında İdare-i Umumiye-i Vilâyat Kanunu Muvakkatı kabul edilmiştir.

Cumhuriyet kurulduktan sonra ilk yıllarda Adana, Ankara, Balıkesir, Bursa, Edirne, Gaziantep, Malatya, Mersin, Urfa, Tekirdağ, Trabzon gibi iller için elektrik üretim ve satış imtiyazı verilmiştir. Bu şirketlerin çoğunluğu yabancı sermaye ile kurulmuştur. Ancak bu şirketler zaman içinde kamulaştırılmıştır. 1935 yılında 2819 sayılı Elektrik İşleri Etüt Dairesi Teşkiline Dair Kanun ile Ankara'da Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) kurulmuştur. Aynı yıl 2805 sayılı Eti Bank Kanunu ile bankacılık, maden arama ve işletme, termik santral kurma, elektrik üretme ve dağıtım faaliyetlerinde bulunma amaçlarıyla Etibank kurulmuştur.

1950'li yıllarda değişen hükûmet politikaları sonucu elektrik sektöründe imtiyazlı işletmeler kurulmuş ancak bunlardan sadece Çukurova Elektrik Anonim Şirketi (ÇEAŞ) ile Kepez ve Antalya Havalisi Elektrik Santralleri Türk Anonim Şirketi faaliyete geçmiştir. Yüksek üretim kapasiteleri olan hidroelektrik santralleri kurmak amacıyla 1953 yılında 6200 sayılı Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilât ve Vazifeleri Hakkında Kanun ile T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı DSİ kurulmuştur. DSİ; yer üstü ve yer altı sularının tek ve çok amaçlı kullanımı, baraj ve hidroelektrik santrallerin planlanıp projelendirilmesi, inşa edilmesi ve yönetilmesi ile görevlidir.

Türkiye'de elektrik sektöründe üretilen elektriğin üretim, iletim, dağıtım ve ticari faaliyetlerinin tamamının tek elden kontrolünü sağlamak amacıyla 15.07.1970 tarih ve 1312 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Kanunu ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur. Etibank, DSİ, İller Bankası ve belediyeler bünyesindeki santraller bu kuruma devredilmiş, böylece Türkiye elektrik piyasasında monopol model yapısı benimsenmişdir. Ancak 09.09.1982 tarih ve 2705 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Kanunu'nun Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi, İki Maddesinin Yürürlükten Kaldırılması, Bazı Madde, Bent ve Fıkra Eklenmesi Hakkında Kanun ile elektrik piyasasında değişikliğe gidilmiştir. Bu değişiklik ile monopol yapıdan üretim sürecinde rekabetçi yapıya geçişte ilk adım atıldımış böylece özel sektörün elektrik santrali kurmasına ve ürettiği elektriği Türkiye Elektrik Kurumuna satmasına olanak sağlanmıştır.

04.12.1984 tarih ve 3096 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun ile Türkiye Elektrik Kurumu dışındaki yerli ve yabancı şirketlerin elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı ve ticareti faaliyetlerine izin verilmiştir. 1993 yılında TEK, özelleştirme kapsamına alınıp Bakanlar Kurulunun 93/4789 No.lu kararı ile ikiye bölünmüştür. Elektrik piyasasında iletimden sorumlu olarak Türkiye Elektrik Üretim A.Ş. (TEAŞ) ve dağıtım faaliyetlerini yürütme, tesisleri işletme ve gerektiğinde yeni tesis kurma görevlerini yapmak üzere Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) kurulmuştur.

1994 yılından itibaren Yap, İşlet, Devret (YİD) modeli kapsamında birtakım kanuni düzenlemeler yapıltır. 8.6.1994 tarihli, 3396 sayılı Bazı Yatırım ve Hizmetlerin Yap, İşlet, Devret Modeli

Çerçevesinde Yapılması Hakkında Kanun ile elektrik üretim, iletim, dağıtım faaliyetleri yatırım ve hizmetlerinin yap, işlet, devret modeli çerçevesinde yaptırılması sağlanmıştır. 16.07.1997 tarihli, 4283 sayılı Yap-İşlet Modeli ile Elektrik Enerjisi Üretim Tesislerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerjinin Satışının Düzenlenmesi Hakkında Kanun ile üretim şirketlerinin yap, işlet, devret modelinde termik santral kurma ve işletmesine dair esaslar belirlenmiştir. Hidroelektrik, jeotermal, nükleer santraller ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile çalıştırılacak santraller bu kanunun kapsamı dışında tutulmuştur.

Bakanlar Kurulunun 05.02.2001 tarih ve 2001/2026 sayılı kararı ile TEAŞ'ın üç ayrı iktisadi devlet teşekkülü olarak yeniden yapılanması kararlaştırılmıştır. Bu teşekküller; Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) olarak belirlenmiştir. TEİAŞ elektrik enerjisi iletimi, EÜAŞ elektrik üretimi ve TETAŞ elektriğin toptan satışı konusunda faaliyet yürütecek şekilde yapılandırılmış, 2001 yılında Türkiye elektrik piyasasının üretim ve satış faaliyetlerinin rekabete açılması amacıyla 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe girmiştir. 4628 sayılı bu kanunun adı daha sonra Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun olarak değiştirilmiştir.

05.10.2005 tarihinde 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun yürürlüğe girmiştir. Bu kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi amaçlanmıştır.

14.03.2013 tarihinde 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu yürürlüğe girmiştir. Kanunun amacı elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmadır. Kanun üzerinde son değişiklik 22.12.2022 tarih ve 7429 sayılı kanun ile 32057 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

09.07.2018 tarih ve 703 sayılı Kanun Hükmünde Kararname'nin 9. maddesinde 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na eklenen geçici 22. madde ile TETAŞ ve EÜAŞ, EÜAŞ bünyesinde birleştirilmiştir.

Günümüz elektrik piyasasında yürürlükte olan kanunlar şunlardır:

4.2.1. Elektrik Piyasası Kanunu

Kanun, 6446 sayısı ile Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Kanunun amacı elektriğin sürekli, kaliteli, düşük maliyetli olarak tüketicilere sunulması, özel hukuk hükümlerine göre çalışan, güçlü ve şeffaf bir piyasanın oluşturulması ve bu piyasada bağımsız denetimin sağlanmasıdır.

Elektrik Piyasası Kanunu beş bölümden oluşur. Bu bölümler şunlardır:

- Birinci bölümde kanunun amacı, kapsamı ve kanun içindeki terimlerin tanımları yer alır.
- İkinci bölümde elektrik piyasasında yürütülen faaliyetler, faaliyetleri yürütecek tüzel kişi lerin uyması gereken esaslar ve bu tüzel kişilere verilecek lisansın esasları belirtilmiştir.
- Üçüncü bölümde elektrik piyasasında yapılacak denetimler ve bu denetimler sonucu tüzel kişilere verilecek cezalar ve uygulanacak yaptırımlar bulunur.
- Dördüncü bölümde tarifeler, tüketicilerin desteklenmesi, özelleştirme, kamulaştırma ve enerji kaynaklarının satın alınabilir bir fiyattan kesintisiz bir şekilde tüketiciye ulaşması için gerekli esaslar belirtilmiştir.
- Beşinci bölümde kanuna ilişkin diğer hükümler anlatılmıştır.

4.2.2. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun

Kanun, 4268 sayısı ile Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Kanununda Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun amacı, görev ve yetkileri ile çalışan personelin özlük işlemlerine ilişkin esasları belirtilmiştir.

4.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

Kanun 5346 sayısı ile Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Kanunun amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin arttırılması, kullanımının yaygınlaştırılması, kaliteli, ekonomik ve güvenilir bir biçimde kullanıma sunulması ve atıkların değerlendirilmesi için gerekli düzenlemeleri yapmaktır.

Kanun dört bölümden oluşur:

- Birinci bölümde kanunun amacı, kapsamı ve kanun içerisinde bulunan terimlerin tanımları yer alır.
- İkinci bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının belirlenmesi, korunması ve kullanılma sı için yapılması gereken iş ve işlemler belirtilmiştir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi işlemleri bu bölümde yer alır.
- Üçüncü bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi ile ilgili usul ve esaslar yer alır.
- Dördüncü bölümde yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretmek için yapılacak yatırımların usul ve esaslarına yer verilmiştir.

NOT

Kanunlarda belirtilen bazı esasların uygulamalarına ilişkin esaslar **T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı** veya **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu** tarafından hazırlanan yönetmelikler ile belirlenir.

SIRA SİZDE

Bir konu belirleyiniz ve bu konu ile ilgili bir sunum hazırlayınız. Sunumu 10 dakikalık olacak şekilde gerçekleştiriniz.

4.3. ELEKTRİK PİYASASINDA TÜKETİCİ HİZMETLERİ VE HAKLARI

Tüketici hizmetleri ve hakları ile ilgili hususlar, 14.03.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na dayanılarak hazırlanan, 30.05.2018 tarihli ve 30436 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği kapsamında yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı, elektrik enerjisi satışına ilişkin hizmetlerin sunulmasında tüketici ile tedarikçiler veya dağıtım şirketleri arasındaki asgari standart, usul ve esasların belirlenmesidir.

4.3.1. İkili Anlaşma Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları

İkili anlaşmalar tüketimi düşük serbest tüketicilerle (yıllık elektrik enerjisi tüketimi 100.000 KWh'den düşük olan tüketiciler) tedarikçiler arasında yapılan anlaşmaları kapsar. Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği'ne göre ikili anlaşma kapsamında tüketici hizmetleri ve hakları şunlardır:

- Tedarikçiyle ikili anlaşma yapılmadan önce tedarikçi, Tüketici Hakları Bilgilendirme Formu'ndaki bilgileri (Görsel 4.5) tüketici ile paylaşmalı ve tüketicinin bu bilgileri edindiğine dair belgeyi imzalatmalıdır. Daha sonra İkili Anlaşma Ön Bilgilendirme Formu'ndaki bilgiler (Görsel 4.6) açık ve anlaşılabilir bir şekilde doldurulmalıdır. Bu formlardaki bilgilerin doldurulması, saklanması ve tüketici tarafından teyit edildiğinin ispatı tedarikçiye aittir.

EK-3

Tüketici Hakları Bildirim Formu

İkili anlaşma imzalamadan önce, **Fiyat, Haklarınız ve Yükümlülüklerinizi** iyi bilmelisiniz.

1 **Genel bilgiler:**

- İkili anlaşma yapsanız da yapmasanız da hiç bir zaman elektriksiz kalmazsınız. **Son kaynak tedarik şirketi** size elektrik enerjisi ve kapasitesi temin etmek zorundadır.
- Tedarik şirketi EPDK'dan lisans alarak faaliyet gösteren özel tüzel kişiliklerdir. Kamu kurum ve kuruluşu değildir.
- İkili anlaşmanın beraberinde **Fiyat Karşılaştırma Formu** sunulması zorunludur.
- İkili anlaşma belirli süreli ve belirsiz süreli olmak üzere teklif edilebilir.
- Belirli süreli anlaşmada süre yer almalı ve bu süre **maksimum 3 yıldır.**

2

- İkili anlaşma başlangıç tarihi elektrik enerjisinin verilmeye başlandığı tarihtir.
- Önerilen fiyatı EPDK adresinde yer alan http://lisans.epdk.org.tr/epvys-web/faces/pages/online/tarifeFatura/tarifeFatura.xhtml Fatura Hesaplama Modülü Kullanarak mukayese edebilirisiniz.
- İndirim enerji bedeli üzerinden yapılır tüm fatura bedeli üzerinden indirim yapılması söz konusu değildir.
- Dağıtım bedeli, iletim bedeli ile fon, pay vergiler zorunlu yansıtılacak bedellerdir.
- İkili anlaşma enerji fiyatı EPDK tarafından belirlenmemektedir.
- Lisanslı olarak faaliyet gösteren tedarik şirketleri ile tüketici hak ve hükümlüklere ilişkin bilgiye http://www.epdk.org.tr/tr/anasayfasından ulaşabilirsiniz.

3

CAYMA BEDELİ UYGULAMASI: *Tüketici ikili anlaşmayı imzaladığı tarih ile elektrik enerjisi almaya başladığı tarihten sonra ilk üretilen fatura son ödeme tarihinden itibaren 14 gün içerisinde* ***herhangi bir bedel ödemeksizin ikili anlaşmayı sonlandırabilir****. Bu süre zarfında gerçekleşmesi hâlinde tüketilen elektrik enerjisi ve kapasite tutarına ilişkin bedel ilgili tedarik şirketine ödenir.*

Okudum, anladım. Tarih.....

Ad Soyadı :.....İmza.....

Lisans Sahibi Tüzel Kişi.....

Lisans No:.....

Bu belge Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği'nde yer almaktadır. İki nüsha olarak düzenlenecek olup bir nüshası tüketiciye teslim kalacaktır.

Görsel 4.5: Tüketici hakları bilgilendirme formu

EK-1

İKİLİ ANLAŞMA ÖN BİLGİLENDİRME FORMU	
Tedarikçi Bilgisi	…… ……
Tüketici Ad Soyad / Ünvan	…… ……
Kullanım Yeri Adresi	…… ……
İkili Anlaşma Bedeli	☐ Sabit bedel (Açıklama Yapılacak) ☐ Değişken bedel (Açıklama Yapılacak) ☐ Diğer bedel (Açıklama Yapılacak)
Tahsilatında Aracılık Edilen Bedeller	☐ Dağıtım bedeli (Açıklama Yapılacak) ☐ Enerji Fonu (Açıklama Yapılacak) ☐ Trt Payı (Açıklama Yapılacak) ☐ Tüketim vergisi (Açıklama Yapılacak) ☐ KDV (Açıklama Yapılacak)
Güvence Bedeli	(Güvence bedelinin alınıp, alınmayacağı alınacak ise tutarı, süresi ve şekli belirtilecek)
Gecikme Faizi	(Gecikme faizi uygulanıp, uygulanmayacağı uygulanacak oranı)
İkili Anlaşma Süresi	1 yıl☐ 2 yıl ☐ 3 yıl ☐
İkili Anlaşma Başlama Tarihi	İkili Anlaşma Başlama Tarih,……/…./……
İkili Anlaşma Sonlanma Tarihi	İkili Anlaşma Sonlama Tarih,……/…./……
Tüketici Cayma Hakkı	(Düşük tüketimli serbest tüketicinin hangi koşullarda cayma bedeli ödemeden ikili anlaşmayı sonlandıracağına ilişkin açıklama)

Tarih :

Tüketici Adı Soyadı

(İmza)

Şirket Yetkilisinin Adı Soyadı

Unvanı

(İmza)

Sabit bedel: Anlaşma süresi boyunca değiştirilmeksizin kr/kwh olarak uygulanan enerji bedelidir.
Değişken bedel: Anlaşma başında belirlenen baz enerji bedelinin anlaşma süresince belirlenen dönemlerde değiştirilerek kr/kwh olarak uygulanan enerji bedelidir.
Dağıtım Bedeli: EPDK tarafından belirlenen ve belirlenen dönemlerde değişebilen bedeldir.
Enerji Fonu: İletim, dağıtım ve perakende satış hizmetlerine ilişkin bedeller hariç olmak üzere, elektrik enerjisi satış bedelinin %1 olarak hesaplanan tutar.
TRT Payı: İletim, dağıtım ve perakende satış hizmetlerine ilişkin bedeller hariç olmak üzere, elektrik enerjisi satış bedelinin %2'si olarak hesaplanan tutar.
Tüketim Vergisi: İletim, dağıtım ve perakende satış hizmetlerine ilişkin bedeller hariç olmak üzere, elektrik enerjisi satış bedelinin meskenlerde %5 diğerlerinde %1 olarak hesaplanan tutar.
KDV: Vergi, fon ve pay dahil toplam bedelin % 18 dir.

Görsel 4.6: İkili antlaşma ön bilgilendirme formu

- İkili anlaşmalar yüz yüze veya uzaktan erişim ile yapılabilir. Yazılı olarak yapılan ikili anlaşmada ıslak imza veya güvenli elektronik imza kullanılır. Tedarikçi tarafından ikili anlaşma ve eklerinin "Aslının aynıdır." onaylı bir örneğinin anlaşmanın yapıldığı gün kâğıt üzerinde veya bilgisayar ortamında tüketiciye verilmesi zorunludur.

- Tedarikçi, Görsel 4.5 ve Görsel 4.6'daki formları ve ikili anlaşmanın yapıldığına dair bilgi ve belgeleri kâğıt üzerinde veya bilgisayar ortamında ikili anlaşmanın sonlandığı tarihten itibaren 3 yıl süre ile saklar. İstendiğinde bu belgeleri kuruma ve yıl içinde bir defadan fazla olmamak üzere tüketiciye sunar. Tedarikçi bu kapsamda tüketiciden herhangi bir ücret talep edemez.
- Tüketimi düşük serbest tüketici, ikili anlaşmanın yapıldığı ya da yenilendiği tarihten itibaren 14 gün içinde herhangi bir gerekçe göstermeksizin ve cayma bedeli ödemeksizin telefonla, e-postayla veya yazılı olarak bildirim yaparak anlaşmadan cayma hakkına sahiptir.
- Belirli süreli ikili anlaşma, anlaşmada belirlenen sürenin sonunda kendiliğinden sona erer.
- İkili anlaşmada tedarikçiye tüketici aleyhine tek taraflı değişiklik yapma yetkisi verilemez. Tedarikçi ikili anlaşmaya ilişkin değişiklik önerisini İkili Anlaşma Değişiklik Bildirmi Formu'nu doldurarak kayıt altına alır. Bu formu değişikliğin yürürlüğe gireceği tarihten en az 15 gün önce tüketiciye iletir (Görsel 4.7).

EK-3(Değişik:RG-20/2/2021-31401)

İKİLİ ANLAŞMA DEĞİŞİKLİK BİLDİRİMİ

Tedarikçinin ; **Adı/unvanı** **Adresi** **Mersis numarası** **Vergi Kimlik Numarası** **Lisans Numarası** **Tüketici Hizmetleri Merkezlerinin Telefon ve Faks Numarası** **İnternet ve Elektronik Posta Adresi**	…… ……		
Tüketici Ad Soyad / Ünvan	…… ……		
Kullanım Yeri Adresi	…… ……		
Değişiklik önerilen madde numara ve mevcut metni/metinleri	……		
Değişiklik önerilen madde numara ve değişiklik işlenmiş metin/metinleri	……		
İkili Anlaşma Aktif Enerji Bedeli	Mevcut aktif enerji bedeli	Değişiklik sonrası aktif enerji bedeli	
Değişikliğin Yürürlüğe Girme Tarihi	……		
Tahsilatında Aracılık Edilen Bedeller	☐ Dağıtım bedeli (Açıklama Yapılacak) ☐ Enerji Fonu (Açıklama Yapılacak) ☐ Trt Payı (Açıklama Yapılacak) ☐ Tüketim vergisi (Açıklama Yapılacak) ☐ KDV (Açıklama Yapılacak)		
İkili Anlaşma Süresi			
İkili Anlaşma Başlama Tarihi	İkili Anlaşma Başlama Tarih,……/…./……		
İkili Anlaşma Sonlanma Tarihi	İkili Anlaşma Sonlama Tarih,……/…./……		

Tarih :

Şirket Yetkilisinin Adı Soyadı

Unvanı

(İmza)

Görsel 4.7: İkili antlaşma değişiklik bildirim formu

- Tüketimi düşük serbest tüketici, anlaşma süresi sona ermeden önce, bazı nedenlerden dolayı cayma bedeli ve ceza ödemeden, önceden bildirerek ikili anlaşmayı feshedebilir. Bu nedenler şunlardır:
  - ✓ Tedarikçinin gerekli bilgilendirmeyi veya bildirimleri gereği gibi ya da hiç yapmaması.
  - ✓ Tüketicinin ikili anlaşma kapsamında doğan alacağını tedarikçinin 5 iş günü içinde ödememesi.
  - ✓ Tüketicinin tedarikçiden kaynaklanan nedenlerle ikili anlaşmada belirtilen tarihte abone listesine geçirilmemesi.
  - ✓ Tüketicinin başka bir kullanım yerine taşınması ya da başka bir kullanım yerine taşınmaksızın kullanım yerini tahliye etmesi.
  - ✓ Tedarikçinin ilgili mevzuat kapsamındaki borçlarına dair yükümlülüklerini yerine getirmemesi.
  - ✓ İkili anlaşma kapsamındaki faturanın dağıtım şirketince okunarak piyasa yönetim sistemine (PYS) girilen endeks değerlerine göre düzenlenmemesi.
- İkili anlaşmanın tahliye nedeniyle sonlandırılması hâlinde tedarikçi, dağıtım şirketini bilgilendirir. Dağıtım şirketi bildirimden sonra kentsel ve kent altı dağıtım bölgesinde 1 gün içinde, kırsal dağıtım bölgesinde ise 2 gün içinde son endeks değerlerini alarak kullanım yerinin elektriğini keser. Endeks değerlerinin alınmasını izleyen gün içinde bu değerler tedarik şirketine bildirilir.
- İkili anlaşma kapsamında elektrik enerjisi ve kapasite satışına ilişkin aktif enerji, fon, pay ve vergiler ile bunun dışında EPDK tarafından onaylanmış bedeller de yer alır. Bu bedellerin anlaşmanın düzenlendiği tarihteki tutarına ve değişmesi durumunda yeni tutarların tüketiciye bildirilme yöntemine anlaşmada yer verilir (Görsel 4.8).

EK-2/B (Değişik:RG-20/2/2021-31401)

Fiyat Karşılaştırma Tablosu

1- İkili anlaşma aktif enerji bedeli ile Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından belirlenen ve aynı tüketici grubuna uygulanan fiyat ve mukayesesi aşağıda verilmiştir.

Tüketici grubu……..

……..Tarihi itibariyle	Epdk tarafından belirlenen bedel			Şirket Tarafından Önerilen Bedel		
	Gündüz	Puant	Gece	Gündüz	Puant	Gece
Kwh (Tahmini Miktar)						
Enerji Bedeli kr/kWh						
Dağıtım Bedeli kr/kWh						
Toplam Tutar						

2- Tahsilatına aracı edilen fon, pay vergi ayrıca ilave edilecektir.

3- Anlaşma süresince uygulanan fiyatı EPDK adresinde **http://www.epdk.gov.tr** yer alan **Fatura Hesaplama Modülü Kullanarak** mukayese edebilirsiniz.

Okudum Anladım : Tüketici İmzası:

Tarih :
Şirket Yetkilisinin Adı Soyadı
Unvanı
(İmza)

Görsel 4.8: Fiyat karşılaştırma tablosu formu

- Tedarikçi, ikili anlaşma kapsamında yapacağı elektrik enerjisi veya kapasite satışı için ek ya da çok zamanlı dilimlerinde olmak üzere aktif enerji bedelini kr/kWh olarak fiyatlandırır.
- Tedarikçi, tüketimi düşük serbest tüketiciden elektrik enerjisi veya kapasite satışına ait ödeme yükümlülüğünü yerine getirmeme riskine karşı güvence bedelini anlaşma yapılırken nakit ya da teminat mektubu olarak talep edebilir.

4.3.2. Perakende Satış Sözleşmesi Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları

Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği kapsamındaki perakende satış sözleşmesi kapsamında tüketici hizmetleri ve hakları şunlardır:

- Perakende satış tarifesinden elektrik enerjisi veya kapasite almak isteyen tüketiciler, görevli tedarik şirketine e-devlet kapısı aracılığıyla şirketin kurumsal iletişim kanalları üzerinden ya da yazılı olarak başvuruda bulunur.
- Perakende satış sözleşmesi başvurusu yapan tüketicilerden (gerçek ve tüzel kişi) kimlik fotokopisi, ikametgâh belgesi, tapu fotokopisi, kira sözleşmesi, daha önce kullanımda bulunduğu yerde elektrik borcunun olmadığını gösterir "Borcu yoktur." belgesi, Ticaret Sicil Gazetesi, vergi levhası veya vergi numarasını gösterir belge istenmez. Perakende satış sözleşmesindebbahsi geçen binanın veya tesisin mülkiyetinin kime ait olduğu konusunda da tüketicinin beyanı esas alınır ve bu hususta ayrıca bir belge istenmez.
- Tedarikçisi ve tüketici grubu aynı kalmak koşulu ile perakende satış sözleşmesi kapsamında elektrik enerjisi satın alırken kullanım yerini değiştiren tüketicinin bir önceki kullanım yerine ait elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklı yükümlülüklerini yerine getirmesi zorunlu dur. Bu yükümlülükler yerine getirilmeden yeni bir perakende satış sözleşmesi imzalanamaz.
- Görevli tedarik şirketi tüketiciye, elektrik teminine başladığı tarihten itibaren 2 iş günü içinde kısa mesaj, telefon, e-posta veya posta yoluyla bildirimde bulunur.
- Perakende satış sözleşmesinin "Aslının aynıdır." onaylı bir örneği sözleşmenin yapıldığı gün yazılı şekilde tüketiciye verilir veya e-posta yoluyla 15 iş günü içinde gönderilir.
- Perakende satış sözleşmesi, görevli tedarik şirketlerinin de görüşleri alınarak EPDK tarafından belirlenir.
- Görevli tedarik şirketi, perakende satış sözleşmesi sonlandırma başvurusunun şirketin mesai saatleri içinde yapılması hâlinde aynı gün, mesai saatleri dışında yapılması hâlinde en geç izleyen iş günü dağıtım şirketine bildirir. Dağıtım şirketi kentsel ve kent altı dağıtım bölgesinde bildirimi izleyen gün içinde, kırsal dağıtım bölgesinde bildirimi izleyen 2 gün içinde son endeks değerlerini alarak kullanım yerinin elektriğini keser. Endeks değerlerinin alınmasını izleyen gün içinde bu değerler görevli tedarik şirketine bildirilir. Sözleşme, elektriğin kesildiği tarihte sona erer.
- Tüketicinin 5 günden az olmamak üzere ileri tarihli sonlandırma talebi olması durumunda, görevli tedarik şirketi perakende satış sözleşmesinin sona erdirileceği tarihin en az 2 gün öncesinden, ilgili dağıtım şirketine kayıt altına alınmak suretiyle bilgi vermekle yükümlüdür. Dağıtım şirketi, sayaç değerlerini okuyarak sözleşmenin sona erdirilmesinin talep edildiği tarihte kullanım yerinin elektrik enerjisini keser. Endeks değerlerinin alınmasını izleyen gün bu değerler görevli tedarik şirketine bildirilir.
- Görevli tedarik şirketi, kullanım yerinin değişmesi, perakende satış sözleşmesinin sona ermesi veya feshi hâlinde tüketicinin elektrik enerjisi tüketim bedelini ödememesi ihtimaline karşı güvence bedeli talep eder.
- Güvence bedeli, nakit ya da teminat mektubu olarak verilebilir. Ancak mesken tüketici grubundaki tüketiciler güvence bedelini sadece makbuz karşılığında nakit olarak verirler.
- Nakit olarak verilecek güvence bedelinin tamamının peşin verilmesi gerekir. Ancak tüketicinin talebi hâlinde, güvence bedeli mesken tüketici grubunda bulunan tüketiciler için faturaya yansıtılmak üzere iki eşit taksitte, diğer tüketici grupları için ilk taksit peşin ikinci taksit faturaya yansıtılmak üzere tahsil edilir.
- Perakende satış sözleşmesinin feshi veya sona ermesi, eski sayacın ön ödemeli sayaçla değiştirilmesi gibi durumlarda güvence bedeli iade edilir.

- Perakende satış sözleşmesinin tarafları, sözleşmede geçen sahip oldukları bilgilerin gizli tutulması için gerekli tedbirleri almak ve söz konusu bilgileri, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği ile düzenlenen hususlar dışında kullanmamak ve açıklamamak ile yükümlüdür.

4.3.3. Sayaç Okuma ve Faturalama Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları

Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği'nde sayaç okuma, faturalama kapsamında tüketici hizmetleri ve hakları şunlardır:

- Sayaçlar en az 25, en fazla 35 günlük dönemlerle dağıtım şirketi tarafından her ay bir defa okunur. Bu okuma aylık okuma olarak değerlendirilir.
- Fatura yazılı olarak düzenlenir. Tüketicinin tercih etmesi hâlinde tüketiciye mesaj ya da elektronik posta yoluyla da gönderilebilir.
- Fatura dönemi ikili anlaşmada taraflarca belirlenir.
- Tedarikçi tarafından düzenlenen fatura, tüketiciye son ödeme tarihinden en az 10 gün önce yazılı olarak gönderilir.
- Tüketicinin talebi üzerine tedarikçi, son iki yıla ait fatura dönemleri itibarıyla tüketici ödeme durumunu gösteren belgeyi 5 iş günü içinde herhangi bir bedel talep etmeden sunar.
- Fatura tutarına itiraz öncelikle tedarikçiye yapılır.
- Tüketicinin elektrik enerjisi tüketimine ilişkin ödemelerini son ödeme tarihine kadar yapmaması durumunda görevli tedarik şirketi tüketiciye yazılı olarak en az 5 iş günü ödeme süresini içeren ikinci bildirimde bulunur. Görevli tedarik şirketi yazılı bildirimle birlikte mesaj yada elektronik posta kullanarak tüketiciyi bilgilendirmek zorundadır.
- İkinci bildirimde ödeme yükümlülüğünün belirtilen sürede yerine getirilmemesi hâlinde elektrik enerjisinin kesileceği de belirtilir.
- Tüketicinin öngörülen ödemelerini, ikinci bildirimde belirtilen süre içinde de yapmaması hâlinde, görevli tedarik şirketinin bildirimi üzerine, bildirim tarihinden itibaren en geç 5 iş günü içinde dağıtım şirketi tarafından kullanım yerinin elektriği kesilir ve kesme bildiriminin bir örneği kullanım yerine bırakılır.
- Tüketicilerin zamanında ödenmeyen borçlarına, görevli tedarik şirketi tarafından yönetmelikte belirlenen oranı aşmamak üzere günlük gecikme zammı uygulanır.
- Borcun zamanında ödenmemesi nedeniyle elektrik enerjisi kesilmiş tüketicinin, birikmiş borçlarını gecikme zamları ile birlikte peşin ödemesi veya görevli tedarik şirketi tarafından belirlenen takvim dâhilinde ödemeyi taahhüt ödemesi hâlinde tüketicinin elektrik enerjisi yeniden bağlanır.
- Aynı kullanım yerine ait, başka tüketicilerin önceki dönemlere ilişkin tüketimlerinden kaynaklanan borçlarını yeni tüketicinin üstlenmesi talep edilemez.
- Tüketicinin borcu nedeniyle aynı tüketicinin başka bir perakende satış sözleşmesine konu kullanım yerinin elektriği kesilemez.
- Sayacın arızalanması veya ölçme hassasiyetinden şüphe edilmesi hâlinde tüketici veya dağıtım şirketi tarafından kontrolü talep edilebilir.

4.3.4. Tüketicinin Korunması ve Desteklenmesi Kapsamında Tüketici Hizmetleri ve Hakları

Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği tüketicinin korunması ve desteklenmesi kapsamında tüketici hizmetleri ve hakları şunlardır:

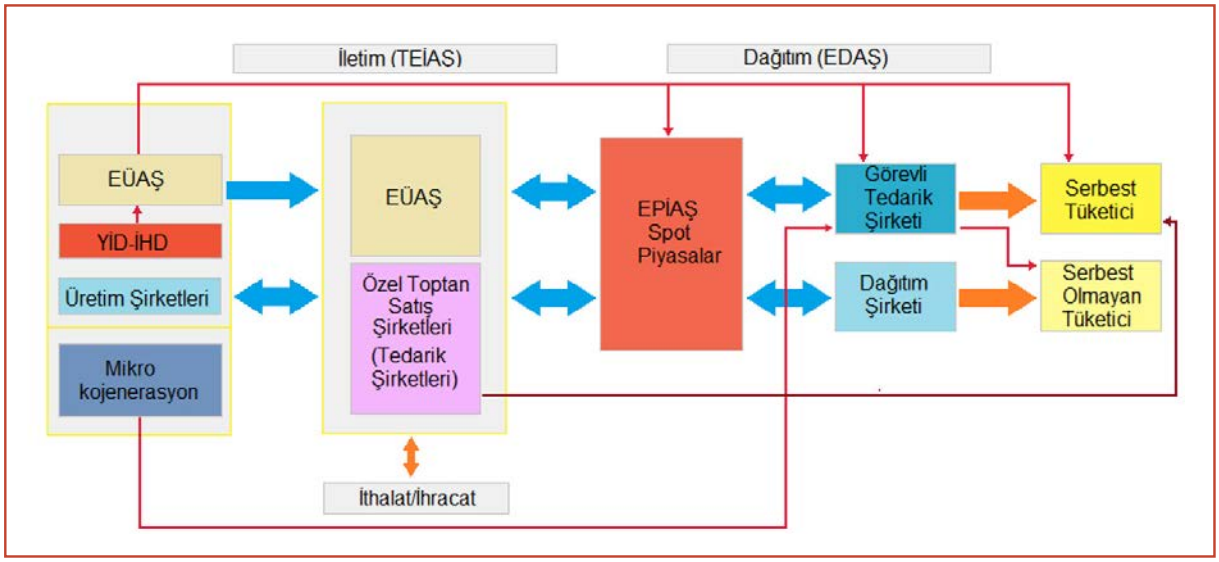
- Dağıtım şirketleri elektrikle çalışan diyaliz destek ünitesi, solunum cihazı ve benzeri yaşam destek cihazlarına bağımlı olan ve destekleyici belgelere sahip tüketicilerin yazılı başvuru su halinde bu tüketicilerin yaşadığı kullanım yerlerine ait perakende satış sözleşmeleri ve ikili anlaşmaları kayıt altına alır.

- Geçerli sağlık raporunu dağıtım şirketine ibraz eden söz konusu tüketicilerin usulüne uygun elektrik tüketimi nedeniyle oluşabilecek borçlarından dolayı elektrikleri kesilmez. Tedarikçi, tüketicinin talebi hâlinde borcu taksitlendirir. Taksit süresi azami dört aydır.
- İlgili dağıtım şirketi, tüketicinin elektriğinin kesilmemesi için raporun kendisine ibraz tarihinden itibaren 3 iş günü içinde tedarikçi şirkete bilgi vermekle yükümlüdür.
- Dağıtım şirketi tüketiciye, sağlık raporunun süresinin sona ereceğine ilişkin bilgilendirmeyi sağlık raporunun süresinin sona erme tarihinden en az 20 gün önce yapar. Tüketici, ibraz ettiği sağlık raporunun süresinin sona erme tarihinden itibaren 30 gün içinde, geçerli raporunu dağıtım şirketine bildirmekle yükümlüdür.
- Planlı elektrik kesintilerinin söz konusu olması durumunda bu tüketiciler elektrik dağıtım şirketleri tarafından tüketicinin belirlediği iletişim aracıyla öncelikle bilgilendirilir.
- Plansız elektrik kesintilerinin söz konusu olması durumunda bu tüketiciler kesinti ile ilgili durum hakkında elektrik dağıtım şirketleri tarafından tüketicinin belirlediği iletişim aracıyla bilgilendirilir.
- Kendi adına perakende satış sözleşmesi yapmış mesken tüketici grubundaki 65 yaş üstü kişilerin, %40 üzerinde engelliliği olanların , şehit ailelerinin ,muharip/malul gazilerin ve mesken altı tüketici grubunda bulunan tüketicilerin elektrikleri ancak belirli şartlarda kesilebilir. Bu kişilerin elektriğinin kesilmesi için tek bir kullanım yerine ait faturaların yıl içinde peş peşe en az üç dönem zamanında ödenmemesi ve tüketicinin görevli tedarik şirketi tarafından kesinti yapılacağına dair bilgilendirildiğinin ispatı gerekir.
- Dağıtım şirketleri ve görevli tedarik şirketleri tarafından tüketici hizmetleri merkezlerinin bünyesinde, tüketicilere yönelik 24 saat kesintisiz hizmet verecek çağrı merkezi kurulur. Çağrı merkezi hizmet kalitesi standartlarına ilişkin usul ve esaslar kurul kararı ile belirlenir.
- Dağıtım şirketleri ve görevli tedarik şirketlerinin internet sitelerinde, kolayca görülebilecek ve erişilebilecek şekilde “itiraz başvurusu” veya “şikâyet başvurusu” erişimine yer verilmesi zorunludur.
- Arıza bildirimleri ile kaçak ve usulsüz elektrik enerjisi kullanım ihbarları, şikâyetler ve bilgi edinmeye ilişkin tüm başvurular ilgili tüzel kişiye yazılı, telefonla veya internet aracılığıyla yapılabilir.
- Tüketici hizmetleri merkezi tarafından kaydedilen başvurular 15 iş günü içinde sonuçlandırılarak öngörülen işlem, başvuru sahibinin talebi doğrultusunda posta, mesaj veya elektronik posta ile bildirilir.
- Kaçak ve usulsüz elektrik enerjisi kullanımına ilişkin ihbarları yapan kişilerin kimlikleri gizli tutulur.
- Tüketici hizmetleri merkezine ulaşan tüm başvuru, ihbar ve şikâyetlerin mevzuat hükümleri çerçevesinde, ilgili tüzel kişilerce kayıt altına alınmak suretiyle kurum tarafından istenilen zamanda ve formatta raporlanması zorunludur.
- Dağıtım şirketi ve görevli tedarik şirketleri tüketicilerin yeterli, güvenli, sürekli ve kolay bir şekilde hizmet alabilmeleri ayrıca hizmet seçeneklerini öğrenebilmeleri için gerekli bilgilendirme faaliyetini yerine getirmekle yükümlüdür.
- Dağıtım şirketi, tüketicinin talebi hâlinde her takvim yılı içinde iki defadan fazla olmamak üzere, geçmiş 24 aya yönelik elektrik enerjisi tüketimini tek zamanlı veya çok zamanlı olarak kWh cinsinden gösteren belgeyi ücretsiz olarak sunmakla yükümlüdür.
- Dağıtım lisansı sahibi tüzel kişi, programlı kesintiler hakkında tüketicileri kesintinin başlama zamanından en az 48 saat önce bilgilendirmekle yükümlüdür. Tüketiciye kesintinin tarih, başlangıç ve sona erme zamanı bildirilir. Bilgilendirme; yazılı, işitsel veya görsel basın yayın kuruluşları ve internet sitesi aracılığıyla yapılabilir. Ayrıca isteyen kullanıcılara kısa mesaj veyaelektronik posta gönderilir.
- Tedarikçi, tüketiciye ait bilgileri başka bir amaçla kendi faaliyetlerinde kullanamaz, aksi belirtilmemiş hususlar dışında diğer tedarikçilerle paylaşamaz.

4.4. ELEKTRİK PİYASASI BİLEŞENLERİ

Elektriğin üretimden nihai tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreçte elektrik piyasasında dört bileşen hizmet verir. Bunlar; elektrik üretimi, elektrik iletimi, elektrik dağıtımı ile elektriğin toptan ve perakende satışıdır.

Görsel 4.9'da elektrik piyasası bileşenleri görülmektedir.

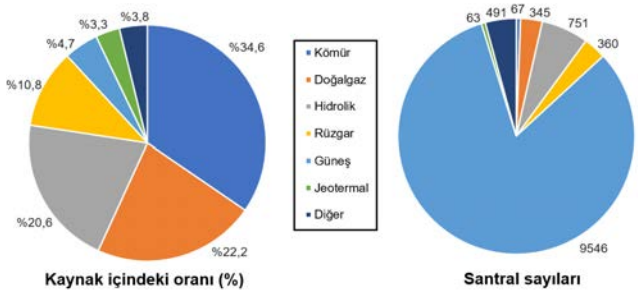


Görsel 4.9: Elektrik piyasası bileşenleri

4.4.1. Elektrik Üretimi

Enerji kaynaklarının elektrik üretim tesislerinde elektrik enerjisine dönüştürülmesine **elektrik üretimi** denir (6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu). Üretim faaliyeti, kamu ve özel sektör üretim şirketleri ile organize sanayi bölgesi tüzel kişiliği tarafından yürütülebilir. Üretim için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan lisans almak zorunlu olsa da EPK'nin 14. maddesine göre bazı istisna ve muafiyetler mevcuttur. Örneğin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden kurulu gücü 1 MW'ı aşmayanlar, belediyelerin katı atık tesisleri ile arıtma tesisi çamurlarının kaldırılmasında kullanılmak üzere kurulan elektrik üretim tesisleri, mikro kojenerasyon tesisleri ve Bakanlıkça belirlenecek verimlilik değerini sağlayan kojenerasyon tesislerinden kurulca belirlenenlerin lisans alma zorunluluğu yoktur.

Türkiye'de üretim, Elektrik Üretim A.Ş. ve bağlı ortaklıkları/iştirakleri ile özel sektör üretim şirketleri tarafından gerçekleştirilir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre 2022 yılında elektrik üretimi kaynakları ve bu kaynakların üretimdeki oranları Görsel 4.10'da verilmiştir. Türkiye'de elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2023 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla 11.623'e (lisanssız santraller dâhil) yükselmiştir.



Görsel 4.10: Elektrik enerjisi üretim kaynakları, oranları ve santral sayıları (2022)

EÜAŞ, elektrik üretiminin yanı sıra toptan elektrik ticaretini ve kamu adına elektrik enerjisi alım faaliyetlerini de yerine getirir. EÜAŞ'ın bu yükümlülükleri kapsamında enerjiyi satın aldığı yerler şunlardır:

- "Yap, İşlet, Devret" modeli ile işletilen santraller
- İşletme hakkı devir modeli ile işletilen santraller
- Kömür yakıtlı santraller
- Serbest piyasa

Özel sektör elektrik üretim şirketleri sahibi oldukları, kiraladıkları veya işletme hakkını devraldıkları üretim tesisi ya da tesislerinde elektrik enerjisi üreten ve satan tüzel kişilerdir. Özel sektör, dağıtım şirketleri ile kontrol oluşturmaksızın ortaklık ilişkisine girebilir. Özel üretim şirketlerinin ortakları ile birlikte üretecekleri elektrik enerjisinin piyasada sahip olacağı toplam pay, bir önceki yıla ait yayımlanmış Türkiye toplam elektrik enerjisi kurulu gücünün yüzde yirmisini geçemez.

