

# DETAYLI ÖLÇME VE DOĞRULAMA (Ö&D) KILAVUZU

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı; Dünya Bankası tarafından Temiz Teknoloji Fonu hibesi ile finanse edilen Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesinin, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile beraber uygulayıcısı konumundadır. Bu rapor, Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi kapsamında yürütülen “Türkiye’de EVD Piyasasının Güçlendirilmesi, Enerji Verimliliği Finansmanı ve EVD’lerin Kamu Sektörüne Yönelik Kapasitesinin Geliştirilmesi Danışmanlık Hizmetleri” sözleşmesi çerçevesinde Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) için Stantec Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.’nin başında bulunduğu Ortak Girişim (OG) tarafından hazırlanmıştır. Rapor kesin surette OG ile ETKB arasında mutabık kalınan kapsamda temellenmektedir. Bu nedenle, bu raporda belgenin kendisinde kategorik olarak belirtilmemiş olabilen kısıtlılıklar, varsayımlar veya veriye bağlılık durumları söz konusu olabilir. OG ile istişare edilmeden bu raporun dayanak noktası tayin edilmemesi gerekmektedir. Raporda sunulan yorumların ve tavsiyelerin her biri OG’nin spesifik bir hususla ilişkili görüşlerini yansıtmaktadır ve bu itibarla, söz konusu alanın kapsayabileceği bütün unsurlara muhakkak tekabül etmek zorunda değildir. OG’nin bu rapora ilişkin yükümlülükleri OG’yle olan mutabakatla sınırlıdır. Başka kişilerin bu raporu kullanmaları durumunda risk tamamen kendilerine aittir. OG işbu raporun başka herhangi bir kişi tarafından kullanılmasıyla ilgili hiçbir bir sorumluluk kabul etmemektedir. Burada ifade edilen görüşler OG’nin görüşleridir ve bu nedenle hiçbir şekilde ETKB’nin resmî kanaatini yansıttıkları şeklinde yorumlanamazlar.

## PROJE ÖZETİ

|  |   |
|--|---|
| <b>Proje Adı</b>                               | Türkiye’de EVD Piyasasının Güçlendirilmesi, Enerji Verimliliği Finansmanı ve EVD’lerin Kamu Sektörüne Yönelik Kapasitesinin Geliştirilmesi Danışmanlık Hizmetleri |
| <b>Referans Numarası</b>                       | TF0B0852  |
| <b>Sözleşme Numarası</b>                       | MENR/CS-02A   |
| <b>Başlangıç Tarihi</b>                        | 12 Ağustos 2021   |
| <b>Süre</b>                                    | 15 ay   |
| <b>Ülke</b>                                    | Türkiye Cumhuriyeti   |
| <b>Sözleşme Makamı</b>                         | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) – Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü (DİGM)   |
| <b>Son Faydalanıcı</b>                         | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) – Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı (EVÇDB)   |
| <b>Ortak Girişim (OG) Üyeleri (“Danışman”)</b> | Stantec (Lider), Econoler, Enve Enerji  |

## İçindekiler

|                    |  |           |
|--------------------|--|-----------|
| <b>1</b>           | <b>Giriş.....</b>  | <b>2</b>  |
| 1.1                | Ö&D Kılavuzu'nun Amacı ve Kullanım Şekli .....               | 2         |
| 1.2                | Türkiye'de EPS Mevzuatı .....                                | 3         |
| 1.3                | Diğer Ö&D Kılavuzları ve Uluslararası Standartlar .....      | 4         |
| 1.4                | Ö&D'ye Genel Bakış .....                                     | 5         |
| <b>2</b>           | <b>Temel Ö&amp;D Yaklaşım ve Metodolojisi.....</b>           | <b>9</b>  |
| 2.1                | Ö&D Kavramı .....  | 9         |
| 2.2                | Ö&D Metodolojisi.....  | 16        |
| 2.3                | İşletimsel Doğrulama.....                                    | 17        |
| 2.4                | UPÖDP Ö&D Opsiyonları .....                                  | 18        |
| 2.5                | En İyi Ö&D Opsiyonunun Seçimi .....                          | 32        |
| 2.6                | Varsayılan Tasarruf.....                                     | 33        |
| <b>3</b>           | <b>Ö&amp;D Süreci .....</b>                                  | <b>35</b> |
| 3.1                | Ö&D Planı .....  | 35        |
| 3.2                | Rutin ve Rutin Olmayan Ayarlamalar .....                     | 38        |
| 3.3                | Referans Çizgisinin Tanımlanması .....                       | 42        |
| 3.4                | Ölçüm Ekipman ve Sistemleri .....                            | 43        |
| 3.5                | Ö&D Maliyetleri .....  | 45        |
| 3.6                | Kamu Bina ve Tesislerindeki Ana Ö&D Konuları .....           | 46        |
| 3.7                | Kamu Bina ve Tesislerindeki Tipik EVÖ'ler İçin Kılavuz ..... | 50        |
| 3.8                | Ö&D Planı Çerçevesi .....                                    | 54        |
| 3.9                | Ö&D Raporlama.....   | 57        |
| <b>EK – 1.....</b> | <b>.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>EK – 2.....</b> | <b>.....</b>   | <b>85</b> |

## Tablo Listesi

|   |    |
|---|----|
| Tablo 1: Ö&D Hedefleri.....   | 2  |
| Tablo 2: Temel Ö&D Terimleri ve Tanımları .....   | 7  |
| Tablo 3: İşletimsel Doğrulama Yaklaşımları.....   | 18 |
| Tablo 4: UPÖDP Ö&D Opsiyonlarına Genel Bakış.....   | 19 |
| Tablo 5: Opsiyon A'da Tahmin Etkenleri.....   | 23 |
| Tablo 6: Simülasyon İçin Gereken Veriler.....   | 30 |
| Tablo 7: Ö&D Opsiyonu Seçerken Dikkate Alınacak Hususlar .....  | 32 |
| Tablo 8: Rutin Olmayan Ayarlama Faktörleri .....  | 40 |
| Tablo 9: Sayaçların Avantajları ve Dezavantajları .....   | 44 |
| Tablo 10: Ö&D Planlaması ve Maliyeti İçin Dikkate Alınması Gereken Faktörler .....                                | 45 |
| Tablo 11: Ö&D Maliyeti ve Faydalarına İlişkin Sorular.....  | 47 |
| Tablo 12: Aydınlatma Projesi – Opsiyon A Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri.....                     | 51 |
| Tablo 13: Bina Cephesi Tadilatı – Opsiyon D Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri .....                 | 52 |
| Tablo 14: Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kurulumu – Opsiyon B Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri ..... | 53 |
| Tablo 15: Isı Geri Kazanım Sistemi – Opsiyon C Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri                    | 53 |
| Tablo 16: Bina Enerji Yönetimi Kontrol Sistemi – Opsiyon D Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri .....  | 54 |

## Şekil Listesi

|  |    |
|--|----|
| Şekil 1: Ö&D Sürecinin Gösterimi .....                         | 6  |
| Şekil 2: Temel Ö&D Kavramı .....                               | 7  |
| Şekil 3: Ölçüm Sınırı .....                                    | 10 |
| Şekil 4: ERÇ ve EPG .....                                      | 12 |
| Şekil 5: EYS ve EPG Sınırı .....                               | 13 |
| Şekil 6: Ö&D Opsiyonu Seçerken Dikkate Alınacak Hususlar ..... | 21 |
| Şekil 7: Ölçüm Seçenekleri .....                               | 25 |
| Şekil 8: Ö&D Planlama Süreci .....                             | 36 |
| Şekil 9: Genel Ö&D Amaçları .....                              | 37 |
| Şekil 10: Rutin Olmayan Ayarlamalar .....                      | 42 |

## Kısaltmalar

|        |  |
|--------|--|
| ASHRAE | Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği |
| DFS    | Değişken Frekanslı Sürücü                                      |
| EPG    | Enerji Performans Göstergesi                                   |
| EPIE   | Enerji Performansı İyileştirme Eylemi                          |
| EPS    | Enerji Performans Sözleşmesi                                   |
| ERÇ    | Enerji Referans Çizgisi  |
| ETKB   | Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı                            |
| EV     | Enerji Verimliliği   |
| EVD    | Enerji Verimliliği Danışmanlığı                                |
| EVK    | Enerji Verimliliği Yasası                                      |
| EVÖ    | Enerji Verimliliği Önlemi                                      |
| EYS    | Enerji Yönetim Sistemi   |
| FEMP   | Federal Enerji Yönetimi Programı                               |
| IGD    | Isıtma Gün Derecesi  |
| IGKB   | Isı Geri Kazanım Birimi  |
| ISH    | Isıtma, Soğutma ve Havalandırma                                |
| ISO    | Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı                         |
| İ&B    | İşletim ve Bakım   |
| KFA    | Kompakt Floresan Ampul   |
| LED    | Işık Yayan Diyot   |
| NASA   | Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi                               |
| NBD    | Net Bugünkü Değer  |
| Ö&D    | Ölçme ve Doğrulama   |
| ÖEK    | Önemli Enerji Kullanımı  |
| SEVP   | Suudi Enerji Verimliliği Programı                              |
| SGD    | Soğutma Gün Derecesi   |
| SÖDU   | Sertifikalı Ölçüm ve Doğrulama Uzmanı                          |
| UPÖDP  | Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü           |
| VDK    | Verimlilik Değerlendirme Kurumu                                |

# 1 Giriş

Bu Kılavuz, Türkiye'deki kamu bina ve tesislerin Enerji Verimliliği (EV) yatırımlarına yönelik Ölçme ve Doğrulama (Ö&D) süreçleri için geliştirilmiştir. Kılavuz'un bu bölümünde Kılavuz'a ilişkin kısa bir giriş, Ö&D plan ve prosedürlerinin neler olduklarına dair açıklamalar, Ö&D'nin anahtar kavramları ve Ö&D'nin EV finansmanındaki rolü yer almaktadır. Kılavuz her ne kadar kamu sektörü özelinde hazırlanmış olsa da özel sektöre de yol gösterici niteliktedir.

## 1.1 Ö&D Kılavuzu'nun Amacı ve Kullanım Şekli

Bu Kılavuz, Türkiye'deki kamuya ait tesis ve binalardaki enerji verimliliği projelerine dahil olan ve aşağıda belirtilen taraflar için bilgi temin etmektedir:

- Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketleri (EVD): Yükleniciler, bu Kılavuzu projeleri için Ö&D planlaması, uygulaması ve raporlaması yaparken EV projelerindeki yatırımların uygun şekilde değerlendirilmesini sağlamak için kullanacaklardır.
- Tesis Yöneticileri: Bu Kılavuz, Ö&D süreçlerinin yapısı ve EVD tarafından nihai Ö&D raporu hazırlandığında Ö&D sonuçlarının değerlendirilmesine ilişkin olarak tesis yöneticilerinin beklentilerinin karşılanmasında kullanılacaktır.
- Devlet Kurumları: Bu Kılavuz, Türkiye'deki kamu bina ve tesislerine yönelik EV yatırımlarının planlanması ve raporlanmasına yardım noktasında faydalı olacaktır.

Bu Kılavuz, taraflar arasındaki herhangi bir ihtilafın önlenmesi için kritik nitelikte olan Tablo 1'deki gereklilikleri kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır.

**Tablo 1: Ö&D Hedefleri**

| Ö&D Hedefleri                          | Yorum   |
|--|---|
| Enerji Tasarrufu Hesaplaması           | Bu Kılavuz referans çizgisinin tanımlanması, ayarlamalar, belirsizlik ve maliyet önleme dahil olmak üzere ilgili enerji tasarrufu hesaplama yöntemlerine değinmektedir.                               |
| Performans Doğrulama                   | Bu Kılavuz mali bir teşvik veya cezanın söz konusu olduğu durumlarda imalatçı iddialarına karşı kurulumu yapılan EV önlemlerinin istenen performansının doğrulanmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır. |
| Yatırım Değerlendirme                  | Yatırım getirisini kanıtlamak için EV tasarrufu sonuçları Kılavuz'daki adımlar izlenerek doğrulanacaktır.   |
| Maliyet Yönetimi                       | Etkin maliyet yönetimi gerçekleştirilecektir.   |
| Gelecekteki EV Yatırımları İçin Teşvik | Bu Kılavuz uygun tasarruf hesaplama ve maliyet yönetimi yöntemleri temin ederek Türkiye'deki EV yatırımlarının artmasını sağlayacaktır.   |

Ö&D Kılavuzu'nda Türkiye'deki kamu bina ve tesisleri için Ö&D süreci, planlaması ve uygulamasına yönelik gerekli bütün bilgiler mevcuttur. Kılavuz sayesinde EVD, Ö&D terminolojisi, ilkeleri ve kuramlarına ilişkin net anlayış kazanacaktır; bu da Ö&D Kılavuzu'nun süreç aşamasına tekabül etmektedir. Bir Ö&D Planının nasıl geliştirileceğine ve tasarruf sonuçlarının nasıl raporlanacağına ilişkin ayrıntılı yöntem, adım adım bir planlama metodolojisi ile sağlanmıştır. Son olarak, Kılavuz'da Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü (UPÖDP) ve ISO 50015 ile uyumlu olan ve kamu bina ve tesislerinde enerji verimliliği önlemlerinin (EVÖ'ler) uygulanmasıyla ilgili olarak özellikle seçilmiş birkaç Ö&D örneği bulunmaktadır.

## 1.2 Türkiye’de EPS Mevzuatı

Türkiye’de Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) 15 Nisan 2021 tarihinde Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerinin Uygulanmasına İlişkin Tebliği yayınlamıştır. Tebliğin amacı, merkezi kamu kurum ve kuruluşları ve diğer kamu kurum ve kuruluşları kapsamında kamu idareleri tarafından imzalanacak enerji performans sözleşmeleri dahilinde kamu bina ve tesislerinde enerji tüketimini azaltmaktır. Ulusal EPS mevzuatı aşağıdaki hususları kapsamaktadır:

- EV etüt raporlarının hazırlanması,
- Şartname ve ihale hazırlığı,
- Tekliflerin alınması, açılması, değerlendirilmesi ve sonlandırılması,
- Net Bugünkü Değerin (NBD) hesaplanması,
- Tasarrufların ölçme ve doğrulanması,
- İhaleye teklif verenlerde aranacak teknik ve mali nitelikler,
- Taslak sözleşme, taslak şartnameler,
- EV etüt raporu ve tasarruf doğrulama raporu formatlarının belirlenmesi.

Hazırlanan mevzuat 18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (EVK) ve 20/8/2020 tarihli ve 2850 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararıyla yürürlüğe giren Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Karar üzerinde temellenmektedir.

Kamu bina ve tesisleri için enerji verimliliği etüdü yürütmenin yöntemi ulusal EPS mevzuatında açıkça ifade edilmiştir. Enerji etüdüne başlanmadan önce mevzuat ekinin EVD tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Ek tesislerden alınması gereken elzem bilgileri, seçilen hesaplama yöntemlerinin bütün ayrıntılarını ortaya koyan hesap çizelgeleri ve mevcut bütün ekipman ve tesis özelliklerine ilişkin verilerin muhafazası için hesap çizelgelerini kapsamaktadır.

Ulusal EPS mevzuatı aynı zamanda tasarrufların izlenmesi ve doğrulanmasında izlenecek yola ilişkin bilgi de temin etmektedir. Ulusal EPS mevzuatına göre, yüklenicinin bu türden faaliyetler söz konusu olduğunda taşıdığı sorumluluklar şu şekildedir:

- İzleme süreci boyunca ekipman garantisi verme,
- Tasarruf performansını izleme,
- Gerekli eğitim ve dokümantasyonu temin etme,
- Tasarruf doğrulama raporunu hazırlama ve idareye sunma,
- Tasarruf sağlamak için gerekli iyileştirmeleri zamanında yapma.

Ulusal EPS mevzuatı, IPMVP ve ISO 50015’in, bu Kılavuzda değerlendirildiği üzere, kamu tesislerinde Ö&D yürütmek için referans noktaları olması gerektiğini belirtmektedir. İhaleye teklif verecek isteklilerin, projenin teklif aşamasında Ö&D planı hazırlamaları gerekmektedir. EVÖ’lerin uygulanmasının ardından enerji tasarrufu, önerilen Ö&D planına göre yıllık olarak raporlanacaktır. Ulusal EPS mevzuatında ayrıca enerji etütlerinin nasıl yapılacağına, tarafların sorumluluklarına, ihaleye çıkma, devreye alma ve ödemelerin nasıl gerçekleştirileceğine dair başka bilgiler de bulunmaktadır. EVDler ve kamu çalışanları, kamu tesislerindeki projeler için Ö&D sürecini başlatmadan önce EPS mevzuatını ayrıntılı olarak incelemelidir

Ulusal EPS mevzuatına göre, kamu bina ve tesislerinde EPS’lerin sekiz elzem unsuru bulunmaktadır:

1. Enerji etüdü ve EVÖ’lerin tanımı,
2. Asgari 2.000.000 TL yatırım bedeli, geçerli en az iki teklif,
3. En yüksek NBD’yi veren yükleniciyle mutabakat,
4. İhale şartnamesinde uygulama döneminin tanımı,
5. Uygulama kontrol ve kabulü,

6. Raporlama dönemi,
7. Doğrulanen yıllık tasarruflar, garanti edilen tasarrufların en az %70'i kadar olmalıdır,
8. Ödemeler gerçekleşen tasarruflara bağlıdır.

### 1.3 Diğer Ö&D Kılavuzları ve Uluslararası Standartlar

Ö&D, EV iyileştirme projelerindeki enerji tasarrufunun olabilecek en iyi şekilde hesaplanmasına ilişkin bir kavramdır. Dolayısıyla, en yüksek performansa ulaşmak amacıyla hâlâ gelişmeye devam eden uluslararası tanınırlığı olan kılavuzlar ve standartlar arasında farklılıklar söz konusudur. Bilinen en yaygın Ö&D protokolü, Verimlilik Değerlendirme Kurumu (VDK) tarafından geliştirilen Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü'dür (UPÖDP). Diğer yandan, ISO 50015:2014 bir kurumun veya bileşenlerinin enerji performansının Ö&D süreci için gerekli olan genel ilkeleri ve kılavuzları temin etmektedir.

#### UPÖDP

UPÖDP, dünya çapında çok çeşitli projeler için enerji ve kaynak tasarrufuna yönelik yatırımların doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için VDK tarafından geliştirilmiştir. UPÖDP'nin çerçevesi, ticari ve endüstriyel tesisler için tasarrufların ölçülmesi, hesaplanması ve raporlanmasının yanı sıra bir Ö&D planının temel şartlarını ve konularını içerir.

Bu Ö&D Kılavuzu UPÖDP Ö&D Seçenekleri, Ö&D metodolojisi, Ö&D değerlendirmesi ve raporlama dahil olmak üzere UPÖDP'yle uyumlu birkaç prosedür ve örnek içermektedir. Aşağıdaki VDK belgeleri, kamu tesislerindeki projeler için uygun bir Ö&D süreci sağlamak için her iki tarafça dikkate alınmalıdır. Bu Kılavuz'da da söz konusu dokümanlara atıfta bulunmaktadır.

- 2012 UPÖDP, Enerji ve Su Tasarruflarının Belirlenmesi İçin Kavramlar ve Seçenekler, I. Cilt
- 2018 UPÖDP Genel Kabul Gören Ö&D İlkeleri
- 2019 VDK Varsayılan Tasarruf Bildirgesi
- 2020 Rutin Olmayan Olay ve Ayarlamalara İlişkin UPÖDP Uygulama Kılavuzu
- 2019 Üçüncü Taraf Ekipman Belgelendirmesi
- 2019 Ölçme ve Değerlendirme - Meseleler ve Örnekler
- 2019 UPÖDP – Ö&D için Belirsizlik Değerlendirmesi

#### ISO 50001 - ISO 50006 – ISO 50015 – ISO 17741

Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (ISO) geliştirdiği standartlar serisinin ilkinin (ISO 50001) kurumların enerji kullanım ve maliyetlerini azaltmalarına yardımcı olmak için yayınlamıştır. ISO 50001 enerji yönetimi iyi uygulamalarını benimsemek isteyen herkes için bir çerçeve temin etmektedir. 50006 ve 50015 gibi müteakip standartlar, 50001'in başarıyla uygulanması için referans çizgisi belirlenmesi ve ilerlemenin ölçülmesine ilişkin gerekliliklere karşılık veren çalışmalardır.

- ISO 50006:2014 Enerji yönetim sistemleri — Enerji referans çizgisi (ERÇ) ve enerji performans göstergeleri (EPG) kullanılarak enerji performans ölçümü – Genel prensipler ve kılavuzluk, ISO 50001 gerekliliklerinin nasıl yerine getirileceğine, dolayısıyla enerji performansının nasıl yönetileceğine dair pratik yönlendirmeler içermektedir.
- ISO 50015:2014 Enerji yönetim sistemleri — Kurumların enerji performansı ölçüm ve değerlendirilmesi — Genel prensipler ve kılavuzluk, Ö&D için bir dizi ilke ve kılavuz temin etmekte, bu sayede enerji performansı güvenilirliğini artırmaktadır.

Bir sistem içerisindeki bir EVÖ'nün Ö&D bakımından enerji performansının incelenmesi noktasında UPÖDP ve ISO 50001'in birkaç ortak noktası bulunmaktadır. Ancak ISO 50000 serisi ve UPÖDP arasındaki temel farklılıklar şu şekilde sıralanmaktadır:



- UPÖDP bağımsız değişken, 50006 bağımlı değişken kullanır.
- ISO 50006'da normalleştirme esas olarak gerçek enerji ölçümünün kıyaslandığı ayarlanmış referans çizgisi veya referans EPG değerini ortaya çıkarmak için referans çizgisinde yapılan rutin ayarlama anlamına gelir.
- UPÖDP'de normalleştirme normal veya uzun vadeli veri kullanımını işaret eder (ayarlanmış referans çizgisi adıyla).

Diğer yandan, ISO 17741 tadilat projeleri veya yeni projelerdeki enerji tasarrufunun ölçümü, hesaplanması ve doğrulanması için genel teknik kuralların spesifikasyonlarına ilişkin bilgi temin eder.

#### **ASHRAE Kılavuzu 14 -2002**

ASHRAE Kılavuzu 14 -2002 son derece teknik seviyede enerji ve talep tasarrufunun ölçümüne odaklanır. Bu kılavuz Ö&D'nin temel teknik ve matematiksel ayrıntılarının anlaşılması bakımından zor olabilir. Ö&D uygulayıcıları ve profesyonelleri ASHRAE Kılavuzu'nu Ö&D için nihai bir teknik kılavuz olarak kullanabilirler. ASHRAE'nin UPÖDP Opsiyon A gibi bir enerji tasarrufu hesaplaması içermediğinin, ancak UPÖDP Opsiyon A'nın uygulanabilir olduğu durumlarda zamandan ve maliyetten tasarruf ettiren bir yöntem olduğunun belirtilmesi gerekir.

#### **Ö&D Kılavuzu - Performans Temelli Sözleşmeler İçin Ölçme ve Doğrulama Versiyon 4.0 - ABD Enerji Bakanlığı Federal Enerji Yönetimi Programı (FEMP)**

Bu belge enerji tasarruflu cihazların kullanımından, su tasarrufundan, işletim ve bakım iyileştirmelerinden, yenilebilir enerjiden ve performans temelli sözleşmeler kapsamında gerçekleştirilen birleşik ısı ve güç (BIG) projelerinden doğan tasarrufların miktarının belirlenmesine yönelik prosedürler ve kılavuzlar temin etmektedir. Bu belgede performans temelli sözleşme harici yüklenicinin [bağımsız enerji verimliliği danışmanlığı (EVD) veya hizmet şirketi] müşterinin tesisinde enerji ve su tasarrufu yapan ekipman kurma, garantileme veya güvenceye almasını veya söz konusu yüklenicinin performans seviyesini ve/veya bunun sonucu olan enerji ve enerjiyle ilgili maliyet tasarrufunu ifade etmektedir. FEMP Ö&D Kılavuzu, UPÖDP ve ASHRAE ile uyumludur.

Kılavuzda UPÖDP Ö&D opsiyonları tanımlanmış ve her opsiyon için spesifik EVÖ'lere ilişkin örnekler sunulmuştur. Dört UPÖDP Ö&D opsiyonu kapsamında değerlendirilen çok sayıda EVÖ'yü temsil ettiklerinden, Ö&D sürecine başlanmadan önce bu kılavuzdaki örnekler incelenmelidir.

#### **Ö&D Kılavuzu - Enerji Tasarrufu Ölçme ve Doğrulama (Ö&D) Kullanıcı Kılavuzu - Suudi Arabistan Krallığı Hükümeti**

Bu Ö&D Kılavuzu, Suudi Enerji Verimliliği Programı (SEVP) kapsamında binalardaki EV önlemlerinin hayata geçirilmesini kolaylaştıracak politika ve programların tesis edilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Suudi Arabistan Krallığı Hükümeti'nin Ö&D Kılavuzu'na bu Kılavuz'un bazı bölümlerinde atıfta bulunmaktadır. Söz konusu kılavuz, UPÖDP ile uyumludur ve binalarda Ö&D tatbikine ilişkin kapsamlı bilgi sunmaktadır. UPÖDP opsiyonlarının her biri ayrıntılı şekilde açıklanmış, birkaç örnek verilmiştir.

## **1.4 Ö&D'ye Genel Bakış**

Ö&D daha disiplinli ve şeffaf sonuçlar temin edecek şekilde tasarlanmış bir dizi uygulamanın hayata geçirilmesi suretiyle bir tesisin planlanmış ve/veya hayata geçirilmiş enerji altyapısının veya bir tesisin belirli bir bölümünün enerji tasarrufunu tanımlamaya ve doğrulamaya yönelik bir kavram ve süreçtir. Ö&D, projeye dahil olan tesislerin gerçek enerji tasarrufunu, taleplerini ve maliyetlerini belirler. Dolayısıyla, çok benzer özellikler taşıyabilirler bile Ö&D'nin farklı tesisler veya tesisin farklı bir bölümü için ayrı ayrı yürütülmesi gerekmektedir.

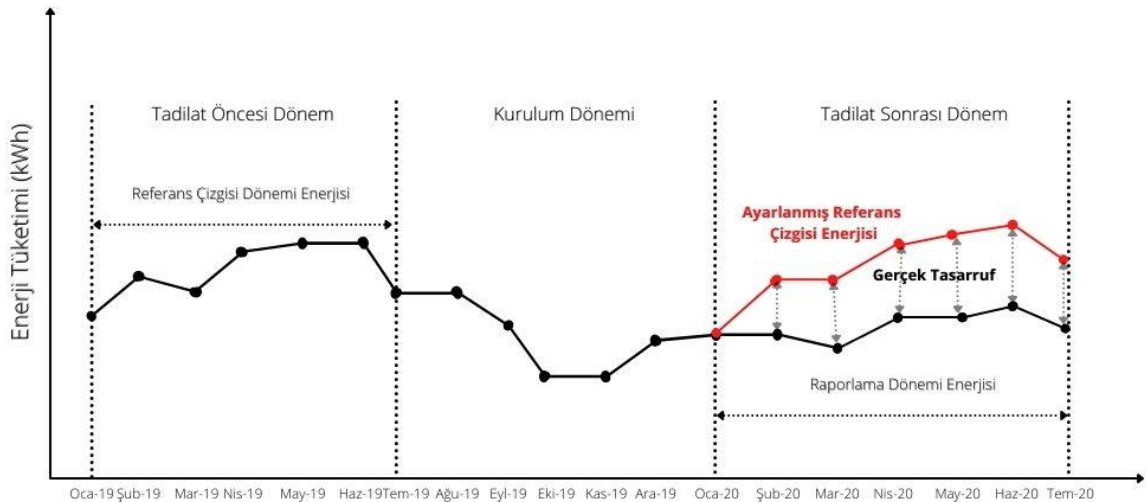
Ö&D düzgün bir şekilde uygulandığında, yüklenici ile müşteri arasındaki risk dağılımı azaltılacaktır. Enerji tasarrufu makul ölçüde azalmış belirsizlikle doğru bir şekilde hesaplanacak, hem enerji tasarrufunun izlenmesi hem de ek tasarrufların tespiti daha pratik olacaktır. Diğer taraftan, Ö&D aynı zamanda işletim ve bakımı da (İ&B) iyileştirmektedir.

Taraflar arasındaki ödemelerin belirli sonuçlara ulaşılmasında temellenen EPS'lerde Ö&D kritik rol oynamaktadır. EPS'lerdeki kavramsallaştırma genellikle ödemelerin enerji tüketimi ve/veya işletim maliyetinde garantili azalmaya bağlanması şeklindedir. Dolayısıyla, EVD'ler, müşteriler ve mali kurumlar arasında güven tesis edilmesi için Ö&D'lerin doğruluğu ve şeffaflığı önem taşımaktadır.

Geleneksel enerji tasarrufu hesaplama yöntemleri, izleme, muhasebe, analiz ve raporlama Ö&D değildir, zira Ö&D iyi tanımlanmış, disiplinli ve şeffaf uygulamalar gerektirmektedir. Geleneksel yöntemler, tesis idarecilerinin enerji yönetimi faaliyetlerinin normal bir parçası olarak hayata geçirmeleri gereken uygulamalardır. Kamu bina ve tesislerinin enerji tasarrufu projelerine yatırım yaptıklarında enerji ve maliyetten ne kadar tasarruf ettiklerini ve tasarrufun ne kadar devam edeceğini görmek isterler. Dolayısıyla, bu Ö&D Kılavuzu ihtilafın azaltılması ve proje sürecinin en uygun şekilde işleminin sağlanması amacıyla kamu bina ve tesislerindeki enerji tasarrufu projelerine destek olacaktır.

### 1.4.1 Enerji Tasarrufu Ölçümü

Enerji tasarrufu sayaçlar ve aletlerle doğrudan ölçülememektedir. Bunun yerine tasarruf, koşullardaki değişimler için gerekli ayarlamalar yapılarak EVÖ'lerin uygulanmasından önceki ve sonraki enerji talebi karşılaştırılarak ölçülebilmektedir. Aşağıdaki Şekil 1'de görüldüğü üzere, enerji tüketimi referans çizgisi döneminin, raporlama dönemindeki durum koşullarına göre ayarlanması gerekmektedir. Ardından, ayarlanmış referans çizgisi enerjisi ile raporlama dönemi enerjisi arasındaki fark, gerçek enerji tasarrufunu verecektir. Ancak mevcut veri ve sistem koşullarına bağlı olarak gerçek enerji tasarrufunu hesaplamanın raporlama dönemi enerjisini referans çizgisi dönemine ayarlamak veya hem referans çizgisi hem de raporlama dönemi enerjisini bir referans noktasına göre normalize etmek gibi başka yöntemleri de mevcuttur ve bu yöntemler bu Kılavuz'da ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. EVD'nin her enerji tasarrufu hesaplama yönteminin değerlendirmesi için UPÖDP Temel Kavramlar'ı analiz etmesi gerekmektedir.

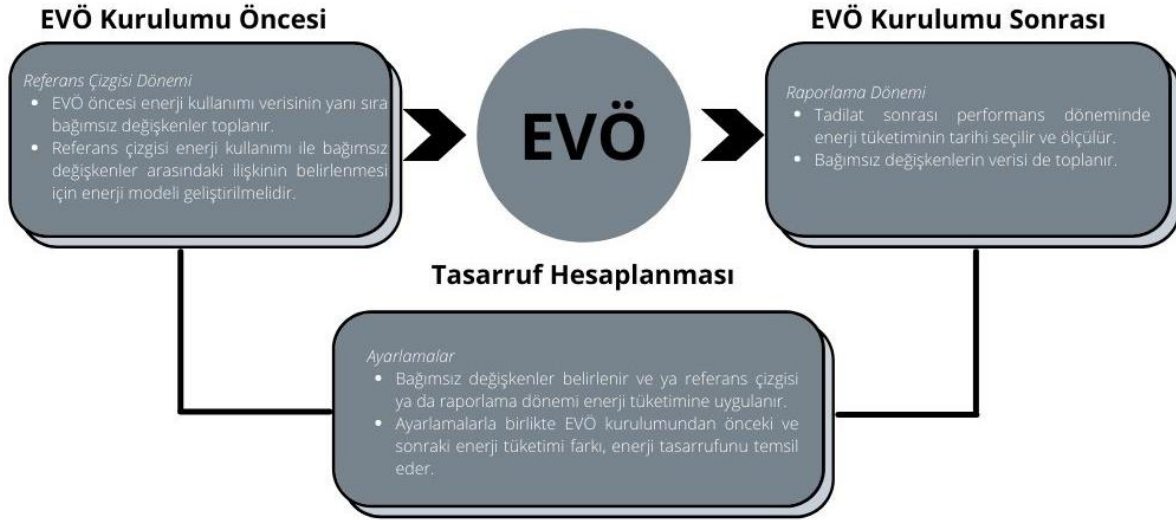


Şekil 1: Ö&D Sürecinin Gösterimi

Ayarlamalar projeden projeye farklılık göstermektedir ve gerçek enerji tasarrufu hesaplamalarının en önemli faktörlerinden biridir. Bu nedenle, en uygun ayarlamaların belirlenmesi, bir Ö&D projesinin kritik

bir aşamasıdır. Bu Kılavuz'da kamu tesisleri için tipik ayarlama türleri ve hesaplama örnekleri verilmiştir. Hava koşulları, doluluk, tesis amacında değişiklik kamu tesisleri söz konusu olduğunda sık görülen ayarlama alanlarıdır.

Aşağıdaki Şekil 2'de bir EVÖ etrafında şekillendirilmiş temel Ö&D kavramı verilmiştir.



Şekil 2: Temel Ö&D Kavramı

#### 1.4.2 Ö&D Anahtar Terimleri ve Tanımları

Bu Ö&D Kılavuzu'nda UPÖDP bağlamında anahtar Ö&D terimlerine ilişkin aşağıdaki terim ve tanımlar geçerlidir.

Tablo 2: Ö&D Anahtar Terimleri ve Tanımları

| Ö&D Terimi                                  | Tanım   |
|---|---|
| <b>Anahtar Parametre</b>                    | Analizler üzerinde önemli etkisi bulunan kritik parametre.  |
| <b>Ayarlanmış Referans Çizgisi Enerjisi</b> | Raporlama dönemi sırasındaki değişimler doğrultusunda rutin/rutin olmayan ayarlamalarla Modifiye Edilmiş Referans Çizgisi Dönemi Enerji Tüketimi.   |
| <b>Bağımsız Değişken</b>                    | Rutin olarak değişen parametrelerdir. Bağımsız değişkenlerin proje süresince değişimleri beklenir.  |
| <b>Enerji Performans Sözleşmesi</b>         | EVD ve mülk idaresi arasında imzalanan, sözleşmenin belirlenen dönemdeki enerji tasarruf performansında temellendiği anlaşma.   |
| <b>Enerji Tüketimi</b>                      | Çalışma için gereken enerji miktarı.  |
| <b>Enerji Verimliliği Önlemi (EVÖ)</b>      | Bir sistemin/tesisin enerji tüketimini azaltmaya yönelik herhangi türden potansiyel teknoloji.  |
| <b>Enerjinin Nihai Kullanımı</b>            | Enerjinin doğrudan belirli bir amaç için tüketilmesi.   |
| <b>İnteraktif Etki</b>                      | EVÖ'lerin enerji kullanımı üzerindeki doğrudan ölçülemeyen etkileri.  |
| <b>İşletimsel Doğrulama</b>                 | EVÖ'lerin doğru kurulduğunun ve işletildiğinin doğrulanması; denetimi, fonksiyonel performans testini vs. içerebilir.   |
| <b>Normalize Edilmiş Tasarruflar</b>        | Tesisin referans çizgisi döneminde ancak farklı bir dizi koşulda donatılmış ve işletiliyor olması durumunda ortaya çıkacak enerji kullanımı veya maliyetinden farklı olarak raporlama döneminde ortaya çıkan enerji kullanımı veya maliyeti düşüşü. |
| <b>Ölçme ve Doğrulama (Ö&amp;D)</b>         | Münferit bir tesiste enerji yönetimi programının tatbik edilmesinden doğan gerçek tasarrufları güvenilir şekilde tespit edebilmek için ölçüm kullanılması süreci.   |
| <b>Ölçüm Sınırı</b>                         | Sınır, ölçümlerin gerçekleştirildiği ekipman ve/veya sistem etrafında çizilir.  |
| <b>Önlenen Enerji Tüketimi ve Talebi</b>    | Enerji kullanım veya talebindeki EVÖ uygulamasından önceki ve sonraki azalma.   |
| <b>Raporlama Dönemi</b>                     | Tasarruf raporunun Ö&D planıyla uyumlu olduğu bir EVÖ uygulamasından sonraki zaman dilimi.  |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Raporlama Dönemi Enerjisi</b> | Raporlama dönemi boyunca ölçülen enerji kullanımı.   |
| <b>Referans Çizgisi</b>          | EVÖ uygulamasından önceki sistem, dönem veya enerji kullanımının referans noktası.   |
| <b>Referans Çizgisi Dönemi</b>   | EVÖ'lerin uygulanmasından önceki enerjinin ölçümü için referansı temsil eden seçilmiş dönemi işaret eder.  |
| <b>Referans Çizgisi Dönemi</b>   | Sistemin/tesisin referans çizgisi döneminde ayarlama olmadan enerji tüketimi.  |
| <b>Rutin Ayarlama</b>            | Hesaplanan değer, referans çizgisi döneminden itibaren ölçüm sınırı dahilinde bağımsız değişkenlerde gerçekleşmesi beklenen değişimlerde temellenir.   |
| <b>Rutin Olmayan Ayarlama</b>    | Sabit etkenlerdeki beklenmedik değişimlerin enerji tasarrufu tahminleri üzerindeki etkisine yönelik olarak münferit olarak tasarlanmış hesaplamalar. Rutin olmayan ayarlamalar, referans çizgisi enerjisine tatbik edildiğinde bunlara genellikle referans çizgisi ayarlaması denir. |
| <b>Sabit Etken</b>               | Tesinin, enerji tüketimine etki eden özellikleri. Bunların değişimleri beklenmez. Tesisteki bir veya daha fazla sabit etkenin değişmesi durumunda rutin olmayan ayarlamalar geçerlidir.  |
| <b>Tahmini Değer</b>             | Hesaplamalardaki birtakım parametrelere ilişkin varsayımları temsil eder.  |
| <b>Talep</b>                     | İşin yapıldığı veya enerjinin dönüştürüldüğü oranın ölçüsü.  |
| <b>Tasarruf</b>                  | Enerji tüketim veya maliyetindeki azalma.  |
| <b>Vekil Ölçüm</b>               | Sahada iki parametre arasında bir ilişki olduğu kanıtlandığında bir enerji parametresinin doğrudan ölçümünün yerine koyulan ölçülmüş parametre.  |

## 2 Temel Ö&D Yaklaşım ve Metodolojisi

Enerji tasarrufu sayaçlar ve aletlerle doğrudan ölçülemediğinden, uygun bir Ö&D planı, EV iyileştirme projelerinin ve EPS'lerin kritik bir adımıdır. Enerji tasarrufu analiz edilirken ayarlamaya tabi birkaç etkenin göz önünde bulundurulması gerekir. Bu etkenler tesisten tesise farklılık göstermekle birlikte hava koşullarını, binanın doluluğunu vs. kapsayabilirler. Bir EVÖ'nün uygulanmış olup olmamasından bağımsız olarak Ö&D planında bu etkenlerin hesaba katılmaları gerekir. Ö&D planlarının ana amaçlarından biri, tadilat öncesi ve tadilat sonrası ölçümler arasındaki farkların tespit edilmesidir. UPÖDP ve ISO 50015, Ö&D ile uyumlu olan ve sürece ilişkin çok sayıda meseleyi irdeleyen ve yanıtlayan enerji tasarrufu yöntemleri geliştirmiştir ve bu yöntemlere bu Kılavuz'da yer verilmiştir.

### 2.1 Ö&D Kavramı

Daha önce de ifade edildiği gibi, enerji tasarrufu her iki dönem arasındaki EVÖ'yle ilişkili olmayan etkenlerdeki farkların hesaba katılmasının ardından tadilat öncesi dönem ile tadilat sonrası dönem arasındaki enerji tüketimi farklarının elde edilmesiyle hesaplanabilmektedir.

