

T.C.  
ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU



**Proje Adı:**

*Trafo Merkezlerinde Güneş Enerjisini Yansıtan ve Yayıcılığı  
Düşürülmüş Kaplamalar ile Selektif Yüzey Oluşturulan Isı Kontrolü  
Projesi*

**Proje Dönemi:**

**Ocak 2016**

**Ar-Ge Komisyon Karar No:**  
58898295-110.05.02.01 30/03/2016

**Proje Sahibi Şirket:**

**Boğaziçi Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi**

Kasım 2016  
ANKARA

## PROJE KÜNYESİ

|  |   |
|--|---|
| Proje Sahibi:                              | Boğazici Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi  |
| Proje Sahibinin Adresi:                    | YTÜ Davutpaşa Kampüsü, Teknopark, B2 Blok No:203 34220 Esenler / İstanbul   |
| Proje Adı:                                 | Trafo Merkezlerinde Güneş Enerjisini Yansıtan ve Yayıcılığını Düşürülmüş Kaplamalar ile Selektif Yüzey Oluşturulan Isı Kontrolü Projesi |
| Proje Bölgesi (Uygulama yapılan lokasyon): | Beyoğlu, Bayrampaşa, Avcılar, Sarıyer   |
| Proje Süresi:                              | 8 AY  |
| Ar-Ge Dönemi:                              | Ocak 2016   |
| Ar-Ge Komisyon Kabul no ve Tarihi:         | 58898295-110.05.02.01 30/03/2016  |

## **ÖNSÖZ**

Projemizde, yarattığımız selektif yüzeylerin trafolardaki performanslarını gözlemlemek, teorik hesap değerleri ile pratiğin ne kadar yaklaştığını görmek hedeflenmiştir. Trafoların iç sıcaklıklarının düşürülmesinin hem ekonomik hem de etkili bir şekilde nasıl sağlanabileceğinin araştırması yapılmıştır. Projede, teori ile pratiğin karşılaştırmasını yapma fırsatı da bulunmuştur. Burada üretilen sonuçlar ile daha sonra herhangi bir trafonun iç sıcaklıklarının tahmin edilebilmesi de mümkün olacaktır.

## Proje Özeti

Projede, trafoların iç ortam sıcaklıklarında, trafo yüzeylerinin yansıtıcılık ve yayıcılık değerlerinin değiştirilerek düşüş sağlanıp sağlanamayacağı görülmek istenmiştir. Oluşturulan selektif yüzey kalın bir izolasyon tabakası olmadığı için, trafo tarafından üretilen ısının içeride hapsolmesini sağlamayacak ve ısınan binanın tekrar iç tarafa doğru değil dış ortama doğru ısı kaybetmesini sağlayacaktır. Bu amaçla belirlenen 12 trafonun iç sıcaklıkları uygulama öncesi ve uygulama sonrasında ölçülmüştür. Ayrıca yüzeylerin yayıcılık ve yansıtıcılık değerleri de proje kapsamında ölçülmüştür. Bu sayede teorik matematiksel hesap ile pratiğin uyumu gözlenmiştir.

Proje sonunda trafoların iç sıcaklıklarında belirgin düşüşler sağlanmıştır. Daha da önemlisi ölçümler sırasında trafo binalarında, içeride bulunan trafonun yarattığı sıcaklık ile bina içi sıcaklıklarının her zaman dış ortam sıcaklıklarından daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ancak uygulama sonrası, bina içi sıcaklıkların, her zaman ortam sıcaklarında olduğu veya ortam sıcaklığından daha az olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu tür kaplamalarla selektif yüzey yaratılması, içeride oluşan sıcaklığın dışarıya atılmasında ve özellikle yaz aylarında güneş kaynaklı artan sıcaklığın kontrol edilmesinde çok faydalıdır.

## İçindekiler

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| PROJE KÜNYESİ.....             | 2  |
| ÖNSÖZ.....                     | 3  |
| Proje Özeti.....               | 4  |
| Tablolar Listesi.....          | 6  |
| Şekiller Listesi.....          | 6  |
| Denklemler Listesi.....        | 7  |
| 1.) GİRİŞ.....                 | 8  |
| 2.) Projenin Amacı.....        | 9  |
| 3.) Proje Süreci.....          | 11 |
| 4.) İstanbul Uygulamaları..... | 13 |
| 5.) Antalya Uygulamaları.....  | 17 |
| 6.) Bursa Uygulamaları.....    | 24 |
| 7.) Sonuçlar.....              | 28 |
| Kaynakça.....                  | 31 |

## Tablolar Listesi

|   |    |
|---|----|
| Tablo 1: Projede uygulanan iş zaman grafiği .....   | 11 |
| Tablo 2: Trafoların uygulama öncesi ve sonrası yüzey yansıtıcılık ve yayıcılık değerleri.....             | 14 |
| Tablo 3: Antalya'da trafo binalarının yüzeylerinin önce ve sonra yansıtıcılık ve yayıcılık değerleri..... | 17 |
| Tablo 4: Günün geç saatlerinde ölçülmüş günlük pik sıcaklıkların günleri ve saatleri.....                 | 29 |

## Şekiller Listesi

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1: Gün ışığı altındaki bir cismin ısı dengesi.....  | 8  |
| Şekil 2: İç ve Dış Yüzeyleri farklı malzemelerle kaplanmış trafo örneği.....  | 9  |
| Şekil 3: Projede kullanılan tek kullanımlık data loggerlar .....  | 11 |
| Şekil 4: Örnek yüzey yansıtıcılığı ölçümü .....   | 12 |
| Şekil 5: Yüzey yayıcılığını ölçen cihaz hazırlanırken.....  | 12 |
| Şekil 6: Beyoğlu Kontrol trafosunun günlük max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen değerlerin karşılaştırılması..... | 13 |
| Şekil 7: Uygulama sonrası Beyoğlunda 3871 nolu trafonun max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen sonuçlar.....        | 14 |
| Şekil 8: Birbirine yakın uygulama trafosu ile kontrol trafosunun haritadaki durumu.....   | 15 |
| Şekil 9: İstanbul Etiler'de trafonun uygulama öncesi çatı görünümü.....   | 15 |
| Şekil 10: İstanbul Etiler'de Trafo binası çatısının uygulama sonrası görünümü.....  | 16 |
| Şekil 11: Uygulama öncesi Datalogger #9600 günlük max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen sonuçlar.....              | 18 |
| Şekil 12: Uygulama sonrası Datalogger #9600 günlük max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen sonuçlar.....             | 18 |
| Şekil 13: #9597 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 19 |
| Şekil 14: #9598 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 19 |
| Şekil 15: #9599 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 20 |
| Şekil 16: #9600 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 20 |
| Şekil 17: #9601 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 21 |
| Şekil 18: #9602 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 21 |
| Şekil 19: #9604 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 22 |
| Şekil 20: #9593 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 22 |
| Şekil 21: #9596 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri .....   | 23 |
| Şekil 22: Osmangazi 66 nolu trafo renkli dış cephe boyası ve renkli reflektif kiremit boyası ile uygulanmış hali.....                                     | 24 |
| Şekil 23 Osmangazi 66 trafosunun iç ortam sıcaklıklarının ve hava sıcaklığının maksimum ve minimum değerlerinin günlere göre değişimi.....                | 25 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 24: Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafonun Ekim ayındaki sıcaklık ölçümü .....                  | 26 |
| Şekil 25: Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafonun renkli reflektif boyalarla boyanmış hali .....       | 26 |
| Şekil 26: Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafonun renkli reflektif çatı boyası ile boyanmış hali ..... | 27 |
| Şekil 27: Trafo İç Görüntüsü ve OG tarafta termometrenin yerleşimi .....                       | 28 |
| Şekil 28: Uygulama sonrası Beyoğlu Kasımpaşa trafosu sıcaklık değerleri .....                  | 29 |
| Şekil 29: Beyoğlu Kasımpaşa kontrol trafosu sıcaklık değerleri .....                           | 30 |

