



ENERJİ SİMULASYONU TEKNİĞİ İLE DİYARBAKIR İLİ SERALARINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMININ BELİRLENMESİ





ENERJİ SİMÜLASYONU TEKNIĞI İLE DİYARBAKIR İLİ SERALARINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMININ BELİRLENMESİ

**DETERMINATION OF THE RENEWABLE ENERGY SOURCES USAGE
IN THE GREENHOUSES OF DIYARBAKIR PROVINCE WITH ENERGY
SIMULATION TECHNIQUE**

**DİYARBAKIR
2014**

Enerji Simülasyonu Tekniği ile Diyarbakır İli Seralarında Yenilenebilir
Enerji Kaynaklarının Kullanımının Belirlenmesi Projesi,
2014 Yılı Doğrudan Faaliyet Mali Destek Programı Kapsamında Karacadağ
Kalkınma Ajansı Tarafından Sağlanan Mali Destek ile Yürütülmüştür.
Sözleşme No: 14-DFD-25

PROJE EKİBİ

ADI SOYADI	PROJEDEKİ GÖREVİ	ÜNVANI
Şehmus ATAKUL	Proje Koordinatörü	Zir. Yük. Müh.
Mehmet Ali KALENDER	Proje Asistanı	Elk.-Elektronik Müh.
Dr. Bilsay PASTAKKAYA	Enerji Simulasyon Uzmanı	Yük. Mak. Müh.
Tamer DURMAYAZ	Enerji Simulasyon Uzmanı	Elk.-Elektronik Müh.
Murat KAYA	Sera Uzmanı	Zir. Yük. Müh.
Kudret BERAATOĞLU	Sulama Uzmanı	Zir. Yük. Müh.
Mehmet Emin ATEŞ	Sera Otomasyon Uzmanı	Elk.-Elektronik Müh.
Mehmet Emin VURAL	Mali İşler ve Tanıtım ve Görünürlülük Sorumlusu	Vet. Hekim
Burhan KIZILBOĞA	Teknik Destek Elemanı	Ulaşım Sorumlusu

ÖNSÖZ

Ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisi yönünden oldukça zengindir. Bu potansiyeli yeterince kullanamadığımız için enerjide dışa olan bağımlılığımız gün geçtikçe artmaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi güneş enerjisi bakımından 1490 w/m^2 (son yapılan araştırmalar bu değerin daha fazla olduğunu göstermektedir) gibi bir değerle Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi potansiyeli olan bölgesidir.

Bölgemizdeki başlıca ekonomik faaliyet tarımdır. Son yıllarda bölgede seracılık faaliyetleri artmakta ve örtü altı üretimin toplam tarımsal üretimdeki oranı her geçen gün fazlaşmaktadır. Ancak, olumsuz iklim şartları nedeniyle bölgemizdeki sera üretiminin yurdun batısındaki sera üretimi ile rekabet gücünün düşük olduğu bilinmektedir. Bu konudaki bir diğer etmen ise sera tasarımları yapılırken bölge şartlarının göz önünde bulundurulmamış olmasıdır. Yapı malzemesinden, ısıtma sistemine kadar bütün bileşenler seracılığın yoğun olarak yapıldığı bölgelerle aynıdır. Bu durum seralarını kömürle ısıtmakta olan üreticilerin yıllık 1000 tona kadar kömür kullanmasına neden olmuştur.

Bu çalışma ile bölgemizde hali hazırda bulunan seraların yakıt tüketiminin azaltılması ve böylelikle sera üreticilerinin rekabet gücünün artarak piyasa paylarının artırılması planlanırken, aynı zamanda bölgede yatırım yapacak girişimcilerin modern ve kendi enerjisini yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak kendisi üretecek seralar kurmaları için teşvik edilmesi amaçlanmıştır.

Diyarbakır ilinde bulunan seraların enerji ihtiyaçlarının bilgisayar ortamında simulasyon tekniği kullanılarak belirlendiği, konunun çözümüne ilişkin önerilerin sunulduğu ve örnek bir sera tasarımının yapıldığı bu çalışmanın, ülkemiz ve bölgemiz için faydalı olmasını ve bu konuda yapılacak olan yeni çalışmalara ışık tutmasını temenni ederim.

Mehdi SÜMERLİ

Enstitü Müdür V.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2.) MATERYAL VE YÖNTEM.....	2
3. DİYARBAKIR İLİNDE YER ALAN SERALARIN ANALİZİ	36
4. DİYARBAKIR ŞARTLARINA GÖRE ENERJİ (ISI) YÖNÜNDEN OPTİMİZE EDİLMİŞ ÖRNEK SERA TASARIMI.....	232
5. SONUÇ.....	236
6.KAYNAKLAR.....	238
7. EKLER	241

1. GİRİŞ

Örtü altı yetiştiriciliği, iklimsel koşullara bağlı olarak gerçekleştirilen geleneksel tarımsal üretim yöntemlerinden daha verimli ve daha yüksek getirileri olan, katma değeri yüksek her türlü tarımsal ürünün yüksek kalitede üretilmesi için gerekli koşulları yıl boyunca sağlayan bir üretim yöntemidir. Ülkemiz tarafından yapılan ihracatta büyük bir paya sahip tarımsal ürünlerin önemli bir bölümü örtü altı yetiştiriciliği ile sağlanmaktadır. Ancak örtü altı yetiştiriciliği, işletim ve kurulum maliyetleri açısından geleneksel tarımsal üretim yöntemlerine göre daha pahalıdır ve daha çok teknik bilgi ve beceri gerektirmektedir. Bu nedenle örtü altı yetiştiriciliğinde kullanılan seraların tasarımlarının ve işletme şartlarının doğru şekilde tasarlanması, bu sistemlerden sağlanacak faydanın en üst düzeyde elde edilmesi noktasında büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Diyarbakır ilinde yer alan seraların mevcut işletme koşullarına göre ısı kaybı ve ısıtma ihtiyacının analizi yapılmıştır. Analiz işlemlerinde takip edilen yöntem ve hesaplamalar örnek bir sera tasarımı için tanıtılmış, ısı kaybı hesabı için kullanılacak iki farklı yöntem aracılığı ile elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Seraların ısı özelliklerinin belirlenmesi için gerekli olan seralara ait geometrik hesaplamalarda hesap adımları tanıtılarak mevcut seralar için gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

Örnek sera tasarımı ve mevcut seralar için ısı kaybı ve ısıtma sezonu boyunca toplam ısı ihtiyaçları aylık toplam ve yıllık toplam değerler olmak üzere hesaplanmıştır. Mevcut seralarda kullanılan işletim koşullarına göre kömür yakıtlı ısıtma sistemleri için yakıt sarfıyatı ve yakıt maliyeti değerleri tespit edilerek tablo ve şekiller halinde belirtilmiştir. Ayrıca elektrik enerjisi ile çalışan toprak/su kaynaklı ısı pompası sisteminin mevcut seralar için çalışma özellikleri belirlenerek elde edilen veriler sunulmuş, elektrik ve kömür ile çalışan iki farklı sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması sağlanmıştır.

Isıtma ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin kullanımı incelenerek, ısıtma sezonu boyunca toplam ısıtma enerji ihtiyacının bir bölümünün güneş enerjisinden karşılanması durumunda söz konusu uygulama için mevcut seralarda gereksinim duyulacak yaklaşık kolektör yüzey alanları ve kolektör sayıları belirlenmiştir.

Doğru şekilde tasarlanmış ve tekno-ekonomik açıdan uygulanabilir sera uygulamalarının hayata geçirilmesi ile örtü altı yetiştiriciliğinden sağlanan katma değer katlanarak artacağı ve bu gelişmeler sonucunda örtü altı yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgede, bölge halkının refahı açısından önemli faydalar sağlanacağı ortadadır.

2.) MATERYAL VE YÖNTEM

2. 1.) Isı Kaybı Hesabı

Ülkemizde seraların ısı kaybı hesabı için belirlenmiş bir hesap standardı bulunmamaktadır. Literatürde, seraların ısıtma ihtiyacının belirlenmesi için birçok farklı yöntem önerilmiştir. [4-6]. Ancak, belli bir seranın ısı kaybı hesabı için, farklı yöntemlerde önerilen hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler büyük farklılık gösterebilmektedir. Buna göre, mevcut bir seranın ısı kaybı hesabı hesaplanırken, seranın kurulumu, yapı elemanlarının özelliği ve işletme koşullarını detaylı bir şekilde hesaplamaya dâhil eden bir hesaplama yönteminin belirlenmesi ve mümkünse ısı kaybı hesabının birden çok yöntem ile hesaplanıp karşılaştırılması, ısı kaybı hesabının doğruluğu açısından büyük önem arz etmektedir. Sera için seçilecek ısıtıcı ekipman tasarımının ısı kaybı hesabına göre yapılacağı düşünüldüğünde, seranın ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin belirlenmesinde ve seradan sağlanacak faydanın artırılması noktasında ısı kaybı hesabının rolü büyüktür.

Bu çalışmada; Diyarbakır yöresinde kurulu bulunan 16 adet seranın ısı kaybı hesaplamaları yapılırken, Amerikan Ziraat Mühendisleri Derneği (American Society of Agricultural Engineers - ASAE) Seraların Isıtılması, Soğutulması ve Havalandırılması Standardı ANSI - ASAE EP 406.4 tercih edilmiştir [5]. Bu yöntem ile elde edilen sonuçların doğruluğunun kontrolü için; elde edilen sonuçlar, NSW (New South Wales Government Department of Primary Industries – Agriculture) tarafından önerilen hesaplama yöntemi [6] ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre bir serada oluşan toplam ısı kaybı değeri (Q_T), seradan ışıınım, taşınım ve iletim ile gerçekleşen ısı transferi değeri (Q_{rc}) ile infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değerinin (Q_i) toplamına eşittir.

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i \quad (2.1)$$

İşınım, taşınım ve iletim ile gerçekleşen ısı transferi değeri Q_{rc} aşağıdaki ifade yardımı ile hesaplanır.

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o) \quad (2.2)$$

Bu denklemde;

U = Toplam ısı transfer katsayısı [$W/m^2\text{°C}$]

A_c = Sera örtüsünün toplam yüzey alanı [m^2]

t_i = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

t_o = Dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

Sera için toplam ısı transfer katsayısının (U) belirlenmesinde Tablo 2.1.1 kullanılır [5]

Tablo 2.1.1. Sera kaplama yöntemi ve malzemesine göre toplam ısı transfer katsayısı (U) yaklaşık değeri [5]

Sera Kaplama Malzemesi	Toplam ısı transfer katsayısı değeri U [$W/m^2\text{°C}$]
Tek kat cam, sızdırmaz contalı	6,2
Tek kat cam, düşük emisiviteli	5,4
Çift kat cam, sızdırmaz contalı	3,7
Tek kat plastik	6,2
Tek kat polikarbonat, kıvrımlı-dalgalı	6,2 – 6,8
Tek kat fiberglas, kıvrımlı-dalgalı	5,7
Çift kat polietilen	4,0
Çift kat polietilen, IR katkılı	2,8
Rijit akrilik, çift cidarlı	3,2
Rijit polikarbonat, çift cidarlı ¹⁾	3,2 – 3,6
Rijit akrilik, W/polistren pelet ²⁾	0,57
Cam üstü çift katlı polietilen	2,8
Tek kat cam ve şilte tipi ısı izolasyonu ³⁾	4,0
Çift kat polietilen ve şilte tipi ısı izolasyonu ³⁾	2,5
¹⁾ Cidarlar arasındaki boşluk mesafesine bağlıdır. ²⁾ Polistren pelet ile doldurulmuş 32 mm rijit akrilik paneller ³⁾ Sadece şiltenin kapalı ve iyi yalıtımlı olması durumunda	

t_i [°C] sera iç ortam tasarım sıcaklığıdır ve sera içerisinde yetiştirilen bitkinin ısı gereksinimlerine göre belirlenir. Örtü altı yetiştiriciliğinde farklı bitkiler için ihtiyaç duyulan sera içi tasarım sıcaklık değerleri literatürde yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenecek seraların mevcut kullanım şartlarında domates ve/veya salatalık yetiştirilmektedir [2]. Domates için optimum sıcaklık değeri 21 – 28 °C bağıl nem değeri 0,60 – 0,70 [13]; salatalık için optimum sıcaklık değeri 25 °C bağıl nem değeri 0,50 – 0,90 aralığındadır [14,2]. Her bitkinin yetiştirme koşullarında sıcaklık ve nem istekleri farklıdır. Ancak, farklı türde bitkilerin aynı sera içerisinde yetiştirilmesine imkân sağlamak, ısı kaybı ihtiyacını ve dolayısıyla ısıtma maliyetlerini azaltmak adına, yetiştirilecek bitkilerin ısı isteklerini göz önünde bulundurarak, incelenecek seralar için iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiş ve ısı kaybı hesabı bu değerler üzerinden yapılmıştır.

t_o [°C] dış ortam tasarım sıcaklığı olup, seranın kurulacağı il için en soğuk ayın ortalama en düşük dış sıcaklık değeri olarak alınabilir [8]. ASHRAE tarafından bildirildiğine göre [3], Diyarbakır ili için en soğuk ay Ocak ayı olup, ortalama sıcaklık değeri -9 °C'dir. Ayrıca TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları standardına göre de dış ortam tasarım sıcaklığı değeri -9 °C'dir. Bu nedenle çalışma kapsamında yapılan dış ortam tasarım sıcaklığı değeri -9 °C olarak belirlenmiştir.

Q_i serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere 2.3 denklemi ile hesaplanabilir.

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)] \quad (2.3)$$

Denklemi oluşturan parametreler şu şekildedir;

ρ_i = Sera havasının t_i sıcaklığındaki yoğunluğu [kg/m³]

N = İnfiltrasyon oranı [1/s]

V = Sera hacmi [m³]

c_{pi} = İç ortam havasının t_i sıcaklığındaki özgül ısısı [J/kgK]

t_i = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

t_o = Dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

h_{fg} = t_i sıcaklığında suyun buharlaşma entalpisi (buharlaşma gizli ısı) [J/kg]

W_i = İç ortam havasının özgül nemi [kg_{su} / kg_{hava}]

W_o = Dış ortam havasının özgül nemi [kg_{su} / kg_{hava}]

Denklemden yer alan N parametresi infiltrasyon oranı olup Tablo 2.1.2 aracılığı ile hesaplanabilir [5]

Çalışmada, Diyarbakır ilinde yer alan seralar için infiltrasyon oranı, mevcut çalışma koşullarına göre ortalama bir değer olarak $3,1 \times 10^{-4}$ olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2.1.2. Sera tipi ve konstrüksiyonuna göre kabul edilen infiltrasyon oranı değerleri [5]

Sera Tipi ve Konstrüksiyon Özelliği	İnfiltrasyon oranı $N^{1)}$ [1/s]
Yeni yapı	
Çift kat plastik film	$2,1 \times 10^{-4} - 4,1 \times 10^{-4}$
Cam veya Fiberglas	$1,4 \times 10^{-4} - 2,8 \times 10^{-4}$
Eski Yapı	
Cam, iyi bakımlı	$2,8 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-4}$
Cam, zayıf bakımlı	$5,6 \times 10^{-4} - 11,1 \times 10^{-4}$
1) İç hava hacmi değişiminin birim zamana oranıdır. Yüksek rüzgâr hızlarında ya da direkt rüzgâra maruz kalınmasında infiltrasyon oranını artacak, düşük rüzgâr hızlarında ve rüzgâra karşı korunaklı durumlarda infiltrasyon oranını azalacaktır.	

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma entalpisi (buharlaşma gizli ısı) olup, aynı sıcaklıktaki suyun ve buharın entalpi değerleri farkından ya da direkt olarak tablo değerlerinden elde edilebilir [9].

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad (2.4)$$

W_i , iç ortam havasının özgül nem değeri; iç ortam bağıl nemi (ϕ_i), t_i sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı (P_{dT_i}) ve iç ortam hava basıncına (P_i) bağlı olmak üzere 2.5 denklemi ile hesaplanabilir.

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i}) \quad (2.5)$$

W_o , dış ortam havasının özgül nem değeri; dış ortam bağıl nemi (ϕ_o), t_o sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı (P_{dT_o}) ve dış ortam hava basıncına (P_o) (açık hava basıncı) bağlı olmak üzere 2.6 denklemi ile hesaplanabilir.

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o}) \quad (2.6)$$

Çalışmada, mevcut seraların işletme şartları göz önünde bulundurularak iç ortam bağıl nemi (ϕ_i) 0,7 olarak alınmıştır. Dış ortam bağıl nemi değeri (ϕ_o), Diyarbakır ilinde Ocak ayı dış ortam bağıl nemi ölçüm değerlerinin beş yıllık ortalaması alınarak 0,8 olarak hesaplanmıştır [10]. Diyarbakır ili için dış ortam açık hava basıncı değeri 93,45 kPa olarak tespit edilmiş [3] ve sera iç ortam hava basıncı değeri, bu değere eşit alınmıştır.

Seralarda ısı kaybı değerinin hesaplanması için diğer bir metot NSW (New South Wales Government Department of Primary Industries – Agriculture) tarafından önerilmiştir [6]. Bu yöntemde toplam ısı kaybı değeri, taşınım ile ısı kaybı (Q_C), infiltrasyon ile ısı kaybı (Q_L) ve radyasyonla olan ısı kaybı (Q_R) değerlerinin toplamına eşittir.

$$Q_T = Q_C + Q_L + Q_R \quad (2.7)$$

Genellikle radyasyon ile olan ısı transferi miktarı ihmal edilebilecek değerde olduğundan toplam ısı kaybı değeri 2.8 denklemi ile hesaplanabilir.

$$Q_T = Q_C + Q_L \quad (2.8)$$

Taşınım ile olan ısı kaybı değeri kW cinsinden aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$Q_C = (U \times S_A \times \Delta T) / 1000 \quad (2.9)$$

Bu denklemde yer alan parametreler şu şekildedir;

U = Toplam ısı transfer katsayısı [$W/m^2\text{°C}$]

S_A = Sera örtüsünün toplam yüzey alanı [m^2]

$\Delta T = t_i - t_o$ olmak üzere sıcaklık farkı [$^{\circ}C$]

t_i = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı [$^{\circ}C$]

t_o = Dış ortam tasarım sıcaklığı [$^{\circ}C$]

Sera için toplam ısı transfer katsayısının (U) belirlenmesinde Tablo 2.1.3 kullanılır [6]

İnfiltrasyon, hava kaçakları, sonucu kaybedilen ısı miktarı denklem 2.10 ile hesaplanabilir.

$$Q_L = 0,373 \times \Delta T \times V \times E \times W \quad (2.10)$$

Bu denklemde yer alan parametreler şu şekildedir;

$\Delta T = t_i - t_o$ olmak üzere sıcaklık farkı [$^{\circ}C$]

V = Sera hacmi [m^3]

E = Hava değişim katsayısı [-]

W = Rüzgar faktörü [-]

Tablo 2.1.3. Sera için toplam ısı transfer katsayısı (U) değerleri [6]

Sera Kaplama Malzemesi	Toplam ısı transfer katsayısı değeri U [$W/m^2\text{°C}$]
Tek kat polietilen plastik film	7,5 – 8,5
Çift kat polietilen plastik film	4,0 – 5,0
Polikarbonat	6,8
Çift cidarlı polikarbonat	3,5
Cam 3mm	7,0 – 8,0
Cam 6mm	6,5
Termal yüzey	2,8

Hava değişim faktörü E değeri Tablo 2.1.4, rüzgâr faktörü W değeri Tablo 2.1.5 aracılığı ile elde edilir [6]

Tablo 2.1.4. Hava değişim katsayısı (E) değerleri [6]

Sera tasarımı	Hava değişim faktörü (E) [-]
Tek kat polietilen film ve metal iskelet	1,0
Çift kat polietilen film ve metal iskelet	0,7
Tek kat cam ve metal iskelet	1,08

Tablo 2.1.5. Rüzgâr faktörü (W) değerleri [6]

Rüzgar Hızı [km/h]	Rüzgâr faktörü (W) [-]
< 25	1,0
30	1,025
35	1,05
40	1,075

The technical drawing illustrates the geometry of a vaulted structure. The elevation view (top) shows a rectangular base with a height of $H = 4\text{ m}$ and a width of $9,6\text{ m}$. Above the base is a semi-circular vault with a height of $h = 3\text{ m}$. The total height of the structure is indicated as 105 m . The plan view (bottom) shows a series of five identical vaulted segments, each with a width of $9,6\text{ m}$, arranged in a row.