Gerçek tasarrufun hesaplama kavramı aşağıdaki denklemde de kısaca özetlenmiştir.

$$Tasarruf = (Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi - Raporlama Dönemi Enerjisi) \pm Ayarlamalar$$

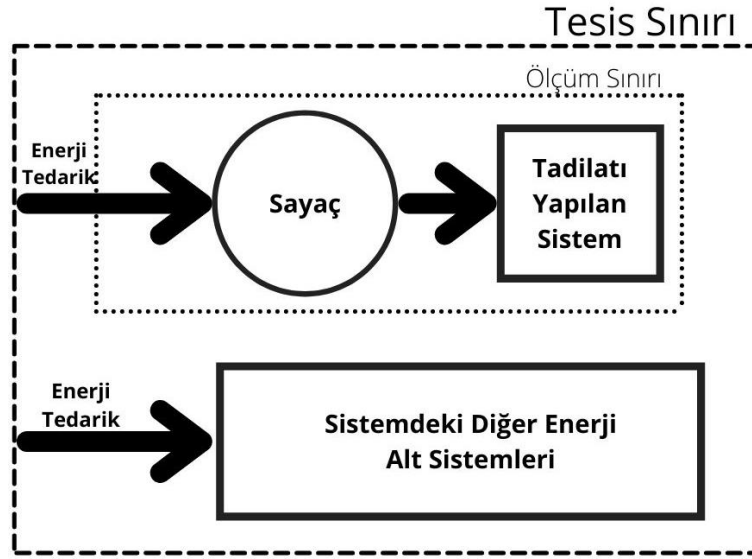
Bu denklemde referans çizgisi dönemi enerjisi, EVÖ'lerin kurulumundan önce seçilen dönem olarak tanımlanan referans çizgisi döneminde tüketilen enerjiyi temsil etmektedir. Dolayısıyla, referans çizgisi de daha sonra bir EVÖ'nün performansının kıyaslanması için referans teşkil edecek sistemleri, dönemi, enerji tüketimini veya koşulları işaret etmektedir. Raporlama dönemi ise sistemin/tesis EVÖ uygulamasından sonraki enerji tüketimini temsil etmektedir. Hem referans çizgisi hem de raporlama dönemindeki enerji tüketimlerinin tanımlanmasının ardından ayarlamaların tespit edilmesi ve gerçek tasarrufun belirlenmesi için denkleme tatbik edilmesi gerekmektedir.

Ö&D sürecinin anlaşılabilmesi için "UPÖDP" ve "Temel Kavramlar" dokümanlarında tanımlanan kavramlar gözden geçirilmelidir.

#### Ölçüm Sınırı

Ö&D'nin ölçüm sınırının, uygulanan EVÖ'nün enerji tasarrufuna yönelik olarak özenle seçilmesi gerekmektedir. Ölçüm sınırı, enerji tasarrufu hesaplamalarının gerçekleştiği alanı temsil eder. Ölçümlerin sınırı büyük oranda projenin amaçlarına bağlıdır.

Raporlamanın amacının yalnızca EVÖ'nün enerji tasarrufu performansını ortaya koymak olduğu durumlarda ölçüm sınırı EVÖ etrafında geliştirilebilir. Bu durumda EVÖ'nün enerji tasarrufunun ölçülmesi ve izlenmesi için ölçüm ve ekipman gerekliliklerinin dikkatle seçilmesi gerekir. Öte yandan, Ö&D'nin amacı tesisin enerji tedariki performansına ilişkin EV tasarruf performansı elde etmekse, ölçüm sınırı tesisin tamamı olarak seçilebilir. Ancak Ö&D'nin ölçüm sınırı seçilirken mevcut veri ve ölçüm ekipmanı kapasitesinin dikkate alınmasının önemli olduğunun belirtilmesi gerekir. Örneğin, Ö&D'nin tesisteki Isıtma, Soğutma ve Havalandırma (ISH) sisteminin yalnızca tek bir bölümünün EV'sine ilişkin olduğu hallerde bütün tesisin ölçüm verilerinin toplanması son derece maliyetli olacaktır. Bu durumda ölçüm sınırını asgariye indirmenin düşünülmesi daha pratiktir.



**Şekil 3: Ölçüm Sınırı**

Örnek olarak, bir aydınlatma tadilat projesinin ölçüm sınırının analizi şu şekilde yapılabilir:

EVÖ'nün beklenen tasarrufu tesisin elektrik enerjisi tüketimine kıyasla fazlaysa (%10'dan fazla) tesisin tamamı ölçüm sınırı olarak düşünülebilir. Bu durumda ölçüm sınırı yalnızca EVÖ'yle ilişkili ekipmana göre değil, aynı zamanda bilgisayarlar, yazıcılar ve diğer elektronik teçhizat gibi tüm tesisin ölçüm sınırı içinde kalan ekipman ve enerji tüketiminin tamamına göre tanımlanacaktır.

EVÖ'nün beklenen tasarrufunun yüksek olmadığı hallerde aydınlatmanın enerji tüketimini ölçen elektrik devresi gibi daha küçük bir ölçüm sınırı seçilmelidir.

EVÖ'yle ilişkili olmayan enerji tüketimlerini hesaba katmadığından, ikinci yaklaşımın doğruluk payı daha fazladır ve ayarlama gerektirmesi ihtimali daha düşüktür ancak elektrik aydınlatması devresinde kurulu ölçüm ekipmanı yoksa muhtemelen daha pahalıya mâl olacaktır.

Yeni bir enerji kaynağının değiştirilmesini veya kullanılmasını öngören bir proje için ölçüm sınırının bu yeni enerji kaynağını hesaba katması ve bunun ölçüldüğünden ve enerji tasarrufu hesaplamalarında kullanıldığından emin olması gerekir. Örneğin, EVÖ'nün eski bir doğalgaz kazanını yeni bir doğalgaz yoğunlaşmalı kazanı ve elektrikli ısı pompasıyla değiştirdiği bir durumda ölçüm sınırı bu yeni ekipmanın elektrik enerjisi tüketimini hesaba katmalıdır. Aksi takdirde raporlama dönemi enerji tüketimi doğru şekilde tanımlanmamış olacaktır.

Dolayısıyla, ölçüm sınırını belirleyen mutlaka EVÖ türü değil, hem projenin nitelikleri hem de ulaşılabilir olan bilgi veya enerji tüketimini belirlemek için sayaç yerleştirmenin fizibilitesidir. İlave olarak, hem referans çizgisi hem de raporlama dönemleri için ölçüm sınırıyla ilişkili olan enerji kaynaklarının göz önünde bulundurulması ve belirtilmesi daimi bir gerekliliktir, zira değişimleri halinde bunların gereğince hesaba katılmaları lazımdır.

### **Ölçüm Dönemi**

Ölçüm döneminin seçilmesi referans çizgisi döneminin ve raporlama döneminin seçilmesi şeklinde iki ana faaliyetten oluşmaktadır.

Referans çizgisi dönemi sistemin/tesis normal çalışma koşullarındaki işletim modlarını temsil etmektedir. Referans çizgisi dönemi maksimum enerji tüketiminden minimum enerji tüketimine kadar tam bir işletim döngüsünü kapsamalıdır. Referans çizgisi dönemi enerjiye etki eden sabit ve değişken durumların bulunduğu ve gerekli bütün verinin mevcut olduğu dönem göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Bu veriler aşağıdaki unsurları kapsamakla birlikte onlarla sınırlı değildir:

- Ekipman envanteri,
- Ekipman koşulları,
- Tesis doluluk takvimi,
- Etiket tarihi,
- Ekipman ve tesis işletim takvimleri,
- Anahtar enerji parametresi ölçümleri,
- Hava durumu verisi,
- Kontrol mekanizmaları.

Dönemin belirlenmesinin amacı, veriyi EVÖ uygulaması sonrasında kıyaslayarak tasarruf tahmini yapmak olduğundan, referans çizgisi döneminin düzgün tanımlanması kritik önem taşımaktadır. Bu durumda, referans çizgisi döneminin doğru seçildiğinden emin olmak için enerji faturaları kullanılabilir. Diğer yandan, EVÖ uygulamasından sonra mevcut olmayacağı için referans çizgisi verisini yeniden değerlendirmek mümkün olmayacağından, varsayımların dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir. Tesis performansının ve gerçek normal döngü uzunluğunun açıkça anlaşılabilmesi için referans çizgisi döneminin mümkün olduğunca uzun tutulması da önem taşımaktadır.

Ö&D geliştiren kişinin aynı zamanda raporlama döneminin uzunluğunu da tanımlaması gerekmektedir. Raporlama dönemi sistemin/tesis en az bir normal işletim döngüsünü kapsamlı ve normal işletim modlarındaki tasarruf etkinliğini gereğince temsil etmelidir. Bazı projeler belirlenmiş test döneminin ardından artık enerji tasarrufu raporlaması yapamazlar (ilk ölçümden bir veya daha fazla yıl sonrasına kadar). Her raporlama dönemi süresinin EVÖ'nün yaşam süresini ve ilk tasarrufun zamanla bozulması ihtimalini gereğince hesaba katması gerekmektedir.

Raporlama dönemi sürecindeki veri toplamanın tamamlanmasının ardından EVÖ'nün performansına ilişkin veri toplanması için ölçüm ekipmanı sahada bırakılabilir. Bu şekilde rutin yönetim prosedürleri ve performanstaki müteakip ters değişimlerin tespiti kolaylıkla yapılabilir.

### **Enerji Referans Çizgileri (ERÇ'ler) ve Enerji Performans Göstergeleri (EPG'ler)**

Enerji performansı iyileştirmesi, ISO 50001'in önemli bir unsurudur. Performansın değerlendirilmesi için doğru enerji referans çizgilerine ve EPG'lere ihtiyaç vardır. ISO 50006'ya göre, uygun enerji performansı yönetimine karar verirken aşağıdaki adımların dikkate alınması gerekmektedir:

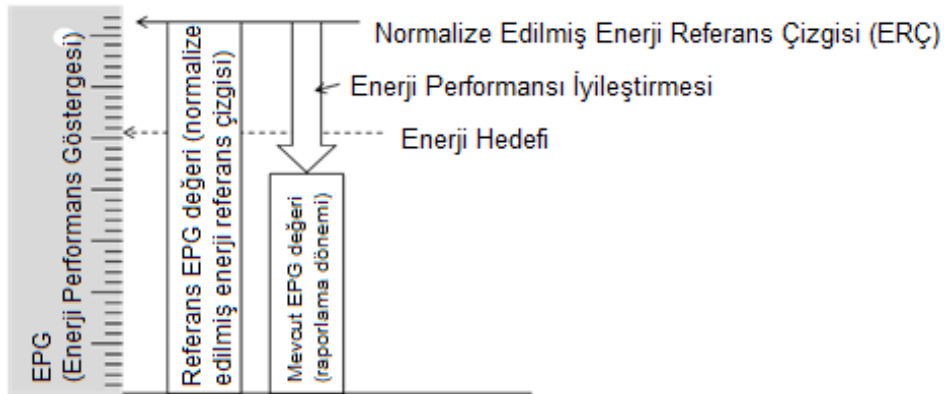
- Önceki tarihli belgelerin toplanması, örneğin enerji incelemesi gibi,
- Sınır enerji tüketiminin, sabit etkenlerin, ilgili değişkenlerin tanımlanması,
- Enerji akışlarının tanımlanması ve ölçülmesi,
- Uygun EPG'lerin ve kullanıcılarının belirlenmesi,
  - ERÇ'lerin tesis edilmesi ve güncellenmesi,
  - Enerji performansı ve iyileştirmesinin raporlanması,
- Gerekli hallerde normalize etme tekniğinin geliştirilmesi,
- Enerji referans çizgisi ve zaman diliminin tesis edilmesi.

EPG kurum tarafından tanımlandığı şekliyle enerji performansının ölçüsü veya birimidir ve belirli bir zaman dilimi boyunca EPG'nin bir noktada hesaplanmasını temsil eder. EPG'ler enerji tüketim birimi, spesifik enerji tüketimi veya EV yüzdesinin oranı şeklinde ifade edilebilirler. Herhangi bir enerji performansı iyileştirmesi faaliyetinin hayata geçirilmesinden önce koşulların nasıl olacağını

değerlendirilebilmesi için sistem veya tesisin EVÖ uygulamasından önceki enerji tüketiminin normalize edilmesi gerekir. Dolayısıyla, ERÇ, EPG değeri bölü zaman olarak tanımlanabilir. ERÇ, raporlama döneminde Enerji Performansı İyileştirme Eylemlerinin (EPIE'ler) uygulanmasından sonra referans veya referans çizgisi enerji kullanımını, etkinliğini veya tüketimini bir değerle mukayese etmek için kullanılır.

Enerji performansı iyileştirmesinin belirlenmesi için gerçek EPG değerlerine ihtiyaç vardır. EPG'ler şunlar gibi başka amaçlar doğrultusunda da kullanılabilirler:

- Tüm tesisin veya bir santralin spesifik unsurlarının anlaşılması
- Kurumun çalışanlarıyla iletişim kurulması ve onların katılımlarının sağlanması
- Kalite standartlarına uyulduğundan emin olunması (örneğin aydınlatma kalitesi)
- Önemli enerji kullanımlarının (ÖEK'lerin) yönetilmesi ve kontrolü (tamir gerekip gerekmediğinin anlaşılması)



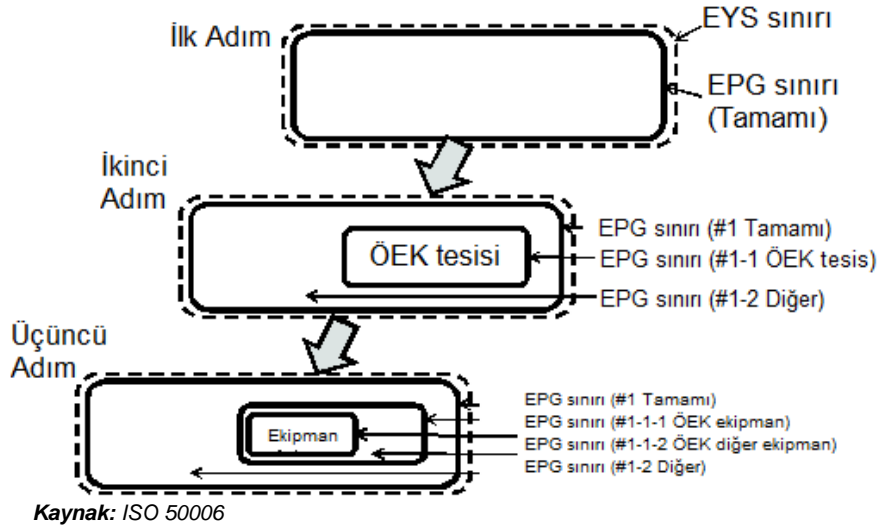
Şekil 4: ERÇ ve EPG

EPG sınırının belirlenmesinde EVD şu unsurları dikkate almalıdır:

- Enerji yönetimine ilişkin kurumsal sorumluluklar ve enerji tüketimiyle ilgili kontrol ve yetkiler (faturaları kimin ödediği),
- ÖEK'nin boyutu ve etkisi,
- Yönetilmesi gereken herhangi bir spesifik ekipman veya sistem (söz gelimi hem enerji izleme hem de işletimsel ve bakımsal nedenlerle),
- EPG kullanıcıları ve ihtiyaçları,
- İnteraktif veya dolaylı etkiler gibi EPG sınırı üzerindeki herhangi bir etki,
- Hesaba katılacak başka bir sınır olması halinde ISO 50001'in (EYS) uygulanması,
- Enerji tüketimi, ilgili değişkenler ve sabit etkenlerle ilgili mevcut veriler.

İlk adım olarak EPG sınırının bütün kurumsal sınırla başlaması gerekir. İyileştirme gerektiren ve etkin olmayan süreç, enerji incelemesinde tespit edilmiş olacaktır. Sonraki adım sistem sınırı, ardından da süreç veya ekipman sınırındır.





**Şekil 5: EYS ve EPG Sınırı**

EPG'ler kurumlar tarafından enerji performansının izlenmesi, ölçülmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesinin yanı sıra enerji performansı iyileştirmesinin gösterilmesinin değerlendirilmesi ve mümkün kılınması için kullanılır. EPG'lerin enerji performansını gereğince temsil etmelerini sağlamak, kurumların liderliğinin sorumluluğundadır.

Kurumun tanımladığı şekliyle EYS'lerin diğer kısımlarını izlemek için pek çok farklı türde gösterge kullanılmaktadır (örneğin ÖEK'lerin kontrolü, çalışanların enerji farkındalığının artırılması, ekipman veya süreçlerin karşılaştırılması). Ancak enerji performansını gereğince izleyememe veya enerji performansı iyileştirme ölçülerini gereğince temsil edememe ihtimalleri bulunduğundan, bu göstergelerin tatbikinde özenli olunmalıdır.

ISO 50001 9.1.1 a) 2) kurumun EPG'yi izlemesini ve ölçmesini gerektirmektedir. Bu da enerji tüketiminin veya EV'nin izlenmesi ve ölçülmesi anlamına gelmektedir. ISO 50001 9.1.1 a) 4) kurumun beklenen enerji tüketimini gerçek enerji tüketimiyle kıyaslamasını gerektirmektedir. Bu da yalnızca enerji tüketiminin izlenmesi ve ölçülmesi anlamına gelmektedir. EPG olarak enerji tüketim birimlerinin kullanılması, her iki gerekliliği de yerine getirmenin en basit yaklaşımıdır.

Tipik EPG'ler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Basit metrik,
- Oran,
- İstatistiksel modeller,
- Mühendislik simülasyonları.

### **Ayarlamalar (Normalizasyon)**

Enerji tasarrufunun doğru hesaplanması için referans çizgisi döneminin enerji tüketimi ile raporlama döneminin enerji tüketiminin benzer ve kıyaslanabilir koşullarda ölçülmesi gerekir. Ayarlamalar ölçüm sınırı dahilindeki ekipmanın enerjiye etki eden niteliklerine ilişkin belirlenebilir fiziksel saptamaların dikkate alınmasını mümkün kılar. Ayarlamalar negatif veya pozitif olabilir ki bunun anlamı ayarlamaların enerji tasarrufunu azaltabileceği veya artırabileceğidir.

Ayarlamaları enerji tasarrufu hesaplamalarına dahil etmenin en yaygın yöntemi, referans çizgisi verisini, raporlama dönemi verisiyle aynı koşullar kümesini yansıtacak şekilde değiştirmektir. Ancak tasarrufun

referans çizgisi dönemi koşullarına göre mi yoksa başka bir sabit koşullar kümesine göre normalize edilmiş olarak mı raporlanacağına bağlı olarak başka türden tasarruf hesaplamaları mevcuttur.

#### *Rutin Ayarlamalar:*

Farklı EVÖ'ler için raporlama dönemi boyunca enerjiye etki eden rutin olarak değişmesi beklenen etkenler (bağımsız değişkenler) söz konusu olacaktır.

Hava koşullarından (ISH, bina cephesi iyileştirmeleri vs.) etkilenen bir EVÖ için genellikle kullanılan bağımsız değişkenler dış sıcaklık, ısıtma gün derecesi (IGD) veya soğutma gün derecesidir (SGD). Bu değişkenlerin doğrudan sahada ölçümleri zor olduğundan, çoğu durumda meteorolojik veritabanları kullanılmaktadır. NASA uydu verileri veya yer istasyonları gibi bu amaç doğrultusunda kullanılabilecek farklı bilgi kaynakları mevcuttur.

Hava koşullarından etkilenmeyen EVÖ'ler için bağımsız değişkenlerin tespit edilmeleri gerekir ve bunlar genellikle bir devlet hastanesinin doluluk oranı veya bir soğuk su projesi için soğutma sistemi ikamesi için suyun hacmi gibi başka amaçlarla ölçülen işletimsel değişkenlerdir.

Bir rutin ayarlamayı doğru şekilde değerlendirebilmek için enerji tüketimi ile birden fazla bağımsız değişken arasındaki korelasyonun genellikle lineer regresyon kullanılarak istatistiki olarak doğrulanması gerekir. UPÖDP rutin ayarlamaları değerlendirmede kullanılacak denklemleri ve istatistiki göstergeleri belirtse de ve bunların bir hesap tablosunda geliştirilmeleri mümkün olsa da bilgiyi güvenilir şekilde işlemek için yazılım kullanılması tavsiye edilir. UPÖDP tabanlı çok kapsamlı bir istatistiksel modülü bulunan RETScreen Expert gibi, bu doğrulamayı sağlayan istatistiki ve sürdürülebilir enerji yazılımları mevcuttur.

#### *Rutin Olmayan Ayarlamalar:*

Enerjiye etki eden ve genellikle değişmesi etkenler faktörler (sabit etkenler) söz konusu olduğunda, bunların raporlama dönemi boyunca herhangi bir değişiklik olup olmadığının takip edilmesi için izlenmeleri gerekir.

Projeye ilişkili olan ve ölçüm sınırına etki edebilecek sabit etkenlerden mümkün olduğunca fazlasının projenin başlangıcında tespit edilmesi önemlidir. Projede dikkate alınacak ve izlenecek sabit etkenlerin belirlenmesi için bir fayda maliyet analizi yapılabilir. Bir sabit etkeni tanımlamak ve aynı zamanda fark etmek için ona ilişkin sayısal bilgi gerekir. Böylece, sabit etkenin referans çizgisi dönemindeki değeri tespit edilecek ve raporlama dönemindeki değeriyle kıyaslanacaktır. Bu değerlerin aynı olmaması halinde enerji tasarrufu hesaplaması için rutin olmayan ayarlama yapılmasının düşünülmesi gerekir.

Rutin olmayan ayarlama hesaplamaları genellikle her durum ve her sabit etken için spesifik hesapları göz önünde bulundurur. Kamuya ait tesisler için yaygın olan sabit etkenler ısıtılacak veya soğutulacak alan (m<sup>2</sup> veya m<sup>3</sup>), bina cephesi özellikleri (EVÖ'ye dahil değilse), bina kullanıcı ekipmanı (örneğin bilgisayar sayısı), iç mekan ortam standardı (sıcaklık veya havalandırma oranı) ve doluluktur (%).

İki tür ayarlama göz önünde bulundurulduğunda, enerji tasarrufu denkleminin şu şekilde değiştirilmesi mümkündür:

$$Tasarruf = (Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi - Raporlama Dönemi Enerjisi) \pm Rutin Ayarlamalar \pm Rutin Olmayan Ayarlamalar$$

Rutin olmayan ayarlamalarla ilgili daha fazla bilgi için "Rutin Olmayan Ayarlamalar İçin UPÖDP Uygulama Kılavuzu" incelenebilir.

#### **Belirsizlik**

Tahmin edilen, hesaplanan ve ölçülen her değerde bir dereceye kadar belirsizlik mevcuttur. Ö&D'nin ana unsurlarından biri, raporlanan sonuçların doğruluğu ile sonuçların doğruluğunun belirsizlik

seviyesine bağılı olduğu maliyet arasında denge kurmaktır. Belirsizlik, ölçümler ve analizlerdeki hatalar sınırlandırılarak azaltılabilir.

Belirsizliklerin Ö&D'de raporlanması, daha anlamlı bir tasarruf bilançosu ortaya koyulmasını sağlar. Belirsizlik hesaplamalarının dört ana unsuru bulunur: Ölçüm, örnekleme, tahmin, modelleme. Projenin toplam belirsizliği unsurların münferit standart hatalarının karelerinin toplamının karekökü alınarak hesaplanır:

$$SE_{Proje} = \sqrt{(SE_{Ölçüm})^2 + (SE_{Örnekleme})^2 + (SE_{Tahmin})^2 + (SE_{Modelleme})^2}$$

Ölçüm ekipmanlarının her zaman ölçüm belirsizliğine neden olan sapmaları söz konusudur. Ölçüm ekipmanının spesifik nitelikleri, doğruluk oranını belirler. Kalibrasyon eksikliği veya uygunsuz işletim koşulları nedeniyle ölçümlerde başka hatalar da ortaya çıkabilir. Hem referans çizgisi hem de raporlama dönemleri için kullanılacak ölçüm ekipmanının kalibre edilmiş olması ve asgari doğruluk gerekliliklerine uygun olması gerekmektedir. Ölçüm hatalarını azaltmak için aşağıdaki ipuçları takip edilmelidir:

- Ölçüm ekipmanı için gereken doğruluk oranının belirlenmesi ve talep edilmesi.
- Ölçüm ekipmanının yakın zamanda kalibre edildiğinden emin olunması.
- Periyodik kontroller ve yedek prosedürler dahil olmak üzere veri yönetim stratejilerinin belirlenmesi.
- Ekipmanın imalatçı talimatlarına göre doğru kurulduğundan emin olunması.

Ölçümler etkilenen ekipmanın bir örneğinden alındığında ve sonuçlara göre ekipmanının tamamına göre dış değer hesabı yapıldığında örnekleme hataları ortaya çıkabilir. Örnekleme belirsizliği örneklem sonuçlarının standart sapmasından hesaplanır. Standart sapmanın büyük olduğu durumlarda belirsizlik de büyüktür. Örnekleme hatası aşağıdaki ipuçlarıyla azaltılabilir:

- Ekipman performansı veya işletim özellikleri benzerlikleri temelinde türdeş kullanım gruplarının atanması.
- UPÖDP'nin İstatistik ve Belirsizlik cildinde tanımlandığı şekliyle istatistiksel örnekleme stratejilerinin kullanılması.
- En az %80 güvenilirlik seviyesi ve %20 kesinlik oranına sahip örneklem büyüklüklerinin kullanılması.
- Hesaplamalardan değişim katsayısının ( $C_v$ ) hesaplanmasıyla ölçülen verinin istatistiksel gerekliliklere uygun olduğundan emin olunması.
- Özellikle değişim barındırdığı bilinen evrenler söz konusu olduğunda genellikle 0,5'ten büyük yüksek  $C_v$  kullanılarak orijinal örneklem büyüklüğü seçiminde ölçülü bir yaklaşım benimsenmesi. Bu sayede ilk örneklem büyüklüğü artacak ama yetersiz örneklem riski azalacaktır.

Ö&D'deki enerji tasarrufu hesaplamaları bazen birkaç tahmini kapsar. Tahmin doğası gereği hesaplamalara yüksek belirsizlik katabilir. Tahminlerdeki hata payını azaltmak için:

- Özellikle proje tasarrufuna yüksek yüzdede katkıda bulunan parametreler için mümkün olan durumlarda ölçülmüş değerler kullanın.
- Performansı belirlemek için imalatçının orijinal spesifikasyonlarını veya endüstride kabul gören performans eğrilerini kullanın.
- Hesaplamaları yapmak için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün meteorolojik yıl hava verilerini kullanın.
- Tesis sakinlerinin davranışlarına ilişkin gözlemleri ve tesis işletim ve bakım kayıtlarını kullanın.
- Göz kararı hesaplamalara, özel yazılım/algoritmalara, işletim parametresi tahminlerine veya başka tesislerden verilere başvurmayın.

Tasarruf mühendislik veya simülasyon modelleri kullanılarak tahmin edildiğinde modelleme belirsizliği söz konusu olur. Her modelin doğruluğu, modelin ilgili bütün değişkenleri katıp ilgili olmayanları dışarıda bırakarak uygun analiz teknikleri kullanarak enerji tüketimindeki bütün değişimleri açıklama becerisinde temellenir.

Ö&D sürecinin bir parçası olarak belirsizlik analizine başlamadan önce EVD'nin, UPÖDP'nin "UPÖDP Uygulaması İçin Belirsizlik Değerlendirmesi Kılavuzu" başlıklı ilgili dokümanının incelemesi gerekir.

## 2.2 Ö&D Metodolojisi

Genel enerji tasarrufu hesaplama yöntemi, gerekli ayarlamaları da hesaba katarak referans çizgisi ve raporlama dönemlerinde ölçülen enerji tüketimi arasındaki farklı tanımlamak olduğundan, UPÖDP'ye göre tasarrufu belirlemenin üç ana yolu mevcuttur. Tasarruf, Önlenebilir Enerji Tüketimi, Normalize Edilmiş Tasarruflar ve Bitişik Ölçüm Dönemleri yöntemleriyle hesaplanabilir.

### **Önlenebilir Enerji Tüketimi Yöntemi**

Tasarrufun raporlama döneminde raporlanması durumunda bu tasarruflar önlenebilir enerji tüketimi olarak tanımlanabilir. Bu enerji tasarrufu hesaplaması yönteminde başlıca amaç, enerji tasarrufunu temsil eden önlenebilir enerji tüketimi miktarının belirlenmesidir. Referans çizgisi ve raporlama dönemleri arasındaki enerji tüketiminin bir karşılaştırmasının yapılması için referans çizgisi tüketim verisinin bu türden ayarlamalar tatbik edilmesi suretiyle raporlama dönemi koşullarına ayarlanması gerekir. Bu veri EVÖ hiç uygulanmamış olsaydı raporlama dönemi koşulları boyunca tüketilecek enerji miktarını temsil edecektir.

Önlenebilir enerji tüketimi denklemi aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned} \text{Önlenebilir Enerji Tüketimi} &= (\text{Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi} \\ &\pm \text{Raporlama Dönemi Koşullarında Rutin Ayarlamalar} \\ &\pm \text{Raporlama Dönemi Koşullarında Rutin Olmayan Ayarlamalar}) \\ &- \text{Raporlama Dönemi Enerjisi} \end{aligned}$$

Bu denklem şu şekilde basitleştirilebilir:

$$\begin{aligned} \text{Önlenebilir Enerji Tüketimi} &= (\text{Ayarlanmış Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi} - \text{Raporlama Dönemi Enerjisi}) \\ &\pm \text{Raporlama Dönemi Koşullarında Rutin Olmayan Düzenlemeler} \end{aligned}$$

Raporlama dönemi verisinin referans çizgisi koşullarına uyarlandığı durumlarda bu tasarruf hesaplama yöntemi tersine de çevrilebilir. Raporlama dönemi verisinin daha fazla olduğu bu türden durumlarda bu modelin geliştirilmesi daha pratik olacaktır. Geriye doğru tahmin denklemi şu şekilde geliştirilebilir:

$$\begin{aligned} \text{Önlenebilir Enerji Tüketimi} &= (\text{Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi} - \text{Raporlama Dönemi Enerjisi}) \pm \\ &\text{Referans Çizgisi Dönemi Koşullarında Rutin Ayarlamalar} \pm \\ &\text{Referans Çizgisi Dönemi Koşullarında Rutin Olmayan Ayarlamalar} \end{aligned}$$

### Örnek:

Bir binanın mevcut aydınlatma armatürleri hareket temelli varlık sensörleriyle değiştirilecektir. Binada tahmini olarak 100 Watt'lık güç çeken 50 adet armatür mevcuttur. Referans çizgisi çalışma saatleri haftada 60 saat olarak tahmin edilmiştir.

*Referans Çizgisi Enerji Tüketimi (kWh) =*

$$\begin{aligned} & \text{Armatür sayısı} \times \text{armatür başına güç çekişi (W)} \times \text{çalışma saatleri (saat)} \div 1000 \left( \frac{W}{kW} \right) \\ & = 50 \times 100 \times 60 \div 1000 = \mathbf{300 kWh} \end{aligned}$$

Yeni sistem armatür sayılarını sabit tutacak ancak çalışma saatlerini %30 oranında düşürecektir. Dolayısıyla, raporlama dönemi enerji tüketimi şöyle olacaktır:

$$\text{Raporlama Dönemi Enerji Tüketimi (kWh)} = 50 \times 100 \times 60 \times 0.70 \div 1000 = \mathbf{210 kWh}$$

O halde, enerji tasarrufu **90 kWh** olarak tahmin edilmektedir.

### Normalize Edilmiş Tasarruflar

Raporlama dönemi verisinin referans çizgisi dönemi verisine veya referans çizgisi dönemi verisinin raporlama dönemi verisine ayarlanmasından ziyade, verinin tamamı ortalama veya normal bir koşullar kümesine ayarlanabilir.

Bu yöntemde mevcut enerji tüketim verisi, tanımlanmış yaygın, sabit veya normal koşullar dizisine ayarlanır. Seçilen normal koşullar dizisi referans çizgisi döneminde, raporlama döneminde veya gerekli bütün bilgilerin/verilerin mevcut olduğu yılın başka herhangi bir döneminde olabilir.

Normalize edilmiş tasarruflar denklemi şu şekilde kurulabilir:

$$\begin{aligned} & \text{Normalize Edilmiş Tasarruflar} \\ & = (\text{Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi} \pm \text{Sabit Koşullarda Rutin Ayarlamalar} \\ & \pm \text{Sabit Koşullarda Rutin Olmayan Ayarlamalar}) - (\text{Raporlama Dönemi Enerjisi} \\ & \pm \text{Sabit Koşullarda Rutin Ayarlamalar} \\ & \pm \text{Sabit Koşullarda Rutin Olmayan Ayarlamalar}) \end{aligned}$$

### Bitişik Ölçüm Dönemleri

Başlatma/durdurma test yöntemleri olarak da bilinen bitişik ölçüm dönemleri yöntemleri yalnızca EVÖ'nün tesisin tamamının işletimine etkisi olmadığı durumlarda başlatılıp durdurulabildiği hallerde kullanılabilir. Referans çizgisi dönemi EVÖ'nün durdurulduğu dönem olacaktır. Bu nedenle, aynı işletim koşulları seçilebiliyorsa bu yöntem herhangi bir ayarlama gerektirmeyecektir. İki bitişik ölçüm dönemi arasındaki enerji tüketimi farkı, EVÖ'nün sağladığı enerji tasarrufunu temsil eder.

Ancak normal tesis işletimlerinin bütün tayfını kapsayan bir bitişik dönem seçilmelidir. Yöntem farklı hava koşulları veya tesis doluluğu gibi farklı işletim modlarında tekrarlanmalıdır.

Bitişik ölçüm dönemleri denklemi şu şekilde kurulabilir:

$$\text{Tasarruf} = (\text{Referans Dönemi Tüketimi veya Talebi} - \text{Raporlama Dönemi Tüketimi veya Talebi})$$

## 2.3 İşletimsel Doğrulama

İşletimsel doğrulama Ö&D sürecinin en önemli unsurlarından biridir ve tatbik edilen EVÖ'nün çalıştığından ve garanti edilen tasarrufu sağladığından emin olunması için kurulum sonrası tasarruf

doğrulama faaliyetinin bir parçası olarak gerçekleştirilmelidir. EVÖ'nün işletimsel doğrulamasının düzgün koordinasyonu ve planlaması sayesinde yeniden devreye alma, tekrarlanan devreye alma, izleme temelli devreye alma vs. gibi süregelen devreye alma faaliyetlerine de destek olunabilir.

İşletimsel doğrulama faaliyetlerinin takvimine projenin Ö&D planında yer verilmelidir. Bu süreç potansiyel tasarrufların değerlendirilmesi veya zaman içerisinde performansın doğrulanması için düşük maliyetli bir ilk adım olarak görülebilir. UPÖDP'ye göre dört temel işletimsel doğrulama yöntemi mevcuttur:

- Görsel tespit,
- Örnek nokta ölçümleri,
- Kısa vadeli performans testleri,
- Veri eğilimleri ve kontrol mantığı incelemesi.

En uygun işletimsel doğrulama yönteminin seçimi aşağıdaki etkenlere bağlı olmakla birlikte onlarla sınırlı değildir:

- EVÖ'nün niteliği,
- Kabul edilebilir belirsizlik seviyesi,
- Risk altındaki tasarrufun büyüklüğü.

**Tablo 3: İşletimsel Doğrulama Yaklaşımları**

| Yaklaşım                                      | Tipik EVÖ Uygulaması  | Faaliyetler   |
|---|---|---|
| Görsel Tespit                                 | EVÖ düzgün kurulduğunda beklendiği gibi işleyecektir. EVÖ performansının doğrudan ölçümü mümkün değildir.   | EVÖ'nün fiziksel kurulumunun incelenmesi ve doğrulanması (örneğin pencereler, yalıtım, pasif cihazlar).   |
| Örnek Nokta Ölçümleri                         | Elde edilen EVÖ performansı kurulum detayları veya bileşen yüküne bağlı olarak sunulan verilerden farklılık gösterebilir.   | EVÖ kurulumlarının temsili bir örneği için tek veya birden fazla anahtar parametre ölçümü.  |
| Kısa Vadeli Performans Testleri               | EVÖ performansı gerçek yük, kontroller veya bileşenlerin birlikte çalışabilirliğine bağlı olarak değişebilir.   | İşlevsellik ve düzgün kontrol testleri. Anahtar parametrelerin ölçümü. İşletimleri tam kapsamlı olarak karakterize etmek için bileşeni tüm çalışma şekilleri üzerinden yansıtmak adına tasarlanan testler yapmayı veya yeterli bir süre boyunca performans verilerinin toplanmasını içerebilir. |
| Veri Eğilimleri ve Kontrol Mantığı İncelemesi | EVÖ performansı gerçek yük ve kontrollere bağlı olarak değişim gösterebilir. Bileşen veya sistem, Bina Otomasyon Sistemi (BOS) üzerinden izlenebilir ve kontrol edilebilir veya bağımsız sayaçlar aracılığıyla izlenebilir. | Eğilimlerin belirlenmesi ve verilerin veya kontrol mantığının gözden geçirilmesi. Performansın kapsamlı olarak tespit edilmesi için gereken süreye bağlı olarak ölçüm dönemi birkaç günden birkaç haftaya kadar sürebilmektedir.  |

*Kaynak: Verimlilik Değerlendirme Kurumu, Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü: Enerji ve Su Tasarruflarının Belirlenmesi İçin Kavramlar ve Seçenekler, 1. Cilt, VDK – 1:2012, Ocak 2012.*

## 2.4 UPÖDP Ö&D Opsiyonları

Temel enerji tasarruf tahmini, referans çizgisi ve raporlama dönemlerinin enerji tüketimi/talebi arasındaki farkın elde edilmesiyle gayet basit şekilde yapılabilir. Ancak tasarruf belirleme yaklaşımına etki eden birkaç etken söz konusudur. Bu etkenler projeye göre değişkenlik gösterebilir ancak basitçe şu şekilde sıralanabilirler:

- EVÖ'nün ölçüm sınırı,
- EVÖ sayısı,
- EVÖ'nün karmaşıklığı ve teknoloji seviyesi,
- Tasarrufların garantili olup olmaması,

- EVÖ'nün performansının ölçüldüğü raporlama döneminin uzunluğu,
- Kullanılacak sayaçların türü ve teknolojisi,
- Ölçülen raporlama dönemi verisinin doğrulaması ve kalibrasyonu,
- EVÖ'nün olmadığı durumlara ilişkin verinin mevcudiyeti,
- Potansiyel rutin olmayan ayarlamaların mevcudiyeti,
- İstenen Ö&D maliyeti ve mevcut bütçe.

Enerji tasarrufu tespiti yöntemleri yukarıda sıralanan etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu durumda, en uygun Ö&D opsiyonunun söz konusu etkenler göz önüne alındıktan sonra seçilmesi gerekir. UPÖDP'nin geliştirdiği dört jenerik Ö&D opsiyonu mevcuttur: Opsiyon A, B, C ve D. Ö&D opsiyonlarının hepsinde EVÖ uygulamasından önce ve sonra hesaplanan enerji tüketimini kıyaslamak suretiyle aynı enerji tasarrufu tahmini yaklaşımı benimsenmiştir. Her Ö&D opsiyonu enerji tüketimi, talebi ve diğer EVÖ'lere ilişkin verilerin veya EVÖ'yle ilişkili olmayan verilerin mevcut olmasını gerektirir. Ancak seçilen Ö&D opsiyonuna bağlı olarak enerji tasarrufu hesaplaması yöntemi değişim gösterir.

Ö&D opsiyonlarının ayrıntıları VDK tarafından yayınlanan "UPÖDP Protokolü" ve "Temel Kavramlar" dokümanlarında açıklanmıştır. "UPÖDP Genel Olarak Kabul Gören Ö&D İlkeleri" dokümanının 5. Bölümünde farklı ölçme ve doğrulama uygulama örnekleri sunulmuştur.