#### Denklemler Listesi

|                    |   |
|--------------------|---|
| Denklemler Listesi | 8 |
|--------------------|---|

## 1.) GİRİŞ

Güneş enerjisi Dünyamıza boşluktan yayılarak ışınım yolu ile gelen bir enerjidir. Bu enerji türüne karşı izolasyon yapmak, konvansiyonel konduktif ısıyı yalıtım sistemleri ile başarılı sonuç vermemektedir. Şöyle ki; özellikle trafo binaları gibi içeride ısı üreten cihazların bulunduğu bir mekanı düşündüğümüzde, konvansiyonel ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanmış bir bina (taş yünü, strafor gibi), içeride ısıyı hapsedeceği ve kayıpları azaltacağı için, binanın iç sıcaklığı yükselecektir. İçerideki ısının hızlı bir şekilde düşürülmesinin gerekliliği açıktır.

Isıyı hızla mekandan uzaklaştırmak ve dışarıdan gelen ısının bina tarafından reflekte edilerek içeriye alınmaması sağlamak ancak selektif yüzey yaratılarak mümkündür. Bu yüzeyler bir tarafta yansıtıcı ve bir tarafta düşük emisiviteli yüzey yaratarak mümkün olabilir. Trafo binasını bir kütle olarak düşünürsek, bina yaz mevsimi için hem içeride hem de dışarıda bulunan ısı kaynakları ile ısınmaktadır. İç yüzey yayıcılığının düşürülmesinde ve aynı zamanda dış yüzey yayıcılığının artırılmasında kullanılan yöntem, elektrik devresinde paralel bağlı iki resistansın çalışma mantığıyla benzerdir. Akım direncin az olduğu yerden daha fazla miktarda akar. Isı da yüzey ısı direncin az olduğu yerden  $\Delta t$  farkının 4.

Üssü kadar fazla geçer. Bu durumda bina kütle tarafından soğurulan enerji (dış ve iç kaynaklardan) tekrar içeriye verilmemiş olur. Neredeyse tamamı dış mekana doğru kaybedilir.

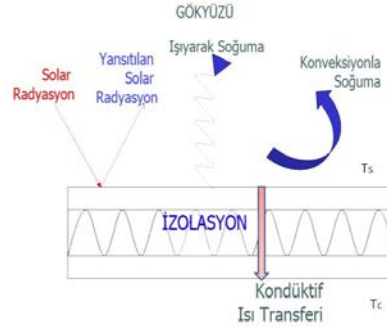
Genel anlamda ısıyı yansıtan bir madde bu enerjinin bir kısmını emer, bir kısmını yayar, enerjinin bir kısmı ise yüzeyden kaybolur. Bir malzemenin ısı dengesi yan taraftaki şekilde verilmiştir. Yüzey yayıcılığının değiştirilmesi Ar-Ge kapsamında gerçekleştirilecektir. Güneş ışınlarına maruz kalan herhangi bir yatay yüzeyin termal dengesi ise matematiksel olarak aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$(1-SR) I = \sigma \epsilon (t_s^4 - t_{sky}^4) + hc (T_s - T_a) + Q_{in}$$

**Denklem 1: Bir maddenin ısı dengesi**

I : Insolasyon (W/m<sup>2</sup>)

SR : Solar Reflektivite



**Şekil 1: Gün ışığı altındaki bir cismin ısı dengesi**



$\sigma$  : Stephan Boltzman Sabiti ( $=5,6685 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ )

$\epsilon$  : Yüzey Yayılcılığı

$h_c$  : Konveksiyon katsayısı ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )

$T_a$  : Ortam Sıcaklığı

$T_{\text{sky}}$  : Gökyüzü Sıcaklığı

Tüm bu konular göz önüne alınarak proje çalışmalarında uygulanacak yöntemler şunlardır:

1. Yüzey Ölçümleri
2. Dış Yüzeyin Reflektif Ürünlerle Kaplanması
3. İç Yüzeyin Düşük Emisiviteli malzeme ile Kaplanması
4. Uzun Süreli Ölçümler

## 2.) Projenin Amacı

Önerilen projede, yukarıda açıklanan yöntemler kullanılarak güneş enerjisine karşı ucuz, kolay uygulanabilen bir izolasyon malzemesi oluşturulacak, **trafoların verimliliği arttırılacak** ve **ısınma kaynaklı arızalar azaltılacaktır**.



Şekil 2: İç ve Dış Yüzeyleri farklı malzemelerle kaplanmış trafo örneği

Bu projenin seçilmesindeki en buyk etken, kullanılacak malzemelerin bir kalınlık oluşturup ısıyı içeride depolamamasıdır. Her ne kadar yazın ısı kaynağımız güneş olsa da, trafoların kendisi de bir ısı kaynağıdır. Bu nedenle seçilecek izolasyon malzemesinin içerideki ısıyı da depolamaması gerekmektedir. Zaten proje sırasında da grlmştr ki; boya yapılmayan bütün trafo binalarının i sıcaklıkları dış ortam sıcaklığından fazladır.

### 3.) Proje Süreci

Projenin nasıl gerçekleştirileceğine, hangi trafoların seçileceğine karar verilmesi gibi süreçler proje danışmaları ile görüşülmüştür ve bu süreçlere kesinlik kazandırılmıştır. Bu bağlamda, Omis Enerji ile Haziran ayında bir danışmanlık sözleşmesi imzalanmıştır. Sözleşme içeriği, yüzeylerin yansıtıcılık ve yayıcılık değerlerinin önceki ve sonraki ölçümlerinin alınmasını, yüzeyler için Orijinal Ar-Ge tarafından geliştirilen yansıtıcılık ve yayıcılık değerleri ayarlanmış ve belirlenmiş kaplamaların tedarikini ve uygulamasını kapsamaktadır.