4.4.2. Elektrik İletimi

Elektrik iletimi, elektrik enerjisinin gerilim seviyesi 36 kV üzerindeki hatlar üzerinden naklidir (6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu). Türkiye'de elektrik enerjisi iletim faaliyetleri Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından yapılır.

Kanuna göre TEİAŞ'ın görev ve yükümlülükleri şunlardır:

- Kurulması öngörülen yeni iletim tesisleri için iletim yatırım planı yapmak.
- Yeni iletim tesislerini kurmak ve işletmek.
- Gerektiğinde iletim sisteminde ikame ve kapasite artırımı yatırımı yapmak.
- Yürüttüğü faaliyetlere ilişkin tarife tekliflerini kurumun belirlediği ilke ve standartlar çerçevesinde hazırlamak ve kurumun onayına sunmak.
- Şebeke, dengeleme, uzlaştırma ve yan hizmetler hakkındaki yönetmeliklerin uygulanmasını gözetmek, bu amaçla gerekli incelemeleri yapmak, sonuçlar hakkında kuruma rapor sunmak ve gerekli tedbirlerin alınmasını talep etmek.
- Yük dağıtımı ve frekans kontrolünü gerçekleştirmek.
- Piyasa işletim lisansı kapsamında yan hizmetler piyasasını ve dengeleme güç piyasasını işletmek.
- Gerçek zamanlı sistem güvenilirliğini izlemek, sistem güvenilirliğini ve elektrik enerjisinin öngörülen kalite koşullarında sunulmasını sağlamak.
- Bakanlığın kararı doğrultusunda uluslararası enterkonneksiyon çalışmalarını yapmak, iletim sistemine bağlı veya bağlanacak serbest tüketiciler dâhil tüm sistem kullanıcılarına iletim ve bağlantı hizmeti sunmak.

4.4.3. Elektrik Dağıtımı

Elektrik dağıtımı, elektrik enerjisinin 36 kV ve altındaki hatlar üzerinden naklidir (6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu). Türkiye'de 21 dağıtım bölgesi vardır. Her bölgede tek bir lisanslı dağıtım şirketi faaliyet gösterir.

Dağıtım şirketlerinin görev ve yükümlülükleri şunlardır:

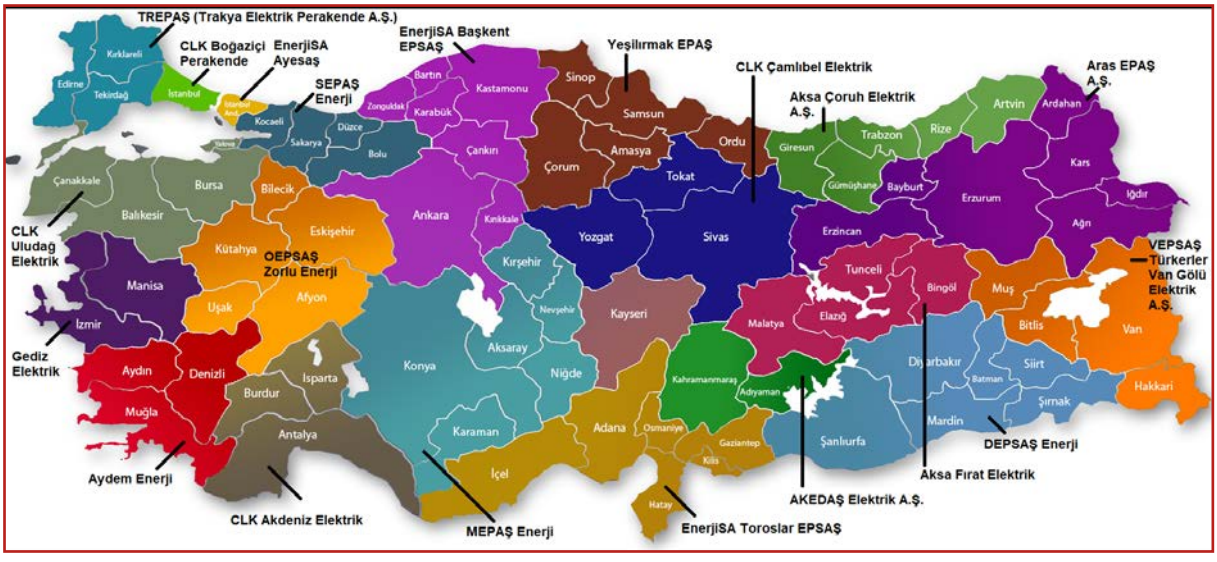
- Dağıtım faaliyetini lisansı kapsamında belirlenen bölgede yürütmek.
- Lisansında belirlenen bölgede sayacın okunması, bakımı ve işletilmesi hizmetlerini yerine getirmek.
- Lisansında belirtilen bölgedeki dağıtım sistemini elektrik enerjisi üretimi ve satışında rekabet ortamına uygun şekilde işletmek.
- Dağıtım sistemine bağlı ve/veya bağlanacak tüm dağıtım sistemi kullanıcılarına ilgili mevzuat hükümleri doğrultusunda eşit taraflar arasında ayrım gözetmeksizin hizmet sunmak.

- Dağıtım sistemi tesislerini yenilemek, kapasite ikame ve artırım yatırımları yapmak.
- Yönetmelik hükümleri doğrultusunda yan hizmetleri sağlamak.
- Dağıtım lisansında belirlenen bölgelerde talep tahminlerini hazırlamak ve TEİAŞ'a bildirmek.
- Dağıtım bölgesinde, genel aydınlatmayı ve bunlara ait gerekli ölçüm sistemlerini tesis etmek ve işletmek.



Görsel 4.11: Lisanslı elektrik dağıtım şirketleri

Türkiye'de ayrı lisanslara sahip dağıtım şirketleri Görsel 4.11'de, görevli tedarik şirketleri Görsel 4.12'de görülmektedir.



Görsel 4.12: Lisanslı görevli tedarik şirketleri

4.4.4. Elektrik Toptan ve Perakende Piyasalar

Türkiye Elektrik Piyasaları işleyiş yapısı Görsel 4.13'te görülmektedir. Elektrik piyasalarında toptan ve perakende satış faaliyetleri, üretim şirketleri ile tedarik lisanslı kamu ve özel sektör tedarik şirketleri tarafından yürütülür. Elektrik piyasasında toptan ve perakende satış faaliyetlerinin yürütülmesinde Elektrik Piyasası Kanunu ve bu kanuna göre çıkarılan yönetmelikler esas alınır.

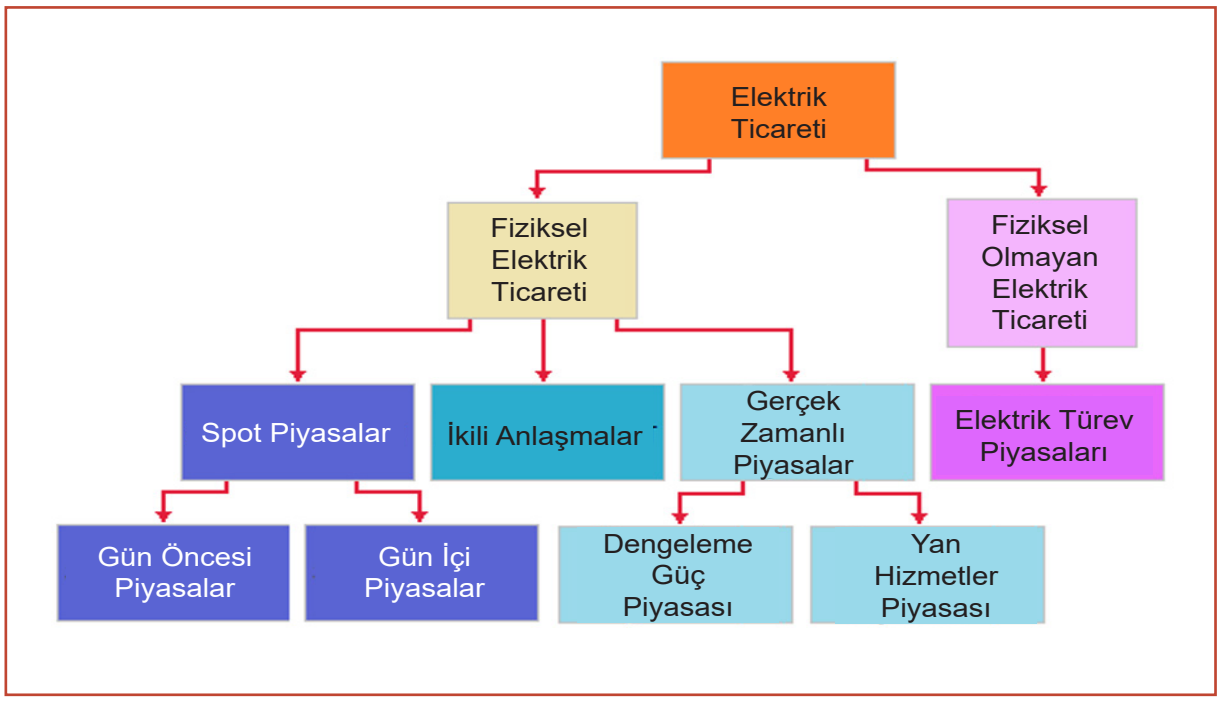
4.4.4.1. Elektrik Toptan Piyasalar

Üretim şirketleri, ürettikleri elektrik enerjisi veya kapasiteyi tedarik lisanslı şirketlere, perakende satış lisansı sahibi şirketlere ve serbest tüketicilere ikili anlaşmalar yoluyla satabilir. Uluslararası enterkonneksiyon şartı oluşmuş ülkelere elektrik enerjisi veya kapasite ihracatı yapabilir. Tedarik şirketleri, herhangi bir bölge sınırlaması olmaksızın serbest tüketicilere toptan veya perakende satış yapabilir. Uluslararası enterkonneksiyon şartı oluşmuş ülkelere elektrik enerjisi veya kapasitenin hem ihracatını hem de ithalatını yapabilir. İthalat ve ihracat faaliyetleri Bakanlığın uygun görüşü doğrultusunda, Elektrik Piyasası Kanunu ve yönetmelikler uyarınca kurul onayıyla yapılır. Kamu adına üretim, toptan satış, perakende satış, ithalat ve ihracat faaliyetlerini EÜAŞ gerçekleştirir.

EÜAŞ tarafından üretilen ve satın alınan elektrik enerjisi şu şirketlere satılır:

- Elektrik dağıtım şirketleri
- Görevli tedarik şirketleri
- Mevcut sözleşmeler kapsamındaki müşteriler
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Kuruluşları
- Serbest piyasa

Toptan elektrik satışı taraflar arasında imzalanan ikili anlaşmalar çerçevesinde veya organize toptan satış piyasalarında yapılır. Elektrik Piyasası Kanunu'na göre organize toptan satış piyasaları EPİAŞ, TEİAŞ ve Borsa İstanbul tarafından organize edilir. Bu şirketlerin görevleri şunlardır (Görsel 4.13):



Görsel 4.13: Elektrik piyasası işleyiş yapısı

- Piyasa işletim lisansı sahibi tek şirket olan piyasa işletmecisi (EPİAŞ) gün öncesi piyasası ve gün içi piyasasını organize ederek işletir. Uzlaştırma işlemlerini gerçekleştirir, ilgili piyasa katılımcılarına alacak borç bildirimlerinin hazırlanması faaliyetlerini yürütür.

Gün Öncesi Piyasası (Spot Piyasa, GÖP): Elektriğin teslimat gününden bir gün öncesinde elektrik ticareti ve dengeleme faaliyetleri için kullanılan, piyasa işletmecisi tarafından işletilen, organize bir piyasadır. Her gün saat 12.30'a kadar gün öncesi piyasasına katılan piyasa katılımcıları bir sonraki güne ait gün öncesi piyasası tekliflerini GÖP yazılımı aracılığıyla piyasa işletmecisine bildirir.

Gün İçi Piyasası (GİP): Elektrik ticaretinde piyasa katılımcılarına ek alış satış imkânları sağlayan, piyasa işletmecisi tarafından işletilen, dengeleme amaçlı piyasadır. Gün içi piyasası, gün öncesi piyasası ile dengeleme güç piyasası arasında köprü görevi görerek elektrik piyasasının dengelenmesine ve sürdürülebilirliğine büyük katkı sağlar. Piyasa katılımcılarına kısa vadede portföylerini dengeleme fırsatı sunar. Gün içi piyasası işlemleri saatlik bazda gerçekleştirilir. Sürekli devam eden bir piyasa olup gün içi piyasasına fiziksel teslimattan 60 dakika öncesine kadar teklif verilebilir, verilen teklifler güncellenebilir, iptal edilebilir veya pasif duruma getirilebilir.

Uzlaştırma: Gün öncesi piyasası, gün içi piyasası, dengeleme güç piyasası, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ve enerji dengesizliğinden doğan alacak ve borç miktarlarının hesaplanması amacıyla piyasa işletmecisi tarafından gerçekleştirilen faaliyetlerdir.

- Sistem işletmecisi TEİAŞ tarafından dengeleme güç piyasası ve yan hizmetler piyasası organize edilerek işletilir. Dengeleme güç piyasası ve yan hizmetler piyasasının amacı gerçek zamanlı denge sağlamaktır.

Dengeleme Güç Piyasası (DGP): Elektriğin teslimat saatinde ortaya çıkabilecek arızalar veya tahmin sapmaları sebebiyle arz ve talebin dengelenememesi durumlarında, dengeleme faaliyetleri için sistem işletmecisi tarafından işletilen organize toptan elektrik piyasasıdır. **Gerçek zamanlı piyasa** olarak da adlandırılır. Sistem işletmecisi arz ve talebin gerçek zamanlı olarak dengelenmesi amacıyla 15 dakika içinde yedek kapasitenin alış ve satışını gerçekleştirir. Sistem işletmecisi ve piyasa işletmecisi DGP faaliyetlerin yürütülmesinde gerekli her türlü koordinasyon ve haberleşmeyi sağlar.

Yan Hizmetler Piyasası (YHP): Yan hizmetlerin tedarik edildiği, sistem işletmecisi tarafından işletilen organize elektrik piyasasıdır. YHP ile iletim veya dağıtım sisteminin güvenilir şekilde işletimi ve elektriğin gerekli kalite koşullarında hizmete sunulması amaçlanır. Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği'nde yer alan primer frekans kontrolü, sekonder frekans kontrolü, bekleme yedekleri, anlık talep kontrolü, reaktif güç kontrolü, oturan sistemin toparlanması, bölgesel kapasite kiralama hizmetleri yan hizmetler sınıfındadır.

Vadeli İşlemler ve Opsiyon Piyasası: Borsa İstanbul AŞ (BİST) tarafından işletilen türev ürünlerin işlem gördüğü vadeli işlemler ve opsiyon piyasasıdır (VİOP). VİOP'ta sözleşmeler standart olup yapılan işlemler takas kurumu tarafından garanti altına alınır. VİOP'ta sadece elektrik sözleşmeleri işlem görür. Türev piyasalarında elektrik ticaretinde oluşacak fiyat ve miktar önceden belirlenip sabitlenir. İleri bir tarihte gerçekleşecek elektrik ticareti için önceki bir tarihten fiyat ve miktar belirlenir. Riski minimize edebilmek için fiziksel elektrik ticaretinin dışında türev piyasalar belirsizlikleri ortadan kaldırma amacıyla finansal koruma aracı olarak kullanılır. Ayrıca VİOP'ta yapılan işlemlerde vade tarihine kadar beklenebilir ya da vade tarihinden önce pozisyon kapatılabilir.

4.4.4.2. Elektrik Perakende Piyasalar

Perakende satış elektriğin nihai tüketicilere satışıdır. Perakende satış faaliyeti tedarik şirketleri, üretim şirketleri ve dağıtım şirketleri tarafından gerçekleştirilir. Perakende satış faaliyeti dağıtım

şirketi adına, görevli tedarik şirketi tarafından yerine getirilir. Dağıtım ve perakende satış faaliyetlerinin hukuki ayrıştırması kapsamında kurulan veya son kaynak tedariki yükümlüsü olarak kurul tarafından yetkilendirilen tedarik şirketine **görevli tedarik şirketi** denir. Görevli tedarik şirketi, ilgili dağıtım bölgesinde bulunan, serbest tüketici olmayan tüketicilere kurul tarafından onaylanan perakende satış tarifeleri üzerinden elektrik enerjisi satışı yapar. Bununla birlikte görevli tedarik şirketi, serbest tüketicinin başka bir tedarikçiden elektrik enerjisi temin etmediği durumda, son kaynak tedarikçisi sıfatıyla elektrik enerjisi sağlar. Son kaynak tedarikçisi sıfatıyla sağlanacak elektrik enerjisi tarifeleri, EPDK tarafından belirlenir.

4.5. ELEKTRİK TÜKETİMİ TARİFELERİ

31.12.2015 tarihli ve 29579 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan EPDK 5999-3 sayılı Kurul Kararı ve 19.06.2020 tarihli ve 31160 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliği ile elektrik piyasasında düzenlemeye tabi tarifelerin hazırlanması, incelenmesi, değerlendirilmesi, belirlenmesi, onaylanması, yayımlanması ve revize edilmesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda tarifeler; elektrik iletim, toptan satış, dağıtım, bağlantı, perakende satış, piyasa işletim ve son kaynak tedarik tarifeleri olarak belirlenmiştir.

4.5.1. Elektrik İletim Tarifesi

Elektrik enerjisinin iletim sistemi üzerinden naklinden yararlanan kullanıcılara uygulanacak iletim sistemi kullanım bedeli ve iletim sistemi işletim bedelini belirlemede kullanılan tarifeye **iletim tarifesi** denir. Bu tarifede yer alan bedeller TEİAŞ'ın faaliyetlerini yürütebilmesi için gerekli sabit ve değişken maliyetlerin karşılanması ve yatırımların sürdürülmesi için makul bir getiri elde edilmesine izin verecek şekilde hesaplanır. Hesaplamada EPDK tarafından iletim tarifesinin düzenlenmesine yönelik çıkarılan tebliğ hükümleri esas alınır.

4.5.2. Elektrik Toptan Satış Tarifesi

Dağıtım şirketlerinin teknik ve teknik olmayan kayıplar, genel aydınlatma ve görevli tedarik şirketleri tarafından tarifesi düzenlemeye tabi tüketicilere yapılacak satışlar kapsamında EÜAŞ'tan tedarik edecekleri elektrik enerjisinin toptan satış fiyatını belirlemede kullanılan tarifeye **toptan satış tarifesi** denir. Toptan satış fiyatı, EÜAŞ'ın mali yükümlülükleri esas alınarak Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından belirlenir. Dağıtım şirketlerine ve görevli tedarik şirketlerine yapılacak satışlar için kurul tarafından farklı toptan satış fiyatları belirlenebilir. EÜAŞ'ın düzenlemeye tabi olmayan elektrik enerjisi tedariki kapsamındaki toptan ve perakende satış fiyatları kurul onayına tabi olmayıp ilgili taraflar arasında serbestçe belirlenir.

4.5.3. Elektrik Dağıtım Tarifesi

Elektrik enerjisinin dağıtım sistemi üzerinden naklinden yararlanan kullanıcılara uygulanacak dağıtım sisteminin kullanımına ilişkin bedelleri belirleyen tarifeye **dağıtım tarifesi** denir. Dağıtım sisteminin kullanımına ilişkin bedeller; dağıtım şirketinin yatırım harcamaları, sistem işletim maliyeti, teknik ve teknik olmayan kayıp maliyeti, kesme ve bağlama hizmet maliyeti, sayaç okuma maliyeti, reaktif enerji maliyeti ve iletim tarifesi kapsamında ödenen tutarlar gibi dağıtım faaliyeti kapsamındaki maliyet ve hizmetler dikkate alınarak belirlenir. Teknik ve teknik olmayan kayıplara ilişkin maliyetler Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından belirlenen hedef oranlarını geçmemek kaydı ile dağıtım tarifelerinde yer alır ve tüketicilere yansıtılır. Dağıtım sisteminin kullanımına ilişkin bedeller; bağlantı durumu, tüketim miktarı ve kullanım amacı gibi ölçütler esas alınarak farklı seviyelerde belirlenebilir. Dağıtım tarifesinin uygulanmasına ilişkin usul ve esaslar tüm dağıtım bölgeleri için ortak ya da her dağıtım bölgesi için ayrı ayrı belirlenebilir.

Dağıtım sistemine bağlı kullanıcılara uygulanacak dağıtım bedeli sınıfları şunlardır:

Tek Terimli Tarife Sınıfı: Dağıtım sisteminden çekilen veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi miktarı (kWh) üzerinden dağıtım bedeli uygulanması esasına dayalı tarife sınıfıdır.

Çift Terimli Tarife Sınıfı: Dağıtım sisteminden çekilen veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi miktarı (kWh) üzerinden dağıtım bedeli ile buna ek olarak bağlantı anlaşmasında veya sözleşmesinde belirtilen güç miktarı (kW) üzerinden güç bedeli alınır. Ayrıca bu gücün aşılması hâlinde aşılan kısım için ilave güç aşım bedeli alma esasına dayalı tarife sınıfıdır. Darbeli yük çeken sanayi tesisleri ile ark ocağı tesisleri zorunlu olarak çift terimli tarife sınıfına tabidir. Diğer orta gerilim (OG) seviyesinden bağlı kullanıcılara talep etmeleri hâlinde çift terimli tarife sınıfı uygulanır. Ayrıca alçak gerilim (AG) seviyesinden bağlı üreticilere talep etmeleri hâlinde veriş yönünde, çift terimli tarife sınıfı uygulanabilir.

4.5.4. Elektrik Bağlantı Tarifesi

Dağıtım sistemine yapılan bağlantının bedelinin belirlemesinde kullanılan tarifeye **elektrik bağlantı tarifesi** denir. Bağlantı bedelinde şebeke yatırım maliyetleri yoktur. Tüketicilerin iç tesisatının dağıtım şebekesine bağlanması için inşa edilen ve Elektrik Piyasası Bağlantı ve Sistem Kullanım Yönetmeliği kapsamında belirtilen mesafe sınırları dâhilindeki bağlantı hattı için katlanılan masraflar ile sınırlıdır. Bağlantı bedeli, elektrik piyasasında bu tarifenin düzenlenmesine ilişkin olarak EPDK tarafından çıkarılan tebliğ hükümleri esas alınarak hesaplanır.

4.5.5. Elektrik Perakende Satış Tarifesi

Görevli tedarik şirketleri tarafından serbest olmayan tüketicilere yapılan elektrik enerjisi veya kapasite satışı için uygulanacak perakende satış fiyatını belirlemede kullanılan tarifeye **elektrik perakende satış tarifesi** denir. Perakende satış fiyatı; satış faaliyeti kapsamındaki ilgili görevli tedarik şirketinin enerji tedarik maliyeti, faturalama ve tüketici hizmetleri maliyeti, perakende satış hizmeti maliyeti gibi tüm perakende maliyet ve hizmetleri dikkate alınarak makul bir kâr elde edilecek şekilde belirlenir. Perakende satış fiyatı; tüketicilerin bağlantı durumu, tüketim miktarı ve kullanım amacı gibi esaslar dikkate alınarak farklı seviyelerde belirlenebilir. Perakende satış tarifesi, EPDK tarafından çıkarılan tebliğ kapsamında düzenlenir.

Perakende satış tarifeleri şu şekilde uygulanır:

- Tek zamanlı tarife
- Çok zamanlı tarife
- Yeşil tarife

4.5.6. Elektrik Piyasa İşletim Tarifesi

EPİAŞ'ın piyasa işletim faaliyetlerini sürdürebilmesi için gerekli sabit ve değişken maliyetlerinin karşılanmasına ve makul bir getiri elde edilmesine izin verecek şekilde hesaplamada kullanılan tarifeye **elektrik piyasa işletim tarifesi** denir. Piyasa işletim tarifesi EPDK tarafından çıkarılan tebliğ kapsamında düzenlenir.

4.5.7. Son Kaynak Tedarik Tarifesi

Görevli tedarik şirketi tarafından son kaynak tüketici grubuna yapılan elektrik enerjisi satışı için uygulanacak fiyatı hesaplamada kullanılan tarifeye **son kaynak tedarik tarifesi** denir. Son kaynak tedarik fiyatı, son kaynak tedarik tarifesine tabi tüketicilerin rekabetçi piyasaya geçmesini teşvik edecek ve son kaynak tedarikçisinin makul bir kâr etmesine imkân verecek şekilde enerji tedarik maliyeti, faturalama ve tüketici hizmetleri maliyeti, perakende satış hiz-

meti maliyeti gibi maliyet ve hizmetler dikkate alınarak belirlenir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, sosyal ve ekonomik durumlar gözetilerek belirlenecek bir miktarın altında elektrik enerjisi tüketen tüketiciler için ayrı bir son kaynak tedarik fiyatı belirleyebilir. Söz konusu tüketim miktarını piyasadaki gelişmelere paralel olarak gerekli gördüğü hâllerde değiştirebilir. Bu tarife, EPDK'nin çıkardığı tebliğ kapsamında düzenlenir.

4.6. FATURA BİLEŞENLERİ

30.05.2018 tarihli ve 30436 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği'nin 34. maddesi; ödeme bildirimi/faturalama içeriği, gönderimi, süresi ve yöntemi hakkında işleyişi açıklamaktadır.

4.6.1. Fatura/Ödeme Bilgileri

Tüketimi düşük serbest tüketicilere, serbest olmayan tüketicilere ve son kaynak tedariki kapsamındaki tüketicilere tedarikçiler tarafından düzenlenen fatura/ödeme bildiriminde olması gereken asgari bilgiler şunlardır:

- Tüketicinin adı-soyadı veya ünvanı, adresi, tüketici numarası, tüketici grubu
- Sayaç veya sayaçlara ait marka, tip ve seri numarası, çarpan, varsa akım veya gerilim trafo oranları
- Tüketicinin son kaynak tarifelerinden elektrik alan serbest tüketici, ikili anlaşma ile elektrik alan serbest tüketici ya da serbest olmayan tüketici sınıflarından hangisinin kapsamında olduğuna dair bilgi
- Tüketime esas ilk ve son endeksler ile okuma tarihleri
- Tüketilen elektrik enerjisi miktarı
- Günlük enerji tüketim ortalaması
- Ödeme bildirimi tarihi itibarıyla tüketim noktasının cari yıl ile bir önceki takvim yılı tüketim miktarları
- Tüketimin fiyatlandırılmasına esas enerji ve kapasite bilgileri
- Elektrik enerjisi birim fiyatları ve tüketim bedeli ile ilgili mevzuat kapsamında faturalarda yer alması öngörülen diğer bedeller
- Vergiler, yasal kesintiler ve borçlar
- Son ödeme tarihi, ödeme şekilleri ve merkezleri
- Tedarikçiler ile dağıtım lisansı sahibi tüzel kişinin telefon ve faks numaraları, internet ve elektronik posta adresleri, dağıtım şirketinin arıza ve acil durumlarda aranabilecek telefon numarası
- Varsa geçmiş dönemlere ilişkin borç veya alacak tutarı
- Kesme-bağlama bedeli
- Bulunması hâlinde otomatik ödeme talimatı bilgisi

EIC (Enerji Tanımlama Kodu), ENTSO-E'ye bağlı tüm ülkelerde kullanılan, enerji tanımlama kodlama sistemini ifade eder. Kuruluşun resmî internet sitesinde duyurulan, sayacın bulunduğu adres veya beyan edilen yazışma adresi bilgisidir. EIC oluşturulmasına ilişkin usul ve esaslar ENTSO-E (Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri Ağı) tarafından belirlenir. Türkiye'de Enerji Tanımlama Kodu EPİAŞ tarafından verilir. EIC kodu 40 ile başlar. Fatura; e-fatura, e.arşiv fatura vb. kapsamında hazırlanmışsa karekod (QR kod) ve ETTN (Evrensel Tekil Tanımlama Numarası) bulunması zorunludur. ETTN'yi fatura düzenleyen kişi/kurum oluşturamaz. İlgili sistem tarafından bu numara kendiliğinden verilir.

Görsel 4.14'te elektrik faturası örneği görülmektedir.

XXX ELEKTRİK PERAKENDE SATIŞ A.Ş
XX Mah. 1105 Sok. XXX
No:5 Ankara
Mernis No:
Tic. Sic. No:
Tel : (0312)-xxxxxxx
Faks : (0312)-xxxxxxx
Web : xxxx.com.tr,
email : info@mail.com

e-Arşiv Fatura

444 X XXX

Fatura Sıra No	3xxxxxxxxxxxxxx
Fatura Dönemi	01/2023
Fatura Tarihi	18.01.2023
Fatura Saati	14:40

Sözleşme Hesap No	Tekil Kod/Tesisat No	Müşteri No
101XXXXXXX	40XXXXXXX	101XXXXXX

TÜKETİCİ BİLGİLERİ

Ad Soyad : ***** ******
Adres : xxxx Mah. xxx Sok. xxxx Sitesi xxxx Merkez/Ankara
Tüketici Grubu : Tek Terimli Tek Zamanlı Mesken AG (Alçak Gerilim) /Son Kaynak Tarifesi Serbest Tüketici
TCKN :

ÖDENECEK TUTAR (TL) 418,80

Son Ödeme Tarihi 30.01.2023

Fatura Ort. Tüketim (kWh/gün) 7,545

Fatura ödeme kanalları için faturanın arkasını inceleyiniz.

OKUMA BİLGİLERİ

	İlk	Son	Tüketim	İlave/Tenzil Tüketim
Okuma (Gün)	17.12.2022	18.01.2023	32	
Tek Zaman (Endeks)			70.318	
Gündüz (Endeks)	0.000	31.275	31.275	
Puant (Endeks)	0.000	21.558	21.558	
Gece (Endeks)	0.000	17.485	17.485	
Endüktif				
Kapasitif				
Trafo Kaybı				
Demand				

FATURA DETAYI

	Tüketim	Birim Fiyat	Bedel(TL)
DÜŞÜK KADEME	241,451	1,55683762	375,90
YÜKSEK KADEME			
Endüktif Tüketim			
Kapasitif Tüketim			
Elk. Tüketim Bedeli	375,90		
Güç Aşım Bedeli		Trf. Brm. Fyt. Fark	
Sis. Kullanım Bedeli		Dağıtım Bedeli	
Sayaç Knt. Bedeli		Güç Bedeli	
Fatura Tutarı	418,81	Kesme Bağlama	
	-0,01	Gecikme Bedeli	
Geçmiş Borç		Mahsup	
Ödenecek Tutar	418,80	Devir Yuv.	0,04

VERGİ ve FONLAR

Enerji Fonu		Elk. ve Hvg. Tük. Ver (BTV)	11,89
TRT Payı		KDV (%8)	32,02

Dönem	Toplam	Günlük Ortalama
2022	2.252,774 (kWh)	6.172 (kWh)
2023	128,659 (kWh)	7,148 (kWh)

DİĞER BİLGİLER

Sonraki Okuma Dönemi	02/2023	Otomatik Ödeme talimatı	xxxBANK
Çarpan	1,000	Sayaç Marka	XXX
Demand		Sayaç Seri No	1012XXXXX
Anlaşma Gücü	7,53	Sayaç Okuma Birimi	TXXAXXXX

ETTN : XXXXXXXX-XXXX-XXXX-XXXX-XXXXXXX
EIC/ETSO kodu : 40Z0000XXXXXXXXX

Değerli müşterimiz T.C Kimlik numaranızı müşteri merkezimize veya 444 X XXX numaralı çağrı merkezimize bildiriniz.

Görsel 4.14: Elektrik faturası örneği

4.6.2. Fatura/Ödeme Hesaplaması

Elektrik fatura/ödeme hesabı, enerji tüketim bedeli (aktif enerji tüketimi + dağıtım bedeli) ve vergilerden oluşur. Daha önce elektrik faturalarına yansıtılan TRT payı ve enerji fonu, 25.12.2021 tarih ve 31700 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 7346 sayılı kanun ile 01.01.2022 tarihinden itibaren faturalardan kaldırılmıştır.

4.6.2.1. Enerji Tüketim Bedeli

Faturada yer alan ödeme birimlerinin bedelleri EPDK tarafından belirlenir. Enerji tüketim bedeli; sistemin yatırım harcamaları ve işletim giderleri, teknik ve teknik olmayan kayıp, kesme-bağlama hizmet bedeli, sayaç okuma, sistemden reaktif enerji kullanılabilmesi için sağlanan altyapı maliyeti gibi ödeme birimlerini kapsar. Böylelikle nihai faturada yer alacak vergi, fon ve paylar çıkartıldığında kalan bedeller enerji tüketim bedelini oluşturur. Enerji tüketim bedeli, tüketici grubuna göre tek ve çok zamanlı tarife olarak hesaplanır.

NOT

Güncel elektrik tarifelerine https://www.epdk.gov.tr/ adresinden ulaşılabilir. Tablo 4.1'de 1 Ocak 2023 tarihinden itibaren geçerli tarifeler bulunmaktadır. Tablodaki fiyatlar kuruş olarak belirlenmiştir. Öğrenme birimindeki örnek uygulamalarda bu tablo kullanılmış, kuruş tarife fiyatı TL'ye çevrilmiştir.

Tablo 4.1: EPDK Tarafından Onaylanan Faaliyet Bazlı Tarifeler

	EPDK Tarafından Onaylanan ve 1 Ocak 2023 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Faaliyet Bazlı Tarifeler									
	1/1/2023	Faaliyet Bazlı Tüketici Tarifeleri (kr/kWh)					Güç Bedeli Hariç Toplam Tarifeler (kr/kWh)			
İletim Sistemi Kullanıcıları	Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
	Tüketici	306,1338	310,0554	497,4675	158,7949	0,0000	306,1338	310,0554	497,4675	158,7949
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Dağıtım Sistemi Kullanıcıları	Perakende Tek Zamanlı Enerji Bedeli	Perakende Gündüz Enerji Bedeli	Perakende Puant Enerji Bedeli	Perakende Gece Enerji Bedeli	Dağıtım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
	Orta Gerilim						Orta Gerilim			
	Çift Terimli						Çift Terimli			
	Sanayi	295,6209	299,4085	480,4840	153,2625	34,3846	330,0055	333,7931	514,8686	187,6471
	Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer	274,6910	277,6525	447,2829	142,6846	53,5875	328,2785	331,2400	500,8704	196,2721
	Mesken	156,7637	159,7546	268,6899	72,6412	53,0783	209,8420	212,8329	321,7682	125,7195
	Tarımsal Faaliyetler	166,6156	168,5521	279,0882	80,2231	44,1334	210,7490	212,6855	323,2216	124,3565
	Aydınlatma	252,1772				51,4324	303,6096			
	Tek Terimli						Tek Terimli			
	Sanayi	306,1338	310,0554	497,4675	158,7949	37,9808	344,1146	348,0362	535,4483	196,7757
	Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer	277,5562	280,5177	450,1481	145,5490	66,8442	344,4004	347,3619	516,9923	212,3932
	Mesken	155,2981	158,2892	267,2229	71,1746	65,5380	220,8361	223,8272	332,7609	136,7126
	Tarımsal Faaliyetler	166,3751	168,3116	278,8479	79,9815	54,9507	221,3258	223,2623	333,7986	134,9322
	Aydınlatma	254,8080				64,1580	318,9660			
	Alçak Gerilim						Alçak Gerilim			
	Tek Terimli						Tek Terimli			
	Sanayi	304,1128	307,8387	485,9961	164,0484	58,7641	362,8769	366,6028	544,7602	222,8125
	Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer (30 kWh/gün ve altı)	193,6229	286,4067	456,0369	151,4386	79,6378	273,2607	366,0445	535,6747	231,0764
	Kamu ve Özel Hizmetler Sektörü ile Diğer (30 kWh/gün üstü)	283,4458	286,4067	456,0369	151,4386	79,6378	363,0836	366,0445	535,6747	231,0764
	Mesken (8 kWh/gün ve altı)	78,7820	158,2541	267,1888	71,1394	77,8883	156,6703	236,1424	345,0771	149,0277
	Mesken (8 kWh/gün üstü)	155,2625	158,2541	267,1888	71,1394	77,8883	233,1508	236,1424	345,0771	149,0277
	Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	22,2035				52,8263	75,0298			
	Tarımsal Faaliyetler	167,1218	172,1930	279,5952	80,7283	65,4368	232,5586	237,6298	345,0320	146,1651
	Aydınlatma	260,3841				76,2756	336,6597			
	Genel Aydınlatma	389,0440				76,2756	465,3196			

Mesken alçak gerilim tek zamanlı tüketiciler için faturaya esas günlük ortalama 8 kWh tüketim miktarına kadar tüketimlere düşük kademeli tarife uygulanır. Kamu ve özel hizmetler sektörü ile diğer alçak gerilim tek zamanlı tüketiciler için faturaya esas günlük ortalama 30 kWh tüketim miktarına kadar tüketimlere düşük kademeli tarife uygulanır. Faturaya esas günlük ortalama

tüketim miktarının üzerindeki tüketimlerin belirtilen limite kadar olan kısmına düşük kademeli tarife, limiti aşan kısmına yüksek kademeli tarife uygulanır. Tek ve çok zamanlı tarifeli enerji tüketim bedeli hesaplamaları Tablo 4.2'de verilmiştir. Çok zamanlı tarifede kademeli tarife uygulaması geçerli değildir. Bu tarifede elektrik faturası yaz ve kış saat uygulamasına göre belirtilen zaman aralıklarında 3 ayrı birim fiyat üzerinden hesaplanır. Ancak sürekli yaz saati uygulamasında elektrik tüketiminin 06.00-17.00/17.00-22.00/22.00-06.00 zaman aralıklarındaki birim fiyatları üzerinden hesaplanır.

Tablo 4.2: Tek ve Çok Zamanlı Tarife Enerji Tüketim Bedeli Hesaplamaları

Zaman	Tarife	Günlük Tüketim	Hesaplama Yöntemi	Enerji Tüketim Bedeli
24 saat	Tek zamanlı tarifeli	Düşük kademe (≤ 8 kWh)	Düşük kademe birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı (kWh)	Düşük kademe elektrik tüketim bedeli (TL)
		Yüksek kademe (> 8 kWh)	Yüksek kademe birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı (kWh)	Yüksek kademe elektrik tüketim bedeli (TL)
		Toplam = Düşük kademe elektrik tüketim bedeli + yüksek kademe elektrik tüketim bedeli		
06.00-17.00	Çok zamanlı tarife	Gündüz zaman aralığı	Gündüz kademe birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı (kWh)	Gündüz tüketim (T1) bedeli (TL)
17.00-22.00		Puant zaman aralığı	Puant kademe birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı (kWh)	Puant tüketim (T2) bedeli (TL)
22.00-06.00		Gece zaman aralığı	Gece kademe birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı (kWh)	Gece tüketim (T3) bedeli (TL)
-		**Toplam = Gündüz tüketim (T1) + puant tüketim (T2) + gece tüketim (T3)**		

4.6.2.2. Elektrik Faturasındaki Vergiler

Elektrik faturası hesaplamasında elektrik ve hava gazı tüketim vergisi (belediye tüketim vergisi) ile KDV ve matrah bileşenleri bulunur.

Elektrik ve Hava Gazı Tüketim Vergisi (Belediye Tüketim Vergisi): 2464 sayılı Belediye Gelirleri Kanunu uyarınca uygulanmaktadır. Belediye sınırları ve belediye sınırları dışında belediyenin kontrolüne verilmiş alanlar içindeki elektrik ve hava gazı tüketimi, elektrik ve hava gazı tüketim vergisine tabidir. Verginin matrahı; elektriğin iletim, dağıtım ve perakende satış hizmetlerine ilişkin bedelleri hariç olmak üzere elektrik enerjisi satış bedeli ile hava gazının satış bedelidir. Matraha vergi, fon ve paylar dâhil edilmez. Aktif enerji tüketimi üzerinden hesaplanır. Elektrik ve hava gazı tüketim vergisi oranları Tablo 4.3'te görülmektedir.

Tablo 4.3: Elektrik ve Tüketim Vergisi Oranları

Abone grupları	Mesken	Ticarethane	Sanayi
ETV oranları	%5	%5	%1

NOT

Kâr amacı olmaması kaydı ile hastane, dispanser, sağlık ocağı, rehabilitasyon merkezi, doğum ve çocuk bakımevi, kreş, sanatoryum, yetimhane, Çocuk Esirgeme Kurumu vb. sosyal yardım kuruluşlarından elektrik ve hava gazı tüketim vergisi alınmaz. Ayrıca ibadethaneler (cami, mescit vb.), milletlerarası panayır, sergi, fuar ve mal teşhir edilen yerler, doğrudan elektrik üretimi ve dağıtımı yapan kurumlar ve mücavir alan dışında kalan müşteriler de bu kapsama dâhildir.