8

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 105 \times 5 = 6604 \text{ m}^2$$

$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$

$$A_c = 384 + 840 + 6604 = 7828 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (105 \times 9,6 \times 5) \times 4 = 20\,160 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 105 \times 5$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 3 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 105 \times 5 = 11\,880 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 20\,160 + 11\,880 = 32\,040 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

$t_i = \text{Yetiştirilen ürüne göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı } [^\circ\text{C}]$

$\rightarrow t_i = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir.

$t_o = \text{Diyarbakır için dış ortam tasarım sıcaklığı } [^\circ\text{C}]$

$\rightarrow t_o = -9 \text{ } ^\circ\text{C}$

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U , Çift kat polietilen film sera örtüsü için $U = 4 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$ olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 7828 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_o = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{rc} = 4 \times 7828 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 751\,488 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} = 751,488 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m^3] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ için ilgili tablolar yardımıyla
 $\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3$ [9]

N , infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir $\rightarrow N = 1,4 \times 10^{-4}$

V , sera hacmi $\rightarrow V = 32\,040 \text{ m}^3$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısı değeri $t_i = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,
 $\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK}$ [11]

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır ili için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

P_{dT_0} , t_0 sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı $\rightarrow t_0 = -9\text{ }^{\circ}\text{C}$ için $P_{dT} = 0,2866\text{ kPa}$ [12]

P , Dış ortam açık hava basıncı $\rightarrow P = 93,45\text{ kPa}$ [3]

$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153\text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 1,4 \times 10^{-4} \times 32040 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 220,430\text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 751,488\text{ kW} + 220,430\text{ kW} = 971, 918\text{ kW}$$

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre, örnek serada birim metrekare başına ısı kaybı değeri ;

$$971\ 918\text{ W} / 5000\text{ m}^2 = 194,3836 \cong 194\text{ W/m}^2\text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

NSW (New South Wales Government Department of Primary Industries – Agriculture) tarafından önerilen [6] ısı kaybı yöntemine göre; toplam ısı kaybı değeri;

$$Q_T = Q_C + Q_L$$

Taşınımla olan ısı kaybı değeri ;

$$Q_C = (U \times S_A \times \Delta T) / 1000$$

U , değeri çift kat polietilen film sera örtüsü için Tablo 2.1.3 yardımıyla,

$$U = 4\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$S_A = 7828\text{ m}^2 \quad \Delta T = 15 - (-9) = 24\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ olmak üzere,}$$

$$Q_C = (4 \times 7828 \times 24) / 1000 = 751,488\text{ kW} \text{ olarak bulunur.}$$

İnfiltrasyon, hava kaçakları, sonucu kaybedilen ısı miktarı Q_L olmak üzere,

$$Q_L = 0,373 \times \Delta T \times V \times E \times W$$

$$\Delta T = t_i - t_o = (15 - (-9)) = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V, \text{ sera hacmi } \rightarrow V = 32\ 040\text{ m}^3$$

E , hava değişim katsayısı, çift kat polietilen film ve metal iskelet için Tablo 2.1.4 yardımıyla

$$\rightarrow E = 0,7$$

W, rüzgâr faktörü Tablo 2.1.5 aracılığı ile bulunur. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı $V = 10,2 \text{ m/s} \cong 36 \text{ km/h}$ olmak üzere [3]

$$\rightarrow W = 1,05$$

Buna göre infiltrasyon ile gerçekleşen ısı kaybı değeri,

$$Q_L = 0,373 \times 24 \times 32\,040 \times 0,7 \times 1,05 = 210\,814 = 210,814 \text{ kW}$$

$$Q_c + Q_L = 751,488 + 210,814 = 962,302 \text{ kW}$$

NSW ısı kaybı yöntemine göre, örnek serada birim metrekare başına ısı kaybı değeri ;

$$962\,302 \text{ W} / 5000 \text{ m}^2 = 192,4604 \cong 193 \text{ W/m}^2$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda, her iki yöntemle hesaplanan metrekare alan başına ısı kaybı değerinin birinci yöntem için 194 W/m^2 , ikinci yöntem için 193 W/m^2 , iki yöntem arasındaki farkın sadece 1 W/m^2 olduğu görülmektedir. Bu nedenle her iki yöntemin de seralarda ısı kaybı hesabı için kullanılması uygundur.

Her iki yöntemde de taşınım ile olan ısı kaybı hesaplama yöntemi aynıdır ve hesaplama sonucunda aynı değerler elde edilmektedir. Buna göre her iki yöntemde de sera örtüsünün toplam ısı transfer katsayısı değeri, toplam yüzey alanı, sera içi tasarım sıcaklık değeri ve dış ortam tasarım sıcaklık değeri bilindiğinde, taşınım ile olan ısı kaybı belirlenebilmektedir. Ancak infiltrasyon ile olan ısı kaybının belirlenmesinde, sonuçlar birbirlerine oldukça yakın değerler olsa da, iki yöntemin hesap metodları arasında farklılık görülmektedir. İnfiltrasyon ile olan ısı kaybının belirlenmesinde ANSI - ASAE EP 406.4 standardının hesap metodu, daha kapsamlı ve daha hassas hesaplamalara izin vermektedir. Ancak hesaplama için gereken parametrelerin temini için, uygulama şartlarına bağlı olarak su ve havanın termodinamik özelliklerinin belirlenmesi ve kimi zaman da interpolasyon ya da ekstrapolasyon ile hesaplamalar gerekmektedir. Ancak NSF tarafından önerilen metot ile tablolardan elde edilen değerlerin kullanıldığı ampirik ifadelerle daha kolay ve daha çabuk bir şekilde sonuca gidilmektedir. Bu çalışmada, Diyarbakır ilinde yer alan mevcut kurulu seraların [2] ısı kaybı hesaplarının gerçekleştirilmesinde, daha hassas ve daha kapsamlı hesaplamaları içeren ANSI - ASAE EP 406.4 standardının hesap metodu kullanılacaktır.

2. 2.) Seralarda Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi

Seralarda ısıtma enerjisi ihtiyacı, dolayısıyla ısıtma ve/veya soğutma uygulamasında yakıt tüketimi/enerji sarfiyatı değerlerinin belirlenebilmesi için, serada ısıtma ve/veya soğutma ihtiyacı görülen ayların tespit edilmesi gereklidir. Bu çalışmada seraların ısıtılması konusu incelendiğinden, seraların ısıtılması için gereken aylık ve yıllık toplam enerji ihtiyacının belirlenmesi irdelenecektir. Seraların aylara göre ısıtma ihtiyacının belirlenmesinde, seranın kurulduğu bölgenin ısıtma gün dereceleri ve aylık ortalama sıcaklık değerleri dikkate alınır. ASHRAE tarafından bildirilen Diyarbakır ili aylık iklimsel tasarım değerlerine göre [3] Diyarbakır ilinde yer alan seralar için Kasım – Nisan ayları arasında ısıtma ihtiyacı söz konusudur.

Zabeltitz [4] tarafından bildirildiğine göre, seraların ısıtılması için gereken aylık enerji ihtiyacının ve yakıt tüketim değerlerinin belirlenmesinde Hallaire [15] tarafından önerilen hesaplama metodu kullanılabilir. f_d ve f_n , gün uzunluğu d_l 'ye bağlı katsayılar olup Tablo 2.2.1.'de verilmektedir [15]

Tablo 2.2.1. Gün uzunluğuna bağlı katsayılar [15]

d_l	Σf_n	$\Sigma f_n / (24 - d_l)$	Σf_d	$\Sigma f_d / d_l$
7	8,21	0,48	4,25	0,61
9	6	0,4	5,67	0,63
11	4,5	0,375	6,99	0,635
13	3,45	0,31	8,1	0,623
15	2,51	0,28	9,29	0,62
17	1,58	0,23	10,96	0,644

Hallaire [15] tarafından bildirildiğine göre t_{mmax} ortalama maksimum dış ortam sıcaklığı, t_{mmin} ortalama minimum dış ortam sıcaklığı, t_{mind} ortalama minimum gündüz sıcaklığı olmak üzere;

Ortalama gündüz saatlik sıcaklık değeri t_h ;

$$t_h = t_{mind} + f_d \times A \quad (2.11)$$

Ortalama gece sıcaklık değeri t_{mn} ;

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_l)) \quad (2.12)$$

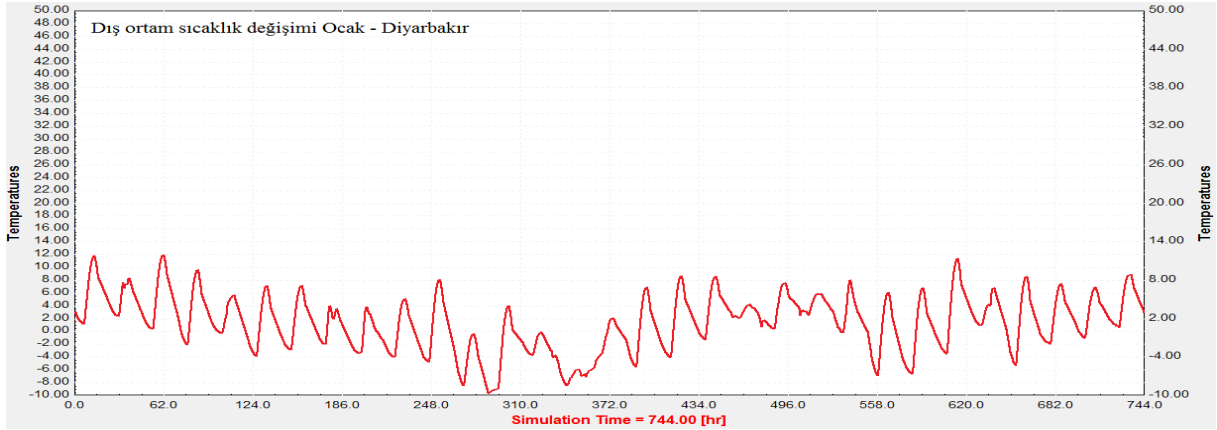
Ortalama gündüz sıcaklık değeri t_{md} ;

$$t_{md} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_d / d_l) \quad (2.13)$$

A, ortalama maksimum ve minimum gündüz sıcaklığının farkını ifade etmektedir ve denklem 2.14 ile hesaplanır.

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \quad (2.14)$$

Diyarbakır ili için t_{mmax} ortalama maksimum dış ortam sıcaklığı, t_{mmin} ortalama minimum dış ortam sıcaklığı değerlerini içeren meteorolojik veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sunulan bilgiler [16] aracılığı ile elde ederek Tablo 2.2.2’de sunulmuştur. Diyarbakır ili için ortalama maksimum ve minimum gündüz sıcaklık değerleri literatürde yer almamaktadır. Bu nedenle söz konusu değerlerin elde edilmesi için TRNSYS [17] programı ile Diyarbakır ili için yapılan simülasyon sonucunda elde edilen aylık dış ortam sıcaklık değişimi grafiklerinden maksimum ve minimum gündüz sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Simülasyon çalışmasında Diyarbakır ili için dış ortamın atmosferik özelliklerinin belirlenmesinde Meteonorm meteorolojik verileri [18] kullanılmıştır ve aylık simülasyon sonuçlarından elde edilen grafikler EK 2’de sunulmuştur. Örnek olarak Şekil 2.2.1.’de Ocak ayı için elde edilen aylık simülasyon grafiği yer almaktadır. Isıtma uygulamasının gerçekleştirileceği aylar için grafikler yardımıyla elde edilen maksimum ve minimum gündüz sıcaklık değerleri Tablo 2.2.3.’de sunulmuştur.



Şekil 2.2.1. Diyarbakır ili için Ocak ayı dış ortam sıcaklığının değişimi

Tablo 2.2.2. Diyarbakır ili yıllık meteorolojik verileri [16]

DİYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1954 - 2013)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,8	3,6	8,5	13,8	19,3	26,3	31,2	30,3	24,8	17,2	9,3	3,9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,8	9,1	14,5	20,3	26,5	33,7	38,5	38,1	33,3	25,4	16,2	9,1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	- 2,3	-1,1	2,7	7,2	11,3	17,0	21,8	21,8	16,1	10,2	4,0	- 0,1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,9	4,8	5,7	7,0	9,5	12,1	12,4	11,6	9,9	7,4	5,5	3,8
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,4	11,6	11,9	11,7	9,0	2,9	0,5	0,3	1,1	5,8	8,2	11,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	70,1	66,9	67,0	68,0	43,3	8,5	0,5	0,4	3,8	32,3	52,6	72,5
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1954 - 2013)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16,9	21,3	28,3	35,3	38,1	42,0	45,0	45,9	42,0	35,7	27,2	22,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	- 22,1	- 21,0	-14,0	- 6,1	0,8	6,0	11,0	13,8	5,2	-1,2	-8,8	-23,4

Tablo 2.2.3. Kasım–Nisan ayları için maksimum ve minimum gündüz sıcaklık değerleri [°C]

Gün	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		KASIM		ARALIK	
	t _{maxd}	t _{mind}	t _{maxd}	t _{mind}	t _{maxd}	t _{mind}	t _{maxd}	t _{mind}	t _{maxd}	t _{mind}	t _{maxd}	t _{mind}
1	12	1	8	2	12	3	15	8	10	1	10	3
2	8	3	7	-2	14	1	17	5	13	-1	6	3
3	12	1	0	-9	10	0	14	3	16	-1	16	3
4	10	-2	5	-4	11	-1	20	7	15	5	14	1
5	6	0	6	-5	9	2	24	11	14	3	13	0
6	7	-4	10	-4	11	2	23	10	16	3	12	-1
7	7	-3	6	-5	11	3	25	12	17	9	11	3
8	4	-2	5	-6	7	-3	25	11	17	9	11	0
9	4	-3	5	-1	10	-4	23	11	18	6	8	1
10	5	-4	10	-4	10	1	25	13	23	7	10	-2
11	8	-5	10	-4	11	4	27	13	24	5	7	2
12	0	-8	10	0	13	0	22	10	20	4	10	0
13	4	-9	-1	-4	10	0	22	8	20	4	7	3
14	0	-4	4	-5	15	1	23	8	18	4	12	4
15	2	-8	9	-2	16	1	21	7	12	6	12	5
16	7	-7	12	2	16	2	19	6	14	5	15	5
17	9	-5	9	-2	22	6	15	11	16	7	8	5
18	9	-4	9	2	16	5	19	6	11	8	12	5
19	4	-1	10	2	17	3	17	4	20	10	12	2
20	7	2	13	3	15	2	18	5	17	3	14	-2
21	6	1	15	1	12	5	15	6	17	4	5	0
22	8	3	13	1	14	7	18	7	19	6	9	0

23	6	0	14	1	14	6	20	8	19	1	5	-4
24	7	-7	14	0	17	5	16	8	14	4	5	-7
25	11	-7	14	-2	18	4	22	4	17	4	2	-5
26	7	-3	15	2	16	2	20	5	14	1	3	-6
27	9	1	13	6	20	5	19	10	16	-2	6	-4
28	7	-5	13	3	21	5	21	5	12	-3	6	-1
29	7	-2	14	1	17	5	18	2	8	-4	7	-1
30	9	-1			14	9	16	1	10	4	9	-3
31	-6	1			18	10					7	1
Ortalama	6,3	-2,6	9,4	-1,1	14,1	2,9	20	7,5	15,9	3,7	9,2	0,3
A	8,9		10,5		11,2		12,5		12,2		8,9	

Isıtma uygulamasının ılıman, subtropik ve kurak bölgelerde gerçekleştirileceği ve çoğunlukla gece saatlerinde uygulanacağı kabulü ile ısıtma için gereken aylık toplam enerji miktarı denklem 2.15 ile hesaplanabilir.

$$Q_{(ay)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d \text{ [Wh / m}^2 \text{ ay]} \quad (2.15)$$

U = Toplam ısı transfer katsayısı [W/m²K]

A_c / A_g = Sera örtüsü yüzey alanı / Sera taban alanı oranı [-]

t_{id} = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

t_{mn} = Ortalama gece sıcaklık değeri [°C]

t_{st} = Gündüz toprağa depolanan ısı nedeni ile gece sıcaklık artışı ortalama değeri [°C]

n_n = Gece saatleri sayısı [-]

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı [-]

Zabeltitz [4] tarafından bildirildiğine göre, gündüz toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri t_{st} , 1 – 2 °C olarak alınabilir.

n_n , hesaplama yapılan aydaki gece saatlerinin aylık ortalama değeridir. Bu değer, aylık ortalama gün uzunluğunun toplam gün uzunluğundan çıkarılması ile elde edilebilir. Diyarbakır ili için (38° K) tüm bir yıl boyunca gün uzunluğu değerleri hesaplanmıştır ve yapılan hesaplamalar sonucunda Diyarbakır ili için aylık ortalama gün ve gece uzunluğu değerleri Tablo 2.2.4.'de yer almaktadır. n_d ısıtma sezonunda bir ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısıdır. Bu çalışmada ısıtma sezonunda yer alan ayların tüm günlerinde ısıtma yapıldığı ön görülmüştür ve n_d değeri ısıtma yapılan aydaki gün sayısına eşit alınmıştır.