Şekil 3: Projede kullanılan tek kullanımlık data loggerlar

İstanbul için, ilk data laogger ve boya uygulaması 13.08.2016 tarihinde 4507 nolu trafoda gerçekleşmiştir ve her bölgede ayrı bir kontrol trafosu seçilerek sıcaklıklar proje sonunda kıyaslanmıştır. Malum olaylar dolayısıyla oluşan gecikme, verimli çalışma ve yeniden planlama ile proje süresi içerisinde telafi edilmiştir ve yeterli sonuca ulaşılmıştır. Kullanılan data loggerlar, tek sefer kullanıma izin veren ve kullanıcı güvenlik bandını koparıldıktan sonra ölçüme başlayan, bir daha verilerin değişimine izin vermeyen TempLog marka data loggerlardır..

|             |  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım |
|-------------|--|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|
| İş Paketi 1 | Plan oluşturulması ve Danışman Seçimi  |       |       |         |        |         |       |      |       |
| Ara Paket   | Uygun Trafoların belirlenmesi ve yüzeylerin önceki durumlarının ölçümü                     |       |       |         |        |         |       |      |       |
| İş Paketi 2 | Dış Yüzeyin Reflektif ürünlerle Kaplanması<br>İç Yüzeye Düşük Emisiviteli malzeme Tedariği |       |       |         |        |         |       |      |       |
| İş Paketi 3 | Uzun Süreli Ölçümler   |       |       |         |        |         |       |      |       |
| İş Paketi 4 | Sonuçların değerlendirilmesi ve raporlanması   |       |       |         |        |         |       |      |       |

Tablo 1: Projede uygulanan iş zaman grafiği

Örnek bir trafo için, yukarıda denklem 1'de verilmiş olan teorik matematiksel hesap yöntemi kullanılarak sıcaklık tahminlerinde bulunulmuştur. Bu teorik hesabın, pratik ile uyuşması gözlemlenmiştir. Aşağıda uygulama öncesi hesap edilen sıcaklıklar ve ölçülen sıcaklıklar verilmiştir.

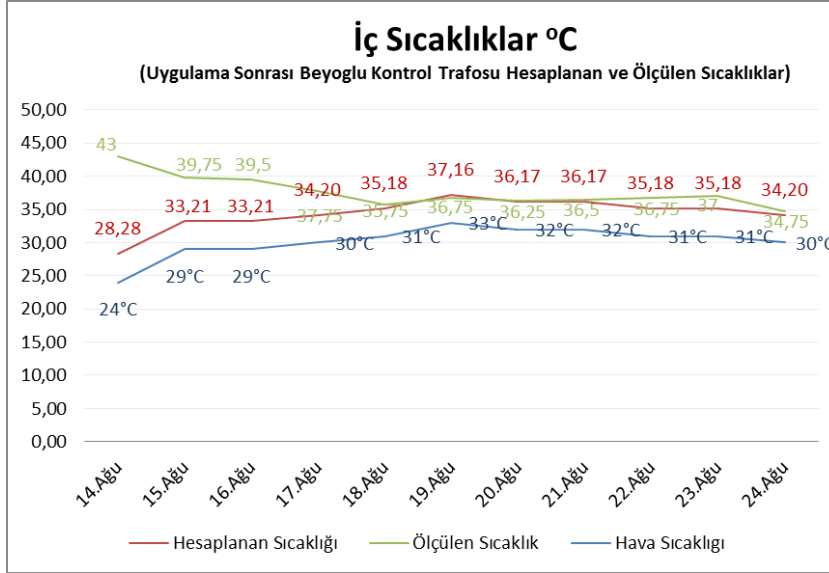


Şekil 4: Örnek yüzey yansıtıcılığı ölçümü

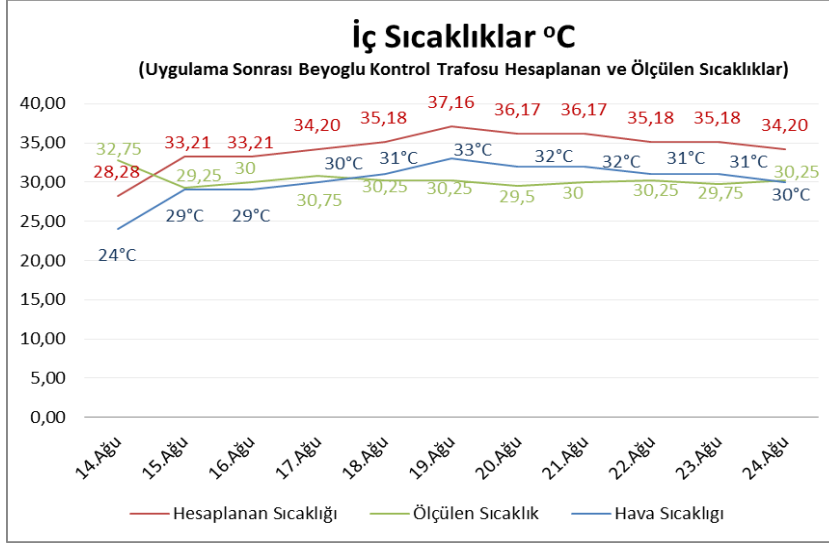


Şekil 5: Yüzey yarıcılığını ölçen cihaz hazırlanırken

#### 4.) İstanbul Uygulamaları



Şekil 6: Beyoğlu Kontrol trafosunun günlük max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen değerlerin karşılaştırılması



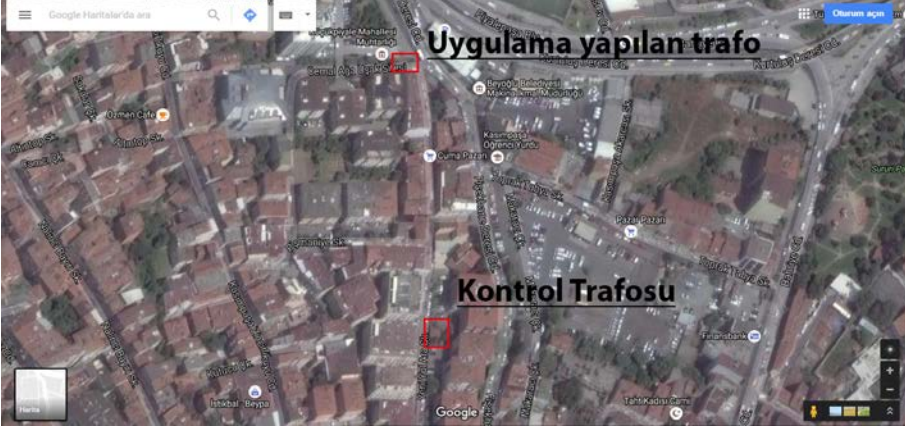
**Şekil 7: Uygulama sonrası Beyoğlunda 3871 nolu trafonun max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen sonuçlar**

Proje sırasında görülmüştür ki, doğru olarak ASTM C1549 ve ASTM C1371'e göre yüzey değerleri ölçümlenmiş trafoların, ASTM E 1980'e göre hesap yöntemi kullanılarak elde edilen sıcaklık değeri ile gerçekte ölçümlenen sonuçlar arasında çok büyük benzerlikler vardır. Projenin en önemli çıktılarından biri de bu olmuştur. Bu sayede trafo binalarının iç sıcaklıklarının ne seviyede olabileceği matematiksel olarak önceden hesap edilebilir.