KDV ve Matrah Bileşenleri: Elektrik enerjisi tüketimine yansıtılacak KDV, 3065 sayılı KDV Kanunu ile düzenlenmiştir. Ancak 1.3.2022 tarihli ve 31765 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 5249 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile mesken ve tarımsal sulama amaçlı elektrik teslimlerinde KDV oranı %8'e indirilmiştir. KDV matrahını enerji tüketim bedeli, enerji fonu, TRT payı, elektrik

ve hava gazı vergisinin bedelleri oluşturur. Bu bedellerin hepsi toplanarak elektrik faturası KDV matrahı bulunur. Vergi ve fonlar da eklendikten sonra elektrik faturası şu formül ile hesaplanır:

> Elektrik faturası tutarı = enerji tüketim bedeli + elektrik ve hava gazı vergisi + KDV

ÖRNEK

Tek terimli, tek zamanlı mesken AG tarifesine göre 32 günlük elektrik enerjisi tüketimi 190 kWh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarı ne olur? Hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Günlük tüketim **190 / 32 = 5,9375 kWh < 8 kWh** olduğundan fatura sadece düşük kademeden hesaplanır. 2023 yılı Ocak-Haziran dönemi elektrik dağıtım bedeli **0,65538 TL/kWh** olmaktadır.

Enerji tüketim bedeli (aktif kullanım + dağıtım bedeli) = düşük kademe birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı

Enerji tüketim bedeli = 1,55683762 x 190 = 295,80 TL

Elektrik ve hava gazı vergisi= [(1,55683762-0,65538) x 190] x 0,05 = 8,56 TL

KDV = (Enerji tüketim bedeli + elektrik ve hava gazı vergisi) x 0,08

KDV = (295,80 + 8,56) x 0,08 = 24,35 TL

Elektrik faturası tutarı = 295,80 + 8,56 + 24,35 = 328,71 TL

NOT

Güncel tarifeler, EPİAŞ'ın web adresindeki tarifeler tablosundan seçilir.

SIRA SİZDE

Tek terimli tek zamanlı mesken AG tarifesine göre 30 günlük elektrik enerjisi tüketimi 210 kWh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarı ne olur? Hesaplayınız.

ÖRNEK

Tek terimli tek zamanlı mesken AG tarifesine göre 28 günlük elektrik enerjisi tüketimi 245 kWh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarı ne olur? Hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Günlük tüketim **245 / 28 = 8,75 kWh > 8 kWh** olduğundan fatura hem düşük hem de yüksek kademeden hesaplanır. 2023 yılı Ocak-Haziran dönemi elektrik dağıtım bedeli **0,65538 TL/kWh** olmaktadır.

Yüksek kademe tüketim = 0,75 x 28 = 21 kWh

Düşük kademe tüketim = 245 kWh – 21 kWh = 224 kWh

Enerji tüketim bedeli = yüksek kademe enerji tüketim bedeli + düşük kademe enerji tüketim bedeli

Yüksek kademe enerji tüketim bedeli = yüksek kademe birim fiyatı x tüketim miktarı

Yüksek kademe enerji tüketim bedeli = 2,331508 x 21 = 48,96 TL

Düşük kademe enerji tüketim bedeli = düşük kademe birim fiyatı x tüketim miktarı

Düşük kademe enerji tüketim bedeli = 1,55683762 x 224 = 348,73 TL

Enerji tüketim bedeli = 348,73 + 48,96 = 397,69 TL

Elektrik ve hava gazı vergisi = [(1,55683762-0,65538) x 245] x 0,05 = 11,04 TL

KDV = (397,69 + 11,04) x 0,08 = 32,70 TL

Elektrik faturası tutarı = 397,69 + 11,04 + 32,70 = 441,43 TL

SIRA SİZDE

Tek terimli tek zamanlı mesken AG tarifesine göre 30 günlük elektrik enerjisi tüketimi 250 kWh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarı ne olur? Hesaplayınız.

ÖRNEK

Tek terimli çok zamanlı mesken AG tarifesine göre T1 = 95 kWh, T2 = 120 kWh, T3 = 75 kWh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarı ne olur? Hesaplayınız.

ÇÖZÜM

T1, T2, T3 enerji tüketimi ayrı ayrı olarak hesaplanır. 2023 yılı Ocak-Haziran dönemi elektrik dağıtım bedeli **0,65538 TL/kWh** olmaktadır.

Toplam tüketim = 95 kWh + 120 kWh + 75 kWh = 290 kWh

Enerji tüketim bedeli (aktif kullanım + dağıtım bedeli) = T1 + T2 + T3

T1 = 2,361424 x 95 = 224,33 TL

T2 = 3,450771 x 120 = 414,09 TL

T3 = 1,490277 + 75 = 111,77 TL

Enerji tüketim bedeli = 224,33 + 414,09 + 111,77 = 750,19 TL

Elektrik ve hava gazı vergisi = (0,65538 x 290) x 0,05 = 19 TL

KDV = (750,19 + 19) x 0,08 = 61,53 TL

Elektrik faturası tutarı = 750,19 + 19 + 61,53 = 830,72 TL

SIRA SİZDE

Tek terimli çok zamanlı mesken AG tarifesine göre T1 = 50 kWh, T2 = 100 kWh, T3 = 50 kWh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarı ne olur? Hesaplayınız.

4.6.2.3. Reaktif Enerji Tüketim Bedeli

EPDK tarafından belirlenen şartlar oluştuğu takdirde aboneler reaktif enerji tüketim bedeli ödemek zorundadır. Bu şartlar şunlardır:

- Kurulu gücü 50 kVA'nın altında olan aboneler, çektikleri aktif enerji miktarının %33'ünü aşan şekilde endüktif reaktif enerji tüketmeleri hâlinde veya aktif enerji miktarının %20'sini aşan şekilde kapasitif reaktif enerji vermeleri hâlinde
- Kurulu gücü 50 kVA ve üstünde olan aboneler, çektikleri aktif enerji miktarının %20'sini aşan şekilde endüktif reaktif enerji tüketmeleri veya aktif enerji miktarının %15'ini aşan şekilde sisteme kapasitif reaktif enerji vermeleri hâlinde

Sayaç üzerinde **1.8.0** değeri, aktif güç (kWh) tüketimini; **5.8.0** değeri, endüktif reaktif güç (kVARh) tüketimini ve **8.8.0** değeri kapasitif reaktif güç (kVARh) tüketimini gösterir. Sayaç üzerinden bu güç değerleri okunur ve yüzde hesaplamaları Aşağıdakiki formüllerle yapılır.

> Endüktif reaktif oranı [%] = (endüktif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100

> Kapasitif reaktif oranı [%] = (kapasitif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100

Endüktif reaktif oranlar aşılmazsa reaktif enerji tüketim bedeli alınmaz. Bu oranlar aşıldığı zaman çekilen reaktif enerjinin tamamına (endüktif sayaçta okunan değer) reaktif enerji tarifesi uygulanır. EPDK tarafından yayımlanan elektrik tarifelerinde **Nisan 2023** için reaktif enerji bedeli **1,122257 TL/kVARh**'dir.

> Reaktif enerji tüketim bedeli (TL) = reaktif güç (kVARh) x 1,22257 (TL/kVARh)

ÖRNEK

Kurulu gücü 100 kVA olan bir abonenin sayacından okunan güç değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Buna göre bu abonenin reaktif enerji tüketim bedeli ödeyip ödemeyeceğini hesaplayınız.

Tablo 4.4: Abonenin Reaktif Enerji Tüketim Bedeli

Endeks Değerleri	Aktif Güç (kWh) (1.8.0)	Endüktif Reaktif Güç (kVARh) (5.8.0)	Kapasitif Reaktif Güç (kVARh) (8.8.0)
İlk endeks	6350	1020	750
Son endeks	7250	1240	870

ÇÖZÜM

Son endeks değerinden ilk endeks değerleri çıkartılarak güçlerin tüketim miktarları hesaplanır.

Aktif güç tüketimi = 7250 – 6350 = 900 kWh

Endüktif reaktif güç tüketimi = 1240 – 1020 = 220 kVARh

Kapasitif reaktif güç tüketimi = 870 – 750 = 120 kVARh

Endüktif reaktif oran = (endüktif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Endüktif reaktif oran = (220 / 900) x 100 = %24,44
Endüktif reaktif oran **%24,44 > %20** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenir.

Reaktif enerji tüketim bedeli = endüktif reaktif güç x 1,22257
Reaktif enerji tüketim bedeli = 220 x 1,22257 = 268,96 TL
Kapasitif reaktif oran = (kapasitif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Kapasitif reaktif oran = (120 / 900) x 100 = %13,33
Kapasitif reaktif oran **% 13,33 <% 15** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenmez.

ÖRNEK

Tek terimli, tek zamanlı sanayi tesisinde AG tarifesine göre 30 günlük enerji tüketimi 12.500 kWh, endüktif reaktif güç kullanım farkı 3200 kVARh, kapasitif reaktif güç farkı 800 kVARh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarını ve reaktif enerji tüketim bedeli ödenip ödenmeyeceğini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Sanayi tesislerinde AG aboneleri için **2023 yılı Ocak-Haziran** dönemi elektrik dağıtım bedeli **0,587641 TL/kWh** olmaktadır.

Enerji tüketim bedeli (aktif kullanım + dağıtım bedeli) = birim fiyatı (TL) x tüketim miktarı
Enerji tüketim bedeli = 3,041123 x 12.500 = 38.014,03 TL
Elektrik ve hava gazı vergisi= [(3,041123-0,587641) x 12.500] x 0,01 = 306,68 TL
KDV = (enerji tüketim bedeli + elektrik ve hava gazı vergisi) x 0,08
KDV = (38.014,03 + 306,68) x 0,08 = 3.065,65 TL
Elektrik faturası tutarı = 38.014,03 + 306,68 + 3.065,65 = 41.386,36 TL

Endüktif reaktif oran = (endüktif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Endüktif reaktif oran hesabı = (3200 / 12.500) x 100 = %25,6
Endüktif reaktif oran **% 25,6> %20** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenir.

Reaktif enerji tüketim bedeli = endüktif reaktif güç x 1,22257
Reaktif enerji tüketim bedeli = 3200 x 1,22257 = 3.912,224 TL

Kapasitif reaktif oran = (kapasitif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Kapasitif reaktif oran = (800 / 12.500) x 100 = %2,35
Kapasitif reaktif oran **%6,4 < %15** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenmez.

ÖRNEK

Tek terimli çok zamanlı sanayi tesisinde AG tarifesine göre T1 = 4700 kWh, T2 = 1200 kWh, T3 = 275 kWh ve endüktif reaktif güç kullanım farkı 285 kVARh, kapasitif reaktif güç farkı 55 kVARh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarını ve reaktif enerji tüketim bedeli ödenip ödenmeyeceğini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

T1, T2, T3 enerji tüketimi ayrı ayrı olarak hesaplanır. 2023 yılı Ocak-Haziran dönemi elektrik dağıtım bedeli **0,587641 TL/kWh** olmaktadır.

Toplam tüketim = 4700 kWh + 1200 kWh + 275 kWh = 5340 kWh
Enerji tüketim bedeli (aktif kullanım + dağıtım bedeli) = T1 + T2 + T3
T1 = 3,078387 x 4700 = 14.468,41 TL
T2 = 4,859961 x 1200 = 5.831,95 TL
T3 = 1,640484 + 275 = 451,13 TL

Enerji tüketim bedeli = 14.468,41 + 5.831,95 + 451,13 = 20.751,49 TL
Elektrik ve hava gazı vergisi = (0,587641 x 5340) x 0,01 = 31,3 TL
KDV = (20.751,49 + 31,3) x 0,08 = 1.662,62 TL
Elektrik faturası tutarı = 20.751,49 + 31,3+ 1.662,62 = 22.445,41 TL

Endüktif reaktif oran = (endüktif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Endüktif reaktif oran = (285 / 5340) x 100 = %5,3
Endüktif reaktif oran **%5,3 < %20** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenmez.

Kapasitif reaktif oran = (kapasitif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Kapasitif reaktif oran = (55 / 5340) x 100 = %1,02
Kapasitif reaktif oran **%1,02 < %15** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenmez.

ÖRNEK

Tek terimli tek zamanlı kamu binasında AG tarifesine göre 30 günlük enerji tüketimi 1500 kWh, endüktif reaktif güç kullanım farkı 350 kVARh, kapasitif reaktif güç farkı 150 kVARh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarını ve reaktif enerji tüketim bedeli ödenip ödenmeyeceğini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Günlük tüketim **1500 / 30 = 50 kWh > 30 kWh** olduğundan fatura hem düşük hem de yüksek kademeden hesaplanır. **2023 yılı Ocak-Haziran** dönemi elektrik dağıtım bedeli **0,796378 TL/kWh** olmaktadır.

Yüksek kademe tüketim = (50 kWh – 30 kWh) x 30 = 600 kWh
Düşük kademe tüketim = 1500 kWh – 600 kWh = 900 kWh

Enerji tüketim bedeli = yüksek kademe enerji tüketim bedeli + düşük kademe enerji tüketim bedeli
Yüksek kademe enerji tüketim bedeli = yüksek kademe birim fiyatı x tüketim miktarı
Yüksek kademe enerji tüketim bedeli = 2,834458 x 600 = 1.700,67 TL
Düşük kademe enerji tüketim bedeli = düşük kademe birim fiyatı x tüketim miktarı
Düşük kademe enerji tüketim bedeli = 1,936229 x 900 = 1.742,60 TL
Enerji tüketim bedeli = 1.700,67 + 1.742,60 = 3.443,27 TL
Elektrik ve hava gazı vergisi = [(1,936229 -0,796378) x 1500] x 0,05 = 85,48 TL
KDV = (3.443,27 + 85,48) x 0,08 = 282,30 TL
Elektrik faturası tutarı = 3.443,27 + 85,48 + 282,30 = 3.811,05 TL

Endüktif reaktif oran hesabı = (endüktif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Endüktif reaktif oran hesabı = (350 / 1500) x 100 = %23
Endüktif reaktif oran **% 23 >% 20** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenir.

Reaktif enerji tüketim bedeli = endüktif reaktif güç x 1,22257
Reaktif enerji tüketim bedeli = 350 x 1.22257 = 427,89 TL
Kapasitif reaktif oran hesabı = (kapasitif güç tüketimi / aktif güç tüketimi) x 100
Kapasitif reaktif oran hesabı = (150 / 1500) x 100 = %10
Kapasitif reaktif oran **% 10 < % 15** olduğu için reaktif enerji tüketim bedeli ödenmez.

SIRA SİZDE

Tek terimli çok zamanlı sanayi tesisinde AG tarifesine göre T1 = 7350 kWh, T2 = 1900 kWh, T3 = 450 kWh ve endüktif reaktif güç kullanım farkı 730 kVARh, kapasitif reaktif güç farkı 125 kVARh ise düzenlenecek elektrik faturasının tutarını ve reaktif enerji tüketim bedeli ödenip ödenmeyeceğini hesaplayınız.

ETKİNLİK

Hem tek tarifeli hem de çok tarifeli elektrik faturaları (son 3 yılın) bulunuz. Bulduğunuz faturaların bileşenlerini çıkararak değerlendiriniz. Bu faturaları mevcut fiyatlara göre yeniden hesaplayarak sonuçları karşılaştırınız.

UYGULAMA TEMRİNLERİ

Aşağıda 4. öğrenme birimi ile ilgili 6 farklı uygulama temrini detaylı olarak verilmiştir. Her bir temrini istenenler doğrultusunda işlem basamaklarına uygun ilerleyerek yapınız ve sonuçları değerlendiriniz. Temrinde öğrencinin grup olup olamayacağı öğretmen tarafından belirlenecektir. Aşağıda bu öğrenme birimindeki tüm uygulamaların listeleri verilmiştir.

1. UYGULAMA: Elektrik Fatura Bileşenlerinin Belirlenmesi

2. UYGULAMA: Tek Terimli, Tek Zamanlı Mesken AG Elektrik Fatura Hesabı

3. UYGULAMA: Tek Terimli, Çok Zamanlı Mesken AG Elektrik Fatura Hesabı

4. UYGULAMA: Tek Terimli, Tek Zamanlı Kamu ve Özel Hizmet sektörü ile Diğer AG Elektrik Fatura Hesabı

5. UYGULAMA: Tek Terimli, Çok Zamanlı Kamu ve Özel Hizmet sektörü ile Diğer AG Elektrik Fatura Hesabı

6. UYGULAMA: Çift Terimli, Tek Zamanlı Ticarethane OG Elektrik Fatura Hesabı

1. UYGULAMA: ELEKTRİK FATURA BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

AMAÇ

Elektrik fatura bileşenlerini tespit etmek.

İSTENENLER

Görsel 4.15'te verilen elektrik faturasının bileşenlerini Tablo 4.5'te verilenlere göre bulunuz ve açıklamaları tablo üzerine yazınız. Ayrıca faturaya bakarak ne kadar enerji tüketildiğini ve enerji bedelinin faturaya hangi oranda yansıtıldığını formüller ile gösteriniz.

TÜKETİCİ BİLGİLERİ

Tüketici Grubu : Tek Terimli Tek Zamanlı Mesken AG (Alçak Gerilim) /Son Kaynak Tarifesi Serbest Tüketici

ÖDENECEK TUTAR (TL)	Son Ödeme Tarihi	Fatura Ort. Tüketim (kWh/gün)
418,80	30.01.2023	7,545

Fatura ödeme kanalları için faturanın arkasını inceleyiniz.

OKUMA BİLGİLERİ

	İlk	Son	Tüketim	İlave/Tenzil Tüketim
Okuma (Gün)	17.12.2022	18.01.2023	32	
Tek Zaman (Endeks)			70.318	
Gündüz (Endeks)	0.000	31.275	31.275	
Puant (Endeks)	0.000	21.558	21.558	
Gece (Endeks)	0.000	17.485	17.485	
Endüktif				
Kapasitif				
Trafo Kaybı				
Demand				

FATURA DETAYI

	Tüketim	Birim Fiyat	Bedel(TL)
DÜŞÜK KADEME	241,451	1,55683762	375,90
YÜKSEK KADEME			
Endüktif Tüketim			
Kapasitif Tüketim			
Elk. Tüketim Bedeli	375,90		
Güç Aşım Bedeli		Trf. Brm. Fyt. Fark	
Sis. Kullanım Bedeli		Dağıtım Bedeli	
Sayaç Knt. Bedeli		Güç Bedeli	
Fatura Tutarı	418,81	Kesme Bağlama	
	-0,01	Gecikme Bedeli	
Geçmiş Borç		Mahsup	
Ödenecek Tutar	418,80	Devir Yuv.	0,04

VERGİ ve FONLAR

Enerji Fonu		Elk. ve Hvg. Tük. Ver (BTV)	11,89
TRT Payı		KDV (%8)	32,02

Dönem	Toplam	Günlük Ortalama
2022	2.252,774 (kWh)	6.172 (kWh)
2023	128,659 (kWh)	7,148 (kWh)

DİĞER BİLGİLER

Sonraki Okuma Dönemi	02/2023	Otomatik Ödeme talimatı	xxxBANK
Çarpan	1,000	Sayaç Marka	XXX
Demand		Sayaç Seri No	1012XXXXX
Anlaşma Gücü	7,53	Sayaç Okuma Birimi	TXXAXXXX

Görsel 4.15: Elektrik faturası örneği

Tablo 4.5: Elektrik Faturası Bileşenlerinin Açıklanması

	BİLEŞENLER	AÇIKLAMALAR	FATURADA OKUNAN
1	Fatura dönemi		
2	Tekil kod/tesisat No.		
3	Tüketici grubu		
4	Ödenecek tutar		
5	Son ödeme tarihi		
6	Ortalama tüketim (kWh/gün)		
7	Tek zaman tüketim endeksi		
8	Elektrik tüketim bedeli		
9	Vergi ve fonlar		
10	Anlaşma gücü		

ANALİZ

Analiz: Faturaya bakarak kullanılan enerji miktarını ve faturaya maliyetin nasıl yansıtıldığını formüller ile gösteriniz.

Kullanılan Enerji Miktarı: .....

Birim Enerji Maliyeti: .....

Fatura Maliyeti: .....

SORULAR

1. Faturada tek tarife yerine çok tarife uygulansaydı ne kadar fatura bedeli oluşurdu?
2. Fatura tutarı 450 TL olsaydı birim enerji maliyeti ne olurdu?

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	1	Faturayı detaylı olarak inceledi.	20	
Sınıfı:	2	Fatura bileşenlerini belirledi ve not aldı.	20	
Numarası:	3	Kullanılan enerjiyi belirledi.	20	
ÖĞRETMEN	4	Fatura maliyetlerini matematiksel inceledi.	20	
Adı ve Soyadı:	5	Soruları cevapladı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

2. UYGULAMA: TEK TERİMLİ, TEK ZAMANLI MESKEN AG ELEKTRİK FATURA HESABI

AMAÇ

Tek terimli, tek zamanlı mesken AG elektrik faturasını hesaplamak.

İSTENENLER

Görsel 4.16'da tek terimli, tek zamanlı mesken AG elektrik faturasının endeks bilgileri görülmektedir. Buna göre güncel elektrik tarifesini **(https://www.epdk.gov.tr/)** dikkate alarak elektrik fatura tutarını hesaplayınız.

Tüketici Grubu : Tek Terimli Tek Zamanlı Mesken AG (Alçak Gerilim) /Son Kaynak Tarifesi Serbest Tüketici

OKUMA BİLGİLERİ

	İlk	Son	Tüketim	İlave/Tenzil Tüketim
Okuma (Gün)	17.12.2022	18.01.2023	32	
Tek Zaman (Endeks)			230,000	
Gündüz (Endeks)	10,000	110,000	100,000	
Puant (Endeks)	60,000	140,000	80,000	
Gece (Endeks)	100,000	150,000	50,000	
Endüktif				
Kapasitif				
Trafo Kaybı				
Demand				

FATURA DETAYI

	Tüketim	Birim Fiyat	Bedel(TL)
DÜŞÜK KADEME		1,566703	
YÜKSEK KADEME		2,331508	
Endüktif Tüketim			
Kapasitif Tüketim			
Elk. Tüketim Bedeli			
Güç Aşım Bedeli		Trf. Brm. Fyt. Fark	
Sis. Kullanım Bedeli		Dağıtım Bedeli	
Sayaç Knt. Bedeli		Güç Bedeli	
Vergi ve Fonlar Top		Kesme Bağlama	
Yuvarlama		Gecikme Bedeli	
Geçmiş Borç		Mahsup	
Ödenecek Tutar		Devir Yuv.	

VERGİ ve FONLAR

Enerji Fonu		Elk. ve Hvg. Tük. Ver (BTV)	
TRT Payı		KDV (%8)	

Görsel 4.16: Elektrik faturası endeks bilgileri

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		1 adet
Kalem		1 adet
Hesap makinesi		1 adet

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	Endeks farklarını buldu.	20	
Sınıfı:	**2**	Enerji tüketimini hesapladı.	20	
Numarası:	**3**	BTV'yi hesapladı.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	KDV'yi hesapladı.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Elektrik fatura bedelini belirledi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

3. UYGULAMA : TEK TERİMLİ, ÇOK ZAMANLI MESKEN AG ELEKTRİK FATURA HESABI

AMAÇ

Tek terimli, çok zamanlı mesken AG elektrik faturasını hesaplamak.

İSTENENLER

Görsel 4.17'de tek terimli, çok zamanlı mesken AG elektrik faturasının endeks bilgileri görülmektedir. Buna göre güncel elektrik tarifesini **(https://www.epdk.gov.tr/)** dikkate alarak elektrik fatura tutarını hesaplayınız.

Tüketici Grubu : Tek Terimli Çok Zamanlı Mesken AG (Alçak Gerilim) /Son Kaynak Tarifesi Serbest Tüketici

OKUMA BİLGİLERİ

	İlk	Son	Tüketim	İlave/Tenzil Tüketim
Okuma (Gün)	17.01.2022	16.02.2023	30	
Tek Zaman (Endeks)			230,000	
Gündüz (Endeks)	15,000	110,000	105,000	
Puant (Endeks)	80,000	135,000	55,000	
Gece (Endeks)	90,000	150,000	60,000	
Endüktif				
Kapasitif				
Trafo Kaybı				
Demand				

FATURA DETAYI

	Tüketim	Birim Fiyat	Bedel(TL)
Gündüz Tüketim		2,361424	
Puant Tüketim		3,450771	
Gece Tüketim		1,490277	

Elk. Tüketim Bedeli			
Güç Aşım Bedeli		Trf. Brm. Fyt. Fark	
Sis. Kullanım Bedeli		Dağıtım Bedeli	
Sayaç Knt. Bedeli		Güç Bedeli	
Vergi ve Fonlar Top		Kesme Bağlama	
Yuvarlama		Gecikme Bedeli	
Geçmiş Borç		Mahsup	
Ödenecek Tutar		Devir Yuv.	

VERGİ ve FONLAR

Enerji Fonu		Elk. ve Hvg. Tük. Ver (BTV)	
TRT Payı		KDV (%8)	

Görsel 4.17: Elektrik faturası endeks bilgileri

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		1 adet
Kalem		1 adet
Hesap makinesi		1 adet

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	Her bir enerji tüketimini (T1-T3) hesapladı.	20	
Sınıfı:	**2**	Toplam enerji tüketimini hesapladı.	20	
Numarası:	**3**	BTV'yi hesapladı.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	KDV'yi hesapladı.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Elektrik fatura bedelini belirledi.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

4. UYGULAMA: TEK TERİMLİ, TEK ZAMANLI KAMU VE ÖZEL HİZMET SEKTÖRÜ İLE DİĞER AG ELEKTRİK FATURA HESABI

AMAÇ

Tek terimli, tek zamanlı kamu ve özel hizmet sektörü ile diğer AG elektrik faturasını hesaplamak.

İSTENENLER

Görsel 4.18'de tek terimli, tek zamanlı kamu ve özel hizmet sektörü ile diğer AG elektrik faturasının endeks bilgileri görülmektedir. Buna göre güncel elektrik tarifesini **(https://www.epdk.gov.tr/)** dikkate alarak elektrik fatura tutarını hesaplayınız.

Tüketici Grubu : Tek Terimli Tek Zamanlı Kamu ve Özel Hiz. Sekt. ile Diğer AG/Son Kayn. Tar. Serbest Tüketici

OKUMA BİLGİLERİ

	İlk	Son	Tüketim	İlave/Tenzil Tüketim
Okuma (Gün)	25.01.2023	24.02.2023	30 Gün	
Tek Zaman (Endeks)			2.500,000	
Gündüz (Endeks)	227.000,000	228.500,000	1.500,000	
Puant (Endeks)	31.000,000	31.500,000	500,000	
Gece (Endeks)	23.500,000	24.000,000	500,000	
Endüktif	63.000,000	63.250,000	250,000	
Kapasitif	10.900,000	11.000,000	100,000	
Trafo Kaybı				
Demand				

FATURA DETAYI

	Tüketim	Birim Fiyat	Bedel(TL)
DÜŞÜK KADEME		2,732607	
YÜKSEK KADEME		3,630836	
Endüktif Tüketim			
Kapasitif Tüketim			
Elk. Tüketim Bedeli			
Güç Aşım Bedeli		Trf. Brm. Fyt. Fark	
Sis. Kullanım Bedeli		Dağıtım Bedeli	
Sayaç Knt. Bedeli		Güç Bedeli	
Vergi ve Fonlar Top		Kesme Bağlama	
Yuvarlama		Gecikme Bedeli	
Geçmiş Borç		Mahsup	
Ödenecek Tutar		Devir Yuv.	

VERGİ ve FONLAR

Enerji Fonu	Elk. ve Hvg. Tük. Ver (BTV)
TRT Payı	KDV (%18)

Görsel 4.18: Elektrik faturası endeks bilgileri

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		1 adet
Kalem		1 adet
Hesap makinesi		1 adet

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	Endeks farklarını belirledi.	20	
Sınıfı:	**2**	Enerji tüketimini hesapladı.	20	
Numarası:	**3**	Endüktif ve kapasitif reaktif oranlarını hesapladı.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	BTV ve KDV oranlarını hesapladı.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Elektrik faturasını hesapladı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

5. UYGULAMA: TEK TERİMLİ, ÇOK ZAMANLI KAMU VE ÖZEL HİZMET SEKTÖRÜ İLE DİĞER AG ELEKTRİK FATURA HESABI

AMAÇ

Tek terimli, çok zamanlı kamu ve özel hizmet sektörü ile diğer AG elektrik faturasını hesaplamak.

İSTENENLER

Görsel 4.19'da tek terimli, çok zamanlı kamu ve özel hizmet sektörü ile diğer AG elektrik faturasının endeks bilgileri görülmektedir. Buna göre güncel elektrik tarifesini **(https://www.epdk.gov.tr/)** dikkate alarak elektrik fatura tutarını hesaplayınız.

Tüketici Grubu : Tek Terimli Çok Zamanlı Kamu ve Özel Hiz. Sekt. ile Diğer AG/Son Kayn. Tar. Serbest Tüketici

OKUMA BİLGİLERİ

	İlk	Son	Tüketim	İlave/Tenzil Tüketim
Okuma (Gün)	17.12.2022	16.01.2023	30	
Tek Zaman (Endeks)			850,000	
Gündüz (Endeks)	10,000	260,000	250,000	
Puant (Endeks)	60,000	360,000	300,000	
Gece (Endeks)	100,000	400,000	300,000	
Endüktif	51.000,000	51.150,000	150,000	
Kapasitif	9.900,000	10.000,000	100,000	
Trafo Kaybı				
Demand				

FATURA DETAYI

	Tüketim	Birim Fiyat	Bedel(TL)
DÜŞÜK KADEME			
Gündüz Tüketim		3,660445	
Puant Tüketim		5,356747	
Gece Tüketim		2,310764	
Endüktif Tüketim			
Kapasitif Tüketim			
Elk. Tüketim Bedeli			
Güç Aşım Bedeli		Trf. Brm. Fyt. Fark	
Sis. Kullanım Bedeli		Dağıtım Bedeli	
Sayaç Knt. Bedeli		Güç Bedeli	
Vergi ve Fonlar Top		Kesme Bağlama	
Yuvarlama		Gecikme Bedeli	
Geçmiş Borç		Mahsup	
Ödenecek Tutar		Devir Yuv.	

VERGİ ve FONLAR

Enerji Fonu		Elk. ve Hvg. Tük. Ver (BTV)	
TRT Payı		KDV (%18)	

Görsel 4.19: Elektrik faturası endeks bilgileri

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		1 adet
Kalem		1 adet
Hesap makinesi		1 adet

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	Her bir enerji tüketimini (T1-T3) hesapladı.	20	
Sınıfı:	**2**	Toplam enerji tüketimini hesapladı.	20	
Numarası:	**3**	Endüktif ve kapasitif reaktif oranlarını hesapladı.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	BTV ve KDV oranlarını hesapladı.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Elektrik faturasını hesapladı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

6. UYGULAMA: ÇİFT TERİMLİ, TEK ZAMANLI TİCARETHANE OG ELEKTRİK FATURA HESABI

AMAÇ

Çift terimli, tek zamanlı ticarethane OG elektrik fatura hesabını yapmak.

İSTENENLER

Tablo 4.6'da çift terimli tek zamanlı ticarethane OG elektrik faturasının 2020 Mayıs ayı endeks bilgileri görülmektedir. Buna göre güncel elektrik tarifesini **(https://www.epdk.gov.tr/)** dikkate alarak elektrik faturası tutarını hem tek hem de çok zamanlı tarifeye göre hesaplayınız. Her iki sonucu değerlendiriniz.

Tablo 4.6: Elektrik Faturası Bilgileri

Okuma Bilgisi	İlk Endeks	Son Endeks	Çarpan	Fark
Okuma günü	01.05.2020	31.05.2020	-	31 gün
Tek (tüm) zamanlı	4.004,096	4.040,177	6.900	248.958,900 kWh
Gündüz (endeks)	1.998,280	2.014,390	6.900	111.159,000 kWh
Puant (endeks)	851,338	858,772	6.900	51.294,600 kWh
Gece (endeks)	1.154,477	1.167,014	6.900	86.505,300 kWh
Reaktif (endüktif)	119,846	120,930	6.900	7.479,600 kVARh
Reaktif (kapasitif)	107,238	109,276	6.900	14.062,200 kVARh
Fatura Detayı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyat	Bedel (TL)
Aktif enerji bedeli (tüm zamanlar)	kWh	248.958,900	0,470000	117.010,68
Güç bedeli	kW	1.680,000	5,334459	8.961,89
Elektrik dağıtım bedeli	kWh	248.958,900	0,155373	38.681,49
Toplam enerji bedeli				164.654,06
TRT payı				2.340,21
Enerji fonu				1.170,11
BTV (Elk. ve Hvg. Vergi)				5.850,53
KDV (Matrah %18)				31.322,69
Vergi ve fonlar				40.683,54
Sözleşme gücü	**1.680,0 kW**			
Aktif-reaktif çarpan/demand	**6.900 / 0,080 kW**			
Önceki takvim yılı tüketimler	**4.409.658,900 kWh/yıl, 12.081 kWh/gün**			
Cari yıl tüketimleri	**2.018.401,800 kWh/yıl, 65.110 kWh/gün**			
Ödenecek tutar	**205.337,00 TL**			
Fatura ortalama tüketim	**8.030,932 TL**			

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

.....

MALZEME LİSTESİ

MALZEMENİN ADI	MALZEMENİN ÖZELLİĞİ	MİKTARI
A4 antetli kâğıt		1 adet
Kalem		1 adet
Hesap makinesi		1 adet

NOT: .....

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	PUANLAMA	
Adı ve Soyadı:	**1**	Güncel elektrik birim fiyatlarını belirledi.	20	
Sınıfı:	**2**	Tek zamanlıya göre faturayı hesapladı.	20	
Numarası:	**3**	Mevcut ile eski fiyatlandırmayı değerlendirdi.	20	
ÖĞRETMEN	**4**	Çok zamanlıya göre faturayı hesapladı.	20	
Adı ve Soyadı:	**5**	Tek ve çok zamanlı fiyatları karşılaştırdı.	20	
İmza:		**TOPLAM PUAN**	**100**	

ARAŞTIRMA VE UYGULAMA PROJELERİ

Aşağıdaki 4. öğrenme birimi ile ilgili 2 farklı araştırma ve uygulama projesi verilmiştir. Projeleri gerçekleştirip raporları ile birlikte öğretmeninize teslim ediniz. Çalışmalar, öğretmen onayı alınarak grup hâlinde yürütülebilir.



1. PROJE: TEK VE ÇOK TARİFELİ FATURA ANALİZLERİ

Proje Süresi : 2-3 hafta

Proje Grup Sayısı : 1-2 kişi

Projenin Amacı : Çeşitli faturalar alarak fatura hesabı yapmak ve tablolar üzerinden, oluşan maliyetleri değerlendirmek.

İstenen Faturalar : Apartman, sanayi, üniversite ve kamu kuruluşu (2 aylık)

Tarife Modeli : Hem tek tarifeli hem de çok tarifeli hesaplama

Projede İstenenler

- Dört farklı yükün elektrik faturalarını ilgili firmalardan ikişer aylık olarak talep ediniz.
- Her yük profilinin elektrik tüketim verilerini ve diğer fatura bilgilerini faturalardan bakarak tablolara yazınız.
- Her yük profilinin elektrik fatura hesabını hem tek tarifeli hem de çok tarifeli olarak ayrı ayrı yapınız ve sonuçları karşılaştırınız.
- Hesaplanan sonuç ile faturadaki maliyetin tutarlılığını kontrol ediniz. Ayrıca hesaplamaları genel olarak değerlendiriniz.
- Analiz ve yorumları raporlayarak öğretmeninize teslim ediniz.

NOT: .....

.....

.....

.....

.....

.....

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Örnek firmalardan dört farklı elektrik faturası alındı.	20
2	Apartman faturası incelendi ve elektrik faturası ayrı tarifelerle hesaplandı.	20
3	Sanayi faturası incelendi ve elektrik faturası ayrı tarifelerle hesaplandı.	20
4	Üniversite faturası incelendi ve elektrik faturası ayrı tarifelerle hesaplandı.	20
5	Kamu kuruluşu faturası incelendi ve elektrik faturası ayrı tarifelerle hesaplandı.	20
	TOPLAM PUAN	**100**

2. PROJE: SAYAÇ ÖLÇÜMÜ VE FATURA OLUŞTURMA

Proje Süresi : 2-3 hafta

Proje Grup Sayısı: 2-10 kişi

Projenin Amacı : Mikrodenetleyiciyle yapılan seyyar prizlerin elektrik ihtiyacını karşılayan PV panel uygulamasındaki elektrik sayaçları ölçümlerini dikkate alarak sistemin elektrik faturasını oluşturmak ve maliyet hesabını yapmak.

Projede İstenenler

3. öğrenme birimindeki **1. proje uygulaması**nı dikkate alınız ve uygulamadaki enerji ölçümlerini kullanarak örnek bir elektrik faturası oluşturunuz. Faturada yeşil enerji değerlerini de ayrı olarak gösteriniz. Bu faturadan yola çıkarak fatura maliyet hesabı oluşturunuz. Sonuçları değerlendiriniz ve raporla birlikte öğretmeninize teslim ediniz.

NOT: .....

Proje Değerlendirme: Projenin değerlendirilmesinde aşağıdaki ölçütler dikkate alınacaktır.

No.	Değerlendirme Ölçütleri	Puanı
1	Elektrik ölçüm değerleri tek tablo üzerinde özetlendi.	20
2	Elektrik fatura tasarımı oluşturuldu ve ilgili etiketler yazıldı.	20
3	Elektrik faturasında enerji endeks değerleri ilgili kısımlara yazıldı.	20
4	Elektrik faturasında maliyet hesapları yapıldı.	20
5	Elektrik faturasında ilgili alanlara maliyet değerleri yazıldı.	20
	TOPLAM PUAN	**100**

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki önermeleri dikkatle okuyunuz ve boş bırakılan yerlereifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) EÜAŞ, kamuya ait elektrik santrallerindeki üretimden sorumludur.
2. ( ) Enerji piyasalarını düzenleme ve denetleme yetkisi EPİAŞ'a aittir.
3. ( ) Elektrik enerjisinin ve/veya kapasitenin toptan veya perakende satışına tedarik denir.
4. ( ) Monopol modelde sürecin tamamı kamu veya özel şirket tarafından gerçekleştirilir.
5. ( ) Çok zamanlı tarifede gündüz dönemi tarifesi saat 09.00'da başlar.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeleri yazınız.

6. Piyasalar temelde arz ve ..... ilişkisine dayalıdır.
7. Ürünün son fiyat üzerinden anında alım satımı gerçekleştiği piyasalara ..... piyasa denir.
8. Elektriği kendi kullanımı için alan kişiye ..... denir.
9. Elektrik Piyasası Kanunu, ... sayılı kanundur.
10. Tüketilen elektrik enerjisi için tek fiyat uygulanan tarifeye ..... zamanlı tarife denir.

C) Aşağıdaki ilk sütunda ifadeler, diğer sütunda ise kavramlar verilmiştir. İfadelerin önündeki parantez içlerine kavramların önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

İFADELER		
11.	( )	Belirlenen bir bölgede elektrik dağıtımı ile iştigal eden tüzel kişi.
12.	( )	Ürün fiyatının alıcı ve satıcı tarafların karşılıklı anlaşmasıyla belirlendiği piyasa.
13.	( )	Elektrik enerjisinin gerilim seviyesi 36 kV üzerindeki hatlar üzerinden nakli.
14.	( )	Tüzel kişilere piyasada faaliyet gösterebilmeleri için kanun uyarınca verilen izin.
15.	( )	Enerji kaynaklarının elektrik üretim tesislerinde elektrik enerjisine dönüştürülmesi.

KAVRAMLAR	
A	Serbest piyasa
B	Üretim
C	İletim
D	Dağıtım şirketi
E	Lisans
F	Global pazar

Ç) Aşağıdaki soruları okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Elektrik iletim işlerinde görevli şirket aşağıdakilerden hangisidir?

A) EPDK B) EPİAŞ C) EÜAŞ D) TEDAŞ E) TEİAŞ

17. Dağıtım şirketlerinin denetimini yapmakla görevli şirket aşağıdakilerden hangisidir?

A) BİST B) EDAŞ C) EPİAŞ D) TEDAŞ E) TETAŞ

18. Üretilen elektrik enerjisinin sadece bir alıcıya satışının yapıldığı piyasa model yapısı aşağıdakilerden hangisidir?