Tablo 2.2.4. Diyarbakır ili için ortalama gün ve gece uzunlukları

Ay	Ortalama Gün Uzunluğu d_1 [h]	Ortalama Gece Uzunluğu n_n [h]
Ocak	9,7	14,3
Şubat	10,6	13,4
Mart	11,8	12,2
Nisan	13	11
Mayıs	14,1	9,9
Haziran	14,6	9,4
Temmuz	14,3	9,7
Ağustos	13,4	10,6
Eylül	12,2	11,8
Ekim	11	13
Kasım	9,9	14,1
Aralık	9,4	14,6

Bölüm 2.1.'de verilen örnek sera uygulaması için aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

Örnek sera için ;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 7828 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 48 \times 105 = 5040 \text{ m}^2 \cong 5000 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 7828 / 5000 = 1,5656$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı} \rightarrow U = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri [}^\circ\text{C]}$$

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_1))$$

$$t_{maxd} = 6,3 \text{ }^\circ\text{C} , t_{mind} = -2,6 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \rightarrow A = 8,9 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$d_1 = 9,7 \text{ (Tablo 2.2.4)} \rightarrow d_1 = 9,7 \text{ için Tablo 2.2.1'den interpolasyon yöntemi ile}$$

$$\rightarrow \Sigma f_n / (24 - d_1) = 0,391$$

$$t_{mn} = -2,6 + 8,9 \times 0,391 = 0,88 \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

$t_{st} = 1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], Diyarbakır'ın yıllık güneşlenme süresini göz önünde bulundurarak $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

$n_n =$ Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

$n_d =$ Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{OCAK})}$;

$$Q_{(\text{OCAK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 4 \times 1,5656 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 33\,647\text{ Wh/m}^2\text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$33\,647 \times 5\,000\text{ m}^2 = 168\,235\,000\text{ Wh} = 168\,235\text{ kWh}$$

$Q_{(\text{OCAK})} = 168\,235\text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$t_{mn} =$ Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_l))$$

$$t_{maxd} = 9,4\text{ }^{\circ}\text{C}, t_{mind} = -1,1\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \rightarrow A = 10,5\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$d_l = 10,6 \text{ (Tablo 2.2.4)} \rightarrow d_l = 10,6 \text{ için Tablo 2.2.1'den interpolasyon yöntemi ile}$$

$$\rightarrow \Sigma f_n / (24 - d_l) = 0,38$$

$$t_{mn} = -1,1 + 10,5 \times 0,38 = 2,89 \rightarrow t_{mn} = 2,89\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$t_{st} = 1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], Diyarbakır'ın yıllık güneşlenme süresini göz önünde bulundurarak $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

$n_n =$ Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

$n_d =$ Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ŞUBAT})}$;

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 4 \times 1,5656 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 24\,603 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$24\,603 \times 5\,000 \text{ m}^2 = 123\,015\,000 \text{ Wh} = 123\,015 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 123\,015 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_l))$$

$$t_{maxd} = 14,1 \text{ }^{\circ}\text{C} , \quad t_{mind} = 2,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \rightarrow A = 11,2 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$d_l = 11,8 \text{ (Tablo 2.2.4)} \rightarrow d_l = 11,8 \text{ için Tablo 2.2.1'den interpolasyon yöntemi ile}$$

$$\rightarrow \Sigma f_n / (24 - d_l) = 0,349$$

$$t_{mn} = 2,9 + 11,2 \times 0,349 = 6,81 \rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$t_{st} = 1-2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], Diyarbakır'ın yıllık güneşlenme süresini göz önünde bulundurarak $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{MART})}$;

$$Q_{(\text{MART})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{MART})} = 4 \times 1,5656 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(\text{MART})} = 14\,661 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$14\,661 \times 5\,000 \text{ m}^2 = 73\,305\,000 \text{ Wh} = 73\,305 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{MART})} = 73\,305 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_l))$$

$$t_{maxd} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} , t_{mind} = 7,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \rightarrow A = 12,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$d_l = 13 \text{ (Tablo 2.2.4)} \rightarrow d_l = 13 \text{ için Tablo 2.2.1'den}$$

$$\rightarrow \Sigma f_n / (24 - d_l) = 0,31$$

$$t_{mn} = 7,5 + 12,5 \times 0,31 = 6,82 \rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$t_{st} = 1-2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], Diyarbakır'ın yıllık güneşlenme süresini göz önünde bulundurarak $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{NİSAN})}$;

$$Q_{(\text{NİSAN})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{NİSAN})} = 4 \times 1,5656 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(\text{NİSAN})} = 3\,348 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$3\,348 \times 5\,000 \text{ m}^2 = 16\,740\,000 \text{ Wh} = 16\,740 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 16\,740 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_l))$$

$$t_{maxd} = 15,9 \text{ }^{\circ}\text{C} , \quad t_{mind} = 3,7 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \rightarrow A = 12,2 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$d_l = 9,9 \text{ (Tablo 2.2.4)} \rightarrow d_l = 9,9 \text{ için Tablo 2.2.1'den interpolasyon yöntemi ile}$$

$$\rightarrow \Sigma f_n / (24 - d_l) = 0,389$$

$$t_{mn} = 3,7 + 12,2 \times 0,389 = 8,45 \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$t_{st} = 1-2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [4], Diyarbakır'ın yıllık güneşlenme süresini göz önünde bulundurarak $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 4 \times 1,5656 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 12\,053 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$12\,053 \times 5\,000 \text{ m}^2 = 60\,265\,000 \text{ Wh} = 60\,265 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 60\,265 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_{mn} = t_{mind} + A \times (\Sigma f_n / (24 - d_l))$$

$$t_{maxd} = 9,2 \text{ }^{\circ}\text{C} , \quad t_{mind} = 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$$A = t_{maxd} - t_{mind} \rightarrow A = 8,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Tablo 2.2.3)}$$

$d_l = 9,4$ (Tablo 2.2.4) $\rightarrow d_l = 9,4$ için Tablo 2.2.1'den interpolasyon yöntemi ile

$$\rightarrow \Sigma f_n / (24 - d_l) = 0,395$$

$$t_{mn} = 0,3 + 8,9 \times 0,395 = 3,82 \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$t_{st} = 1-2 \text{ } ^\circ\text{C}$ [4], Diyarbakır'ın yıllık güneşlenme süresini göz önünde bulundurarak $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için $\rightarrow n_n = 14,6$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 4 \times 1,5656 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 26\,019 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$26\,019 \times 5\,000 \text{ m}^2 = 130\,095\,000 \text{ Wh} = 130\,095 \text{ kWh}$$

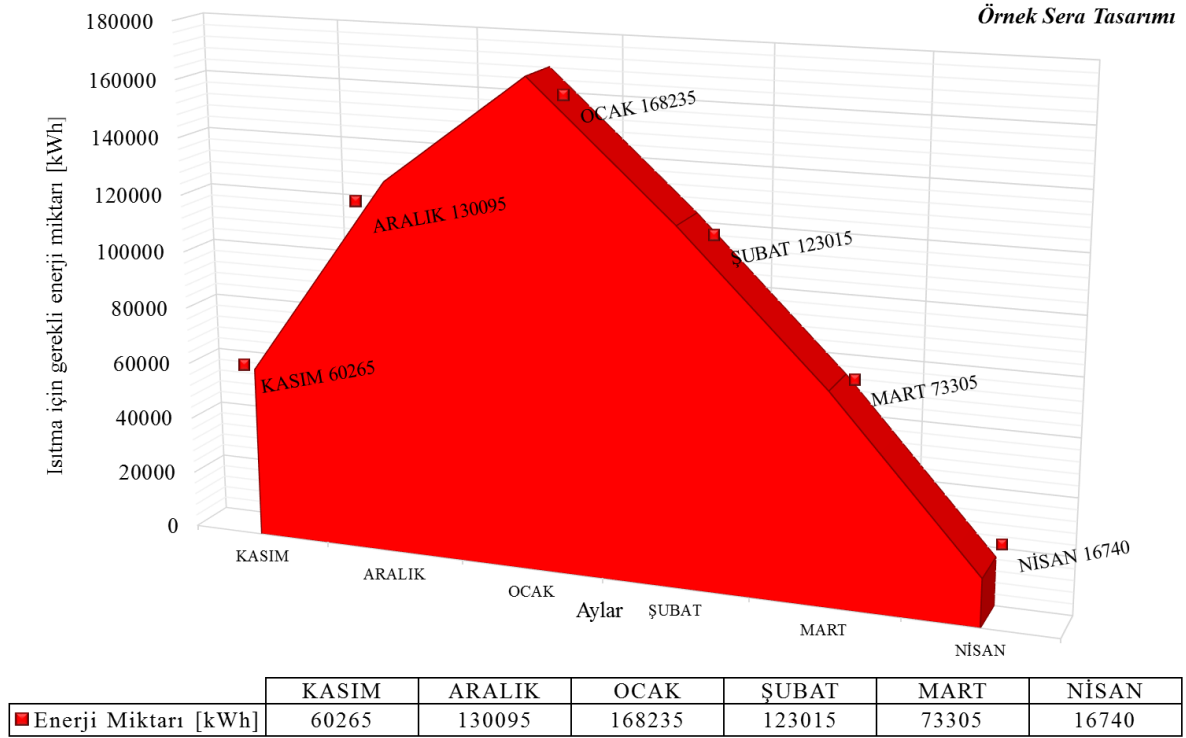
$Q_{(\text{ARALIK})} = 130\,095 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 168\,235 + 123\,015 + 73\,305 + 16\,740 + 60\,265 + 130\,095$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 571\,655 \text{ kWh}$$



Şekil 2.2.2. Örnek sera tasarımı için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

2. 3.) Seralarda Isıtma Enerji Maliyetlerinin Belirlenmesi

Seralarda ısıtma maliyetlerinin belirlenmesinde, kullanılacak yakıt cinsine bağlı olarak yakıtın alt ısı değeri, yakıtı kullanan ısıtıcı cihazın ısıtma verimi ve güncel yakıt birim maliyetleri kullanılır. Bu bölümde, örnek seranın ısıtılmasında, ithal kömür ve elektrik enerjisinin kullanım özellikleri, sarfiyat miktarları ve enerji maliyetleri belirlenecektir. Bu bölümde belirlenen hesaplama metodu ve belirtilen veriler kullanılarak, Diyarbakır yöresinde yer alan seraların ısıtma enerji maliyetleri hesaplanarak sonuçlar Bölüm 3.3’de sunulmuştur.

2.3.1.) Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

Isıtma ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda, kömür kazanı kullanılarak elde edilen sıcak suyun seranın ısıl yükünü karşılaması öngörülmüştür. Diyarbakır bölgesinde kurulu seraların ısıtılmasında ithal kömür kullanıldığından, hesaplamalarda kömürün alt ısı değerinin yaklaşık 6,98 kWh/ kg (6000 kcal/kg) [19] olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmada [2] Diyarbakır ilindeki farklı seralarda kömür maliyetlerinin 300 – 365 \$/ton arasında değerler aldığı, bazı seralar için bu bilgilerin eksik olduğu görülmüştür. Hesaplamalarda her sera için bildirilen yakıt maliyetleri göz önüne alınmış, maliyet bilgileri

eksik olan seralar ve örnek sera tasarımı için ortalama yakıt maliyeti 320 \$/ton olarak belirlenmiştir. Kömür yakıtlı kazan için verim değeri % 75 olarak tespit edilmiştir [20]. Döviz kurunda Merkez Bankası güncel verileri kullanılmıştır [21]. Buna göre örnek sera için kömür sarfıyatı ve yakıt maliyeti değerleri şu şekilde hesaplanır;

$$\text{Kömür alt ısı değeri} = 6,98 \text{ kWh/kg} = 6980 \text{ kWh/ton}$$

$$\text{Yakıt maliyeti} = 320 \text{ \$/ton}$$

$$\text{Kazan verimi} = 0,75$$

$$\text{Aylık Kömür Sarfıyatı} = \text{Aylık Enerji İhtiyacı} / (\text{Kömür Alt Isıl Değeri} \times \text{Kazan Verimi})$$

$$\text{Ocak Ayı Kömür Sarfıyatı} = 168\ 235 / (6980 \times 0,75) \cong 32,14 \text{ ton}$$

$$\text{Şubat Ayı Kömür Sarfıyatı} = 123\ 015 / (6980 \times 0,75) \cong 23,5 \text{ ton}$$

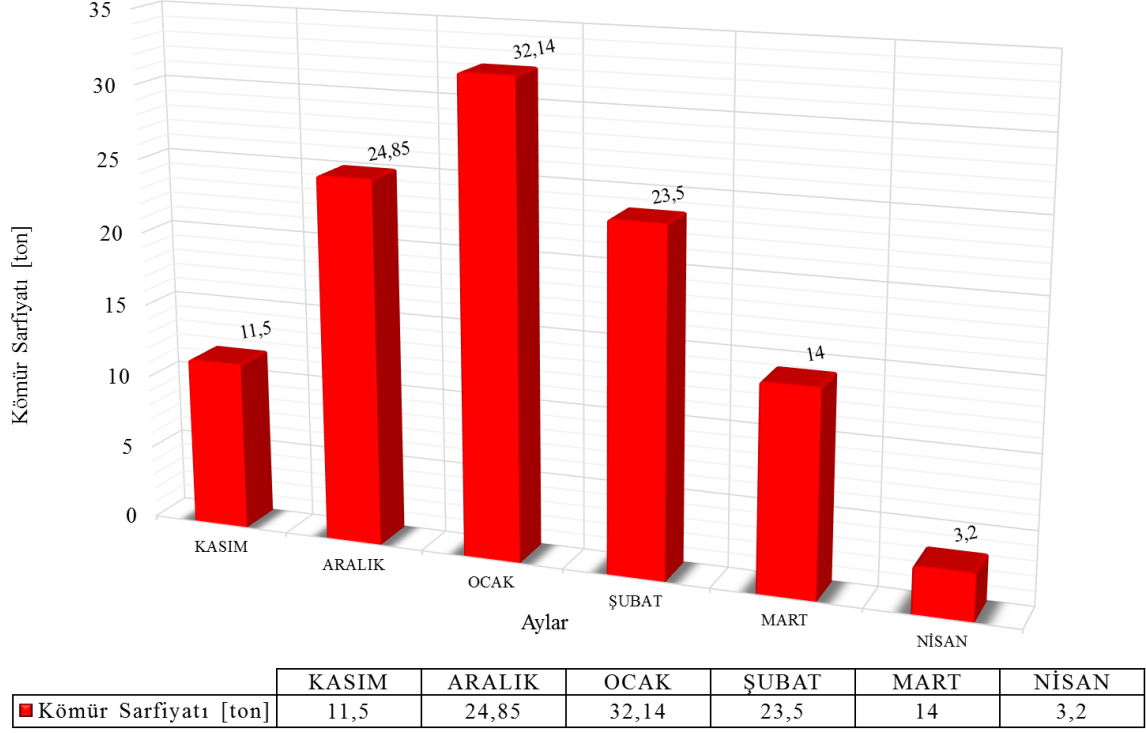
$$\text{Mart Ayı Kömür Sarfıyatı} = 73\ 305 / (6980 \times 0,75) \cong 14 \text{ ton}$$

$$\text{Nisan Ayı Kömür Sarfıyatı} = 16\ 740 / (6980 \times 0,75) \cong 3,2 \text{ ton}$$

$$\text{Kasım Ayı Kömür Sarfıyatı} = 60\ 265 / (6980 \times 0,75) \cong 11,5 \text{ ton}$$

$$\text{Aralık Ayı Kömür Sarfıyatı} = 130\ 095 / (6980 \times 0,75) \cong 24,85 \text{ ton}$$

$$\text{Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı} = 571\ 655 / (6980 \times 0,75) \cong 109,2 \text{ ton}$$



Şekil 2.3.1. Örnek sera tasarımı için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri

Aylık Kömür Maliyeti = Aylık Kömür Sarfiyatı x Yakıt Birim Fiyatı x Döviz Kuru

Ocak Ayı Kömür Maliyeti $\cong 32,14 \times 320 \times 2,2241 \cong 22\,874$ TL

Şubat Ayı Kömür Maliyeti $\cong 23,5 \times 320 \times 2,2241 \cong 16\,725$ TL

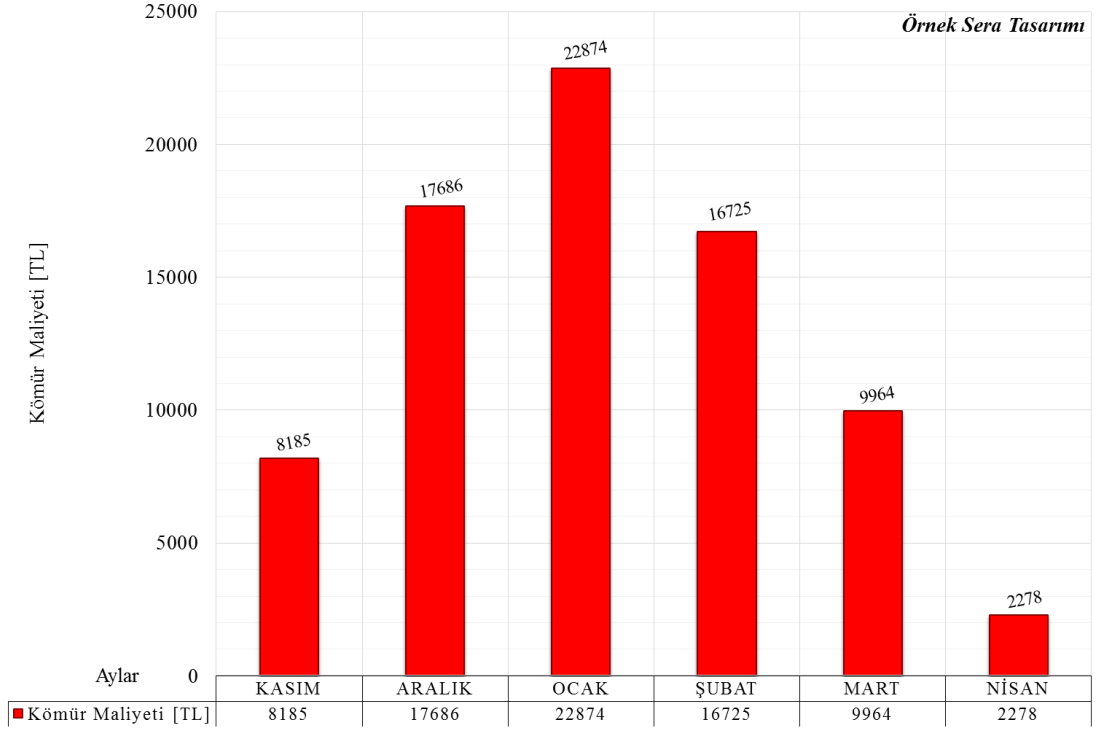
Mart Ayı Kömür Maliyeti $\cong 14 \times 320 \times 2,2241 \cong 9\,964$ TL

Nisan Ayı Kömür Maliyeti $\cong 3,2 \times 320 \times 2,2241 \cong 2\,278$ TL

Kasım Ayı Kömür Maliyeti $\cong 11,5 \times 320 \times 2,2241 \cong 8\,185$ TL

Aralık Ayı Kömür Maliyeti $\cong 24,85 \times 320 \times 2,2241 \cong 17\,686$ TL

Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $109,2 \times 320 \times 2,2241 \cong 77\,719$ TL



Şekil 2.3.2. Örnek sera tasarımı için yaklaşık kömür maliyetleri

2.3.2.) Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik Enerjisi ile Karşılanması

Isıtma ihtiyacının elektrik enerjisi ile karşılanması durumunda ısıtma amaçlı kullanılacak birçok elektrikli ısıtıcı cihaz bulunmaktadır. Ancak birincil enerji kaynaklarını en yüksek verimle kullanan ısıtma sistemleri ısı pompalarıdır. Isı pompaları, ısı enerjisini, düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından alıp, yardımcı bir enerji kaynağı vasıtasıyla, yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına sevk eden sistemlerdir. Bu şekildeki enerji akışıyla ısıtma işlemi yapılırken, akışın ters yönde çevrilmesiyle, soğutma işlemi gerçekleştirilebilir. Isı pompası sistemleri enerji kaynağı olarak, toprak, su, hava, güneş, jeotermal enerji ya da atık ısı enerjisini kullanırlar ve genellikle kullandıkları enerji kaynağına göre adlandırılırlar.

Bir ısı pompası sisteminde, sistem verimi ısıtma ve soğutma tesir katsayısı ile ifade edilir ve $ITK - STK$ ya da genel olarak COP (Coefficient of Performance) şeklinde gösterilir. COP, bir ısı pompası sisteminde birim iş başına yapılan ısıtma ya da soğutma miktarıdır. Isı pompası sistemleri elektrik enerjisini yüksek verimlerle kullanarak, yüksek COP değerleri ile çalışırlar ve ısıtma – soğutma uygulamalarında yüksek ısıl performans gösterirler. Bir ısı pompasının COP değeri, kullanmış olduğu düşük sıcaklıklı enerji kaynağının (hava, toprak, su

vb.) sıcaklık değerine bağılı olarak değişir. Isıtma uygulamasında kaynak sıcaklığı ısıtılacak ortamın sıcaklığına ne kadar yakın olursa COP değeri o kadar yüksek olur.