Ö&D opsiyonları iki ana kategoriye ayrılır: Kısmi tadilat ve tüm tesis. Kategoriler Ö&D'nin ölçüm sınırına göre isimlendirilirler. Kısmi tadilat yöntemi tüm tesisten ziyade sistemin/tesisnin yalnızca tek bir kısmını değerlendirmeye alır. Tüm tesis yöntemi ise tüm tesisin veya her daim mevcut olan bina sayaç veya alt sayaç verisinin, basit karşılaştırmadan regresyon analizine kadar uzanan teknikler kullanılarak analiz edilmesidir. Bu iki Ö&D opsiyonu kategorisi doğrultusunda, Opsiyon A ve B kısmi tadilat yöntemleri, Opsiyon C ve D tüm tesis yöntemleridir. Aşağıda verilen Tablo 4'te dört Ö&D opsiyonuna genel bir bakış sunulmuştur.

**Tablo 4: UPÖDP Ö&D Opsiyonlarına Genel Bakış**

| Ö&D Opsiyonu  | Açıklama   | Ölçüm ve Tasarruf Tespiti   | Kamu Bina ve Tesislerinde Yaygın Kullanım Şekli   |
|---|--|---|---|
| <b>Opsiyon A</b><br>Kısmi Tadilat / Anahtar Parametre Ölçümü  | Tasarruflar, tasarruf hesaplaması üzerinde en büyük etkiye sahip olan ekipmanın enerji performansı ölçülerek belirlenir.   | Ölçümler kısa vadeli, periyodik veya süreklidir ve hem referans çizgisi hem raporlama dönemlerinde tek bir bileşeni veya sistem seviyesini kapsarlar. Uygulanan EVÖ'nün enerji kullanımını tanımlayan anahtar performans parametrelerinin dahil edilmeleri gerekir. Tahmini verinin belgelendirilmesi ve geriye dönük veri veya imalatçı verisiyle desteklenmesi gerekir. Rutin ve rutin olmayan ayarlamalar belirlenmelidir. Hem referans çizgisi hem raporlama dönemlerinde aynı ölçüm parametresinin kullanılması gerekir. | En iyi enerji performansının tek bir EVÖ'yle ilişkili olduğu durumlarda uygulanır. Örneğin, Opsiyon A'da güç girişinin anahtar parametre olarak tanımlandığı ve mesai saatlerinin mevcut veriye dayanarak tahmin edildiği durumlarda aydınlatma armatür tadilatlarının enerji tasarrufu hesaplamaları dikkate alınabilir. |
| <b>Opsiyon B</b><br>Kısmi Tadilat / Tüm Parametrelerin Ölçümü | Tasarruf bütün enerji miktarlarının ve/veya ölçüm sınırı dahilinde enerji tasarrufunun hesaplanması için gereken tüm parametrelerin enerji performansının ölçülmesiyle belirlenir. | Referans çizgisi ve raporlama dönemlerinde kısa vadeli, periyodik veya sürekli ölçümleri kapsayan ölçümler, Opsiyon A'dakilerle benzerlik gösterir. Rutin ve rutin olmayan ayarlamalar belirlenmelidir. Gerekli verinin çoğu ölçüldüğü için tasarruf hesaplamaları daha az tahmin gerektirir. Opsiyon A'ya kıyasla daha fazla kesinlik sunar.   | En iyi gerekli bütün sayaçların hem referans çizgisi hem raporlama dönemlerinde ölçüm sınırı dahilinde sahada kalabildikleri durumlarda uygulanır.  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  |  | Değişken hız sürücüsü kurulumu bu opsiyona bir örnektir. Sayaç motorun enerji girişine takılır ve gerekli bütün veriyi toplar. EVÖ kurulumunun ardından sayaç raporlama dönemi boyunca yerinde kalır.  |
| <b>Opsiyon C – Tüm Tesis Ölçümü</b>                       | Tasarruf, referans çizgisi ve raporlama dönemlerinde tüm tesisteki veya alt tesis seviyesindeki enerji tüketiminin ölçülmesiyle belirlenir.                                      | Ölçümler referans çizgisi ve raporlama dönemleri boyunca tüm tesis seviyesinde süreklidir.<br>Enerji tüketimi ile hava şartları ve doluluk gibi bağımsız değişkenler arasında korelasyon kurmak için regresyon analizi yapılır.<br>Bu opsiyon tesisteki bütün ölçüm ekipmanının tam envanterinin çıkarılmasını gerektirdiğinden (ekipman kullanım örüntüleri, tesis doluluğu vs.) bazı kamu bina ve tesislerinde uygulanması zor olabilir.<br>Bu opsiyon sayaç okumalarına dahil olan ekipmanın sınırlı olduğu veya izlendiği durumlarda kısa süreliğine daha uygun olabilir.                          | 12 aylık dönem için doğal gaz faturası verilerinin mevcut olduğu bir tesisteki gaz kazanının değiştirilmesi, pratik bir Opsiyon C örneğidir.   |
| <b>Opsiyon D – Kalibre Edilmiş Bilgisayar Simülasyonu</b> | Tasarruf saatlik veya aylık enerji faturası verisiyle kalibre edilmiş enerji tüketimi simülasyonu veya tüm tesis veya alt tesis seviyesinde nihai kullanım ölçümüyle belirlenir. | EVÖ'lerin enerji tasarrufunu hesaplamak için kalibre edilmiş bilgisayar simülasyonları kullanılır.<br>Sistemin tamamı simüle edildiğinden, aşırı sayıda ölçüm gerektirebilir. Ölçüm gereklilikleri Opsiyon C'dekilerle benzerlik gösterse de Opsiyon D aynı zamanda tesis özelliklerinin verilerinin toplanmasını ve referans çizgisi ve raporlama dönemi enerji tüketimlerinin modellenmesi için bağımsız değişkenleri gerektirir.<br>Bilgisayar yazılımının dikkatle kalibre edilmesi gerekir. Yazılımın geliştirilmesi ve kalibrasyonu ile ilgilenmek üzere deneyimli bir teknik ekip kurulmalıdır. | En iyi kullanım alanı yeni binalarda söz konusu olduğu gibi referans çizgisi verisinin veya raporlama verisinin mevcut olmadığı veya ölçülemeyeceği durumlar ve sahada birden fazla EVÖ'nün olduğu ve Opsiyon A veya Opsiyon B'ye göre enerji performansının ölçümü için her EVÖ'nün izole edilmesinin aşırı derecede masraflı olduğu durumlardır. |

Ö&D Planında birkaç etken göz önünde bulundurularak en az bir Ö&D Opsiyonunun seçilmesi gerekir. Şekil 6 en uygun Ö&D Opsiyonunun seçiminde nelerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.



## Opsiyon A Kısmi Tadilat / Anahtar Parametre Ölçümü

- Referans çizgisi verisi mevcuttur veya mevcut olacaktır.
- EVÖ/EVÖ'ler ölçüm ekipmanı ile birlikte izole edilebilmektedir.
- Tasarruf hesaplaması üzerinde en büyük etkiye sahip olan bir anahtar parametre mevcuttur.
- Ölçülemeyen diğer parametreler kabul edilebilir belirsizlik seviyesiyle tahmin edilecektir.

## Opsiyon B Kısmi Tadilat / Tüm Parametrelerin Ölçümü

- Referans çizgisi verisi mevcuttur veya mevcut olacaktır.
- EVÖ'nün/EVÖ'lerin ölçüm ekipmanı ile birlikte izole edilemediği hallerde ölçüm sınırının genişletilebilir olması gerekmektedir.
- Ölçüm sınırındaki enerji tüketimine etki eden bütün gerekli parametrelerin ölçülebilir olmaları gerekmektedir.

## Opsiyon C Tüm Tesis Ölçümü

- İstenilen tasarruf hesaplaması tüm tesisin performansında temellenmektedir.
- Referans çizgisi verisi mevcuttur veya mevcut olacaktır.
- Beklenen enerji tasarrufu %10'un üstündedir.
- Sayaçlar ve/veya tüm tesisin enerji faturaları sayesinde enerji tüketiminin sürekli olarak ölçülmesi mümkündür.

## Opsiyon D Kalibre Edilmiş Bilgisayar Simülasyonu

- En iyi uygulama alanı, referans çizgisi verisinin mevcut olmadığı veya kısmen mevcut olduğu durumlardır.
- EVÖ/EVÖ'ler ölçüm ekipmanı ile birlikte izole edilemiyorsa

### Şekil 6: Ö&D Opsiyonu Seçerken Dikkate Alınacak Hususlar

#### 2.4.1 Opsiyon A - Kısmi Tadilat / Anahtar Parametre Ölçümü

##### Genel Bakış

Opsiyon A, Kısmi Tadilat opsiyonu olarak geçer ve münferit tadilat veya sistem seviyesinde kullanılabilir. Opsiyon A spesifik bileşenlerin (örneğin aydınlatma, motorlar, değişken hız sürücüler, soğutma sistemi vs.) tadilatının söz konusu olduğu spesifik EVÖ'ler için kullanılan yaygın bir yaklaşımdır. Yalnızca EVÖ'den/EVÖ'lerden etkilenen sistemin performansı ile ilgilenilen durumlarda kullanımı uygundur. Performans veya işletim etkenlerinin hem referans çizgisi hem raporlama dönemlerinde kısa vadeli olarak ölçülebildiği durumlarda Opsiyon A proje için doğru Ö&D seçeneği olacaktır. Öte yandan, Opsiyon A seçilirken göz önünde bulundurulması gereken birkaç etken söz konusudur:

- Müşteri ve EVD arasındaki EPS'nin bir unsuru olarak, enerji tasarrufu performansına ilişkin tek ilgi konusu spesifik EVÖ/EVÖ'ler üzerinde temellenmektedir.
- EVÖ'nün/EVÖ'lerin tasarrufunun Opsiyon C kullanılarak tespiti uzun sürede gerçekleştirilemeyecek kadar azdır.
- EVÖ'nün/EVÖ'lerin hesaplanan tasarrufu sağlama olasılığının yüksek olması gerekir.

- Kamu kurumu ve EVD'nin benzer EVÖ'nün/EVÖ'lerin kullanıldığı daha önceki projelerin sonuçlarına göre tahmin yürütülmesinin risk teşkil edeceğinde hemfikir olmaları gerekir.
- EVD'nin çalışma saatleri gibi etkenler üzerinde kontrolünün olup olmadığı.
- Ölçüm maliyeti azaltılmış belirsizlik değeriyle gerekçelendirilememekte veya başka kullanımlar için gerekçelendirilememektedir.
- EVÖ'nün diğer bileşenler veya alt sistemler üzerindeki etkisi kabul edilebilir belirsizlik miktarıyla tahmin edilmekte veya önemsiz kabul edilmektedir.
- Ölçüm sınırı dışındaki muhtemel değişimleri öngörmek mümkün değildir veya bağımsız değişkenlerin ölçülmesi ve izlenmesi aşırı derecede pahalı ve zordur.
- Tesiste halihazırda sahada alt sayaç mevcuttur veya ölçüm ekipmanı kolaylıkla kurulabilir.

### **Referans Çizgisinin Tanımlanması**

Opsiyon A pek çok durumda birkaç tahmini kapsayacaktır. Bu tahmini değerler tesisin/sistemin geçmiş verilerine, ekipmana veya referans çizgisinden çalışma saatleri gibi çevresel koşullara, ekipman imalatçısının verilerine ve tipik hava şartlarına göre şekillenebilir. Bu değerlerden bazılarının EVÖ uygulamasından önce ve sonra sabit oldukları biliniyorsa ve bu değerlerin EVÖ üzerinde herhangi bir etkisi yoksa referans çizgisi veya raporlama dönemi sırasında ölçüm yeterli olabilecektir.

Referans çizgisi Opsiyon A kullanılarak tanımlanırken birtakım bilinmeyen parametreler veya ölçülmesi pek mümkün olmayan parametreler söz konusu olabilir. Bir parametrenin enerji performansı üzerinde kayda değer etkisi söz konusuysa EVD ve tesis yönetimi arasında en uygun ve en şeffaf EPS'nin elde edilmesi için bunun ölçülmesi gerekir. Aksi takdirde, eğer parametrenin EVÖ üzerinde kayda değer olmayan bir etkisi varsa ve EVD'nin bu parametre üzerinde kontrolü söz konusu değilse tahmin yürütülebilir. Tahmin sayısı nedeniyle Opsiyon A uygulanırken diğer Ö&D opsiyonlarına kıyasla daha az ayarlama gerekecektir.

### **Ölçümler ve Tahminler**

Tasarruf, bir sistemin EVÖ'nün/EVÖ'lerin uygulanmasından önceki ve sonraki kapasitesinin, verimliliğinin ve işletiminin ölçülmesiyle hesaplanır. Diğer taraftan, EVD'nin kontrolünde olmayan birtakım etkenler veya enerji performansına kayda değer etkisi bulunmayan parametreler için tahmin yürütülebilir. Tahmini değerlerin çoğu ilerlemeyi kolaylaştırır ve maliyet bakımından etkindir. Ancak tahmini değerler tasarruf hesaplamasının belirsizliğini artırır. EVD'nin EPS aşamasında bu türden belirsizlikler hakkında tamamen şeffaf olması, iki tarafın da enerji tasarrufu sonuçlarında birtakım dalgalanmalar yaşanacağına farkında olması gerekmektedir. Parametrelerin herhangi birinin referans çizgisi döneminden raporlama dönemine kadar sabit kalması bekleniyorsa parametrenin ya referans çizgisi döneminde ya da raporlama döneminde ölçülmesi yeterlidir. Bir tadilatın hem performansının hem de işletim etkenlerinin belirlenmesiyle tasarrufun tam olarak tahmin edilemeyeceğinin belirtilmesi önemlidir. Bir parametre EVD performansının değerlendirilmesinde kritik önem taşıyorsa ölçülmeli, EVD'nin kontrolünde olmayan diğer etkenler kabul edilebilir belirsizlikle tahmin edilmelidir. Dolayısıyla, Opsiyon A'nın Ö&D Opsiyonu olarak seçilmesi halinde hesaplanan ve gerçek enerji tasarrufu arasında kayda değer fark olabilir.

Opsiyon A kapsamındaki enerji tasarrufu sonuçları büyük oranda referans çizgisi döneminde yapılan tahminlere bağlıdır. Bu nedenle, bütün tahminlerin güvenilir, belgelendirilebilir kaynaklara dayandırılması ve yüksek güvenilirlik seviyesine sahip olması gerekmektedir. Bazı etkenlerin ölçümü fazla zor veya masraflı olabilir. Dolayısıyla, Opsiyon A'da bu etkenler tahmin edilebilir. Tablo 5'te en uygun tahminler tanımlanırken göz önünde bulundurulması gereken anahtar etkenler ve tahminler tanımlanırken göz önünde bulundurulmaması gereken diğer etkenler verilmiştir.

**Tablo 5: Opsiyon A'da Tahmin Etkenleri**

| Tahminlerin dayanması gereken hususlar   | Tahminlerin dayanmaması gereken hususlar   |
|--|--|
| Ölçümler ve izlemelerden devşirilen matematiksel modeller  | Belgelendirilmemiş varsayımlar   |
| İmalatçı verisi veya standart tablolar   | Belgelendirilmemiş yazılımlar  |
| Pompalar, pervaneler ve soğutma sistemleri için ASHRAE gibi endüstride kabul gören performans eğrileri | Destekleyici belgeler olmadan müşteri ve EVD arasındaki anlaşmalar                 |
| Geçmişe dönük hava durumu verisi, IGD ve SGD   | İşletim parametreleri tahminleri   |
| Tesis ve mukim davranışı gözlemleri  | Matematiksel açıdan mantıklı olmayan veya şaibeli verilerden devşirilen denklemler |
| Tesis işletim ve bakım kayıtları   |  |

### Hesaplamalar

Aşağıdaki etkenlere bağlı olarak Opsiyon A'da rutin veya rutin olmayan ayarlamalara ihtiyaç duyulabilir:

- Ölçüm sınırının yeri,
- Tahmini değerlerin mahiyeti,
- Raporlama döneminin uzunluğu,
- EVÖ kurulumunun süresi.

Opsiyon A'da tasarruf hesaplamaları genellikle EVÖ'nün performansına ilişkin bir ölçülmüş veri ile yukarıda belirtilen etkenlere ilişkin bir veya birden fazla tahmini veriyi kapsar. Bu durumda gerçekleşen enerji tasarrufu miktarı referans çizgisi ve raporlama dönemi enerjisi arasındaki farkın bir tahmini işletim etkeniyle çarpılmasıyla hesaplanır. Opsiyon A'da enerji tasarrufunun genel denklemi aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned} \text{Opsiyon A Enerji Tasarrufu} \\ &= (\text{Referans Çizgisi Enerji Tüketimi} - \text{Raporlama Enerji Tüketimi}) \\ &\times \text{Tahmini İşletim Etkeni} \end{aligned}$$

Aydınlatma tadilatları tasarrufların Opsiyon A kullanılarak hesaplanmasının mümkün olduğu binalardaki EV tadilatlarının en yaygın türüdür. Bir aydınlatma tadilatı projesinde enerji tüketiminin hem referans çizgisi hem de raporlama dönemlerinde ölçülmesi gerekir; çalışma saatleri ise binanın geçmişe dayalı verisine göre tahmin edilebilir. Çalışma saatlerinin iki rakam arasında farklılık gösterdiği hallerde bu değişimin enerji tasarrufu bakımından önemini belirlemek için hesaplamaların hem maksimum hem minimum değerlerde yapılması gerekir. Dolayısıyla, bu türden örneklerde genel denklem şu şekilde basitleştirilebilir:

$$\begin{aligned} \text{Opsiyon A Enerji Tasarrufu} \\ &= (\text{Referans Çizgisi Enerji Tüketimi} - \text{Raporlama Enerji Tüketimi}) \\ &\times \text{Çalışma Saatleri} \end{aligned}$$

### Maliyetler

Bir değer tahmin edilmesi gerçekten ölçülmesine kıyasla daha az maliyetli olduğundan, Opsiyon A pek çok durumda maliyet bakımından en etkin seçenektir. Ancak basit doğrudan ölçümün mümkün olmadığı hallerde iyi bir tahmin yürütülmesi gerçekten ölçüm yapılmasından daha maliyetli olabilmektedir. Dolayısıyla, hangi değerlerin ölçülmesinin gerektiği, hangilerinin tahmin edilebileceği ve hangi tahmin yönteminin kullanılacağına derinlemesine analiz edilmesi gerekir. EVD, Opsiyon A doğrultusunda planlama yaparken aşağıdaki hususları dikkate alır:

- Analizler
- Tahminler

- Sayaç seçimi ve kurulumu
- Veri okuma ve kayıt altına almanın maliyeti
- Ekipmanın bakım ve işletim maliyeti

### Kamu bina ve tesislerinde En İyi Uygulamalar

Opsiyon A en iyi şu durumlarda uygulanır:

- Anahtar olmayan parametrelerin EVÖ veya enerji tasarrufu hesaplamaları üzerinde önemli etkisi olmadığında.
- Tahminlerin yarattığı belirsizlik kabul edilebilir seviyede olduğunda.
- EVÖ'nün etkinliğinin anahtar parametrelerin kabul edilebilir bir maliyetle basit rutin yeniden testlere veya yeniden denetlemelerle tabi tutulmasıyla değerlendirilmesi mümkün olduğunda.
- Bazı parametrelerin tahmini Opsiyon B veya Opsiyon D'nin kullanımından daha az maliyetli olduğunda.
- Tasarruf hesaplanırken bir projenin veya yüklenicinin performansının ölçümünde kullanılan anahtar parametrelerin kolaylıkla tanımlanabildiği hallerde.

Örneğin, Opsiyon A, aşağıdaki EVÖ'leri kapsayabilir:

- Aydınlatma Verimliliği Tadilatları
- Aydınlatma Kontrolleri
- Sabit Yük Motorları
- Soğutma Sistemi Tadilatları

#### Örnek:

Bir belediyeye ait bir temiz su pompalama tesisi eski pompalarından bazılarını yeni ve enerji verimliliği daha yüksek pompalarla değiştirmeye karar vermiştir. Yüklenici kurulumdan önce en az üç saatlik çalışmanın ardından eski motorların her birinin enerji tüketimini ölçmüştür. Pompalar sabit akışlı olduklarından yıllık işletim saatleri geçen senenin fatura edilmiş elektrik (kWh) tüketiminin eski pompa motorlarının ölçülen enerji tüketimine (kWh) bölünmesiyle elde edilmiştir.

Değiştirilecek pompaların yıllık çalışma saatlerinin 4.000 saat olduğu hesaplanmıştır.

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| Eski pompaların toplam yükü | 130 kW |
| Yeni pompaların toplam yükü | 90 kW  |
| Net yük azalması            | 40 kW  |

Dolayısıyla, toplam tasarruf şöyle olacaktır:

$$\text{Enerji tasarrufu} = 40 \text{ kW} \times 4.000 \text{ saat/yıl} = 160.000 \text{ kWh}$$

## 2.4.2 Opsiyon B - Kısmi Tadilat / Tüm Parametrelerin Ölçümü

### Genel Bakış

Opsiyon B tüm parametrelerin ölçüldüğü yöntemdir. Herhangi bir tahmine yer verilmemesi ve bütün parametrelerin periyodik veya sürekli olarak ölçülmesi dışında Opsiyon A'ya benzerdir. Opsiyon B'de parametrelerin ölçümü bütün enerji miktarlarının ve/veya enerji tasarrufuyla ilişkili parametrelerin periyodik veya sürekli olarak ölçülmesini kapsar. Opsiyon B spesifik bileşenler, alt sistemler veya sistemler için tadilata yönelik spesifik EVÖ/EVÖ'ler için kullanılır. Bu yöntem bileşen veya sistem seviyesinde ölçülebilecek EVÖ'yle ilişkili performans etkenlerinin (örneğin nihai kullanım kapasitesi, güç) ve işlemsel etkenlerin (örneğin aydınlatma çalışma saatleri, soğutma ton saatleri) ölçümünü kapsar. Opsiyon B'nin kullanılması için aşağıdaki etkenlerin biri veya hepsi geçerli olmalıdır:

- Münferit ölçüm başına enerji tasarrufu miktarı belirlenmek isteniyorsa.
- İnteraktif etkiler görmezden gelinebiliyor veya uzun vadeli ölçüm gerektirmeyen tahmin yöntemleri kullanılarak belirlenebiliyorsa.
- Bağımsız değişkenlerin izlenmesi fazla karmaşık veya pahalı değilse.
- Sahada alt sistemlerin veya tadilatı yapılacak sistemlerin enerji tüketimini kaydedecek alt sayaçlar halihazırda mevcutsa.

### Referans Çizgisinin Tanımlanması

Opsiyon B'de referans çizgisi tanımı enerji kullanımına etki eden bütün parametrelerin hem referans çizgisi hem de raporlama dönemlerinde ölçülmesi gerekliliği dışında Opsiyon A'yla benzerlik gösterir.

### Ölçümler ve Ayarlamalar

Opsiyon B'de enerji tüketimiyle ilişkili tüm parametrelerin verilerinin toplanması gerekir. Enerji tüketimi veya EVÖ üzerinde etkisi olduğu bilinen hiçbir parametre tahmin edilemez. Dolayısıyla, kısa vadeli veya kalıcı ölçüm Opsiyon B'nin önemli bir unsurudur. Sayaçlar sistemin karakteristik özelliklerinin geliştirilmesi için enerji incelemesi aşamasında veya referans çizgisi döneminde gereken bütün verinin toplanması için tadilattan önce kurulabilirler. Aşağıdaki tabloda Opsiyon B'ye uygun üç ölçüm seçeneği verilmiştir. Yüklenici projenin ihtiyaç ve mahiyetini değerlendirirken bu ölçüm seçeneklerinden en az birini kullanmalıdır.

#### Nokta veya Kısa Vadeli Ölçüm

- Aydınlatma çalışma saatleri, soğutma ton-saatleri gibi operasyonlarda değişim beklenmediğinde kullanılabilir.

#### Sürekli Ölçüm

- Değişim beklenen durumlarda ve raporlama döneminde sürekli ölçüm gerektiren durumlarda uygundur. Sürekli ölçüm ekipman performansının optimizasyonu ve modernizasyon tasarrufunun teşvikinde kullanılacak uzun vadeli enerji performans verisi temin edebilir.

#### Periyodik Ölçüm

- İşletimsel dalgalanmaları hesaba katar ve raporlanan güç tasarrufunun doğruluğunu iyileştirir. İstatistiksel olarak geçerli rastgele örneklerin kullanıldığı durumlarda tüm ekipmanın ölçülmesi gerekli olmayabilir.

### Şekil 7: Ölçüm Seçenekleri

Ölçüm ekipmanı imalatçının tavsiye ettiği aralıklarla kalibre edilmelidir. Güvenilir ölçümler elde edilebilmesi için kalibrasyon, Opsiyon B kapsamındaki en önemli ölçüm etkenidir. Sensörlerin ve cihazların seçimi kısmen kalibrasyon kolaylığı ve kalibrasyon idamesine dayandırılmalıdır. Ancak kendinden kalibreli ölçüm ekipmanının seçilmesi bu durumda iyi bir çözüm olabilir.

Aşağıdaki etkenlere bağlı olarak Opsiyon B'de rutin veya rutin olmayan ayarlamalara ihtiyaç duyulabilir:

- Ölçüm sınırının tanımı,
- Tahmini değerlerin mahiyeti,
- Raporlama döneminin uzunluğu,
- Referans çizgisi ve raporlama dönemleri arasındaki zaman.

## Hesaplamalar

Opsiyon B'yle EVÖ'lerin çoğunun yarattığı tasarrufun ölçülmesi mümkündür. Ancak Opsiyon B'ye göre tasarruf hesaplaması, Opsiyon A'ya göre daha zor ve maliyetli olabilir. İlâveten, doğrulamayla ilişkili karmaşıklık seviyesi ve maliyet, belirsizlik gereksinimlerine bağlı olarak artmaktadır. Opsiyon B herhangi bir türden ayarlama gerektirmeyebileceğinden, tasarruf hesaplama denklemi şu şekilde basitleştirilebilir:

$$\text{Opsiyon B Enerji Tasarrufu} = (\text{Referans Çizgisi Enerji Tüketimi} - \text{Raporlama Enerji Tüketimi})$$

## Maliyetler

Opsiyon B'de Ö&D maliyetini ölçüm gerekliliğinin nitelik ve miktarı belirler. Bu seçeneği daha da karmaşık hale getirecek şekilde daha fazla sayıda parametre ölçümü içerdiğinden, Opsiyon B, Opsiyon A'ya kıyasla daha pahalıdır. Ancak enerji tüketimiyle ilişkili parametrelerle ilgili daha fazla veri toplandığından, Opsiyon B yük ve/veya tasarruf örüntülerinin değişken olma ihtimallerinin bulunduğu doğru sonuçlar verir. EVD'nin garantili enerji tasarrufundan sorumlu olduğu ve işletimlerde kayda değer değişimin söz konusu olduğu durumlarda bu ilave masraflar makul karşılanabilir.

## Kamu Bina ve Tesislerinde En İyi Uygulamalar

Opsiyon B en iyi şu durumlarda uygulanır:

- Ö&D uygulamaları için tadilattan önce kurulan sayaç işletimsel geribildirim veya kiracı faturalandırma gibi düzenli tesis işletimleri için kullanılıyorsa.
- Parametrelerin ölçülmesi, Opsiyon D kapsamında simüle edilmelerinden veya Opsiyon C kapsamında rutin olmayan ayarlamaların eklenmesinden daha kolay ve daha maliyetliyse.
- Ölçüm sınırı dahilindeki tasarruf veya işletimler değişim gösteriyorsa.

Örneğin, aşağıdaki EVÖ'ler Opsiyon B kapsamında değerlendirilebilir:

- Aydınlatma Verimliliği: İşletim Saatlerinin İzlenmesi ve Aydınlatma Devrelerinin Ölçümü
- Aydınlatma Kontrolleri: İşletim Saatlerinin İzlenmesi ve Aydınlatma Devrelerinin Ölçümü.
- Sabit Yük Motoru Verimliliği: İşletim Saatlerinin Ölçülmesi
- Değişken Hız Sürücüsü Tadilatı: Kurulum Sonrası Sürekli Ölçüm
- Soğutma Sistemi Değişimi: kW Ölçümü ve kW ve Soğutma Yüğü Ölçümü
- Jenerik Değişken Yük: Kurulum Sonrası Sürekli Ölçüm

### Örnek:

Bir belediye mevcut sokak aydınlatması tesisine yüksek verimli aydınlatma armatürleri eklemeye karar vermiştir. Şehirde toplam 23 ölçüm noktası bulunmaktadır. Referans çizgisinin geliştirilmesi sürecinde yüklenici toplam aydınlatma armatürlerinin %20'sinin güç kaybına uğradığını tespit etmiştir. Dolayısıyla, yeni sistemin kabul edilebilir güç kaybı oranı %3 ile sınırlıdır. Proje süresi 10 yıldır ve EVD sokak aydınlatmasına ilişkin garantili tasarruf temin etmiştir. EVD her sene armatürün güç kaybı oranını raporlamaktan sorumludur. Elektrik fiyatı 0,5 kWh/TL olarak belirlenmiştir.

Geçen senenin elektrik faturası sokak aydınlatmasının yıllık elektrik tüketiminin 1.500.000 kWh olduğunu göstermektedir. Geçen senenin güç kaybı oranını (%20) yeni sistemin güç kaybı oranına (%3) çevirmek için elektrik tüketimine rutin olmayan ayarlama yapılmıştır.

$$\text{Ayarlanmış Referans Çizgisi Enerji Tüketimi} = \frac{1,500,000 \times 0.97}{0.8} = \mathbf{1,818,750 \text{ kWh}}$$

Projenin ilk senelerinde sokak aydınlatmasının elektrik tüketimi 1.500.000 kWh olarak ölçülmüş, güç kaybı oranı %3'ün altında kalmıştır.

**NOT:** Tadilat öncesi ve tadilat sonrası elektrik tüketimi elektrik faturalarında aynıdır. Ancak referans çizgisi enerjisi istenen güç kaybı oranına ayarlandığında referans çizgisi enerji tüketiminin enerji tasarrufu hesaplamaları için normal çalışma koşullarından daha yüksek olması gerekmektedir.

Dolayısıyla, projenin ilk üç senesi için maliyet tasarrufu şu şekildedir:

$$\text{Önlenen Maliyet} = (1,818,750 - 1,500,000) \text{ kWh} \times 0.5 \frac{\text{kWh}}{\text{TL}} = \mathbf{159.375 \text{ TL}}$$

Dördüncü senede enerji tasarrufu elektrik faturalarında 1.425.000 kWh'dir. Ancak projenin dördüncü senesinde güç kaybı oranı %5'e yükselmiştir. Dolayısıyla, dördüncü senedeki maliyet tasarrufu şu şekildedir:

|   |  |
|---|--|
| <b>Ayarlanmış Referans Çizgisi Enerjisi</b> | $(1,500,000 \times 0,95)/0,8 = \mathbf{1.781.250 \text{ kWh}}$                   |
| <b>Önlenen Enerji Tüketimi</b>              | $1.782.250 - 1.425.000 = \mathbf{357.250 \text{ kWh}}$                           |
| <b>Önlenen Maliyet</b>                      | $357.250 \text{ kWh/TL} \times 0,5 \text{ kWh/TL} = \mathbf{178.625 \text{ TL}}$ |

Önlenen maliyetin hesaplanmasında gerekli ayarlamaların göz önünde bulundurulmaması halinde toplam önlenen maliyet **196.875 TL** olmaktadır. Ancak artan güç kaybı oranı nedeniyle gerçek önlenen maliyet daha düşüktür.

## 2.4.3 Opsiyon C - Tüm Tesis Ölçümü

### Genel Bakış

Opsiyon C tüm tesisin enerji tasarrufunun belirlenmesi için ölçüm noktasının yerine bağlı olarak sayaçlardan veya tüm tesis sayaçlarından/alt sayaçlarından sürekli ölçüm yapılmasını ve/veya regresyon analizini kapsayan bir tüm tesis ölçüm yöntemidir. Opsiyon C ile gereğince bir enerji tasarrufu hesaplaması yapabilmek için geçmişe dönük verilerin ve tadilat öncesinde ve sonrasında tüm tesis seviyesinde enerji tüketiminin sürekli ölçümünün projeye dahil edilmesi gerekir. Enerji tasarrufu, tüm tesis enerji tüketiminin istatistiksel olarak temsili modelleri üzerinden veya enerji faturalarından elde edilen referans çizgisi ve raporlama dönemleri enerji tüketim verilerinin basitçe karşılaştırılmasıyla hesaplanır.

EVÖ'nün enerji tasarrufu bakımından etkisinin büyük olduğu, EVÖ'nün fazla karmaşık ve ölçüm için diğer bileşenlerden izole edilmesinin zor olduğu ve EVÖ'nün tüm tesisin enerji tüketimine etki ettiği

durumlarda Opsiyon C daha iyi bir Ö&D seçeneğidir. Kurulan EVÖ ile tesisin geri kalanı arasında yüksek etkileşim söz konusuysa projenin Ö&D seçeneği olarak Opsiyon C'nin düşünülmesi gerekir. Aşağıdaki etkenlerden biri veya hepsi proje için geçerli olduğunda Opsiyon C kullanılabilir:

- Tasarrufun, enerji faturası veya alt sayaçlarla ölçülen genel tüketimin %10 ila %20'sinden daha fazla olması bekleniyorsa.
- Düzgün bir referans çizgisi modeli geliştirmek için en az 12 aylık enerji tüketimi verisi mevcutsa.
- Enerji tasarrufunun belirlenmesi için raporlama dönemi boyunca en az 9 aylık enerji tüketim verisi gerekliyse.
- Doğru bir referans modeli geliştirmek için gereken bağımsız değişken verisi mevcutsa ve performans dönemi modeli için gereken değişkenlerin takibi için gerekli prosedürler uygulanıyorsa.
- Modernizasyona dahil olanların yanı sıra sayaç üzerindeki yük düşükse ve zaman içerisinde sabit kalması veya tesis doluluğu, kullanıcı davranışı, kullanım örüntüleri gibi enerji tüketimine etki eden diğer bilgilerle birlikte referans çizgisi ve performans dönemleri boyunca artması bekleniyorsa.

### **Referans Çizgisinin Tanımlanması**

Opsiyon A ve Opsiyon B'ye kıyasla Opsiyon C doğru bir referans çizgisinin belirlenmesi için daha fazla çaba harcanmasını gerektirir. Enerji tasarrufu performansına yönelik değerlendirmeler tüm tesis seviyesinde gerçekleştiğinden, gerekli referans çizgisi verisinin sayısı artar. Opsiyon C'de EVD'nin hava şartları, tesis doluluğu, çalışma saatleri vs. şeklindeki bağımsız değişkenleri tespit etmesi ve ölçmesi gerekir. Tüm tesis seviyesinde Opsiyon C uygulanırken hava şartları bilgisi genellikle dış kuru ampul sıcaklığına ilişkindir. Ancak hava şartlarına ilişkin verinin değerlendirmeye alınıp alınmayacağına karar verilirken ölçüm sınırının incelenmesi gerekir.

Opsiyon C'de referans çizgisi belirlenirken mümkün olduğunca fazla sayıda enerji faturası toplanması kritik önem taşır. Sahadaki her bir sayacın geçmişe dönük verilerinin toplanması gerekir. Opsiyon C fatura eşleştirme modeli kadar basit veya regresyon model analizi kullanımıyla daha karmaşık olabilir. Ancak doğru bir referans çizgisi tespit edilmesi ve mümkün olduğunca fazla sayıda geçmişe dönük fatura verisinin toplanması, Ö&D seçeneği olarak Opsiyon C yürütülmesine ilişkin en önemli noktalardır.

### **Ölçümler ve Ayarlamalar**

Opsiyon C sahada ölçülen verinin toplanması, doğrulanması ve düzgün şekilde uygulanması için yoğun çaba gösterilmesini gerektirir. Enerji performansı ile ilişkili veriler tüm tesis seviyesinde sayaçlar veya birden fazla alt sayaçla ölçülebilir. Ancak en iyi enerji tasarrufu performansının elde edilmesi için rutin ve rutin olmayan ayarlamaların enerji tasarrufu kıyaslamalarına tatbik edilmeleri gerekir.

Tesisin aylık faturaları, sayaçların periyodik olarak okunmasıyla kayıt altına alınır. Çoğu durumda tüm tesisin toplam enerji tüketimini temsil ederler. Opsiyon C'nin, EVÖ'nün tüm sistemin enerji tüketimine etki ettiği durumlarda düşünülmesi gerektiğinden, bu seçenekte aylık enerji faturalarının ölçülmüş veri olarak kullanılması en kolay ve en güvenilir çözümdür. Hizmet tedarikinin yalnızca tesisteki veya bir grup tesisteki merkezi bir noktadan ölçüldüğü durumlarda münferit performansın değerlendirilmesi için her tesis veya her tesis grubu için alt sayaçlar gerekir. Bir tesise giren enerji akışı türünün ölçülmesi için birden fazla sayaç kullanılabilir. Her alt sayacın ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir. Sayaçların hepsi her ayın aynı günü okunamazlar. Okuma tarihleri faturalarda açıkça ifade edildiği sürece bu durum Ö&D açısından sorun teşkil etmez. Ancak EVD'nin enerji faturalarının düzgün ölçüldüğünden ve ölçüm ekipmanının kalibrasyonunun yapıldığından emin olması gerekir.

Opsiyon C'nin başlıca zorluğu, rutin olmayan ayarlamalardır. Rutin olmayan ayarlamalar bir tesisin, sistemin enerji tüketimine etki eden sabit etkenlerdeki beklenmedik değişimlerdir. Opsiyon C'deki rutin



olmayan ayarlamalardan bazıları tesis büyüklüğünde azalma veya artış, çalışma saatleri veya tesis doluluğunda beklenmedik değişiklikler veya tesis amacında değişiklik olabilir. Rutin olmayan ayarlamalar zorlu işler olabilirler ve Ö&D maliyetini yükseltirler.

### Hesaplamalar

Opsiyon C enerji tasarrufu tahminleri için çok sayıda bağımsız değişkeni kapsayabilir. Bağımsız değişkenlerin döngüsel olmaları halinde matematiksel model değerlendirilebilir. Referans çizgisi dönemi verisinin değerlendirilmesi için bağımsız değişkenler, regresyon analizleri veya başka türden matematiksel modellemelerle belirlenebilir. Regresyon analizlerinin Opsiyon C'deki enerji tasarrufu hesaplamalarına nasıl tatbik edildiklerinin anlaşılması için EVD'nin, VDK tarafından yayınlanan ilgili dokümanları incelemesi gerekir.

Enerji tasarrufu hesaplamaları için önlenebilir enerji tasarrufu ve normalize edilmiş tasarruflar yöntemleri kullanılabilir. Bununla birlikte, Opsiyon C için enerji tasarrufu hesaplaması genel olarak şu şekilde basitleştirilebilir:

$$Tasarruf = (Referans \text{ Çizgisi Enerji Tüketimi} - Raporlama \text{ Enerji Tüketimi}) \pm \text{Rutin Ayarlamalar} \pm \text{Rutin Olmayan Ayarlamalar}$$

Opsiyon C'deki en yaygın matematiksel model, enerji tüketimi ile bir veya daha fazla bağımsız açıklayıcı değişken arasında korelasyon kurulması yoluyla regresyon analizinden elde edilir. Bu dönemde aynı tesiste farklı kullanım dönemleri söz konusuysa ayrı ayrı regresyon analizlerinin yapılması faydalı olabilir. Opsiyon C'nin temel hesaplama adımları şu şekildedir:

1. Sistemin normal işletim döngüsünü temsil eden uygun bir referans çizgisi modelinin geliştirilmesi.
2. Gerekli hallerde referans dönemi enerji tüketimi ve seçilen bağımsız değişkenler için regresyon analizinin yapılması.
3. Raporlama dönemindeki bağımsız değişkenlerin değişimi göz önünde bulundurularak referans çizgisi enerji tüketiminin ayarlanması.
4. Ayarlanmış referans çizgisi enerji tüketimi ile raporlama dönemi enerji tüketimi arasındaki fark alınarak enerji tasarrufunun raporlanması.