Projede yüzeylerin yansıtıcılık ve yayıcılık özellikleri aşağıdaki tabloda verildiği gibi ölçülmüştür.

| Sıra No | Bölge      | Trafo No | Önceki Ölçümler |            |      | Sonraki Ölçümler |            |     |
|---------|------------|----------|-----------------|------------|------|------------------|------------|-----|
|         |            |          | Reflektivite    | Emmisivite | SRI  | Reflektivite     | Emmisivite | SRI |
| 1       | Beyoğlu    | 3118     | 0,33            | 0,88       | 35   | 0,78             | 0,89       | 97  |
| 2       | Beyoğlu    | 3871     | 0,186           | 0,87       | 16   | 0,81             | 0,89       | 101 |
| 3       | Beyoğlu    | 3407     | 0,28            | 0,89       | 29   | 0,75             | 0,89       | 93  |
| 4       | Bayrampaşa | 18017    | 0,341           | 0,9        | 37   | 0,79             | 0,89       | 98  |
| 5       | Bayrampaşa | 8627     | 0,29            | 0,89       | 29   | 0,8              | 0,9        | 100 |
| 6       | Bayrampaşa | 8782     | 0,35            | 0,89       | 38   | 0,82             | 0,89       | 103 |
| 7       | Avclar     | 22071    | 0,33            | 0,91       | 37   | 0,78             | 0,89       | 97  |
| 8       | Avclar     | 21487    | 0,271           | 0,88       | 28   | 0,77             | 0,88       | 95  |
| 9       | Avclar     | 22400    | 0,31            | 0,9        | 0,33 | 0,79             | 0,9        | 99  |
| 10      | Sarıyer    | 4035     | 0,19            | 0,89       | 17   | 0,8              | 0,88       | 100 |
| 11      | Sarıyer    | 4092     | 0,34            | 0,89       | 37   | 0,79             | 0,89       | 98  |
| 12      | Sarıyer    | 4038     | 0,186           | 0,87       | 16   | 0,8              | 0,9        | 100 |

**Tablo 2: Trafoların uygulama öncesi ve sonrası yüzey yansıtıcılık ve yayıcılık değerleri**



**Şekil 8: Birbirine yakın uygulama trafosu ile kontrol trafosunun haritadaki durumu**

Proje sırasında uygulama yapılan bölgelerde bir de kontrol trafosu bırakılmıştır. Bu kontrol trafosuna hiçbir işlem yapılmamıştır ve bu trafodan alınan değerler, uygulama yapılmış trafoların sonuç değerleri ile karşılaştırılmıştır.



**Şekil 9: İstanbul Etiler'de trafonun uygulama öncesi çatı görünümü**



**Şekil 10: İstanbul Etiler'de Trafo binası çatısının uygulama sonrası görünümü**

Antalya ve Bursa için ise süreç, projede yaşanan gecikmelerden dolayı İstanbul'da izlenen süreçten farklı olarak yönetilmiştir. Bu bölgelerde trafolarla yerleştirilen data loggerlar ile sıcaklık ölçümleri, uygulama öncesi ve sonrası kayıt altına alınmıştır. Bursa'da farklı renkte dış cephe kaplamalarının etkisi kontrol edilmiştir.



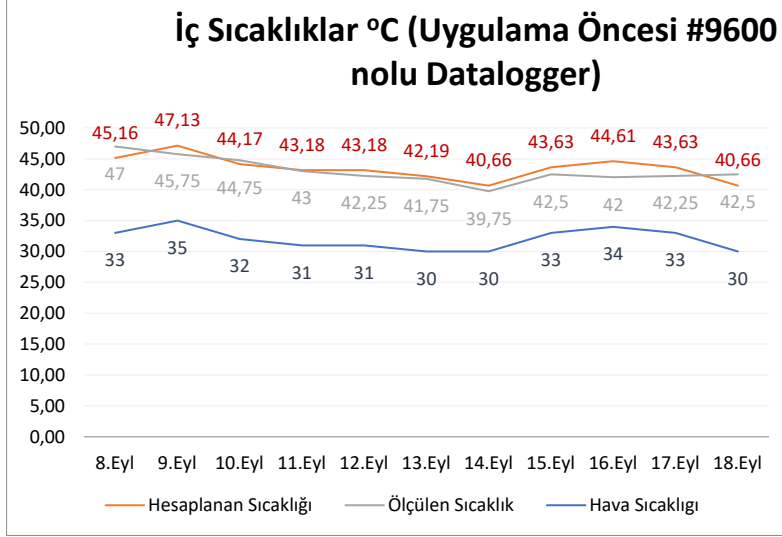
## 5.) Antalya Uygulamaları

| TR NO   | TR ADRESİ   | TERMOMETRE SERİ NO | ÖLÇÜLEN YANSITICILIK | EMİSİ VİTE | ÖLÇÜLEN YANSITICILIK | EMİSİ VİTE |
|---------|---|--------------------|----------------------|------------|----------------------|------------|
| 202 085 | Altinkum Mh Gazi Mustafa Kemal Bulv-436 Sk Kesişimi               | 102019601          | 0,510                | 0,89       | 0,861                | 0,19       |
| 542 173 | Kanal Mh 4736-4737 Sk Kesişimi                                    | 102019597          | 0,311                | 0,89       | 0,855                | 0,19       |
| 542 166 | Zafer Mh 2612 Sk Cumartesi Pazarı Girişi                          | 102019604          | 0,370                | 0,89       | 0,851                | 0,19       |
| 542 337 | Varsak Karşıyaka Mh 1634 Sk Gürdal Sitesi (Fider 14 1. Bina)      | 102019599          | 0,694                | 0,89       | 0,822                | 0,19       |
| 541 030 | Fatih Mh Antalya Bulvarı Yan Yol                                  | 102019602          | 0,630                | 0,89       | 0,84                 | 0,19       |
| 542 160 | Zafer Mh Sakarya Bulv. Elemeği Parkı İçi                          | 102019598          | 0,467                | 0,89       | 0,839                | 0,19       |
| 542 558 | Hüsnü Karakaş Mh Sütçüler Cd-Güneş Cd Kesişimi                    | 102019600          | 0,315                | 0,89       | 0,817                | 0,19       |
|         | Yeniğün Mahallesi 1066 Sk. Avşar Simit Karşısı                    | 102019596          | 0,196                | 0,89       | 0,809                | 0,19       |
|         | Konuksever Mahallesi 821-793 Sokak Kesişimi                       | 102019595          | 0,413                | 0,89       | 0,84                 | 0,19       |
|         | Memurevleri Mahallesi 205 Sokak Namık Kemal İlköğretim Okulu Yanı | 102019593          | 0,307                | 0,89       | 0,836                | 0,19       |
|         | Ermenek Mahallesi Birlik Sokak                                    | 102019605          | 0,69                 | 0,89       | 0,851                | 0,19       |
|         | Ticaret Meslek Lisesi   | 102019594          | 0,459                | 0,89       | 0,833                | 0,19       |