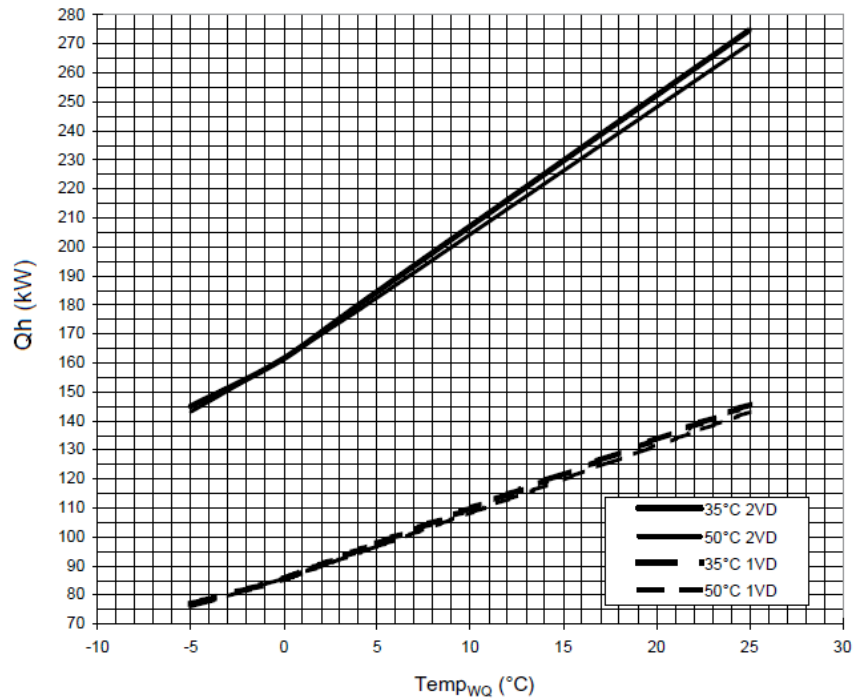
Hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinde ısııl enerji kaynağı olarak dış ortam havası kullanılır ve dış ortam havasının sıcaklığı mevsimsel olarak sistemin kurulduğu bölgenin atmosferik özelliklerine göre büyük değişim gösterebilir. Örneğın Diyarbakır en yüksek ortalama sıcaklık değeri 38,5 °C, en düşük ortalama sıcaklık değeri -2,8 °C olarak bildirilmiştir [16]. Kışın ısıtma uygulamasında dış ortam sıcaklığının düşmesi ile birlikte ısı pompası sisteminin COP değeri düşmekte ve sistemden sağlanan net fayda önemli oranda azalmaktadır. Ayrıca düşük dış ortam sıcaklıklarında ısı pompası dış ünitesinde meydana gelecek buzlanmanın engellenmesi için yapılan defrost işleminin nedeni ile sistemin ısıtma verimi düşmektedir.

Toprak ve su kaynaklı ısı pompaları düşük sıcaklıklı enerji kaynağı olarak toprak ve yer altı/yerüstü sularını kullanırlar. Toprak ya da su kaynağı içerisine döşenen ısı değiştiricilerinde dolaştırılan taşıyıcı akışkan vasıtasıyla, toprak ya da sudan elde edilen düşük sıcaklıklı ısııl enerji ısı pompası sistemi aracılığı ile yüksek sıcaklıklara çıkarılarak, ısıtılacak ortamın ısııl ihtiyacı karşılanır. Toprak ve yer altı sularının sıcaklıkları mevsimsel sıcaklık değişimlerinden önemli oranda etkilenmez ve yıl boyunca göreceli olarak sabit kalır. Bu nedenle toprak/su kaynaklı ısı pompaları ile ısıtma – soğutma uygulamalarında yüksek COP değerlerine ulaşılır. Toprak/su kaynaklı ısı pompalarının ilk yatırım maliyetleri hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha yüksek de olsa COP değerlerine bağılı daha düşük işletim maliyetleri nedeni ile kısa bir sürede kurulum maliyetleri arasındaki farkı amorti edebilmektedir.

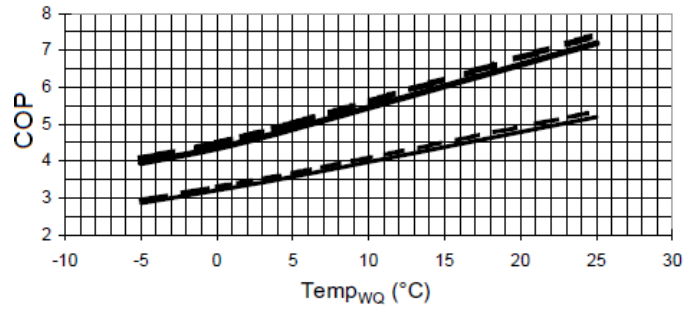
Isıtma – soğutma uygulamalarında toprak/su kaynaklı ısı pompalarının kullanılabilmesi için, toprak/su ısı değiştiricilerinin yerleştirilmesi için yeterli kurulum alanının ve yeterli miktarda yer altı suyunun mevcut olması gereklidir. Diyarbakır ilindeki seraların bulunduğu alanda toprak/su kaynaklı ısı pompası kurulumu gerekli şartların mevcut olduğu görülmüştür [2]. Bu nedenle bu çalışmada ısıtma ihtiyacının elektrik enerjisi ile karşılanması durumunda ısıtıcı cihaz olarak toprak/hava kaynaklı ısı pompası tercih edilmiş ve bu sistemin kullanım özellikleri incelenmiştir.

Diyarbakır ilinde yer alan ve bu çalışma dâhilinde incelenen on altı farklı seranın ısıtma ihtiyaçları incelendiğinde, ısıtma için kullanılacak ısıtıcı cihaz kapasitelerinin 731 ila 998 kW arasında değiştiği görülmektedir. Bu nedenle analizler, mevcut seralarda kullanılabilecek özellikte, Avrupa Birliği standartlarına uygun ve maksimum ısıtma kapasitesi yaklaşık 275 kW olan ticari bir toprak/su kaynaklı ısı pompası sisteminin teknik özelliklerine [24] göre yapılmıştır. Toplam ısıtma ihtiyacını, 275 kW kapasitesindeki cihazların kaskad şeklinde kullanılması ile karşılamanın mümkün olduğu gibi; aynı sistem performansına sahip, toplam ısıtma ihtiyacını tek başına sağlayabilecek ve özel olarak sipariş üzerine üretilecek bir tek cihaz ile de karşılamak mümkündür. Bu noktada kurulacak sistem için ilk yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması olarak incelenmesi faydalı olacaktır.

Yapılan hesaplamalarda kullanılacak ısı pompası sistemi için ısıtma kapasitesinin (Q_h), toprak/su kaynağının sıcaklığına ($Temp_{wQ}$) bağlı değişimi Şekil 2.3.3’de, sistemin ısıtma tesir katsayısının (COP) toprak/su kaynağının sıcaklığına ($Temp_{wQ}$) bağlı değişimi ise Şekil 2.3.4’de görülmektedir.



Şekil 2.3.3. Isı pompası ısıtma kapasitesinin ısı kaynağı sıcaklığına bağlı değişimi [24]



Şekil 2.3.4. Isı Pompası COP değerinin ısı kaynağı sıcaklığına bağlı değişimi [24]

Diyarbakır ili için yapılan analizlere [2] bağlı olarak, toprak/ su kaynaklı ısı pompası için ısı kaynağı sıcaklığı 15 °C olarak alınabilir. Buna göre Şekil 2.3.3 ve Şekil 2.3.4’de göre 15 °C kaynak sıcaklığı için ısı pompası ısıtma kapasitesi 230 kW, COP (ısıtma tesir katsayısı) değeri ise 6 olarak bulunur. Örneğin 920 kW ısıtma ihtiyacı olan bir sera için, kaskad uygulaması ile bu ısı pompasından 4 adet kullanılmalıdır. Bu ısı pompası ile 200 kW elektrik enerjisi kullanılarak 1 200 kW’lık ısıtma yapılabilir.

Isıtma ihtiyacının elektrikle karşılanması durumunda, sistemin çalışma periyoduna bağlı olarak birim elektrik maliyetinin belirlenmesi gereklidir. TEDAŞ tarafından bildirilen güncel elektrik tarifesine göre [25], mevcut kullanım şartları için gündüz tarifesi elektrik birim fiyatı 26,0715 kr/kWh, puant tarifesi elektrik birim fiyatı 43,1313 kr/kWh, gece tarifesi elektrik birim fiyatı 15,1948 kr/kWh’tir. Isı pompası sistemi seranın ısıtma ihtiyacını karşılamak amacıyla ağırlık olarak gece saatlerinde çalışacağından, elektrik birim maliyetleri açısından önemli tasarruflar elde edilmektedir. Isı pompası sisteminin ısıtma periyodu boyunca, ortalama 17:00 – 06:00 saatleri arasında çalışacağı; puant tarifesinin geçerli olduğu saatlerde yaklaşık 5 saat, gece tarifesinin geçerli olduğu saatlerde ise yaklaşık 8 saat çalıştığı öngörülürse, günlük çalışma periyodu boyunca ortalama elektrik birim fiyatı 0,26 kr/kWh olarak alınabilir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında, örnek sera tasarımının ısı ihtiyacının toprak/su kaynaklı ısı pompası ile karşılanmasında elektrik sarfıyatı ve enerji (elektrik) maliyeti şu şekilde belirlenir.

$$\text{Elektrik birim fiyatı} = 0,26 \text{ kr/kWh}$$

$$\text{Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP} = 6$$

$$\text{Aylık Elektrik Sarfıyatı} = \text{Aylık Enerji İhtiyacı} / \text{COP}$$

Ocak Ayı Elektrik Sarfıyatı = $168\ 235 / 6 \cong 28\ 039$ kWh

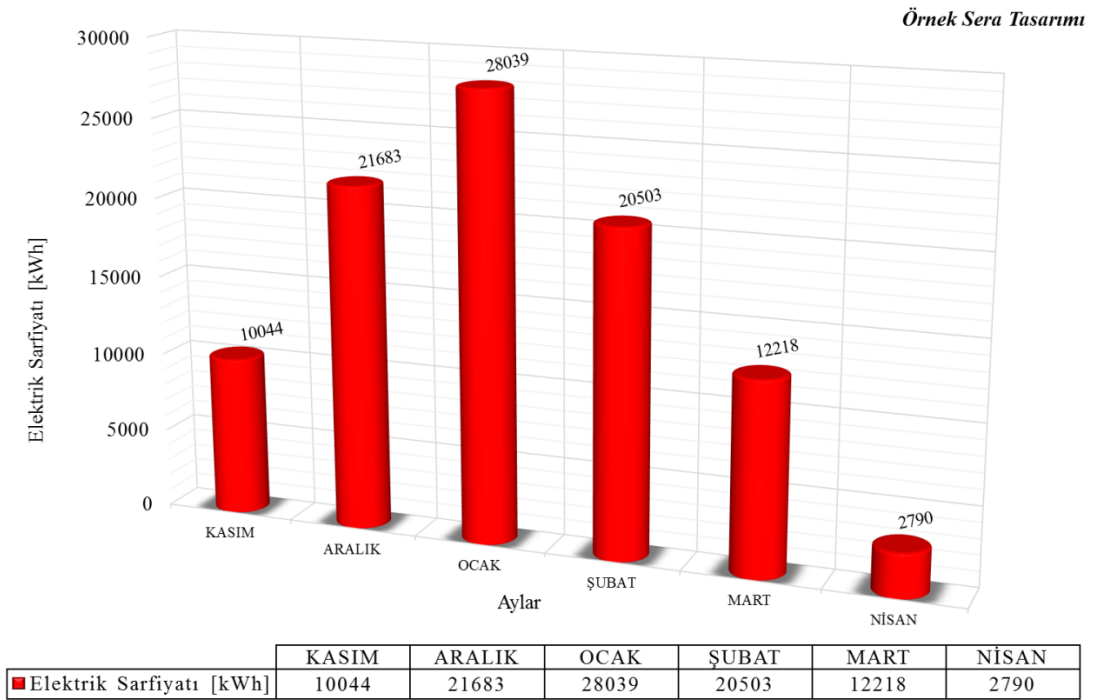
Şubat Ayı Elektrik Sarfıyatı = $123\ 015 / 6 \cong 20\ 503$ kWh

Mart Ayı Elektrik Sarfıyatı = $73\ 305 / 6 \cong 12\ 218$ kWh

Nisan Ayı Elektrik Sarfıyatı = $16\ 740 / 6 \cong 2\ 790$ kWh

Kasım Ayı Elektrik Sarfıyatı = $60\ 265 / 6 \cong 10\ 044$ kWh

Aralık Ayı Elektrik Sarfıyatı = $130\ 095 / 6 \cong 21\ 683$ kWh



Şekil 2.3.5. Örnek sera tasarımı için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri

Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = $571\ 655 / 6 \cong 95\ 276$ kWh

Aylık Elektrik Maliyeti = Aylık Elektrik Sarfıyatı x Elektrik Birim Fiyatı

Ocak Ayı Elektrik Maliyeti $\cong 28\ 039 \times 0,26 \cong 7\ 290$ TL

Şubat Ayı Elektrik Maliyeti $\cong 20\ 503 \times 0,26 \cong 5\ 331$ TL

Mart Ayı Elektrik Maliyeti $\cong 12\ 218 \times 0,26 \cong 3\ 177$ TL

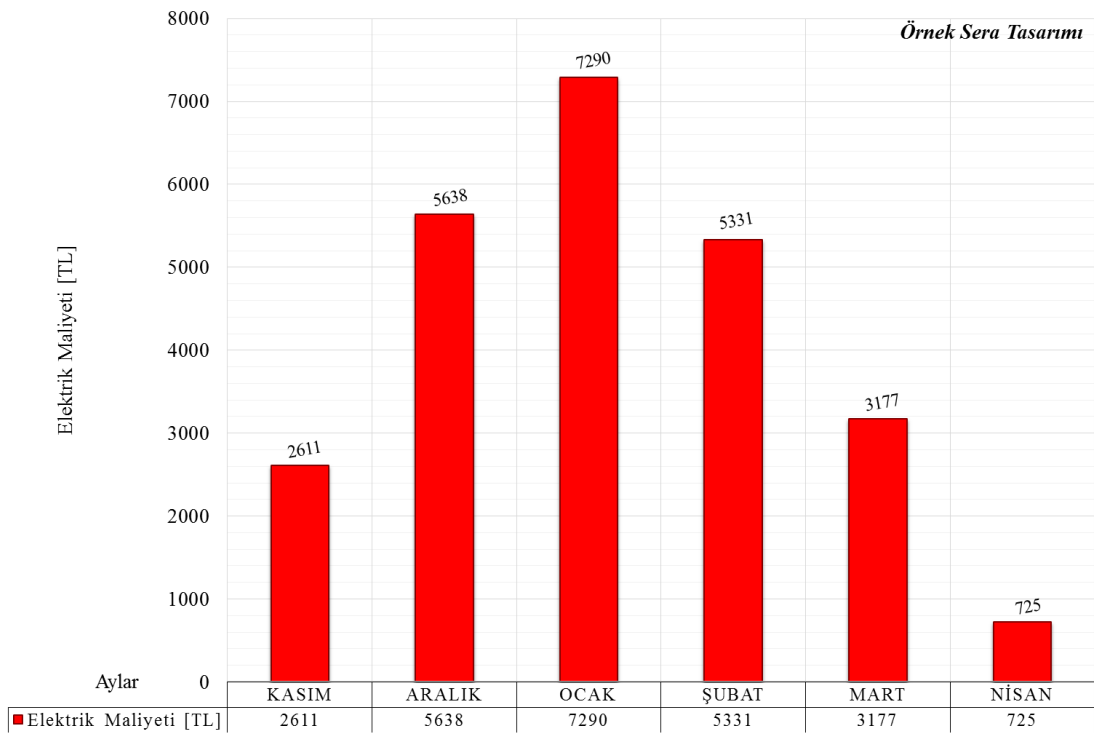
Nisan Ayı Elektrik Maliyeti $\cong 2\ 790 \times 0,26 \cong 725$ TL

Kasım Ayı Elektrik Maliyeti $\cong 10\,044 \times 0,26 \cong 2\,611$ TL

Aralık Ayı Elektrik Maliyeti $\cong 21\,683 \times 0,26 \cong 5\,638$ TL

Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = $95\,276 \times 0,26 \cong 24\,772$ TL

Hesaplamalar sonucunda, örnek sera tasarımının ısıtma ihtiyacının elektrik enerjisi ile karşılanması durumunda, ısıtma ihtiyacının kömür ile karşılanması durumuna göre yıllık toplam 52 947 TL tasarruf sağlandığı, ısı pompası sisteminin kömür yakıtlı kazan sistemine göre işletme maliyetlerinde yaklaşık % 68 daha tasarruflu olduğu görülmüştür.



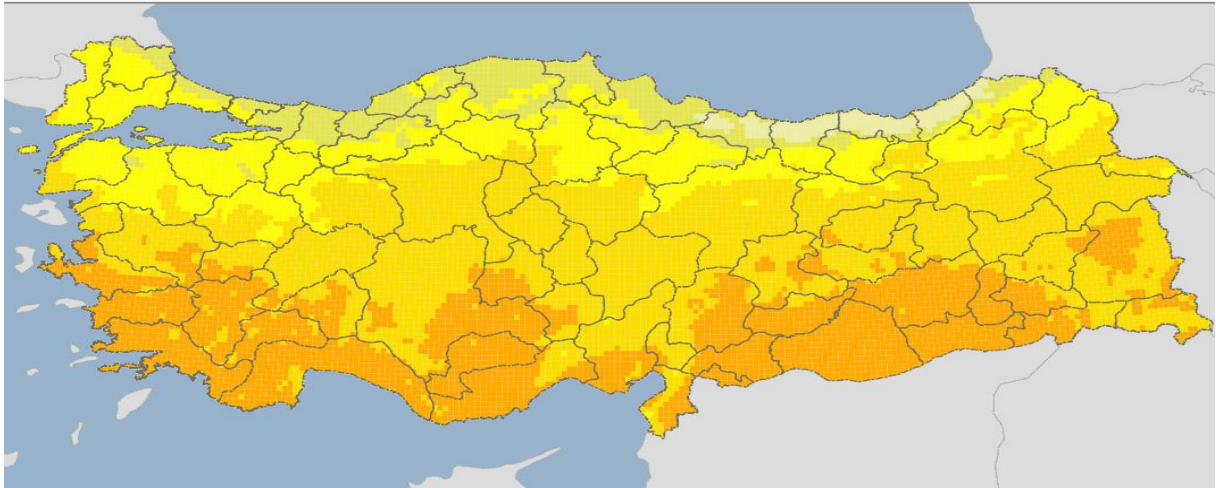
Şekil 2.3.6. Örnek sera tasarımı için yaklaşık elektrik maliyetleri

Yapılan hesaplamalara göre toprak/su kaynaklı ısı pompası sisteminin, kömür yakıtlı kazan sistemine göre yıllık toplam işletim maliyetleri açısından çok daha avantajlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Toprak/su kaynaklı ısı pompası sistemi kurulum maliyetleri açısından kömür yakıtlı kazan sistemine göre oldukça pahalıdır. Ancak, işletim maliyetlerinde sağlanacak tasarruflar nedeni ile bu fark kısa sürede kapanacak ve ısı pompası sistemi kabul edilebilir bir süre içerisinde kendini amorti ederek, kullanıcıya ekonomik açıdan önemli faydalar sağlayacaktır.