### Maliyetler

Mevcut sayaçlar iyi kalibre edilmişse ve tesisin veya alt tesisin EVÖ'den/EVÖ'lerden etkilenen enerji tüketimini temsil ediyorlarsa Opsiyon C'de ölçüm için ayrı bütçe gerekmez. Ancak mevcut sayaçların projenin enerji tüketimi ölçüm gerekliliklerini tamamen karşılamaları gerekir. Diğer yandan, ölçüm sınırı dahilindeki rutin ve/veya rutin olmayan ayarlamaların belirlenmesi için ilave sayaçlara ihtiyaç duyulabilir. Opsiyon C ölçüm maliyetleri bakımından Opsiyon A ve Opsiyon B'ye kıyasla daha etkin olsa da daha fazla matematiksel modellemenin ve sabit etkenlerdeki değişimlerin izlenmesinin gereklilikleri nedeniyle daha yüksek maliyetli olabilmektedir.

### Kamu Bina ve Tesislerinde En İyi Uygulamalar

Opsiyon C en iyi şu durumlarda uygulanır:

- Bir tesiste birden fazla EVÖ kurulmuşsa.
- Enerji performansı değerlendirmesi yalnızca EVÖ'lere değil, tüm tesise yönelikse.
- Enerji tüketim ve talebinin ayrı ayrı değerlendirilmesinin zor olduğu EVÖ'yle ilişkili faaliyetler söz konusuysa.
- Beklenen tasarruf miktarı yüksekse.
- Kısmi tadilat teknikleri daha karmaşık ve pahalıysa.
- Referans çizgisi döneminden sonra tesiste herhangi bir değişiklik beklenmiyorsa.

- Tesisin sabit etkenlerindeki muhtemel değişimler kolayca izlenebiliyorsa.
- Enerji tüketimi ve talebi ile diğer bağımsız değişkenler arasında makul korelasyonlar bulunmuşsa.

Ek-1'de Opsiyon C kapsamında enerji tasarrufu hesaplamasına ilişkin ayrıntılı bir örnek sunulmuştur. Ayrıca, Ek-2'de adım adım regresyon analizi kılavuzu temin edilmiştir.

## 2.4.4 Opsiyon D - Kalibre Edilmiş Bilgisayar Simülasyonu

### Genel Bakış

Opsiyon D'de çoğunlukla yeterli referans çizgisi dönemi bilgisinin bulunmadığı durumlarda tesisin enerji performansının izlenmesi için geliştirilmiş mühendislik hesaplama yazılımları ve kalibre edilmiş bilgisayar simülasyon modelleri kullanılır. Simülasyon modeli ya referans çizgisi ya da raporlama döneminin gerçek enerji tüketimiyle uyumlu bir enerji tüketimi örüntüsü tahmin eder. Opsiyon D hem tesis hem bileşen seviyesinde kullanılabilir.

Referans çizgisi veya raporlama dönemi enerji tüketimi verisinin mevcut olmadığı durumlarda Opsiyon D en iyi Ö&D seçeneği olabilir. Yeni tesislerde referans çizgisi enerjisi verisi mevcut değildir. Benzer şekilde, mevcut tesisler de geçmişe dönük tüketim verilerinin kaydını tutmamış olabilirler. Bazı durumlarda referans çizgisi dönemi enerji ölçümü için kurulan alt sayaçlar raporlama döneminde mevcut olmayabilir. Bu koşullar Ö&D seçeneği olarak Opsiyon D'nin uygulanması için en uygun senaryolardır.

Opsiyon D'nin başlıca zorlukları doğru bilgisayar modellemesi ve ölçülmüş enerji verisine kalibrasyondur. Simülasyon sürecinin hem kalibrasyon hem simülasyon yazılımında deneyimli eğitimli personelce yürütülmesi gerekir. Simülasyon tesisin anahtar bileşenlerinden alınmış mümkün olduğunca fazla miktarda veri içermelidir. Simülasyon çıktıları, araştırma verisi, ölçüm ve izleme verisi veya yazılım için girdi ve kalibrasyon parametresi olarak kullanılan diğer bütün verilerin düzgün şekilde belgelendirilmesi gerekir.

### Referans Çizgisinin Tanımlanması

Opsiyon D'deki referans çizgisi tanımlama süreci Opsiyon C'dekine oldukça benzerdir. Ancak Opsiyon D'de mühendislik yazılımın geliştirilmesi söz konusu olduğundan, en gerçekçi simülasyonun yapılabilmesi için tesisin anahtar niteliklerinin araştırılması ve raporlanması gerekir.

### Ölçümler ve Ayarlamalar

Opsiyon D'nin ölçüm seçenekleri Opsiyon C'dekilere benzerdir ancak ayrıntılı inşaat ve takvim verisinin ölçülmesi veya toplanması ekstra bir özellik olabilir. En uygun ve en gerçekçi simülasyonun hazırlanması için en yüksek oranda verinin toplanması gerekir. Toplanan bütün bilgilerin ve girdilerin, durum tespiti incelemesini mümkün kılan bir formatta belgelendirilmesi gerekir. Yetersiz, dağınık, çelişkili veya tutarsız belgelendirme sunuş reddetme sebebi olabilir.

Bir tesisteki enerji performans parametrelerinin işleme için bir mühendislik simülasyonu geliştirilmesi için gereken tipik veriler Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6: Simülasyon İçin Gereken Veriler**

| Veri                      | Yorum   |
|---------------------------|---|
| Enerji Faturası Kayıtları | <p>Enerji faturası EVÖ kurulumundan hemen önceki 12 ardışık ayı kapsamaludur ancak mümkünse 24, 36 veya 48 aylık fatura verisi tercih edilebilir. Fatura verisi şu bilgileri içermelidir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Okunma tarihi,</li> <li>• Kilovat/saat tüketim,</li> <li>• Puant elektrik talebi,</li> <li>• Isıtma yakıtı kullanımı.</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
| <b>Tesisin Teknik Çizimleri</b>             | Mevcutsa mimari, mekanik ve elektriksel çizimlerin incelenmesi gerekir. Nihai çizimler tercih edilmelidir.   |
| <b>Saha İnceleme Verisi</b>                 | Aşağıdaki unsurlara ilişkin gerekli bilgilerin toplanması için saha inceleme verisinin incelenmesi gerekir: <ul style="list-style-type: none"> <li>Her ISH sistemi ekipmanı için: kapasite, sayı, model-seri numarası, yaş, durum, işletim takvimi, özellikler, boyut, verimlilik, tasarım-akış oranı, kanal sistemi türü, kontrol tipi.</li> <li>Her kontrol ekipmanı için: yer, sıcaklık ayar noktası, kontrol ayar noktası, takvim ve kontrol sekansları.</li> <li>Her aydınlatma sistemi için: lambaların sayısı ve türü, etiket verisi, takvim.</li> <li>İşletim verisine tesis nüfusu, doluluk, takvim, bölgelerin tespiti, enerji tüketen yüklerin ayrıntıları ve çalışma takvimleri dahildir.</li> </ul> |
| <b>Kısa Dönem İzleme ve Nokta Ölçümleri</b> | Tasarrufun belirlenmesi için belirli bir alt sistemin doğru şekilde modellenmesi gerekiyorsa kısa dönem izleme ve nokta ölçümleri gerekebilir.   |
| <b>Operatörlerle Görüşmeler</b>             | Tesis operatörleriyle tesis operasyonlarına ilişkin görüşmeler yapılmalıdır.   |
| <b>Hava Durumu Verisi</b>                   | Simülasyonun kalibrasyonu için veri toplama sürecine temsili verinin dahil edilmesi gerekir. Geçmişe dönük hava durumu verisi için en güvenilir kaynak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'dür.  |

## Hesaplamalar

Opsiyon D'de enerji tasarrufu hesaplamaları için kalibre edilmiş simülasyon sonuçları kullanılır. Referans çizgisi tanımlanırken ve enerji tasarrufu hesaplanırken aşağıdaki adımların izlenmesi gerekir.

1. Referans çizgisi dönemi mevcut değilse veya yeterli veri yoksa referans çizgisi modeli geliştirmek için raporlama dönemi kalibre edilmiş modeli kullanılmalıdır.
2. Referans çizgisi verisi mevcutsa EVÖ'nün etkisi mevcut tesis koşullarının kalibre edilmiş modeli sayesinde tahmin edilebilir.
3. EVÖ kurulduktan sonra raporlama dönemi modelinin geliştirilmesi için ilk referans çizgisi verisinin tahmin edilen EVÖ ile kalibre edilmesi için raporlama dönemi enerji tüketimi ve talebi sonuçlarının kullanılması gerekir.
4. Kalibrasyonun ardından raporlama dönemi koşullarındaki mevcut tesisi temsil eden modelden EVÖ'nün çıkarılmasıyla referans çizgisi modeli geliştirilebilir.

Hesaplamalar bir dizi kalibrasyon sürecini kapsadığından, muhtemel hata oranının tasarruf hesaplarına dahil edilmesi gerekir. Opsiyon D'deki tasarruf denklemi şu şekilde basitleştirilebilir:

$$Tasarruf = Kalibre Edilmiş Modelden Referans Çizgisi Dönemi Enerjisi (EVÖ olmadan) - Kalibre Edilmiş Modelden Raporlama Dönemi Enerjisi (EVÖ ile)$$

Raporlama dönemi enerjisi ölçülmüş ve referans çizgisi dönemi enerjisi simüle edilmişse kalibrasyon hataları göz önünde tutularak aşağıdaki denklem geçerli olur:

$$Tasarruf = Kalibre Edilmiş Modelden Referans Çizgisi Enerjisi (EVÖ olmadan referans çizgisi) - Gerçek Raporlama Dönemi Enerjisi \pm İlgili Kalibrasyon Okumasındaki Kalibrasyon Hatası$$

## Maliyetler

Gerekli verinin toplanması, verinin simülasyon modeline girilmesi, modelin kalibre edilmesi ve modelleme ve simülasyonda kayda değer profesyonel niteliklere sahip olunması oldukça emek gerektirdiğinden, Opsiyon D'nin en pahalı Ö&D seçeneği olduğu kabul edilir.

## Kamu Bina ve Tesislerinde En İyi Uygulamalar

Opsiyon D en iyi şu durumlarda uygulanır:

- Referans çizgisi verisi veya raporlama verisi mevcut değilse veya ölçülmesi imkansızsa.
- EVÖ'lerin sayısı performanslarının Opsiyon A ve Opsiyon B'ye göre ölçülemeyeceği kadar fazlaysa.
- EVÖ'ler tesisin geri kalanından kolaylıkla izole edilemiyorsa.
- Her EVÖ'nün performansının çoklu EVÖ'lü tesiste değerlendirilmesi gerekiyorsa ve Opsiyon A ve Opsiyon B'deki her parametrenin alt ölçümünün yapılması aşırı yüksek maliyetliyse.
- Tesiste büyük değişiklikler meydana gelmesi bekleniyorsa ve bu değişimlerin ve enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin takibi son derece zorluyorsa.
- Seçilen yazılım kabul edilebilir doğruluk oranıyla kalibre edilmiş güvenilir ölçümler temin edebilecektir.

## 2.5 En İyi Ö&D Opsiyonunun Seçimi

Her projenin farklı unsurları olduğundan, her durumun EVÖ ve ölçme ekipmanlarının nitelikleri, istenen doğruluk oranı vs. bakımlarından değerlendirilmesi gerekir. Aşağıdaki tablo spesifik bir proje için Ö&D opsiyonu seçiminde dikkate alınması gereken etkenleri sunmaktadır.

**Tablo 7: Ö&D Opsiyonu Seçerken Dikkate Alınacak Hususlar**

| Dikkate Alınacak Husus  | Ö&D Opsiyonu |   |   |   |
|---|--------------|---|---|---|
|   | A            | B | C | D |
| Münferit EVÖ'lerin tasarrufunu belirleyebilme   | E            | E | H | E |
| Tesis veya bina seviyesinde değerlendirme   | H            | H | E | E |
| Toplam tüketimin %10'undan az tasarruf  | E            | E | H | E |
| Çoklu EVÖ   | H            | H | E | E |
| Etki değişkenlerinin enerji tüketimi veya talebiyle ilişkisi açık değil                                     | H            | E | E | E |
| EVÖ'ler arasındaki interaktif etki önemli değil veya ölçülemiyor  | H            | H | E | E |
| Ölçüm sınırı dahilindeki EVÖ'yle ilişkili olmayan etkenlerde gelecekte pek çok değişiklik olması bekleniyor | E            | H | H | E |
| Uzun vadeli tasarrufun belirlenmesi   | E            | H | E | H |
| Referans çizgisi verisi mevcut değil  | H            | H | H | E |
| Teknik altyapısı olmayan kişilerin sonuçları anlamaları gerekiyor   | E            | E | E | H |
| Ölçüm ve enstrümantasyon beceri ve deneyimi gerekiyor   | E            | E | H | H |
| Simülasyon beceri ve deneyimi gerekiyor   | H            | H | H | E |
| Enerji faturası okuma becerisi gerekiyor  | H            | H | E | H |
| EVÖ teknolojisinin türü   | E            | E | E | E |

**Kaynak:** UPÖDP, 4.10 Opsiyon Seçim Kılavuzu

Ö&D opsiyonunun seçimi EVÖ'nün niteliklerine ve mevcut bilgiye bağlı olacaktır. Aşağıdaki örnek farklı Ö&D opsiyonlarıyla aynı EVÖ için enerji tüketiminin nasıl belirlendiğini göstermektedir. En sık kullanılan opsiyonlar bunlar olduklarından UPÖDP protokolünden Opsiyon A, B ve C değerlendirilmiştir.

EVÖ doğalgaz kazanının yeni, daha verimli bir kazanla değiştirilmesini kapsamaktadır. Kazan kamu tesisine sıcak su temin etmek için kullanılmaktadır. Bu durumda sıcak su tüketimi ile tesisin her ay ölçülen tesis doluluk oranı (%/ay) arasında güçlü korelasyon söz konusudur.

**Opsiyon A:**

Aşağıdaki bilgiler mevcuttur:

- Yılın bütün ayları için (kWh/ay) suya aktarılan faydalı enerji ölçümleri (kalorimetre).
- Eski kazanın (%80) ve yeni kazanın (%90) verimliliğine ilişkin gerekçeli tahmin.

Kazanın enerji tüketimi Ö&D Opsiyon A kullanılarak tespit edilebilir. Ölçüm sınırı kazan ve doğalgaz tüketimi olarak belirlenirken anahtar parametre suya aktarılan faydalı enerji, tahmini parametre ise kazanların verimliliğidir.

$$\text{Enerji tüketimi (kWh/ay)} = \frac{\text{Ölçülen faydalı enerji (kWh/ay)}}{\text{Tahmini verimlilik (\%/ay)}}$$

Bu denklem kullanılarak referans çizgisi dönemi ve raporlama dönemi için ölçüm sınırının enerji tüketiminin belirlenmesi mümkündür.

#### *Opsiyon B*

Aşağıdaki bilgiler mevcuttur:

- Yılın bütün ayları için suya aktarılan faydalı enerji ölçümleri (kalorimetre)
- Eski ve yeni kazanın mevsimsel verimlilik ölçümleri (%/ay)

Kazanın enerji tüketimi Ö&D Opsiyon B kullanılarak tespit edilebilir. Ölçüm sınırı kazan ve doğalgaz tüketimi olarak belirlenirken enerji tüketiminin hesaplanması için gereken bütün parametreler ölçülecektir.

$$\text{Enerji tüketimi (kWh/ay)} = \frac{\text{Ölçülen faydalı enerji (kWh/ay)}}{\text{Ölçülen verimlilik (\%/ay)}}$$

#### *Opsiyon C:*

Aşağıdaki bilgiler mevcuttur:

- Tedarikçi tarafından temin edilen, tesisin doğalgaz tüketim ölçümleri
- Doğalgazın büyük bölümü kazan tarafından, küçük bir yüzdesi ise mutfak tarafından tüketilmektedir
- Beklenen EVÖ enerji tasarrufu, referans çizgisi enerjisinin %10'undan fazladır

Projenin enerji tüketimi Ö&D Opsiyon C kullanılarak tespit edilebilir. Ölçüm sınırı tüm tesis olarak belirlenirken enerji tüketimi doğrudan aylık doğalgaz faturalarından belirlenir. Bu örnek için enerji tüketimi EVÖ'ye dahil olmayan ancak ölçüm sınırı içinde bulunan ilave ekipmanı dikkate alır.

$$\text{Enerji tüketimi (kWh)} = \text{Doğalgaz faturası (kWh)}$$

Ö&D opsiyonundan bağımsız olarak referans çizgisi dönemi ve raporlama dönemi enerjisi elde edilebilir ve tesisin doluluk oranı bağımsız değişken olarak kullanılarak rutin ayarlamalar yapılabilir. Bu şekilde enerji tasarrufu belirlenebilir. Projedeki herhangi bir sabit etkenin değişmesi halinde doğru enerji tasarrufu hesaplamasının yapılabilmesi için rutin olmayan ayarlama yapılması gerektiğinin belirtilmesi gerekir.

## **2.6 Varsayılan Tasarruf**

Varsayılan tasarruf tanımı gereği Ö&D kullanılmadan EV kazanımlarının belirlenmesidir. Verimlilik Değerlendirme Kurumu'nun (VDK) yayınladığı "Varsayılan Tasarruflara İlişkin Bildirge" dokümanı varsayılan tasarrufun bir Ö&D yöntemi olmadığını ve UPÖDP'nin beşinci seçeneği olarak değerlendirilmemesi gerektiğini açıkça ifade etmektedir.

Bununla birlikte, tasarrufun bir EVÖ'nün uygulanması temelinde gerçekleşeceğinde hemfikir olduğunda ve bir Ö&D yaklaşımı uygulamanın elde edilebilecek faydaya kıyasla çok yüksek maliyetli olduğu durumlarda varsayılan tasarrufa başvurulabilir. Örneğin, birden fazla EVÖ'nün olduğu bir projede belirli bir EVÖ'nün diğer EVÖ'ler üzerinde önemli bir etkisinin olmayacağı durumlarda varsayılan tasarruf kullanılabilir.

Varsayılan tasarruf bir Ö&D opsiyonu olmadığından ve bu nedenle bir Ö&D planının odağında yer alamayacağından, bir EPS projesine dahil olan bir veya birden fazla EVÖ'nün tasarrufunun ortaya koyulması için Ö&D kullanılmaması taraflar arasındaki bir sözleşmeye dayalı anlaşma olarak görülebilir. Normalde varsayılan tasarrufun kullanılmasının EPS bağlamında elde edilen tasarrufun yalnızca küçük bir kısmını temsil etmesi gerekir. Örneğin, böyle bir yaklaşımla bir EPS'deki toplam yıllık tasarrufun en fazla %20'si yönetilebilir.

Ö&D faaliyeti olmadığından, bu türden bir anlaşmaya EPS sözleşmesinde veya Ö&D plan/planlarında yer verilmemesi gerektiğinin belirtilmesi gerekir.

## 3 Ö&D Süreci

Bu bölümde anahtar kavramlar, rutin ve rutin olmayan ayarlamalar, referans çizgisinin tanımlanması, ölçüm, anahtar meseleler ve maliyetler değerlendirilerek bir Ö&D planının geliştirilmesi için en iyi pratik yaklaşım ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

### 3.1 Ö&D Planı

Ö&D planı başlıca ve en önemli Ö&D faaliyetidir. EV iyileştirmelerinin doğrulanması, sürecin şeffaflığı, başarılı sonuçların niteliği ve güvenilirliği ve EVD ödemeleri Ö&D planına bağlı olduklarından, iki tarafın da Ö&D planlamasını öncelikleri kabul etmeleri gerekir. EVD sözleşmelerinin çoğu performans temelli sözleşmeler olduğundan, Ö&D planının şeffaflığı ve doğruluğu kritik önem taşımaktadır.

Ö&D planı önceden hazırlanmalı, EVD'ler kabul edilebilir bütçe dahilinde enerji tasarrufu tahminleri için gerekli bütün verilere ve hesaplama süreçlerine yönelik en uygun ve en doğru bilgiyi temin edebileceklerini garanti etmelidir. Ö&D planı maliyet ve sonuçların doğruluğu arasında denge kurmalıdır. Projenin fizibilite aşamasında mümkün olduğunca erken bir tarihte ilk Ö&D planının hazırlanması gerekmektedir. Tasarrufu ölçmenin ve doğrulamanın uygulanabilir bir yolu olduğuna kanaat getirilene dek EVÖ ayrıntılarına son hali verilmemelidir. Ö&D planı tasarım ve tadilatın kapsam ve ayrıntılarına nihai hali verildikten sonra sonlandırılmalı ve sunulmalıdır.

Her Ö&D planının her proje için özel olarak geliştirilmesi gerekir. Bazı durumlarda çoklu sahali enerji tasarrufu projesi için ortak bir Ö&D planı kullanılabilir. Ancak her iki tarafın da EVÖ ve EPS benzer olsa da her Ö&D projesinin farklı amaç ve koşulları olduğunun farkında olmaları gerekir. Projenin bütün tarafları Ö&D planında mutabık kalmalıdır. Ö&D planı geliştirildikten ve bütün taraflar plan üzerinde mutabık kaldıktan sonra Ö&D faaliyetlerinin Ö&D planıyla uyumlu şekilde gerçekleştirildiğinin ortaya koyulması, EVD'nin sorumluluğundadır.

Referans çizgisi döneminde ölçülen veya tahmin edilen bütün verilerin gelecekte referans olarak kullanılmak üzere kayıt altına alınması gerekir. EVÖ'lerin tahminleri ve detayları dahil olmak üzere Ö&D planına dahil olan bütün veriler düzgün şekilde kayıt altına alınmalıdır. Raporlama döneminin uzunluğuna bağlı olarak gelecekte doğrulama için veriye ihtiyaç duyulacağından, verinin kayıt altına alınması performans temelli sözleşmeler için önem taşımaktadır.

#### Ö&D Planının İçeriği

Ö&D planı projeye özel geliştirilmelidir. Planda proje kapsamında kurulan tek bir EVÖ veya bütün EVÖ'ler için tek bir Ö&D yöntemi veya aynı projede birden fazla Ö&D yöntemi bulunabilir. Ö&D planına dahil edilmesi gereken genel unsurlar olsa da planın içeriği büyük oranda projenin ve EVÖ'lerin mahiyetine bağlıdır. Bununla birlikte, Ö&D planının tipik içerikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Proje amaçları ve kısıtlılıklarıyla uyumlu Ö&D amaçları.
- Tesisin, EVÖ'lerin veya kurulacak sistemlerin özellikleri.
- Ölçüm sınırı, Ö&D yöntemleri ve tesis ve EVÖ'lerin niteliklerine ilişkin teknikler.
- Veri analiz prosedürleri, algoritmalar, veri varsayımları, veri gereksinimleri ve hesap araçlarına ilişkin spesifik bilgiler.
- Referans çizgisi veya raporlama dönemi enerjisine ilişkin beklenen rutin ayarlamaların detayları ve/veya ayarlama parametreleri.
- Ölçüm ekipmanı, ölçüm noktaları, referans çizgisi ve raporlama dönemi süreleri ve ölçüm analiz yöntemine ilişkin detaylar.
- Enerji tasarrufu ve maliyet tasarrufuna genel bakış.

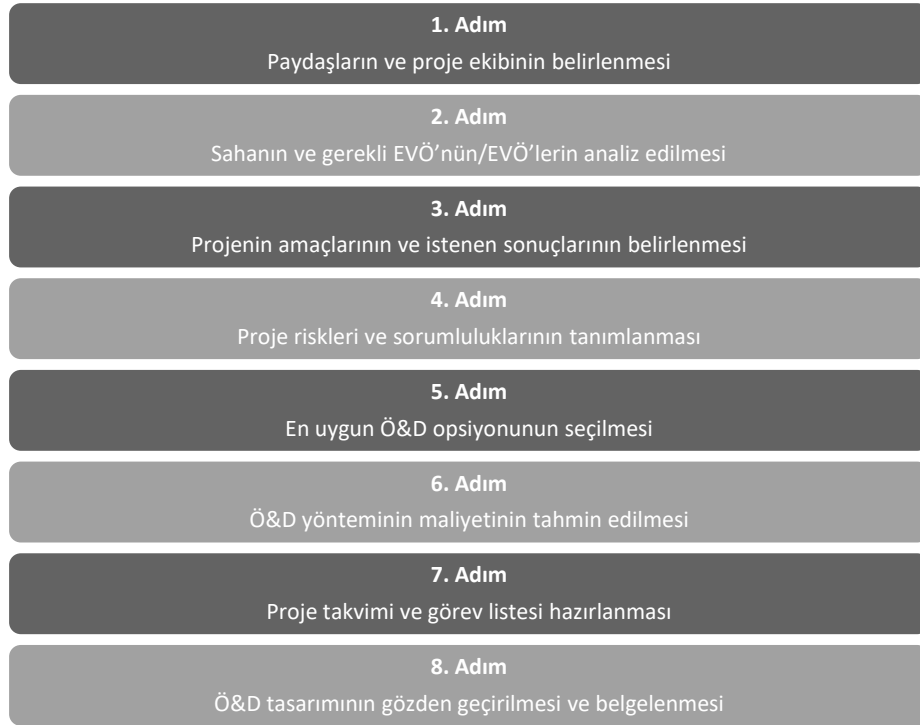
- Doğruluk prosedürü ve kalite güvencesi prosedürleri.
- Ö&D uygulamalarının takvimi.
- Yıllık Ö&D raporlaması formatı.
- Bütçe ve kaynak gereklilikleri.

### 3.1.1 Ö&D Planlamasının Kilit Adımları

Performans temelli bir sözleşmede EV tasarruf projesi için en uygun Ö&D planının geliştirilmesi için Ö&D planlama aşamasının adımları aşağıda verilmiştir. Ö&D planı geliştirilmeden önce projeye ilgili şu bilgilerin toplanması ve kayıt altına alınması gerekir:

- İstenen projenin mahiyeti,
- Proje için seçilen Ö&D yönteminin temel yaklaşım ve metodolojisi,
- Ö&D planının istenen doğruluk oranı, zaman, maliyet vs. gibi unsurları,
- Projenin istenen tasarruf performansı.

Şekil 8'de önerilen Ö&D planlama süreci verilmiştir. EVD'lerin bu adımları takip etmeleri ve Ö&D planlarının her aşamasında sonuçları raporlamaları gerekmektedir.



**Şekil 8: Ö&D Planlama Süreci**

#### **1. Adım: Paydaşların ve proje ekibinin belirlenmesi**

Projenin mahiyetine bağlı olarak paydaşların sürece dahil olması gerekmeyebilir veya proje kazanım ve sonuçlarının tartışılması için birden fazla paydaşın katılımı söz konusu olabilir. Paydaşlar enerji tasarrufu tahmini için gereken bilgileri veya hangi türden EVÖ'nün ve kurulum yönteminin daha pratik olacağına dair fikir temin edebileceklerinden, uygun paydaşlara yönelik çalışmalar yapılması önemlidir.

Diğer yandan, proje ekibinin özenle seçilmesi ve rol ve sorumlulukları içeren bir ekip listesinin sunulması gereklidir. Yetkilendirilmiş proje yöneticisi dahil olmak üzere her proje ekibi mensubunun iletişim bilgilerine yer verilmelidir.



## 2. Adım: Sahanın ve gerekli EVÖ'nün/EVÖ'lerin analiz edilmesi

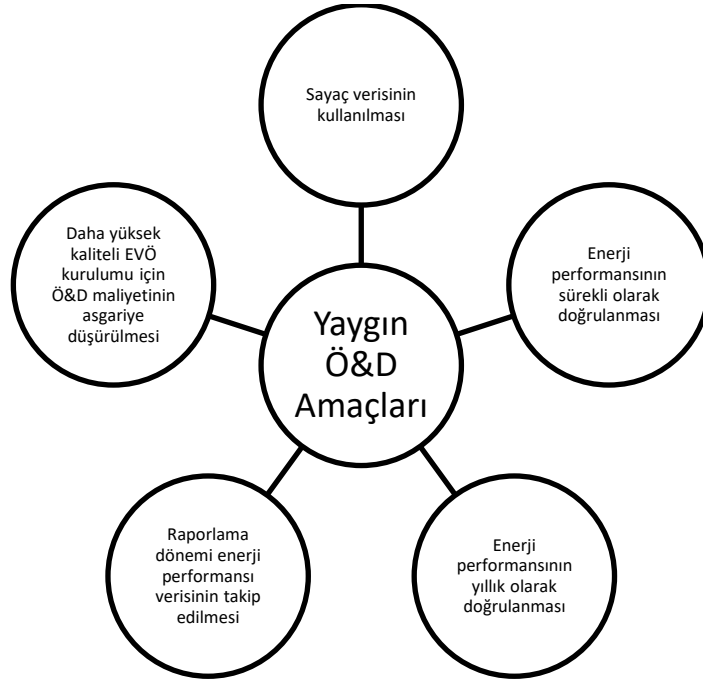
Projenin büyüklüğü ve mahiyeti, alandaki enerji tüketimi ve talebi, tadilat kurulum planı, anahtar iletişim kişisi vs. ile ilgili bilgi toplamak için proje sahasının analiz edilmesi gereklidir. Sahanın analiz edilmesi, ölçüm sınırının düzgün belirlenmesi için de önemlidir.

İncelemenin ardından EVD proje için en uygun EVÖ'yü seçebilir. EVÖ seçilirken EVD'nin kurulumun zorluk derecesini ve gerektirdiği süreyi, referans çizgisi ve raporlama dönemi uzunluklarını, ölçüm gerekliliklerini ve kurulum maliyetini hesaba katması gerekir.

## 3. Adım: Projenin amaçlarının ve istenen sonuçlarının belirlenmesi

EVD'nin projenin amaçlarını ve mahiyetini açıkça anlaması gerekir. Dolayısıyla, EVD bir proje ve EVÖ amaçları listesi geliştirmeli ve her iki tarafın da projeyi açıkça anladıklarından ve projeye ilişkin herhangi bir yanlış anlaşılma olmadığından emin olmak için listeyi müşteriyle paylaşmalıdır.

Her projenin Ö&D yöntemi farklı olduğundan, Ö&D'nin amaçları ve istenen sonuçları da farklıdır. Bununla birlikte, en yaygın Ö&D amaçları aşağıda verilmiştir:



Şekil 9: Yaygın Ö&D Amaçları

## 4. Adım: Proje riskleri ve sorumluluklarının tanımlanması

Ö&D planının proje risk ve sorumluluklarıyla uyumlu olması gerekir. Bir Ö&D projesinin riskleri finans, operasyon veya performansa ilişkin olabilir. Ö&D'nin kilit meseleleri Bölüm 3.5.'te tartışılmıştır. Sorumluluklar ise müşteri tarafından tanımlanacak ve müşterinin Ö&D ve proje ekibine ilişkin beklentilerini yansıtacaktır.

## 5. Adım: En uygun Ö&D opsiyonunun seçilmesi

Bölüm 2.3.'te açıklandığı üzere, en uygun Ö&D opsiyonunun seçilmesi, Ö&D planının başarısı için en önemli etkenlerden biridir. Bölüm 2.3.'te her Ö&D opsiyonunun özellikleri ve belirli bir proje için en uygun opsiyon seçilirken dikkate alınması gerekenler ayrıntılı şekilde verilmiştir. EVD'nin Ö&D opsiyonlarından (Opsiyon A, B, C, D) en uygununu belirlemek için projeyi ve EVÖ seviyesindeki amaçları değerlendirmesi

gerekir. Ancak proje, Ö&D planına birden fazla Ö&D opsiyonunun dahil edilmesini gerektirebilir. Bu durumda Ö&D planında bütün Ö&D opsiyonlarının ayrıntılı şekilde açıklanması gerekir.

#### **6. Adım: Ö&D yönteminin maliyetinin tahmin edilmesi**

En uygun Ö&D opsiyonunun/opsiyonlarının seçilmesinin ardından gerekli bütçe ve kaynakların değerlendirilmesi gerekir. Üzerinde mutabık kalınan Ö&D bütçesi gerekli kaynakları, kurulum maliyetleri dahil olmak üzere ilgili maliyetleri ve raporlama dönemi boyunca süregelen maliyetleri kapsamalıdır. Ö&D maliyetlerinin kilit unsurları Bölüm 3.6.'da verilmiştir.

Tahmini maliyetin önceden planlanan maliyetten yüksek olması halinde EVD'nin 2. Adım'a dönüp Ö&D maliyetini artıran etkenleri analiz etmesi ve projenin gerekli bütün amaçlarını yerine getirerek müşteriye memnun ederken Ö&D maliyetlerini asgariye çekmenin bir yolunu bulması gerekir.

#### **7. Adım: Proje takvimi ve görev listesi hazırlanması**

Ö&D projeleri düzgün şekilde organize edilmesi gereken birkaç uygulamayı kapsayabilirler. Dolayısıyla, projedeki bütün görevleri içeren bir liste hazırlanmalı ve proje takvimi çıkarılmalıdır. Takvimin proje uzunluğunun yanı sıra referans çizgisi ve raporlama dönemlerinin uzunlukları hesaba katılarak geliştirilmesi gerekir. Ö&D'yi sonradan akla gelen bir iş olarak düşünmekten ziyade genel proje uygulamasına entegre etmek önemlidir.

Ölçüm dönemlerinin uzunluğu dikkatlice belirtilmelidir. Beklenen tasarrufun işletim döngüsü açıkça tanımlanmalıdır. Ölçüm dönemi tam bir işletim döngüsünü kapsamıyorsa standart veya normalize edilmiş veri setleri (geçmişe dönük hava durumu verisi gibi) öngörülerek veya kullanılarak buna yönelik ne yapılacağı açıklanmalıdır.

#### **8. Adım: Ö&D tasarımının gözden geçirilmesi ve belgelenmesi**

Önceki aşamaların hepsinin başarıyla tamamlanması ve bütün Ö&D gerekliliklerinin yerine getirilmesi halinde Ö&D planı geliştirilebilir.

## **3.2 Rutin ve Rutin Olmayan Ayarlamalar**

Benzer koşullar dizisinde referans çizgisi ve raporlama dönemi enerji tüketimlerinin kıyaslanması için elzem olan enerji tasarrufu hesaplanırken rutin ve rutin olmayan ayarlamaların dikkate alınmaları gerekir. Referans çizgisi koşullarındaki beklenmedik değişikliklerden kaynaklı raporlanmış tasarruf risklerini asgariye çektiklerinden, bu ayarlamalar Ö&D'nin kritik unsurları olabilirler. Bu değişikliklerin görmezden gelinmeleri halinde değişimin türü ve enerji tasarrufu üzerindeki etkisine bağlı olarak hem EVD hem müşteri bütçe hedeflerine ulaşamayabilir.

Ayarlama kavramının daha ayrıntılı şekilde anlaşılması için UPÖDP: 4.5.3 Ayarlamalar İçin Temel incelenmelidir.

#### **Rutin Ayarlamalar:**

Rutin ayarlamalar raporlama dönemi boyunca herhangi bir etkende beklenen rutin değişimlerdir. Bunlar referans çizgisi ve raporlama dönemleri arasında EVÖ'yle ilişkili olmayan koşullardaki öngörülebilen değişimleri ifade ederler. Rutin ayarlamalar, hava şartları, tesis doluluğu, çalışma saatleri vs. gibi mevsimsel veya döngüsel değişimler olabilir. Değişimler EVÖ'yle ilgili olmasalar bile EVÖ'nün enerji

tasarrufu performansına büyük etki ederler. Ancak rutin olmayan ayarlamalara kıyasla rutin ayarlamaların tahmin edilmesi veya ölçülmesi görece daha kolaydır.

#### Örnek:

Bir kamu tesisinin 2019-2020 yılları arasındaki bir yıllık döneme ait enerji faturalarından hareketle referans çizgisi enerji tüketimi belirlenmiştir. Raporlama dönemi verisi de 2020-2021 yılları arasındaki bir yıllık döneme ait enerji faturaları sayesinde erişilebilirdir. Eski ve bozuk ISH (ısıtma, soğutma, havalandırma) sistemi yeni bir enerji verimli sistemle değiştirilmiş, bina cephesi iyileştirmeleri yapılmıştır. Enerji faturalarında yeni ISH sisteminin enerji azaltımı referans çizgisi ve raporlama dönemlerinin kıyaslanmasıyla **756.632,40 kWh** olarak gözükmektedir. Enerji faturalarına göre, referans çizgisi enerji tüketimi **1.202.107 kWh**, raporlama dönemi enerji tüketimi ise **445.474,60 kWh**'dir. Yaz aylarında enerji tüketiminde kayda değer artış yaşandığı gözlemlenmektedir. Dolayısıyla, bu iki dönem arasındaki farkın netleştirilmesi için hava durumu doğrulama analizi gereklidir. Referans çizgisi ve raporlama dönemlerindeki enerji tüketimi arasındaki farkın önemli bir bölümü yaz aylarında gerçekleştiğinden, bu iki senenin toplam SGD'si hesaplanır.

2019/2020 için toplam SGD: 858

2020/2021 için toplam SGD: 379

Yıllık SGD farkı 479 olarak raporlanmıştır ki bu da referans çizgisi döneminden raporlama dönemine %56'lık bir azalma anlamına gelir. Toplam SGD'ler arasında önemli bir fark olduğundan, bölgenin geçmişe dönük SGD verisi analiz edilir. Analiz, referans çizgisi döneminin SGD verisinin proje lokasyonunun çevre koşullarını temsil ettiğini ve 2020/2021 senesinin olağandan aşırı derecede daha soğuk olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, raporlama dönemi enerji tüketimi referans çizgisi dönemi koşullarına ayarlanır.

SGD ile tesisin raporlama dönemindeki yıllık enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi netleştirmek amacıyla enerji tüketim verisi raporlamasının regresyon analizi MS Excel'de gerçekleştirilmiştir (bkz. Ek-2). Raporlama dönemi için genel lineer ilişki MS Excel'de aşağıdaki denkleme göre modellenmiştir:

$$\text{Yıllık Raporlama Enerji Kullanımı (kWh)} = 432.07 \times \text{Gün Sayısı} + 1,018.16 \times \text{SGD Sayısı}$$

Referans çizgisi döneminin SGD değerleri yıllık raporlama enerji tüketimi denkleme uygulandığında ayarlanmış raporlama dönemi enerji tüketimi **937.043,52 kWh** olmaktadır. O halde tahmini yıllık enerji tasarrufu aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} \text{Tahmini Enerji Tasarrufu (kWh)} \\ &= \text{Referans Çizgisi Enerji Kullanımı (kWh)} \\ &- \text{Ayarlanmış Raporlama Enerji Kullanımı (kWh)} \end{aligned}$$

Dolayısıyla, yeni ISH sistemi referans çizgisi dönemi koşullarına göre **265.063,50 kWh** enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Bağımsız değişkenler, bir tesisin kullanımı veya enerji tüketimine etki eden çevresel etkenlerdir. Hava durumu ve doluluk, yaygın bağımsız değişkenlerdir. Hava durumunun çeşitli özellikleri mevcuttur ancak tüm bina analizi için en önemli olanları tesisin iklimine bağlı olarak dış sıcaklık ve nemdir. Otel odası doluluk etkeni, ofis binası temel doluluk saatleri veya azami doluluk saatleri, dolu günlerin sayısı (hafta içi/hafta sonu) veya restoran satışlarının hepsi doluluk örnekleridir. Enerjinin ölçülmesiyle aynı zamanda bağımsız değişkenlerin de izlenmeleri ve kaydedilmeleri gerekir. Örneğin, hava durumu verisi, takvim ayından farklı olabilecek doğru aylık enerji ölçüm dönemiyle uyumlu olacak şekilde toplamının alınması

için günlük olarak toplanmalıdır. Takvim ayı olmayan bir ayın aylık ortalama sıcaklık verisi, modele gereksiz hata payı ekleyecektir.

Rutin ayarlamaları tanımlamak için sabit değer gibi basit veya enerji tüketimi ile bağımsız değişkenlerin biri veya daha fazlası arasında korelasyon kuran birkaç parametrelili lineer olmayan denklemler gibi karmaşık olabilen çeşitli teknikler mevcuttur. Raporlanan tasarrufların niteliği ve güvenilirliği rutin ayarlamaların doğru hesaplama yöntemlerinin seçimine ve belgelendirilmesine bağlıdır. Seçilen hesaplama yönteminin disiplini ve şeffaflığı gereğince ortaya koyulmalıdır. Diğer yandan, rutin ayarlamalar tahmin edildiklerinden veya ölçüldüklerinden, aynı zamanda raporlanan tasarrufa belirsizlik katarlar. Dolayısıyla, hesaplamaların neden olduğu belirsizlik oranının her iki taraf için de kabul edilebilir sınırlar içinde olması gerekir.