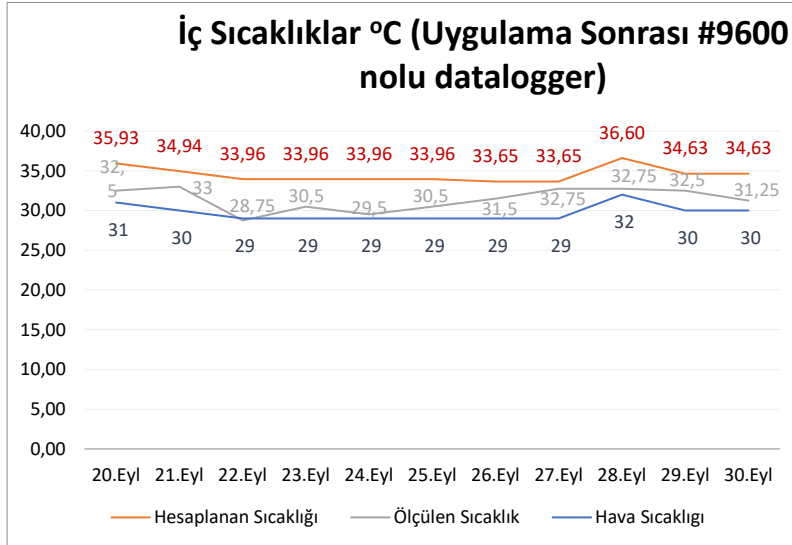
Açıklamalı [MCS1]: TR NO KISMI BOŞ BIRAKILMIŞ

**Tablo 3: Antalya'da trafo binalarının yüzeylerinin önce ve sonra yansıtıcılık ve yayıcılık değerleri**

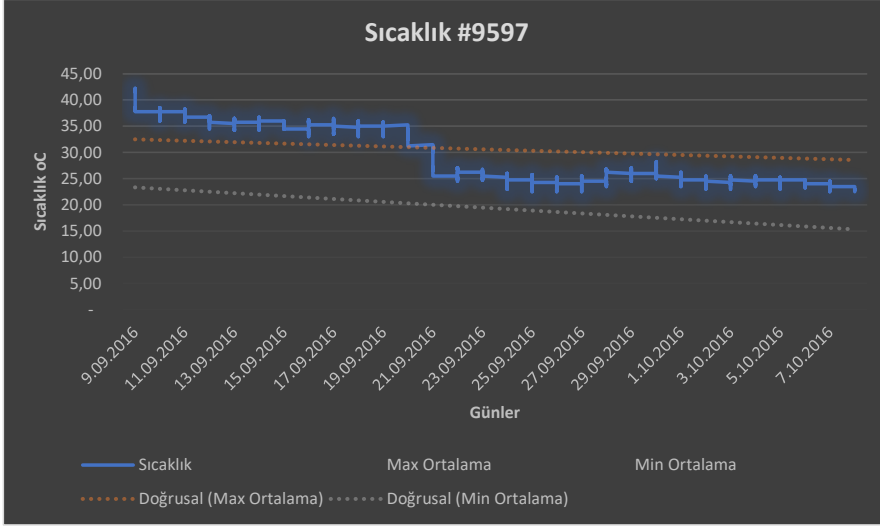
Antalya'da trafo binaları boyanmadan önce ölçülen iç sıcaklık, her gün için ölçülen dış ortam sıcaklığından daha yüksekti. Boyama işlemi yapılan tüm trafoların iç sıcaklıkları, uygulama gününden itibaren günlük dış ortam sıcaklıklarının da altında seyretmiştir.



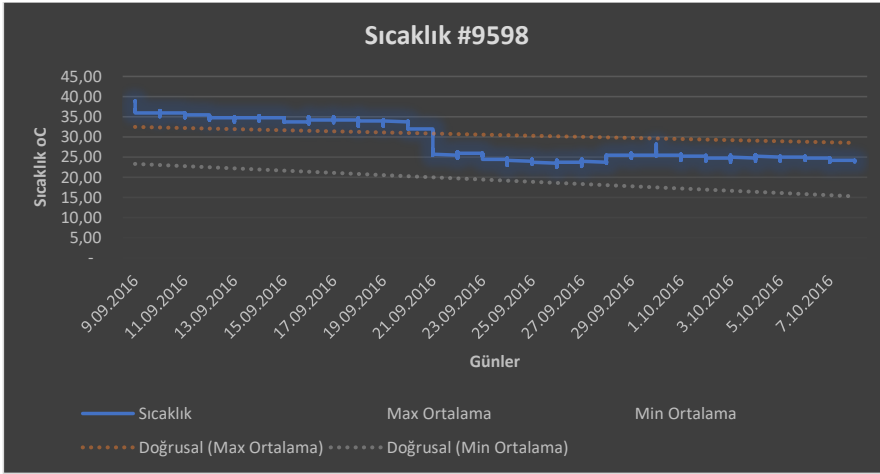
Şekil 11: Uygulama öncesi Datalogger #9600 günlük max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen sonuçlar



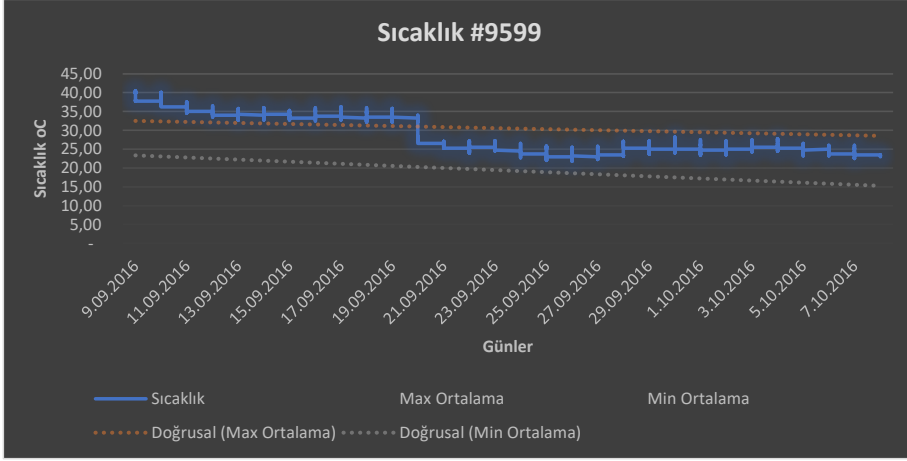
Şekil 12: Uygulama sonrası Datalogger #9600 günlük max ölçüm değerleri ile matematiksel hesap yöntemi kullanılarak hesap edilen sonuçlar



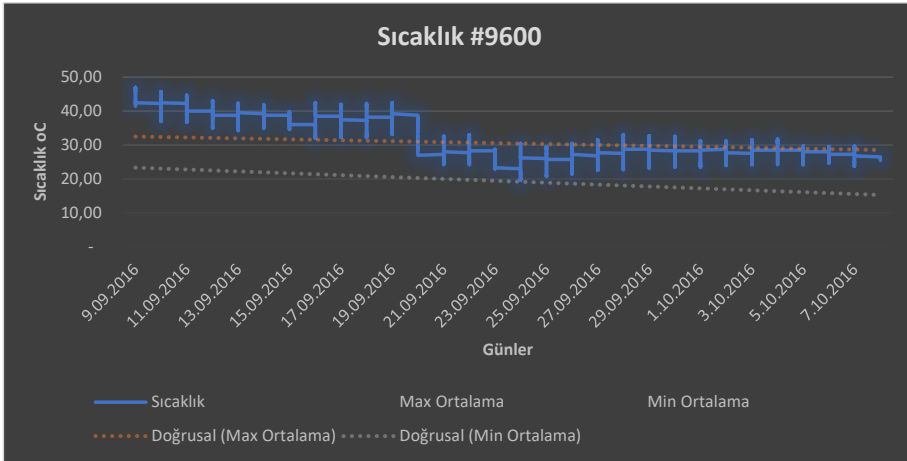
Şekil 13: #9597 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