Isı pompası sistemlerinde kullanılan enerji kaynağı elektrik enerjisidir ve diğer ısıtma sistemlerine göre elektrik enerjisi en yüksek verimle kullanan sistemler ısı pompalarıdır. Elektrik enerjisi, ülkemizde yerli üretimle sağlanan en önemli enerji kaynağıdır. Diyarbakır ilinde yer alan seralarda kullanılan yakıt ithaldir. Enerjide dışa bağımlılığın ve ekonomide enerji ithalatına bağlı cari açığın ülke ekonomisi açısından ne denli önemli olduğu düşünüldüğünde, enerji kaynağı olarak yerli üretim elektrik enerjisinin kullanımının önemi bir kat daha artmaktadır. Ayrıca yıllık ortalama güneşlenme miktarı oldukça yüksek değerlerde sahip [26] Diyarbakır’da, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin fotovoltaik sistemler aracılığı ile uygulanabilir bir şekilde karşılanması da mümkündür. Ayrıca ısıtma ihtiyacının elektrik enerjisi ile karşılanması, hava kirliliği ve CO₂ salınımına bağlı küresel ısınma gibi çevresel parametreler açısından da oldukça büyük faydalar sağlayacaktır.

2.4.) Seraların Isıtma İhtiyaçlarının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

Ülkemiz, yıllık ortalama 2640 saat güneşlenme süresi ve 1311 kWh/m² yıl değerindeki toplam ışınım şiddeti ile bir güneş ülkesidir. Bu nedenle seraların ısıtılması için gereken ısı enerjisinin güneş enerjili aktif sistemler ile karşılanması, işletim maliyetleri açısından önemli faydalar sağlamaktadır. Güneş enerjisinden termal kolektörler vasıtasıyla elde edilen ısı enerjisi ile direkt olarak ısıtma yapılabileceği gibi fotovoltaik sistemler aracılığı ile üretilen elektrik enerjisi ısı pompası sisteminin çalıştırılmasında kullanılabilir. Bu çalışmada güneş enerjisinden termal kolektörler vasıtasıyla yararlanılması incelenecektir.



Şekil 2.4.1. Ülkemizde güneş enerjisi potansiyelinin illere göre değişimi [26]

Şekil 2.4.1.’den görüleceği üzere, Diyarbakır ili güneşlenme potansiyeli, ülkemizdeki birçok bölgeye ve ile göre daha yüksektir. Diyarbakır ilinde, güneye bakacak şekilde

yerleştirilmiş ve eğimi bulunduğu yerin enlemine eşit olan bir yüzeyin yıllık ortalama güneşlenme miktarı 5,63 kWh/m²gün olarak hesaplanmıştır [26]. Bu değerin aylara göre değişimi ve aylık toplam değeri Tablo 2.4.1.'de görülmektedir.

Tablo 2.4.1. Diyarbakır ili için aylık ortalama güneş enerjisi değerleri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık ort. güneş enerjisi miktarı [kWh/m ² gün]	3,62	3,94	5,1	5,48	6,39	7,22	7,43	7,34	7,05	5,39	4,13	3,57
Aylık ort.toplam güneş enerjisi miktarı [kWh/m ² ay]	112,22	114,26	158,1	164,4	198,09	216,6	230,33	227,54	211,5	167,09	123,9	110,67

Güneş kolektör sistemi tasarımında güneş enerjisinden optimum şekilde yararlanmak için, verim değeri kabul edilebilir seviyelerde olan en ekonomik sistem ekipmanlarını seçmek en doğru tercih olacaktır. Özellikle güneş kolektör sistemi kurulum alanı konusunda önemli kısıtlar yoksa bu tasarım metodolojisi ile daha uygun sistem tasarımları yapmak mümkündür. Bu nedenle bu çalışmada kolektör sisteminde düz tip güneş kolektörlerinin kullanılması uygun görülmüştür. Kolektörler, ısı dağıtım sisteminin verimini arttırmak amacı ile daha yüksek çıkış sıcaklığı için dörtlü paketler şeklinde seri olarak bağlanabilir. Ancak bu durumda ilk kolektörü takip eden kolektörlerin verimleri, giriş-çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın düşmesi nedeni ile azalacaktır. Seri bağlı paketlerin birbirlerine paralel olarak bağlanması ile yüksek debide ve yüksek çıkış sıcaklığında sıcak akışkan sağlamak mümkün olmaktadır. Örnek güneş kolektörü tasarımı Şekil 2.4.2.'de görülmektedir.

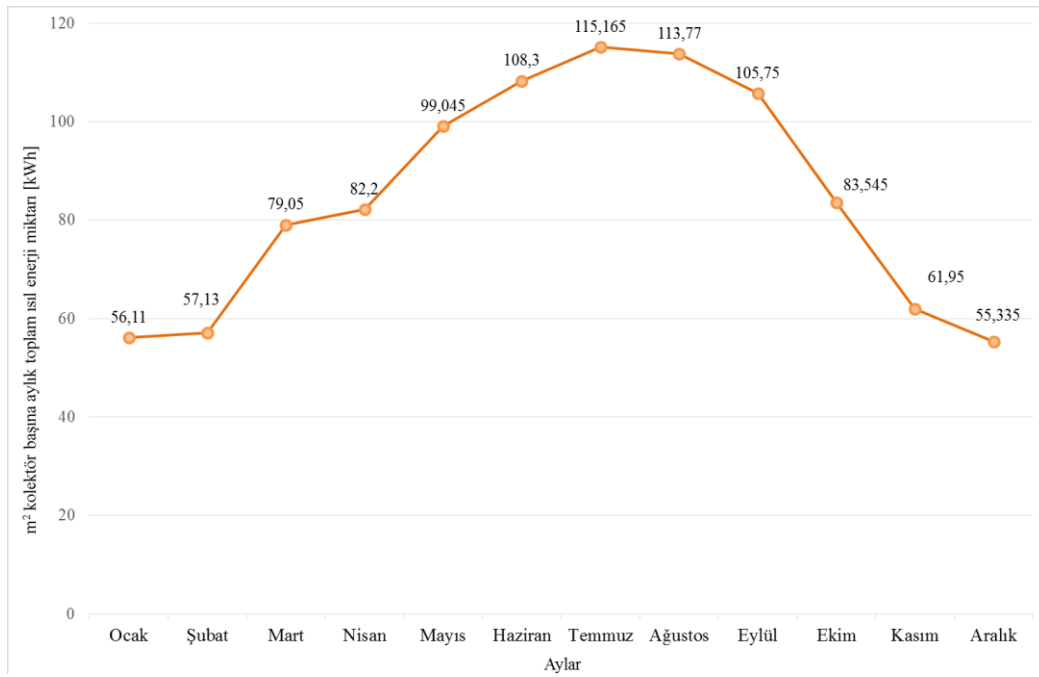


Şekil 2.4.2. Örnek güneş kolektör sistemi tasarımı [1]

Yapılacak hesaplamalara esas teşkil eden tasarımda, düz tip kolektörlerden oluşmuş bir güneş kolektör sisteminde, ısı kayıpları da göz önüne alınarak ortalama kolektör verimi yaklaşık 0,5 olarak kabul edilebilir. Buna göre Diyarbakır ilinde, güneye bakacak şekilde yerleştirilmiş ve eğimi bulunduğu yerin enlemine eşit olan bir güneş kolektör sisteminden

metrekare başına elde edilebilecek aylık toplam enerji miktarı yaklaşık değerleri Şekil 2.4.3.'de görülmektedir.

Güneş enerjisi sistemi tasarlanırken, kurulacak sistemin, seranın aylık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacını karşılama oranı göz önüne alınmalıdır. Bu orana göre güneş kolektör sisteminin toplam yüzey alanı belirlenerek, güneş kolektör sistemi kurulum maliyeti üzerinden bir optimizasyon yapılması gerekmektedir. Örneğin bir seranın toplam ısı ihtiyacının %25'inin güneş enerjisi ile karşılanması düşünüldüğünde, ısıtma sezonu boyunca güneş enerjisinin ısıtma ihtiyacını karşılama oranının aylık değerleri göz önüne alınmalıdır.



Şekil 2.4.3. 1 m² kolektör için güneş enerjisinden elde edilebilecek yaklaşık ısıtma enerji miktarları

Örnek sera tasarımının ısıtma sezonu boyunca toplam ısı ihtiyacı 571 655 kWh olarak hesaplanmıştır. Şekil 2.3.3'e göre 1 m² kolektör için güneş enerjisinden elde edilebilecek aylık toplam enerji miktarı (Q_{gAY}) şu şekilde tespit edilebilir.

$$Q_{gTOPLAM} = Q_{gOCAK} + Q_{gŞUBAT} + Q_{gMART} + Q_{gNİSAN} + Q_{gKASIM} + Q_{gARALIK}$$

$$Q_{gTOPLAM} = 56,11 + 57,13 + 79,05 + 82,2 + 61,95 + 55,335 \approx 392 \text{ kWh}$$

Toplam ısı ihtiyacının tamamının güneş enerjisi ile karşılanması için yaklaşık 1 459 m² kolektör alanı gerekmektedir ki bu tasarım uygulanabilir nitelikte değildir. Bunun yerine toplam enerji ihtiyacının belli bir kısmının güneş enerjisi ile karşılanması göre yapılacak tasarımla elde edilecek toplam kolektör yüzey alanına göre, güneş enerjisinin ısıtma ihtiyacının karşılama oranlarının aylık değerleri tespit edilerek, en uygun tasarımın belirlenmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Buna göre örnek sera tasarımının toplam ısı enerji ihtiyacının %25 ve %50'sinin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda gerekecek toplam güneş kolektör yüzey alanı ve bu durumlar için, güneş enerjisinin ısıtma ihtiyacının karşılama oranlarının aylık değerleri şu şekilde hesaplanabilir.

Toplam ısı enerji ihtiyacının %25 'inin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 571\,655 \times 0,25 \cong 142\,914 \text{ kWh}$$

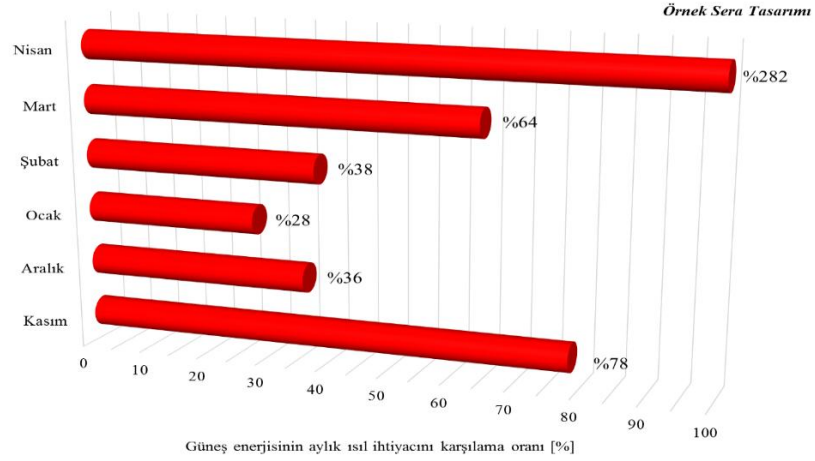
Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 142\,914 / 392 \cong 365 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz kolektör alanının 1,8 m²/ Adet olduğu düşünülürse gerekli olan kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 365 / 1,8 = 202,77 \cong 203 \text{ Adet}$$

Örnek sera tasarımı için toplam ısı enerji ihtiyacının %25' inin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda güneş enerjisinin aylık ısı ihtiyacı karşılama oranları Şekil 2.4.4.'te sunulmuştur.



Şekil 2.4.4.Örnek sera tasarımı için güneş enerjisinin aylık ısı ihtiyacı karşılama oranları

Toplam ısı enerji ihtiyacının %50' sinin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması durumunda, güneş enerjisinin aylık ısı ihtiyacı karşılama oranları, hem de kolektör sayısı iki katına çıkacaktır.

$$K_s = 203 \times 2 = 406 \text{ Adet}$$

Elde edilen kolektör sayıları ve sistem tasarımları üzerinden yapılacak maliyet hesabı ile güneş enerjisi sistemi kullanımının işletme giderleri üzerinde sağlayacağı tasarruf miktarı karşılaştırılarak en uygun kolektör sistemi belirlenebilir.

3. DİYARBAKIR İLİNDE YER ALAN SERALARIN ANALİZİ

Bu bölümde Diyarbakır ilinde yer alan ve bu çalışmanın öncelikli amacı olan, on altı adet seranın mevcut işletme koşullarına göre analizi yapılacaktır. Analiz işlemlerinde, GAPUTAEM tarafından bildirilen ölçüm ve kullanım özellikleri [2] esas alınmıştır. İncelenen bazı seraların kurulum özellikleri birbirleri ile aynı ya da benzer olsa da hesaplama ve analizler, her sera için ayrı ayrı yapılarak elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bu sayede sera kullanıcısının sera ile ilgili bilgilere ulaşımının kolaylaştırılması ve seraların karşılaştırmalı analizlerinin daha sağlıklı yapılabilmesi hedeflenmiştir.

Seraların ısı özelliklerinin belirlenmesi için gerekli olan seralara ait sera örtüsü yüzey alanı ve sera hacmi değerleri hesaplanmıştır. Buna göre söz konusu seranın birim metre karesinden olan ısı kaybı değeri bulunarak, seranın tamamından olan ısı kaybı değeri hesaplanabilir. Bu sayede aynı bölgede kurulması düşünülen yeni seralar için bir ön değerlendirme yapmaya imkân verecek verilerin eldesi sağlanabilir.

Seralarda ısıtma uygulamalarında, ısıtma sisteminin kapasitesinin belirlenmesi için ısı kaybı değerine ihtiyaç duyulur. Elde edilen ısı kaybı değerine göre cihazın çalışma özellikleri ve seranın işletme şartlarına göre ısıtıcı cihaz seçimi yapılır. Seraların ısı kaybı değerlerinin belirlenmesinde Bölüm 2.'de tanıtılan ASAE tarafından önerilen ANSI - ASAE EP 406.4 standardı hesap metodu [5] kullanılmıştır.

Isıtma sezonu boyunca seraların toplam ısı ihtiyacı aylık toplam ve yıllık toplam değerler olmak üzere hesaplanmıştır. Buna göre özellikle işletim maliyetleri ve güneş enerjisi sistem tasarımı için gerekli olan veriler elde edilerek tablo ve şekiller halinde sunulmuştur. Seralarda kullanılan mevcut işletim şartlarına göre kömür yakıtlı ısıtma sistemleri için yakıt sarfıyatı ve yakıt maliyeti değerleri tespit edilerek tablo ve şekiller halinde sunulmuştur. Ayrıca elektrik enerjisi ile çalışan toprak/su kaynaklı ısı pompası sisteminin mevcut seralar için çalışma özellikleri belirlenerek elde edilen veriler sunulmuştur. İki sistemin ekonomik açıdan karşılaştırılması sağlanarak, gelecekte yapılacak tekno-ekonomik analizler için bir bilgi birikimi oluşması amaçlanmıştır.

Isıtma ihtiyacının belli bir bölümünün güneş enerjisi ile karşılanması durumu incelenerek, ısıtma sezonu boyunca toplam ısıtma enerji ihtiyacının % 25'lik bölümünün güneş enerjisinden karşılanması incelenerek, söz konusu uygulama için mevcut seralarda gereksinim duyulacak yaklaşık kolektör yüzey alanları ve kolektör sayıları belirlenmiştir.

- **BSM 1 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 1 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, 37° 51' 5'' K - 40° 41' 52'' D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.1.'de görülmektedir.

Tablo 3.1. BSM 1 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 1
İlçe	BİSMİL
Koordinat	37° 51' 5'' K 40° 41' 52'' D
Yön	182° G
Sera Tipi	Tünel-blok

Kurulum Alanı	25.000 m ²
Sera Boyutları	165 m, 165 m, 7 (4+3)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Domates - Salatalık
Üretim Kapasitesi	400 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür
Yakıt Birim Maliyeti	350 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	750 ton/yıl
Sondaj Derinliği	100 m
Biyogaz Potansiyeli	100 kamyonet bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Eylül-Haziran
Çalışan Sayısı	25 Kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	200 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 165 m x 165 m x 7 m (4+3)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $165 / 9,6 \cong 17$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(165 \times 4) \times 2 = 1320 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(165 \times 4) \times 2 = 1320 \text{ m}^2$

3 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 165 \times 17 = 35\,285 \text{ m}^2$

A_c = Ön-Arka Yüzey Alanları + Yan Yüzey Alanları +Eliptik Kesit Yüzey Alanları

$A_c = 1320 + 1320 + 35\,285 = 37\,925 \text{ m}^2$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (165 \times 165) \times 4 = 108\,900 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 165 \times 17$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 3 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 165 \times 17$$

$$V_E = 63\,473 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 108\,900 + 63\,473 = 172\,373 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- **BSM 2 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 2 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 51' 5''$ K - $40^\circ 41' 52''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.2.'de görülmektedir.

Tablo 3.2. BSM 2 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 2
İlçe	BİSMİL
Koordinat	$37^\circ 51' 5''$ K $40^\circ 41' 52''$ D
Yön	182° G

Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	25.000 m ²
Sera Boyutları	165 m, 165 m, 7 (4+3)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Domates - Salatalık
Üretim Kapasitesi	400 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür
Yakıt Birim Maliyeti	350 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	750 ton/yıl
Sondaj Derinliği	100 m
Biyogaz Potansiyeli	100 kamyonet bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Eylül-Haziran
Çalışan Sayısı	25 Kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	200 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 165 m x 165 m x 7 m (4+3)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $165 / 9,6 \cong 17$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(165 \times 4) \times 2 = 1320 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(165 \times 4) \times 2 = 1320 \text{ m}^2$

3 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 165 \times 17 = 35\,285 \text{ m}^2$

$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$

$$A_c = 1320 + 1320 + 35\,285 = 37\,925 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (165 \times 165) \times 4 = 108\,900 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 165 \times 17$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 3 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 165 \times 17$$

$$V_E = 63\,473 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 108\,900 + 63\,473 = 172\,373 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

• **BSM 3 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 3 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 51' 5''$ K - $40^\circ 41' 52''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.3.'de görülmektedir.

Tablo 3.3. BSM 3 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 3
İlçe	BİSMİL
Koordinat	$37^\circ 51' 5''$ K $40^\circ 41' 52''$ D

Yön	178° G
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	25.000 m ²
Sera Boyutları	165 m, 165 m, 7 (4+3)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Domates
Üretim Kapasitesi	400 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür
Yakıt Birim Maliyeti	365 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	1000 ton/yıl
Sondaj Derinliği	300 m
Biyogaz Potansiyeli	100 kamyonet bitkisel atık (Şehir çöplüğü yanında)
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Ağustos-Haziran
Çalışan Sayısı	50 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	200 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 165 m x 165 m x 7 m (4+3)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $165 / 9,6 \cong 17$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(165 \times 4) \times 2 = 1320 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(165 \times 4) \times 2 = 1320 \text{ m}^2$

3 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2+3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 165 \times 17 = 35\,285 \text{ m}^2$

$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$

$$A_c = 1320 + 1320 + 35\,285 = 37\,925 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (165 \times 165) \times 4 = 108\,900 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 165 \times 17$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 3 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 165 \times 17$$

$$V_E = 63\,473 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 108\,900 + 63\,473 = 172\,373 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- **BSM 4 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 4 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 49' 27''$ K - $40^\circ 43' 45''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.4.'de görülmektedir.