Ö&D planı projede uygulanabilecek bütün rutin ayarlamaları içermelidir. Ö&D planında veri analiz prosedürleri, algoritmalar ve varsayımlar dahil olmak üzere rutin ayarlama hesaplama/ölçme yöntemleri açıkça belirtilmelidir.

#### ***Rutin Olmayan Ayarlamalar:***

Rutin olmayan ayarlamalar referans çizgisi ve raporlama dönemlerinde tesiste gerçekleşmesi beklenmeyen değişimlerdir. Kamu bina ve tesislerindeki en yaygın rutin olmayan ayarlamalar arasında tesis büyüklüğü, tasarımı, EVÖ işletimi ve tesis doluluğu tipindeki değişimler sayılabilir. Bu etkenlere genellikle sabit etkenler denir ve zaman içerisinde değişimleri beklenmese de değişebilirler. Rutin olmayan ayarlamalar beklenmedik değişimler olduklarından, bu değişimlerin nasıl hesaplanacaklarına ve onlara nasıl yanıt verileceğine dair herhangi bir gerçek kısıtlama söz konusu değildir. Rutin olmayan ayarlamalar Tablo 8'de gösterilen etkenler yüzünden ortaya çıkabilirler.

**Tablo 8: Rutin Olmayan Ayarlama Etkenleri**

| <b>Etken</b>                | <b>Kamu Bina ve Tesislerindeki Örnekler</b>  |
|-----------------------------|--|
| Tesiste fiziksel değişimler | Yenileme, uzatma, ekleme, kapatma vs.  |
| Operasyonel değişimler      | Kullanım, doluluk, çalışma saati, tesis faaliyeti, bakım pratikleri vs.  |
| Enerji alışkanlıkları       | Isıtılan, soğutulan veya havalandırılan alanın miktarında, enerji alt sistemlerinin miktar ve türünde ve nihai kullanım ekipmanında vs. değişimler |
| Çevre koşulları             | Aydınlatma seviyeleri, ayar noktası dereceleri vs.   |

İşletmedeki beklenmeyen değişimler genellikle raporlama döneminde ortaya çıkar. Bu durumda referans çizgisi verisinin rutin olmayan ayarlamalarla yeni koşullar dizisine ayarlanması gerekir. Referans çizgisi ayarlamaları, raporlama döneminde referans çizgisi enerjisinin doğruluğunu somut şekilde etkileyen herhangi bir varsayılan referans çizgisi koşulundaki beklenmeyen değişimler için referans çizgisi enerjisinde yapılan ilave ayarlamalardır. EVD'ler rutin olmayan bir ayarlama tespit ettiklerinde öncelikle çok sayıdaki varsayılan referans çizgisi koşulundan hangisinin ayarlanması gerektiğini ve bu değişimlerin raporlanan enerji tüketimini nasıl etkilediğini belirlemelidir. Yeni koşullara ilişkin gerekli bütün yeni veriler dikkatle incelenmelidir.

### Örnek:

Bir kütüphane ISH sistemi için yeni bir enerji performansı iyileştirmesi projesi hayata geçirmektedir. Yüklenici yeni sistemin enerji tüketimini 3 sene içerisinde %15 oranında azaltacağını garanti etmiştir. Kütüphane müdürü ilk dört ayın enerji faturasını incelemiş ve yeni sistemle herhangi bir maliyet tasarrufu yapılmadığını görmüştür. İlk dört ayın enerji faturası yüklenicinin taahhüt ettiği kadar yüksektir.

İlk incelemelerin ardından yüklenici yeni ISH sisteminin beklenenden daha fazla çalıştırıldığını fark etmiştir. İncelemeler devam ettikçe kütüphanenin artık pazar günleri de açık olduğu, bu durumun da sistemin enerji yükünü %16 oranında artırdığı görülmüştür.

Aşağıdaki tablo yeni sistemin gerçek maliyet önlemesini göstermektedir:

|                    | Eski Koşullar<br>(haftada 60 saat) |                                | Yeni Koşullar<br>(haftada 70 saat) |                                |
|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                    | Yıllık Enerji<br>Tüketimi (kWh)    | Yıllık Maliyet<br>(@0,5TL/kWh) | Yıllık Enerji<br>Tüketimi (kWh)    | Yıllık Maliyet<br>(@0,5TL/kWh) |
| <b>Eski Sistem</b> | 200.000                            | 100.000                        | 232.000                            | 116.000                        |
| <b>Yeni Sistem</b> | 150.000                            | 75.000                         | 174.000                            | 87.000                         |
| <b>Fark</b>        | 50.000                             | 25.000                         | 58.000                             | 29.000                         |

Enerji faturasında maliyet tasarrufu görülmesi de maliyet önleme **25.000 TL**'den **29.000 TL**'ye yükselmiştir. Ayrıca, geri ödeme süresi 3 yıldan 2,5 yıla düşmüştür.

Rutin olmayan ayarlamalar, yönetilmesi en zorlu Ö&D meselelerinden biridir. Bu ayarlamaların tespit edilmesi, hesaplanması veya ölçülmesi zor olsa da gelecekte herhangi bir ihtilafın önüne geçilmesi için Ö&D planı hazırlanırken istişare edilebilirler. Rutin olmayan ayarlamalara ilişkin başlıca kaygılar şu hususlara ilişkin belirsizlik etrafında şekillenmektedir:

- Ne değişecek?
- Ne zaman değişecek?
- Değişimin ortaya çıkardığı etkiye nasıl yanıt verilecek?

### Örnek:

Bir binanın mevcut aydınlatma armatürleri hareket temelli doluluk sensörleriyle değiştirilecektir. Tahmini 100 watt'lık güç çeken 50 armatür mevcuttur. Referans çizgisi çalışma saatleri haftada 60 saat olarak tahmin edilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Referans Çizgisi Enerji Tüketimi (kWh)} \\ &= \text{Armatür sayısı} \times \text{armatür başına güç çekişi (W)} \times \text{çalışma saatleri (saat)} \\ &\div 1000 \left( \frac{W}{kW} \right) \\ &= 50 \times 100 \times 60 \div 1000 = \mathbf{300 kWh} \end{aligned}$$

Kurulum sonrası dönem sırasında toplam armatürlerin %10'u beklenmedik şekilde sökülüştür. Bu durumda ayarlanmış referans çizgisi enerji tüketimi şu şekildedir:

$$\text{Ayarlanan Referans Çizgisi Enerji Tüketimi (kWh)} = 50 \times 0.9 \times 100 \times 60 \div 1000 = \mathbf{270 kWh}$$

Yeni sistem armatür sayılarını sabit tutacak ancak çalışma saatlerini %30 oranında düşürecektir. Dolayısıyla, raporlama dönemi enerji tüketimi şöyle olacaktır:

$$\text{Raporlama Dönemi Enerji Tüketimi (kWh)} = 50 \times 0.9 \times 100 \times 60 \times 0.70 \div 1000 = \mathbf{189 kWh}$$

## Rutin Olmayan Ayarlama Meseleleri

### Zorluklar:

- Raporlama dönemi boyunca yeterince değişmesi gereken varsayılan referans çizgisi koşullarının tanımlanması.
- Raporlama dönemi boyunca yeterince değişebilecek varsayılan referans çizgisi koşullarının tanımlanması.
- Referans çizgisi koşullarındaki önemli değişimlerin tespit ve muhakeme edilmesinde kullanılacak yöntemlerin tanımlanması.
- Ayarlamalar için gereken verilerin ve bu verilerin ölçülmesi ve toplanmasında kullanılacak yöntemin tanımlanması.

### Dikkate Alınacak Hususlar:

- Referans çizgisi enerji tüketimi üzerinde önemli etkisi olan, büyük olasılıkla değişmesi beklenen referans çizgisi koşulları seçilmelidir.
- Referans çizgisi koşulları sistemin sabit etkenlerindeki beklenmedik değişim riskini asgariye indirmek için düzenli olarak belgelendirilmeli ve takip edilmelidir.
- Değişimlerin etkisinin belirlenmesi için belgelendirilmemiş varsayımlar kullanılmasından ziyade mevcut en iyi ölçüm yöntemi ve veri toplama yöntemleri uygulanmalıdır.

Şekil 10: Rutin Olmayan Ayarlama Meseleleri

### 3.3 Referans Çizgisinin Tanımlanması

Enerji tasarrufu referans çizgisi ve raporlama dönemleri arasındaki enerji tüketimi ilgili ayarlamalarla kıyaslanarak raporlandığından, referans çizgisinin tanımlanması ve gerekli bütün referans çizgisi verisinin toplanması, Ö&D planının en önemli aşamasıdır. Ölçülen ve tahmin edilen referans çizgisi verilerinin belgelendirilmesi son derece kritiktir, zira EVÖ uygulanmaya başlandıktan sonra geriye dönüp eksik referans çizgisi verisinin ölçülmesi imkansızdır. Bu nedenle, referans çizgisinin EVÖ kurulumundan önce eksiksiz şekilde tesis edilmesi gerekir. Referans çizgisi döneminde ölçülen verinin türü, raporlama döneminde neyin ölçüleceğini belirler. Referans çizgisi tesis edildikten sonra referans çizgisinin tanımlanmasının belgelendirilmesine aşağıdaki hususların dahil edilmesi gerekir:

- Referans çizgisi döneminin uzunluğu,
- Normal işletim döngüsünün tüm işletim koşulları:
  - İşletim ve bakım takvimleri,
  - Ayar noktaları,
  - Gerçek sıcaklık ve basınçlar.
- Maksimum enerjiden minimum enerjiye kadar eksiksiz bir işletim döngüsü dahil olmak üzere EVÖ kurumundan önceki tüm enerji tüketim verisi,
- Enerji tüketimine etki eden bağımsız değişkenlere ilişkin tüm veriler,
- Tesisin sabit etkenlerine ilişkin tüm veriler,
- EVÖ ile normalize edilecek aşırı ısıtılan veya aşırı soğutulan alanlar gibi gerekli standart koşulların altındaki bütün referans çizgisi koşullarının değerlendirilmesi,
- Tüm gerekli rutin ayarlamalar ve potansiyel rutin olmayan ayarlamaların değerlendirilmesi,
- Mevcut tesis yalıtımlarının tüm özellikleri,
- Enerji tüketimine etki eden ekipmanın envanteri,
- Seçilen referans çizgisi dönemi içerisindeki tüm mevcut veriler,

Ö&D maliyeti göz önünde bulundurulduğunda projenin ilk aşamasında mümkün olduğunca fazla referans çizgisi bilgisi toplanması faydalı olacaktır. Bilginin miktarı projenin mahiyetine bağlıdır ancak EVD'nin referans çizgisi döneminde en azından aşağıdaki bilgileri toplaması gerekir:

- Ekipman envanteri,
- Ekipman koşulları,
- Tesis doluluk takvimi,
- Tesis çalışma saatleri,
- Ekipman çalışma takvimi,
- Ekipman etiket verisi,
- Anahtar enerji parametresi ölçümleri,
- Mevcut hava durumu verisi,
- Kontrol teknolojileri.

EVD'nin referans çizgisi bilgisi elde etmek için tesis etütlerini, teftişleri, nokta ölçümlerini ve kısa vadeli ölçüm yöntemlerini kullanması gerekir. Ayrıca, seçilen Ö&D opsiyonuna bağlı olarak referans çizgisinin doğru şekilde tanımlandığının doğrulanması için enerji faturaları incelenmelidir.

### 3.4 Ölçüm Ekipman ve Sistemleri

Ö&D planında enerji tasarrufu performansına etki eden ölçüm ve izleme parametrelerine ilişkin tüm bilgilere yer verilmelidir. Planın ölçülecek parametreleri, toplanacak verileri ve yapılacak varsayımları açıklaması gerekir. Ayrıca, Ö&D Planı gerekli bütün ölçüm ekipmanı verisini, miktarını ve ölçüm yerlerini de belirtmelidir. Ölçüm ekipmanı referans çizgisi ve raporlama dönemi verisinin, referans çizgisi ve raporlama dönemi verilerinin durumunun ve çalışma süresi, sıcaklık, nem, akış basıncı vs. gibi EVÖ'ye özel değerlerin ölçülmesi ve kayıt altına alınması için kullanılır.

Referans çizgisi verilerinden bazıları herhangi bir ölçüm gerektirmeyebilir ve halka açık veya ücreti mukabilinde edinilebilecek bilgiler olabilir. Bu türden veriler şunlardır:

- Tesis doluluğu,
- Mesai günleri ve takvimli tatiller,
- Yılın tamamı için bakım takvimi,
- Tadilatın performansı ile ilgili ekipmanın sayısı,

- Tesis büyüklüğü ve mimari özellikler vs.

Hava durumu verisi enerji davranışı bakımından son derece önemli bir etken olsa da bazı EVÖ'ler üzerinde kritik etkisi olmayabilir. Mümkün olan en iyi enerji tasarrufu tahmininin elde edilebilmesi için hava durumu verilerinin izlenmesi ve analiz edilmesi gerekir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü geçmişe dönük hava durumu verisi temin etmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün temin ettiği bilgi, hava durumu verisine ilişkin en doğru kaynak kabul edilmelidir. Ancak tesislerin de geçmişe dönük hava durumu kaynakları olabilir ama bu bilginin doğrulama amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileriyle karşılaştırılması gerekir. Belediyelerin SGD ve IGD verilerine Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün web sitesinden ulaşılabilmektedir. SGD ve IGD aynı bölge veya farklı bölgeler için seneler içerisinde meteorolojik davranışın karşılaştırılması için kullanılabilir. Türkiye'de bir binanın soğutulması için standardize edilmiş minimum ortam sıcaklığı 22°C, ısıtma için ise 15°C ve altıdır.

Ölçme ve takibe ilişkin ayrıntılar Ö&D planına dahil edilmelidir. Ayrıntılarda ölçümün ne olduğunun, ölçümlerin ne zaman ve nasıl yapıldığının, hangi ölçüm yönteminin kullanıldığının, hangi sayaç ve ekipmanın kullanıldığının ve ölçümlerden kimin sorumlu olduğunun belirtilmesi gerekir.

Ö&D uygulaması için ölçüm yapılırken;

- Seçilen Ö&D opsiyonu tadilatın izole edilmesi için özel ölçüm, enerji faturası veya sayaç okuması, enerji tasarrufu simülasyonu için ayrı ve özel ölçüm ve verilerin bazıları için üzerinde mutabık kalınan tahminler gibi gerekli ölçüm tekniklerini tanımlar.
- Ölçüm sınırı ölçümlerin yapılacağı yerlerin sınırlarını çizer.
- Ö&D maliyeti ölçümün ve raporlanan enerji tasarrufunun niteliğini ve doğruluğunu tanımlar.

### Ölçüm

Projenin mahiyeti ve seçilen Ö&D opsiyonuna bağlı olarak EVD aşağıdaki ölçüm seçeneklerinden birini veya daha fazlasını değerlendirebilir:

- Enerji sayacı ölçümü,
- Alt sayaç ölçümü ve kısmi tadilat ölçümü,
- Geleneksel birikim ve talep ölçümü,
- Akıllı ölçüm.

Sayaçlar tesisin elektrik, gaz ve su tüketimi ayrıntılarını verir. Sayaçlarının sayısı tesis özelliklerine göre değişim gösterebilir. Sayaçlar periyodik olarak okunur ve dönem boyunca sistemin veya alt sistemin enerji tüketimini temsil ederler. Aşağıdaki tabloda Ö&D'de sayaç kullanımının avantajları ve dezavantajları verilmiştir:

**Tablo 9: Sayaçların Avantajları ve Dezavantajları**

| Avantajlar  | Dezavantajlar   |
|---|---|
| Yüksek doğruluk oranıyla geçmişe dönük veri mevcudiyeti   | Tesisin tamamında tek bir sayaç varsa alt sistemlerin enerji tüketiminin tanımlanması imkansız olabilir                                   |
| Güvenilir sürekli ölçüm verisi  | Faturalandırma periyotları düzensiz olabilir  |
| Periyodik ölçüm için anapara veya Ö&D maliyeti söz konusu değildir                                      | Hizmet sağlayıcı geçmişe dönük verinin paylaşılmasına sıcak bakmıyor olabilir   |
| Bağımsız hizmet sağlayıcı tarafından ölçüldüğünden, ölçümler mümkün olduğunca güvenilir şekilde yapılır | Tesisteki sayaçlar münferit şekilde konumlanmıyor olabilirler, bu yüzden farklı kurumları barındıran tesis için aynı sayaç kullanılabilir |

Alt sayaç ölçümü ve kısmi tadilat ölçümü bir tesisin bir bölümünün veya enerjiyle ilişkili sistemlerin bir bölümünün enerji tedarikinin ölçümü için daha iyi çözümlerdir. Alt sayaç verisi bir tesisin farklı bölümlerinin enerji maliyetlerini belirlemenin mükemmel bir yoludur. Bölüm 2.3.'te açıklandığı üzere,



Opsiyon A ve Opsiyon B, EVÖ'nün/EVÖ'lerin enerji performansının alt sayaç ölçümünü gerektiren kısmı tadilat Ö&D opsiyonlarıdır. Alt sayaç ölçümünün en büyük dezavantajı, sayacın genellikle EVÖ uygulamasından hemen önce kurulması, bunun da referans çizgisi verisi eksikliğine neden olmasıdır. Sürekli ölçüm gerekiyorsa alt sayaçların raporlama dönemi boyunca gerekli veriyi toplamaları için sahada bırakılmaları gerekir. Ancak Ö&D opsiyonu yalnızca kısa vadeli ölçüm veya nokta ölçümü gerektiriyor olabilir. Bu durumda tek seferlik veya geçici ölçümler proje için uygun olacaktır.

### 3.5 Ö&D Maliyetleri

Ö&D planlamasının başlıca amaçlarından biri, raporlanan enerji tasarrufunda yeterli kesinlik ve doğrulanabilirlik sağlayarak ayrılan bütçeyle uyumlu bir Ö&D sürecinin tasarlanmasıdır. Daha iyi Ö&D planlaması ve uygulamasına ayrılan zaman, emek ve maliyet arttıkça Ö&D projesinin niteliği ve güvenilirliği de artar. Ö&D'de birkaç varsayım ve ölçüm bulunabileceğinden, enerji tasarrufu her zaman sonuçlarda bir miktar belirsizlikle raporlanır. Genel olarak, Ö&D sonuçlarının doğruluk oranı ne kadar yüksekse Ö&D maliyetleri de o kadar yüksektir. Belirsizlik seviyesinin söz konusu olduğu tahmini tasarruf Ö&D harcamasını kısıtlasa da proje sırasında belirsizlikleri azaltmak ve raporlamayı iyileştirmek için hayata geçirilen diğer eylemler Ö&D maliyetlerini yükseltebilir.

Ö&D planlaması ve maliyeti için aşağıdaki etkenler dikkate alınmalıdır.

**Tablo 10: Ö&D Planlaması ve Maliyeti İçin Dikkate Alınması Gereken Etkenler**

| Etken                            | Dikkate Alınması Gereken Husus  |
|----------------------------------|---|
| EVÖ                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Miktar</li> <li>Tür ve karmaşıklık</li> <li>Etkileşim miktarı</li> </ul>   |
| Ö&D Opsiyonu                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ö&amp;D opsiyonunun türü</li> <li>Opsiyon A, B ve D için ölçüm sınırı dahilindeki enerji akışı miktarı</li> <li>Opsiyon A'nın tahmini veya Opsiyon D'nin simülasyonunun geliştirilmesi için gereken mühendislik oranı</li> </ul> |
| Referans Çizgisinin Tanımlanması | <ul style="list-style-type: none"> <li>Referans çizgisinin geliştirilmesi için gereken zaman ve emek</li> <li>Referans çizgisi döneminin uzunluğu</li> <li>Referans çizgisi döneminin bağımsız değişkenlerinin miktarı ve karmaşıklığı</li> </ul>                       |
| Ölçüm ve İzleme                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ölçümün karmaşıklık seviyesi ve ölçüm sonuçlarının istenen doğruluk seviyesi</li> <li>Ölçümlerin örneklem büyüklükleri</li> <li>Ölçüm süresi</li> <li>Sayaçların sayısı</li> </ul>   |
| Tasarruf Tespiti                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tasarruf raporlamasının gereklilikleri</li> <li>Tasarruf doğrulamasının gereklilikleri ve karmaşıklığı</li> <li>Enerji tasarrufu belirleme sürecini yürüten personelin deneyimi ve profesyonel gereksinimleri</li> </ul>         |

Ö&D opsiyonları referans çizgisi tanımı ve uzunluğu, ölçüm ve izleme gereklilikleri, raporlama süreci vs. gibi tasarruf tahminine ilişkin gerekli bütün süreç ayrıntılarını kapsadıkları için Ö&D maliyetine etki eden başlıca etkenlerdendir. Ö&D opsiyonuna bağlı olarak Ö&D maliyetini belirleyen anahtar etkenler şu şekilde sıralanmaktadır:

- Opsiyon A:
  - Ölçüm noktalarının sayısı,
  - Tahminlerin karmaşıklığı,
  - Raporlama dönemi teftişlerinin sıklığı ve karmaşıklığı.
- Opsiyon B:

- Ölçüm noktalarının sayısı,
- Ölçümlerin süresi ve karmaşıklığı.
- Opsiyon C:
  - Sayaçların sayısı,
  - Bağımsız değişkenlerin türü, miktarı ve karmaşıklığı.
- Opsiyon D:
  - Ölçümlerin ve simülasyonun geliştirilmesinin karmaşıklığı,
  - Profesyonel simülasyon geliştirmesi için gereken beceri oranı.

### 3.6 Kamu Bina ve Tesislerindeki Temel Ö&D Meseleleri

Ö&D planının ilk aşamasında projenin risklerinin değerlendirilmesi gerekir. Enerji tasarrufu tahmini projeden projeye farklılık gösterebilecek çeşitli değişkenlere bağlıdır. Her değişken ölçüm, doğruluk ve maliyet bakımından bir veya birden fazla belirli risk içerir. Proje ve EVÖ'ye/EVÖ'lere göre risk unsurlarının bir listesi çıkarılmalıdır. Kamu bina ve tesisleri için tipik risk unsurları aşağıda sıralanmıştır:

- Tesisin çalışma saatleri,
- Tesis doluluğu,
- Hava durumu,
- Tasarrufta azalma,
- Tesislerde büyük değişimler,
- İ&B performansı, tamir ve değiştirmeyle ilişkili her türlü risk.

Risk unsurları Ö&D sürecinde ortaya çıkabilecek meselelerin türünü belirler. Ö&D'nin kilit meseleleri birkaç farklı kategoriye ayrılabilir:

- Ö&D maliyeti ve faydalarının dengelenmesi,
- İstatistiksel yaklaşımlar ve belirsizlik yönetimi,
- Maliyet önleme,
- Ölçüm meseleleri,
- Enerji fiyatları,
- Düşük referans çizgisi,
- Referans çizgisi verisindeki boşluklar,
- Bastırılmış talep.

#### ***Ö&D Maliyeti ve Faydalarının Dengelenmesi***

Daha önce de ifade edildiği üzere, sonuçların doğruluk oranının yüksek olması daha yüksek ölçüm maliyetlerini beraberinde getirmektedir. Her Ö&D projesinin temel amacı, ayrılan bütçe dahilinde olabilecek en doğru bilgiyi temin etmektir. Dolayısıyla, hangi seviyede doğruluk istendiğine iki tarafça karar verilmesi gerekmektedir. Ö&D maliyetlerinin çoğu ölçüm ve analizlerle ilgilidir. Maliyetler ve faydalara ilişkin risklerin asgariye düşürülmesi için Ö&D planı hazırlanırken aşağıdaki sorulara yanıt verilmelidir.

**Tablo 11: Ö&D Maliyeti ve Faydalarına İlişkin Sorular**

| Etken                        | Yanıtlanacak Soru   |
|------------------------------|---|
| Risk Toleransı               | İki tarafın da doğru tasarruf değerlerinin bilinmesine ilişkin toleransı nedir?   |
| Risk Paylaşımı ve Sorumluluk | EVÖ'lerin gerekli performans ölçümlerinin yapılmasından kim sorumludur?<br>Tesisin günlük operasyonlarından kim sorumludur? |
| Veri Mevcudiyeti             | Önceki projelere ait mevcut veriler iyi belgelendirilmiş ve güvenilir mi?   |
| EPS Türü                     | EPS garantili tasarruf modeline göre mi yoksa paylaşılan tasarruf modeline göre mi geliştirilmiş?                           |

Türkiye'deki kamu tesislerinin çoğunun EV yatırım projeleri bütçeleri düşük olduğundan, Ö&D maliyetini mümkün olduğunca az tutmak kritik bir meseledir. Ö&D maliyeti asgari seviyede tutulurken doğruluk toleransının da dikkate alınması gerekir.

Ö&D maliyeti beklenen tasarrufun büyüklüğü, EVÖ geri ödeme süresi ve raporlama sürecinin doğruluğu, sıklığı ve uzunluğuna ilişkin çıkarlar hesaba katılarak makul bir tayfta tutulmalıdır.

Seçilen Ö&D opsiyonu gerekli ölçüm ve hesaplama yöntemlerini belirlediğinden, Ö&D maliyeti büyük oranda seçilen opsiyona bağlıdır. Kısmi tadilat yöntemleri (Opsiyon A ve Opsiyon B) Ö&D maliyetini yükselten birden fazla sayacı barındırır. Ancak gerçek verinin ölçülmesi yerine pek çok varsayım kullanıldığından, Opsiyon A en az maliyetli Ö&D kabul edilir. Gereken sayaçların karmaşıklığı ve sayısı düşünüldüğünde Opsiyon A, Opsiyon B'ye kıyasla daha az maliyetli olabilir.

Opsiyon A ve Opsiyon B'de yeni ölçüm ekipmanının temin edilmesi, kullanılması ve bakımının yapılması masraflı olabilir. Bu durumda Opsiyon C'nin seçilmesi kayda değer oranda daha az maliyetli olacaktır. Ayrıca, sahada birden fazla EVÖ mevcutsa tüm tesis seviyesinde Opsiyon C veya Opsiyon D her EVÖ'yü izole eden ve ayrıca ölçen kısmı tadilat yönteminden daha az maliyetli olabilir. Ancak Opsiyon D için simülasyon geliştirilmesi zaman alabilir ve gereken profesyonellik zaman içerisinde Ö&D maliyetini artırabilir.

Ölçüm ve izleme maliyetini azaltmak adına EVD'nin hangi parametrelerin ölçülmesi gerektiğini tespit etmek için düzgün bir değerlendirme yapması gerekir. Gereksiz ölçümler Ö&D'den çıkarılmalıdır. Benzer şekilde, enerji tasarrufuna etki etmeyen parametrelerin gereksiz izlenmesinden kaçınmak için izleme ihtiyaçlarının da düzgün şekilde belirlenmesi gerekir. Opsiyon A uygulanırken EVD'nin parametrelerden bazılarının tahmin edilmesinin gerçek verinin ölçümünden daha az maliyetli olduğundan emin olması gerekir. Tahminin iyice belgelenmiş teknik arka planla yapılması gerektiğinden, değerlerin bazılarının tahmin edilmesi aynı parametrenin ölçülmesinden daha maliyetli olabilir.

### ***Düşük Referans Çizgisi***

Düşük referans çizgisi enerji kaynaklarının yetersiz kullanımı ve/veya bir tesiste konfor veya nitelik temin etmek için kullanılan enerji sistemlerinin yetersiz veya verimsiz kullanımı nedeniyle istenen konfor veya kaliteye ulaşamayan referans çizgisi olarak tanımlanabilir. Düşük referans çizgisi öncelikli olarak yetersiz enerji harcamaları, yetersiz ve/veya uygunsuz enerji sistemleri ve yetersiz bakım nedeniyle Türkiye'deki kamu bina ve tesislerinde sık rastlanan bir meseledir. Düşük referans çizgisi durumunun tipik bir rutin olmayan ayarlama olayı olarak düşünülmesi ve hesaplamalara rutin olmayan ayarlama prosedürünün uygulanması gerekir. Yüklenici "UPÖDP Rutin Olmayan Olay ve Ayarlamalar Uygulama Kılavuzu"na danışmalıdır.

Türkiye'deki kamu bina ve tesislerindeki düşük referans çizgisi meselesine ilişkin yaygın bir örnek, yetersiz soğutma ve yetersiz ısıtmadır. Tesis yetersiz soğutulduğunda veya yetersiz ısıtıldığında iç mekan sıcaklığı muhtemelen konfor seviyesinin dışında olacak, bu da konfor standartları bakımından tesisin yaz aylarında daha sıcak, kış aylarında daha soğuk olmasına neden olacaktır.

ISH sistemi için düşük referans çizgisi söz konusu olduğunda ISH'ye ilişkin EVÖ'nün gelişmiş bir kontrol sisteminin yanı sıra verimli ve uygun bir ISH sistemi sayesinde iç mekan sıcaklığını konfor seviyesine getirmesi muhtemeldir. Böyle bir durumda EVD'nin, EVÖ'nün uygulanmasından önceki ve sonraki iç mekan sıcaklık seviyelerini özenle dikkate alması ve tahmini enerji tasarrufunu temsil etmek ve enerji tasarrufuna ilişkin yüksek tahmin yapılmasının önüne geçmek için referans çizgisi enerji tüketimine yapılacak uygun ayarlamalara dikkat etmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, referans çizgisi enerjisi EVÖ'nün raporlama döneminde temin edeceği olağan çalışma koşullarını yansıtacak şekilde ayarlanmalıdır.

Tam tersi bir durum olarak, bazı kamu bina ve tesisleri kontrol sistemlerinin eksikliği nedeniyle aşırı ısıtılıyor veya aşırı soğutuluyor olabilirler. Bu durum, tesis için gereksiz ısıtma veya soğutma yüküne neden olabilmektedir. Böyle bir durumda benzer şekilde, referans çizgisi enerjisi EVÖ'nün raporlama döneminde temin edeceği olağan çalışma koşullarını yansıtacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu işlem, enerji tasarrufuna ilişkin muhtemel düşük tahminlerin önüne geçmek için kritik önem taşımaktadır.

#### Örnek:

Bir kamu tesisinin 2019-2020 yılları arasındaki bir yıllık döneme ait enerji faturalarından hareketle referans çizgisi enerji tüketimi belirlenmiştir; bu da tesisin ısınma için tükettiği enerjiyi temsil etmektedir. Isınma için tüketilen yıllık referans çizgisi enerjisi **1.226.160 kWh** olarak belirlenmiştir. Fakat sıcaklığın 20°C'ye ayarlandığı ancak mevcut ısıtma sisteminin tam kapasite çalışarak mekanı ancak 16°C'ye kadar ısıtabildiği görülmüştür.

Mevcut sistemin yeni ve daha verimli bir ısıtma sistemiyle değiştirilmesine karar verilmiştir. Hesaplamalara göre, yeni sistem yılda **1.200.000 kWh** enerji harcayacak ancak iç mekan sıcaklığını istendiği gibi 20°C'de tutacaktır.

Yeni sistemle önlenecek enerji tüketimini değerlendirmek için referans çizgisi enerji tüketiminin, istenen sıcaklık seviyesine ayarlanması gerekmektedir. İç mekan sıcaklığını 20°C'ye çıkarabilseydi mevcut ısıtma sisteminin yaklaşık **1.530.000 kWh** enerji kullanacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla, EVÖ sayesinde önlenecek enerji tüketimi **330.000 kWh**'dir. Referans çizgisi enerjisinin ayarlanmaması halinde önlenecek enerji tüketimi **26.160 kWh** şeklinde yanlış hesaplanacaktı. Ancak tesis referans çizgisi döneminde yetersiz ısıtıldığından, gerçek tasarruf aslında daha fazladır.

Referans çizgisi döneminde binanın sıcaklık seviyesinin yıl boyunca konfor alanı içinde olup olmadığı kolaylıkla analiz edilebilir. Sıcaklıklar konfor alanı sıcaklıklarının altında veya üstündeyse bunun anlamı, ısıtma/soğutma sisteminin tüketmesi gerekenden daha az veya daha fazla enerji tükettiğidir. EVD'nin böyle bir durumu fark etmesi halinde mevcut sıcaklık ayarlama noktalarına ilişkin olarak bina yöneticilerinin onayı aranmalıdır. Ardından hatalı ekipman olup olmadığının tespit edilmesi için mevcut ısıtma/soğutma ekipmanının bakım takvimi gözden geçirilmelidir. Ekipman olağan çalışma koşullarında değilse onarılabılır veya değiştirilebilir. Yeni sistemin, değiştirilen eski sisteme kıyasla enerji bakımından çok daha verimli olacağını kesin olduğunun belirtilmesi gerekir. Dolayısıyla, yeni sistem konfor koşullarını yerine getirebilmek için eski sisteme kıyasla daha az enerji harcayacaktır. Benzer şekilde, eski sistem bu sıcaklığı temin edemediğinden, yeni sistem iç mekan sıcaklığını konfor alanı dahilinde tutmak için daha fazla enerji harcayacaktır.

Düşük referans çizgisi nedeniyle referans çizgisi ayarlamalarına şu durumlarda ihtiyaç duyulur:

- Değişken, proje için geliştirilen matematiksel modele dahilse
- Değişimler Ö&D planında öngörülen bir değişkeni etkiliyorsa. Örneğin, bir soğutma sistemi verimliliği EVÖ'sü için soğutma kWh miktarı öngörülmüşse soğutma kWh'sinde artış, gerçek tasarruf değişse bile üzerinde mutabık kalınan basitleştirilmiş yöntemle göre belirlenen tasarrufu etkilemeyecektir.
- ekipman değişimleri tasarruf tespiti sınırının ötesinde gerçekleşirse. Örneğin, bir aydınlatma tadilatı için sınır yalnızca aydınlatma sistemini kapsıyorsa mekana kişisel bilgisayarların eklenmesi tasarruf tespitine etki etmeyecektir.

### **Referans Çizgisi Verisindeki Boşluklar**

Mevcut geçmişe dönük verinin toplanması, Ö&D'de referans çizgisinin belirlenmesinin başlıca unsurudur. Ancak enerji tüketimine ilişkin mevcut eski veri veya tesise ilişkin ihtiyaç duyulan başka veriler mevcut olmayabilir. Bunun, Türkiye'deki kamu bina ve tesisleri söz konusu olduğunda yaygın bir mesele olduğu değerlendirilmektedir. Ancak Ö&D için gereken verinin ölçülmesi ve toplanması için hiçbir zaman çok geç olmadığı unutulmaması gerekir. Projenin zaman çizelgesi bir EVÖ için gereken bütün verilerin, özellikle de mevsimsellik ile ilişkili olanların toplanması için gereken zamana uygun olmasa da gerekli bütün veriler Ö&D projesinin başlangıcında mümkün olduğunca erken toplanmalıdır.

Bazı durumlarda veri mevcut olmayacağından veya kısmen mevcut olacağından, gerekli bütün verinin projenin ilk aşamasında toplanması mümkün olmayabilir. Gerekli referans çizgisi verilerinden hiçbiri mevcut değilse EVD, Ö&D opsiyonu olarak Opsiyon D ile yola devam etmeyi düşünmelidir. Opsiyon D'nin uygulanması sayesinde EVD, EVÖ'nün referans çizgisi ve raporlama dönemleri arasındaki enerji performansının karşılaştırmasını yapmak için gereken veriyi temin edecek referans çizgisi koşullarını simüle etme fırsatı bulacaktır. Diğer yandan, referans çizgisi verisi kısmen mevcutsa —ki bu referans çizgisi verisinde boşluklar olduğu anlamına gelir— Opsiyon D boşlukları doldurmanın en iyi yoludur. Referans çizgisi koşulları simüle edilerek referans çizgisi döneminin enerji tüketimi belirlenebilir. Ancak Opsiyon D gelişmiş mühendislik ve bir teknik edip gerektirdiğinden, diğer seçeneklere kıyasla daha maliyetli olabilir.

### **Maliyet Önleme**

Bir Ö&D projesinin başarısını veya başarısızlığını belirleyen, beklenen tasarrufun gerçekleşip gerçekleşmemesidir. Başka şekilde ifade edilecek olursa, kurulan ve çalıştırılan EVÖ'ler enerji faturalarını azaltmışsa projenin başarılı olduğu kabul edilir. Ancak Ö&D'deki diğer pek çok uygulamada söz konusu olduğu gibi, referans çizgisi ve raporlama dönemlerinin enerji fiyatlarının karşılaştırılması gerekir. Ö&D'nin süresine bağlı olarak enerji fiyatları düşebilir veya çıkabilir. Enerji fiyatları proje süresince artmışsa tasarruf edilen enerji miktarı ve ilişkili yeni enerji maliyeti raporlama döneminde artmış veya aynı kalmış gibi gözükabilir. Enerji fiyatları düşmüşse enerji maliyeti daha düşük olacak ama istenen enerji tasarrufu miktarına da ulaşılmayabilecektir. Dolayısıyla, maliyet önleme bu türden meselelerin çözümü olarak görülmelidir.

Beklenen enerji maliyeti tasarrufunun gerçek ölçümlerden daha düşük olduğu durumlarda maliyet önleme düşünülmelidir. Temel olarak, yapılmayan enerji azaltımının maliyeti ile başarılı enerji azaltımı sonrası mevcut maliyet arasındaki fark olan önlenen maliyet hesaplanmalıdır. Konuya açıklık getirmek adına, maliyet önlemenin, bu Kılavuz'da ayrıntılı şekilde açıklanan önlenen enerjiyle aynı kavram olduğunun belirtilmesi gerekir. Referans çizgisi dönemi enerji tüketimi raporlama dönemi koşullarına ayarlandığında maliyet önleme formülü şu şekilde basitleştirilebilir:

$$\text{Maliyet Önleme} = \text{Raporlama Dönemindeki Enerji Fiyatı} \times (\text{Raporlama Enerjisi} - \text{Ayarlanmış Referans Çizgisi Enerjisi})$$

Ayrıca, düzgün bir maliyet önleme uygulaması aşağıdaki parametrelere ilişkin analizler gerektirir:

- Ayrıntılı tarife yapısı,
- Talep değişimleri,
- Enerji değişimleri,
- Diğer ilgili fatura ücretleri (vergiler vs.)

### ***İstatistiksel Yaklaşımlar ve Belirsizlik Yönetimi***

Ö&D projelerinin sonuçları hiçbir zaman kusursuz kesinlik taşımazlar ancak belgelendirilmemiş, profesyonellikten uzak ve güvenilir olmayan yöntemlerin kullanımı riskini her zaman azaltırlar. Ö&D'nin temel enerji tasarrufu tahmini yöntemi, raporlama dönemi boyunca gerçek ölçümün enerji tüketimi ile EVÖ hiç uygulanmamış olsaydı ne kadar enerji tüketileceğini temsil eden ayarlanmış referans çizgisi enerjisinin karşılaştırılmasına dayanır. Dolayısıyla, referans çizgisi enerji tüketiminin ayarlanması veya başka ayarlama yöntemlerinin kullanılması bir nebze belirsizlik ortaya çıkarır. Diğer yandan, ölçüm ve örneklendirilmiş veri diğer belirsizlik kaynaklarıdır. Belirsizlik oranının değerlendirilmesi ve müşteriye bildirilmesi gerekir. İki taraf da belirsizlik oranının kabul edilebilir sınırlarda olduğundan emin olurlar.

UPÖDP VDK 10100–1:2018 İçin Belirsizlik Değerlendirmesi belirsizliğin ölçülmesi yöntemlerinin yanı sıra belirsizliğin birden fazla unsurunun bir araya getirilmesi yöntemleri ve belirsizlik kriter veya amaçlarının belirlenmesi için yöntemler sunmaktadır.