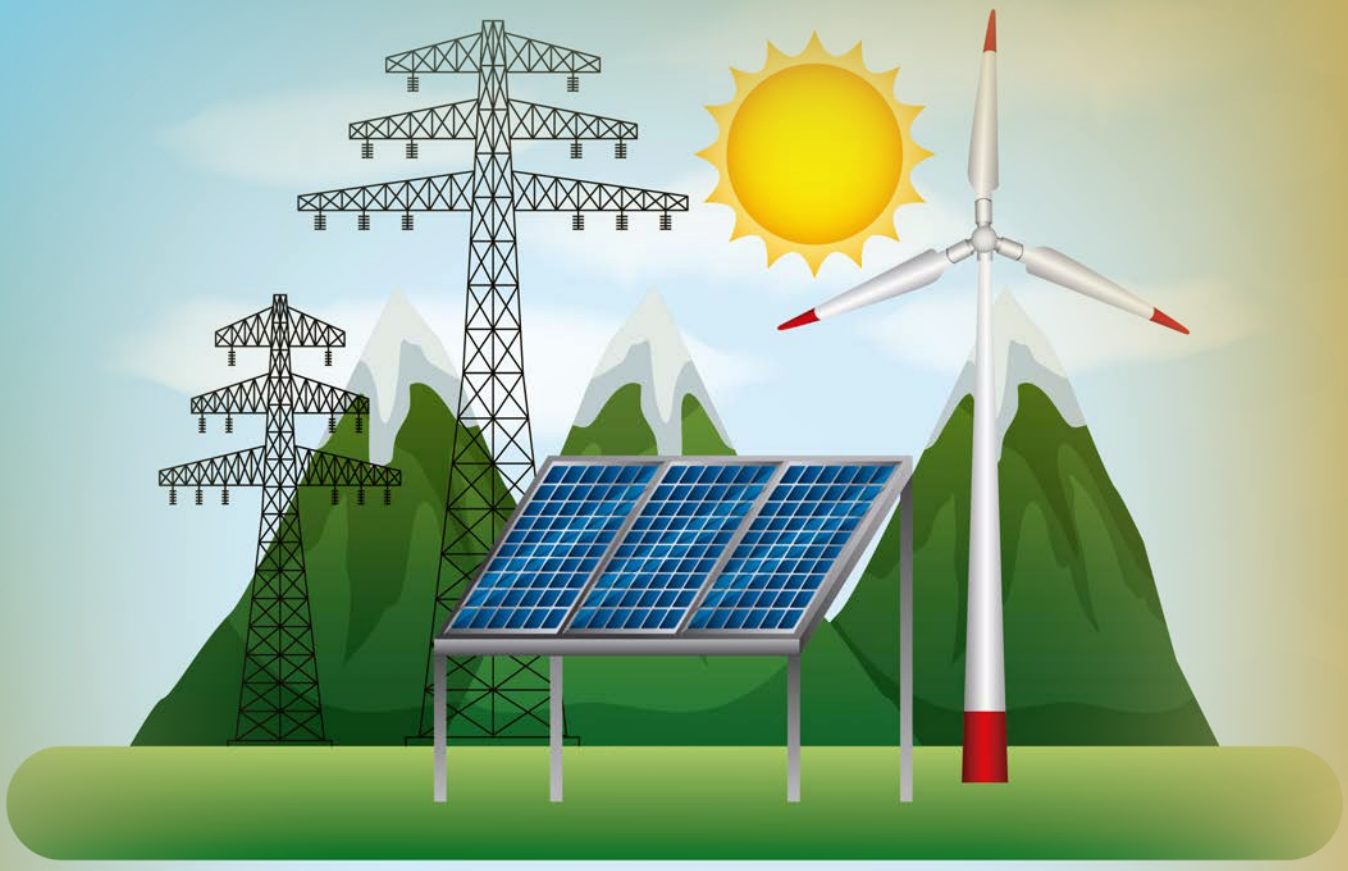
A) Monopol
B) Perakende satış rekabeti
C) Spot
D) Tek alıcı
E) Toptan satış rekabeti

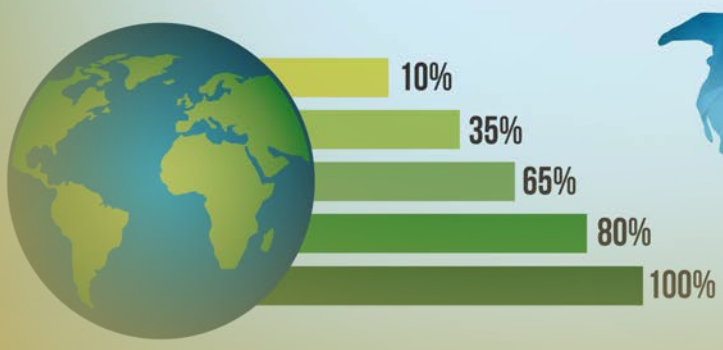
19. Elektrik ticaretinde piyasa katılımcılarına ek alış satış imkânları sağlayan, piyasa işletmecisi tarafından işletilen dengeleme amaçlı piyasa aşağıdakilerden hangisidir?

A) Dengeleme güç
B) Gün içi
C) Gün öncesi
D) Türev
E) Yan hizmetler

20. Aşağıdakilerden hangisi fatura/ödeme bildiriminde bulunması gereken asgari bilgiler arasında değildir?

A) Ad-soyad
B) Adres
C) Tüketici grubu
D) Tüketici numarası
E) T.C. kimlik numarası







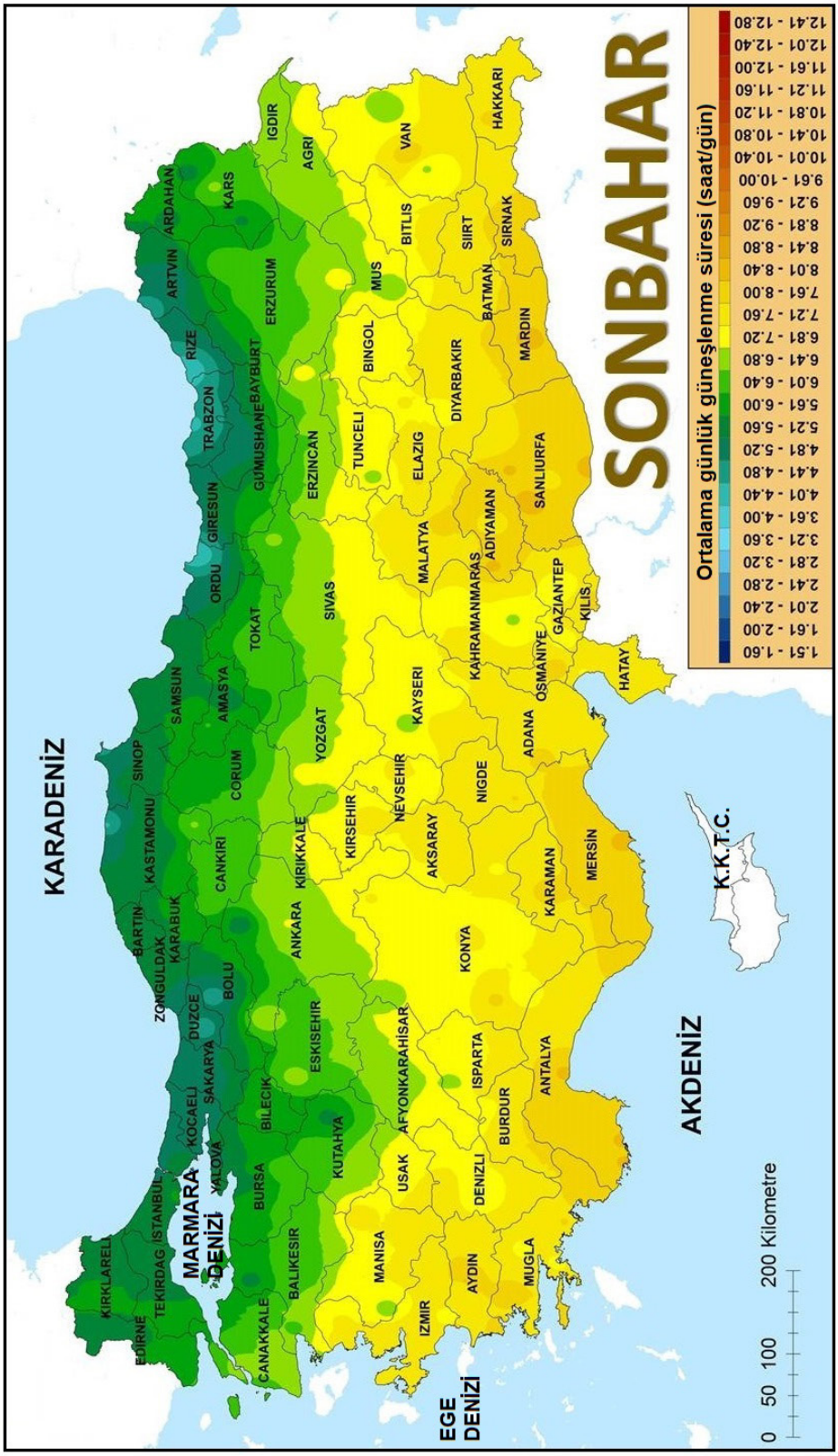
EK-A ENERJİ VERİLERİ VE HARİTALARI

42734

BU BÖLÜMDE ENERJİ VERİLERİ VE HARİTALARI İLE İLGİLİ ÇEŞİTLİ BİLGİLER VE GÖRSELLER YER ALMAKTADIR.

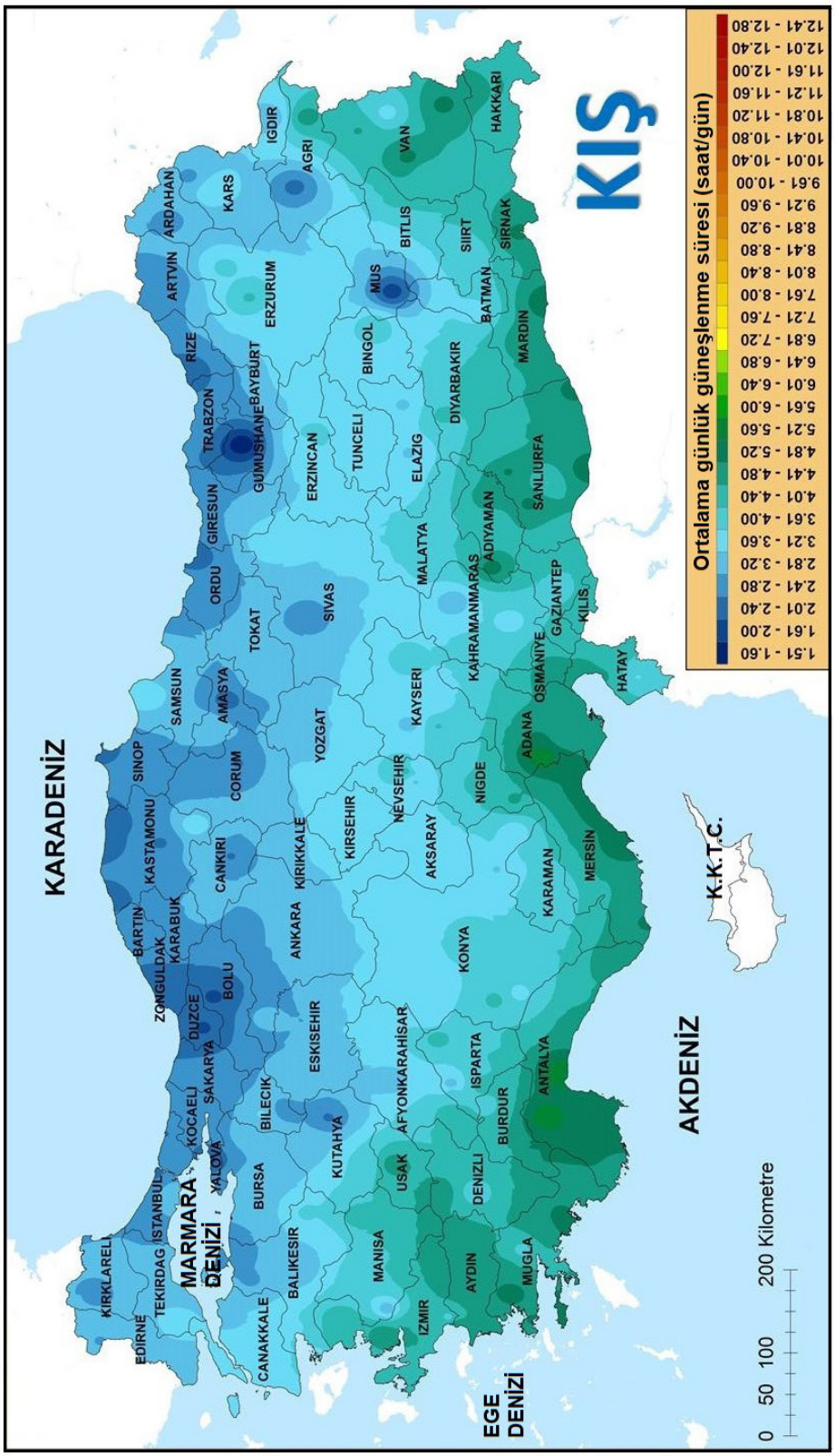
EK A-1. GÜNEŞLENME SÜRESİ (SONBAHAR)
EK A-2. GÜNEŞLENME SÜRESİ (KIŞ)
EK A-3. GÜNEŞLENME SÜRESİ (İLKBAHAR)
EK A-4. GÜNEŞLENME SÜRESİ (YAZ)
EK A-5. GÜNEŞLENME SÜRESİ (YILLIK ORTALAMA)
EK A-6. DOĞRUDAN NORMAL IŞINIM SOLAR RADYASYON HARİTASI
EK A-7. KÜRESEL YATAY IŞINIM (GHI) SOLAR RADYASYON HARİTASI
EK A-8. FOTOVOLTAİK ENERJİ POTANSİYEL HARİTASI
EK A-9. TÜRKİYE'NİN NİSAN 2024 AYI ORTALAMA SICAKLIK HARİTASI
EK A-10. TÜRKİYE'NİN FARKLI AYLARINDAKİ BUHARLAŞMA HARİTALARI
EK A-11. TÜRKİYE'NİN YILLIK ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMİ
EK A-12. TÜRKİYE'NİN OCAK AYI ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMİ
EK A-13. TÜRKİYE'NİN TEMMUZ AYI ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMİ
EK A-14. TÜRKİYE'NİN YILLIK ORTALAMA YAĞIŞ HARİTASI
EK A-15. ORTALAMA RÜZGÂR HIZI HARİTASI (1)
EK A-16. ORTALAMA RÜZGÂR HIZI HARİTASI (2)
EK A-17. TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (GENEL)
EK A-18. TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (BÖLGELERE GÖRE)
EK A-19. TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (İLLERE GÖRE)
EK A-20. TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (İL VE İLÇELERE GÖRE)
EK A-21. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL KAYNAKLAR HARİTASI
EK A-22. TÜRKİYE KÖMÜR SAHALARI VE POTANSİYEL KULLANIM ALANLARI
EK A-23. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK SANTRALLER (1)
EK A-24. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK SANTRALLER (2)
EK A-25. TÜRKİYE'DE TERMİK SANTRALLER
EK A-26. TÜRKİYE'DE DOĞAL GAZ SANTRALLER
EK A-27. TÜRKİYE'DEN GEÇEN DOĞAL GAZ VE PETROL BORU HATLARI
EK A-28. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ SANTRALLERİ
EK A-29. TÜRKİYE'DE RÜZGÂR SANTRALLERİ
EK A-30. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE İLE İLGİLİ ENERJİ ÜRETİM SANTRALLERİ
EK A-31. DÜNYA'NIN YENİLENEBİLİR ENERJİ HARİTASI
EK A-32. TÜRKİYE'DE LİSANSLI ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİ
EK A-33. TÜRKİYE'DE LİSANSLI GÖREVLİ TEDARİK ŞİRKETLERİ
EK A-34. SENKRONOSKOP CİHAZI İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER
EK A-35. SENKRONİZASYON KONTROL CİHAZI İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER
EK A-36. ÜÇ FAZLI ELEKTRONİK KOMBİ SAYAÇ İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER
EK A-37. ENERJİ ANALİZÖRÜ İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER
EK A-38. TÜRKİYE'DE TEK VE ÜÇ TARİFELİ ELEKTRİK MALİYETLERİ

EK A-1: GÜNEŞLENME SÜRESİ (SONBAHAR)



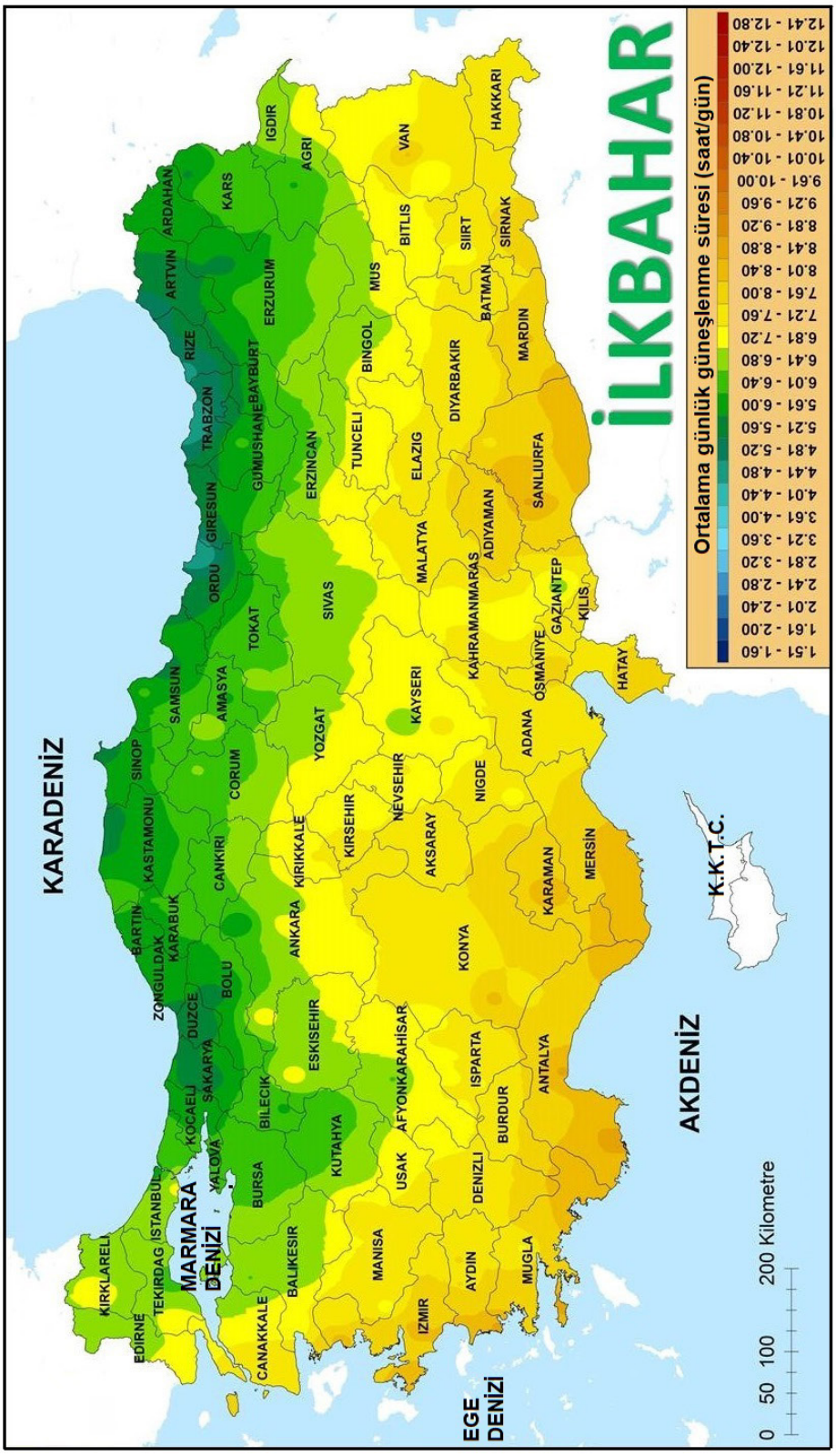
Görsel A.1. Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi (sonbahar)

EK A-2: GÜNEŞLENME SÜRESİ (KIŞ)



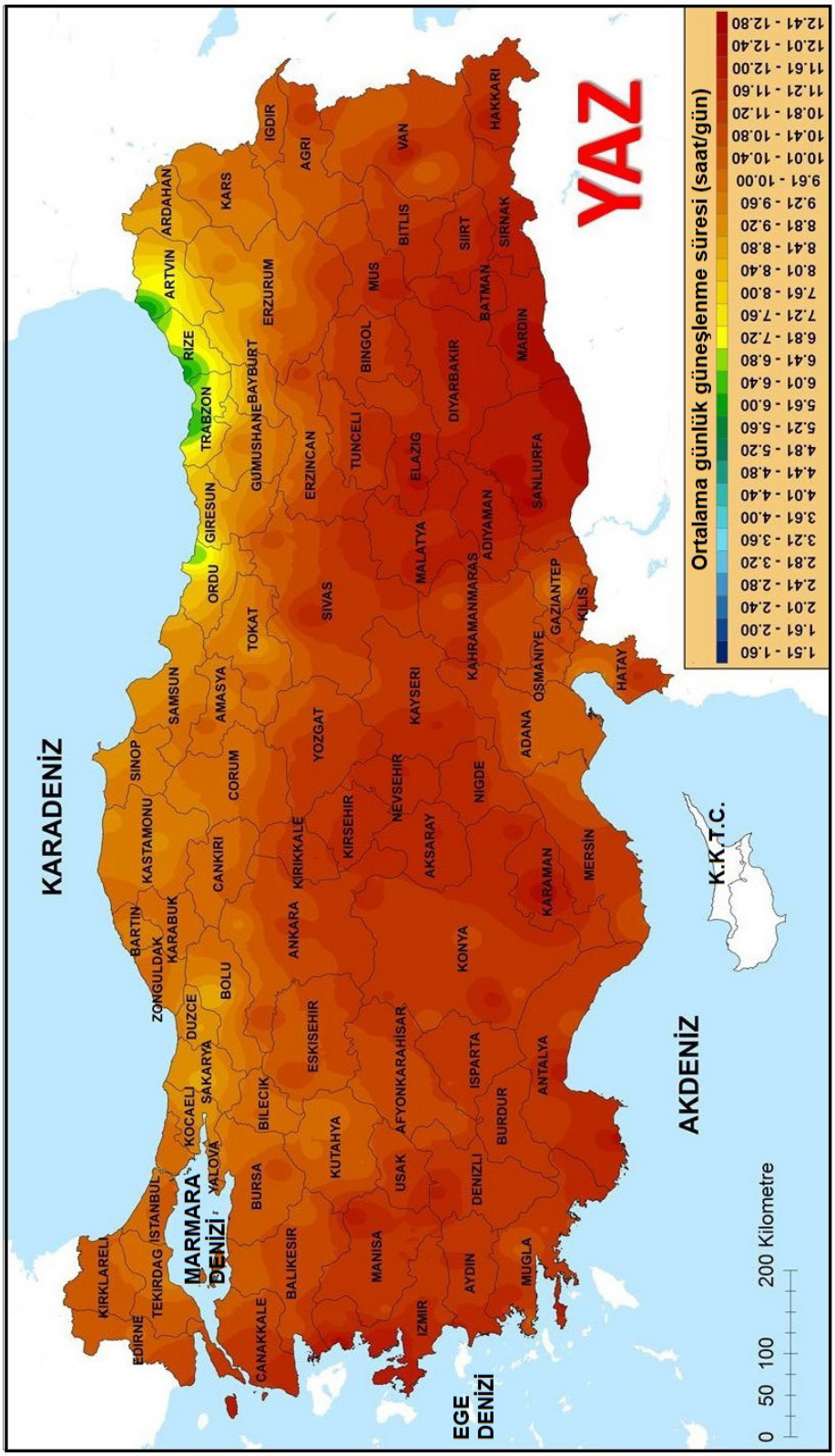
Görsel A.2. Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi (kış)

EK A-3: GÜNEŞLENME SÜRESİ (İLKBAHAR)



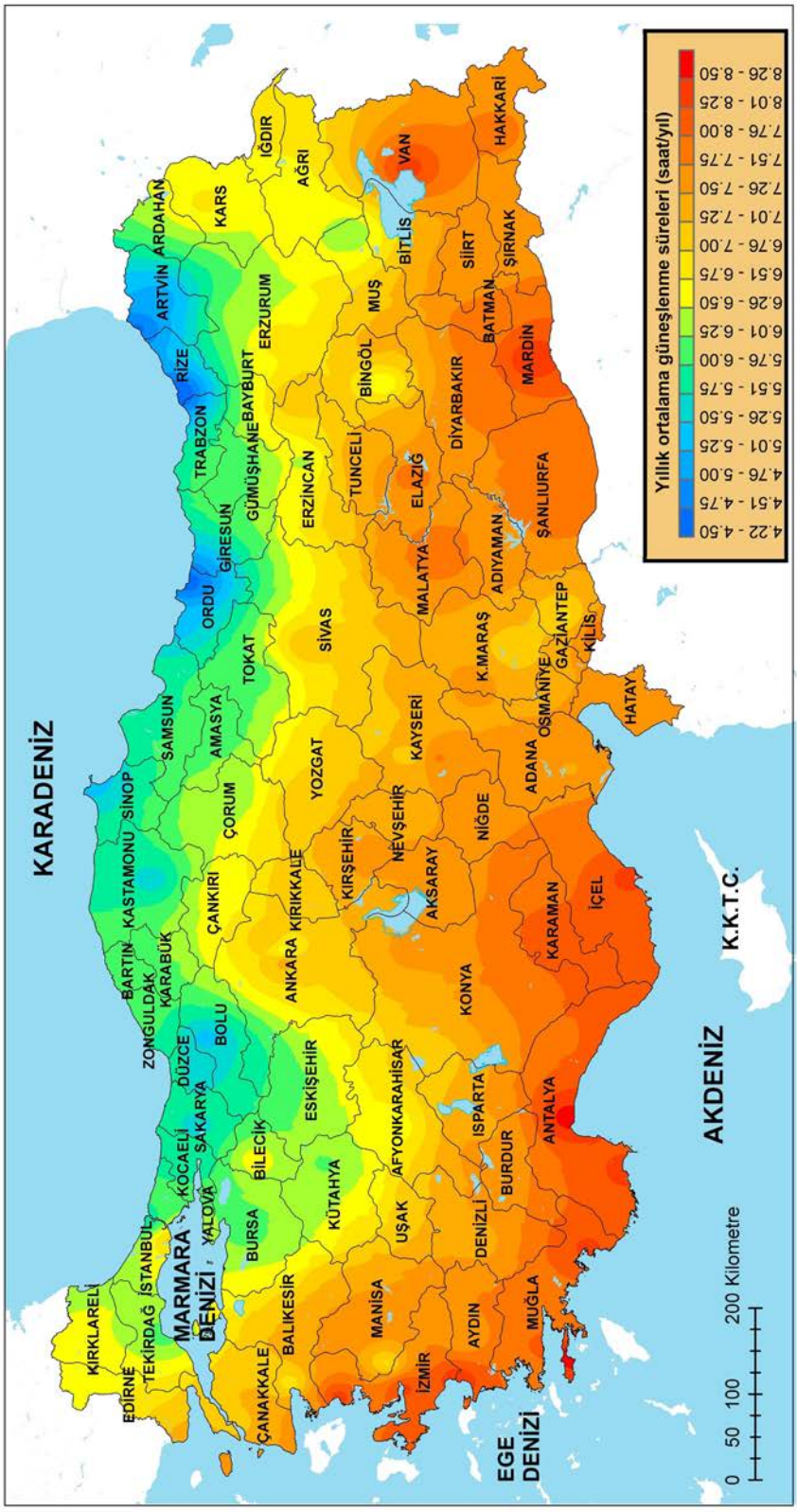
Görsel A.3. Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi (ilkbahar)

EK A-4: GÜNEŞLENME SÜRESİ (YAZ)



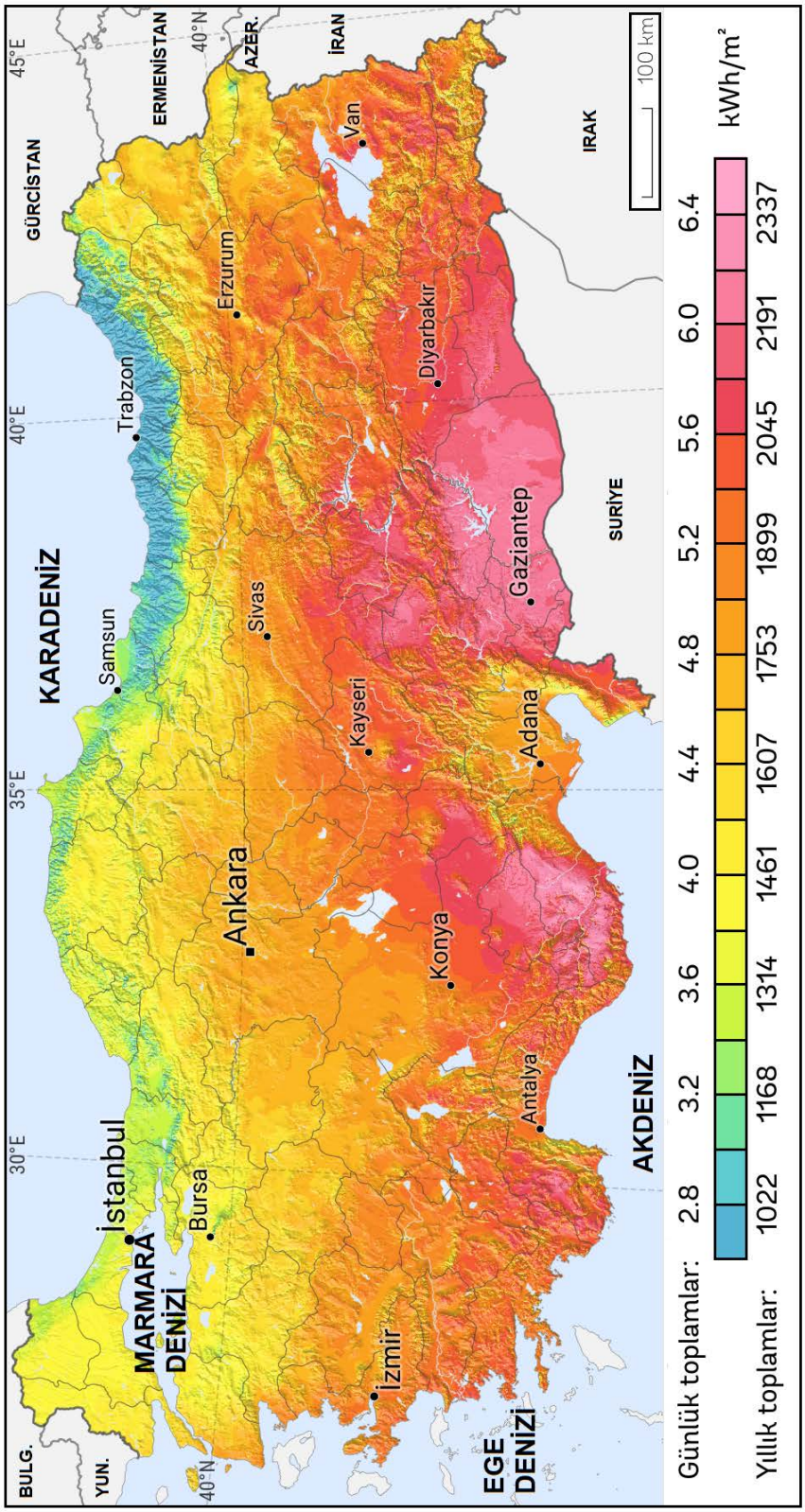
Görsel A.4. Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi (yaz)

EK A-5: GÜNEŞLENME SÜRESİ (YILLIK ORTALAMA)



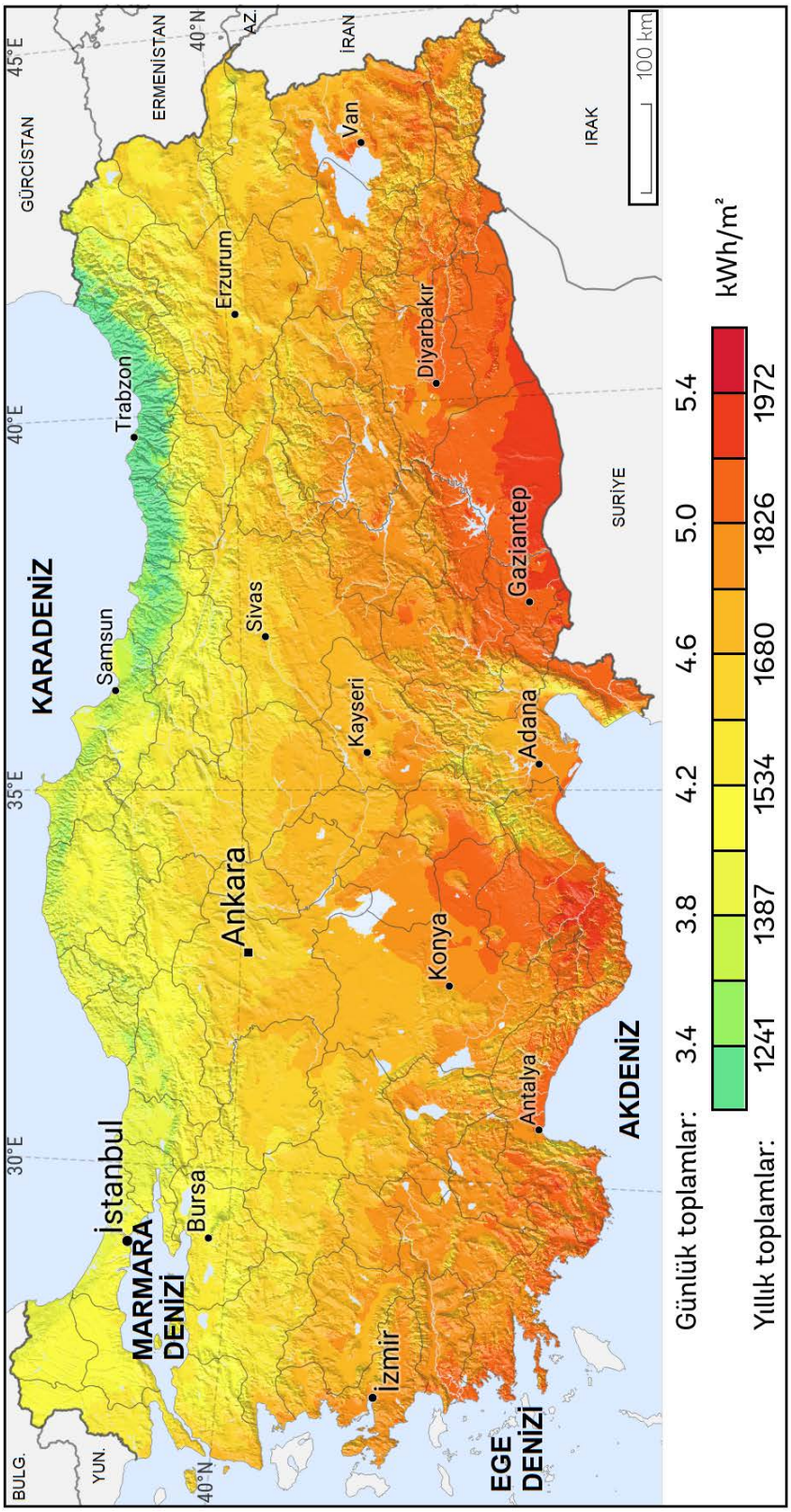
Görsel A.5. Türkiye'nin günlük ortalama güneşlenme süresi (yıllık ortalama)

EK A-6: DOĞRUDAN NORMAL IŞINIM SOLAR RADYASYON HARİTASI



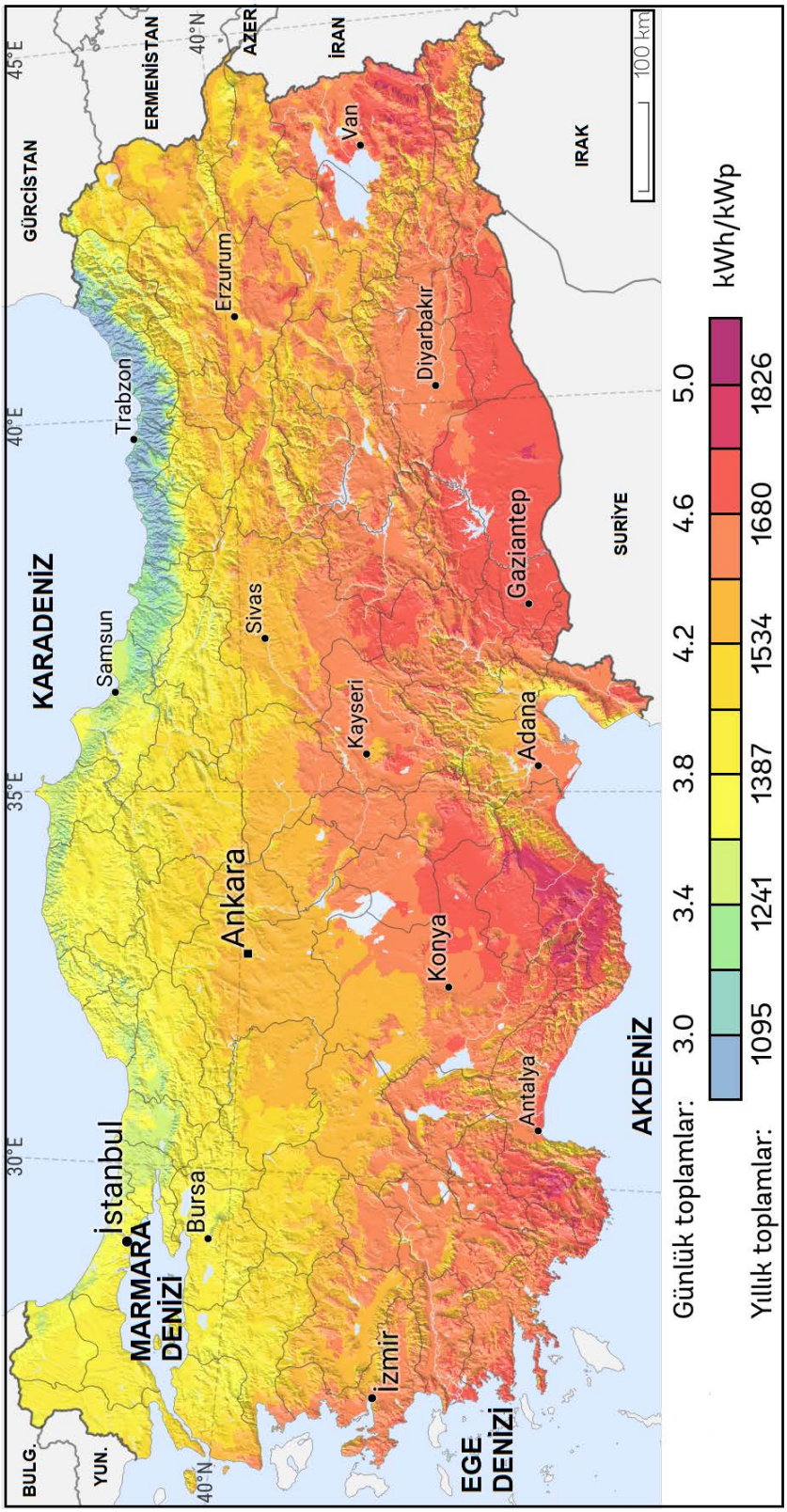
Görsel A.6. Türkiye'nin yıllık ortalama doğrudan normal ışınım solar radyasyon haritası

EK A-7: KÜRESEL YATAY IŞINIM (GHI) SOLAR RADYASYON HARİTASI



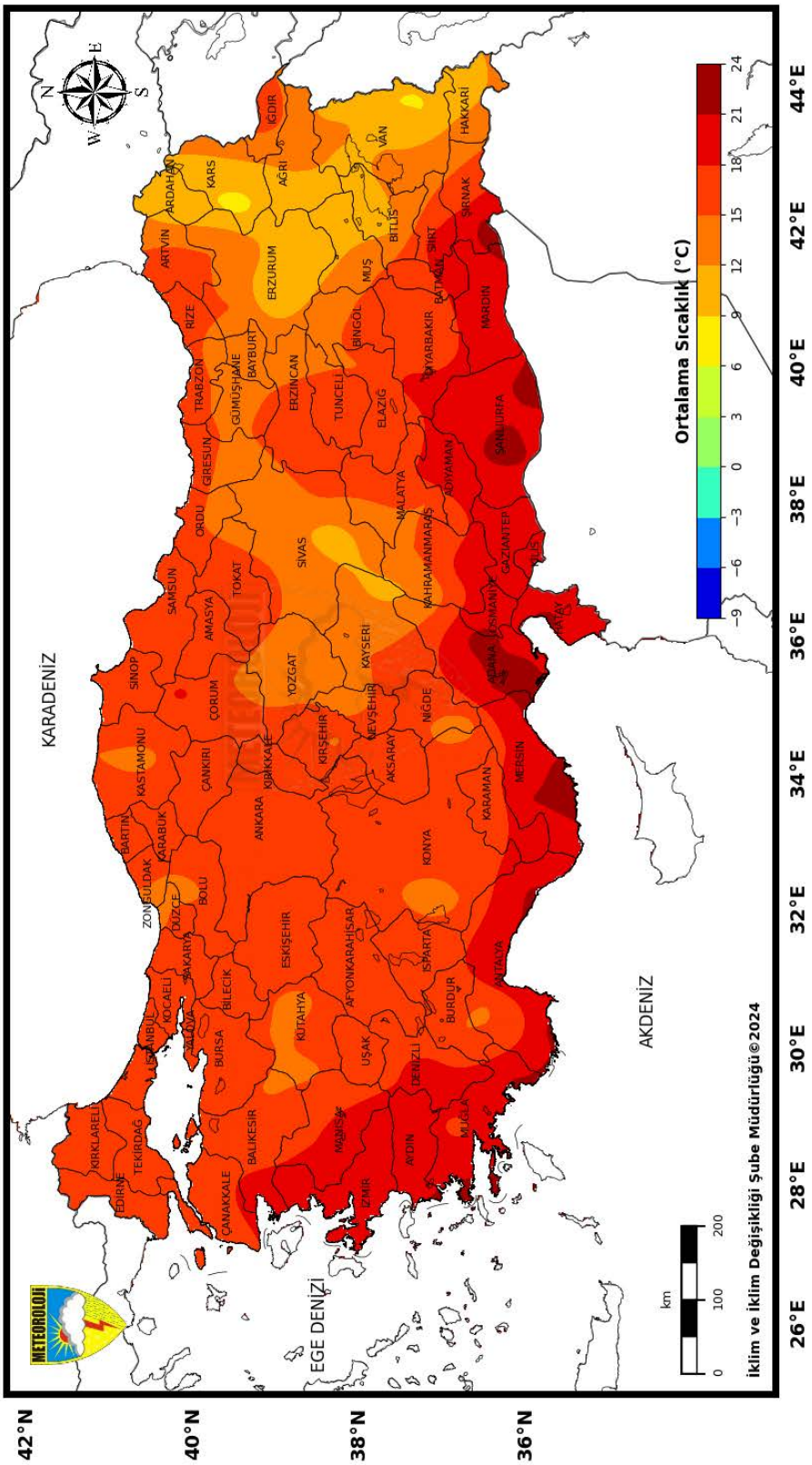
Görsel A.7. Türkiye'nin yıllık ortalama küresel yatay ışınım solar radyasyon haritası