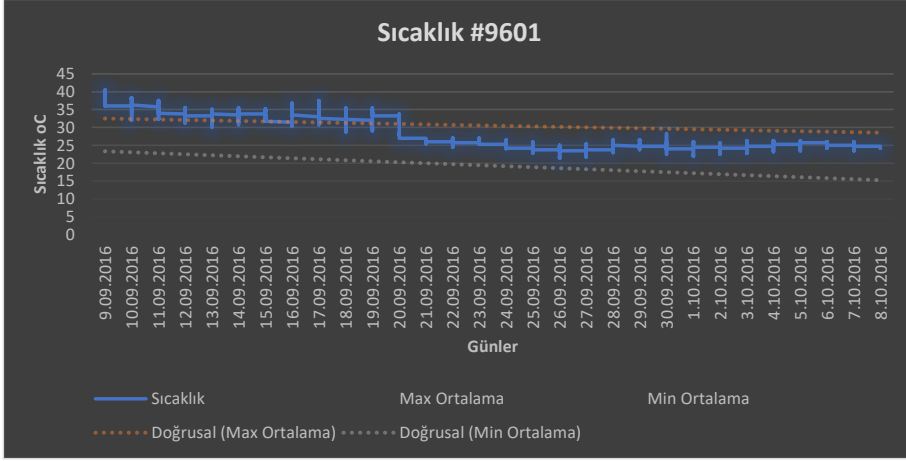
Şekil 14: #9598 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



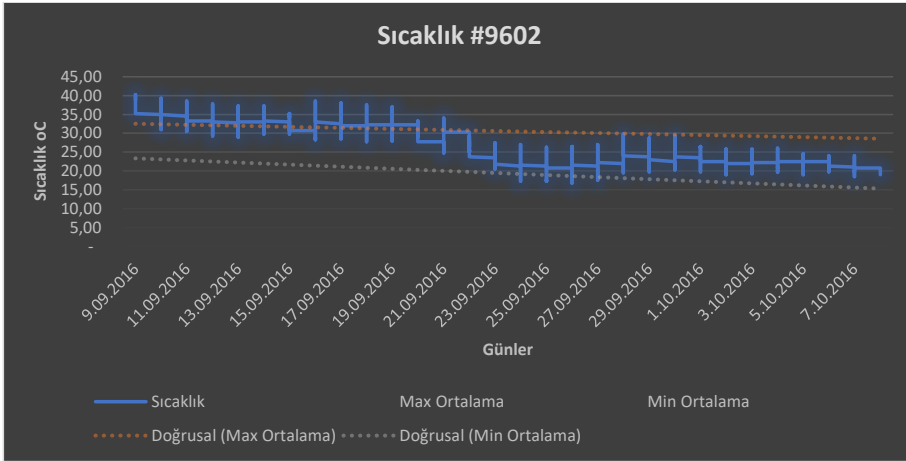
Şekil 15: #9599 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



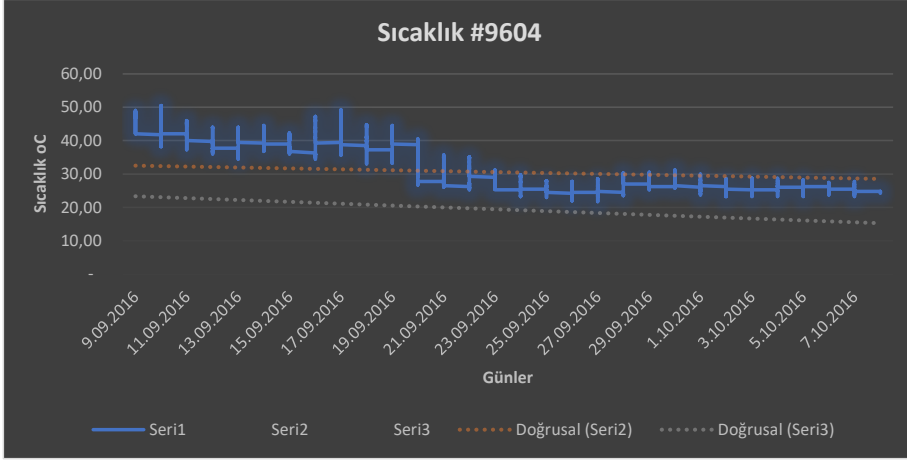
Şekil 16: #9600 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



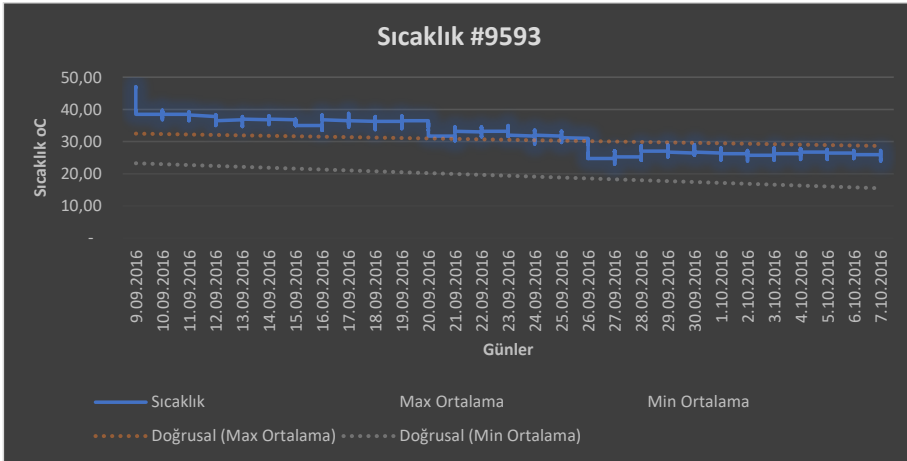
Şekil 17: #9601 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



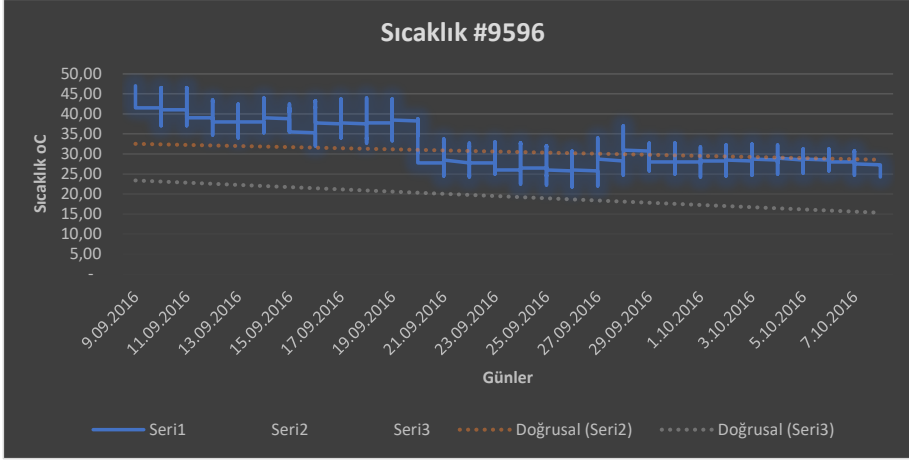
Şekil 18: #9602 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