## **3.7 Kamu Bina ve Tesislerindeki Tipik EVÖ'ler İçin Kılavuz**

Kılavuz'un bu bölümünde Türkiye'deki enerji verimliliği projeleri için birkaç tipik EVÖ sunulmaktadır. Bu bölümde sunulan bilgiler, belirli projelerde Ö&D'nin nasıl yapılacağına ilişkin genel bir fikir vermesi için basitleştirilmiştir. Bir Ö&D projesinin gereklilikleri büyük oranda projenin niteliklerine ve mahiyetine bağlıdır.

### **3.7.1 Aydınlatma – UPÖDP Ö&D Opsiyon A**

Aydınlatma projeleri genel olarak bir kamu bina veya tesisinin eski aydınlatma sisteminin daha yüksek verimliliğe sahip aydınlatmayla değiştirilmesini kapsar. Projeler aşağıda sıralanan kalemlerden bir tesiste bulunan birinin veya daha fazlasının değiştirilmesini/verimlilik iyileştirmesini kapsayabilir:

- Lambalar,
- Armatürler,
- Mercekler,
- Reflektörler,
- Balast.

Aydınlatma sisteminin enerji performansı iyileştirilirken konfor şartı için gerekli olan aydınlatma seviyelerinin korunması kritik önem taşımaktadır.

Çoğu durumda Opsiyon A kamusal tesislerdeki aydınlatma projeleri için en uygun Ö&D opsiyonudur. Ek-1'de ayrıntılı Ö&D planı ve raporlaması örnekleri verilmiştir. Opsiyon A seçilirken aşağıdaki etkenler göz önünde bulundurulur:

- Aydınlatma tadilat projelerinin enerji tasarrufları basit ölçümlerle hesaplanabilir. Çoğu durumda tasarrufun doğrulanması için az sayıda ölçüm yeterlidir.
- Referans çizgisi, uygulama ve raporlama dönemlerinde enerji tasarruflarının hesaplanması ve doğrulanması genellikle kolaydır. Tipik lambalar ve balast kombinasyonlu ışıklı masalar kullanılabilir.

- Referans çizgisi ve kurulum sonrası ölçümleri örnek bir dizi armatür için noktasal olarak yapılabilir. Aydınlatma enerji tüketiminin en az %75'ine tekabül eden küçük lamba grubu yerine daha tipik veya büyük lamba grubunun nokta ölçümünün yapılması idealdir.
- Referans çizgisi çalışma saatleri verisi tesiste aydınlatma gücünün en az %80'inin kullanıldığı en geniş alanları temsil eden kısa vadeli veri girişiyle doğrulanır.
- Tasarruf hesaplanırken ısıtma ve soğutma yükündeki değişimin de dikkate alınması gerekir.

#### Örnek:

Bir odanın mevcut aydınlatma armatürleri %95 verimlilik oranıyla çalışmaktadır ve toplam enerji tüketimi 10.000 kWh'dir. Bu durumda aydınlatma sistemi odaya 500 kWh ısı vermektedir. Yeni aydınlatma sistemi de %95 verimlilik oranıyla çalışmaktadır ve toplam enerji tüketimi 5.000 kWh'dir. Yeni sistem odaya 250 kWh ısı vermektedir. Bu durum ısıtma sistemi üzerinde fazladan 250 kWh yüke neden olacaktır ki Ö&D yapılırken bunun hesaba katılması gerekir.

Tablo 12 bir aydınlatma projesi için Opsiyon A kapsamında geliştirilen Ö&D planının performans ve operasyon parametrelerini göstermektedir.

**Tablo 12: Aydınlatma Projesi – Opsiyon A Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri**

| Parametre  | Dönem            | Evren  | Ölçümler   |
|--|------------------|--|--|
| <b>Aydınlatma Gücü (kWh)</b>                     |                  |  |  |
| Performans                                       | Referans Çizgisi | %90 güvenilirlik seviyesiyle %10 kesinlik veya %80 güvenilirlik seviyesiyle %20 kesinlik | Nokta Ölçümleri  |
| Performans                                       | Kurulum Sonrası  | %90 güvenilirlik seviyesiyle %10 kesinlik veya %80 güvenilirlik seviyesiyle %20 kesinlik | Nokta Ölçümleri  |
| Performans                                       | Raporlama        | Kurulum sonrasında doğrulanır (tasarrufa bağlı olarak tek seferlik veya sürekli)         | Hiç yapılmaz veya tasarrufa bağlı olarak periyodik yapılır |
| <b>Aydınlatma Seviyesi</b>                       |                  |  |  |
| Performans                                       | Referans Çizgisi | %90 güvenilirlik seviyesiyle %10 kesinlik veya %80 güvenilirlik seviyesiyle %20 kesinlik | Nokta Ölçümleri  |
| Performans                                       | Kurulum Sonrası  | %90 güvenilirlik seviyesiyle %10 kesinlik veya %80 güvenilirlik seviyesiyle %20 kesinlik | Nokta Ölçümleri  |
| Performans                                       | Raporlama        | Kurulum sonrasında doğrulanır (tasarrufa bağlı olarak tek seferlik veya sürekli)         | Yok  |
| <b>Aydınlatma Çalışma Süresi (saat/lokasyon)</b> |                  |  |  |
| Operasyon  | Referans Çizgisi | %90 güvenilirlik seviyesiyle %10 kesinlik veya %80 güvenilirlik seviyesiyle %20 kesinlik | Kısa Vadeli Ölçüm  |
| Operasyon  | Kurulum Sonrası  | Referans çizgisi döneminde ölçülür   | Öngörülür  |
| Operasyon  | Raporlama        | Referans çizgisi döneminde ölçülür   | Öngörülür  |

Kaynak: FEMP - Ö&D Kılavuzu: Performans Temelli Sözleşmeler İçin Ölçüm ve Doğrulama Versiyon 4.0

### 3.7.2 Bina Cephesi Tadilatları – UPÖDP Opsiyon D

Bina cephesi iyileştirmeleri kamu bina ve tesislerinde yaygın olarak kullanılan bir diğer EVÖ türüdür. Bina cephesi tadilatlarının ana amacı, mevcut verimsiz veya uygunsuz bina yalıtım malzemesi değiştirilerek bina cephesinin iyileştirilmesidir. Mevcut malzemenin değiştirilmesi sayesinde dış ortam ile binanın içi arasındaki ısı transferi azaltılacak, bu da ısıtma ve soğutma yükünde enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Opsiyon D enerji tüketimi tasarrufunun hesaplanması için iyi bir seçenektir. Ancak projenin raporlama döneminde Opsiyon A kullanılabilir.

Opsiyon D uygulanırken aşağıdaki etkenler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Isıtma ve soğutmayla ilişkili genel enerji tüketimi kalibre edilmiş bina enerji analizi modeliyle tahmin edilebilir. Model geliştirildikten sonra kısa dönem ölçüm verisinin enerji faturasına kalibre edilebilir. Bunun ardından performansın süregelen doğrulaması için Opsiyon A kullanılabilir.
- Bina malzemelerinin U değeri gibi gerekli veriler TS-825 standartlarına göre hesaplanabilir. U değerinin referans çizgisi geliştirilmesi aşamasında yapılan gözlemlere dayanarak hesaplanması gerekir.
- Yalnızca U değerindeki iyileştirmenin ve azaltılmış sızmanın tasarrufa tatbik edildiğinin doğrulanması için anahtar operasyonel parametreler kısa vadeli ölçülmelidir. Azalan ekipman çalışma süresinin de doğrulanması gerekir.
- Kalibre edilmiş bina enerji sistemi analiziyle Opsiyon D kapsamında Ö&D yapılırken sonuçların doğrulanması son derece kritiktir. Dolayısıyla, aşağıdaki adımların dikkate alınması gerekir:
  - Yeni bina cephesi malzemesinin kurulumun doğrulanması.
  - Azalan ısı transferi ve sızmanın doğrulanması için TS-825 standart hesaplamalarının yapılması.
  - İstikrarlı tesis çalışmasının doğrulanması için kısa vadeli ölçüm yapılması.
  - Referans çizgisi belirlenmesi sırasında toplanan performans ve işletim verisi için tesis yönetiminin izninin alınması.

**Tablo 13: Bina Cephesi Tadilatı – Opsiyon D Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri**

| Parametre          | Dönem            | Evren   | Ölçümler  |
|--------------------|------------------|---|---|
| <b>Isı İletimi</b> |                  |   |   |
| Performans         | Referans Çizgisi | İskeletle birlikte yalıtım R değeri (tüm yapı)        | TS-825 hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanır |
| Performans         | Kurulum Sonrası  | İskeletle birlikte yalıtım R değeri (tüm yapı)        | TS-825 hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanır |
| Performans         | Raporlama        | Yok   | Öngörülür   |
| <b>Sızma</b>       |                  |   |   |
| Performans         | Referans Çizgisi | Tüm yapı veya sızma oranlarının yüksek olduğu alanlar | TS-825 hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanır |
| Performans         | Kurulum Sonrası  | Tüm yapı veya sızma oranlarının yüksek olduğu alanlar | TS-825 hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanır |
| Performans         | Raporlama        | Yok   | Öngörülür   |

Kaynak: FEMP - Ö&D Kılavuzu: Performans Temelli Sözleşmeler İçin Ölçüm ve Doğrulama Versiyon 4.0

### 3.7.3 Yenilebilir Enerji Kaynağı Kurulumu – UPÖDP Opsiyon B

Bu türden projeler tesisin enerji tüketimini tamamen veya kısmen yenilebilir enerji kaynaklarına dönüştürmek için bir kamu tesisinde yenilebilir enerji kaynaklarının kurulmasını kapsayabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları kamu tesisinin yer aldığı lokasyondaki yenilenebilir enerji olanaklarına bağlı olarak bölgeden bölgeye değişebilir.

Yenilebilir enerjiyle ilişkili enerji tasarrufunun ölçümü ve doğrulanması için Opsiyon B kullanılabilir.

Enerji tasarrufu yeni yenilebilir enerji kaynağının ürettiği gücün ölçülmesiyle tespit edilebileceğinden, bu türden projelerde genel tasarrufun ölçülmesi görece kolaydır. Güç üretimi raporlama dönemi boyunca alt sayaçlarla ölçülebilir.

Elde edilen tasarrufun doğrulanması için ölçülen verinin her sene analiz edilmesi gerekir.



Düzenli çalışma ve maksimum performans için yenilenebilir enerji kaynaklarının düzenli olarak kontrol edilmeleri gerekir.

**Tablo 14: Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kurulumu – Opsiyon B Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri**

| Parametre  | Dönem            | Evren                        | Ölçümler       |
|--|------------------|------------------------------|----------------|
| <b>Üretilen Kilowatt ve Kilowatt-Saat (ölçüme dayalı çalışma saatleri)</b> |                  |                              |                |
| Performans   | Referans Çizgisi | Yok                          | Yok            |
| Performans   | Kurulum Sonrası  | Yenilenebilir üretim         | Nokta/periodyk |
| Performans   | Raporlama        | Tamamen yenilenebilir üretim | Ölçülen veri   |

Kaynak: FEMP - Ö&D Kılavuzu: Performans Temelli Sözleşmeler İçin Ölçüm ve Doğrulama Versiyon 4.0

### 3.7.4 Isı Geri Kazanım Sistemi – UPÖDP Opsiyon C

Isı geri kazanım birimleri (IGKB'ler) sistemin gerektirdiği ısıtma ve soğutma enerji üretimini azaltarak ISH sistemlerinin enerji tüketimini düşürürler. Piyasada pek çok farklı tasarıma sahip IGKB olmasına rağmen tipik Ö&D kavramı bütün türler için benzerdir.

ISH ekipmanı ve bina yükü arasındaki etkileşimler nedeniyle Opsiyon C enerji tüketimi tasarrufu sağlamak için IGKB'lerle Ö&D yapılması için uygun bir seçenektir. Ö&D planı belirlendikten sonra raporlama döneminde seçilen anahtar parametrelerin kısa dönem ölçümüyle EVÖ performansının doğrulanması için Opsiyon A kullanılabilir. IGKB'lerle proje yürütülürken aşağıdaki etkenlerin dikkate alınması gerekir:

- IGKB'nin enerji performansı esas olarak hava akımı ve sıcaklık farklılıklarına bağlı olduğundan, proje boyunca gerekli bütün verilerin toplanması son derece kritiktir. Hava sıcaklığı ve hava akımı yıl içerisinde değişiklik gösterir ve değişimler bina havalandırma talebine ve çevre koşullarına bağlıdır. Bu nedenle, bu türden etkenlerin yeni sistemin enerji tüketimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmalıdır.
- Sistemin performans parametreleri verisinin de toplanması gerekir. Bu performans parametrelerine fan akımı, tedarik entalpisi farkı ve eşanjördeki egzoz entalpisi farkı dahildir.

**Tablo 15: Isı Geri Kazanım Sistemi – Opsiyon C Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri**

| Parametre   | Dönem            | Evren                              | Ölçümler          |
|---|------------------|------------------------------------|-------------------|
| <b>Isı Geri Kazanımı Öncesi ve Sonrası Besleme Hava Entalpisi</b> |                  |                                    |                   |
| Performans  | Referans Çizgisi | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans  | Kurulum Sonrası  | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans  | Raporlama        | IGKB'lerin yüzde 20'si (dönüştürü) | Kısa Vadeli Ölçüm |
| <b>Isı Geri Kazanımı Öncesi ve Sonrası Atık Hava Entalpisi</b>    |                  |                                    |                   |
| Performans  | Referans Çizgisi | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans  | Kurulum Sonrası  | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans  | Raporlama        | IGKB'lerin yüzde 20'si (dönüştürü) | Kısa Vadeli Ölçüm |
| <b>Besleme Hava ve Atık Hava Akımı</b>                            |                  |                                    |                   |
| Performans  | Referans Çizgisi | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans  | Kurulum Sonrası  | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans  | Raporlama        | IGKB'lerin yüzde 20'si (dönüştürü) | Kısa Vadeli Ölçüm |
| <b>Ekipman Çalışma Süresi (saat)</b>                              |                  |                                    |                   |
| Operasyon   | Referans Çizgisi | IGKB'lerin %50'si                  | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon   | Kurulum Sonrası  | Referans Çizgisi                   | -                 |
| Operasyon   | Raporlama        | Referans Çizgisi                   | -                 |

Kaynak: FEMP - Ö&D Kılavuzu: Performans Temelli Sözleşmeler İçin Ölçüm ve Doğrulama Versiyon 4.0

### 3.7.5 Bina Enerji Yönetimi Kontrol Sistemi – UPÖDP Opsiyon D

Bir enerji yönetimi kontrol sisteminin geliştirilmesi ısıtma/soğutma, havalandırma ve iklimlendirme (ISH) ekipmanının ve enerji tüketen diğer ekipmanların enerji tüketimini optimize eder.

Bina enerji kontrol sistemleri için Opsiyon D'nin en uygun Ö&D opsiyonu olduğu düşünülebilir. Ö&D yapılırken aşağıdaki etkenlerin dikkate alınması gerekir:

- Opsiyon A seçilen anahtar parametrelerin sürekli ölçümleri sayesinde raporlama döneminde EVÖ'nün performansının doğrulanması için kullanılabilir. Süregelen performans ölçümleri bina enerji yönetimi kontrol sistemi aracılığıyla toplandığından, EVÖ performansını doğrulamak için EYKS eğilim kayıtlarının yıllık bazda basit bir incelemesi yapılacaktır.
- Ö&D maliyetini azaltmak için performans verisinin kontrol sistemi aracılığıyla toplanması gerekir.
- Operasyonel parametreler (sıcaklık ayar noktaları, aksamalar, yeniden ayarlama takvimleri, çalışma süreleri vs.) operasyon takvimini doğrulamak için temsili sayıda mevcut ekipman için yapılan kısa vadeli veri girişi sırasında belirlenecektir.
- Model, enerji tasarrufunu kolaylıkla tahmin edebilecektir. Ancak kabul edilebilir bir referans çizgisi geliştirilmesi için modelin geçmişe dönük enerji verisi ve nokta ölçümleriyle kalibre edilmesi gerekmektedir.

**Tablo 16: Bina Enerji Yönetimi Kontrol Sistemi – Opsiyon D Ö&D Planı Performans ve Operasyon Parametreleri**

| Parametre                                   | Dönem            | Evren  | Ölçümler          |
|---|------------------|--|-------------------|
| <b>ISH Ekipmanı Gücü (kW)</b>               |                  |  |                   |
| Performans                                  | Referans Çizgisi | %20 (odak, kontrollü daha büyük ISH ekipmanında)             | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans                                  | Kurulum Sonrası  | %20 (odak, kontrollü daha büyük ISH ekipmanında)             | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Performans                                  | Raporlama        | Eğilim kayıtlarının incelenmesi                              | Sistemden         |
| <b>ISH Ekipmanı Çalışma Süresi (saat)</b>   |                  |  |                   |
| Operasyon                                   | Referans Çizgisi | %20 (odak, kontrollü daha büyük ISH ekipmanında)             | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon                                   | Kurulum Sonrası  | %20 (odak, kontrollü daha büyük ISH ekipmanında)             | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon                                   | Raporlama        | Eğilim kayıtlarının incelenmesi                              | Sistemden         |
| <b>Sıcaklık Ayar Noktaları</b>              |                  |  |                   |
| Operasyon                                   | Referans Çizgisi | %20 (odak, bina alanının çoğunluğuna sahip benzer alanlarda) | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon                                   | Kurulum Sonrası  | %20 (odak, bina alanının çoğunluğuna sahip benzer alanlarda) | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon                                   | Raporlama        | Eğilim kayıtlarının incelenmesi                              | Sistemden         |
| <b>Sıcaklık Yeniden Ayarlama Takvimleri</b> |                  |  |                   |
| Operasyon                                   | Referans Çizgisi | %20 (odak, kontrollü daha büyük ISH ekipmanında)             | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon                                   | Kurulum Sonrası  | %20 (odak, kontrollü daha büyük ISH ekipmanında)             | Kısa Vadeli Ölçüm |
| Operasyon                                   | Raporlama        | Eğilim kayıtlarının incelenmesi                              | Sistemden         |

Kaynak: FEMP - Ö&D Kılavuzu: Performans Temelli Sözleşmeler İçin Ölçüm ve Doğrulama Versiyon 4.0

### 3.8 Ö&D Planı Çerçevesi

Ö&D planının aşağıdaki çerçeve izlenerek hazırlanması gerekmektedir. Çerçevenin her unsuru için aşağıda kısa bilgiler verilmiştir. Ancak her başlık Ö&D Kılavuzu Bölüm 3'te değinilen gerekli bilgileri içermelidir.

## 1. Tesis ve Projeye Genel Bakış

- Tesisle ilgili genel bilgi
- Projeye ilgili genel bilgi
- Proje ekibinin rol ve sorumlulukları içeren listesi
- Her bir EVÖ'ye ilişkin genel bilgilerle birlikte uygulanacak EVÖ'lerin listesi
- Proje için yürütülen ilgili enerji etüdüyle veya başka analizlerle ilgili genel bilgi

## 2. Enerji Verimliliği Önlemleri Bilgileri

- Her EVÖ için EVÖ'nün konsepti ve enerji tasarrufu amaçlarıyla ilgili bilgiyle birlikte aşağıdaki alt başlıklarda bilgi verilmelidir.

### 2.1 EVÖ Tanımı

### 2.2 Enerji Tasarrufu

- Enerji performansı iyileştirmesi, çalışma saatlerinin azaltılması vs. gibi beklenen enerji tasarrufu yöntemi belirtilmelidir.

### 2.3 Ekipman Envanteri

- EVÖ'den etkilenecek sistemdeki ekipmanı içeren bir ekipman envanteri çıkarılmalıdır.

### 2.4 Beklenen Tasarruf

- Beklenen tasarrufun en doğru ve en şeffaf hesaplama yöntemleriyle verilmesi gerekmektedir.

## 3. Ö&D Opsiyonu ve Ölçüm Sınırı

- Beklenen tasarrufların değerlendirilmesi için seçilen Ö&D opsiyonu belirtilmelidir.
- Ölçüm sınırı tanımlanmalıdır.

## 4. Referans Çizgisinin Tanımlanması

- Her ölçüm sınırı içerisinde referans çizgisi enerji tüketimi ve ona etki eden parametreler belirlenmelidir.

### 4.1 Referans Çizgisinin Süresi

- Referans çizgisi gerekliliklerinin değerlendirildiği ve belgelendirildiği dönem belirtilmelidir.

### 4.2 Referans Çizgisi Enerji Tüketimi Verisi veya Tüketim Analizi

- Referans çizgisi dönemi için referans çizgisi enerji tüketimi belirlenmeli veya tüketim analizi yapılmalıdır.

Not: Referans çizgisi enerji tüketimi bağımsız değişken kabul edilir.

### 4.3 Bağımsız Değişkenler

- Enerji tüketimine etki eden bağımsız değişkenler belirlenmeli ve bu bağımsız değişken verisi referans çizgisi enerji tüketiminin belirlendiği dönem için irdelenmelidir.

### 4.4 İşletim Koşulları

- Referans çizgisi süresinin belirlenmesi sırasında bağımlı ve bağımsız değişkenlerle ilişkili işletim koşullarının (sabit etkenler) tanımlanması gerekir.

### 4.5 İnteraktif Etkiler

- Ölçüm sınırı dışındaki interaktif etkiler ve bunların proje tasarrufu üzerindeki potansiyel etkileri belirtilmelidir.

Not: Sayısallaştırılan interaktif etkiler ve sayısallaştırma esasları verilmelidir.

## 5. Raporlama Dönemi

- Uygulama sonrası EVÖ'nün/EVÖ'lerin değerlendirileceği ve ölçüleceği raporlama dönemi belirlenmelidir.

Not: Referans çizgisi ve raporlama dönemlerinin uzunluklarının aynı olmaması durumunda referans çizgisi ve raporlama dönemi enerji tüketimlerinin dengeli ve güvenilir şekilde karşılaştırılabilmesi için zaman aralıklarının nasıl normalize edileceği açıklanmalıdır.

Not: Bir performans sözleşmesinde performans dönemi proje garanti dönemine tekabül eder ve çoklu raporlama döneminden oluşur. Normalde yüklenicinin performans dönemi boyunca EVD'nin/EVD'lerin performansını düzenli olarak raporlaması gerekir.

Not: UPÖDP Opsiyon A'nın seçilmesi halinde ekipmanın hâlâ yerinde olduğunun ve beklendiği şekilde çalıştığına doğrulanması için raporlama dönemi boyunca yapılacak periyodik teftişler belirtilmelidir.

## 6. Ayarlamalar

- Enerji tüketimine etki eden işletim koşulları referans çizgisi ve raporlama dönemlerinde değişebilir. İşletim koşullarındaki bu değişimlerin açıklanması için ayarlamalar gereklidir. Geçerli bir karşılaştırma ve tasarruf hesabı için referans çizgisi ve/veya raporlama dönemi enerji tüketimlerinin nasıl ayarlanacağını gösteren ayrıntılar verilmelidir.

## 7. Hesaplama Metodolojisi ve Prosedürü

- Her raporlama dönemi için kullanılacak veri analizi prosedürleri, model tanımları ve tasarrufun hesaplanmasında kullanılacak varsayımlar belirtilmelidir.
- Kullanılacak her model için bütün bağımsız değişkenler, bağımlı değişkenler ve diğer modellerle ilişkili durumlar tespit edilmeli ve tanımlanmalıdır. Bütün katsayılar, istatistiksel ölçüler veya diğer model unsur ve koşulları raporlanmalıdır. Bağımsız değişkenlerin geçerli olduğu aralık modeller üzerinden raporlanmalıdır.
- Referans çizgisi enerji tüketimi hesaplama yöntemi açıklanmalıdır.
- Referans çizgisi ayarlamalarının (rutin ve rutin olmayan) nasıl yapılacağı açıklanmalıdır.
- Tasarrufun nasıl belirleneceği açıklanmalıdır.
- Yapılan hata analizi/belirsizlik, parametrik incelemeler açıklanmalıdır.

Not: UPÖDP Opsiyon A'nın seçilmesi durumunda tasarruf hesaplamasının parçası olarak tahmin edilecek değişkenler tespit edilmeli, değerleri ve kaynakları açıkça belirtilmelidir. Tahmin edilen parametrelerin makul değer aralığına tekabül eden muhtemel tasarruf aralığı raporlanmalı, bu tahminlerin toplam beklenen tasarruf üzerindeki genel etkisi gösterilmelidir.

Not: UPÖDP Opsiyon D'nin seçilmesi durumunda tasarruf hesaplaması için kullanılacak simülasyon yazılımının adı ve versiyonu raporlanmalıdır. Giriş dosyalarının, çıkış dosyalarının ve hava durumu simülasyonu için kullanılan hava durumu dosyalarının kopyaları temin edilmelidir. Ayrıca, hangi giriş parametrelerinin ölçüleceği ve hangi giriş parametrelerinin tahmin edileceğine dair ölçülen bütün veriler, temin edilmek suretiyle belirtilmelidir. Kalibrasyon gereklilikleri dahil olmak üzere kalibrasyon için kullanılan enerji ve işletim verisinin yanı sıra simülasyon sonuçlarının, kalibrasyon enerji verisiyle uyumlu kesinliği belirtilmelidir. İlgili rutin olmayan ayarlamaları yapmak için kullanılan yöntemle ilişkin bilgi verilmelidir.

## 8. Enerji Fiyatları

- EVÖ'den/EVÖ'lerden kaynaklı maliyet tasarruflarını hesaplamada kullanılacak birim enerji maliyeti veya tarifesi ve birim enerji maliyetlerinin EVÖ'nün/EVÖ'lerin işletim dönemi sırasında değişmesi halinde tasarrufların parasal karşılığının nasıl ayarlanacağı belirtilmelidir.
- Enflasyon ve/veya fiyat artışı, birim enerji maliyetinde yükselmeler gibi varsayılan veya öngörülen proje değerleri veya Ö&D sonuçlarını etkileyecek değişkenler tespit edilmeli ve raporlanmalıdır.

## 9. Ölçüm Ayrıntıları

- Hem nokta ölçümü hem sürekli ölçümler dahil olmak üzere Ö&D verisi toplamak için kullanılacak ölçüm noktaları belirlenmelidir.

- Sayaçlar için aşağıdaki unsurlar belirtilmelidir.
  - Sayaç türü, markası, modeli ve özellikleri
  - Doğruluk ve kesinlik dahil olmak üzere sayaç spesifikasyonları
  - Sayaç okuma ve tanıklık protokolü
  - Sayaç devreye alma prosedürü
  - Kalibrasyon prosedürü/süreci
  - Kayıp veri ve veri transferi prosedürü

#### 10. Veri Toplama ve İzleme Sorumlulukları

- Veri toplama, analiz, arşivleme ve raporlamadan sorumlu taraflar belirlenmelidir.  
Not: Ö&D verisinin yönetimi veri setlerine etkili ve verimli şekilde ulaşmada, bunların yönetiminde ve tedarikinde ehil bir tarafa emanet edilmelidir.
- Yönetilmesi gereken izleme verilerine aşağıdaki unsurlar dahildir.
  - Enerji verisi
  - Bağımsız değişkenler
  - Ölçüm sınırları içerisindeki sabit etkenler
  - Periyodik teftiş bulguları

#### 11. Beklenen Doğruluk Oranı

- Ölçüm, veri toplama, örneklendirme ve veri analizinin beklenen doğruluk oranı belirtilmelidir.
- Bu değerlendirmeye ölçümlerdeki belirsizlik seviyesine ilişkin bütün nitel ve geçerli nicel ölçüler dahil olmalı ve planlanan tasarruf raporunda kullanılacak ayarlamalar açıklanmalıdır.

#### 12. Ö&D Bütçesi

- Bütçe, tasarrufun belirlenmesi için gereken kaynaklar ve hem ilk kurulumun maliyeti hem de her raporlama dönemi için performansın değerlendirilmesi, belgelendirilmesi ve raporlanması için sürdürülen işlerin maliyetleri belirtilmelidir.

#### 13. Ö&D Raporlama Taslağı

- Raporlama sıklığı dahil olmak üzere her raporlama dönemi için sonuçların nasıl raporlanacağı ve belgelendirileceği bilgisini içermelidir.

#### 14. Kalite Güvencesi

- Veri toplama, hesaplamalar, tasarruf raporları ve referans çizgisi ve raporlama dönemlerinde raporların hazırlanmasında kullanılacak bütün ara adımlarda tatbik edilecek kalite güvencesi prosedür ve süreçleri belirtilmelidir.  
Not: Kalite güvencesi ölçü ve ekipmanların sözleşmeye göre işlediklerinden emin olunması için periyodik teftişleri içermelidir.

#### 15. Ö&D Faaliyetlerinin Takvimi

- EPS'de belirtilen bütün Ö&D faaliyetleri takvime dahil edilmelidir. Gerekli hallerde çoklu EVÖ'ler için ve/veya her raporlama dönemi için çoklu takvim hazırlanabilir.

### 3.9 Ö&D Raporlama

Ö&D raporu projenin ve elde edilen sonuçların bir özetini sunmalıdır. Raporda tipik olarak şu bilgiler bulunmalıdır:

- Saha ve EVÖ'ye genel bakış,
- Kurulan ekipman ve/veya teknolojilerin listesi,
- Ö&D yaklaşımının özeti,
- Seçilen Ö&D Opsiyonu,
- Proje ekibi üyelerinin listesi,
- Enerji verimliliği önlemleri,

- Tasarrufun hesaplanması süreci,
- İlk yıl için beklenen tasarruf,
- Tasarruf belirsizliği.

Ö&D sonuçları raporlanırken kullanılan dil iki tarafın da anlayacağı şekilde açık olmalı ve arka plan ayrıntılarıyla desteklenmelidir. Ö&D raporu, Ö&D planı temelinde yapılandırıldığından, Ö&D planına dahil edilen amaçların, beklenen sonuçların ve başarı ölçütlerinin raporlanması gerekir. Raporlanan tasarrufların sunumu için grafik ve şekil kullanımı, enerji tasarrufunun açıkça anlaşılmasını sağlamanın iyi bir yoludur.

Tasarruf hesaplaması ve veri analizi adım adım açıklanmalıdır. Kullanılan denklemlerden herhangi birinin bu Kılavuz'da yer almaması halinde bu denklemlerin çok net şekilde açıklanması gerekir. "Gerçek" tasarrufun ancak tadilat sonrası ölçümleme dönemi için belirtilebileceği unutulmamalıdır. Bunun dışındaki dış değerlemeler tahmin kabul edilir.

### **Ö&D Raporlama Şablonu**

ETKB 15.04.2021 tarihli ve 31455 sayılı Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerinin Uygulanmasına İlişkin Tebliğin Ek 2/5'inde Yıllık Tasarruf Doğrulama Raporu Formatı'nı yayınlamıştır. Türkiye'deki kamusal tesisler için yürütülen bütün Ö&D projelerinin olağan raporlaması bu şablona göre yapılmalıdır.

Şablonda proje verisine, projenin temel Ö&D unsurlarına, garantili yıllık tasarrufa, raporlamanın devam ettiği raporlama yılındaki gerçek enerji tasarrufuna ve geçmişe dönük enerji tasarrufuna ilişkin bilgi verilen dört tablo bulunmaktadır.

Ö&D raporunda tablodaki bilgilerin yanı sıra aşağıdaki bilgiler de verilmelidir.

- EVÖ'ler, Ö&D planı ve tasarruf hesaplama yöntemleri
- En güncel raporlama dönemindeki Ö&D faaliyetleri,
- Doğrulanmış tasarruf hesaplamaları ve yöntemi,
- Tasarruf ayrıntıları,
- İşletim ve bakım gereklilikleri.

Yüklenici Ö&D sonuçlarını raporlamadan önce tebliğin Ek 2/5'ini ayrıntılı olarak incelemelidir.

# EK – 1

## OPSİYON A – Ö&D PLANI ÖRNEĞİ

### 1 Tesis ve Projeye Genel Bakış

Proje İzmir ilindeki bir lisede (İzmir Lisesi) yürütülmektedir. Okul ara tatiller dahil olmak üzere yıl boyunca sürekli açıktır.

Proje kapsamında okulun mevcut aydınlatma üniteleri daha verimli aydınlatma üniteleriyle değiştirilecektir. Mevcut aydınlatma seviyesi veya aydınlatma kontrolünde herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır.

Okulda aydınlatma sistemleri için enerji veya aydınlatma tüketim saatleri ölçülmemiştir.

### 2 Enerji Verimliliği Önlemleri

X EVD'si bütün aydınlatma ünitelerini uzun ömürlü ve yüksek verimli LED aydınlatma üniteleriyle değiştirecektir. Değişim seçilen birimlerde, yeterli görülen aydınlatma seviyesinde herhangi bir değişim ortaya çıkarmadan yapılacaktır. Mevcut aydınlatma kontrolünde herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır.

EVÖ'nün uygulanmasının ardından yılda minimum 1.000.000 TL tasarruf yapılması beklenmektedir. EVÖ'nün maliyeti 3.000.000 TL olarak tahmin edilmektedir.

Mevcut aydınlatma armatürlerinin değiştirilmesiyle her armatürün enerji talep ve tüketimi azaltılarak enerji tasarrufu elde edilecektir.

EVÖ'den etkilenen ekipman:

- Lambalar
- Balastlar

Okulda lokasyon ve aydınlatma kullanım saatlerine göre dört kısım bulunmaktadır: Laboratuvarlar, sınıflar, ofisler ve koridorlar.

X EVD'si her kısma ait mevcut aydınlatma birimlerinin yeri, türü (güç, aydınlatma seviyesi), sayısı, anlaşılması yıllık kullanım saatleri gibi bilgileri toplamıştır. Okul yönetimi toplanan bilgileri onaylamıştır. Bu doğrultuda hesaplanan beklenen tasarruf aşağıdaki tabloda verilmiştir.

| KISIMLAR             | Aydınlatmaların Sayısı | Aydınlatma Referans Durumu Başına Nominal Güç (W/aydınlatma) | Önerilen Durum Teknolojisi | Aydınlatma Önerilen Durumu Başına Nominal Güç (W/aydınlatma) | Yıllık Çalışma Saatleri (saat) | Beklenen Enerji Tasarrufu (kWh/yıl) | Beklenen Maliyet Tasarrufu (TL/yıl) |
|----------------------|------------------------|--|----------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| T12 - Sınıflar       | 17.867                 | 40   | LED                        | 16   | 2.572                          | 1.102.894                           | 716.881                             |
| T12 - Laboratuvarlar | 2.200                  | 40   | LED                        | 16   | 2.609                          | 137.755                             | 89.541                              |
| T8 - Ofisler         | 4.066                  | 32   | LED                        | 12   | 2.613                          | 12                                  | 138.118                             |
| T8 - Koridorlar      | 3.000                  | 32   | LED                        | 12   | 2.593                          | 155.580                             | 101.127                             |
| <b>TOPLAM</b>        | <b>27.133</b>          |  |                            |  | <b>10.387</b>                  | <b>1.608.719</b>                    | <b>1.045.667</b>                    |

### 3 Seçilen UPÖDP Opsiyonu ve Ölçüm Sınırı

| Tasarruf Tespiti İçin Kullanılan UPÖDP Opsiyonu  |
|--|
| UPÖDP Anahtar Kavramlar 2016 doğrultusunda, UPÖDP Opsiyon A – Kısmi Tadilat / Anahtar Parametre Ölçümü kullanılacaktır. Ölçülen anahtar parametre örneklem sürecinde elde edilen aydınlatmaların gücü (watt) olacaktır. Tahmini parametre kısım başına tahmini çalışma saatidir.   |
| Seçilen Opsiyonun Gerekçesi, Kazanım/Raporlama Dönemi Oranı  |
| Bu durumda anahtar parametre ölçümü uygulanabilir; her aydınlatmanın güç ölçümü kısa sürede ve yüksek doğruluk oranıyla yapılabilir. Yıllık enerji tüketiminin hesaplanması için bir yıllık çalışma saatleri tahmin edilebilir. Söz konusu devrelerin yük olarak yalnızca aydınlatma ekipmanına sahip oldukları kesin olmadığından, aydınlatma devreleri ölçümü kullanılmamıştır.  |
| Ölçüm Sınırı   |
| <p>Bu durumda ölçüm sınırı söz konusu lambaların elektrik enerjisi tüketimleri dikkate alınarak eski ve yeni aydınlatmalarla tanımlanacaktır.</p> <p>Aydınlatma sistemlerinin aydınlatma ünitelerine bağlı olarak ısıtma ve soğutma sistemleri üzerinde interaktif etkisi bulunmaktadır. Okulun bulunduğu bölgenin görece sıcak iklimi nedeniyle (önemli ısıtma yükü söz konusu değildir) ısıtmanın interaktif etkisinin çok az olduğu varsayılmış ve bu interaktif etki dikkate alınmamıştır.</p> <p>Soğutma sistemleri için ilave tasarruf elde edilmesi mümkündür. Bu türden tasarruflar mevcut planda dikkate alınmayacak ve tasarruf hesaplamalarına ölçülü bir unsurun dahil edilmesi şeklinde bir etkisi olacaktır.</p> |

### 4 Referans Çizgisi: Dönem, Enerji ve Koşullar

#### 4.1 Referans çizgisi döneminin belirlenmesi

Referans çizgisi dönemi projenin uygulanmasından önce aydınlatmanın güç ölçümlerinin yapıldığı dönemdir.

#### 4.2 Referans çizgisi enerji tüketimi ve talebi

Yıllık tasarruf hesaplamasının temeli için enerji tüketimi hesaplamasını, kW bazından ölçülen talep azalmasının projenin uygulanmasından önce cihazların tahmini yıllık çalışma saatleriyle çarpımı teşkil edecektir.

#### 4.3 Bağımsız değişkenler

Enerji tasarrufu hesaplamaları ve ölçüm sınırı için tanımlanan yöntem dikkate alındığında rutin ayarlama yapılmayacak, dolayısıyla bu proje için bağımsız değişken tanımlanmayacaktır.

#### 4.4 Referans çizgisi sabit etkenleri

Proje bir EPS sözleşmesiyle yürütüleceğinden, projede herhangi bir sabit etken hesaba katılmayacaktır.



## 5 Raporlama Dönemi

Raporlama dönemi projenin uygulanmasından sonra aydınlatmanın güç ölçümlerinin yapıldığı dönemdir.

## 6 Ayarlama Temeli

Hem referans çizgisi döneminin hem de gösterim döneminin süresi kısıtlı olduğundan, herhangi bir ayarlama gerek olmayacaktır. İlaveten, hem mevcut durum hem de önerilen durum için yıllık çalışma saatlerine ilişkin aynı koşullar dikkate alınacaktır.

| KISIMLAR             | Yıllık Çalışma Saatleri (saat) |
|----------------------|--------------------------------|
| T12 - Sınıflar       | 2.572                          |
| T12 - Laboratuvarlar | 2.609                          |
| T8 - Ofisler         | 2.613                          |
| T8 - Koridorlar      | 2.593                          |

| Seçilen Opsiyon        | Denklem   |
|------------------------|---|
| Opsiyon A Tasarrufları | = Referans çizgisi enerjisi - Raporlama dönemi enerjisi |

## 7 Referans Çizgisi Ayarlama Metodolojisinin Tanımı

Yıllık çalışma saatleri tahmin edildiğinden, hem referans çizgisi dönemi hem de raporlama dönemi için aynı olacaktır. Enerji tasarrufu basitleştirilmiş UPÖDP denklem 1d'ye göre hesaplanacaktır.

*Option A Savings*

= *Estimated Value x (Baseline Period, measured parameter*  
– *Reporting period, measured parameter)*

Projenin yarattığı enerji tasarrufunun tespit edilmesi için her teknoloji için aşağıdaki yaklaşım temelinde bir örnekleme yaklaşımı benimsenecektir:

### a) Türdeş bir evrenin seçilmesi

Proje mevcut durum için iki aydınlatma teknolojisini, T8 ve T12'yi değerlendirmektedir. Her teknoloji türünün türdeş evren olduğu kabul edilecektir.

### b) İstenen kesinlik ve güvenilirlik seviyesinin belirlenmesi

İstenen kesinlik seviyesi (e) = %5

Güvenirlik seviyesi (CL) = %95

### c) Ayrıştırma seviyesine karar verilmesi

İstenen doğruluk ve güvenilirlik seviyesi her iki teknoloji için de aynı olacaktır.