EK A-8: FOTOVOLTAİK ENERJİ POTANSİYEL HARİTASI



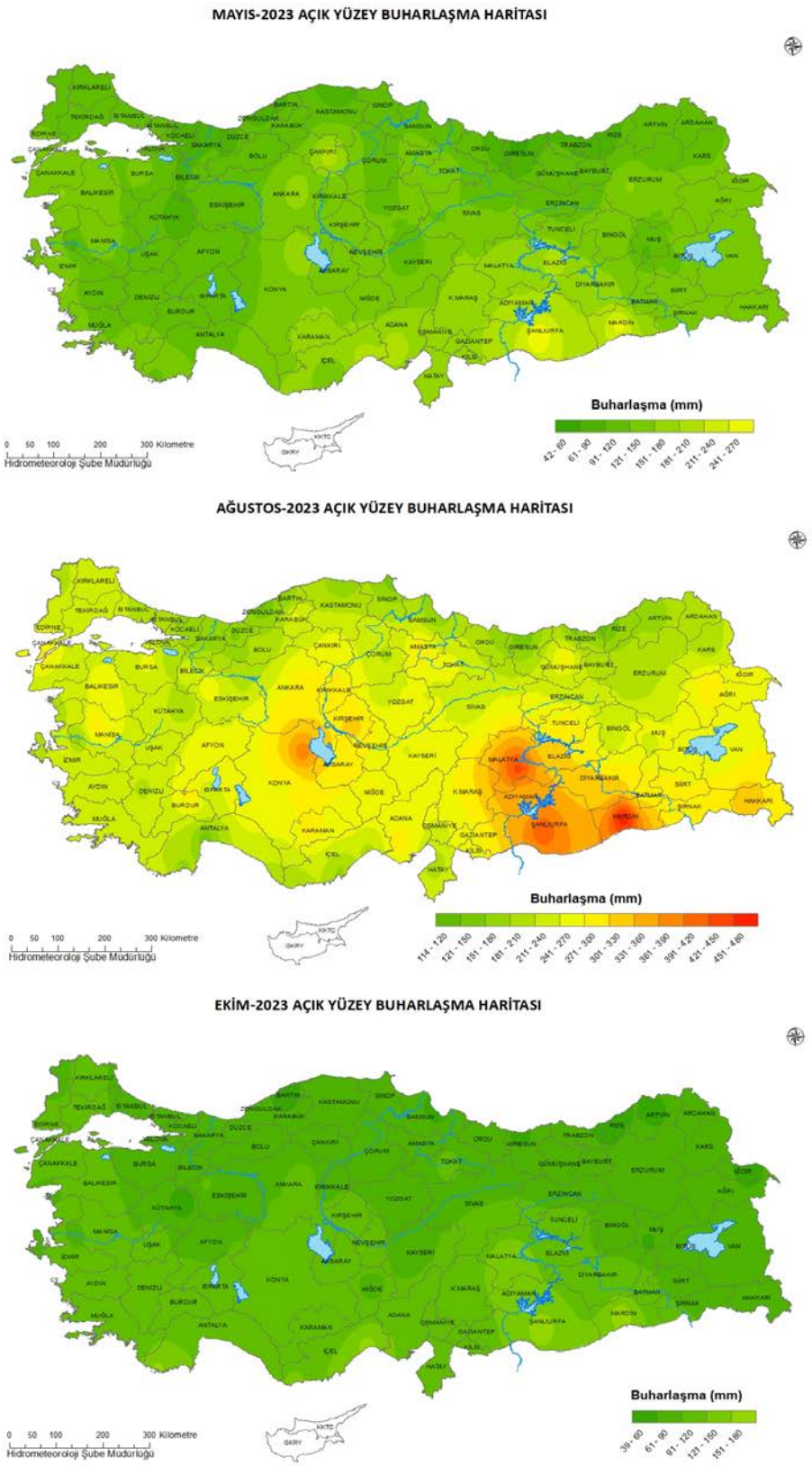
Görsel A.8. Türkiye'nin yıllık ortalama fotovoltaik enerji potansiyeli haritası

EK A-9: TÜRKİYE'NİN NİSAN 2024 AYI ORTALAMA SICAKLIK HARİTASI



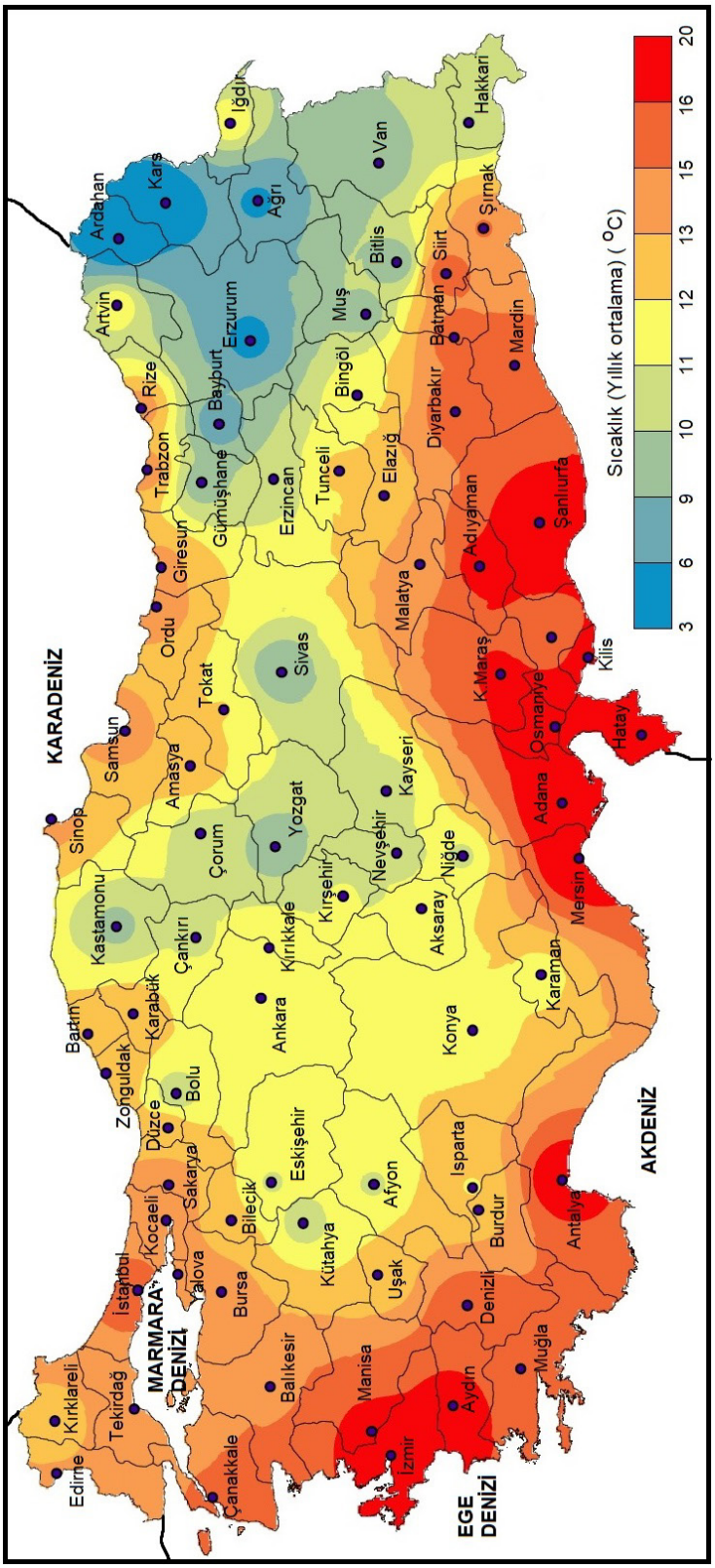
Görsel A.9. Türkiye'nin 2024 Nisan Ayı Ortalama Sıcaklık Haritası

EK A-10: TÜRKİYE'NİN FARKLI AYLARDAKİ BUHARLAŞMA HARİTALARI



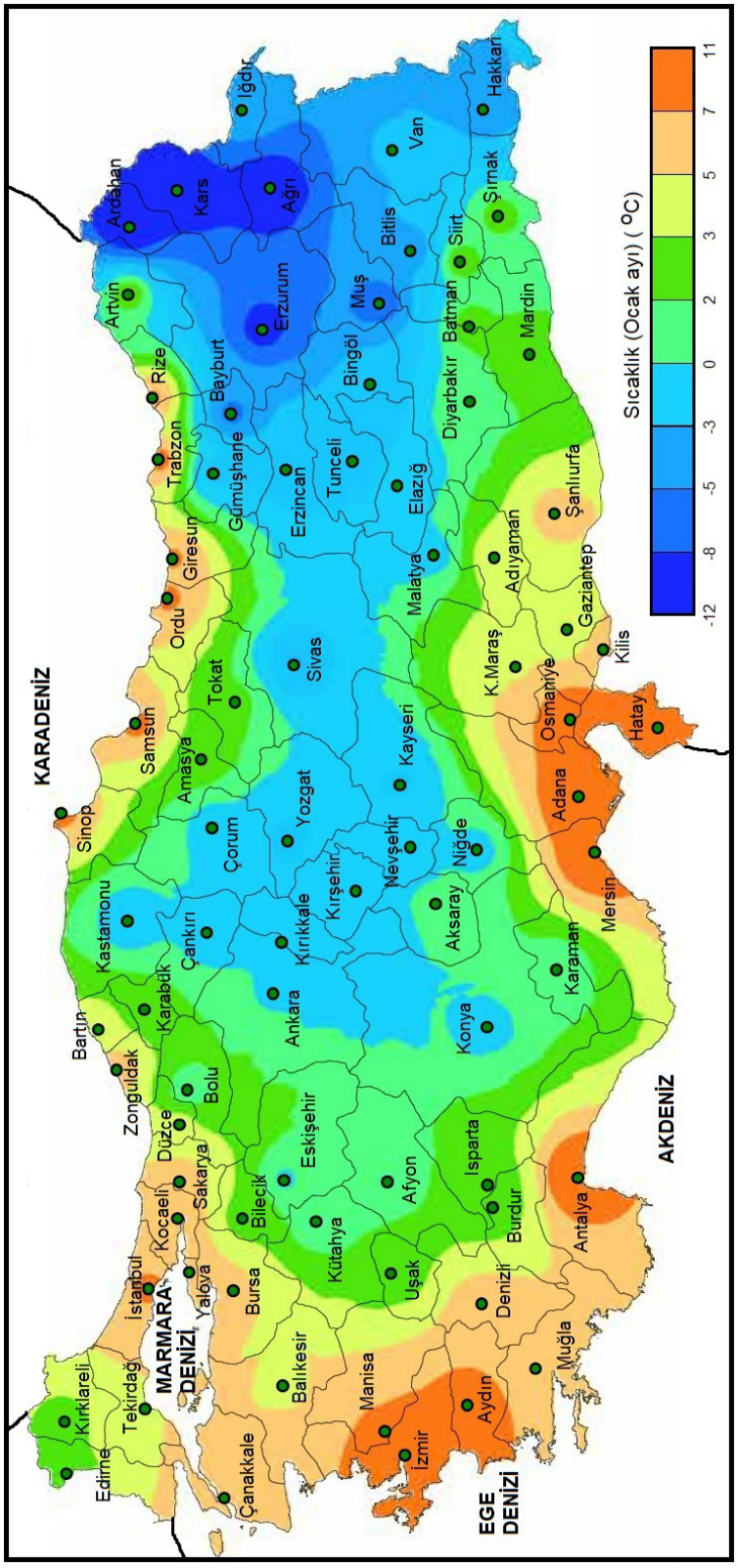
Görsel A.10. Türkiye'nin Mayıs, Ağustos ve Ekim aylarındaki buharlaşma haritaları

EK A-11: TÜRKİYE'NİN YILLIK ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMİ



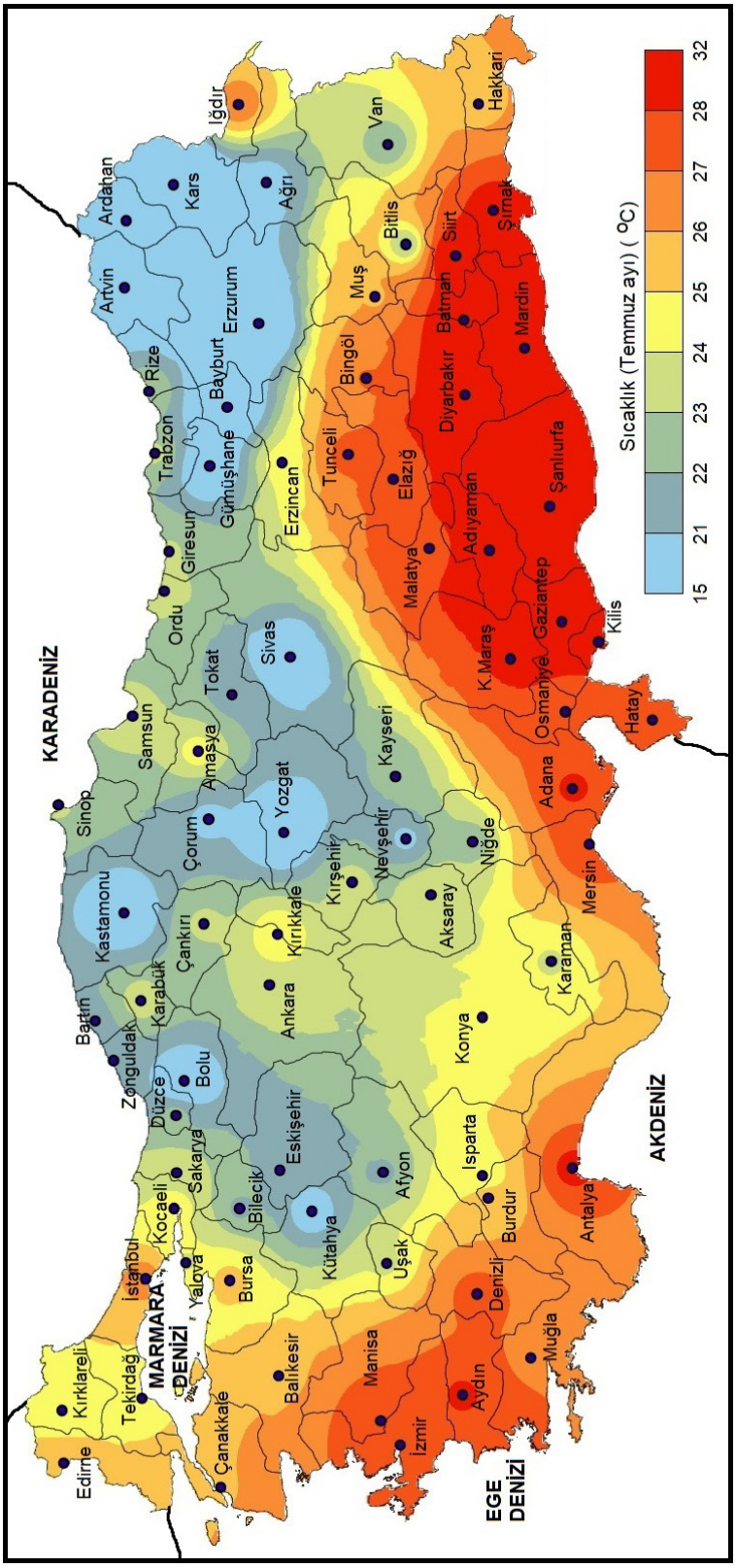
Görsel A.11. Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklık değişimi

EK A-12: TÜRKİYE'NİN OCAK AYI ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMİ



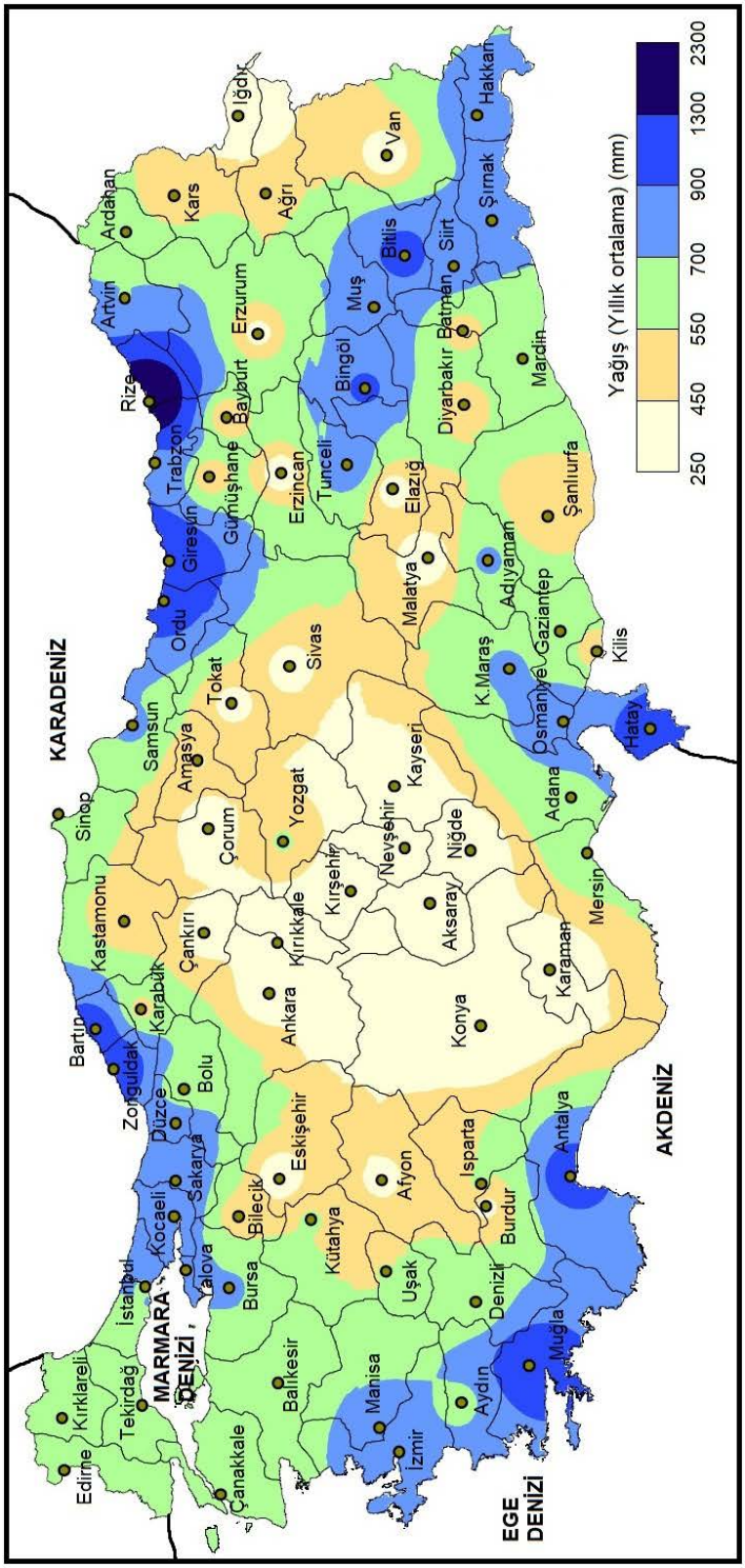
Görsel A.12. Türkiye'nin ocak ayı ortalama sıcaklık değişimi

EK A-13: TÜRKİYE'NİN TEMMUZ AYI ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMİ



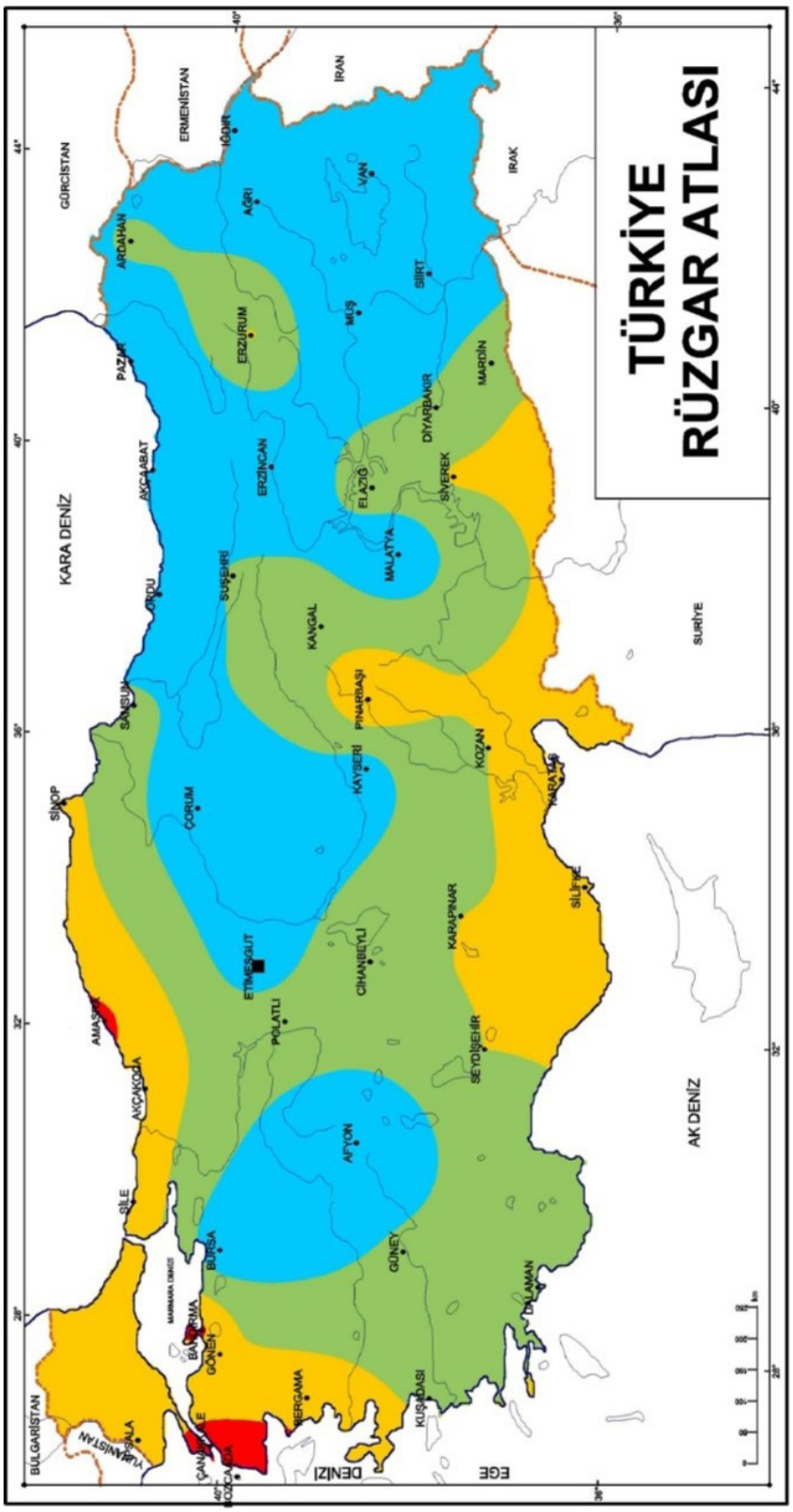
Görsel A.13. Türkiye'nin temmuz ayı ortalama sıcaklık değişimi

EK A-14: TÜRKİYE'NİN YILLIK ORTALAMA YAĞIŞ HARİTASI



Görsel A.14. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış haritası

EK A-15: ORTALAMA RÜZGÂR HIZI HARİTASI (1)

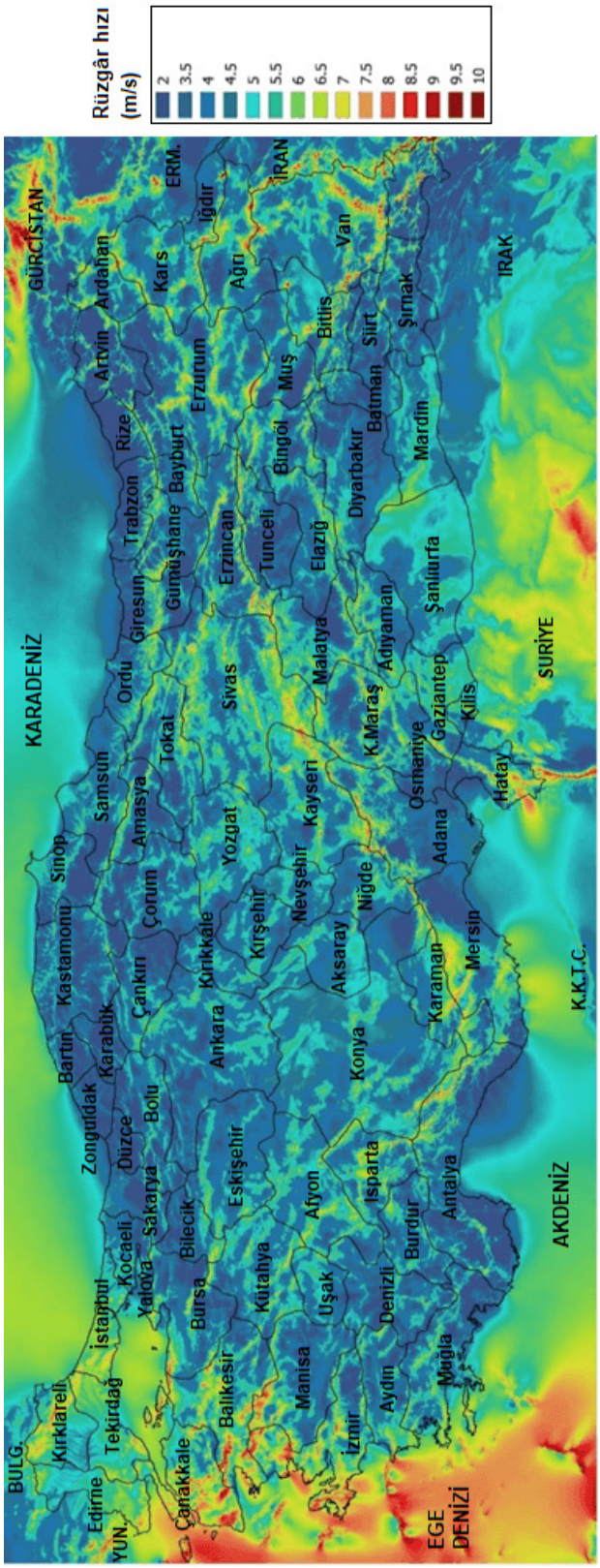


1. Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsil etmektedir. Rüzgar türbini hallhazırdaki potansiyelin % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm lik standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg.m-3 hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
2. Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kırıcıların yoğun olduğu tanım alanları (pürüzlülük sınıfı 3)
3. Az sayıda rüzgar kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgar kırıcı içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgar yönü deniz tarafından ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. Bütün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yükseklliğinde ve 4 km çapındaki simetrik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri[1]												
	Kapalı Araziler[2]		Açık Araziler[3]		Kıyılar[4]		Açık Deniz[5]		Tepe ve Bayırlar[6]	
	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}
	> 8.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0 – 8.0	150 – 250	6.5 – 7.5	300 – 500	7.0 – 8.5	400 – 700	8.0 – 9.0	600 – 800	10.0–11.5	1200 – 1900
	4.5 – 5.0	100 – 150	5.5 – 6.5	200 – 300	6.0 – 7.0	250 – 400	7.0 – 8.0	400 – 800	8.5–10.0	700 – 1200
	3.5 – 4.5	50 – 100	4.5 – 5.5	100 – 200	5.0 – 6.0	150 – 250	5.5 – 7.0	200 – 400	7.0–8.5	400 – 700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

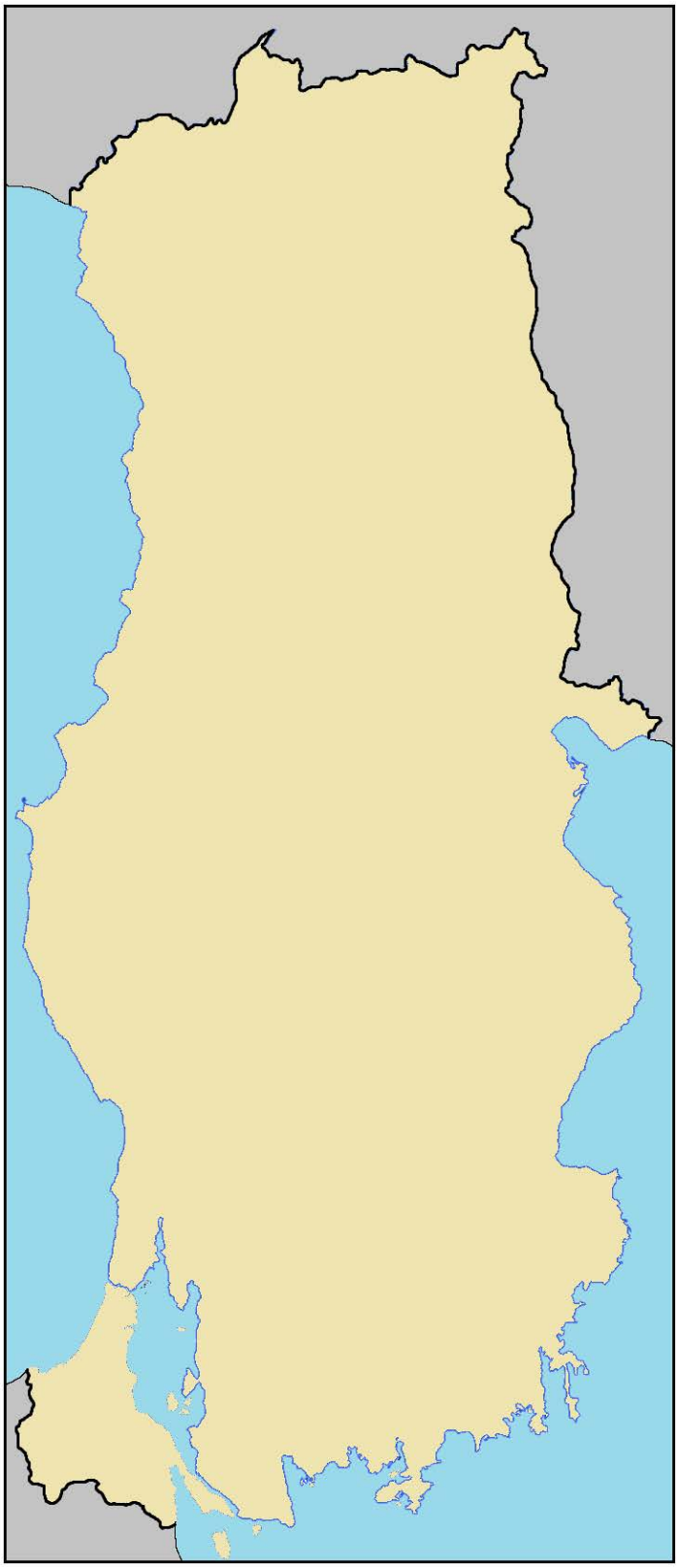
Görsel A.15. Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgâr hızı haritası (50 m yükseklikte)

EK A-16: ORTALAMA RÜZGÂR HIZI HARİTASI (2)



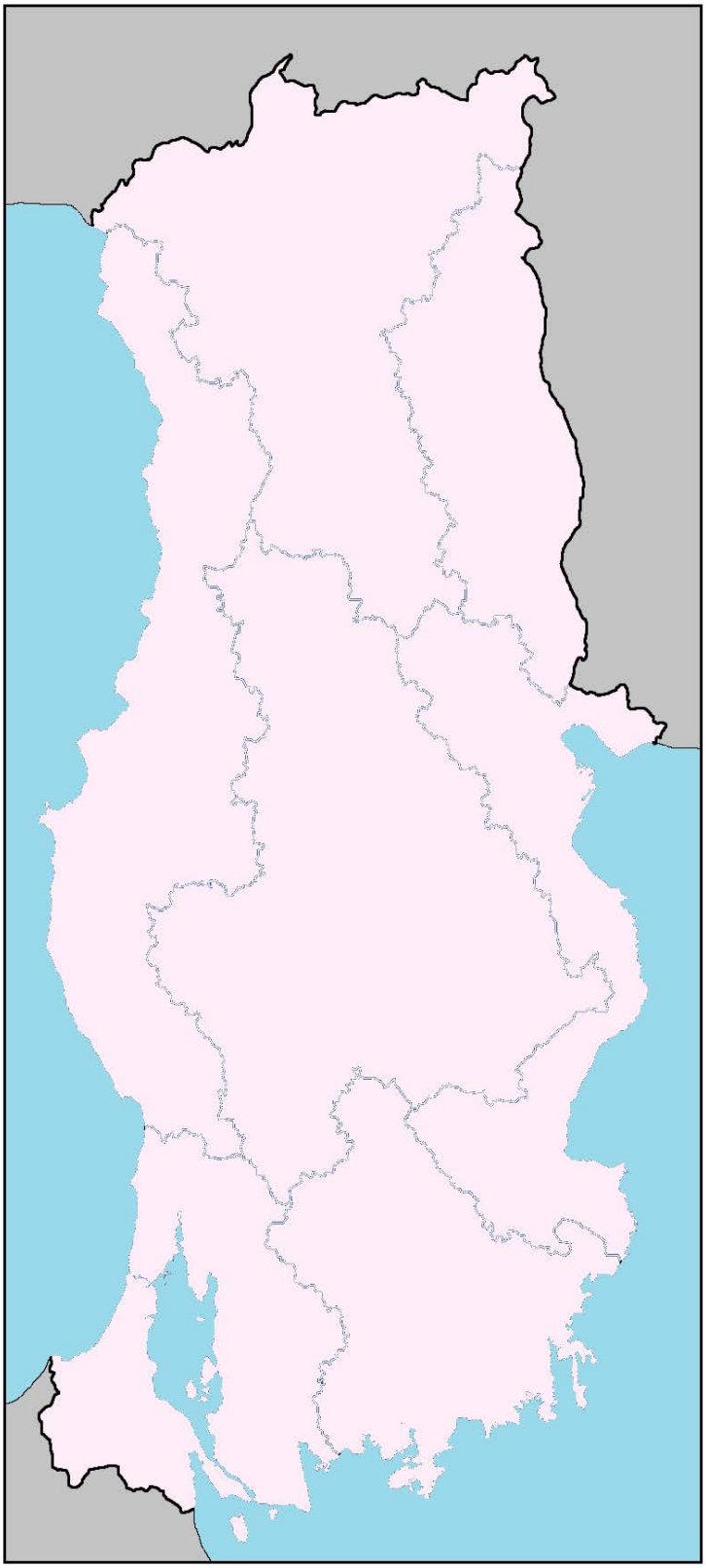
Görsel A.16. Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgâr hızı haritası (100 m yükseklikte)

EK A-17: TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (GENEL)



Görsel A.17. Türkiye dilsiz haritası (genel)

EK A-18: TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (BÖLGELERE GÖRE)



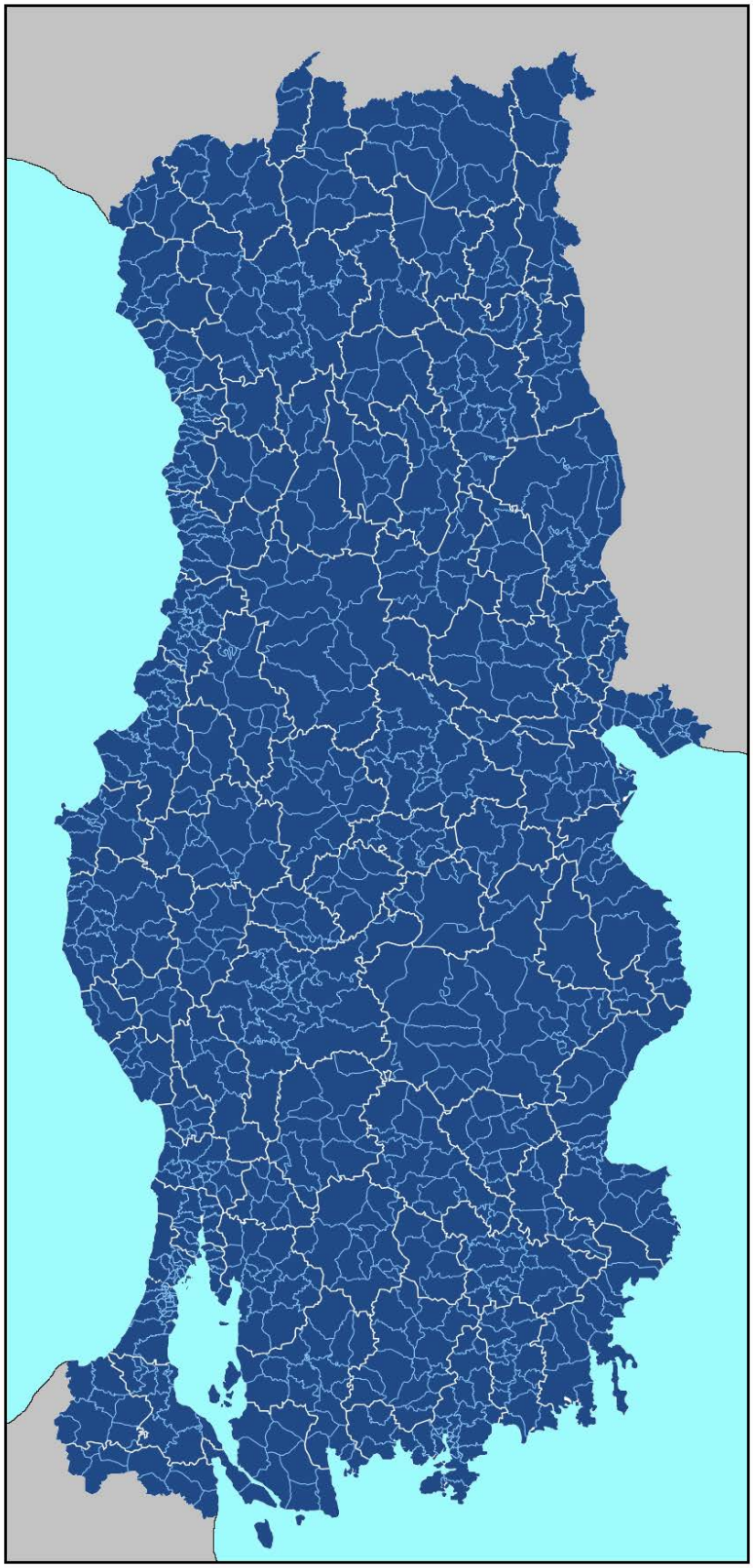
Görsel A.18. Türkiye'nin bölgelere göre dilsiz haritası

EK A-19: TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (İLLERE GÖRE)



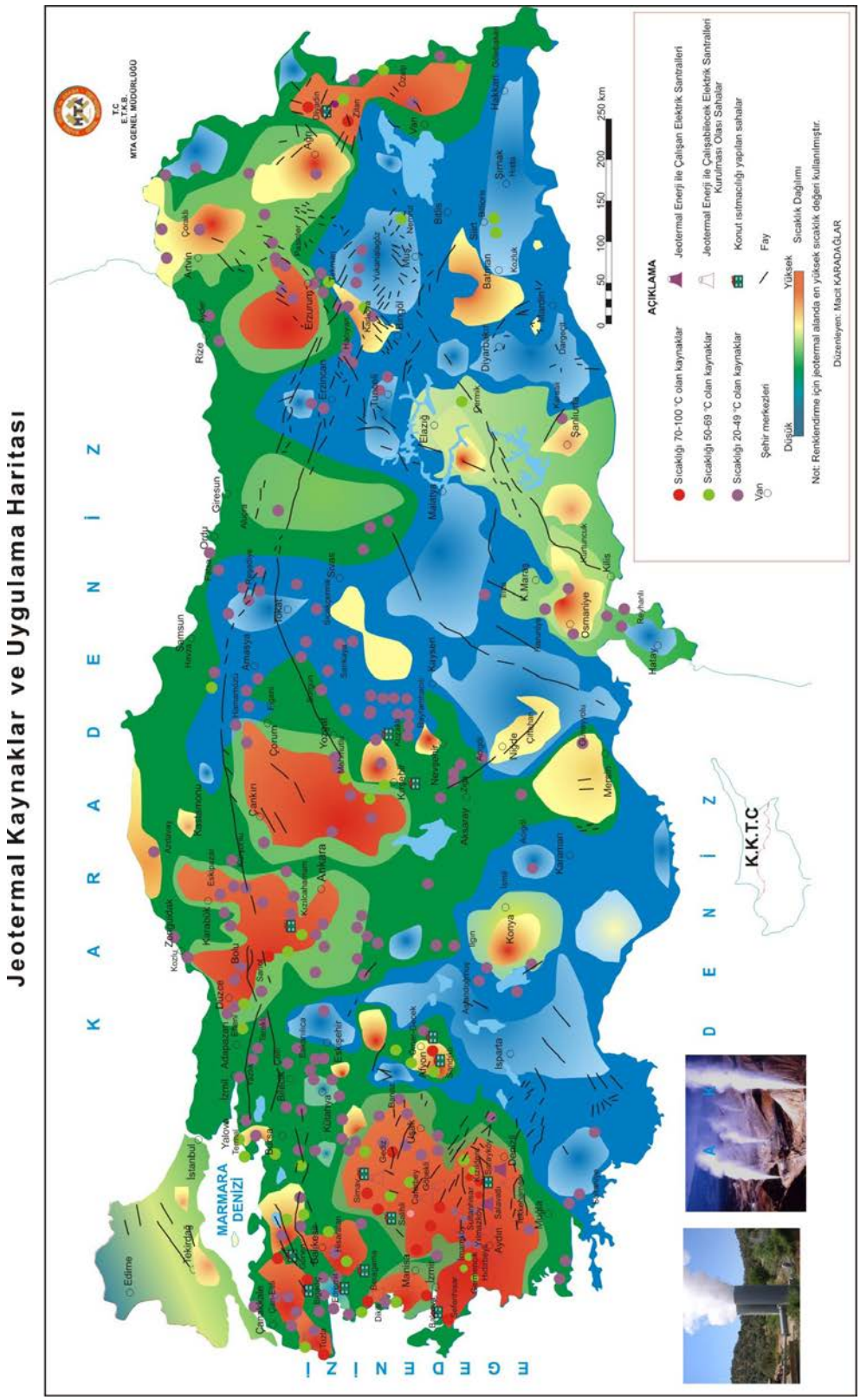
Görsel A.19. Türkiye'nin illere göre dilsiz haritası