Tablo 3.4. BSM 4 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 4
İlçe	BİSMİL

Koordinat	37° 49' 27'' K 40° 43' 45'' D
Yön	78° D 261° B
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	7.500 m ²
Sera Boyutları	40 m, 180 m, 6 (4+2)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Salatalık
Üretim Kapasitesi	190 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür (Maliyetten dolayı kış üretimi yapılmıyor)
Yakıt Birim Maliyeti	300 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	500 ton/yıl
Sondaj Derinliği	10 m
Biyogaz Potansiyeli	30 kamyonet bitkisel atık (Dicle Nehri kenarı)
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart-Ağustos Temmuz-Aralık
Çalışan Sayısı	8 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	100 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 40 m x 180 m x 6 m (4+2)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $40 / 9,6 \cong 4$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(40 \times 4) \times 2 = 320 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(180 \times 4) \times 2 = 1440 \text{ m}^2$

2 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 2^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 180 \times 4 = 8\,320 \text{ m}^2$$

$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Elipitik Kesit Yüzey Alanları}$

$$A_c = 320 + 1440 + 8\,320 = 10\,080 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (40 \times 180) \times 4 = 28\,800 \text{ m}^3$$

Elipitik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 180 \times 4$$

Elipitik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 2 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 2) / 2) \times 180 \times 4$$

$$V_E = 10\,862 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 28\,800 + 10\,862 = 39\,662 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- **BSM 5 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 5 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 49' 27''$ K - $40^\circ 43' 45''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.5.'de görülmektedir.

Tablo 3.5. BSM 5 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 5
---------------	-------

İlçe	BİSMİL
Koordinat	37° 49' 27'' K 40° 43' 45'' D
Yön	78° D 261° B
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	7.500 m ²
Sera Boyutları	40 m, 180 m, 6 (4+2)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Salatalık
Üretim Kapasitesi	190 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür (Maliyetten dolayı kış üretimi yapılmıyor)
Yakıt Birim Maliyeti	300 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	500 ton/yıl
Sondaj Derinliği	10 m
Biyogaz Potansiyeli	30 kamyonet bitkisel atık (Dicle Nehri kenarı)
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart-Ağustos / Temmuz-Aralık
Çalışan Sayısı	8 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	100 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 40 m x 180 m x 6 m (4+2)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $40 / 9,6 \cong 4$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(40 \times 4) \times 2 = 320 \text{ m}^2$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (180 \times 4) \times 2 = 1440 \text{ m}^2$$

2 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 2^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 180 \times 4 = 8320 \text{ m}^2$$

$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$

$$A_c = 320 + 1440 + 8320 = 10080 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (40 \times 180) \times 4 = 28800 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 180 \times 4$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 2 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 2) / 2) \times 180 \times 4$$

$$V_E = 10862 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 28800 + 10862 = 39662 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

• **BSM 6 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 6 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 49' 58''$ K - $40^\circ 41' 20''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.6'da görülmektedir.

Tablo 3.6. BSM 6 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 6
İlçe	BİSMİL
Koordinat	37° 49' 58'' K 40° 41' 20'' D
Yön	182° G
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	25.000 m ²
Sera Boyutları	160 m, 160 m, 9 (6+3)m
Yapı Malzemesi	Plastik
Üretilen Ürün	Salatalık
Üretim Kapasitesi	350 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür (Maliyetten dolayı kış üretimi yapılmıyor)
Yakıt Birim Maliyeti	330 \$/ton (2011 yılı)
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	500.000 TL/yıl
Sondaj Derinliği	10 m
Biyogaz Potansiyeli	15 kamyon bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart-Haziran Ağustos-Aralık
Çalışan Sayısı	30 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 160 m x 160 m x 9 m (6+3)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $160 / 9,6 \cong 17$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

6 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (160 \times 6) \times 2 = 1920 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (160 \times 6) \times 2 = 1920 \text{ m}^2$$

3 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 160 \times 17 = 34\,216 \text{ m}^2$$

$$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$$

$$A_c = 1920 + 1920 + 34\,216 = 38\,056 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (160 \times 160) \times 6 = 153\,600 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 160 \times 17$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 3 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 160 \times 17$$

$$V_E = 61\,550 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 153\,600 + 61\,550 = 215\,150 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- **BSM 7 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 7 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 49' 49''$ K - $40^\circ 33' 46''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.7.'de görülmektedir.

Tablo 3.7. BSM 7 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 7
İlçe	BİSMİL
Koordinat	37° 49' 49'' K 40° 33' 46'' D
Yön	173° G
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	3.000 m ²
Sera Boyutları	40 m, 62 m, 4 (3+1)m
Yapı Malzemesi	Plastik
Üretilen Ürün	Salatalık
Üretim Kapasitesi	55 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	-
Yakıt Birim Maliyeti	-
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	-
Sondaj Derinliği	100 m
Biyogaz Potansiyeli	2 kamyonet bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Ağustos-Kasım Mart-Haziran
Çalışan Sayısı	3 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 40 m x 62 m x 4 m (3+1)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $40 / 9,6 \cong 4$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

3 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (40 \times 3) \times 2 = 240 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (62 \times 3) \times 2 = 372 \text{ m}^2$$

1 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 1^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 62 \times 4 = 2\,702 \text{ m}^2$$

$$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$$

$$A_c = 240 + 372 + 2\,702 = 3\,314 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (40 \times 62) \times 4 = 9\,920 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 62 \times 4$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 1 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 1) / 2) \times 62 \times 4$$

$$V_E = 1\,871 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 9\,920 + 1\,871 = 11\,791 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- **BSM 8 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

BSM 8 Serası; Diyarbakır – Bismil ilçesinde, $37^\circ 50' 37''$ K - $40^\circ 36' 07''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.8.'de görülmektedir.

Tablo 3.8. BSM 8 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	BSM 8
İlçe	BİSMİL
Koordinat	37° 50' 37'' K 40° 36' 07'' D
Yön	258° B 71° D
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	15.000 m ²
Sera Boyutları	89 m, 175 m, 6 (4+2)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Domates
Üretim Kapasitesi	330 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür (maliyetten dolayı artık kış üretimi yapmayacak)
Yakıt Birim Maliyeti	330 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	250.000 TL/yıl
Sondaj Derinliği	60 m
Biyogaz Potansiyeli	4 kamyon bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Ağustos-Aralık Mart-Haziran
Çalışan Sayısı	30 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 89 m x 175 m x 6 m (4+2)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $189 / 9,6 \cong 9$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (89 \times 4) \times 2 = 712 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (175 \times 4) \times 2 = 1400 \text{ m}^2$$

2 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 2^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 175 \times 9 = 18\,201 \text{ m}^2$$

$$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$$

$$A_c = 712 + 1400 + 18\,201 = 20\,313 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (89 \times 175) \times 4 = 62\,300 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 180 \times 19$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 2 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 2) / 2) \times 175 \times 9$$

$$V_E = 23\,760 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 62\,300 + 23\,760 = 86\,060 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- ***SUR 1 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları***

SUR 1 Serası; Diyarbakır – Sur ilçesinde, $37^\circ 58' 22''$ K - $40^\circ 23' 44''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.9.'da görülmektedir.

Tablo 3.9. SUR 1 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	SUR 1
İlçe	SUR
Koordinat	37° 58' 22'' K 40° 23' 44'' D
Yön	302° KB
Sera Tipi	Tünel-Blok
Kurulum Alanı	10.000 m ²
Sera Boyutları	87 m, 115 m, 6 (4+2)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Salatalık (Topraklı tarım)
Üretim Kapasitesi	50 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	-
Yakıt Birim Maliyeti	-
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	-
Sondaj Derinliği	700 m
Biyogaz Potansiyeli	5 römork bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart- Haziran Temmuz-kasım
Çalışan Sayısı	8 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 87 m x 115 m x 6 m (4+2)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $87 / 9,6 \cong 9$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (87 \times 4) \times 2 = 696 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (115 \times 4) \times 2 = 920 \text{ m}^2$$

2 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 2^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 115 \times 9 = 11\,961 \text{ m}^2$$

$$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$$

$$A_c = 696 + 920 + 11\,961 = 13\,577 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (87 \times 115) \times 4 = 40\,020 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 180 \times 19$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 2 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 2) / 2) \times 115 \times 9$$

$$V_E = 15\,614 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 40\,020 + 15\,614 = 55\,634 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- ***SUR 2 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları***

SUR 2 Serası; Diyarbakır – Sur ilçesinde, $37^\circ 58' 22''$ K - $40^\circ 23' 44''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.10.'da görülmektedir.

Tablo 3.10. SUR 2 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	SUR 2
İlçe	SUR
Koordinat	37° 58' 22'' K 40° 23' 44'' D
Yön	302° KB
Sera Tipi	Tünel-Blok
Kurulum Alanı	10.000 m ²
Sera Boyutları	87 m, 115 m, 6 (4+2)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Salatalık (Topraklı tarım)
Üretim Kapasitesi	50 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	-
Yakıt Birim Maliyeti	-
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	-
Sondaj Derinliği	700 m
Biyogaz Potansiyeli	5 römork bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart- Haziran Temmuz-kasım
Çalışan Sayısı	8 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 87 m x 115 m x 6 m (4+2)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $87 / 9,6 \cong 9$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (87 \times 4) \times 2 = 696 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (115 \times 4) \times 2 = 920 \text{ m}^2$$

2 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 2^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 115 \times 9 = 11\,961 \text{ m}^2$$

$$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$$

$$A_c = 696 + 920 + 11\,961 = 13\,577 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (87 \times 115) \times 4 = 40\,020 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 180 \times 19$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 2 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 2) / 2) \times 115 \times 9$$

$$V_E = 15\,614 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 40\,020 + 15\,614 = 55\,634 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- ***SUR 3 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları***

SUR 3 Serası; Diyarbakır – Sur ilçesinde, $37^\circ 58' 22''$ K - $40^\circ 23' 44''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.11.'de görülmektedir.

Tablo 3.11. SUR 3 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	SUR 3
İlçe	SUR
Koordinat	37° 58' 22'' K 40° 23' 44'' D
Yön	0° K
Sera Tipi	Tünel-Blok
Kurulum Alanı	25.000 m ²
Sera Boyutları	130 m, 200 m, 6 (4.5+1.5)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Domates (Topraksız tarım)
Üretim Kapasitesi	500 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür
Yakıt Birim Maliyeti	330 \$
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	800 ton/yıl
Sondaj Derinliği	300 m
Biyogaz Potansiyeli	100 römork bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Ağustos-Temmuz
Çalışan Sayısı	20 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 130 m x 200 m x 6 m (4,5+1,5)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $130 / 9,6 \cong 14$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

4,5 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (130 \times 4,5) \times 2 = 1\,170 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (200 \times 4,5) \times 2 = 1\,800 \text{ m}^2$$

1,5 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 1,5^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 200 \times 14 = 31\,293 \text{ m}^2$$

$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$

$$A_c = 1\,170 + 1\,800 + 31\,293 = 34\,263 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (130 \times 200) \times 4,5 = 117\,000 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 200 \times 14$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 1,5 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 1,5) / 2) \times 200 \times 14$$

$$V_E = 31\,680 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 117\,000 + 31\,680 = 148\,680 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

• ***SUR 4 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları***

SUR 4 Serası; Diyarbakır – Sur ilçesinde, $37^\circ 58' 22''$ K - $40^\circ 23' 44''$ D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.12.'de görülmektedir.

Tablo 3.12. SUR 4 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	SUR 4
İlçe	SUR
Koordinat	37° 58' 22'' K 40° 23' 44'' D
Yön	243° GB
Sera Tipi	Tünel-Blok (7 kubbe)
Kurulum Alanı	7.500 m ²
Sera Boyutları	67 m, 110 m, 7.5 (6+1.5)m
Yapı Malzemesi	Polikarbonat
Üretilen Ürün	Salatalık (Topraksız tarım)
Üretim Kapasitesi	100 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	-
Yakıt Birim Maliyeti	-
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	-
Sondaj Derinliği	65 m
Biyogaz Potansiyeli	1 Kamyon Bitkisel atık +52 büyükbaş (Gübre çukuru var)
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart-Ağustos / Eylül-Şubat
Çalışan Sayısı	6 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	100 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 67 m x 110 m x 7,5 m (6+1,5)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $130 / 9,6 \cong 7$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m²]

6 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

$$\text{Ön ve Arka Yüzeyler : } (67 \times 6) \times 2 = 804 \text{ m}^2$$

$$\text{Yan Yüzeyler: } (110 \times 6) \times 2 = 1\,320 \text{ m}^2$$

1,5 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 1,5^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 110 \times 7 = 8\,606 \text{ m}^2$$

$$A_c = \text{Ön-Arka Yüzey Alanları} + \text{Yan Yüzey Alanları} + \text{Eliptik Kesit Yüzey Alanları}$$

$$A_c = 804 + 1\,320 + 8\,606 = 10\,730 \text{ m}^2$$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$$V_T = V_D + V_E$$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$$V_D = A_D \times h = (67 \times 110) \times 6 = 44\,220 \text{ m}^3$$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 110 \times 7$$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 1,5 \text{ m}$ olmak üzere,

$$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 1,5) / 2) \times 110 \times 7$$

$$V_E = 8\,712 \text{ m}^3$$

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 44\,220 + 8\,712 = 52\,932 \text{ m}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

- **SVN 1 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

SVN 1 Serası; Diyarbakır – Silvan ilçesinde, 38° 0' 38'' K - 40° 46' 59'' D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.13.'de görülmektedir.

Tablo 3.13. SVN 1 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	SVN 1
İlçe	SİLVAN
Koordinat	38° 0' 38'' K 40° 46' 59'' D
Yön	252° B
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	6.500 m ²
Sera Boyutları	65 m, 100 m, 6 (4.5+1.5)m
Yapı Malzemesi	Plastik
Üretilen Ürün	Salatalık (topraksız tarım)
Üretim Kapasitesi	7.5 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür
Yakıt Birim Maliyeti	300 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	40 ton/3ay
Sondaj Derinliği	250 m
Biyogaz Potansiyeli	50 kamyon bitkisel atık+50 büyükbaş+150 küçükbaş
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart-Ağustos / Eylül-Şubat
Çalışan Sayısı	15 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	7.5 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 65 m x 100 m x 6 m (4,5+1,5)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $100 / 9,6 \cong 10$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m^2]

4,5 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(65 \times 4,5) \times 2 = 585 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(100 \times 4,5) \times 2 = 900 \text{ m}^2$

1,5 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 1,5^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 100 \times 10 = 11\,176 \text{ m}^2$

A_c = Ön-Arka Yüzey Alanları + Yan Yüzey Alanları +Eliptik Kesit Yüzey Alanları

$A_c = 585 + 900 + 11\,176 = 12\,661 \text{ m}^2$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$V_T = V_D + V_E$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$V_D = A_D \times h = (65 \times 100) \times 4,5 = 29\,250 \text{ m}^3$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 100 \times 10$

Eliptik kesitte $D= 9,6/2= 4,8$ m ve $d = 1,5$ m olmak üzere,

$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 1,5) / 2) \times 100 \times 10$

$V_E = 11\,314 \text{ m}^3$

$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 29\,250 + 11\,314 = 40\,564 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

- **SVN 2 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

SVN 2 Serası; Diyarbakır – Silvan ilçesinde, 38° 0' 38'' K - 40° 46' 59'' D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.14.'de görülmektedir.

Tablo 3.14. SVN 2 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	SVN 2
İlçe	SİLVAN
Koordinat	38° 0' 38'' K 40° 46' 59'' D
Yön	252° B
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	6.500 m ²
Sera Boyutları	65 m, 100 m, 6 (4.5+1.5)m
Yapı Malzemesi	Plastik
Üretilen Ürün	Salatalık (topraksız tarım)
Üretim Kapasitesi	7.5 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür
Yakıt Birim Maliyeti	300 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	40 ton/3ay
Sondaj Derinliği	250 m
Biyogaz Potansiyeli	50 kamyon bitkisel atık + 50 büyükbaş+ 150 küçükbaş
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Mart-Ağustos / Eylül-Şubat
Çalışan Sayısı	15 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Var
Soğuk Depolama Kapasitesi	7.5 ton/yıl

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 65 m x 100 m x 6 m (4,5+1,5)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $100 / 9,6 \cong 10$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m^2]

4,5 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(65 \times 4,5) \times 2 = 585 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(100 \times 4,5) \times 2 = 900 \text{ m}^2$

1,5 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 1,5^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 100 \times 10 = 11\,176 \text{ m}^2$

A_c = Ön-Arka Yüzey Alanları + Yan Yüzey Alanları +Eliptik Kesit Yüzey Alanları

$A_c = 585 + 900 + 11\,176 = 12\,661 \text{ m}^2$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$V_T = V_D + V_E$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$V_D = A_D \times h = (65 \times 100) \times 4,5 = 29\,250 \text{ m}^3$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 100 \times 10$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 1,5 \text{ m}$ olmak üzere,

$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 1,5) / 2) \times 100 \times 10$

$V_E = 11\,314 \text{ m}^3$

$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 29\,250 + 11\,314 = 40\,564 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

- **EGL 1 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

EGL 1 Serası; Diyarbakır – Silvan ilçesinde, 38° 12' 52'' K - 40° 4' 13'' D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.15.'de görülmektedir.

Tablo 3.15. EGL 1 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	EGL 1
İlçe	EĞİL
Koordinat	38° 12' 52'' K 40° 4' 13'' D
Yön	312° KB
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	7.500 m ²
Sera Boyutları	67 m, 110 m, 7 (4+3) m (7 KUBBE)
Yapı Malzemesi	Plastik
Üretilen Ürün	Salatalık
Üretim Kapasitesi	70 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür (Maliyetten dolayı şu an kış üretimi yok)
Yakıt Birim Maliyeti	300 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	75 ton/ay
Sondaj Derinliği	170 m
Biyogaz Potansiyeli	1 kamyon bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Şubat-Haziran Temmuz-Kasım
Çalışan Sayısı	15 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 67 m x 110 m x 7 m (4+3)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $67 / 9,6 \cong 7$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m^2]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(67 \times 4) \times 2 = 536 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(110 \times 4) \times 2 = 880 \text{ m}^2$

3 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 110 \times 7 = 9\,686 \text{ m}^2$

A_c = Ön-Arka Yüzey Alanları + Yan Yüzey Alanları +Eliptik Kesit Yüzey Alanları

$A_c = 536 + 880 + 9\,686 = 11\,102 \text{ m}^2$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$V_T = V_D + V_E$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$V_D = A_D \times h = (67 \times 110) \times 4 = 29\,480 \text{ m}^3$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 110 \times 7$

Eliptik kesitte $D= 9,6/2= 4,8$ m ve $d = 3$ m olmak üzere,

$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 110 \times 7$

$V_E = 17\,474 \text{ m}^3$

$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 29\,480 + 17\,474 = 46\,954 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

- **EGL 2 Serası Ölçüm ve Analiz Sonuçları**

EGL 2 Serası; Diyarbakır – Silvan ilçesinde, 38° 12' 52'' K - 40° 4' 13'' D koordinatlarında tünel-blok tip olarak kurulmuştur. Sera ile ilgili ölçüm ve kullanım özellikleri Tablo 3.16.'da görülmektedir.