### d) İlk örnekleme büyüklüğünün hesaplanması

Aşağıdaki tabloda gösterildiği üzere, referans çizgisi dönemi için her lamba türü için ilk örnekleme büyüklüğü (n<sub>0</sub>) tahmini, değiştirilecek lambaların toplam sayısı (N), istenen kesinlik seviyesi (e), güvenilirlik seviyesi (CL) ve tahmini değişim katsayısına (cv) göre hesaplanmıştır.

$$n_0 = \frac{z^2 * cv^2}{e^2}$$

| T12                        |        | T8                         |       |
|----------------------------|--------|----------------------------|-------|
| N                          | 20.067 | N                          | 7.066 |
| Tahmini cv                 | 0,11   | Tahmini cv                 | 0,11  |
| e                          | %5     | e                          | %5    |
| Güvenirlilik seviyesi (CL) | %95    | Güvenirlilik seviyesi (CL) | %95   |
| z <sup>1</sup>             | 1,96   | z                          | 1,96  |
| n0                         | 18,59  | n0                         | 18,60 |
| yuvarlatılmış n0           | 19     | yuvarlatılmış n0           | 19    |

İlk tahmini cv değeri benzer projelerde ölçülen verilerden elde edilebilir. Aksi takdirde, UPÖDP'ye göre, ilk cv tahmini için 0,5 kullanılabilir. İlk tahmini cv çok düşükse bu, ölçülen cv'nin tahmini cv'den küçük veya tahmini cv'ye eşit olmasını sağlamak için örneklem büyüklüğünün tekrarlı şekilde artırılması; ancak cv değeri çok yüksekse bu, gerekenden daha fazla ölçüm yapılması anlamına gelir. İlk cv değeri için doğru bir değer yoktur ancak örneklendirme prosedürünün istatistiksel gerekliliklerini yerine getirmek için yapılacak ölçümlerin sayısı ekonomik nedenlerden dolayı asgaride tutulmaya çalışılmalıdır.

**e) Küçük evrenler için ilk örneklem büyüklüğünün ayarlanması**

Örneklenen tüm evrenin örneklemin büyüklüğünden en fazla 20 kat daha büyük olduğu durumlarda gerekli örneklem büyüklüğü azaltılabilir.

| T12  |        | T8   |       |
|------|--------|------|-------|
| N    | 20.067 | N    | 7.066 |
| n0   | 19     | n0   | 19    |
| oran | 1.056  | oran | 372   |
| n0   | 19     | n0   | 19    |

**f) Örneklem büyüklüğüne nihai halinin verilmesi**

19 adet T12 ve 19 adet T8 aydınlatmanın güç ölçümleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

| T12              |                                   |      |                                   |
|------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| No.              | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) | No.  | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) |
| 1                | 41,0                              | 11   | 41,3                              |
| 2                | 41,1                              | 12   | 43,0                              |
| 3                | 40,8                              | 13   | 41,1                              |
| 4                | 41,0                              | 14   | 40,8                              |
| 5                | 40,7                              | 15   | 42,7                              |
| 6                | 41,3                              | 16   | 41,0                              |
| 7                | 41,2                              | 17   | 40,8                              |
| 8                | 41,0                              | 18   | 40,7                              |
| 9                | 42,5                              | 19   | 41,3                              |
| 10               | 41,6                              |      |                                   |
| Ortalama         |                                   | 41,3 |                                   |
| Standart Sapma   |                                   | 0,68 |                                   |
| Ölçülen cv       |                                   | 0,02 |                                   |
| Örnekleme Hatası |                                   | %0,7 |                                   |

Ölçülen cv, tahmini cv'den daha düşük olduğundan (0,02<0,11), başka ölçüme gerek yoktur. T12 aydınlatmalarının ölçülen gücü referans durum için 41,3W'dir.

<sup>1</sup>Standart normal dağılım değeri

| T8               |                                   |      |                                   |
|------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| No.              | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) | No.  | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) |
| 1                | 33                                | 11   | 34,7                              |
| 2                | 34                                | 12   | 35,1                              |
| 3                | 33,5                              | 13   | 36                                |
| 4                | 33,7                              | 14   | 33,2                              |
| 5                | 35                                | 15   | 33,5                              |
| 6                | 36                                | 16   | 33,8                              |
| 7                | 33,8                              | 17   | 35,2                              |
| 8                | 34,5                              | 18   | 34,6                              |
| 9                | 35,1                              | 19   | 34,7                              |
| 10               | 33,3                              |      |                                   |
| Ortalama         |                                   | 34,4 |                                   |
| Standart Sapma   |                                   | 0,91 |                                   |
| Ölçülen cv       |                                   | 0,03 |                                   |
| Örnekleme Hatası |                                   | %1,2 |                                   |

Ölçülen cv, tahmini cv'den daha düşük olduğundan (0,03<0,11), başka ölçüme gerek yoktur. T8 aydınlatmalarının ölçülen gücü referans durum için 34,4W'dir.

#### **Doğruluk:**

Referans çizgisi watt miktarının ölçülebilir doğruluğu  $(Acc. b) = \sqrt{M^2 + SbT12^2 + SbT8^2}$

Tadilat sonrası watt miktarının ölçülebilir doğruluğu  $(Acc. p) = \sqrt{M^2 + SpLED16^2 + SpLED12^2}$

O halde tasarrufun toplam ölçülebilir doğruluğu  $= \sqrt{Acc. p^2 + Acc. p^2}$

Eğer:

$M =$  Ölçüm doğruluğu ( $\pm \%2$ )

$Sb T12 =$  Referans çizgisi okumalarında örnekleme hatası maksimumu, T12. (%0,7)

$Sb T8 =$  Referans çizgisi okumalarında örnekleme hatası maksimumu, T8. (%1,2)

$Sp LED16W =$  Tadilat sonrası okumalarında örnekleme hatası maksimumu, LED 16W

$Sp LED 12W =$  Tadilat sonrası okumalarında örnekleme hatası maksimumu, LED 12W

$$(Acc. b) = \sqrt{2\%^2 + 0,7\%^2 + 1,2\%^2} = 2,4\%$$

## **8 Enerji Fiyatları**

Enerji fiyatları yerel elektrik dağıtım şirketinin tarifesine göre 0,65 TL/kWh kabul edilecektir.

## **9 Ölçüm Özellikleri**

Eski ve yeni teknolojilerin gücü METREL model MD9272 vatmetre kullanılarak belirlenecektir (Vatmetre doğruluk oranı:  $\pm \%2$ ). Bu ekipmanın geçerli bir kalibrasyon sertifikası bulunmaktadır.

## 10 İzleme Sorumlulukları

Veri toplanması ve performans gerekliliklerinin izlenmesine ilişkin sorumluluklar aşağıdaki tabloda verilmiştir:

| Unvan   | İsim       | Meslek          | İletişim Bilgisi | Veri ve Sorumluluklar   | Sıklık |
|---------|------------|-----------------|------------------|---|--------|
| İrtibat | Ad + Soyad | Bakım Mühendisi | +90 xxx xxx xxxx | Değiştirilen birimlerin çalışmasının doğrulanması   | Aylık  |
| SÖDU    | Ad + Soyad | Mühendis        | +90 xxx xxx xxxx | Değiştirilen birimlerin çalışmasının doğrulanması<br>Ö&D planını hazırlayan yetkili<br>Ö&D raporlarını hazırlayan yetkili | Aylık  |

Raporlama dönemi ölçümünün ardından en geç bir ay içerisinde tek bir Ö&D raporu teslim edilecektir.

## 11 Raporun Sorumluluğu

|              |   |
|--------------|---|
| Sorumlu Kişi | Ad + Soyad  |
| Sıklık       | Raporlama dönemi ölçümünün ardından en geç bir ay içerisinde tek bir Ö&D raporu |

## 12 Bütçe

Ö&D bütçesi aydınlatma gücünün ölçümü ve Ö&D plan ve raporunun hazırlanması için belirlenmiştir.

|            |           |
|------------|-----------|
| Ö&D Planı  | 10.000 TL |
| Ölçümler   | 15.000 TL |
| Ö&D Raporu | 5.000 TL  |

## 13 Ö&D Raporunun Formatı

|   |
|---|
| <b>Proje Adı</b>  |
| <b>Tarih</b>  |
| 1. Yeni aydınlatmaların ölçülen güç verisi  |
| 2. Örneklemeden ölçülen güç verisi temelinde yeni aydınlatmaların güç verisi değerlendirmesi ve küresel talep tasarrufu öngörülleri |
| 3. Enerji fiyatı  |
| 4. Enerji tasarrufu hesaplamaları (kWh ve TL)   |

## 14 Kalite Güvencesi

Enerji tasarrufu hesaplamalarının ve tasarrufun belirlenmesine ilişkin diğer tüm faaliyetlerin kalite güvencesi için aşağıdaki prosedür uygulanacaktır.

- Tasarruf ve ayarlamalar yalnızca sertifikalı ölçme ve doğrulama uzmanları (SÖDU'lar) tarafından hesaplanabilecektir. Ayrıca, bütün tasarruf hesaplamaları temel mühendislik ilkelerine dayandırılacak ve ilgili uzmanların bilgisi dahilinde yapılacaktır. Her hesap proje hakkında bilgisi olan ve gerekli niteliklere sahip olan bir diğer kişi tarafından doğrulanacaktır.
- Tasarruf hesaplamalarının hepsi ulusal standartlara göre kalibre edilmiş ölçüm cihazlarıyla ölçülmüş güç temelinde yapılacaktır.

Tasarruf hesaplamalarında hataların asgariye indirilmesi için hesaplar iki kere kontrol edilecektir. İkinci doğrulama başka bir SÖDU tarafından yapılacaktır.

## **15 Tahminlerin Gerekçelenendirilmesi**

Tahmini parametre okulun her kısmının yıllık çalışma saatleri olacaktır. Okul seneler boyunca istikrarlı şekilde kullanıldığından ve belirli bir takvimi olduğundan, bu parametrenin tahmin edilmesi mümkündür. Ölçülmüş veri mevcut değildir.

İlaveten, projenin amacı çalışma saatlerinin optimizasyonuna ilişkin değil, tesisteki aydınlatma gücünün azaltılmasına ilişkindir. Bir okulun kullanımı bakımından makul olan kullanılan değerler müşterinin tahminlerinden elde edilmiştir.

## **16 Periyodik Teftişler**

Projenin uygulanmasının tamamlanmasının ardından bütün yeni aydınlatmaların sözleşmede mutabık kalınan şekilde kurulduğundan emin olunması için bir ilk kontrol yapılacaktır.

Referans çizgisi dönemindekiyle aynı olduğunun doğrulanması için EPS sözleşme döneminde aydınlatma seviyeleri yılda bir kere ölçülecek ve raporlanacaktır.

## OPSİYON A – Ö&D RAPORU ÖRNEĞİ

### 1. Yeni Aydınlatmaların Ölçülen Güç Verisi

Yeni aydınlatmaların gücünü tespit etmek için referans çizgisi dönemi için benimsenen aynı örnekleme yaklaşımı raporlama dönemine de tatbik edilmiştir:

#### a) Türdeş bir evrenin seçilmesi

Proje önerilen durum için iki aydınlatma teknolojisini, LED-18W ve LED-12W'yi değerlendirmektedir. Her biri türdeş evren kabul edilecektir.

#### b) İstenen kesinlik ve güvenilirlik seviyesinin belirlenmesi

İstenen kesinlik seviyesi (e) = %5

Güvenirlilik seviyesi (CL) = %95

#### c) Ayrıştırma seviyesine karar verilmesi

İstenen doğruluk ve güvenilirlik seviyesi her iki teknoloji için de aynı olacaktır.

#### d) İlk örneklem büyüklüğünün hesaplanması

Referans çizgisi dönemi için verilen hesaplamalar raporlama dönemi için de geçerlidir.

| LED-16W                    |        | LED-12W                    |       |
|----------------------------|--------|----------------------------|-------|
| N                          | 20.067 | N                          | 7.066 |
| Tahmini cv                 | 0,11   | Tahmini cv                 | 0,11  |
| e                          | %5     | e                          | %5    |
| Güvenirlilik seviyesi (CL) | %95    | Güvenirlilik seviyesi (CL) | %95   |
| $z^2$                      | 1,96   | z                          | 1,96  |
| n0                         | 18,59  | n0                         | 18,60 |
| yuvarlatılmış n0           | 19     | yuvarlatılmış n0           | 19    |

#### e) Küçük evrenler için ilk örneklem büyüklüğünün ayarlanması

Örneklenen tüm evrenin örneklemin büyüklüğünden en fazla 20 kat daha büyük olduğu durumlarda gerekli örneklem büyüklüğü azaltılabilir.

| LED-16W |        | LED-12W |       |
|---------|--------|---------|-------|
| N       | 20.067 | N       | 7.066 |
| n0      | 19     | n0      | 19    |
| oran    | 1.056  | oran    | 372   |
| n0      | 19     | n0      | 19    |

#### f) Örneklem büyüklüğüne nihai halinin verilmesi

19 adet LED-16W ve 19 adet LED-12W aydınlatmanın güç ölçümleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

<sup>2</sup>Standart normal dağılım değeri

| LED-16W          |                                   |      |                                   |
|------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| No.              | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) | No.  | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) |
| 1                | 15,9                              | 11   | 16,2                              |
| 2                | 16,0                              | 12   | 16,1                              |
| 3                | 16,1                              | 13   | 16,4                              |
| 4                | 16,0                              | 14   | 16,0                              |
| 5                | 16,0                              | 15   | 16,1                              |
| 6                | 15,9                              | 16   | 15,9                              |
| 7                | 16,2                              | 17   | 16,0                              |
| 8                | 16,1                              | 18   | 16,0                              |
| 9                | 16,0                              | 19   | 16,2                              |
| 10               | 15,9                              |      |                                   |
| Ortalama         |                                   | 16,1 |                                   |
| Standart Sapma   |                                   | 0,13 |                                   |
| Ölçülen cv       |                                   | 0,01 |                                   |
| Örnekleme Hatası |                                   | %0,4 |                                   |

Ölçülen cv, tahmini cv'den daha düşük olduğundan ( $0,01 < 0,11$ ), başka ölçüme gerek yoktur. LED-16W aydınlatmaların ölçülen gücü önerilen durum için 16,1W'dir.

| LED-12W          |                                   |      |                                   |
|------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| No.              | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) | No.  | Aydınlatma Başına Ölçülen Güç (W) |
| 1                | 12,1                              | 11   | 12,5                              |
| 2                | 12,2                              | 12   | 12,2                              |
| 3                | 12,5                              | 13   | 12                                |
| 4                | 12,2                              | 14   | 12,2                              |
| 5                | 12,3                              | 15   | 12,3                              |
| 6                | 12,1                              | 16   | 12                                |
| 7                | 12                                | 17   | 12,4                              |
| 8                | 12,2                              | 18   | 12                                |
| 9                | 12,1                              | 19   | 12,4                              |
| 10               | 12                                |      |                                   |
| Ortalama         |                                   | 12,2 |                                   |
| Standart Sapma   |                                   | 0,17 |                                   |
| Ölçülen cv       |                                   | 0,01 |                                   |
| Örnekleme Hatası |                                   | %0,6 |                                   |

Ölçülen cv, tahmini cv'den daha düşük olduğundan ( $0,01 < 0,11$ ), başka ölçüme gerek yoktur. LED-12W aydınlatmaların ölçülen gücü önerilen durum için 12,2W'dir.

## 2 Örneklemden Ölçülen Güç Verisi Temelinde Yeni Aydınlatmaların Güç Verisi Değerlendirmesi ve Küresel Talep Tasarrufu Öngörülleri

Dolayısıyla, raporlama dönemi enerji tüketimi şu şekildedir:

| Gruplar        | Aydınlatmaların Sayısı | Raporlama Dönemi Aydınlatması Başına Ölçülen Güç (W/aydınlatma) | Ort. Yıllık Çalışma Saatleri (saat) | Enerji Tüketimi (kWh/yıl) |
|----------------|------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------|
| Sınıflar       | 17.867                 | 16,1  | 2.572                               | 739.858                   |
| Laboratuvarlar | 2.200                  | 16,1  | 2.609                               | 92.411                    |
| Ofisler        | 4.066                  | 12,2  | 2.613                               | 129.618                   |
| Koridorlar     | 3.000                  | 12,2  | 2.593                               | 94.904                    |
| <b>TOPLAM</b>  | <b>27.133</b>          |   | <b>10.387</b>                       | <b>1.056.791</b>          |

## 3 Enerji Fiyatı

Enerji fiyatları yerel elektrik dağıtım şirketinin tarifesine göre 0,65 TL/kWh kabul edilecektir.

## 4 Enerji Tasarrufu Hesaplamaları (kWh ve TL)

Hem eski hem yeni aydınlatmaların gücü, ünite sayısı ve tahmini yıllık çalışma saatleri bilindiğinden, ünite gücü farkının tahmini çalışma saatleri ve aydınlatma sayısı ile çarpımından enerji tasarrufunu elde etmek mümkündür. Ayrıca, maliyet tasarrufu da enerji tasarrufunun enerji fiyatıyla çarpımından elde edilebilir.

| Gruplar        | Aydınlatmaların Sayısı | Referans Çizgisi Dönemi Aydınlatması Başına Ölçülen Güç (W/aydınlatma) | Raporlama Dönemi Aydınlatması Başına Ölçülen Güç (W/aydınlatma) | Ort. Yıllık Çalışma Saatleri (saat) | Enerji Tasarrufu (kWh/yıl) | Maliyet Tasarrufu (TL/yıl) |
|----------------|------------------------|--|---|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Sınıflar       | 17.867                 | 41,3   | 16,1  | 2.572                               | 1.160.699,4                | 754.454,6                  |
| Laboratuvarlar | 2.200                  | 41,3   | 16,1  | 2.609                               | 144.975,3                  | 94.233,9                   |
| Ofisler        | 4.066                  | 34,4   | 12,2  | 2.613                               | 235.807,0                  | 153.274,6                  |
| Koridorlar     | 3.000                  | 34,4   | 12,2  | 2.593                               | 172.652,9                  | 112.224,4                  |
| <b>TOPLAM</b>  | <b>27.133</b>          |  |   | <b>10.387</b>                       | <b>1.714.134,5</b>         | <b>1.114.187,5</b>         |

### Doğruluk:

$Sp_{LED16W}$  = Tadilat sonrası okumalarında örnekleme hatası maksimumu, LED 16W (%0,4)

$Sp_{LED12W}$  = Tadilat sonrası okumalarında örnekleme hatası maksimumu, LED 12W (%0,6)

Tadilat sonrası watt miktarının ölçülebilir doğruluğu:

$$(Acc.p) = \sqrt{M^2 + Sp_{LED16}^2 + Sp_{LED12}^2} = \sqrt{2\%^2 + 0,4\%^2 + 0,6\%^2} = 2,1\%$$

O halde tasarrufun toplam ölçülebilir doğruluğu:

$$\sqrt{Acc.p^2 + Acc.p^2} = \sqrt{2,4\%^2 + 2,1\%^2} = 3,2\%$$

| Proje  | Enerji Tasarrufu (kWh/yıl)  | Maliyet Tasarrufu (TL/yıl)   |
|--------|-----------------------------|------------------------------|
| Toplam | <b>1.714.134,5 ± 58.852</b> | <b>1.114.187,5 ± 356.254</b> |



## OPSİYON B – Ö&D PLANI ÖRNEĞİ

### 1 Tesis ve Projeye Genel Bakış

Proje hava akımını dağıtmak için bir fanın olduğu bir kamu tesisinde yürütülmektedir.

Proje kapsamında elektrik enerjisi tüketimini daha verimli kılmak için mevcut motora değişken frekanslı sürücü (DFS) eklenecektir.

Halihazırda motorun enerji tüketimini ölçen kurulu sayaç mevcut değildir.

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Motor Büyüklüğü (HP)       | 30   |
| Verimlilik                 | %85  |
| Hız (RPM)                  | 1500 |
| Tam Yük Giriş Kuvveti (kW) | 20,1 |

### 2 Enerji Verimliliği Önlemleri

X EVD'si mevcut motora değişken frekanslı sürücü ekleyecektir. EVÖ'nün uygulanmasının ardından yılda minimum 60.000 TL tasarruf yapılması beklenmektedir. EVÖ'nün maliyeti 70.000 TL olarak tahmin edilmektedir.

Motorun çıkış gücünden feragat edilmeden motorun frekansı değiştirilerek motor artık her zaman %100 hızla çalışmayacağından, elektrik enerjisi tasarrufu elde edilecektir.

EVÖ'den etkilenen ekipman:

- Motor
- Fan

Motor yılın 365 günü, 24 saat çalışmaktadır (8760 s/yıl). Projenin gerektirdiği hız profili belirlenmiş ve müşteriyle birlikte üzerinde mutabık kalınmıştır. Dolayısıyla, mevcut durum ile önerilen durum arasındaki enerji farkı göz önünde bulundurularak yıllık bazda beklenen enerji tasarrufunun belirlenmesi mümkündür.

| Hız % | Güç (kW)      | Saat Referans Durum % | Enerji Referans Durum (kWh/yıl) | Saat Önerilen Durum % | Enerji Önerilen Durum (kWh/yıl) | Beklenen Enerji Tasarrufu (kWh/yıl) | Beklenen Maliyet Tasarrufu (TL/yıl) |
|-------|---------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 100%  | 21,10         | 100%                  | 184.836                         | 10%                   | 18.483,60                       | 166.352,40                          | 108.129,06                          |
| 90%   | 15,38         | 0                     | 0                               | %20                   | 26.949,09                       | -26.949,09                          | -17.516,91                          |
| %80   | 10,80         | 0                     | 0                               | %25                   | 23.659,01                       | -23.659,01                          | -15.378,36                          |
| %70   | 7,24          | 0                     | 0                               | %20                   | 12.679,75                       | -12.679,75                          | -8.241,84                           |
| %60   | 4,56          | 0                     | 0                               | %10                   | 3.992,46                        | -3.992,46                           | -2.595,10                           |
| %50   | 2,64          | 0                     | 0                               | %10                   | 2.310,45                        | -2.310,45                           | -1.501,79                           |
| %40   | 1,35          | 0                     | 0                               | %5                    | 591,48                          | -591,48                             | -384,46                             |
| %30   | 0,57          | 0                     | 0                               | %0                    | 0                               | 0                                   | 0                                   |
| %20   | 0,17          | 0                     | 0                               | %0                    | 0                               | 0                                   | 0                                   |
| %10   | 0,02          | 0                     | 0                               | %0                    | 0                               | 0                                   | 0                                   |
| %0    | 0             | 0                     | 0                               | %0                    | 0                               | 0                                   | 0                                   |
|       | <b>TOPLAM</b> | <b>%100</b>           | <b>184.836</b>                  | <b>%100</b>           | <b>88.665,83</b>                | <b>96.170,17</b>                    | <b>62.510,61</b>                    |

### 3 Seçilen UPÖDP Opsiyonu ve Ölçüm Sınırı

| Tasarruf Tespiti İçin Kullanılan UPÖDP Opsiyonu  |
|--|
| UPÖDP Anahtar Kavramlar 2016 doğrultusunda, UPÖDP Opsiyon B – Kısmi Tadilat / Tüm Parametrelerin Ölçümü kullanılacaktır.   |
| Seçilen Opsiyonun Gerekçesi  |
| Enerji tüketimi güç kalitesi analizörü ve motor analizörü kullanılarak ölçülecektir.   |
| Ölçüm Sınırı   |
| Bu durumda ölçüm sınırı motorun ve DFS'nin elektrik enerjisi tüketimi göz önüne alınarak motor, fan ve yeni değişken frekanslı sürücüyle tanımlanacaktır.<br>Bu ölçü için ölçüm sınırı dışında herhangi bir interaktif etki not edilmemiştir.<br>DFS motorun farklı hızlarda yüksek verimlilikle çalışmasını sağlayacak, dolayısıyla odanın ısıtma veya soğutma yükleri üzerinde herhangi bir etki söz konusu olmayacaktır. Ayrıca, motorun bulunduğu odada klima mevcut değildir. |

### 4 Referans Çizgisi: Dönem, Enerji ve Koşullar

#### 4.1 Referans çizgisi döneminin belirlenmesi

Motorda bir sayaç olmadığından, ölçümler bir ay boyunca %100 hızda yapılmıştır. Söz konusu ölçümler 1 Mart-31 Mart 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

#### 4.2 Referans çizgisi enerji tüketimi ve talebi

Referans çizgisi enerji tüketimi doğrudan sayaçtan elde edilmiştir. Referans çizgisi dönemi için ölçülen enerji tüketimi bilgisi aşağıda verilmiştir.

| Gün | Ay   | Yıl  | Enerji Tüketimi (kWh/gün) | Gün             | Ay   | Yıl  | Enerji Tüketimi (kWh/gün) |
|-----|------|------|---------------------------|-----------------|------|------|---------------------------|
| 1   | Mart | 2020 | 507,1                     | 17              | Mart | 2020 | 506,8                     |
| 2   | Mart | 2020 | 506,5                     | 18              | Mart | 2020 | 506,6                     |
| 3   | Mart | 2020 | 505,4                     | 19              | Mart | 2020 | 507,2                     |
| 4   | Mart | 2020 | 505,5                     | 20              | Mart | 2020 | 506                       |
| 5   | Mart | 2020 | 506,3                     | 21              | Mart | 2020 | 504,6                     |
| 6   | Mart | 2020 | 506                       | 22              | Mart | 2020 | 505,8                     |
| 7   | Mart | 2020 | 506,7                     | 23              | Mart | 2020 | 507                       |
| 8   | Mart | 2020 | 506                       | 24              | Mart | 2020 | 506                       |
| 9   | Mart | 2020 | 508                       | 25              | Mart | 2020 | 506,1                     |
| 10  | Mart | 2020 | 506                       | 26              | Mart | 2020 | 506,1                     |
| 11  | Mart | 2020 | 507,1                     | 27              | Mart | 2020 | 506,9                     |
| 12  | Mart | 2020 | 505,8                     | 28              | Mart | 2020 | 506,3                     |
| 13  | Mart | 2020 | 507,1                     | 29              | Mart | 2020 | 506,4                     |
| 14  | Mart | 2020 | 505,2                     | 30              | Mart | 2020 | 505,5                     |
| 15  | Mart | 2020 | 506                       | 31              | Mart | 2020 | 506,1                     |
| 16  | Mart | 2020 | 506,9                     | Toplam (kWh/ay) |      |      | 15695                     |

### 4.3 Bağımsız değişkenler

Enerji tasarrufu hesaplamaları ve ölçüm sınırı için tanımlanan yöntem dikkate alındığında rutin ayarlama yapılmayacak, dolayısıyla bu proje için bağımsız değişken tanımlanmayacaktır.

### 4.4 Referans çizgisi sabit etkenleri

Tasarrufun tespiti sırasında izlenecek sabit etkenler aşağıda özetlenmiştir.

- Çalışma saatleri, 7/24 (yılıda 8760 saat)
- Önerilen durum için yıl boyunca gereken hız profili

| Hız % | Saat Önerilen Durum % |
|-------|-----------------------|
| %100  | %10                   |
| %90   | %20                   |
| %80   | %25                   |
| %70   | %20                   |
| %60   | %10                   |
| %50   | %10                   |
| %40   | %5                    |
| %30   | %0                    |
| %20   | %0                    |
| %10   | %0                    |
| %0    | %0                    |

## 5 Raporlama Dönemi

Motorda bir sayaç olmadığından, ölçümler bir ay boyunca müşteriyle üzerinde mutabık kalınan hız profili korunarak yapılmıştır. Söz konusu ölçümler 1 Mart-31 Mart 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

## 6 Ayarlama Temeli

Hem referans çizgisi döneminin hem de gösterim döneminin süresi kısıtlı olduğundan, herhangi bir ayarlama gerek olmayacaktır. Ayrıca, daha önce bahsedilen sabit etkenlerin raporlama döneminde değişimleri beklenmemektedir. Ancak bunların değişimleri halinde bu durumun tasarruf üzerindeki etkisi uygun rutin olmayan ayarlama prosedürleri ve mühendislik hesaplamalarıyla dikkate alınacak ve gerekli hallerde ölçümlerle desteklenecektir.

| Seçilen Opsiyon        | Denklem   |
|------------------------|---|
| Opsiyon B Tasarrufları | = Referans çizgisi enerjisi - Raporlama dönemi enerjisi |

## 7 Referans Çizgisi Ayarlama Metodolojisinin Tanımı

Enerji tasarrufu basitleştirilmiş UPÖDP denklem 1e'ye göre hesaplanacaktır.

$$\text{Opsiyon B Tasarrufu} = \text{Referans Çizgisi Enerjisi} - \text{Raporlama Dönemi Enerjisi}$$

Referans çizgisi dönemi enerjisi ve raporlama dönemi enerjisi doğrudan sayaçtan temin edilecek ve yıllık bazda verilecektir.

| Zaman Dilimi   | Enerji  |
|--|---------|
| Aylık Referans Çizgisi Enerjisi (Mart 2020) (kWh/ay) | 15.695  |
| Yıllık Referans Çizgisi Enerjisi (kWh/yıl)           | 184.796 |

Raporlama dönemi enerjisi, referans çizgisi dönemi için kullanılan yöntemle hesaplanabilir. DFS'nin enerji tüketimi ölçülen raporlama dönemi enerjisine dahil edilecektir.

### **Doğruluk:**

Referans çizgisi enerjisinin ölçülebilir doğruluğu ( $Acc. b$ ) =  $\sqrt{M^2}$

Raporlama dönemi enerjisinin ölçülebilir doğruluğu ( $Acc. r$ ) =  $\sqrt{M^2}$

O halde tasarrufun toplam ölçülebilir doğruluğu =  $\sqrt{Acc. p^2 + Acc. p^2}$

## **8 Enerji Fiyatları**

Enerji fiyatları yerel elektrik dağıtım şirketinin tarifesine göre 0,65 TL/kWh kabul edilecektir.

## **9 Ölçüm Özellikleri**

Referans çizgisi dönemi enerjisi ve raporlama dönemi enerjisi Fluke 438-II Güç Kalitesi Analizörü ve Motor Analizörü kullanılarak ölçülecektir (Analizör doğruluk oranı:  $\pm$  %1). Bu ekipmanın geçerli bir kalibrasyon sertifikası bulunmaktadır.

## **10 İzleme Sorumlulukları**

Veri toplanması ve performans gerekliliklerinin izlenmesine ilişkin sorumluluklar aşağıdaki tabloda verilmiştir:

| Unvan   | İsim       | Meslek          | İletişim Bilgisi | Veri ve Sorumluluklar   | Sıklık |
|---------|------------|-----------------|------------------|---|--------|
| İrtibat | Ad + Soyad | Bakım Mühendisi | +90 xxx xxx xxxx | DFS'nin çalıştığı ve motorun hız profilinin doğrulanması                    | Aylık  |
| SÖDU    | Ad + Soyad | Mühendis        | +90 xxx xxx xxxx | DFS'nin çalıştığı ve sayacın doğrulanması<br>Ö&D planını hazırlayan yetkili | Aylık  |

Raporlama dönemi ölçümünün ardından en geç bir ay içerisinde tek bir Ö&D raporu teslim edilecektir.

## **11 Raporun Sorumluluğu**

|              |   |
|--------------|---|
| Sorumlu Kişi | Ad + Soyad  |
| Sıklık       | Raporlama dönemi ölçümünün ardından en geç bir ay içerisinde tek bir Ö&D raporu |

## 12 Bütçe

Ö&D bütçesi aydınlatma gücünün ölçümü ve Ö&D plan ve raporunun (bir adet) hazırlanması için belirlenmiştir.

|            |           |
|------------|-----------|
| Ö&D Planı  | 8.000 TL  |
| Ölçümler   | 16.000 TL |
| Ö&D Raporu | 4.000 TL  |

## 13 Ö&D Raporunun Formatı

Proje Adı:

Tarih:

1. Raporlama dönemi için enerji verisi
2. Analiz için sabit etkenler
3. Enerji fiyatı
4. Enerji tasarrufu hesaplamaları (kWh ve TL)

## 14 Kalite Güvencesi

Enerji tasarrufu hesaplamalarının ve tasarrufun belirlenmesine ilişkin diğer tüm faaliyetlerin kalite güvencesi için aşağıdaki prosedür uygulanacaktır.

- Tasarruf ve ayarlamalar yalnızca sertifikalı ölçme ve doğrulama uzmanları (SÖDU'lar) tarafından hesaplanabilecektir. Ayrıca, bütün tasarruf hesaplamaları temel mühendislik ilkelerine dayandırılacak ve ilgili uzmanların bilgisi dahilinde yapılacaktır. Her hesap proje hakkında bilgisi olan ve gerekli niteliklere sahip olan bir diğer kişi tarafından doğrulanacaktır.
- Tasarruf hesaplamalarının hepsi ulusal standartlara göre kalibre edilmiş ölçüm cihazlarıyla ölçülmüş enerji temelinde yapılacaktır.
- Ölçülen veri, bilgi kaybının önlenmesi adına bulutta saklanacaktır.
- Bilgi atlanmaması ve kalitenin sağlanması adına referans çizgisi döneminde ve raporlama döneminde her hafta veri doğrulaması yapılacaktır.

Tasarruf hesaplamalarında hataların asgariye indirilmesi için hesaplar iki kere kontrol edilecektir. İkinci doğrulama başka bir SÖDU tarafından yapılacaktır.

## OPSIYON B – Ö&D RAPORU ÖRNEĞİ

### 1 Raporlama Dönemi İçin Enerji Verisi

Raporlama dönemi enerji tüketimi doğrudan sayaçtan elde edilmiştir. Raporlama dönemi için ölçülen enerji tüketimi bilgisi aşağıda verilmiştir.

| Gün | Ay    | Yıl  | Enerji Tüketimi (kWh/gün) | Gün             | Ay    | Yıl  | Enerji Tüketimi (kWh/gün) |
|-----|-------|------|---------------------------|-----------------|-------|------|---------------------------|
| 1   | Mayıs | 2020 | 235,0                     | 17              | Mayıs | 2020 | 235,00                    |
| 2   | Mayıs | 2020 | 236,0                     | 18              | Mayıs | 2020 | 236,00                    |
| 3   | Mayıs | 2020 | 236,3                     | 19              | Mayıs | 2020 | 236,20                    |
| 4   | Mayıs | 2020 | 235,0                     | 20              | Mayıs | 2020 | 235,10                    |
| 5   | Mayıs | 2020 | 235,6                     | 21              | Mayıs | 2020 | 235,20                    |
| 6   | Mayıs | 2020 | 236,0                     | 22              | Mayıs | 2020 | 235,10                    |
| 7   | Mayıs | 2020 | 235,9                     | 23              | Mayıs | 2020 | 235,00                    |
| 8   | Mayıs | 2020 | 236,2                     | 24              | Mayıs | 2020 | 235,00                    |
| 9   | Mayıs | 2020 | 235,1                     | 25              | Mayıs | 2020 | 235,20                    |
| 10  | Mayıs | 2020 | 235,2                     | 26              | Mayıs | 2020 | 235,50                    |
| 11  | Mayıs | 2020 | 235,1                     | 27              | Mayıs | 2020 | 235,70                    |
| 12  | Mayıs | 2020 | 235,0                     | 28              | Mayıs | 2020 | 235,50                    |
| 13  | Mayıs | 2020 | 235,0                     | 29              | Mayıs | 2020 | 235,00                    |
| 14  | Mayıs | 2020 | 235,7                     | 30              | Mayıs | 2020 | 236,00                    |
| 15  | Mayıs | 2020 | 235,1                     | 31              | Mayıs | 2020 | 235,60                    |
| 16  | Mayıs | 2020 | 235,7                     | Toplam (kWh/ay) |       |      | 11617                     |

### 2 Sabit Etkenler Analizi

Ö&D planında yer verilen sabit etkenler aşağıda analiz edilmiştir.

- Çalışma saatleri

| Yıl  | Ay    | Saat/ay |
|------|-------|---------|
| 2020 | Mart  | 651     |
| 2020 | Mayıs | 651     |

Çalışma saatlerinin iki dönem için de aynı olduğu doğrulanmıştır. Dolayısıyla, rutin olmayan ayarlama gerek yoktur.

- Yıl boyunca gereken hız profili

| Farklı hız % için saatler |       |      |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yıl                       | Ay    | %100 | %90 | %80 | %70 | %60 | %50 | %40 |
| 2020                      | Mart  | %100 |     |     |     |     |     |     |
| 2020                      | Mayıs | %10  | %20 | %25 | %20 | %10 | %10 | %5  |

Hız profilinin ölçümler sırasında üzerinde mutabık kalındığı şekliyle korunduğu doğrulanmıştır. Dolayısıyla, rutin olmayan ayarlama gerek yoktur.

### 3 Enerji Fiyatı

Enerji fiyatları yerel elektrik dağıtım şirketinin tarifesine göre 0,65 TL/kWh kabul edilecektir.

## 4 Enerji Tasarrufu Hesaplamaları (kWh ve TL)

Raporlama dönemi enerjisi doğrudan sayaçtan temin edilmiş ve yıllık bazda verilmiştir.

| Zaman Dilimi   | Enerji    |
|--|-----------|
| Aylık Raporlama Dönemi Enerjisi (Mayıs 2020)<br>(kWh/ay) | 7.299,00  |
| Yıllık Raporlama Dönemi Enerjisi (kWh/yıl)               | 85.939,83 |

Referans çizgisi dönemi ve raporlama dönemi enerji tüketimleri dikkate alınarak enerji tasarrufu belirlenebilir. Ayrıca, maliyet tasarrufu da enerji tasarrufunun enerji fiyatıyla çarpımından elde edilebilir.

| Referans Çizgisi Enerji Tüketimi (kWh/yıl) | Raporlama Dönemi Enerji Tüketimi (kWh/yıl) | Enerji Tasarrufu (kWh/yıl) | Maliyet Tasarrufu (TL/yıl) |
|--|--|----------------------------|----------------------------|
| 184.796                                    | 85.940                                     | 98.856                     | 64.256                     |

### 4.1 Doğruluk:

Tasarrufun toplam ölçülebilir doğruluğu  $=\sqrt{Acc. p^2 + Acc. p^2}=\sqrt{1\%^2 + 1\%^2} = \%1,41$

| Proje  | Enerji Tasarrufu (kWh/yıl) | Maliyet Tasarrufu (TL/yıl) |
|--------|----------------------------|----------------------------|
| Toplam | <b>98.856 ± 1.394</b>      | <b>64.256 ± 906</b>        |

## OPSIYON C – Ö&D PLANI ÖRNEĞİ

### 1 Tesis ve Projeye Genel Bakış

Proje İzmir, Türkiye’de bulunan bir kamu binasının enerji verimliliğini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Proje kapsamında binanın bütün ofislerindeki klima ekipmanı değiştirilecektir. Projenin amacı binanın enerji maliyetini düşürmek ve bina mukimleri arasında enerji verimliliği bilinci yaratmaktır.

### 2 Enerji Verimliliği Önlemleri

Proje binadaki ofislerde soğutma modunda kullanılan 50 klima ünitesinin değiştirilmesini kapsamaktadır. Yeni ekipman kullanım ömrünü dolduran eski sistemlere kıyasla daha verimlidir.

EVÖ’nün binanın enerji tüketimi üzerindeki etkisinin kurulum süreçlerinin tamamlanmasının üstünden bir sene geçene kadar izlenmesi planlanmaktadır. Ana elektrik sayacında 28.000 kWh/yıl tasarruf edilmesi beklenmektedir.

### 3 Seçilen UPÖDP Opsiyonu ve Ölçüm Sınırı

| Tasarruf Tespiti İçin Kullanılan UPÖDP Opsiyonu   |
|---|
| UPÖDP Temel Kavramlar 2016 doğrultusunda UPÖDP Opsiyon C – Tüm Tesis kullanılacaktır. Enerji tüketimi elektrik sayacı kullanılarak ölçülecektir.  |
| Seçilen Opsiyonun Gerekçesi   |
| Projede aşağıdaki nedenlerden UPÖDP Opsiyon C kullanılacaktır: <ul style="list-style-type: none"><li>• Proje tüm tesisin azalan enerji maliyetinin ölçülmesine odaklanmaktadır.</li><li>• Proje tek tek ekipmanların değil, hepsinin tasarrufuyla ilgilenmektedir.</li><li>• Beklenen tasarruf referans çizgisi enerjisinin %10’undan fazladır.</li></ul> |
| Ölçüm Sınırı  |
| Bu durumda ölçüm sınırı enerji tüketimi göz önünde bulundurularak tüm tesis olarak tanımlanacaktır.   |

### 4 Referans Çizgisi: Dönem, Enerji ve Koşullar

#### 4.1 Referans çizgisi döneminin belirlenmesi

Referans çizgisi dönemi 1 Ocak 2019’da başlamakta, 21 Aralık 2019’da sona ermektedir. Bu dönem referans durum sistemini temsil etmektedir ve hava değişimiyle ilişkili mevsimsel hava değişimlerini hesaba katmaktadır.