EK A-20: TÜRKİYE DİLSİZ HARİTASI (İL VE İLÇELERE GÖRE)



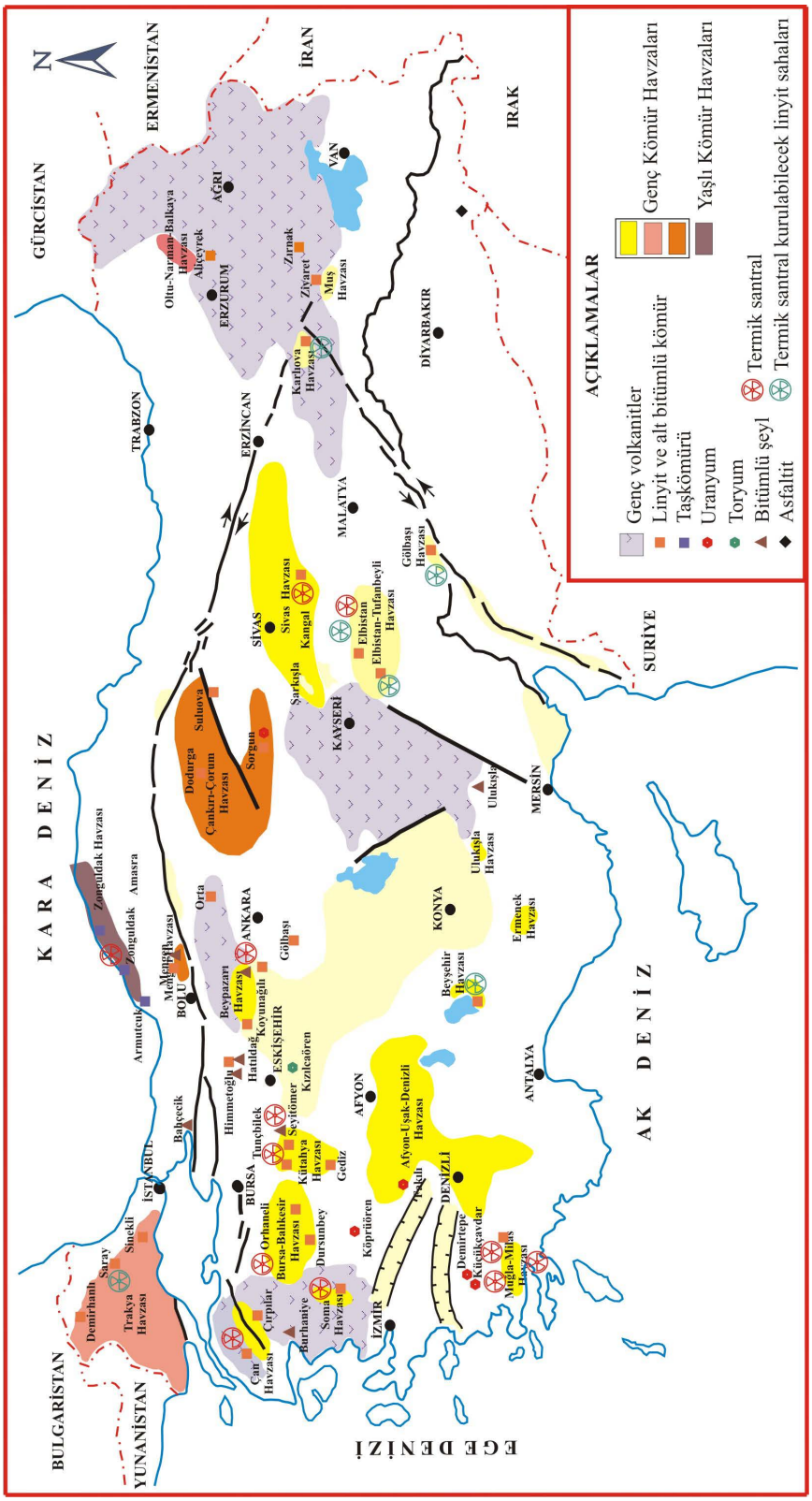
Görsel A.20. Türkiye'nin il ve ilçelere göre dilsiz haritası

EK A-21: TÜRKİYE'DE JEOTERMAL KAYNAKLAR HARİTASI



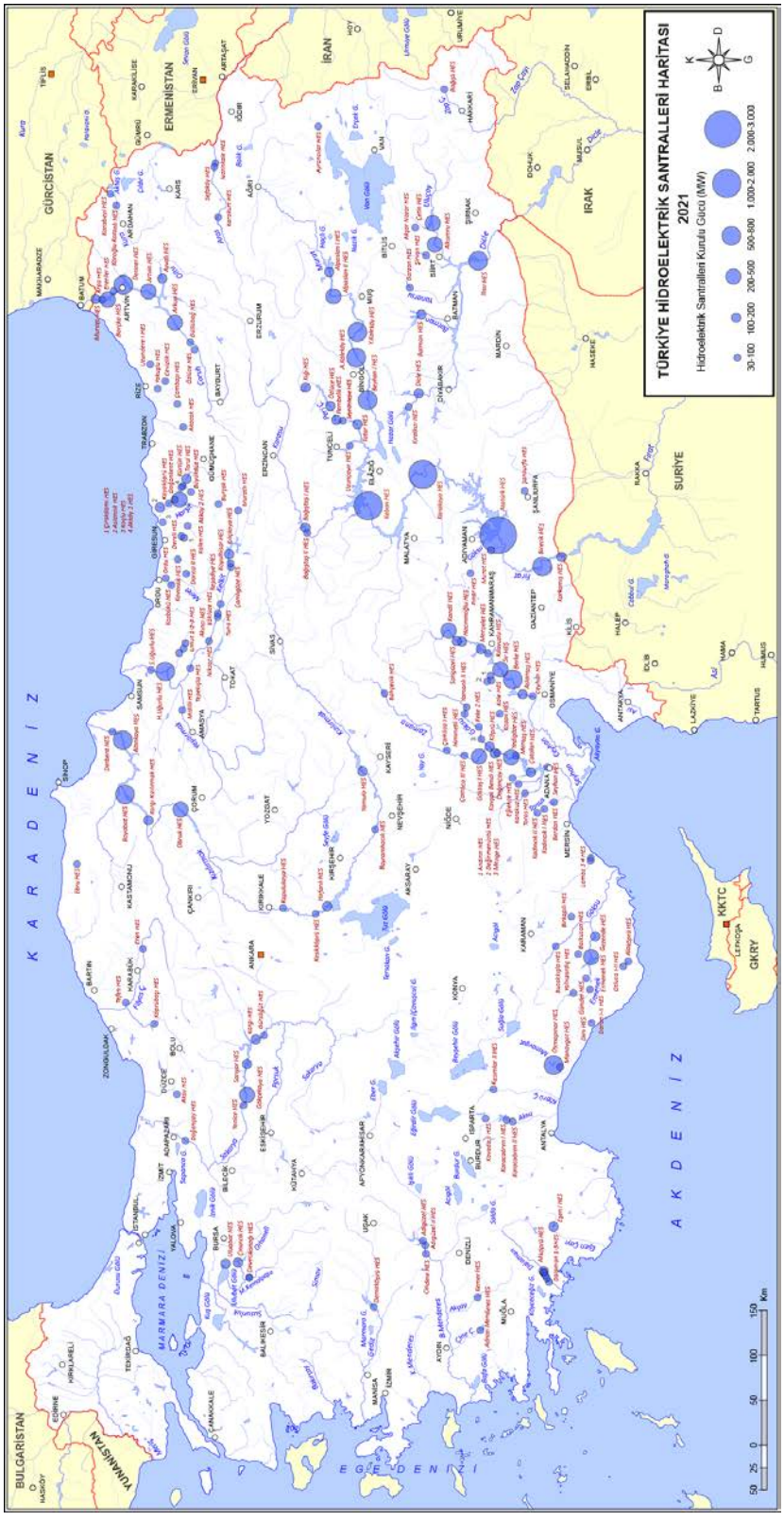
Görsel A.21. Türkiye'nin jeotermal potansiyel haritası

EK A-22: TÜRKİYE KÖMÜR SAHALARI VE POTANSİYEL KULLANIM ALANLARI



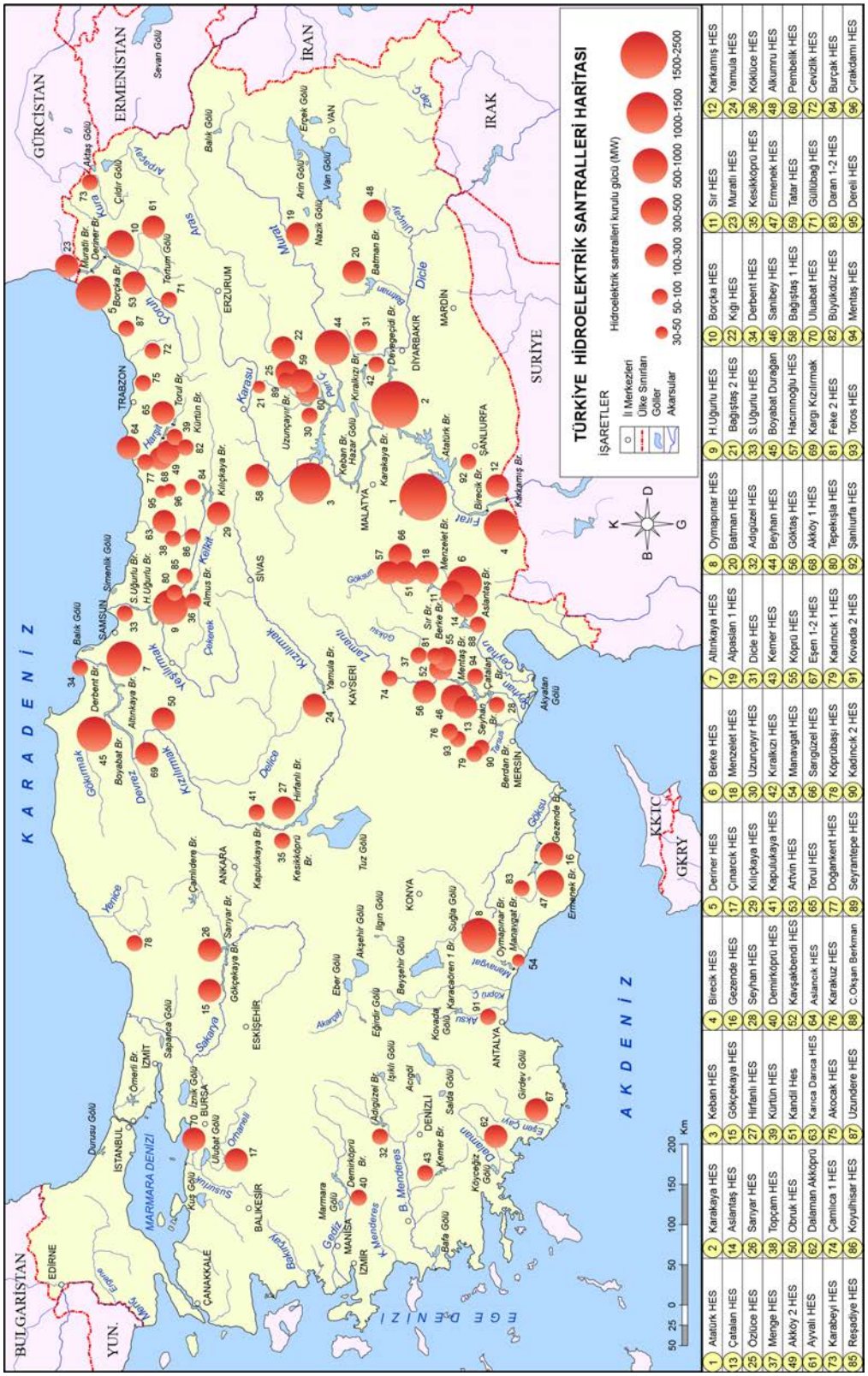
Görsel A.22. Türkiye'nin kömür sahaları ve potansiyel kullanım alanları haritası

EK A-23: TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK SANTRALLER (1)



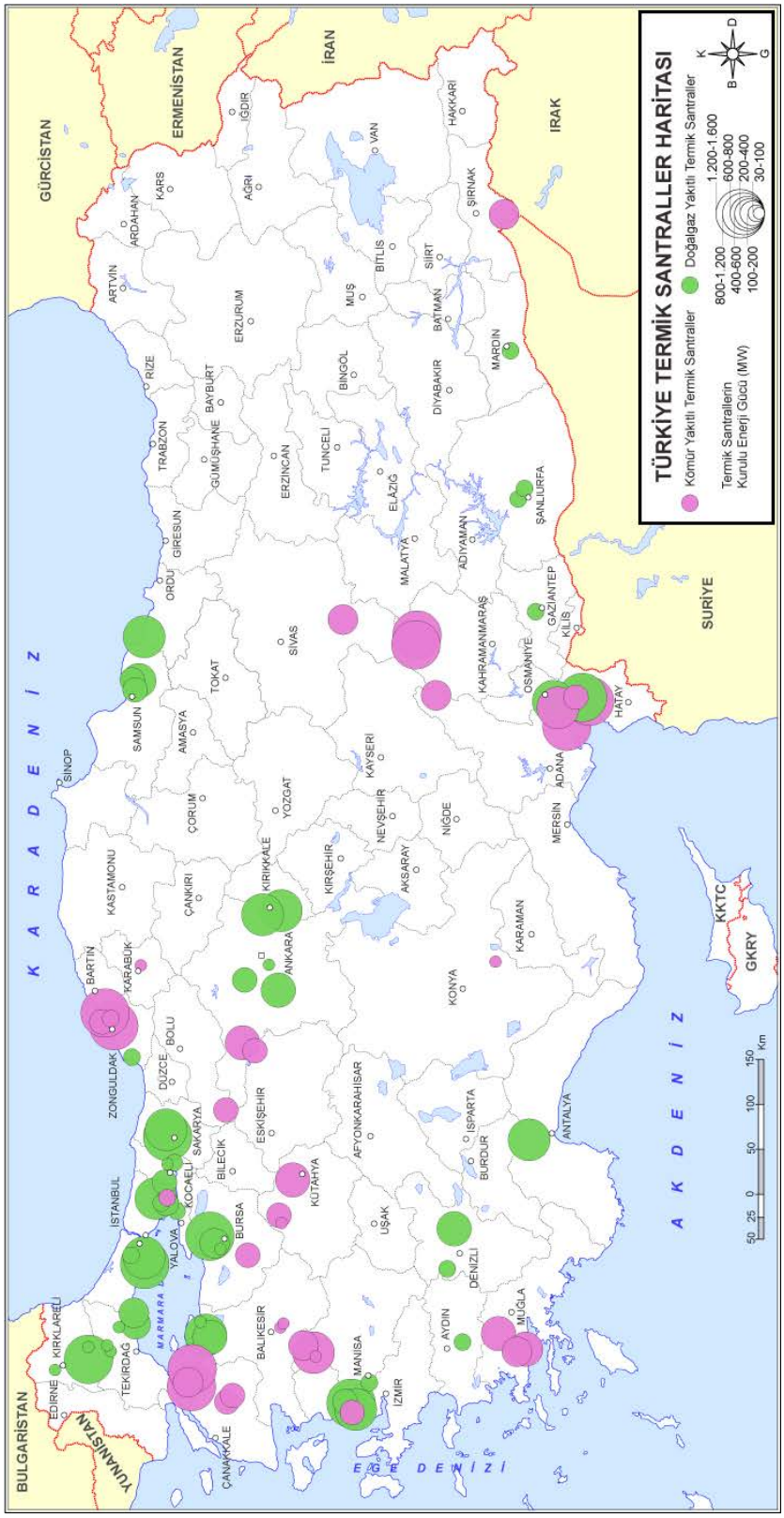
Görsel A.23. Türkiye'nin hidroelektrik santralleri haritası

EK A-24: TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK SANTRALLER (2)



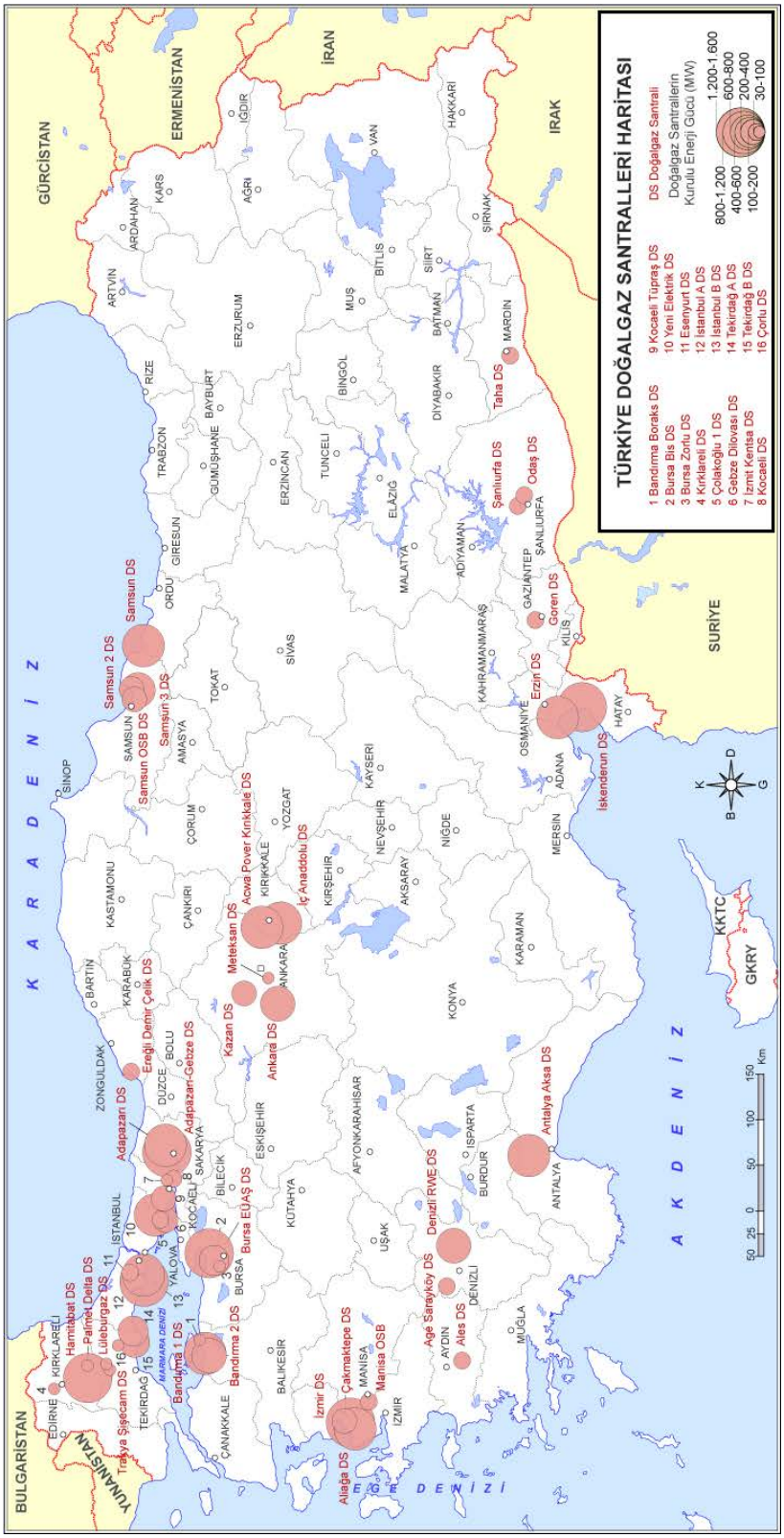
Görsel A.24. Türkiye'nin hidroelektrik santralleri haritası

EK A-25: TÜRKİYE'DE TERMİK SANTRALLER



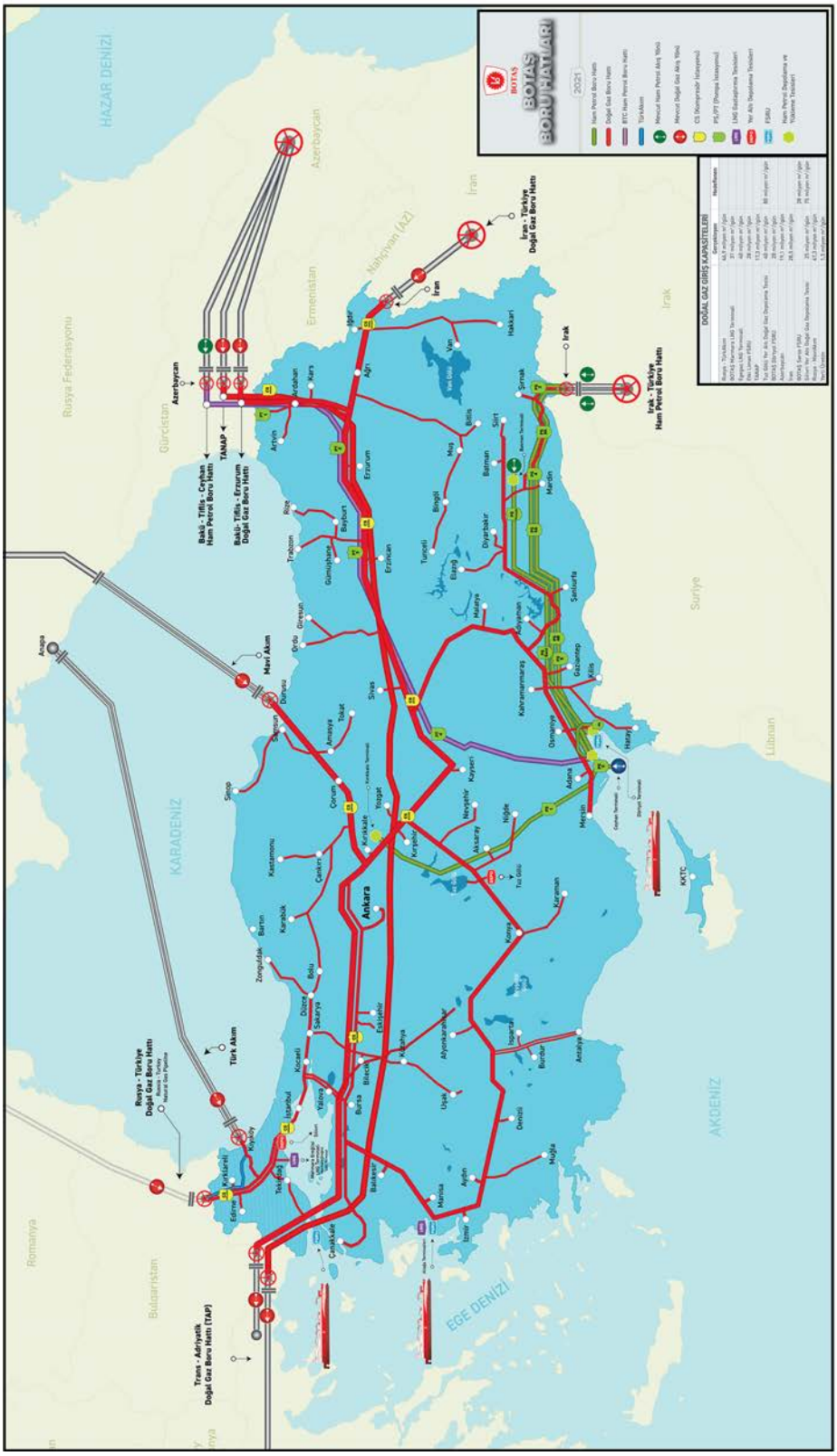
Görsel A.25. Türkiye'nin termik santralleri haritası

EK A-26: TÜRKİYE'DE DOĞAL GAZ SANTRALLER



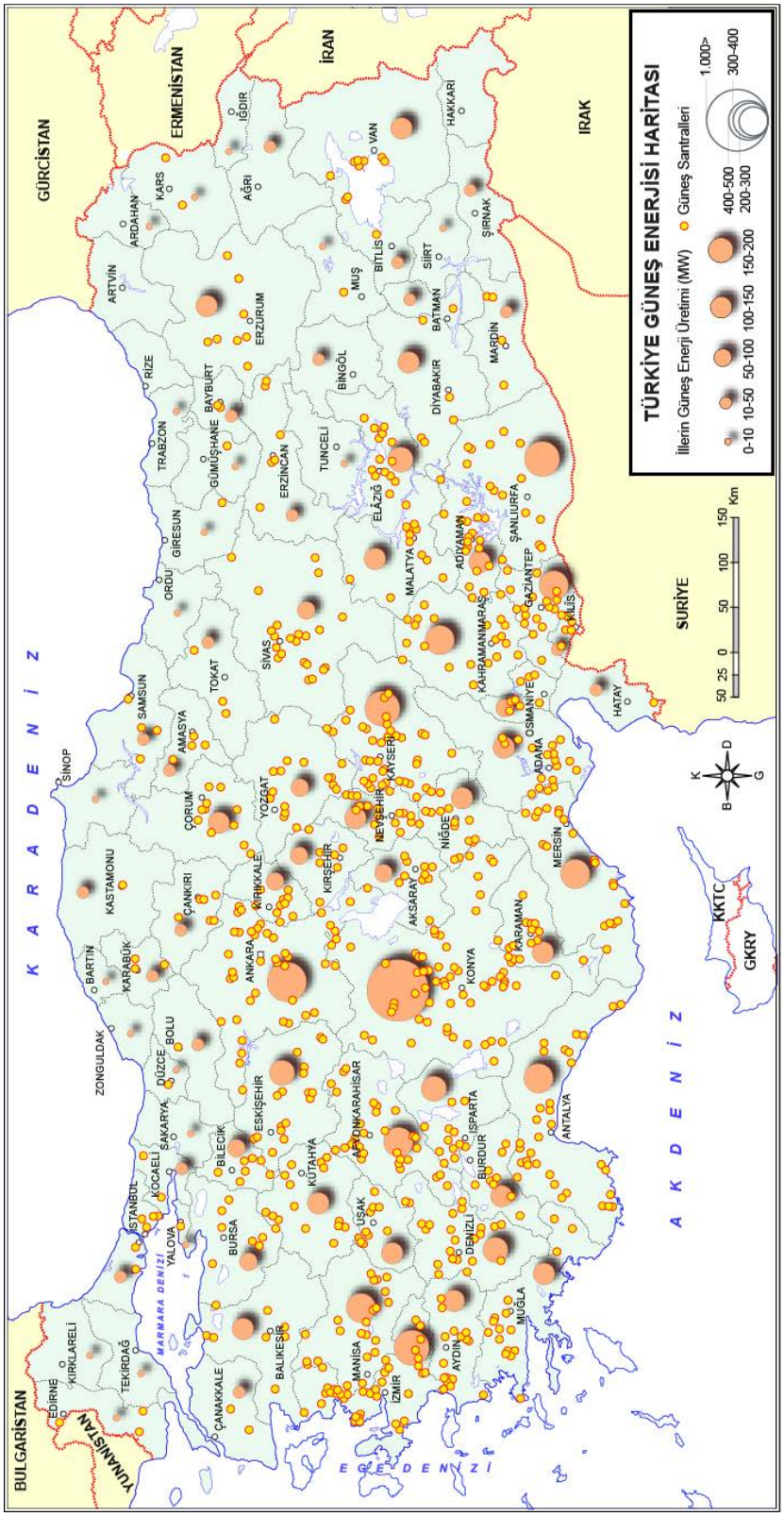
Görsel A.26. Türkiye'nin doğal gaz santralleri haritası

EK A-27: TÜRKİYE'DEN GEÇEN DOĞAL GAZ VE PETROL BORU HATLARI



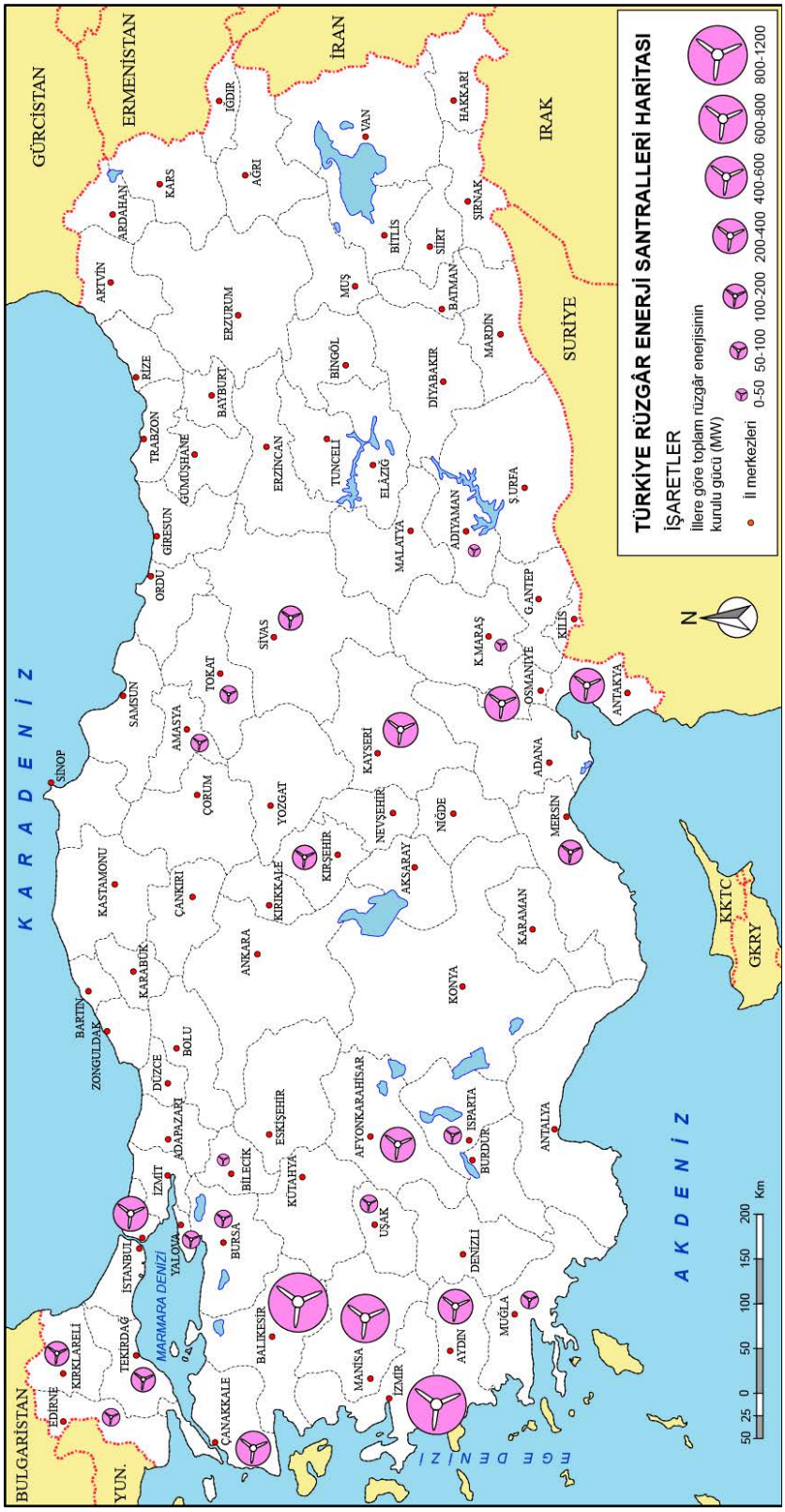
Görsel A.27. Türkiye'den geçen doğal gaz ve petrol boru hatları haritası

EK A-28: TÜRKİYE'DE GÜNEŞ SANTRALLERİ



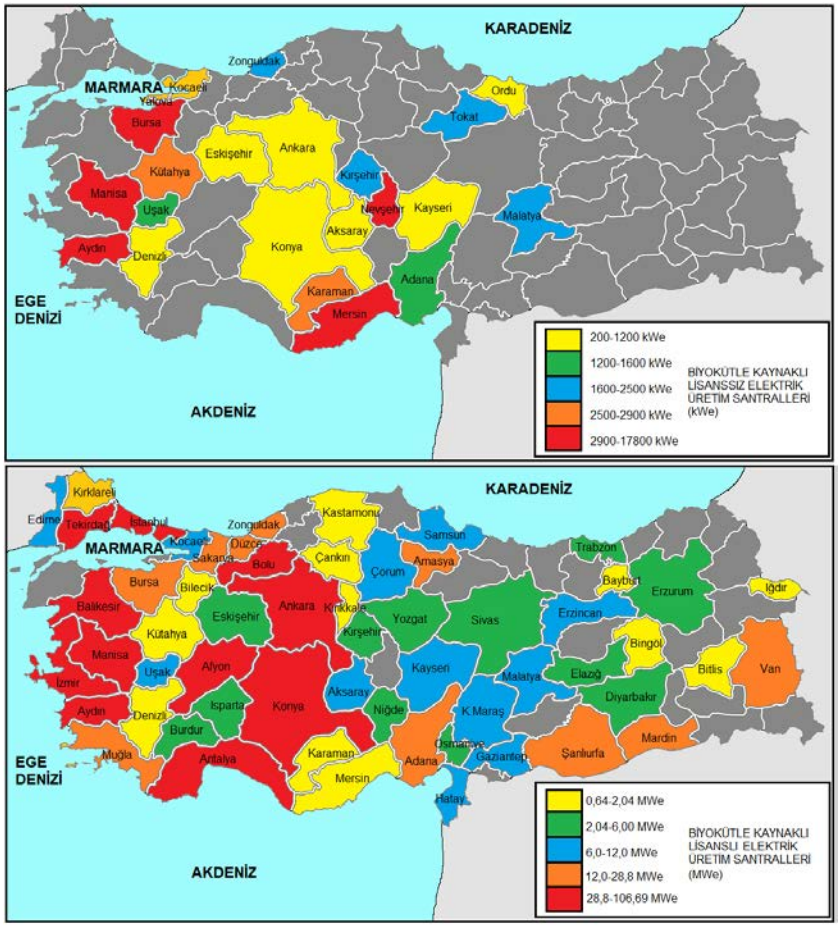
Görsel A.28. Türkiye'nin güneş santralleri haritası

EK A-29: TÜRKİYE'DE RÜZGÂR SANTRALLERİ



Görsel A.29. Türkiye'nin rüzgâr santralleri haritası

EK A-30: TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE İLE ENERJİ ÜRETİM SANTRALLERİ



Görsel A.30. Türkiye'nin lisanslı ve lisanssız biyokütle enerji santralleri haritaları

Türkiye'de Biyokütle İle İlgili Genel Bilgiler

Türkiye nüfusu: 82.003.882 kişi
Türkiye'de hayvan sayısı: 422.832.374 adet
Türkiye'de hayvansal atık miktarı: 193.878.079 ton/yıl
Türkiye'de hayvansal atıkların teorik enerji eş değeri: 4.385.371 TEP/yıl
Türkiye'de hayvansal atıkların ekonomik enerji eş değeri: 1.084.506 TEP/yıl
Türkiye'de bitkisel üretim miktarı: 171.399.002 ton/yıl
Türkiye'de bitkisel atık miktarı: 62.206.754 ton/yıl TEP/yıl
Türkiye'de bitkisel atıkların teorik enerji eş değeri: 25.384.268 TEP/yıl
Türkiye'de bitkisel atıkların ekonomik enerji eş değeri: 1.462.159 TEP/yıl
Türkiye'de belediye atıkları miktarı: 32.170.975 ton/yıl
Türkiye'de belediye atıkların teorik enerji eş değerleri: 3.373.011 TEP/yıl
Türkiye'de belediye atıkların ekonomik enerji eş değerleri: 485.858 TEP/yıl
Türkiye'de orman varlığı artıkları: 3.914.904 ster/yıl
Türkiye'de orman varlığı artıklarının enerji eş değeri: 859.899 TEP/yıl
Türkiye'de biyodizel işleme lisansı sahibi firmalar: 8 adet
Türkiye'de biyoetanol işleme lisansı sahibi firmalar: 5 adet
Türkiye'de biyokütle kaynaklı elektrik üretim santral sayısı: 199 adet
Türkiye'de atıkların toplam enerji eş değeri: 34.002.549 TEP/yıl

Türkiye'de Hayvan Sayısı
- **Büyükbaş hayvanlar:** 17.497.113 adet
- **Küçükbaş hayvanlar:** 46.117.399 adet
- **Kanatlı hayvanlar:** 359.217.862 adet

Türkiye'de Hayvansal Atık Miktarı
- **Büyükbaş hayvanlar:** 134.150.417 ton/yıl
- **Küçükbaş hayvanlar:** 46.511.866 ton/yıl
- **Kanatlı hayvanlar:** 13.215.796 ton/yıl

Türkiye'de Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eş Değeri
- **Büyükbaş hayvanlar:** 975.180 TEP/yıl
- **Küçükbaş hayvanlar:** 105.648 TEP/yıl
- **Kanatlı hayvanlar:** 3.304.544 TEP/yıl

Türkiye'de Hayvansal Atıkların Ekonomik Enerji Eş Değeri
- **Büyükbaş hayvanlar:** 273.050 TEP/yıl
- **Küçükbaş hayvanlar:** 8.452 TEP/yıl
- **Kanatlı hayvanlar:** 803.004 TEP/yıl

Türkiye'de Bitkisel Üretim Miktarı
- **Tarla bitkileri:** 119.007.069 ton/yıl
- **Bahçe bitkileri:** 22.359.106 ton/yıl
- **Sebze bitkileri:** 30.032.827 ton/yıl

Türkiye'de Bitkisel Atık Miktarı
- **Tarla bitkileri:** 46.279.245 ton/yıl
- **Bahçe bitkileri:** 4.038.114 ton/yıl
- **Sebze bitkileri:** 11.889.396 ton/yıl

Türkiye'de Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eş Değeri
- **Tarla bitkileri:** 19.480.866 TEP/yıl
- **Bahçe bitkileri:** 1.754.031 TEP/yıl
- **Sebze bitkileri:** 4.149.370 TEP/yıl

Türkiye'de Bitkisel Atıkların Ekonomik Enerji Eş Değeri
- **Tarla bitkileri:** 1.225.364 TEP/yıl
- **Bahçe bitkileri:** 236.794 TEP/yıl

Türkiye'de Belediye Atıkları Miktarı
- **Biyometanizasyona uygun olanlar:** 14.476.939 ton/yıl
- **Yakmaya uygun olanlar:** 17.694.036 ton/yıl

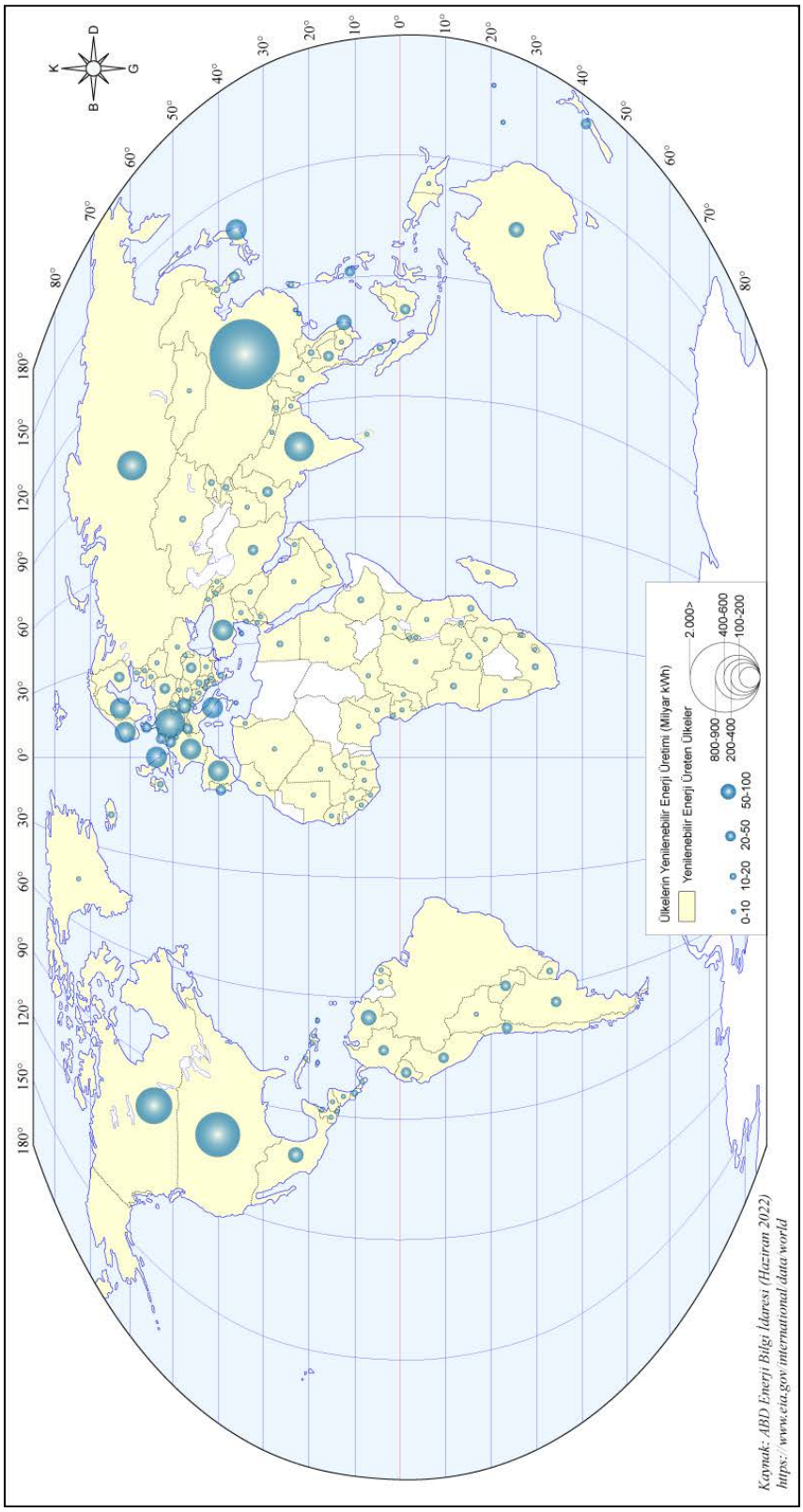
Türkiye'de Belediye Atıkların Teorik Enerji Eş Değerleri
- **Biyometanizasyona uygun olanlar:** 466.881 TEP/yıl
- **Yakmaya uygun olanlar:** 2.906.130 TEP/yıl