Tablo 3.16. EGL 2 Serası Ölçüm ve Kullanım Özellikleri [2]

Sera Numarası	EGL 2
İlçe	EĞİL
Koordinat	38° 12' 52'' K 40° 4' 13'' D
Yön	312° KB
Sera Tipi	Tünel-blok
Kurulum Alanı	7.500 m ²
Sera Boyutları	67 m, 110 m, 7 (4+3) m (7 KUBBE)
Yapı Malzemesi	Plastik
Üretilen Ürün	Salatalık
Üretim Kapasitesi	70 ton/yıl
Kullanılan Yakıt Türü	Kömür (Maliyetten dolayı şu an kış üretimi yok)
Yakıt Birim Maliyeti	300 \$/ton
Aylık/Yıllık Tüketim Miktarı	75 ton/ay
Sondaj Derinliği	170 m
Biyogaz Potansiyeli	1 kamyon bitkisel atık
Ürün Ekim-Söküm Tarihleri	Şubat-Haziran Temmuz-Kasım
Çalışan Sayısı	15 kişi
Soğuk Depolama İhtiyacı	Yok
Soğuk Depolama Kapasitesi	-

Sera Boyutları: En x Boy x Yükseklik = 67 m x 110 m x 7 m (4+3)

Tünel aks açıklığı 9,6 m. ve tünel blok sayısı $67 / 9,6 \cong 7$ Adet.

A_c = Sera Örtüsünün Toplam Yüzey Alanı [m^2]

4 m yüksekliğindeki dikdörtgen kesitin ön, arka ve yan yüzeyleri;

Ön ve Arka Yüzeyler : $(67 \times 4) \times 2 = 536 \text{ m}^2$

Yan Yüzeyler: $(110 \times 4) \times 2 = 880 \text{ m}^2$

3 m yüksekliğindeki eliptik kesitin toplam yüzey alanı;

$(2 \times \pi \times ((4,8^2 + 3^2) / 2)^{1/2}) / 2 \times 110 \times 7 = 9\,686 \text{ m}^2$

A_c = Ön-Arka Yüzey Alanları + Yan Yüzey Alanları +Eliptik Kesit Yüzey Alanları

$A_c = 536 + 880 + 9\,686 = 11\,102 \text{ m}^2$

Tünel tip sera yapısında, V_T sera toplam hacmi; V_D dikdörtgen kesitli bölümün toplam hacmi ile V_E eliptik kesitli bölümün toplam hacminin toplamı olmak üzere,

$V_T = V_D + V_E$

Dikdörtgen kesitli bölümün hacmi V_D

$V_D = A_D \times h = (67 \times 110) \times 4 = 29\,480 \text{ m}^3$

Eliptik kesitli bölümün hacmi V_E ,

$V_E = A_E \times h = ((\pi \times D \times d) / 2) \times 110 \times 7$

Eliptik kesitte $D = 9,6/2 = 4,8 \text{ m}$ ve $d = 3 \text{ m}$ olmak üzere,

$V_E = ((22/7 \times 4,8 \times 3) / 2) \times 110 \times 7$

$V_E = 17\,474 \text{ m}^3$

$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 29\,480 + 17\,474 = 46\,954 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

3.1.) Seraların Isı Kaybı Değerlerinin Belirlenmesi

Seraların ısı kaybı değerlerinin belirlenmesinde Bölüm 2.'de tanıtılan ASAE tarafından önerilen ANSI - ASAE EP 406.4 standardı hesap metodu [5] kullanılmıştır.

3.1.1.) BSM 1 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 1 serasında mevcut kullanım şartlarında domates ve salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Domates ve salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 37\,925 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 37\,925 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 5\,916\,300 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} = 5\,916 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2’den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2 \text{ m/s} \cong 36 \text{ km/h}$ olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en

uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

V, sera hacmi $\rightarrow V = 172\,373\text{ m}^3$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^\circ\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$\rightarrow c_{pi} = 1000,5\text{ J/kgK}$ [11]

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^\circ\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11\text{ kJ/kg}$$

$\rightarrow h_{fg} = 2466110\text{ J/kg}$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

P_{dT_i} su buharı kısmi basıncı [kPa] $\rightarrow t_i = 15\text{ }^\circ\text{C}$ için $P_{dT} = 1,70705\text{ kPa}$ [11]

P_i Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir $\rightarrow P = 93,45\text{ kPa}$ [3]

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806\text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

P_{dT_o} , t_o sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı $\rightarrow t_o = -9\text{ }^\circ\text{C}$ için $P_{dT} = 0,2866\text{ kPa}$ [12]

P , Dış ortam açık hava basıncı $\rightarrow P = 93,45\text{ kPa}$ [3]

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153\text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 172\,373 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 3\,472\,990\text{ W} \rightarrow Q_i \cong 3\,473\text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 5\,916\text{ kW} + 3\,473\text{ kW} = 9\,389,3\text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 1 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 9\,389\text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.) BSM 2 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 2 serasında mevcut kullanım şartlarında domates ve salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Domates ve salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 37\,925 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 37\,925 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 5\,916\,300 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} = 5\,916 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2 \text{ m/s} \cong 36 \text{ km/h}$ olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

V, sera hacmi $\rightarrow V = 172\,373\text{ m}^3$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^\circ\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$\rightarrow c_{pi} = 1000,5\text{ J/kgK}$ [11]

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^\circ\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11\text{ kJ/kg}$$

$\rightarrow h_{fg} = 2466110\text{ J/kg}$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

P_{dT_i} su buharı kısmi basıncı [kPa] $\rightarrow t_i = 15\text{ }^\circ\text{C}$ için $P_{dT} = 1,70705\text{ kPa}$ [11]

P_i Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir $\rightarrow P = 93,45\text{ kPa}$ [3]

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806\text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

P_{dT_o} , t_o sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı $\rightarrow t_o = -9\text{ }^\circ\text{C}$ için $P_{dT} = 0,2866\text{ kPa}$ [12]

P , Dış ortam açık hava basıncı $\rightarrow P = 93,45\text{ kPa}$ [3]

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153\text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 172\,373 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 3\,472\,990\text{ W} \rightarrow Q_i \cong 3\,473\text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 5\,916\text{ kW} + 3\,473\text{ kW} = 9\,389\text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 2 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 9\,389\text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.3.) BSM 3 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 3 serasında mevcut kullanım şartlarında domates yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Domates üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 37\,925 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 37\,925 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 5\,916\,300 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} = 5\,916 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2 \text{ m/s} \cong 36 \text{ km/h}$ olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 172\,373 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 172\,373 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 3\,472\,990 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 3\,473 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 5\,916 \text{ kW} + 3\,473 \text{ kW} = 9\,389 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 3 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 9\,389 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.4.) BSM 4 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 4 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 10\,080 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 10\,080 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,572\,480 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,573 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 39\,662 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 39\,662 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 799\,114 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 799 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,573 \text{ kW} + 799 \text{ kW} = 2\,372 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 4 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 2\,372 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.5.) BSM 5 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 5 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 10\,080 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 10\,080 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,572\,480 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,573 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 39\,662 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 39\,662 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 799\,114 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 799 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,573 \text{ kW} + 799 \text{ kW} = 2\,372 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 5 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 2\,372 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.6.) BSM 6 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 6 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat plastik sera örtüsü için $U = 6,2$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 38\,056 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,2 \times 38\,056 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 5\,662\,733 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 5\,663 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 215\,150 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 215\,150 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 4\,334\,866 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 4\,335 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 5\,663 \text{ kW} + 4\,335 \text{ kW} = 9\,998 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 6 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 9\,998 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.7.) BSM 7 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 7 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat plastik sera örtüsü için $U = 6,2$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 3\,314 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,2 \times 3\,314 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 493\,123 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 493 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 11\,791 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 11\,791 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 237\,566 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 238 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 493 \text{ kW} + 238 \text{ kW} = 731 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 7 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 731 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.8.) BSM 8 Serası Isı Kaybı Hesabı

BSM 8 serasında mevcut kullanım şartlarında domates yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Domates üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Bismil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 20\,313 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 20\,313 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 3\,168\,828 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 3\,169 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi } \rightarrow V = 86\,060 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Bismil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 86\,060 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 1\,733\,946 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 1\,734 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 3\,169 \text{ kW} + 1\,734 \text{ kW} = 4\,903 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ BSM 8 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 4\,903 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.9.) SUR 1 Serası Isı Kaybı Hesabı

SUR 1 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Sur için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 13\,577 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 13\,577 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 2\,118\,012 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 2\,118 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2’den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 55\,634 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Sur için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 55\,634 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 1\,120\,920 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 1\,121 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 2\,118 \text{ kW} + 1\,121 \text{ kW} = 3\,239 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ SUR 1 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 3\,239 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.10.) SUR 2 Serası Isı Kaybı Hesabı

SUR 2 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Sur için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 13\,577 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 13\,577 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 2\,118\,012 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 2\,118 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 55\,634 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Sur için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 55\,634 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 1\,120\,920 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 1\,121 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 2\,118 \text{ kW} + 1\,121 \text{ kW} = 3\,239 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ SUR 2 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 3\,239 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.11.) SUR 3 Serası Isı Kaybı Hesabı

SUR 3 serasında mevcut kullanım şartlarında domates yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Domates üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Sur için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 34\,263 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 34\,263 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 5\,345\,028 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 5\,345 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2 \text{ m/s} \cong 36 \text{ km/h}$ olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 148\,680 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Sur için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 148\,680 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 2\,995\,621 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 2\,996 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 5\,345 \text{ kW} + 2\,996 \text{ kW} = 8\,341 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ SUR 3 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 8\,341 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.12.) SUR 4 Serası Isı Kaybı Hesabı

SUR 4 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Sur için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $U = 6,5$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 10\,730 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,5 \times 10\,730 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,673\,880 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,674 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 52\,932 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Sur için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 52\,932 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 1\,066\,480 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 1\,067 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,674 \text{ kW} + 1\,067 \text{ kW} = 2\,741 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ SUR 4 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 2\,741 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.13.) SVN 1 Serası Isı Kaybı Hesabı

SVN 1 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Silvan için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat plastik sera örtüsü için $U = 6,2$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 12\,661 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,2 \times 12\,661 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,883\,957 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,884 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 40\,564 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Silvan için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 40\,564 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 817\,288 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 817 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,884 \text{ kW} + 817 \text{ kW} = 2\,701 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ SVN 1 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 2\,701 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.14.) SVN 2 Serası Isı Kaybı Hesabı

SVN 2 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Silvan için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat plastik sera örtüsü için $U = 6,2$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 12\,661 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,2 \times 12\,661 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,883\,957 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,884 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 40\,564 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Silvan için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 40\,564 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 817\,288 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 817 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,884 \text{ kW} + 817 \text{ kW} = 2\,701 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ SVN 2 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 2\,701 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.15.) EGL 1 Serası Isı Kaybı Hesabı

EGL 1 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Eğil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat plastik sera örtüsü için $U = 6,2$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 11\,102 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,2 \times 11\,102 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,651\,978 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,652 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 46\,954 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Eğil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 46\,954 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 946\,034 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 946 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,652 \text{ kW} + 946 \text{ kW} = 2\,598 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ EGL 1 serasında toplam ısı kaybı değeri **$Q_T = 2\,598 \text{ kW}$** olarak hesaplanmıştır.

3.1.16.) EGL 2 Serası Isı Kaybı Hesabı

EGL 2 serasında mevcut kullanım şartlarında salatalık yetiştirilmektedir [2]. Buna göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı 15 °C ve iç bağıl nem değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.

t_i = Salatalık üretimine göre sera iç ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_i = 15$ °C olarak belirlenmiştir.

t_o = Diyarbakır – Eğil için dış ortam tasarım sıcaklığı [°C]

→ $t_o = -9$ °C

ANSI - ASAE EP 406.4 standardına göre toplam ısı kaybı değeri (Q_T)

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i$$

$$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$Q_{rc} = U \times A_c \times (t_i - t_o)$ ifadesinde,

U, tek kat plastik sera örtüsü için $U = 6,2$ W/m²°C olarak seçilmiştir. (Tablo 2.1.1)

$$A_c = 11\,102 \text{ m}^2$$

$$t_i = 15 \text{ °C}$$

$$t_o = -9 \text{ °C}$$

$$Q_{rc} = 6,2 \times 11\,102 \times (15 - (-9))$$

$$Q_{rc} = 1\,651\,978 \text{ W} \rightarrow Q_{rc} \cong 1\,652 \text{ kW}$$

Q_i , serada infiltrasyon sonucu gerçekleşen ısı transferi değeri olmak üzere

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

ρ_i sera havasının yoğunluğu [kg/m³] iç ortam sıcaklığı $t_i = 15$ °C için ilgili tablolar yardımıyla

$$\rightarrow \rho_i = 1,225 \text{ kg/m}^3 [9]$$

N, infiltrasyon oranı Tablo 2.1.2'den seçilir. Diyarbakır ili en soğuk ayı Ocak için rüzgâr hızı

$V = 10,2$ m/s $\cong 36$ km/h olmak üzere [3], mevcut sera işletim şartları için tabloda önerilen en uygun değer $4,1 \times 10^{-4}$ olarak belirlenmiştir.

$$\rightarrow N = 4,1 \times 10^{-4}$$

$$V, \text{ sera hacmi} \rightarrow V = 46\,954 \text{ m}^3$$

c_{pi} , iç ortam havasının özgül ısısı değeri $t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ için havanın özelliklerinden bulunur,

$$\rightarrow c_{pi} = 1000,5 \text{ J/kgK} [11]$$

h_{fg} , t_i sıcaklığında suyun buharlaşma gizli ısısı olup aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$h_{fg} = h_b - h_s \quad t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } \rightarrow h_{fg} = 2529,05 - 62,94 = 2466,11 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow h_{fg} = 2466110 \text{ J/kg}$$

W_i , iç ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_i = 0,622 \times (\phi_i \times P_{dT_i}) / (P_i - \phi_i \times P_{dT_i})$$

ϕ_i İç ortam bağıl nemi $\rightarrow$ Sera iç ortamı için $\phi = 0,7$

$$P_{dT_i} \text{ su buharı kısmi basıncı [kPa]} \rightarrow t_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 1,70705 \text{ kPa} [11]$$

$$P_i \text{ Diyarbakır Eğil için açık hava basıncı değerine eşit alınabilir } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_i = 0,622 \times (0,7 \times 1,70705) / (93,45 - (0,7 \times 1,70705)) \rightarrow W_i = 0,00806 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

W_o , Dış ortam havasının özgül nemi [$\text{kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$] olmak üzere,

$$W_o = 0,622 \times (\phi_o \times P_{dT_o}) / (P_o - \phi_o \times P_{dT_o})$$

ϕ_o , Dış ortam havasının bağıl nemi $\rightarrow \phi = 0,8$ [10]

$$P_{dT_o}, t_o \text{ sıcaklığında suyun buharlaşma basıncı } \rightarrow t_o = -9\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ için } P_{dT} = 0,2866 \text{ kPa} [12]$$

$$P, \text{ Dış ortam açık hava basıncı } \rightarrow P = 93,45 \text{ kPa} [3]$$

$$W_o = 0,622 \times (0,8 \times 0,2866) / (93,45 - (0,8 \times 0,2866)) \rightarrow W_o = 0,00153 \text{ kg}_{su} / \text{kg}_{hava}$$

$$Q_i = \rho_i \times N \times V \times [c_{pi} \times (t_i - t_o) + h_{fg} \times (W_i - W_o)]$$

$$Q_i = 1,225 \times 4,1 \times 10^{-4} \times 46\,954 \times [1000,5 \times (15 - (-9)) + 2466110 \times (0,00806 - 0,00153)]$$

$$Q_i = 946\,034 \text{ W} \rightarrow Q_i \cong 946 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 1\,652 \text{ kW} + 946 \text{ kW} = 2\,598 \text{ kW}$$

$\rightarrow$ EGL 2 serasında toplam ısı kaybı değeri $Q_T = 2\,598 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır.

3. 2.) Mevcut Seraların Isıtma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi

Bu bölümde mevcut seraların ısıtma sezonu boyunca ısıtma enerjisi ihtiyaçları belirlenmiştir.

3.2.1.) BSM 1 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 1 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 1 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 37\,925 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 165 \times 165 = 27\,225 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 37\,925 / 27\,225 = 1,39$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 48\,543 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$48\,543 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 1\,339\,908\,175 \text{ Wh} = 1\,339\,908 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 1\,339\,908 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 2,89 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için → $n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için → $n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 35\,496 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,496 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 966\,378\,600 \text{ Wh} = 966\,379 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 966\,379 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için → $n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için → $n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 21\,152 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,152 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 575\,863\,200 \text{ Wh} = 575\,863 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 575\,863 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,830 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,830 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 131\,496\,750 \text{ Wh} = 131\,497 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 131\,497 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 17\,389 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,389 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 473\,415\,525 \text{ Wh} = 473\,416 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 473\,416 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ARALIK)}$;

$$Q_{(ARALIK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 37\,539 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$37\,539 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 1\,021\,999\,275 \text{ Wh} = 1\,021\,999 \text{ kWh}$$

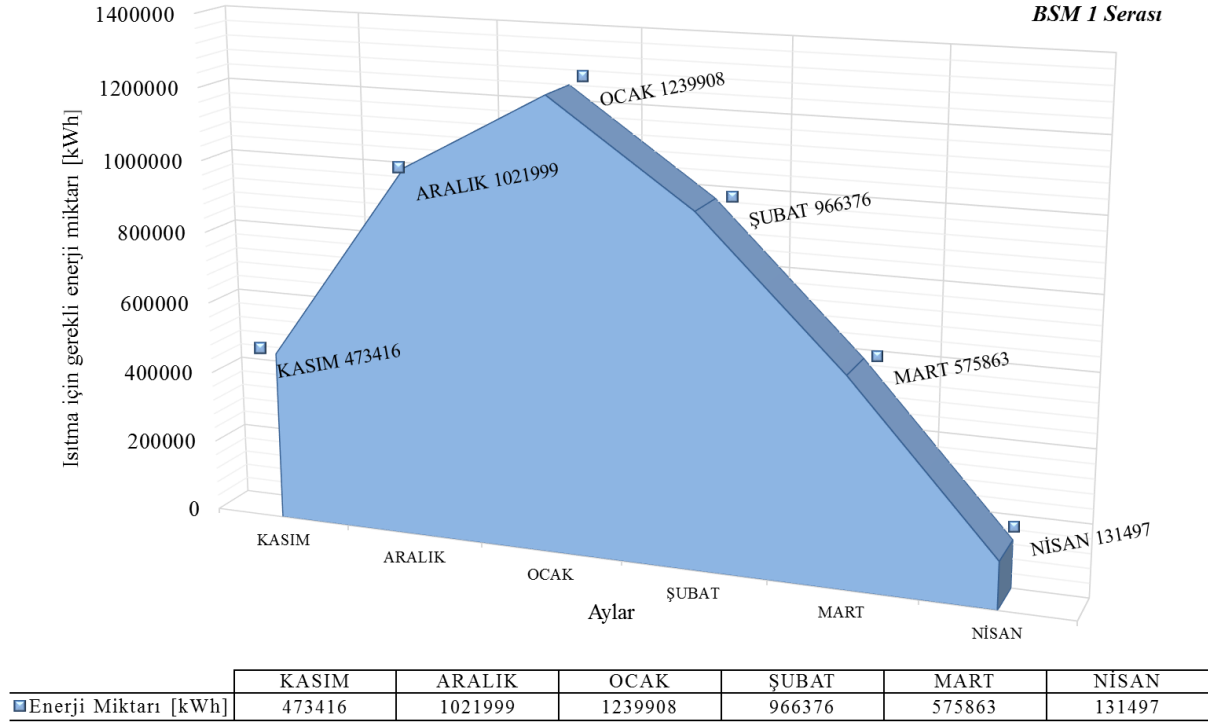
$Q_{(ARALIK)} = 1\,021\,999 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre BSM 1 serasının ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,239\,908 + 966\,376 + 575\,863 + 131\,497 + 473\,416 + 1\,021\,999$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 4\,409\,059 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.1. BSM 1 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.2.) BSM 2 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 2 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 2 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 37\,925 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 165 \times 165 = 27\,225 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 37\,925 / 27\,225 = 1,39$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 48\,543 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$48\,543 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 1\,339\,908\,175 \text{ Wh} = 1\,339\,908 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 1\,339\,908 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 35\,496 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,496 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 966\,378\,600 \text{ Wh} = 966\,379 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 966\,379 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 21\,152 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,152 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 575\,863\,200 \text{ Wh} = 575\,863 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 575\,863 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,830 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,830 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 131\,496\,750 \text{ Wh} = 131\,497 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 131\,497 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{KASIM})}$;

$$Q_{(\text{KASIM})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 17\,389 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,389 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 473\,415\,525 \text{ Wh} = 473\,416 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 473\,416 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 37\,539 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$37\,539 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 1\,021\,999\,275 \text{ Wh} = 1\,021\,999 \text{ kWh}$$