Şekil 19: #9604 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



Şekil 20: #9593 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri



Şekil 21: #9596 nolu istasyonda ölçülen günlük ortalama sıcaklık, max ve min sıcaklık değerleri

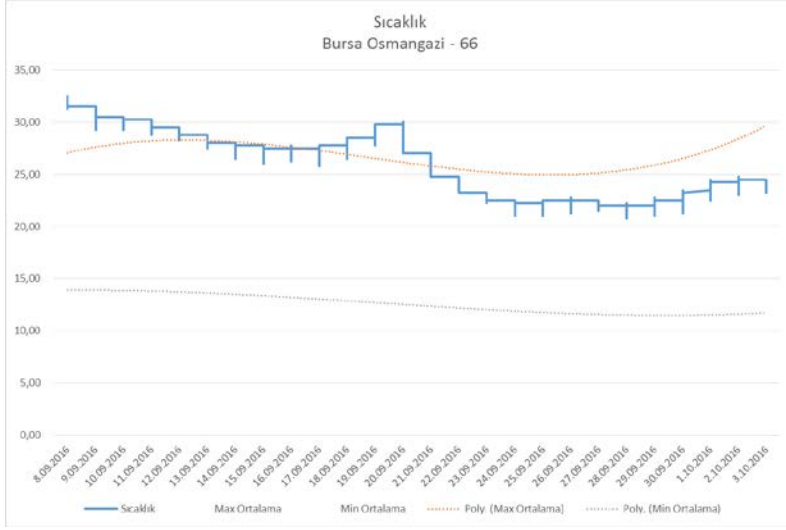
## 6.) Bursa Uygulamaları

Bursa ilindeki çalışma malum olaylardan dolayı meydana gelen gecikmelerden en çok etkilenen bölge olmuştur. İstanbul ilinde Ağustos ayında yapılan ölçümler Bursa'da Antalya'da olduğu gibi Eylül, Ekim ve Kasım aylarına kaldı. Antalya gibi uzun süren bir yaz mevsimi olmayan Bursa'da sıcaklıkların değişimini her trafoda gözlemlemek mümkün olmamıştır. Bursa ilinde diğer bölgelerden farklı olarak renkli reflektif boyalar denenmiştir. Eylül ayında ölçümlenmeye başlanmış olan Osmangazi 66 nolu trafo, aynen Antalya ve İstanbul ilindeki trafolarda gözlemlenen şekilde davranış göstermiştir. Sıcaklıklar ortam sıcaklığının üzerinde iken, uygulama sonrası iç ortam sıcaklıkları ortam sıcaklığından daha düşük olmuştur. Bu veriden de anlaşıldığı gibi renkli reflektif ürünler de; aynı beyaz renk gibi sonuç vermektedir ve bu ürünler iç ortam sıcaklığının, hava sıcaklığının 5 °C ila 7 °C altına inmesini sağlamıştır.



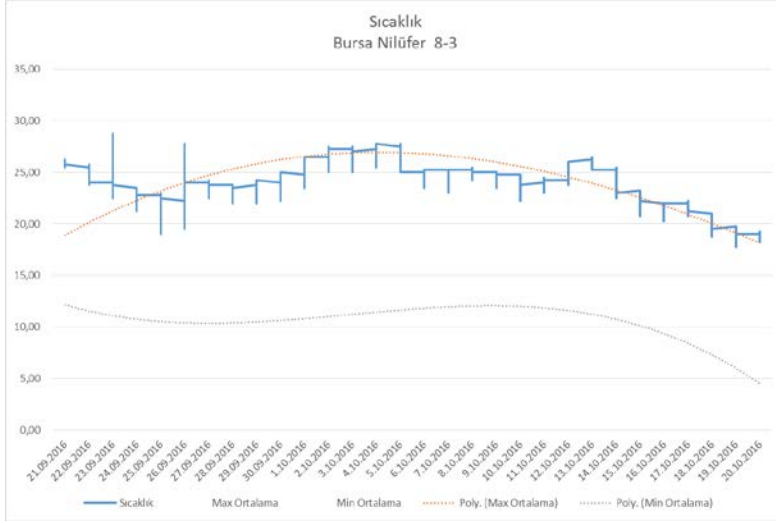
Şekil 22: Osmangazi 66 nolu trafo renkli dış cephe boyası ve renkli reflektif kiremit boyası ile uygulanmış hali





**Şekil 23 Osmangazi 66 trafosunun iç ortam sıcaklıklarının ve hava sıcaklığının maksimum ve minimum değerlerinin günlere göre değişimi**

Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafoda olduğu gibi, artık günlük maksimum hava sıcaklıklarının 20 oC'nin altına indiği Ekim ayında yapılan ölçümlerde, trafonun boyasının bir yalıtım değeri görülmemiştir. Aslında bu da ince olan izolasyon kaplamasının iç sıcaklığı içeride tutmayıp kaybetmesi demektir ve trafolar için istenilen bir durumdur. **İçeride oluşturulan selektif yüzey içeride ısıyı tutmazken, içeride ısının depolanmasını da engellemektedir.**



Şekil 24: Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafonun Ekim ayındaki sıcaklık ölçümü



Şekil 25: Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafonun renkli reflektif boyalarla boyanmış hali



**Şekil 26: Bursa Nilüfer 8-3 nolu trafonun renkli reflektif çatı boyası ile boyanmış hali**

## 7.) Sonuçlar

Kaplamanın trafoların i sıcaklıklarını düşürmekte faydalı oldukları tespit edilmiştir. Eklerde de sunulduğu üzere tüm trafoların i sıcaklıklarının, dış ortam sıcaklığının 2  C ile 10  C üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Sıcaklıklar OG tarafta trafoya yakın bir yerde i duvara yapıştırılarak ölçülmüştür. Dış ortam sıcaklıkları ise ortalama değerler olarak meteoroloji genel müdürlüğünden alınmıştır. Uygulama yapıldıktan sonra bina i sıcaklıkları, ortam sıcaklığının 1  C ile 7  C altında seyretmektedir.