Türkiye'de Belediye Atıkların Ekonomik Enerji Eş Değerleri
- **Biyometanizasyona uygun olanlar:** 93.396 TEP/yıl
- **Yakmaya uygun olanlar:** 392.462 TEP/yıl

Türkiye'de Orman Varlığı Artıkları
- **Endüstriyel olarak değerlendirilmeyenler:** 3.529.319 ster/yıl
- **Süceyrattan elde edilebilecekler:** 385.585 ster/yıl

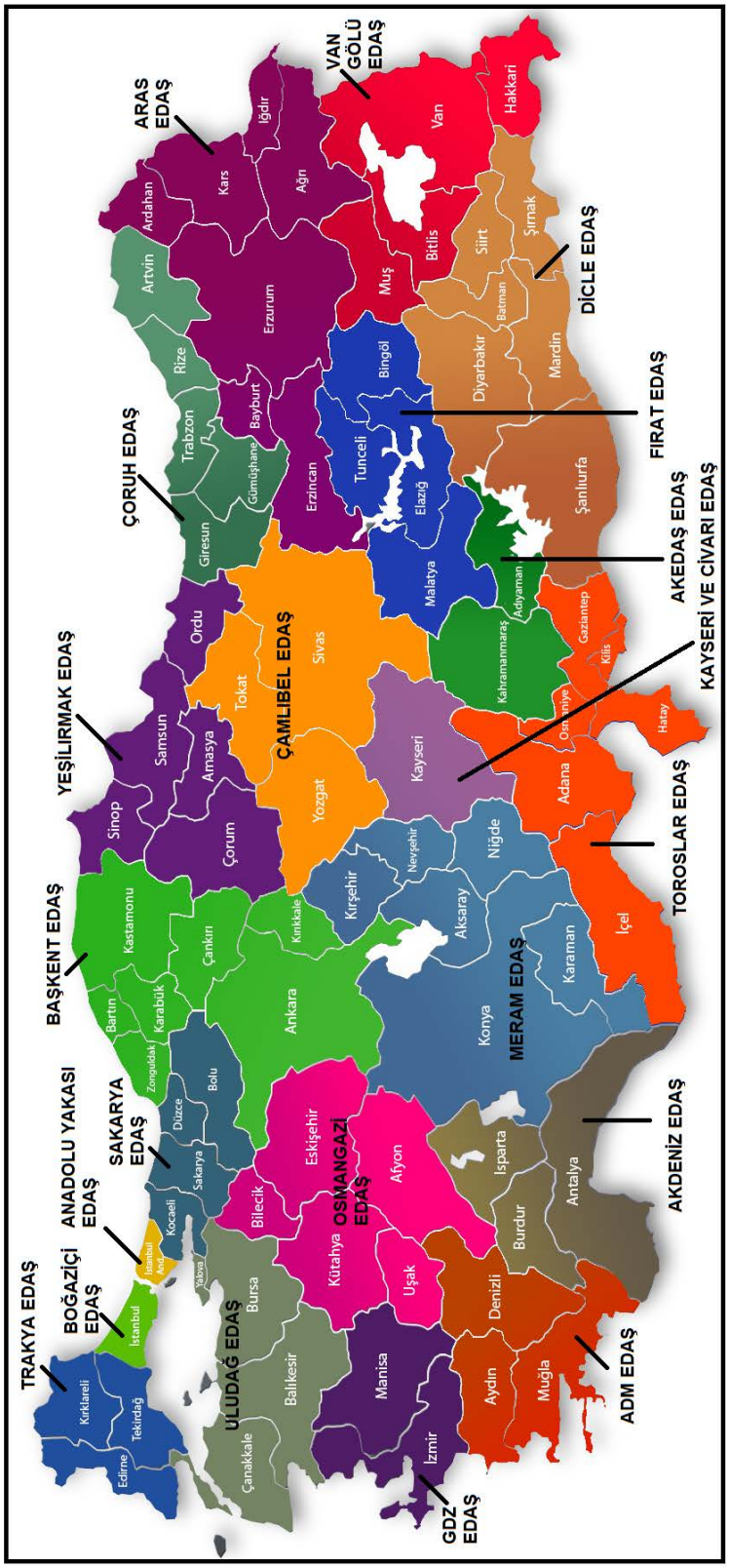
Türkiye'de Orman Varlığı Artıklarının Enerji Eş Değeri: 859.899 TEP/yıl

EK A-31: DÜNYA'NIN YENİLENEBİLİR ENERJİ HARİTASI



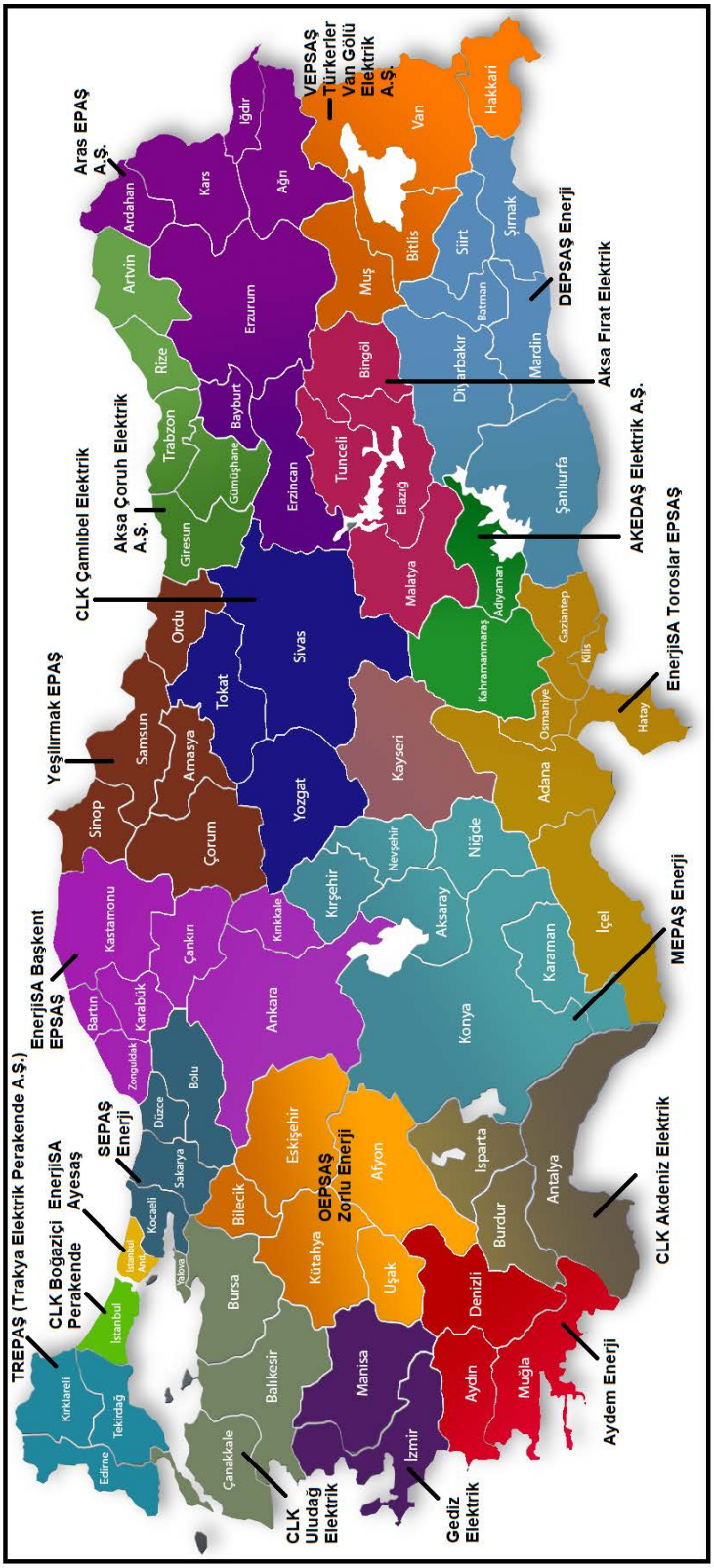
Görsel A.31. Dünya'nın yenilenebilir enerji haritası

EK A-32: TÜRKİYE'DE LİSANSLI ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİ



Görsel A.32. Türkiye'de lisanslı elektrik dağıtım şirketleri

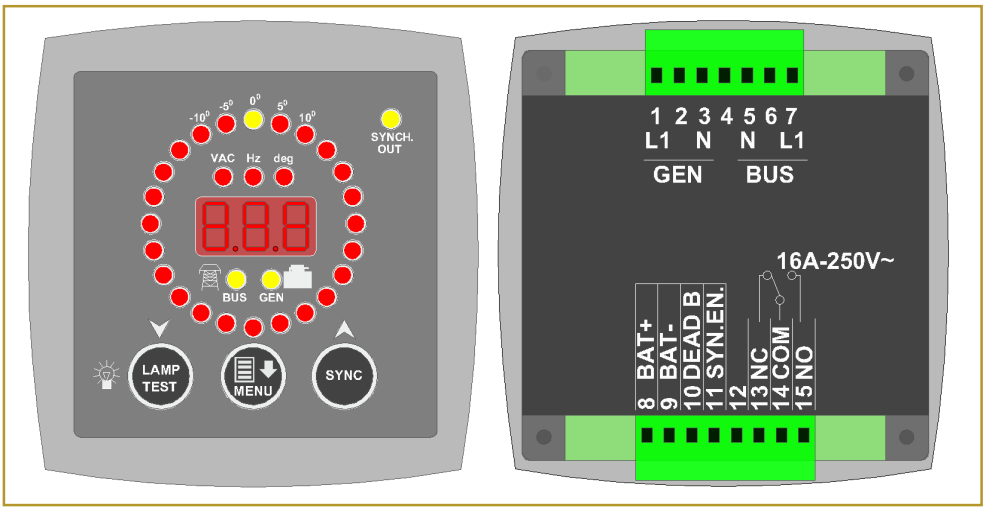
EK A-33: TÜRKİYE'DE LİSANSLI GÖREVLİ TEDARİK ŞİRKETLERİ



Görsel A.33. Türkiye'de lisanslı görevli tedarik şirketleri

EK A-34: SENKRONOSKOP CİHAZI İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER

Görsel A.34'te senkronoskop cihazının önden ve arkadan görünümü verilmiştir. Bu cihazın klemens uçlarının özellikleri Tablo A.1'de verilmiştir.



Görsel A.34. Senkronoskop cihazı

Tablo A.1. Senkronoskop Cihazı Klemenslerinin Özellikleri

No.	Özellikleri	No.	Özellikleri
1	Jeneratör fazı (0-300 V AC)	9	Akü (0 V DC)
2	Boş uç	10	Baş barayı besleme
3	Jeneratör nötr (0 V)	11	Senkronizasyon kontrol aktif etme ucu
4	Boş uç	12	Boş uç
5	Bara nötr (0 V)	13	Senkronizasyon röle kontağı (NC)
6	Boş uç	14	Senkronizasyon röle kontağı (ortak uç)
7	Bara fazı (0-300 V AC)	15	Senkronizasyon röle kontağı (NO)
8	Akü (+12V veya +24V DC)	-	

CİHAZ BUTONLARI

SYNCH Butonu: Bu butona basıldığında senkronizasyon kontrolü manuel olarak başlatılabilir veya durdurulabilir.

Menü Butonu: Ölçülen değerlerin taraması menü tuşuna basılarak yapılır. Menü tuşuna basılı iken parametre adı, bırakıldığında ise parametre değeri okunur. Menü tuşuna basılarak aşağıdaki değerler okunur.

- **U1** : Şebeke faz-nötr gerilimi
- **U2** : Jeneratör faz-nötr gerilimi
- **dU** : Şebeke-jeneratör gerilim farkı
- **F1** : Şebeke frekansı
- **F2** : Jeneratör frekansı
- **dF** : Şebeke-jeneratör frekans farkı
- **deg** : Şebeke-jeneratör faz açısı

CİHAZ LED'LERİ

Bus (Bara) LED: Sarı renkli LED'dir. Şebeke gerilimi ayarlanmış değerler içerisinde ise bu LED sabit olarak yanar.

Synch LED: Sarı renkli LED'dir. Senkronizasyon rölesi çektiği zaman yanar.

Senkronoskop LED'ler (24'lü): Kırmızı ve sarı renkteki LED'lerdir. Bara ve jeneratör arasındaki anlık açı farkını gösterir. Bara ve jeneratörün senkronizasyonu anında en üstteki 0 işaretli sarı LED yanar. Jeneratör frekansı şebeke frekansından daha yüksek ise senkronoskobun sağ tarafındaki kırmızı LED'ler yanar. Jeneratör frekansı şebeke frekansından daha düşük ise senkronoskobun sol tarafındaki kırmızı LED'ler yanar.

Gen (Jeneratör) LED'i: Sarı renkli LED'dir. Jeneratör gerilimi ayarlanmış değerlerin dışında ise LED söner. Jeneratör voltajı ayarlanmış değerlerde ancak senkronizasyon başlamadı ise LED yanıp söner. Senkronizasyon kontrolü sağlandığı süre boyunca LED sabit olarak yanar.

Birim Grubu (VAC, Hz, deg) LED'i: Kırmızı renkli LED'lerdir. Senkronoskobun dijital ekranında görünen değerin birimini gösterir.

Dijital Gösterge LED'i: Cihazda 3 haneli 7 segment LED tipte dijital bir gösterge bulunur. Bu göstergede şu bilgiler okunur:

- Ölçülen parametreler
- Ölçülen parametrelerin adları
- Program parametreleri

KULLANIM AYARLARI

Cihazdaki programlama konumuna girmek için menü tuşuna 5 saniye basılı tutulur. Program konumuna girildiğinde Menü tuşuna basılı iken dijital göstergede program numarası okunur. İlk program numarası P_00'dır. Menü tuşu bırakıldığında program parametresinin değeri görünür. Menü tuşuna her basıldığında bir sonraki programa geçilir. Program numaraları, standart değerleri ve açıklamaları Tablo A.2'de gösterilmiştir.

Tablo A.2. Senkronoskop Cihazı Program Numaraları, Standart Değerleri ve Açıklamaları

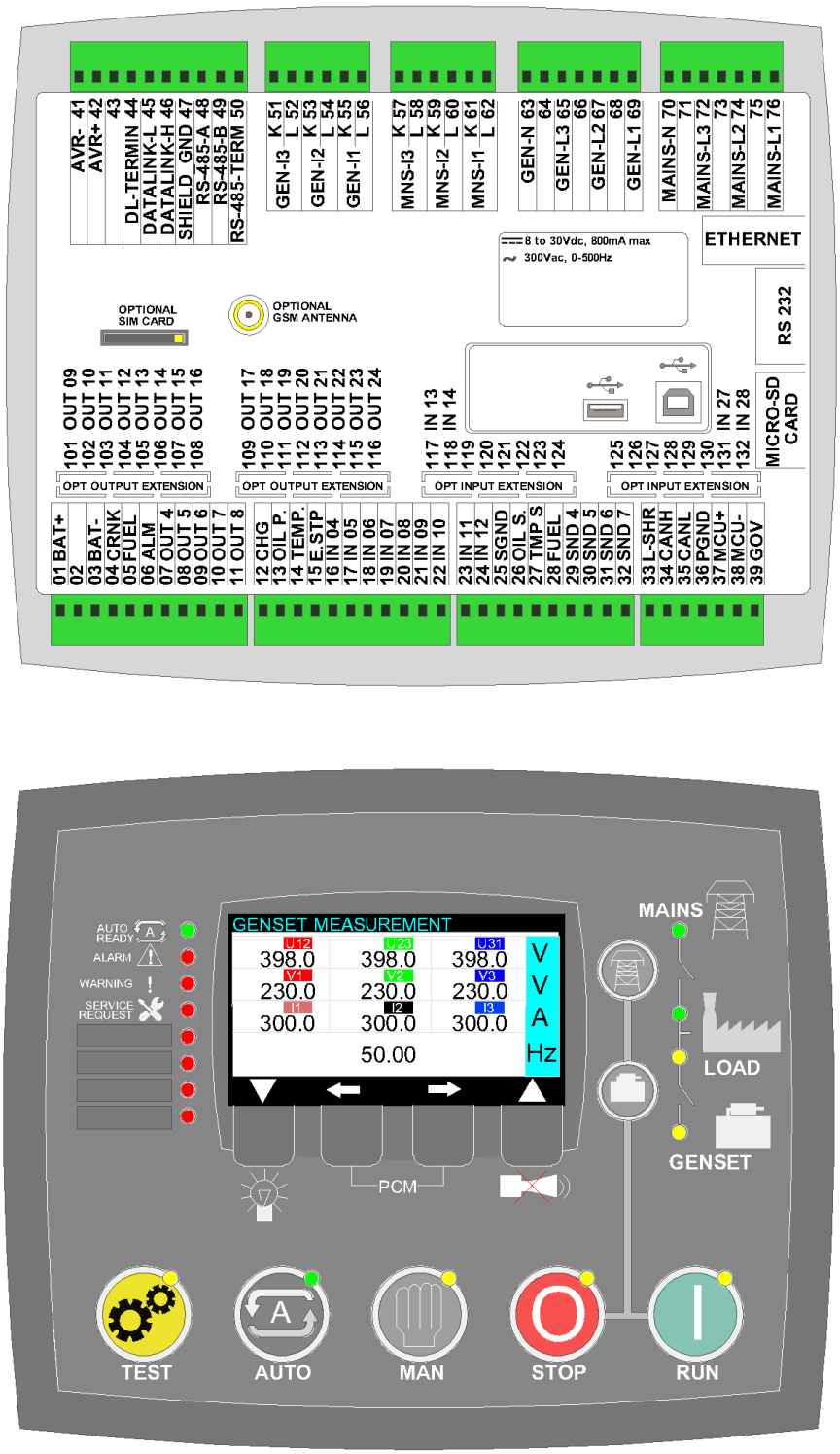
Program	Tanım	Birim	Standart Değer	Açıklama
P_00	Bara voltaj alt limiti	V	100	Bara fazı bu sınırın altında ise ise batarya enerji gelmiyordur.
P_01	Bara voltaj üst limiti	V	500	Bara fazı bu sınırın üzerinde ise bara gerilimi hatalıdır ve senkronizasyon yapılamaz.
P_02	Jeneratör voltaj alt limiti	V	180	Jeneratör fazı bu sınırın altında ise jeneratör çalışmaz ve senkronizasyon yapılamaz. Senkronizasyon rölesi çekili iken jeneratör gerilimi bu sınırın altına düşerse röle hemen bırakacaktır.
P_03	Jeneratör voltaj üst limiti	V	270	Jeneratör fazı bu sınırın üzerinde ise jeneratör çalışmaz ve senkronizasyon yapılamaz. Senkronizasyon rölesi çekili iken jeneratör gerilimi bu sınırın üzerine çıkarsa röle hemen bırakacaktır.
P_04	Frekans farkı	Hz	1.0	Bara ve jeneratör frekansları arasındaki fark bu değerden fazlaysa senkronizasyon işlemi yapılamaz.

P_05	Voltaj farkı	V	10	Bara ve jeneratör gerilimleri arasındaki fark bu değerden fazlaysa senkronizasyon işlemi yapılamaz.
P_06	Faz farkı	Deg.	5	Bara ve jeneratör gerilimleri arasındaki faz farkı bu değerden fazlaysa senkronizasyon işlemi yapılamaz.
P_07	Histerezis voltajı	V	8	Bu değer bara ve jeneratör gerilimlerinin hatasız algılanabilmesi için gerekli olan histerezisi sağlar. Örneğin bara gerilimi varken gerilim alt limiti olarak P_00 değeri kullanılır. Bara gerilimi yokken alt limit P_00 + P_07 olarak kullanılır. Bu değerin 8 volt olarak ayarlanması tavsiye edilir.
P_08	Senkronizasyon öncesi bekleme süresi	sec	3	Jeneratör faz geriliminin, P_02 ve P_03 değerleri ile ayarlanmış limitler içine girmesi ile senkronizasyon kontrolüne başlanması arasında geçen süredir.
P_09	Paralelde senkronizasyon kontrolü	-	0	0: Senkronizasyon rölesi çekince senkronizasyon kontrolü sona erer.

NOT:

EK A-35: SENKRONİZASYON KONTROL CİHAZI İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER

Görsel A.35'te senkronizasyon kontrol cihazının önden ve arkadan görünümü verilmiştir. Bu cihazın klemens uçlarının özellikleri Tablo A.3'te verilmiştir.



Görsel A.35. Senkronizasyon kontrol cihazının önden ve arkadan görünümleri

Tablo A.3. Senkronizasyon Kontrol Cihazı Klemenslerinin Özellikleri

No.	Özellikleri	No.	Özellikleri
1	Akü gerilim girişi (+12 veya +24V DC)	39	Governor kontrol çıkışı (0-10 V DC)
2	Boş uç	40	Boş uç
3	Akü gerilim girişi (0V DC)	41	İzole çıkış (AVR -) ±3V DC
4	Dijital çıkış 1 (Marş çıkışı)	42	İzole çıkış (AVR +) ±3V DC
5	Dijital çıkış 2 (Kontak çıkışı)	43	Boş uç
6	Dijital çıkış 3 (Alarm çıkışı)	44	Data link sonlandırma direnci (120 Ω)
7	Dijital çıkış 4 (Ön ısıtma çıkışı)	45	Dijital haberleşme portu (DATA LINK_L)
8	Dijital çıkış 5 (Stop çıkışı)	46	Dijital haberleşme portu (DATA LINK_H)
9	Dijital çıkış 6 (Rölanti çıkışı)	47	Toprak ucu (0 V DC)
10	Dijital çıkış 7 (Şebeke kontaktör çıkışı)	48	Dijital haberleşme portu (RS-485 A)
11	Dijital çıkış 8 (Jeneratör kontaktör çıkışı)	49	Dijital haberleşme portu (RS-485 B)
12	Şarj giriş ve çıkış ucu	50	RS-485 sonlandırma direnci (120 Ω)
13	Yağ basınç kontağı (0-30 V DC)	51	Jeneratör akım trafo girişi (GEN I3-K)
14	Sıcaklık kontağı (0-30 V DC)	52	Jeneratör akım trafo girişi (GEN I3-L)
15	Acil stop kontağı (0-30 V DC)	53	Jeneratör akım trafo girişi (GEN I2-K)
16	Dijital giriş 4 (Su seviye kontak)	54	Jeneratör akım trafo girişi (GEN I2-L)
17	Dijital giriş 5 (Yedek arıza-1)	55	Jeneratör akım trafo girişi (GEN I1-K)
18	Dijital giriş 6 (Yedek arıza-2)	56	Jeneratör akım trafo girişi (GEN I1-L)
19	Dijital giriş 7 (Yedek arıza-3)	57	Şebeke akım trafo girişi (ŞEBEKE I3-K)
20	Dijital giriş 8 (Yedek arıza-4)	58	Şebeke akım trafo girişi (ŞEBEKE I3-L)
21	Dijital giriş 9 (Yedek arıza-5)	59	Şebeke akım trafo girişi (ŞEBEKE I2-K)
22	Dijital giriş 10 (Off moda geç.)	60	Şebeke akım trafo girişi (ŞEBEKE I2-L)
23	Dijital giriş 11 (Test moda geç.)	61	Şebeke akım trafo girişi (ŞEBEKE I1-K)
24	Dijital giriş 12 (Oto moda geç.)	62	Şebeke akım trafo girişi (ŞEBEKE I1-L)
25	Sensör toprak (0-5 kΩ)	63	Jeneratör nötr (0-300 V AC)
26	Analog sensör 1 (Yağ basınç sensörü)	64	Boş uç
27	Analog sensör 2 (Sıcaklık sensörü)	65	Jeneratör faz girişi (JEN-L3) (300 V AC)
28	Analog sensör 3 (Yakıt seviye sensörü)	66	Boş uç
29	Analog sensör 4 (Yağ sıcaklık sensörü)	67	Jeneratör faz girişi (JEN-L2) (300 V AC)
30	Analog sensör 5 (Kabin sıcaklık sensörü)	68	Boş uç
31	Analog sensör 6 (Ortam sıcaklık sensörü)	69	Jeneratör faz girişi (JEN-L1) (300 V AC)
32	Analog sensör 7 (Kullanılmaz.)	70	Şebeke nötr (0-300 V AC)
33	Analog yük paylaşma (0-10 V DC)	71	Boş uç
34	Dijital haberleşme portu (CANBUS-H)	72	Şebeke faz girişi (JEN-L3) (300 V AC)
35	Dijital haberleşme portu (CANBUS-L)	73	Boş uç
36	Koruma toprağı (0 V DC)	74	Şebeke faz girişi (JEN-L2) (300 V AC)
37	Analog giriş (MPU +) 0,5-30 V AC	75	Boş uç
38	Analog giriş (MPU -) 0,5-30 V AC	76	Şebeke faz girişi (JEN-L1) (300 V AC)

CİHAZ BUTONLARI

Cihaz butonlarının görevleri Tablo A.4'te verilmiştir.

Tablo A.4. Senkronizasyon Kontrol Cihazı Butonlarının Görevleri

No.	Özellikleri
Test	Test moduna geçilmesini sağlar. Jeneratör çalışır durumdadır ve yükü alır.
Man	Manuel moda geçişi sağlar. Bu modda iken RUN tuşuna basılarak jeneratör çalıştırılır. OFF tuşuna basılırsa jeneratör stop eder.
Run	Çalıştırma moduna geçişi sağlar. Jeneratör çalışır ve yükü almadan bekler.
Oto	Otomatik moda geçişi sağlar. Ayarlanan durumların sağlanması sonucunda jeneratör çalışır ve yükü alır.
Stop	Durdurma moduna geçişi sağlar. Bu tuşa bir kere basıldığında jeneratör soğutma işlemi yapar. İkinci kez basıldığında jeneratör durur.
	Aynı grupta bir sonraki ekrana geçişi sağlar. Aynı zamanda lamba test butonudur.
	Bir önceki ekran grubuna geçişi sağlar.
	Bir sonraki ekran grubuna geçişi sağlar.
	Aynı grupta bir önceki ekrana geçişi sağlar. Aynı zamanda alarm rölesinin resetlendiği butondur.
	Manuel modda iken şebeke (bara) kontaktörünün kontrol edildiği butondur.
	Manuel modda iken jeneratör kontaktörünün kontrol edildiği butondur.

CİHAZ LEDLERİ

Cihazda bulunan LED'ler şunlardır:
Durum LED'leri: Dört farklı LED grubu vardır.

Oto Hazır LED'i (Auto Ready): Cihaz otomatik modda ise ve jeneratörün çalışmasını engelleyen bir durum yok ise yanar. Yeşil renkli LED'dir.

Alarm LED'i (Alarm): Alarm ya da yük atma durumunda yanar. Kırmızı renkli LED'dir.

Uyarı LED'i (Warning): Uyarı olması durumunda bu led yanar. Kırmızı renkli LED'dir.

Servis Zamanı LED'i (Service Request): Servis sayıcılardan herhangi birinin süresinin dolması durumunda bu led yanar. Kırmızı renkli LED'dir.

Programlanabilir LED'ler: Servis zamanı LED'inin altında 4 adet kırmızı renkli olan, kullanıcının herhangi bir alarm veya başka bir fonksiyonu tanımlayabileceği LED'lerdir.

Mod LED'leri: Cihazın üzerindeki butonlardan birisi seçildiğinde butonun üzerinde bulunan LED yanar.

Şebeke ve Jeneratör LED'leri: Dört farklı LED grubu vardır.

Şebeke Devrede LED'i (Mains): Şebekenin faz gerilimleri ve frekansları ayarlanan limitler içerisinde ise bu LED yanar. Yeşil renkli LED'dir.

Şebeke Kontaktör LED'i: Şebeke kontaktörü enerjilendiğinde bu LED yanar. Yeşil renkli LED'dir.

Jeneratör Kontaktör LED'i: Jeneratör kontaktörü enerjilendiğinde bu LED yanar. Yeşil renkli LED'dir.

Jeneratör Devrede LED'i (Genset): Jeneratörün faz gerilimleri ve frekansları ayarlanan limitler içerisinde ise bu LED yanar. Sarı renkli LED'dir.

CİHAZDA BULUNAN FONKSİYONLAR

Akım Trafosu Konuma Seçimi: Şebeke ve jeneratör bara girişleri için toplam 6 adet akım trafosu girişi bulunur. Trafo değerleri bu fonksiyon ile girilir.

Senkronizasyon Fonksiyonu: İki ya da daha fazla jeneratörün aynı barada paralel çalıştırılması için kullanılan fonksiyondur.

Şebeke Senkronizasyon Fonksiyonu: Jeneratör gruplarını şebeke ile senkron bir şekilde çalıştırmak için kullanılan fonksiyondur.

Tek Jeneratör Şebeke ile Paralel Çalışma: Tek bir jeneratörün şebeke ile paralel çalışması için kullanılan fonksiyondur.

AMF Fonksiyonu: Bu fonksiyonda cihaz şebeke değerlerini izler, şebeke ve jeneratör kontaktörlerini kumanda eder. Motoru çalıştırır veya durdurur. Motoru ve alternatörü korur.

ATS Fonksiyonu: Bu fonksiyonda cihaz şebeke değerlerini izler, şebeke ve jeneratör kontaktörlerini kumanda eder. Alternatör değerlerini kontrol eder. Motorun kumandası için çalışan sisteme uzaktan çalıştır sinyali gönderir.

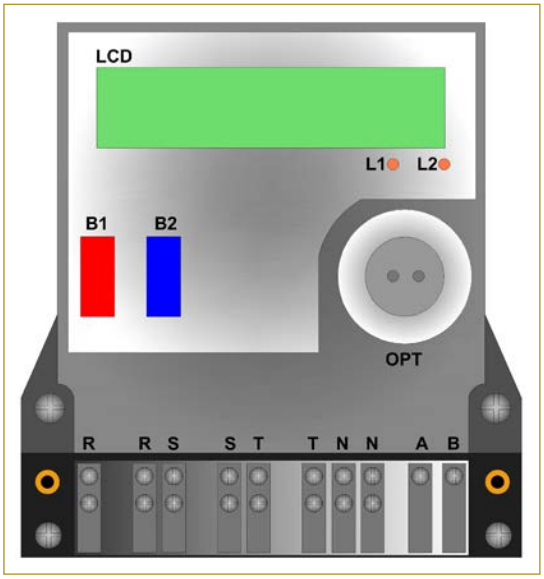
Uzak Çalıştır Fonksiyonu: Bu fonksiyon seçildiğinde cihaz uzaktan çalıştırılır. Uzaktan çalıştır sinyali geldiğinde cihaz uzaktan çalıştırılır.

Motor Kontrolü Fonksiyonu: Bu fonksiyon seçildiği zaman cihaz alternatör yok olarak algılar ve sadece motor kontrolünü sağlar.

Uzak Kontrol Paneli Fonksiyonu: Cihaz, uzaktan izleme cihazı olarak kullanılabilir. Başka bir modüle RS-485 portları ile bağlanarak bağlandığı modülün kontrol paneli olabilir.

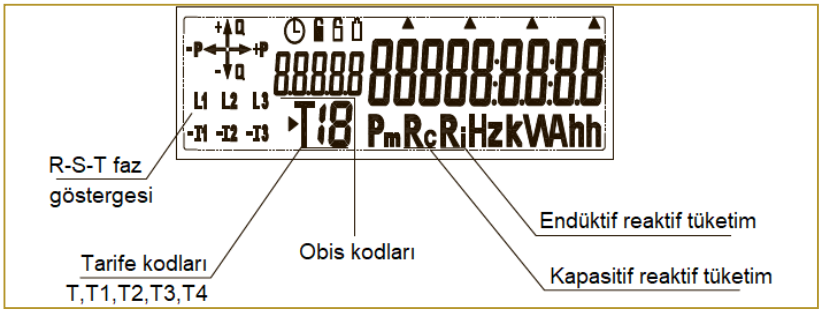
400 Hz. Çalışma: Cihaz 400 Hz. frekansına kadar çalışabilir.

EK A-36: ÜÇ FAZLI ELEKTRONİK KOMBİ SAYAÇ İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER



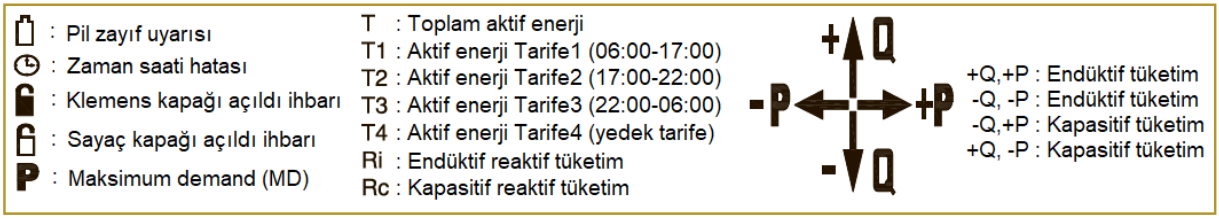
Görsel A.36. Üç fazlı kombi sayaç

LCD Gösterge Bilgileri: 9 haneli (6 hane kWh-kVARh, 3 hane Wh-VARh) LCD ekranda, 5 saniye aralıklarla ana menüde belirtilen bilgileri otomatik olarak ekrana gelir (Görsel A.36). Akım, gerilim, görünür güç ve cosϕ bilgileri otomatik olarak ekranda görülmez. Butonla okuma sırasında demand bilgisinden sonra sırasıyla R (L1), S (L2) ve T (L3) fazlarına ait akım, gerilim, görünür güç ve cosϕ bilgileri ekranda görülür (Görsel A.37).



Görsel A.37. LCD ekran bilgileri

LCD ekranda görülen kodların açıklamaları Görsel A.38'te görülmektedir.



Görsel A.38. Kodların açıklamaları

L1 (Sayaç Pals Sabiti LED'i): Aktif güçte 1000 imp/kWh.

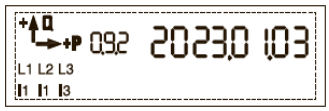
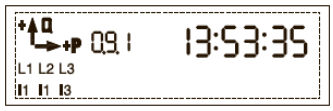
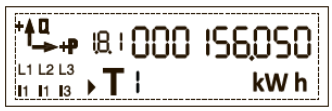
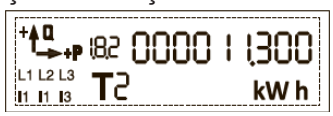
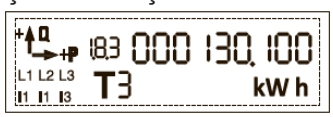
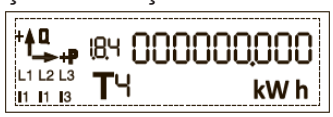
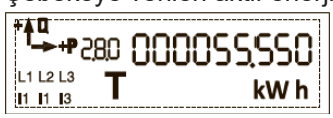
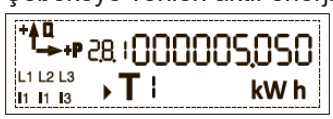
L2 (Sayaç Pals Sabiti LED'i): Reaktif güçte 1000 imp/kVAh.

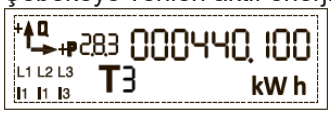
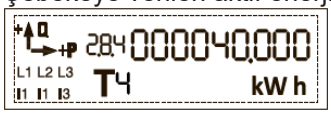
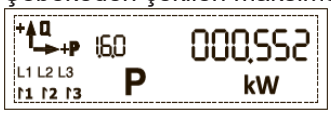
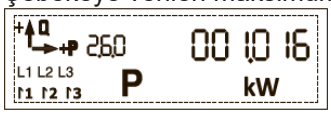
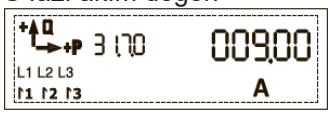
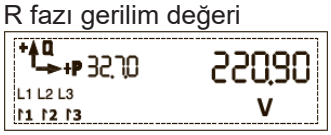
B1 (Demand Sıfırlama Butonu): Demand her ayın sonunda otomatik olarak sıfırlanır. İstendiği takdirde mühür açılıp buton yardımıyla sıfırlama işlemi yapılabilir. Bu işlem sadece TEDAŞ yetkililerince yapılabilir.

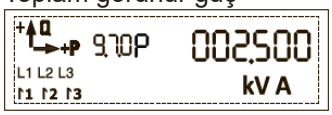
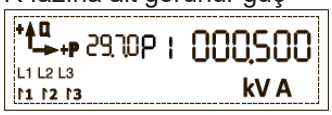
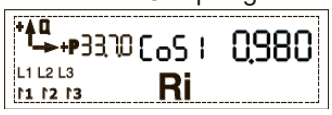
B2 (Okuma Butonu): Okuma butonuna 1 kez basıldığında LCD ekran otomatik değişme modundan elle değişme moduna geçer. Butona her basıldığında ana menüdeki sıraya göre bir sonraki bilgi gösterilir. Okuma butonu 5 saniye (t> 5 s) basılı tutulduğunda LCD ekran alt menüye geçer. Butona her basıldığında alt menüdeki bir sonraki bilgi gösterilir.

Ana Menü: Sayaca ait ana menü bileşenleri Tablo A.5'te görülmektedir.

Tablo A.5. Ana Menü Bileşenleri

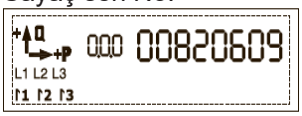
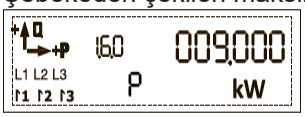
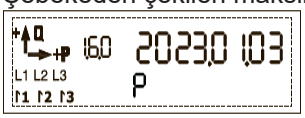
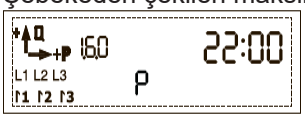
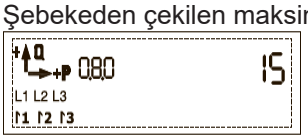
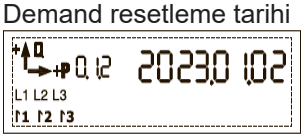
Kısaltma	Kod	Açıklama
Tarih	0.9.2	
Saat	0.9.1	
T	1.8.0	Şebekeden çekilen aktif enerji (TOPLAM) 
T1	1.8.1	Şebekeden çekilen aktif enerji (TARİFE 1) 
T2	1.8.2	Şebekeden çekilen aktif enerji (TARİFE 2) 
T3	1.8.3	Şebekeden çekilen aktif enerji (TARİFE 3) 
T4	1.8.4	Şebekeden çekilen aktif enerji (TARİFE 4) 
T	2.8.0	Şebekeye verilen aktif enerji (TOPLAM-sadece çift yönlü sayaçlarda) 
T1	2.8.1	Şebekeye verilen aktif enerji (TARİFE 1- sadece çift yönlü sayaçlarda) 

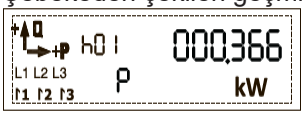
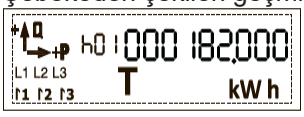
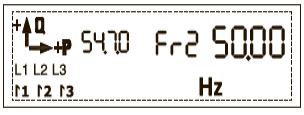
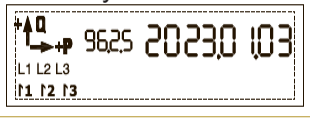
T2	2.8.2	Şebekeye verilen aktif enerji (TARİFE 2- sadece çift yönlü sayaçlarda) 
T3	2.8.3	Şebekeye verilen aktif enerji (TARİFE 3-sadece çift yönlü sayaçlarda) 
T4	2.8.4	Şebekeye verilen aktif enerji (TARİFE 4-sadece çift yönlü sayaçlarda) 
Ri	5.8.0	Endüktif reaktif tüketim 
Rc	6.8.0	Kapasitif reaktif tüketim (sadece çift yönlü sayaçlarda) 
Ri	7.8.0	Endüktif reaktif tüketim (sadece çift yönlü sayaçlarda) 
Rc	8.8.0	Kapasitif reaktif tüketim 
Pm	1.6.0	Şebekeden çekilen maksimum demand 
Pm	2.6.0	Şebekeye verilen maksimum demand (sadece çift yönlü sayaçlarda) 
	31.7.0	S fazı akım değeri 
	51.7.0	S fazı akım değeri
	71.7.0	T fazı akım değeri
	32.7.0	R fazı gerilim değeri 
	52.7.0	S fazı gerilim değeri
	72.7.0	T fazı gerilim değeri

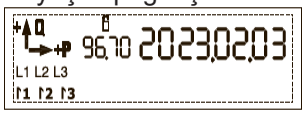
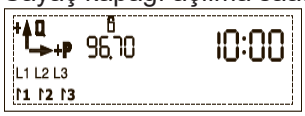
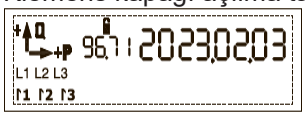
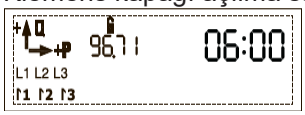
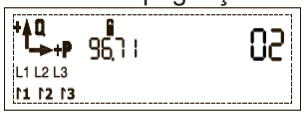
	9.7.0	Toplam görünür güç 
	29.7.0	R fazına ait görünür güç 
	49.7.0	S fazına ait görünür güç
	69.7.0	T fazına ait görünür güç
	33.7.0	R fazına ait Cosϕ değeri 
	53.7.0	S fazına ait Cosϕ değeri
	73.7.0	T fazına ait Cosϕ değeri

Alt Menü: Sayaca ait alt menü bileşenleri Tablo A.6'da görülmektedir.