#### 4.2 Referans çizgisi enerji tüketimi ve talebi

Referans çizgisi dönemi verisi aşağıdaki sayaçtan elde edilmiştir:

- Sayaç 1: No. 1261401

Referans çizgisi dönemi için Sayaç 1 verisi aşağıdaki tabloda sunulmuştur:



| Yıl  | Ay      | Elektrik Tüketimi (kwh/AY) |
|------|---------|----------------------------|
| 2019 | Ocak    | 2.900                      |
| 2019 | Şubat   | 3.086                      |
| 2019 | Mart    | 3.100                      |
| 2019 | Nisan   | 3.851                      |
| 2019 | Mayıs   | 9.235                      |
| 2019 | Haziran | 26.213                     |
| 2019 | Temmuz  | 28.125                     |
| 2019 | Ağustos | 36.157                     |
| 2019 | Eylül   | 18.023                     |
| 2019 | Ekim    | 8.820                      |
| 2019 | Kasım   | 3.913                      |
| 2019 | Aralık  | 2.984                      |

#### 4.3 Bağımsız değişkenler

Klima sistemi dış ortam sıcaklığının yüksek olduğu günlerde daha fazla enerji tüketeceğinden, bu projede aylık soğutma gün dereceleri (SGD) bağımsız değişken kabul edilmiştir. SGD bilgisi İzmir Adnan Menderes Havaalanı lokasyonu için (referans sıcaklık = 20,0°C) Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alınmıştır.

| Yıl  | Ay      | <u>CDD@20,0°C</u> |
|------|---------|-------------------|
| 2019 | Ocak    | 0,0               |
| 2019 | Şubat   | 0,0               |
| 2019 | Mart    | 0,4               |
| 2019 | Nisan   | 9,6               |
| 2019 | Mayıs   | 66,6              |
| 2019 | Haziran | 199,0             |
| 2019 | Temmuz  | 239,4             |
| 2019 | Ağustos | 285,0             |
| 2019 | Eylül   | 125,9             |
| 2019 | Ekim    | 52,8              |
| 2019 | Kasım   | 8,0               |
| 2019 | Aralık  | 0,0               |

#### 4.4 Referans çizgisi sabit etkenleri

Sabit etkenlere Ö&D planının hazırlanması sırasında sabit kabul edilen ekipman ve işletim modları dahildir. Dolayısıyla, verilerde ve parametrelerde bir değişim olması halinde referans çizgisi ayarlanabilir (kalıcı veya geçici olarak).

Aşağıdaki listede bu projedeki sabit etkenler verilmiştir. Liste tamamen kapsayıcı değildir ve enerjiye etki etmesi muhtemel diğer etkenlerin listeye eklenmesi gerekmektedir.

- Kullanım takvimi;
- Sıcaklık ayar noktaları;
- Bina kullanımı;
- Bina yüz ölçüsü;
- ISH sistemlerinin sayısı ve kapasitesi;
- Havalandırma çalışma saatleri;
- Harici hava tedariki miktarı

## 5 Raporlama Dönemi

Raporlama dönemi 1 Mart 2020'de başlamakta ve proje planlamasının başlangıcından Ö&D planının hazırlanmasına kadar 12 ay sürmektedir.

## 6 Ayarlama Temeli

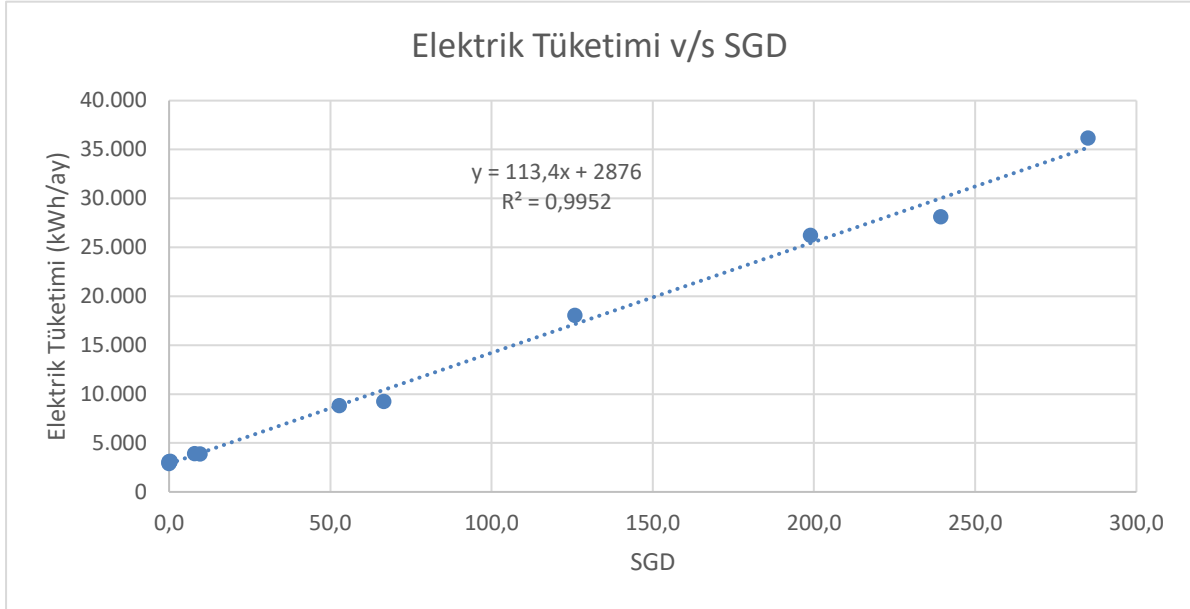
| Seçilen Opsiyon                            | Denklem   |
|--|---|
| Önlenen Enerji Tüketimi<br>(veya Tasarruf) | <p>Referans Çizgisi Enerjisi<br/>(±)</p> <p>Raporlama Dönemi Koşullarındaki Rutin Ayarlamalar<br/>(±)</p> <p>Raporlama Dönemi Koşullarındaki Rutin Olmayan Ayarlamalar<br/>(-)</p> <p>Raporlama Dönemi Enerjisi</p> |

Yukarıdaki denklemde hem referans çizgisi enerjisi hesaplaması hem de rutin ayarlamalar referans çizgisi matematiksel modeliyle aynı anda yapılır. Referans çizgisi enerji tüketimi raporlama dönemi koşullarına ayarlanacaktır.

## 7 Referans Çizgisi Ayarlama Metodolojisinin Tanımı

Binanın elektrik enerjisi tüketimi ile referans çizgisi dönemi SGD'si verisi ve bu iki unsur arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

| Yıl  | Ay      | Elektrik Tüketimi (kwh/AY) | CDD@20,0°C |
|------|---------|----------------------------|------------|
| 2019 | Ocak    | 90                         | 0,0        |
| 2019 | Şubat   | 336                        | 0,0        |
| 2019 | Mart    | 1.660                      | 0,4        |
| 2019 | Nisan   | 5.200                      | 9,6        |
| 2019 | Mayıs   | 18.200                     | 66,6       |
| 2019 | Haziran | 42.000                     | 199,0      |
| 2019 | Temmuz  | 43.356                     | 239,4      |
| 2019 | Ağustos | 49.730                     | 285,0      |
| 2019 | Eylül   | 33.188                     | 125,9      |
| 2019 | Ekim    | 15.916                     | 52,8       |
| 2019 | Kasım   | 5.452                      | 8,0        |
| 2019 | Aralık  | 460                        | 0,0        |



Dolayısıyla, referans çizgisi enerji tüketimi aşağıdaki denkleme göre raporlama dönemi koşullarına ayarlanacaktır:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x$$

$y$ : Elektrik Tüketimi (kWh/ay)

$x$ : Raporlama dönemi SGD'si

Regresyon analizi bu analiz için kullanılan kriterlere göre kabul edilebilirdir. Aşağıdaki tabloda regresyonun istatistiksel göstergeleri verilmiştir.

| Analiz         | Değer | Kabul Kriteri |
|----------------|-------|---------------|
| R <sup>2</sup> | %99   | >%75          |
| CV (RMSE)      | %7    | <%25          |
| t-istatistiği  | 45,6  | > 2           |

## 8 Enerji Fiyatları

Enerji fiyatları yerel elektrik dağıtım şirketinin tarifesine göre 0,65 TL/kWh kabul edilecektir.

## 9 Ölçüm Özellikleri

Referans çizgisi enerjisi ve raporlama dönemi enerjisi sayaç kullanılarak belirlenecektir. Sayaç verisi enerji ödemelerini belirlediğinden, ayrıca genellikle enerji emtialarının satışı için ticari doğruluk düzenlemelerine uyulması gerektiğinden, sayaç verisinin %100 doğru olduğu kabul edilmiştir.

## 10 İzleme Sorumlulukları

Veri toplanması ve performans gerekliliklerinin izlenmesine ilişkin sorumluluklar aşağıdaki tabloda verilmiştir:

| Unvan   | İsim       | Meslek          | İletişim Bilgisi       | Veri ve Sorumluluklar  | Sıklık |
|---------|------------|-----------------|------------------------|--|--------|
| İrtibat | Ad + Soyad | Bakım Mühendisi | +90<br>xxx xxx<br>xxxx | EVÖ'nün çalıştığı ve sabit etkenlerin doğrulanması. Sayaçtan bilgi alınması                                      | Aylık  |
| SÖDU    | Ad + Soyad | Mühendis        | +90<br>xxx xxx<br>xxxx | EVÖ'nün çalıştığı ve sabit etkenlerin doğrulanması. SGD verisinin temin edilmesi. Ö&D planını hazırlayan yetkili | Aylık  |

## 11 Raporun Sorumluluğu

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| Sorumlu Kişi | Ad + Soyad                 |
| Sıklık       | Yılda 4 ayda bir (3 rapor) |

## 12 Bütçe

Ö&D bütçesi aydınlatma gücünün ölçümü ve Ö&D plan ve raporunun (üç adet) hazırlanması için belirlenmiştir.

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Ö&D Planı              | 1.000 TL |
| Ö&D Raporları (3 adet) | 1.500 TL |

## 13 Ö&D Raporunun Formatı

|           |  |
|-----------|--|
| Proje Adı |  |
| Tarih     |  |
|           | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Raporlama dönemi için enerji verisi</li><li>2. Raporlama dönemi için bağımsız değişken verisi</li><li>3. Kullanılan enerji fiyatı takvimi</li><li>4. Analiz için sabit etkenler</li><li>5. Enerji tasarrufu hesaplamaları (kWh ve TL)</li></ol> |

## 14 Kalite Güvencesi

Enerji tasarrufu hesaplamalarının ve raporların hazırlanmasına ilişkin diğer bütün faaliyetlerin kalitesinin sağlanması için aşağıdaki prosedür kullanılacaktır.

- Tasarruf ve ayarlamalar yalnızca sertifikalı ölçüm ve doğrulama uzmanları (SÖDU'lar) tarafından hesaplanabilecektir. Ayrıca, bütün tasarruf hesaplamaları temel mühendislik ilkelerine dayandırılacak ve ilgili uzmanların bilgisi dahilinde yapılacaktır. Her hesap proje hakkında bilgisi olan ve gerekli niteliklere sahip olan bir diğer kişi tarafından doğrulanacaktır.
- Bütün tasarruf hesaplamaları enerji tedarikçisinin fatura nüshalarındaki enerji verisine göre yapılır.
- Bağımsız değişken: Hem referans çizgisi dönemi hem de raporlama dönemi için aynı bilgi kaynağı kullanılacaktır. Veri iki haftada bir indirilecektir.
- Sabit etken: Projedeki sabit etken değişimlerine ilişkin bilgi projenin iç denetçisi (müşteri) tarafından bu değişimlerin beklenen tasarruf üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin SÖDU tarafından belirlenmesi için gönderilir. Söz konusu uzman ardından uygulanan önlemlerin gerçek tasarrufunun belirlenmesi için referans yıla gerekli ayarlamaları yapabilir.

## OPSİYON C – Ö&D RAPORU ÖRNEĞİ

### 1 Raporlama Dönemi İçin Enerji Verisi

Raporlama dönemi enerji tüketimi doğrudan No. 1261401 sayacın enerji faturalarındaki bilgilerden elde edilmiştir. Raporlama dönemi için ölçülen enerji tüketimi bilgisi aşağıda verilmiştir.

| Yıl  | Ay      | Elektrik Tüketimi (kWh/ay) |
|------|---------|----------------------------|
| 2020 | Mart    | 2.380                      |
| 2020 | Nisan   | 3.245                      |
| 2020 | Mayıs   | 9.158                      |
| 2020 | Haziran | 13.675                     |
| 2020 | Temmuz  | 25.965                     |
| 2020 | Ağustos | 27.321                     |
| 2020 | Eylül   | 19.658                     |
| 2020 | Ekim    | 7.851                      |
| 2020 | Kasım   | 2.512                      |
| 2020 | Aralık  | 2.300                      |
| 2021 | Ocak    | 2.400                      |
| 2021 | Şubat   | 2.515                      |

### 2 Raporlama Dönemi İçin Bağımsız Değişken Verisi

SGD bilgisi İzmir Adnan Menderes Havaalanı lokasyonu için (referans sıcaklık = 20,0°C) Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alınmıştır.

| Yıl  | Ay      | CDD@20,0°C |
|------|---------|------------|
| 2020 | Mart    | 0,9        |
| 2020 | Nisan   | 11,5       |
| 2020 | Mayıs   | 76,9       |
| 2020 | Haziran | 126,5      |
| 2020 | Temmuz  | 271,5      |
| 2020 | Ağustos | 263,7      |
| 2020 | Eylül   | 181,5      |
| 2020 | Ekim    | 60,3       |
| 2020 | Kasım   | 1,2        |
| 2020 | Aralık  | 0,0        |
| 2021 | Ocak    | 0,0        |
| 2021 | Şubat   | 0,0        |

### 3 Kullanılan Enerji Fiyatı Takvimi

Enerji fiyatları yerel elektrik dağıtım şirketinin tarifesine göre 0,65 TL/kWh kabul edilecektir.

### 4 Sabit Etkenler Analizi

Aşağıdaki sabit etkenlerin izlenmesinin ardından referans çizgisi dönemine ilişkin herhangi bir önemli değişim görülmemiştir.

- Kullanım takvimi;
- Sıcaklık ayar noktaları;
- Bina kullanımı;

- Bina yüz ölçüsü;
- ISH sistemlerinin sayısı ve kapasitesi;
- Havalandırma çalışma saatleri;
- Harici hava tedariki miktarı.

Dolayısıyla, rutin olmayan ayarlamaya gerek yoktur.

## 5 Enerji Tasarrufu Hesaplamaları (kWh ve TL)

Ayarlanan referans çizgisi enerjisi Ö&D Planında belirtilen denkleme göre hesaplanmıştır:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x$$

y: Elektrik Tüketimi (kWh/ay)

x: Raporlama dönemi SGD'si

Bu durumda enerji tasarrufunun hesaplanması mümkündür.

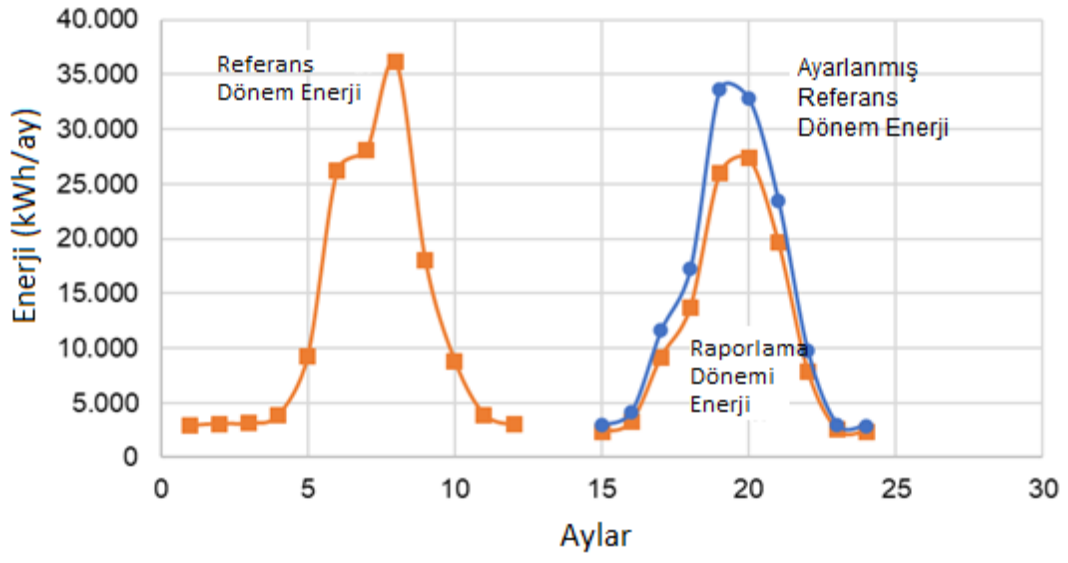
| Seçilen Opsiyon                         | Denklem   |
|---|---|
| Önlenen Enerji Tüketimi (veya Tasarruf) | Referans Çizgisi Enerjisi<br>(±)<br>Raporlama Dönemi Koşullarındaki Rutin Ayarlamalar<br>(-)<br>Raporlama Dönemi Enerjisi |

Ayrıca, maliyet tasarrufu da enerji tasarrufunun enerji fiyatıyla çarpımından elde edilebilir.

| Yıl           | Ay      | SGD @20,0°C | Ayarlanmış Referans Çizgisi Enerjisi (kWh/ay) | Raporlama Dönemi Enerjisi (kWh/ay) | Enerji Tasarrufu (kWh/ay) | Maliyet Tasarrufu (TL/ay) |
|---------------|---------|-------------|---|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 2020          | Mart    | 0,9         | 2.978,1                                       | 2.380,0                            | 598,1                     | 388,7                     |
| 2020          | Nisan   | 11,5        | 4.180,1                                       | 3.245,0                            | 935,1                     | 607,8                     |
| 2020          | Mayıs   | 76,9        | 11.596,5                                      | 9.158,0                            | 2.438,5                   | 1.585,0                   |
| 2020          | Haziran | 126,5       | 17.221,1                                      | 13.675,0                           | 3.546,1                   | 2.305,0                   |
| 2020          | Temmuz  | 271,5       | 33.664,1                                      | 25.965,0                           | 7.699,1                   | 5.004,4                   |
| 2020          | Ağustos | 263,7       | 32.779,6                                      | 27.321,0                           | 5.458,6                   | 3.548,1                   |
| 2020          | Eylül   | 181,5       | 23.458,1                                      | 19.658,0                           | 3.800,1                   | 2.470,1                   |
| 2020          | Ekim    | 60,3        | 9.714,0                                       | 7.851,0                            | 1.863,0                   | 1.211,0                   |
| 2020          | Kasım   | 1,2         | 3.012,1                                       | 2.512,0                            | 500,1                     | 325,1                     |
| 2020          | Aralık  | 0,0         | 2.876,0                                       | 2.300,0                            | 576,0                     | 374,4                     |
| 2021          | Ocak    | 0,0         | 2.876,0                                       | 2.400,0                            | 476,0                     | 309,4                     |
| 2021          | Şubat   | 0,0         | 2.876,0                                       | 2.515,0                            | 361,0                     | 234,7                     |
| <b>Toplam</b> |         |             | <b>147.231,6</b>                              | <b>118.980,0</b>                   | <b>28.251,6</b>           | <b>18.363,5</b>           |

Aynı bilgi aşağıdaki grafikte de görülebilmektedir.

## Enerji Tasarrufu





## EK – 2

### Adım Adım Regresyon Analizi Kılavuzu

Regresyon analizi değişken bir etkenin (enerji tüketimi gibi) bir veya birden fazla bağımsız değişkene (ortam sıcaklığı gibi) bağımlılığını tanımlayan bir istatistik tekniğidir. Regresyon modellemesi bağımsız değişkenlere dayanarak bir bağımlı değişkenin değerinin tahmin edilmesi için yapılır.

En doğru regresyon analizinin elde edilmesi için ölçümlene döneminin sistemin/tesisinin işletim koşullarını tamamıyla temsil etmesi gerekir. Bu süre boyunca bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin değişmesi beklenmiyorsa bağımlı değişkenlerin değeri regresyon analizleriyle tahmin edilebilir. Regresyon analizi aynı zamanda tasarruf hesaplamalarındaki belirsizliğe ilişkin bir tahmin de temin eder. Dahası, tasarrufun belirsizliğinin istenen seviyenin altında tutulması için raporlama döneminde gereken veri miktarının tahmin edilmesi için referans çizgisi regresyon analizleri kullanılabilir.

Regresyon analizi süreci altı ana adımdan oluşur:

1. Bütün bağımsız değişkenlerin tespit edilmesi,
2. Veri toplanması,
3. Verilerin senkronize edilmesi,
4. Verilerin grafiğe dökülmesi,
5. Modelin seçilmesi ve geliştirilmesi,
6. Regresyon modelinin doğrulanması.

#### **1. Adım - Bütün bağımsız değişkenlerin tespit edilmesi**

Bağımsız değişkenlerin tespiti için tesisin özelliklerinin ve enerji tüketimine etki eden farklı etkenlerin değerlendirilmesi gerekir. Değişken verisi sürekli veya sayısal değilse regresyon analizi birkaç regresyon analizine bölünebilir.

Türkiye'deki kamu binaları için tipik olan bazı bağımsız değişkenler şunlardır:

- Çevre kuru ampul sıcaklığı,
- Isıtma gün dereceleri,
- Soğutma gün dereceleri,
- Tesisin mukim sayısı.

#### **2. Adım - Veri toplanması**

EVÖ'lerin kurulumundan önce tesisin enerji tüketimini temsil eden bütün gerekli verilerin toplanması gerekir. Referans çizgisi izleme dönemi işletim koşullarının tamamını yansıtabilecek verileri temin edecek kadar uzun olmalıdır. Referans çizgisi izleme verisi ya sahada gerekli sayıda sayaç kurularak ya da aylık enerji faturası verisi toplanarak elde edilebilir. Tipik bir referans çizgisi izleme dönemi 12-24 aylık fatura verisini veya birkaç haftalık ölçüm verisini kapsar. Tesisin tüm işletim koşullarını temsil edecek verinin toplanması için gereken zaman tesis koşullarına ve EVÖ'nün/EVÖ'lerin mahiyetine bağlıdır.

#### **3. Adım - Verilerin senkronize edilmesi**

Her bağımsız değişkenin doğru şekilde temsil edilmesi için gözlem aralığı bütün değişkenler için aynı olmalıdır. Örneğin, sonuç değişkeni olarak aylık enerji faturalarının kullanıldığı bir regresyon modelinde ilk olarak saatlik, günlük veya haftalık veri olarak kaydedilen diğer bütün değişkenlerin aylık veri

noktalarına çevrilmeleri gerekir. Bu durumlarda bir aylık günlük veri noktalarının ortalaması alınarak aylık verinin senkronize edilmesi yaygın bir uygulamadır.

#### **4. Adım - Verilerin grafiğe dökülmesi**

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin görselleştirilmesi için verinin grafiğe dökülmesi gerekir. Regresyon analizleri için grafik oluşturmanın en yaygın yöntemi bağımsız değişkenlerin X eksenine, bağımlı değişkenlerin Y eksenine yerleştirilmesidir.

#### **5. Adım - Modelin seçilmesi ve geliştirilmesi**

Veri grafiği oluşturulduktan sonra ilgili değişkenler arasındaki referans çizgisi ilişkisini temsil etmek üzere regresyon analizlerinden grafik denklemi hesaplanır.

#### **6. Adım - Regresyon modelinin doğrulanması**

Regresyon analizlerinin doğrulanması için birkaç sayısal uygulama hesaplanmalıdır. Referans çizgisi modeli oluşturulduktan ve gerekli bütün veriler toplandıktan sonra verinin tutarlı ve güvenilir olup olmadığına bakılması için aşağıdaki değerlerin en az üç ölçümünün yapılması gerekir. Hesaplanması gereken değerler şu şekildedir:

- Determinasyon katsayısı ( $R^2$ )
- Değişim katsayısı ( $CV(RMSE)$ )
- Ortalama sapma hatası (MBE)
- F-istatistiği
- t-istatistiği
- p değeri

#### **Regresyon Analizi Metodolojisi**

Bir regresyon modelindeki bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki aşağıdaki matematik denklemleriyle tanımlanabilir:

Basit Regresyon:  $Y = a + bX + u$

Çoklu Regresyon:  $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_tX_t + u$

Eğer:

$Y$  : tahmin edilecek değişken

$X$  : ölçülecek veya tanımlanacak değişken

$a$  : y-kesimi katsayısı

$b$  : bağımsız değişken için eğim katsayısı

$u$  : açıklanmayan regresyon artığı

Regresyon analizi yapmak için birkaç yazılım paketi bulunmaktadır. En sık kullanılan regresyon modelleme yöntemi MS Excel'dir.

#### **Regresyon analizinin doğrulanması:**

Regresyon analizinin doğrulanması için aşağıdaki sayısal değişkenlerin hesaplanması gerekir:

### **Determinasyon katsayısı ( $R^2$ )**

$R^2$  değeri modelin gelecekteki sonuçları ne kadar iyi tahmin edeceğini temsil eder. 1 ila 10 arasında bir değerdir. 1 değeri mükemmel tahmini, 10 değeri ise modelin başarısız olduğunu gösterir.

Enerji ile bağımsız değişkenler arasında iyi bir nedensellik ilişkisinin makul bir göstergesi olarak kabul edilebilmesi için  $R^2$ 'nin genellikle 0,75'ten büyük olması beklenir. Determinasyon katsayısı şu şekilde hesaplanır:

$$R^2 = \frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

Denklemden,

$\hat{Y}_i$  Gerçek bağımsız değişkenin/değişkenlerin regresyon modeli denklemine dahil edilmesiyle belirli bir  $i$  veri noktasının model tarafından tahmin edilen enerji değeridir.

$\bar{Y}_n$  Gerçek gözlemlenen veya ölçülen enerji değerlerinin ortalamasıdır.

$Y_i$  Veri noktası için gerçek gözlemlenen veya ölçülen enerji tüketim değeridir.

### **Değişim katsayısı (CV(RMSE))**

Yukarıdaki RMSE<sup>2</sup>'nin ortalama enerji tüketimine bölünmesi, RMSE'nin değişim katsayısını, yani CV(RMSE)'yi verir. Aylık CV(RMSE) için kabul edilebilir aralıklar 12 ila 60 aylık referans yıl verisi kullanıldığında enerji için 0,25'den düşük ve talep için 0,35'ten düşüktür.

CV(RMSE) şu denklemlerle hesaplanabilir:

$$CV(RMSE) = \frac{SE_{\hat{Y}}}{\bar{Y}}$$

$SE_{\hat{Y}}$  regresyon modelinin standart hatasını temsil eder.

### **Katsayının standart hatası**

Regresyon modeli katsayıları X ile Y arasındaki ilişkinin tahmini değerleri olduklarında, değişime tabidirler Tahminin doğruluğu katsayının standart hatası ile ilgili  $t_{istatistiği}$  değeri ile hesaplanır.

Katsayının standart hatası formülü aşağıda verilmiştir:

$$SE_b = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2 / (n-2)}{\sum(X_i - \bar{X})^2}}$$

Diğer yandan,  $t_{istatistiği}$  şu şekilde hesaplanır:

$$t = \frac{b}{SE_b}$$

Dolayısıyla, b katsayısının gerçek değerinin düştüğü aralık şu şekilde hesaplanır:

$$b \pm t \times SE_b$$

### **Excel'de Regresyon Analizi**

Excel'de regresyon analizine başlamadan önce;

Geleneksel yöntemlerle regresyon analizi yapmak zorlu bir iş olabilir. Dolayısıyla, bir regresyon analizi aracından faydalanmak her zaman vakit kazandıracaktır. Piyasada birkaç regresyon analizi aracı bulunsa da Excel kullanmak en kolay yoldur. Excel'in regresyon analizini de kapsayan dahili bir analiz aracı mevcuttur.

Analiz aracı paketini yüklemek için aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

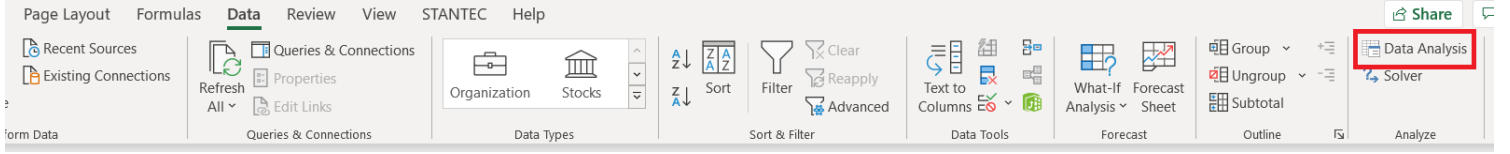
1. Dosya'ya gidilir,
2. Seçenekler'e tıklanır,
3. Sol alt köşedeki Eklentiler seçilir,
4. Alt taraftaki Yönet: Excel Eklentileri seçilir,
5. Git'e basılır, ardından Çözümleme Araç Takımı'nın seçildiğinden emin olunur.

Excel'de regresyon analizini göstermek için aşağıdaki veri adım adım analiz edilmiştir:

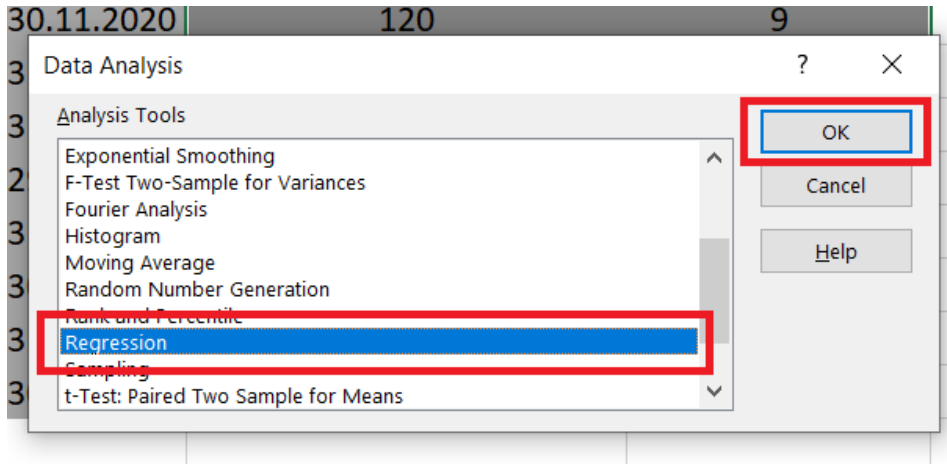
1. Tabloda bağımlı ve bağımsız değişkenler seçilir.

| Tarih      | Enerji Tüketimi (kWh) | Bina Doluluğu |
|------------|-----------------------|---------------|
| 31.07.2020 | 100                   | 7             |
| 31.08.2020 | 150                   | 10            |
| 30.09.2020 | 200                   | 12            |
| 31.10.2020 | 150                   | 11            |
| 30.11.2020 | 120                   | 9             |
| 31.12.2020 | 140                   | 10            |
| 31.01.2021 | 250                   | 14            |
| 29.02.2021 | 300                   | 17            |
| 31.03.2021 | 275                   | 16            |
| 30.04.2021 | 175                   | 11            |
| 31.05.2021 | 150                   | 10            |
| 30.06.2021 | 100                   | 7             |

2. Yukarıdaki menüden Veri'ye gidilir, ardından Veri Çözümleme seçilir.



3. Veri Çözümleme penceresinde Regresyon aranır, ardından Tamam'a basılır.



4. Y ve X eksenlerinin verisi seçilip güvenirlilik düzeyi %95 olarak belirlenir ve Tamam'a basılır.

Regression

Input

Input Y Range: \$M\$2:\$M\$13

Input X Range: \$K\$2:\$K\$13

Labels  Constant is Zero

Confidence Level: 95 %

Output options

Output Range:

New Worksheet Ply:

New Workbook

Residuals

Residuals  Residual Plots

Standardized Residuals  Line Fit Plots

Normal Probability

Normal Probability Plots

OK

Cancel

Help

5. Excel regresyon analizi için otomatik olarak yeni bir sayfa açacak ve gerekli bütün bilgileri temin edecektir.

| SUMMARY OUTPUT               |                     |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|----------------|-----------------------|------------------|--------------------|--------------------|--|
| <i>Regression Statistics</i> |                     |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
| Multiple R                   | 0.99577028          |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
| R Square                     | 0.991558451         |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
| Adjusted R Square            | 0.990620501         |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
| Standard Error               | 498951.0709         |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
| Observations                 | 11                  |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
| <i>ANOVA</i>                 |                     |                       |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
|                              | <i>df</i>           | <i>SS</i>             | <i>MS</i>     | <i>F</i>       | <i>Significance F</i> |                  |                    |                    |  |
| Regression                   | 1                   | 2.63E+14              | 2.63E+14      | 1057.155       | 1.21111E-10           |                  |                    |                    |  |
| Residual                     | 9                   | 2.24E+12              | 2.49E+11      |                |                       |                  |                    |                    |  |
| Total                        | 10                  | 2.65E+14              |               |                |                       |                  |                    |                    |  |
|                              | <i>Coefficients</i> | <i>Standard Error</i> | <i>t Stat</i> | <i>P-value</i> | <i>Lower 95%</i>      | <i>Upper 95%</i> | <i>Lower 95.0%</i> | <i>Upper 95.0%</i> |  |
| Intercept                    | 11044.34172         | 221331.7              | 0.0499        | 0.961292       | -489642.6981          | 511731.4         | -489643            | 511731.4           |  |
| 1                            | 65778.82887         | 2023.097              | 32.51392      | 1.21E-10       | 61202.26448           | 70355.39         | 61202.26           | 70355.39           |  |

Excel'de regresyon analizi için analizin gerekli değerleri ve unsurlarının tanımlanmasında Excel'in aşağıdaki özellikleri faydalıdır:

## Regresyon Modeli İstatistiği

n

p

df

$Y_{AVG}$

$X_{AVG}$

$SSQ_{total}$

$SSQ_{reg}$

SSE

$SSQ_X$

F

RMSE

Tahminin Standart Hatası

CV-RMSE

R Kare

Ayarlanmış R-Kare

Net Determinasyon Hatası

## Microsoft Excel Fonksiyonu

=COUNT(Xvals)

2

=n-p

=AVERAGE(YVALS)

=AVERAGE(XVALS)

=DEVSQ(YVALS)

=DEVSQ(YVALSCALC)

=SUM((YVALS- YVALSCALC)^2)

=DEVSQ(XVals)

= DEVSQ(YValsCalc) / (SUM((Yvals-YvalsCalc)^2 / (n-p))

=SQRT(SUM((Yvals – YvalsCalc)^2)/(n-p)

=STEYX(Yvals,Xvals)

= SQRT(SUM((Yvals – YvalsCalc)^2)/(n-p) /

(AVERAGE(Yvals)

=RSQ(Yvals,Xvals)

=1-((1-RSQ(Yvals,XVals))\*((n-1)/(n-p-1)))

=SUM(Yvals-YvalsCalc)/SUM(Yvals)

## Örnek

Bir kamu ofis binasındaki ısıtma sisteminin referans çizgisi enerji tüketimi aşağıdaki denklemle ortaya koyulabilir:

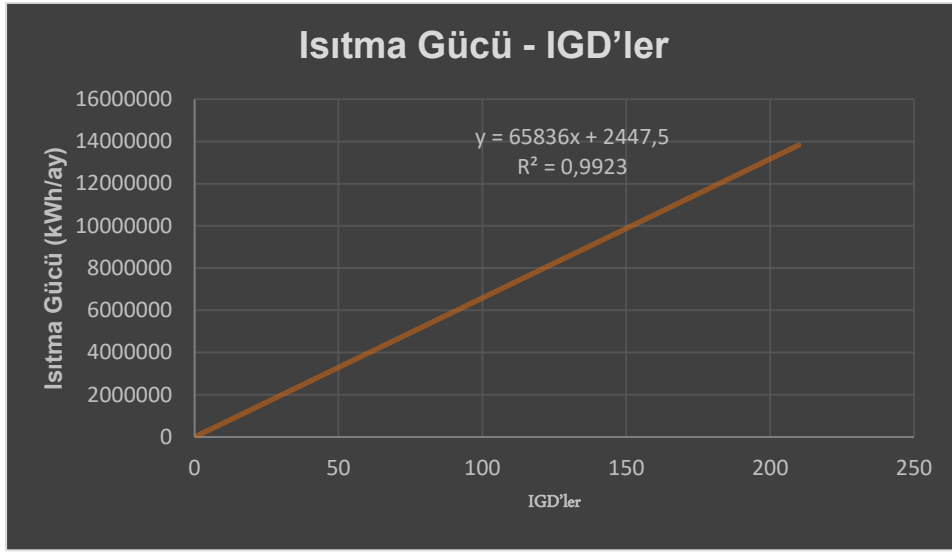
$$Q(kWh) = b_2 \times HDDs + u$$

Denklemden Q, sistemin IGD'ye göre tahmini enerji tüketimidir.

Soğutma sisteminin aylık enerji tüketimi verisi ölçülmüş ve ilgili IGD'lerle birlikte aşağıdaki tabloda verilmiştir:

| Tarih        | Enerji Tüketimi (kWh) | IGD'ler |
|--------------|-----------------------|---------|
| Temmuz 2020  | 24300                 | 1       |
| Ağustos 2020 | 90720                 | 2       |
| Eylül 2020   | 448200                | 7,5     |
| Ekim 2020    | 1404000               | 19      |
| Kasım 2020   | 4914000               | 75      |
| Aralık 2020  | 11340000              | 163     |
| Ocak 2021    | 11706120              | 183     |
| Şubat 2021   | 13427100              | 210     |
| Mart 2021    | 8960760               | 122     |
| Nisan 2021   | 4297320               | 78      |
| Mayıs 2021   | 1472040               | 22      |
| Temmuz 2021  | 124200                | 1,2     |

Gerekli bütün bilgilerin toplanmasının ardından Excel'de bir veri tablosu hazırlanmalıdır. Bu durumda veri grafiği şu şekilde olacaktır:



Grafikten görülebildiği üzere, ısıtma için enerji tüketimi arasındaki ilişkinin denklemi şu şekildedir:

$$Q(kWh) = 65836 \times HDDs + 2447,4$$

Öte yandan, regresyon analizi verili değerlere uygulandığında Excel regresyon analizi için gereken bütün bilgileri şu şekilde vermektedir:

| Regresyon İstatistikleri |             |
|--------------------------|-------------|
| Çoklu R                  | 0.99577028  |
| R Kare                   | 0.991558451 |
| Ayarlanmış R Kare        | 0.990620501 |
| Standart Hata            | 498951.0709 |
| Gözlemler                | 11          |
| t istatistiği            | 32.51392    |

Sonuçlara göre,  $R^2$  0,75'ten büyüktür ki bu determinasyon katsayısının değerinin sonuçların doğrulanması bakımından iyi bir aralıkta olduğu anlamına gelir.

Sonuçların değerlendirilmesi için RMSE ve t-istatistiğinin de ölçülmesi gerekir.

$$CV(RMSE) = \frac{SE_{\hat{Y}}}{\bar{Y}} = \frac{498.951,07}{\text{Toplam Enerji Tüketimi}/12} * 100 = 10.28\%$$

Verili veri için t-istatistiği değeri de Excel'de hesaplanarak 32,51 bulunmuştur ki bu da 2'den büyüktür. Dolayısıyla, t-istatistiğin güvenli değer aralığında olduğu kabul edilebilir.