Slovakya'da AB katkısı ile yapılan bir akademik çalışma göstermektedir ki, her 7 C'lık sıcaklık düşüşü trafo ömrünü iki kat arttırmaktadır.(1)

İkinci bir çalışma ise Portekiz'de yapılmış. Sonuç olarak 11,1  C sıcaklık düşüşü trafo ömrünü 2,53 kat arttırmaktadır.(2)

Çalışma sırasında görölmüştür ki; uygulama yapılan trafolar ortam sıcaklıkları limitleri içerisinde kalmışlardır. Bu da kontrol trafosuna göre 8  C- 10  C arasında i sıcaklıklarının düşüşünü göstermektedir. Ayrıca kontrol trafosu, günün en yüksek iç sıcaklık değerlerini, saat 15:00 – 17:00 arasında verirken, boyalı trafoda günlük en yüksek sıcaklıkların saatleri değişim göstermektedir. Örneğin; 14.08.2016 günü, günün en yüksek sıcaklığı 29.75  C ile saat 19:50'de

Şekil 27: Trafo İ Görüntüsü ve OG tarafta termometrenin yerleşimi

gerçekleşmiştir. Bunun gibi günün geç saatlerinde ölçölen yüksek sıcaklıklar güneşten dolayı değil

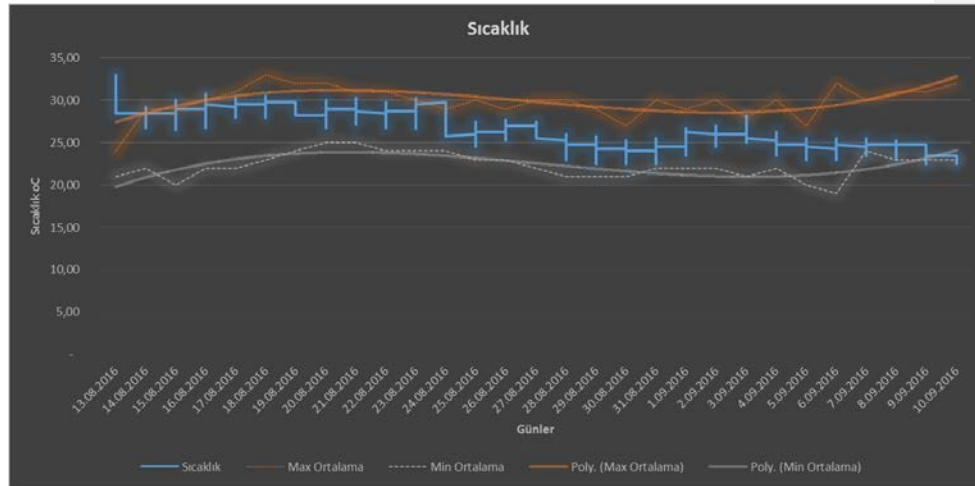
trafonun çalışmasından dolayı olmuştur. Bu veride kaplamanın gün içerisinde güneş enerjisini

yasıttığı ve güneşin gün içerisinde trafoyu ısıtamadığının göstergesidir. Bu da projede amaçlanan en önemli sonuca varıldığının göstergesidir.

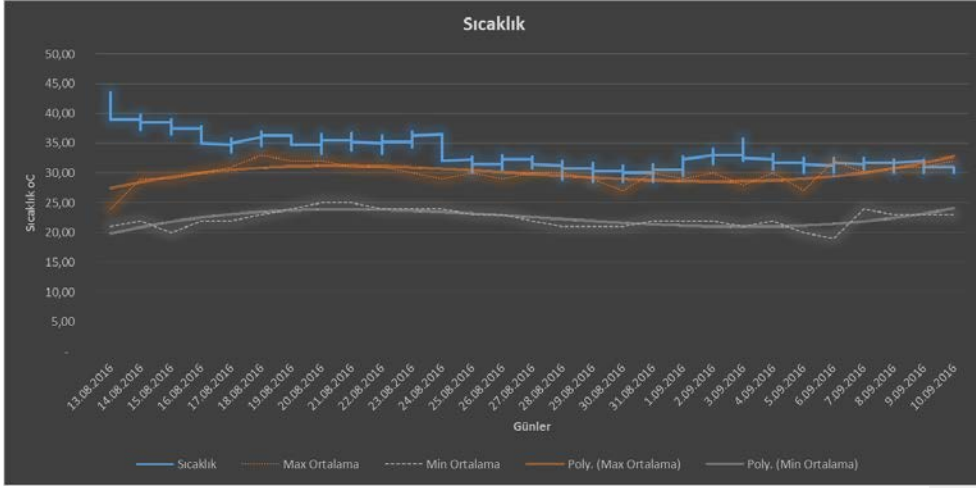
Aşağıda gündüz saatleri dışında elde edilmiş günlük pik sıcaklıklar ve saatleri bulunmaktadır.

| Günler     | Saat  | Sıcaklık (°C) |
|------------|-------|---------------|
| 14.08.2016 | 19:50 | 29,75         |
| 15.08.2016 | 20:00 | 30            |
| 20.08.2016 | 20:53 | 30            |
| 23.08.2016 | 20:44 | 30,25         |
| 23.08.2016 | 21:20 | 30,25         |
| 25.08.2016 | 20:08 | 27,50         |
| 30.08.2016 | 20:26 | 25,25         |
| 31.08.2016 | 20:08 | 25,50         |
| 08.09.2016 | 19:05 | 25,25         |

**Tablo 4: Günün geç saatlerinde ölçülmüş günlük pik sıcaklıkların günleri ve saatleri**



**Şekil 28: Uygulama sonrası Beyoğlu Kasımpaşa trafosu sıcaklık değerleri**



Şekil 29: Beyoğlu Kasımpaşa kontrol trafosu sıcaklık değerleri

Ayrıca selektif yüzey oluşturmak, içeride oluşan ısının kaybını hızlandırmaktadır. Bu sayede içeride ısı birikmemekte ve diğer izolasyon ürünleri gibi içeride oluşan ısıyı hapsedmemektedir.

Sonuç olarak, iç yüzeyi, reflektif ve yayıcılığı düşük kaplamalarla kaplamak, trafonun güneş tarafından ısıtılmasını engellemektedir. Kaplama ile elde edilen sıcaklık düşüşü ile Güneş'in bu şekildeki etkisinin günlük 8 °C – 10 °C arasında olduğu görülmüştür. Ayrıca işletmelerin yoğun saatleri her zaman gündüz saatleri değildir. Kaplama tarzı izolasyon malzemeleri, trafoların bu saatlerde yaydığı ısının diğer izolasyon malzemeleri gibi içeride tutulmasına izin vermemekte ve dışarı atılmasını sağlamaktadır. Aksine bu sıcaklığın hızlı bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Bu yüzden trafolar için doğru izolasyon sisteminin bu tarz kaplamalar olduğu görülmektedir.

## **Kaynakça**

- 1) The Effect of Temperature and Temperature Rise Test of Distribution Transformers, doc. Ing. Jaroslav Lelák, CSc., Ing. Eduard Firický, Ing. Michal Váry, PhD., Ing. Juraj Packa, PhD., Ing. Terézia Skoršepová, ITMS: 26220220077
- 2) Effect of Loads and Other Key Factors on Oil-Transformer Ageing: Sustainability Benefits and Challenges, Radu Godina, Eduardo M. G. Rodrigues , João C. O. Matias and João P. S. Catalão, Yayın tarihi: 27 October 2015, Yayınlandığı Yer: Energies 2015, 8, 12147-12186; doi:10.3390/en81012147)