Tablo A6. Alt Menü Bileşenleri

Kod	Açıklama
0.0.0	Sayaç seri No. 
1.6.0	Şebekeden çekilen maksimum demand 
	Şebekeden çekilen maksimum demand tarihi 
	Şebekeden çekilen maksimum demand saati 
0.8.0	Şebekeden çekilen maksimum demand ölçme süresi 
0.1.2	Demand resetleme tarihi 

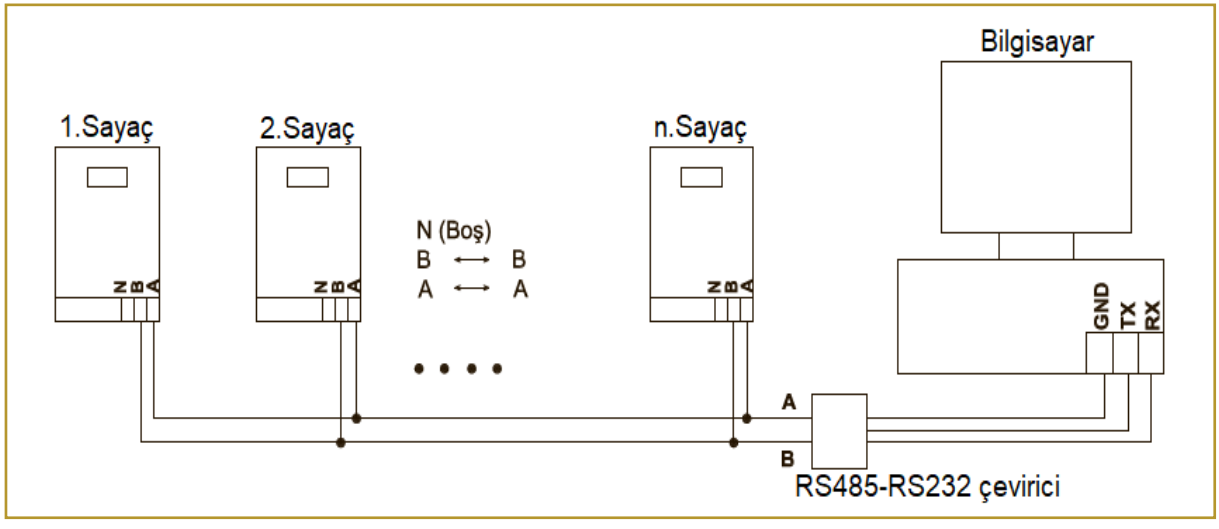
0.1.2	Demand resetleme saati 
0.1.0	Demand resetleme sayısı 
h01	Şebekeden çekilen geçmiş ay maksimum demand 
	Şebekeden çekilen geçmiş ay maksimum demand tarihi
	Şebekeden çekilen geçmiş ay maksimum demand saati
	Şebekeden çekilen geçmiş toplam enerji 
	Şebekeden çekilen geçmiş toplam enerji (TARİFE 1)
	Şebekeden çekilen geçmiş toplam enerji (TARİFE 2)
	Şebekeden çekilen geçmiş toplam enerji (TARİFE 3)
	Şebekeden çekilen geçmiş toplam enerji (TARİFE 4)
	Şebekeden çekilen geçmiş endüktif enerji 
	Şebekeden çekilen geçmiş kapasitif enerji 
34.7.0	R fazının frekansı 
54.7.0	S fazının frekansı 
74.7.0	T fazının frekansı 
96.2.5	Kalibrasyon tarihi 

96.70	Sayaç kapağı açılma tarihi 
96.70	Sayaç kapağı açılma saati 
96.71	Klemens kapağı açılma tarihi 
	Klemens kapağı açılma saati 
	Klemens kapağı açılma sayısı 

OPT (Optik Haberleşme): EN 62056-21 protokolünde optik haberleşme sağlayan port.

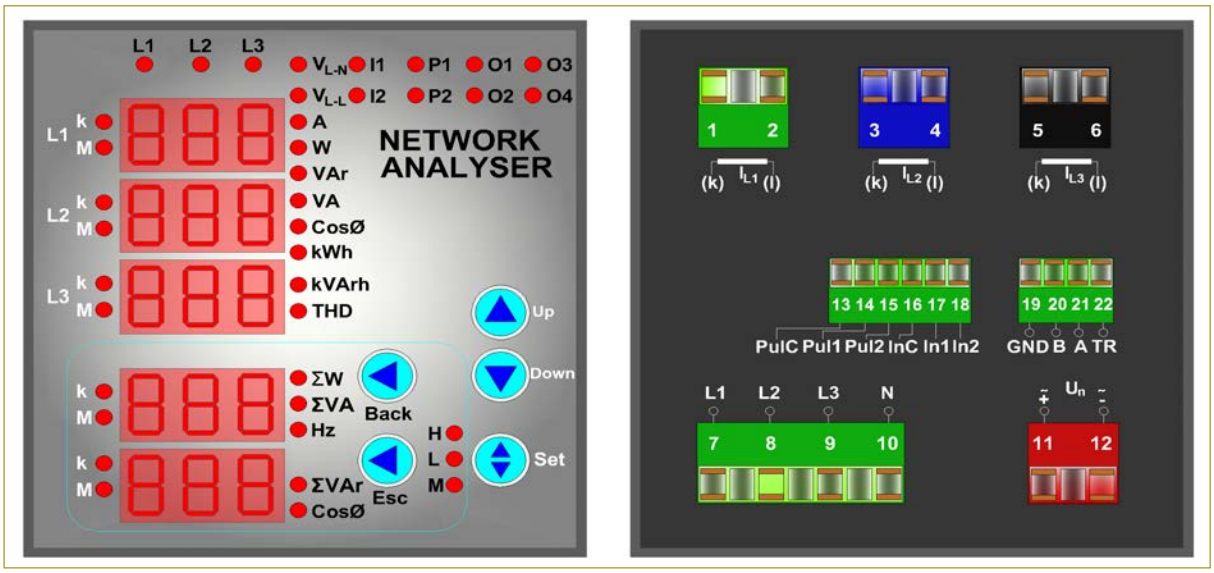
R-S-T-N: Faz ve nötr bağlantı klemensleri.

A-B (RS485 Haberleşme): RS485 protokolünde haberleşme sağlayan bağlantı klemensleridir. Üzerinde RS485 bağlantısı bulunan sayaç uzaktan okunabilmektedir. Aynı RS485 data hattına 32 sayaca kadar bağlantı yapılarak okuma yapılabilir (Görsel A.39). Data hattında birden fazla sayaç bağlandığında istenilen sayacı okuyabilmek için TS EN 62056-21 Mode C'de "request message" yollanırken "Device ID" kısmında MSY ve sayaç seri numarası yollanır ("/?MSYSeriNumarası!CRLF"). Böylece sadece o sayaç ile haberleşilir. Diğer sayaçlar etkilenmez. Tek sayaç olan sistemlerde "Device ID" kısmında sayaç seri numarası yollamaya gerek yoktur. Sadece ("/?!CRLF") yollanır.



Görsel A.39. Sayaçların RS485 data hattına bağlantısı

EK A-37: ENERJİ ANALİZÖRÜ İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER



Görsel A.40. Enerji analizörü

Displayler: L1, L2, L3 displaylerinde VLN, VLL, A, IN, W, VAR, VA, Cosϕ, kWh, kVARh, THD, tot-h, run-h parametreleri görüntülenir. Parametreler arası geçişler "Up" (yukarı)/ "Down" (aşağı) butonları kullanılarak sağlanır. Toplam aktif (ΣW), toplam görünür güç (ΣVA) ve frekans (Hz) parametreleri dördüncü displayde görüntülenir. Parametreler arası geçişler "Back" (geri) butonu kullanılarak sağlanır. Toplam reaktif güç (ΣVAR) ve Cosϕ parametreleri beşinci displayde görüntülenir. Parametreler arası geçişler ESC (çıkış) butonu kullanılarak sağlanır (Görsel A.40).

Butonlar: Butonların görevleri Tablo A.7'de görülmektedir.

Tablo A.7. Butonların Görevleri

No.	Özellikleri
Up (Yukarı)	İzleme modunda, parametreler (VLN, VLL, A, W, VAR, VA, Cos, kWh, kVARh, THD, C-1, C-2, tot-h, run-h) arasında geçiş için kullanılır. Program modunda menü ve alt menüler arasında, sonraki menüye geçmek ve seçili değerleri değiştirmek için kullanılır.
Down (Aşağı)	İzleme modunda, parametreler (VLN, VLL, A, W, VAR, VA, Cos, kWh, kVARh, THD, C-1, C-2, tot-h, run-h) arasında geçiş için kullanılır. Program modunda menü ve alt menüler arasında, önceki menüye geçmek ve seçili değerleri değiştirmek için kullanılır.
Set (Ayar)	İzleme modunda; minimum, maksimum, demand ve anlık değerler arasında geçiş için kullanılır. Displayde çalışma saati (run-h) gösterilirken SET'e basıldığında alarm saatinin (SP-h) saymış olduğu süreyi gösterir. Latch fonksiyonunda SET butonu ile kilit kaldırma işlemi yapılır. 3 Sn. basılı tutulduğunda program moduna geçiş sağlanır. Program modunda; menüye girmek ve parametredeki değişiklikleri kaydetmek için + kullanılır.
Back (Geri)	İzleme modunda; ΣW, ΣVA ve Hz. parametreleri arasında geçiş yapmak için kullanılır. Program modunda, alt menüde sayısal değerler için bir önceki haneye geçiş sağlamak için kullanılır.
ESC (Çıkış)	İzleme modunda; ΣVAR ve Cosϕ parametreleri arasında geçiş yapmak için kullanılır. Program modunda bir önceki menüye geçmek, kaydetmeden programdan çıkmak için kullanılır.

LED'ler: İzleme modunda aktif olan parametreyi belirtir. H-L-M LED'leri seçilen parametreye göre minimum, maksimumu ve maksimum demand değerlerini belirtir.

Klemens Bağlantıları: Klemens bağlantıları Tablo A.8'de görülmektedir.

Tablo A.8. Klemens Bağlantıları

Klemens No.	Açıklama
1-2	1.faz (R) akım trafosu bağlantı klemensleri
3-4	2.faz (S) akım trafosu bağlantı klemensleri
5-6	3.faz (T) akım trafosu bağlantı klemensleri
7	1.faz (R) klemensi
8	2.faz (S) klemensi
9	3.faz (T) klemensi
10	Nötr (N) klemensi
11-12	Haricî besleme (R-N) klemensleri
13	Pul1 ve Pul2 ortak şase klemensi
14	Pul1 bağlantı klemensi
15	Pul2 bağlantı klemensi
16	In1 ve In2 ortak şase klemensi
17	In1 bağlantı klemensi
18	In2 bağlantı klemensi
19-20-21-22	RS485 bağlantı klemensleri

Enerji Analizörü Özellikleri

Dijital Girişler: In1 ve In2 olmak üzere iki dijital girişi sahiptir. Dijital girişlerin iki fonksiyonu vardır:

- Uzaktan kontrol aktif olduğu zaman registerdaki bilgilere göre dijital girişe bağlı cihazla rın durumu görülür (batarya, termostat, akım kesici ve motorun durumu).
- Enerji sayacı (energy count), ayarlanabilir çalışma saati (setpoint hour) ve kilitlemeyi kaldırma (latch) menülerinde dijital girişler seçildiği zaman bu menülerin fonksiyonlarını kontrol eder. Örneğin şebeke ve jeneratör kullanımlarında ayrı ayrı enerji ölçümü yapmak için kullanılır. Ön panel üzerindeki I1 (1.Dijital giriş1) ve I2 (2.Dijital giriş) LED'leri dijital girişlerde sinyal yokken sönük, varken yanık durumdadır.

Enerji Puls Çıkışları: Pulse1 ve Pulse2 olmak üzere iki dijital çıkışı vardır. Puls çıkışları sadece E-1 (Enerji sayacı) için puls verir. Puls çıkışları ayrı ayrı programlanabilir. Ön panel üzerindeki P1 (Pulse 1) ve P2 (Pulse 2) LED'leri puls çıkışı puls verdiğinde yanar ve bir sonraki puls çıkısına kadar sönük kalır.

Puls Sayacı (Pulse Counter): C-1 ve C-2 olmak üzere iki puls sayacı vardır. C-1 puls sayacı dijital In1'den gelen pulsleri, C-2 puls sayacı ise dijital In2'den gelen pulsleri sayar. Puls sayacı dijital girişlerde yüksek sinyal (lojik 1) durumunda puls algılar ve algılanan puls sayısı puls C-1/2 ratio değeri kadar olunca ilgili puls sayacını bir artırır. Pulse counter menüsünden C-1 / C-2 sayacı aktif edilmediğinde anlık değerlerde C1/C2 sayacı görünmez.

NOT

Bu menü kullanılmak istendiğinde dijital girişlere DC sinyal verilmelidir.

Dijital Çıkışlar: Dijital çıkışı olan modellerde ön panelde O3 ve O4 şeklinde belirtilir. 6 dijital çıkışa sahip modeller de bulunur. Dijital çıkış aktif olduğunda ön paneldeki ilgili LED diyot ışık verir.

Röle Çıkışları: Röle çıkışları olan modellerde ön panelde O1 ve O2 şeklinde belirtilir. 2 adet NO kontak çıkışı mevcuttur. Röle çıkışları aktif olduğunda ön paneldeki ilgili LED diyot ışık verir.

Toplam Saat (Total Hours): Cihazın ilk çalışmaya başladığı andan itibaren çalışma süresini gösterir. Bu sayacı kullanıcı sıfırlayamaz.

Çalışma Saati (Run Hours): Cihazın çalışma süresini gösterir. Toplam saatten farklı olarak bu saat sıfırlanabilir. Ayrıca dijital girişlerle kontrol edilebilir. Dijital girişlerle kontrol seçildiğinde yalnızca seçilen dijital girişe sinyal geldiğinde saat çalışır. Sinyal yokken çalışmaz.

Alarm Saati (Setpoint Hours): Çalışma saati görüntülenirken Set butonuna basıldığında alarm saati görüntülenir. Alarm saati çalışma saatine bağlı olarak çalışır. Çalışma saati aktif olarak çalıştığında alarm saati de çalışır. Saat değeri kullanıcı tarafından ayarlanan hoUr SP değerine ulaştığında seçilen çıkışı aktif (lojik 1) yaparak alarm verir ve saat saymaya devam eder. Alarm saatini sıfırlayarak ya da kilit konumundan çıkılarak bu alarm silinir. Alarm çıkısı latch fonksiyonu kullanılarak kaldırılmak istendiğinde latch auto fonksiyonu kullanılamaz.

NOT

Toplam saat ve çalışma saati cihazın beslemesi kesildiğinde saymayı durdurur.

Min., Maks. ve Maks. Demand Değerlerinin İzlenmesi: “Min.” ve “Maks.” değerlerin tanımlı olduğu parametreler; VLN, VLL, A, W, VAR, VA, ΣW, ΣVAR, ΣVA; demand değerlerinin tanımlı olduğu parametreler ise A, W, VAR, VA, ΣW, ΣVA, ΣVAR’dır. Eğer ölçülen anlık değerler kayıtlı min. değerden küçükse yeni min. değeri, kayıtlı maks. değerden büyükse yeni maks. değeri olarak kaydedilir. Demand değeri demand süresi boyunca (örneğin 15 dakika) maks. demand değerini alır. Cihaz herhangi bir parametredeyken Set butonuna basılırsa min., maks. ya da maks. demand değeri gösterilir.

THD Değerinin İzlenmesi: VLN ve THD LED’leri birlikte yanarsa voltajın THD’si izlenir. A ve THD LED’leri birlikte yanıyorsa akımın THD’si izlenir.

Nötr Akımının İzlenmesi: Displayde 3 faza ait anlık akım değerleri görüntülenirken Down butonuna basılırsa displaylerde I-n (Nötr akımı) görülür, A LED’i yanmaya devam eder. Bağlantı şekli delta seçildiğinde bu gösterim kapanır.

Setpoint Parametrelerinin Hata Uyarılarının İzlenmesi: Cihaz herhangi bir sebepten dolayı hata verdiğinde seçili çıkısını aktif eder. Aynı çıkışa birden fazla parametre atanabildiğin den kullanıcının hangi parametre için çıkış verdiğini ve bu parametre için koruma şeklini (aşırı, düşük veya her ikisi) görebilmesi için hata durumu oluştuğunda rUn -h menüsü görüntülenirken Down butonuna basılırsa ya da VLN değeri görüntülenirken Up butonuna basılırsa hata parametresi SP -xx h/L/hL x-x x-x şeklinde görüntülenir. Eğer herhangi bir hata yoksa bu gösterim olmaz. Daha sonra Set butonuna basılarak var olan diğer hata parametreleri izlenebilir.

Aktif/Reaktif Güç Değerlerini Hesaplama Metodu: Eğer displaylerin sağ alt kösesindeki nokta yanıp sönüyorsa aktif güçler ile reaktif güçlerin yönü terstir. Toplam aktif güç ve toplam reaktif güç iki metot kullanılarak hesaplanır. Bunlar

- Aktif / reaktif güç import ve export değerlerinin toplanmasıyla hesaplanır ve tek bir değer olarak gösterilir.
- Aktif / reaktif güçler import ve export durumuna göre ayrı ayrı hesaplanır.

Enerji Analizörü Menüleri: Enerji analizörü menü ayarları için cihazın kullanım kılavuzuna bakılmalıdır. Enerji analizörün de bulunan menüler şunlardır:

Akım Trafosu Çeviri Oranının Girilmesi: Akım trafosu çeviri oranının girildiği menüdür. Bu menüye sahip modellerde akım trafosu çeviri oranı 1…2000 arası bir değer girilerek yapılır.

Gerilim Trafosu Çeviri Oranının Girilmesi: Gerilim trafosu çeviri oranının girildiği menüdür. Bu menüye sahip modellerde gerilim trafosu çeviri oranı 0000,1…4000,0 arası bir değer girilerek yapılır.

Bağlantı Şeklinin Seçilmesi: Bağlantının yıldız ya da üçgen bağlantı olarak seçildiği menüdür. Yıldız bağlantı seçildiğinde cihaz gerilim için faz-nötr arası koruma yapar. Üçgen bağlantı seçildiğinde cihaz gerilim için faz-faz arası koruma yapar.

NOT

Cihazda üçgen bağlantı seçildiğinde anlık değerlerde nötr akımı (IN) ve faz-nötr gerilim (VLN) değerini göstermez, bu parametrelere ait fonksiyonlar pasif olur.

Reaktif Enerji Hesaplama Metot Ayarı: Mekanik ve elektrik sayaçlarının aktif ve reaktif enerji hesabının yapılacağı yöntem, cihazın kullanım kılavuzunda gösterilen tabloya uygun olarak seçilmelidir.

Maks. Demand Süresi Ayarı: Maks. demand süresinin ayarlandığı menüdür. 01- 60 dakika arası ayarlanabilir.

Reset Menüsü (hL, dE, E-1, E-2, C-1, C-2, rUn hoUr, SP hoU r): Min., maks., maks. demand, enerji değerleri, puls sayaçları, çalışma saati ve alarm saatinin silindiği menüdür. Cihaz parametrelerine ait anlık olarak ölçülen min., maks. değerleri, cihazın çalışmaya başladıktan sonra geçen süreyi ve cihazın set edildikten sonra çalıştığı süreyi hafızasında tutar. **Reset** menüsündeki **rES Et hL/dE/E-1/E-2/C-1/C-2/rUn hoUr/SP hoU r** menülerine girilip, **yES** parametresi seçilip tüm menülerden çıkıldığında yapılan değişikliklere onay verilirse seçilen değerler sıfırlanır.

NOT

Hafızada kaydedilen bilgiler elektrik kesilmelerinden etkilenmez.

Pulse Menü: Bu menüde ayarlanabilir 3 parametre vardır: **PUL oUt rAtıo, PUL oUt o-1, PUL oU t o-2.**

- **PUL oUt rAtıo:** Puls çıkışlarının ne kadarlık enerji tüketiminde puls vereceğinin belirlendiği menüdür.
- **PUL oUt o-1 / PUL oUt o-2:** Her **PUL oUt rAtıo** kadar enerji tüketimi olduğu zaman **PUL1 / PUL2** çıkışından 1 puls alınır.

Enerji Sayacı (Eng Cnt) Menüsü: **Enerji Sayacı1 (E-1)** ve **Enerji Sayacı2 (E-2)** olmak üzere 2 adet enerji sayacı vardır. **E-1** ve **E-2** sayacının 5 parametresi vardır. Bunlar

- **on: E-1 / E-2** sayacı hiç bir parametreye bağlı kalmaksızın sayar.
- **ı-1: E-1 / E-2** sayacı **In1**'de **on (=1)** olduğu zaman sayar.
- **ı-2: E-1 / E-2** sayacı **In2**'de **on (=1)** olduğu zaman sayar.
- **E-2: E-2** sayacı aktif iken **E-1** sayacı saymaz (Sadece E-1 sayacının parametresidir.).
- **E-1: E-1** sayacı aktif iken **E-2** sayacı saymaz (Sadece E-2 sayacının parametresidir.).

NOT

E-1 sayacında E-2 seçili iken ve E-2 sayacında da E-1 seçiliyken durum tanımsızdır. Sayaçlar bu parametrelere ayarlıyken dijital girişlerde 1 (lojik 1) bilgisi yoksa her iki sayaç da sayar fakat dijital girişlerin herhangi birinde veya ikisinde de 1 (lojik 1) bilgisi varsa sayaçlar saymaz.

Kullanıcı Şifresinin Tanımlanması: Kullanıcı şifresinin tanımlandığı ve aktif yapıldığı menüdür. Cihazın ayarlarının yetkisiz kişilerce değiştirilmesini önlemek için bu menüde 4 haneli bir kullanıcı şifresi belirlenerek şifre aktif hâle getirilmelidir.

Latch (Kilitlemeyi Kaldırma) Menüsü: Set edilen parametrelerin, **Latch** fonksiyonu aktifken **Latch** menüsünde hata ortadan kalktıktan sonra hatadan dönüş işleminin ne şekilde yapılacağı seçilir. Üç farklı şekilde yapılabilir. Bunlar

- **LAt Ch bUtton: Set** butonu ile **Latch** kaldırma işlemi seçilir. **oFF** seçildiğinde **Set** butonu pasif hâle gelir.
- **LAt Ch ın PUt:** Hatadan dönüş işlemi dijital girişler kullanılarak yapılır.
  - ✓ **LAt Ch ın I-1** seçildiğinde sadece 1. dijital giriş aktif olur.
  - ✓ **LAt Ch ın I-2** seçildiğinde sadece 2. dijital giriş aktif olur.
  - ✓ **LAt Ch ın ALL** seçildiğinde her iki dijital giriş de aktif olur.

Seçili dijital girişlere sinyal verildiğinde **Latch** kaldırma işlemini gerçekleştirir. **LAt Ch ın oFF** seçildiğinde bu özellik pasif olur.

- **LAt Ch AUto:** Bu özellikte seçildiğinde hatadan dönüş işlemi ayarlanan süre sonunda gerçekleşir. Min. 15 dk., maks. 180 dk. arasında dönüş süreleri **Set** edilebilir. Kullanıcı süre seçebilir. Süreler 15'in katları şeklinde ayarlanır (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120,135, 150, 165 veya 180 dk.).

NOT

LAt Ch bUt ton, LAt Ch ın PUt ve LAt Ch AUto aynı anda aktif edilebilir.

Pulse Sayacı (PUL SE CoU ntE r): Dijital girişlerden gelen puls sayısına göre sayma işlemi ayarlarının yapıldığı menüdür. İki parametresi vardır. Bunlar

- **PUL C-1 ACt: C-1** sayacının aktivasyonunun yapıldığı menüdür. **on** seçilirse **C-1** sayacı aktif, **oFF** seçilirse pasif duruma geçer.
- **PUL C-1 rAtıo: In1**'den gelen puls sayısına göre **C-1** sayacını 1 artıracak puls sayısının ayarlandığı menüdür. C-2 sayacı da aynı şekilde ayarlanır.

NOT

Bu menü kullanılmak istenildiğinde dijital girişlere DC sinyal verilmelidir, AC sinyal verildiğinde verilen kaynağın frekansına bağlı olarak puls sayar. C-1 ve C-2 sayaçlarında ACt oFF seçildiğinde puls sayaç özelliği pasif hâle gelir. Anlık değerlerde pasif olan sayaç gösterilmez.

Saat Menüsü: Çalışma saati Un -h ve alarm saati SP -h ile ilgili ayarların yapıldığı menüdür. 3 alt menüsü vardır. Bunlar

- **hoU r ACT:** Çalışma saatinin hangi koşullarda aktif olacağının ayarlandığı menüdür. hoU r ACT on seçildiğinde çalışma saati koşula bağlı kalmaksızın çalışır. hoU r ACT ı-1 seçildiğinde 1. dijital giriş aktif olduğunda çalışma saati çalışır. hoU r ACT ı-2 seçildiğinde 2. dijital giriş aktif olduğunda çalışma saati çalışır. hoU r ACT ALL seçildiğinde dijital girişlerden herhangi biri aktif olduğunda çalışma saati çalışır.

- **hoU r SP:** Alarm süresinin ayarlandığı menüdür. Ayarlanan süre SP -h değerine ulaştığında seçilen çıkış aktif olur. 0001- 9999 arası saat değeri ayarlanabilir.
- **hoU r oUt:** Alarm çıkısının seçildiği menüdür. 1 ... 8 çıkış seçilebilir. 1. ve 2. çıkışlar röle çıkışlarıdır. 3. ... 8. çıkışlar dijital çıkışlardır.

Setpoint Menüsü: Koruma ayarlarının yapıldığı menüdür. Bu menünün 16 tane setpoint (SP-01 ... SP -16) ayarı vardır. Kullanılacak setpointin menüsüne girilip SP –xx ACt menüsünden aktif (on) edilmelidir. Edilmezse "SP -xx" parametrelerine girilemez. Setpoint parametreleri şunlardır:

- **SP -01 ... SP -16:** Kullanıcı tarafından ayarlanan 16 farklı setpoint koruma ayarı.
- **SP -01 ACt:** SP -01 koruma ayarının aktivasyonunun yapıldığı menüdür. Koruma ayarı oFF seçildiğinde SP -01'in diğer menülerine ulaşılamaz. SP -01 ACt on koruma ayarını aktif eder. SP-01 ACt oFF koruma ayarını kapatır.
- **SP -01 PAr:** 76 farklı parametrenin ayarının seçildiği menüdür. Bu parametrelerden sadece bir tanesi set edilebilir.
- **SP -01 oPE:** Korumanın aşırı, düşük veya her ikisi içinde yapılıp yapılmayacağının belirlendiği menüdür. Alt menüleri şunlardır:
  - ✓ **SP -01 oPE rAn gE:** Düşük ve aşırı korumaları yapar.
  - ✓ **SP -01 oPE hıg hEr:** Aşırı koruması yapar.
  - ✓ **SP -01 oPE LoU Er:** Düşük koruması yapar.
- **SP -01 hı:** Aşırı koruma değerinin ayarlandığı menüdür.
- **SP -01 Lo:** Düşük koruma değerinin ayarlandığı menüdür.

NOT

Koruma şekli SP -01 oPE menüsünde aşırı koruma seçeneği seçildiğinde düşük koruma, düşük koruma seçeneği seçildiğinde aşırı koruma seçeneği parametresi kapanır.

- **SP -01 hYS:** Hatadan dönüş histerezis değerinin ayarlandığı menüdür.
- **SP -01 ond:** Hataya geçme süresinin (000.0-999.9 sn.) ayarlandığı menüdür.
- **SP -01 oFd:** Hatadan dönme süresinin (000.0-999.9 sn.) ayarlandığı menüdür.
- **SP -01 oUt:** Alarm çıkışının seçildiği menüdür. 1. ... 8. çıkış seçilebilir. 1 ve 2. çıkışlar röle, 3-8. çıkışlar dijital çıkışlardır.
- **SP -01 LAt Ch:** Kilitleme fonksiyonunun aktif edildiği menüdür.
  - ✓ **SP -01 LAt oFF:** Kilitleme fonksiyonunu kapatır.
  - ✓ **SP -01 LAt on:** Kilitleme fonksiyonunu aktif eder.

NOT

Kilit kaldırma ayarları Latch (kilitlemeyi kaldırma) menüsünden yapılır. Koruma parametrelerinden biri hataya geçtiğinde anlık değerlerde yukarı aşağı butonları kullanılarak hangi parametrenin hataya geçtiği görülebilir.

Seri Haberleşme Parametre Ayarları: Adres parametresi 001-247 arası verilebilir. Baud Rate parametresi 2400, 4800, 9600, 19200 ve 38400 bps seçilebilir. Parite parametresi no, odd ve EUEn seçilebilir.

MODBUS RTU Protokol Ayarları: Kullanım kılavuzundan standart MODBUS RTU mesaj formatını inceleyebilirsiniz.

Dijital Giriş Kaydedicisi Ayarları: Din (Dijital giriş kaydedicisi) 16 bit olarak gönderilir. 2 adet dijital giriş data ayarı vardır. Bunlar:

- In1 girişine 12-48 V AC/DC uygulanırsa Din kaydedicisinin 0. biti 1 olarak set edilir.
- In2 girişine 12-48 V AC/DC uygulanırsa Din Register'in 1. biti 1 olarak set edilir.

EK A-38: TÜRKİYE'DE TEK VE ÜÇ TARİFELİ ELEKTRİK MALİYETLERİ

Tablo A.9: 2015-2023 Yılları Arası Elektrik Alım Maliyetleri (Tek ve Üç Tarifeli)

Yıl	Ay		Şebekeden Elektrik Alım Birim Maliyetleri (Üç Tarifeli) (TL/kWh)						Tek Tarifeli (TL/kWh)	
			Gündüz (06.00-17.00)		Puant (17.00-22.00)		Gece (22.00-06.00)		24 saat	
2015	1	Ocak	0,271105	0,271106	0,420627	0,420628	0,163256	0,163257	0,248528	0,266401
	2	Şubat	0,271105		0,420627		0,163256		0,248528	
	3	Mart	0,271105		0,420627		0,163256		0,248528	
	4	Nisan	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	5	Mayıs	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	6	Haziran	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	7	Temmuz	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	8	Ağustos	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	9	Eylül	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	10	Ekim	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	11	Kasım	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
	12	Aralık	0,271106		0,420628		0,163257		0,272358	
2016	1	Ocak	0,330449	0,330448	0,495950	0,498826	0,211076	0,208853	0,331835	0,331834
	2	Şubat	0,330449		0,495950		0,211076		0,331835	
	3	Mart	0,330449		0,495950		0,211076		0,331835	
	4	Nisan	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	5	Mayıs	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	6	Haziran	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	7	Temmuz	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	8	Ağustos	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	9	Eylül	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	10	Ekim	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	11	Kasım	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	12	Aralık	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
2017	1	Ocak	0,330447	0,330447	0,499784	0,499784	0,208112	0,208112	0,331833	0,331833
	2	Şubat	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	3	Mart	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	4	Nisan	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	5	Mayıs	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	6	Haziran	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	7	Temmuz	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	8	Ağustos	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	9	Eylül	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	10	Ekim	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	11	Kasım	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
	12	Aralık	0,330447		0,499784		0,208112		0,331833	
2018	1	Ocak	0,359890	0,405643	0,540844	0,603030	0,229162	0,256926	0,361371	0,404114
	2	Şubat	0,359890		0,540844		0,229162		0,361371	
	3	Mart	0,359890		0,540844		0,229162		0,361371	
	4	Nisan	0,369682		0,561402		0,233276		0,371251	
	5	Mayıs	0,369682		0,561402		0,233276		0,371251	
	6	Haziran	0,369682		0,561402		0,233276		0,371251	
	7	Temmuz	0,369682		0,561402		0,233276		0,371251	
	8	Ağustos	0,409756		0,597030		0,259994		0,404614	
	9	Eylül	0,445724		0,649852		0,282483		0,440119	
	10	Ekim	0,484614		0,707113		0,306681		0,478504	

	11	Kasım	0,484614		0,707113		0,306681		0,478504	
	12	Aralık	0,484614		0,707113		0,306681		0,478504	
2019	1	Ocak	0,438686	0,490907	0,638935	0,714753	0,278547	0,311898	0,433187	0,484760
	2	Şubat	0,438686		0,638935		0,278547		0,433187	
	3	Mart	0,438686		0,638935		0,278547		0,433187	
	4	Nisan	0,439950		0,640199		0,279811		0,434451	
	5	Mayıs	0,439950		0,640199		0,279811		0,434451	
	6	Haziran	0,439950		0,640199		0,279811		0,434451	
	7	Temmuz	0,504972		0,735259		0,320812		0,498648	
	8	Ağustos	0,504972		0,735259		0,320812		0,498648	
	9	Eylül	0,504972		0,735259		0,320812		0,498648	
	10	Ekim	0,580020		0,844618		0,368422		0,572754	
	11	Kasım	0,580020		0,844618		0,368422		0,572754	
	12	Aralık	0,580020		0,844618		0,368422		0,572754	
2020	1	Ocak	0,581651	0,588965	0,846249	0,857366	0,370053	0,374325	0,574385	0,581594
	2	Şubat	0,581651		0,846249		0,370053		0,574385	
	3	Mart	0,581651		0,846249		0,370053		0,574385	
	4	Nisan	0,581299		0,845897		0,369701		0,574033	
	5	Mayıs	0,581299		0,845897		0,369701		0,574033	
	6	Haziran	0,581299		0,845897		0,369701		0,574033	
	7	Temmuz	0,580142		0,844740		0,368544		0,572876	
	8	Ağustos	0,580142		0,844740		0,368544		0,572876	
	9	Eylül	0,580142		0,844740		0,368544		0,572876	
	10	Ekim	0,612766		0,892578		0,389000		0,605082	
	11	Kasım	0,612766		0,892578		0,389000		0,605082	
	12	Aralık	0,612766		0,892578		0,389000		0,605082	
2021	1	Ocak	0,652238	0,700520	0,949665	1,020254	0,414387	0,444830	0,644070	0,691739
	2	Şubat	0,652238		0,949665		0,414387		0,644070	
	3	Mart	0,652238		0,949665		0,414387		0,644070	
	4	Nisan	0,652308		0,949735		0,414457		0,644140	
	5	Mayıs	0,652308		0,949735		0,414457		0,644140	
	6	Haziran	0,652308		0,949735		0,414457		0,644140	
	7	Temmuz	0,748766		1,090807		0,475237		0,739373	
	8	Ağustos	0,748766		1,090807		0,475237		0,739373	
	9	Eylül	0,748766		1,090807		0,475237		0,739373	
	10	Ekim	0,748766		1,090807		0,475237		0,739373	
	11	Kasım	0,748766		1,090807		0,475237		0,739373	
	12	Aralık	0,748766		1,090807		0,475237		0,739373	
2022	1	Ocak	1,689990	1,975867	2,489372	2,895672	1,068724	1,241801	1,678312	1,951463
	2	Şubat	1,699990		2,489372		1,068724		1,678312	
	3	Mart	1,699990		2,489372		1,068724		1,678312	
	4	Nisan	1,700262		2,489644		1,068996		1,678584	
	5	Mayıs	1,700262		2,489644		1,068996		1,678584	
	6	Haziran	1,952907		2,860696		1,226951		1,927977	
	7	Temmuz	1,952907		2,860696		1,226951		1,927977	
	8	Ağustos	1,952907		2,860696		1,226951		1,927977	
	9	Eylül	2,340296		3,429643		1,469149		2,310380	
	10	Ekim	2,340296		3,429643		1,469149		2,310380	
	11	Kasım	2,340296		3,429643		1,469149		2,310380	
	12	Aralık	2,340296		3,429643		1,469149		2,310380	

2023	1	Ocak	2,361424	2,130260	3,450771	3,110673	1,490277	1,346228	2,331508	1,886641
	2	Şubat	2,361424		3,450771		1,490277		2,331508	
	3	Mart	2,361424		3,450771		1,490277		2,331508	
	4	Nisan	2,012774		2,938719		1,272299		1,987345	
	5	Mayıs	2,012774		2,938719		1,272299		1,987345	
	6	Haziran	2,012774		2,938719		1,272299		1,987345	
	7	Temmuz	2,016583		2,942528		1,276108		1,341070	
	8	Ağustos	2,016583		2,942528		1,276108		1,341070	
	9	Eylül	2,016583		2,942528		1,276108		1,341070	
	10	Ekim	-		-		-		-	
	11	Kasım	-		-		-		-	
	12	Aralık	-		-		-		-	

Tablo A.10: 2021-2030 Yılları Arası YEKDEM Fiyatları

YEK Tesisleri ve Tipleri		YEK Destekleme Mekanizması				Yerli Katkı Fiyatı (Kuruş/kWh)
Tesisler	**Tesis Tipleri**	**Uygulama Fiyatı (Kuruş/kWh)**	**Uygulama Süresi (yıl)**	**YEK Taban Fiyatı (Cent/kWh)**	**YEK Tavan Fiyatı (Cent/kWh)**	
Hidroelektrik Üretim Tesisleri	Rezervuarlı	144,00	10	6,75	8,25	28,80
	Nehir Tipi	135,00	10	6,30	7,70	28,80
Rüzgâr Enerjili Üretim Tesisleri	Karasal	106,00	10	4,95	6,05	28,80
	Deniz Üstü	144,00	10	6,75	8,25	38,45
Jeotermal Enerjili Üretim Tesisleri		202,00	15	9,45	11,55	28,80
Biyokütleye Dayalı Üretim Tesisleri	Çöp Gazı/Atık Lastik	106,00	10	4,95	6,05	28,80
	Biyometanizasyon	173,00	10	8,10	9,90	28,80
	Belediye Atıklar vd.	134,90	10	5,75	8,00	21,58
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisler		106,00	10	4,95	6,05	28,80
Rüzgâr ve Güneşli Bütünleşik Tesisler		125,00	10	5,85	7,15	38,45
Hidroelektrik (Pompaj Depolamalı) Tes.		202,00	15	9,45	11,55	38,45
Dalga ve Akıntıya Dayalı Üretim Tesisler		135,00	10	6,30	7,70	38,45

CEVAP ANAHTARI

	1. ENERJİ ÜRETİMİ	2. ELEKTRİK ŞEBEKELERİ	3. ENDEKS OKUMA	4. ELEKTRİK PİYASASI ESAS VE USULLERİ
1	D	Y	D	D
2	Y	D	Y	Y
3	D	Y	D	D
4	D	E	D	D
5	Y	A	Y	Y
6	D	B	iş	talep
7	D	C	Tek zamanlı-tarifeli	spot
8	Y	E	puant	tüketici
9	linyit	D	el terminalleri	6446
10	buhar	D	tüketilen elektrik miktarı	tek
11	jeotermal		C	D
12	doğal gaz		E	A
13	hidrojen		B	C
14	güneş enerjisi		D	E
15	alternatör		A	B
16	Senkronoskop		D	E
17	C		C	D
18	A		A	D
19	G		E	B
20	E		E	E
21	B		B	
22	F			
23	D			
24	A			
25	E			
26	C			
27	E			
28	D			
29	B			
30	A			
31	D			
32	B			

KAYNAKÇA

- Elektrik-Elektronik Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı, 2022
- TDK Güncel Türkçe Sözlük
- TDK Yazım Kılavuzu

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI

Ders materyalin genel ağ kaynakçası ve görsel kaynakçasına buradan ulaşılır. Karekoda ulaşılamaması durumunda aşağıdaki linki kullanabilirsiniz.

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2486

DERS MATERYALİ İLE İLGİLİ KAREKODLAR

Aşağıda verilen karekodlardan öğrenme birimi ile ilgili dökümanlara ve görsellere ulaşabilirsiniz.

Karekod ID: " http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=xxxxx"

ID: 42730	**ID: 42731**
1. Öğrenme Birimi Dökümanlar	Proje Dosya Dökümanları

ID: 42732	**ID: 42733**
2. Öğrenme Birimi Dökümanlar	**3.** Öğrenme Birimi Dökümanlar

ID: 42729	**ID: 42734**
4. Öğrenme Birimi Dökümanlar	**EK-A** Dökümanlar

NOTLAR

NOTLAR

NOTLAR