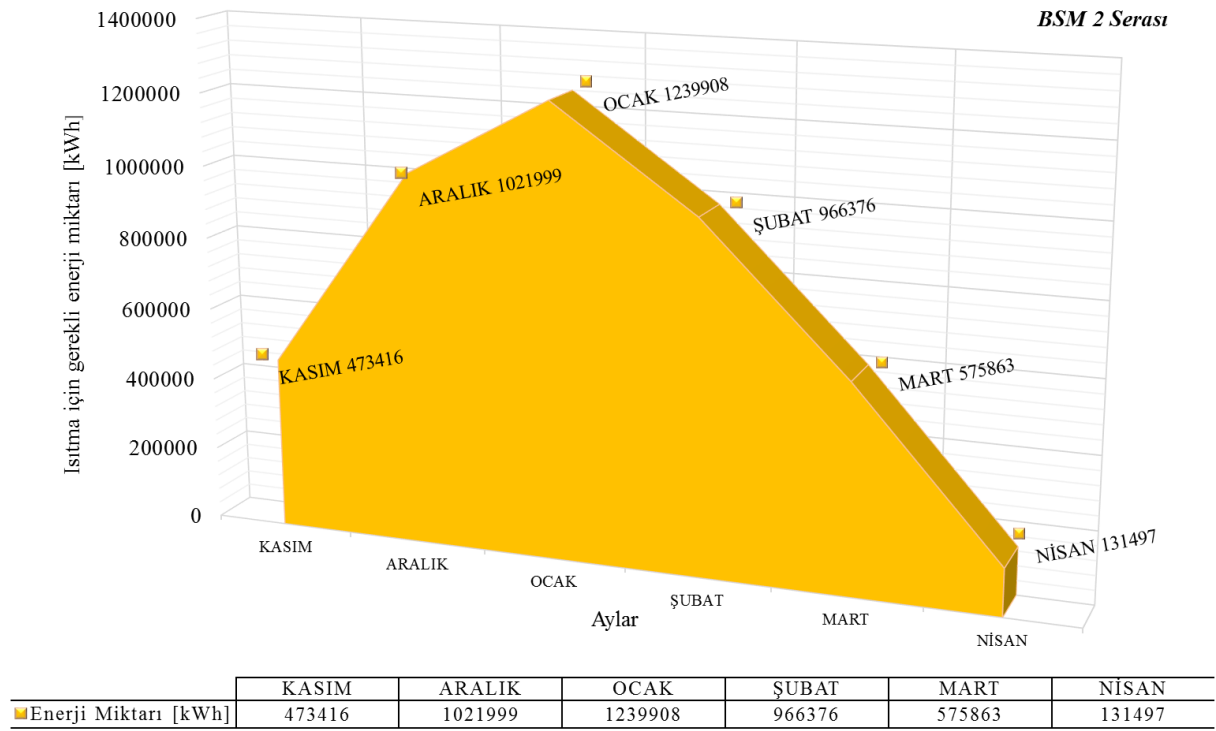
$Q_{(ARALIK)} = 1\,021\,999 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,239\,908 + 966\,376 + 575\,863 + 131\,497 + 473\,416 + 1\,021\,999$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 4\,409\,059 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.2. BSM 2 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.3.) BSM 3 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 3 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 3 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 37\,925 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 165 \times 165 = 27\,225 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 37\,925 / 27\,225 = 1,39$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{OCAK})}$;

$$Q_{(\text{OCAK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 48\,543 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$48\,543 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 1\,339\,908\,175 \text{ Wh} = 1\,339\,908 \text{ kWh}$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 1\,339\,908 \text{ kWh olarak bulunur.}$$

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 2,89 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için} \rightarrow n_n = 13,4$$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ŞUBAT})}$;

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 35\,496 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,496 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 966\,378\,600 \text{ Wh} = 966\,379 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 966\,379 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{MART})}$;

$$Q_{(\text{MART})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{MART})} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(\text{MART})} = 21\,152 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,152 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 575\,863\,200 \text{ Wh} = 575\,863 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{MART})} = 575\,863 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,830 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,830 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 131\,496\,750 \text{ Wh} = 131\,497 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 131\,497 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 8,45$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 17\,389 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,389 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 473\,415\,525 \text{ Wh} = 473\,416 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 473\,416 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 6,5 \times 1,39 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 37\,539 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$37\,539 \times 27\,225 \text{ m}^2 = 1\,021\,999\,275 \text{ Wh} = 1\,021\,999 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{ARALIK})} = 1\,021\,999 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 1\,239\,908 + 966\,376 + 575\,863 + 131\,497 + 473\,416 + 1\,021\,999$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 4\,409\,059 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.3. BSM 3 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.4.) BSM 4 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 4 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 4 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 10\,080 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 40 \times 180 = 7\,200 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 10\,080 / 7\,200 = 1,4$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 48\,892 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$48\,892 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 352\,022\,400 \text{ Wh} = 352\,022 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 352\,022 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 35\,752 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,752 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 257\,414\,400 \text{ Wh} = 257\,414 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 257\,414 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 21\,304 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,304 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 153\,388\,800 \text{ Wh} = 153\,389 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 153\,389 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,865 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,865 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 35\,028\,000 \text{ Wh} = 35\,028 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 35\,028 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{KASIM})}$;

$$Q_{(\text{KASIM})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 17\,514 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,514 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 126\,100\,800 \text{ Wh} = 126\,101 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 126\,101 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 37\,809 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$37\,809 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 272\,224\,800 \text{ Wh} = 272\,225 \text{ kWh}$$

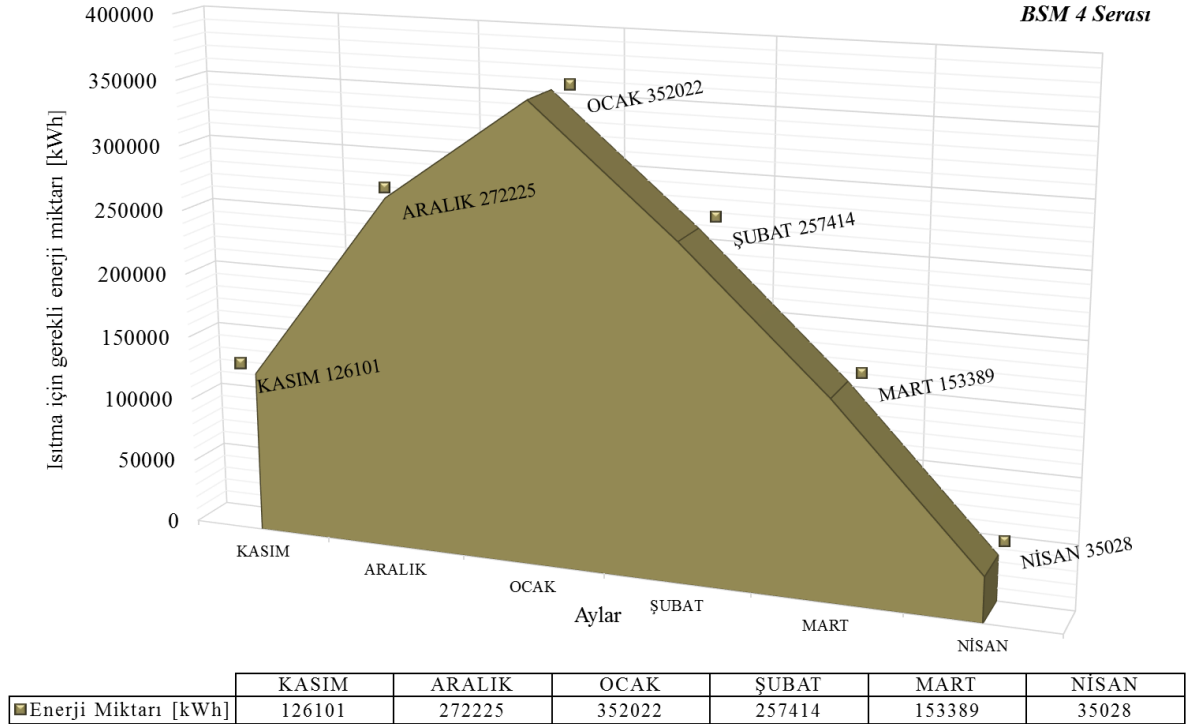
$Q_{(ARALIK)} = 272\,225 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 352\,022 + 257\,414 + 153\,389 + 35\,028 + 126\,101 + 272\,225$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,196\,179 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.4. BSM 4 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.5.) BSM 5 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 5 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 5 serası için;

A_c = Sera örtüsü yüzey alanı $\rightarrow A_c = 10\,080\text{ m}^2$

A_g = Sera taban alanı $\rightarrow A_g = 40 \times 180 = 7\,200\text{ m}^2$

$A_c / A_g = 10\,080 / 7\,200 = 1,4$

U = Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $\rightarrow U = 6,5\text{ W/m}^2\text{°C}$

t_{id} = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı $\rightarrow 15\text{ °C}$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 0,88\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$

$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$

$Q_{(OCAK)} = 48\,892\text{ Wh/m}^2\text{ ay}$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$48\,892 \times 7\,200\text{ m}^2 = 352\,022\,400\text{ Wh} = 352\,022\text{ kWh}$

$Q_{(OCAK)} = 352\,022\text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 35\,752 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,752 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 257\,414\,400 \text{ Wh} = 257\,414 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 257\,414 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için} \rightarrow n_n = 12,2$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 21\,304 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,304 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 153\,388\,800 \text{ Wh} = 153\,389 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 153\,389 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için → $n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için → $n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,865 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,865 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 35\,028\,000 \text{ Wh} = 35\,028 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 35\,028 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 8,45 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için → $n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için → $n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 17\,514 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,514 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 126\,100\,800 \text{ Wh} = 126\,101 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 126\,101 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için $\rightarrow n_n = 14,6$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 6,5 \times 1,4 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 37\,809 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$37\,809 \times 7\,200 \text{ m}^2 = 272\,224\,800 \text{ Wh} = 272\,225 \text{ kWh}$$

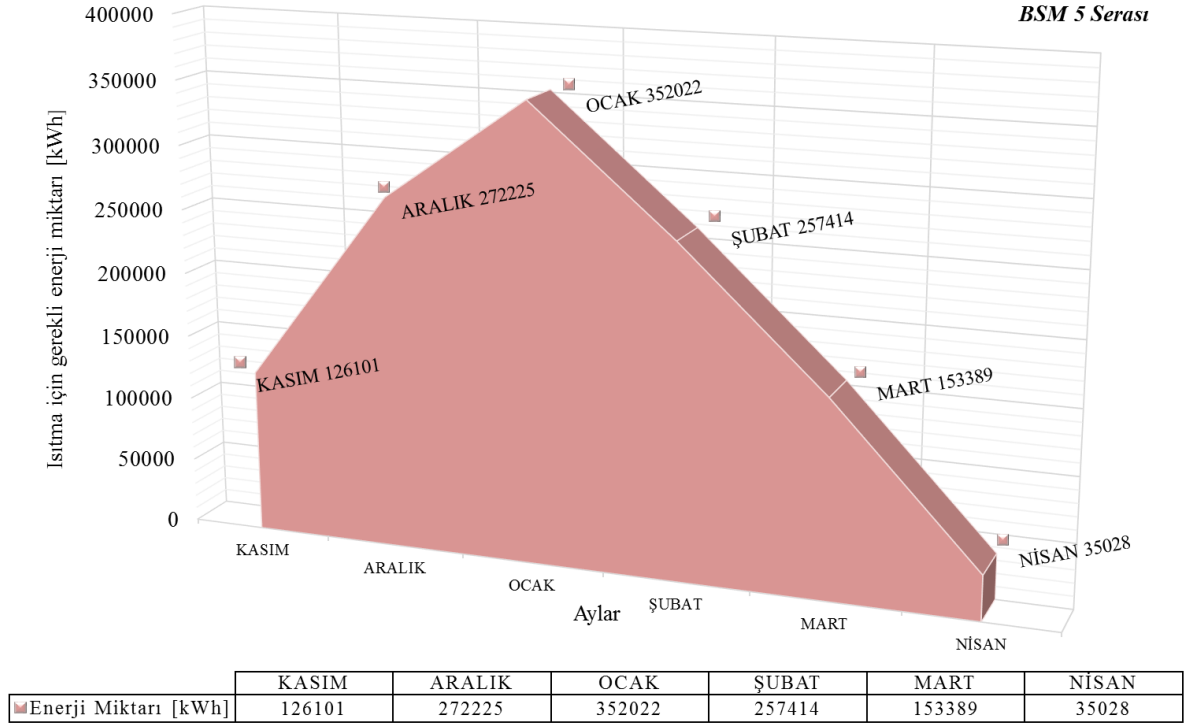
$Q_{(\text{ARALIK})} = 272\,225 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 352\,022 + 257\,414 + 153\,389 + 35\,028 + 126\,101 + 272\,225$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 1\,196\,179 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.5. BSM 5 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.6.) BSM 6 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 6 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 6 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 38\,056 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 160 \times 160 = 25\,600 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 38\,056 / 25\,600 = 1,49$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat plastik sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,2 \times 1,49 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 49\,634 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$49\,634 \times 25\,600 \text{ m}^2 = 1\,270\,630\,400 \text{ Wh} = 1\,270\,630 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)}$ = 1 270 630 kWh olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,2 \times 1,49 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 36\,294 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$36\,294 \times 25\,600 \text{ m}^2 = 929\,126\,400 \text{ Wh} = 929\,126 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)}$ = 929 126 kWh olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,2 \times 1,49 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 21\,627 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,627 \times 25\,600 \text{ m}^2 = 553\,651\,200 \text{ Wh} = 553\,651 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 553\,651 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,2 \times 1,49 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,939 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,939 \times 25\,600 \text{ m}^2 = 126\,438\,400 \text{ Wh} = 126\,438 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 126\,438 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{KASIM})}$;

$$Q_{(\text{KASIM})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 6,2 \times 1,49 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 17\,780 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,780 \times 25\,600 \text{ m}^2 = 455\,168\,000 \text{ Wh} = 455\,168 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 455\,168 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,2 \times 1,49 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 38\,383 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$38\,383 \times 25\,600 \text{ m}^2 = 982\,604\,800 \text{ Wh} = 982\,605 \text{ kWh}$$

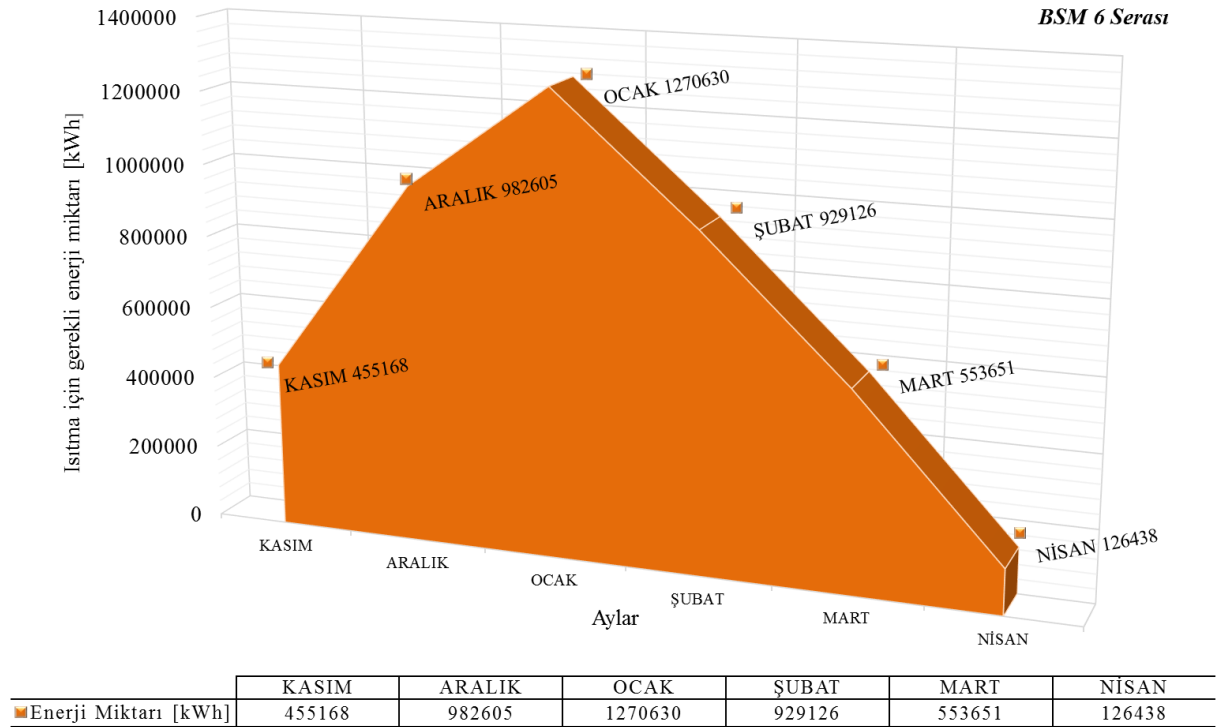
$Q_{(ARALIK)} = 982\,605 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,270\,630 + 929\,126 + 553\,651 + 126\,438 + 455\,168 + 982\,605$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 4\,317\,618 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.6. BSM 6 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.7.) BSM 7 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 7 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 7 serası için;

A_c = Sera örtüsü yüzey alanı $\rightarrow A_c = 3\,314\text{ m}^2$

A_g = Sera taban alanı $\rightarrow A_g = 40 \times 62 = 2\,480\text{ m}^2$

$A_c / A_g = 3\,314 / 2\,480 = 1,34$

U = Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat plastik sera örtüsü için $\rightarrow U = 6,2\text{ W/m}^2\text{°C}$

t_{id} = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı $\rightarrow 15\text{ °C}$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 0,88\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,2 \times 1,34 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 44\,637\text{ Wh/m}^2\text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$44\,637 \times 2\,480\text{ m}^2 = 110\,699\,760\text{ Wh} = 110\,700\text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 110\,700\text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için → $n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için → $n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,2 \times 1,34 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 32\,640 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$32\,640 \times 2\,480 \text{ m}^2 = 80\,947\,200 \text{ Wh} = 80\,947 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 80\,947 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için → $n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için → $n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,2 \times 1,34 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 19\,500 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$19\,500 \times 2\,480 \text{ m}^2 = 48\,360\,000 \text{ Wh} = 48\,360 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 48\,360 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,2 \times 1,34 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,442 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,442 \times 2\,480 \text{ m}^2 = 11\,016\,160 \text{ Wh} = 11\,016 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 11\,016 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 8,45$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,2 \times 1,34 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 15\,990 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$15\,900 \times 2\,480 \text{ m}^2 = 39\,432\,000 \text{ Wh} = 39\,432 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 39\,432 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 6,2 \times 1,34 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 34\,519 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$34\,519 \times 2\,480 \text{ m}^2 = 85\,607\,120 \text{ Wh} = 85\,607 \text{ kWh}$$

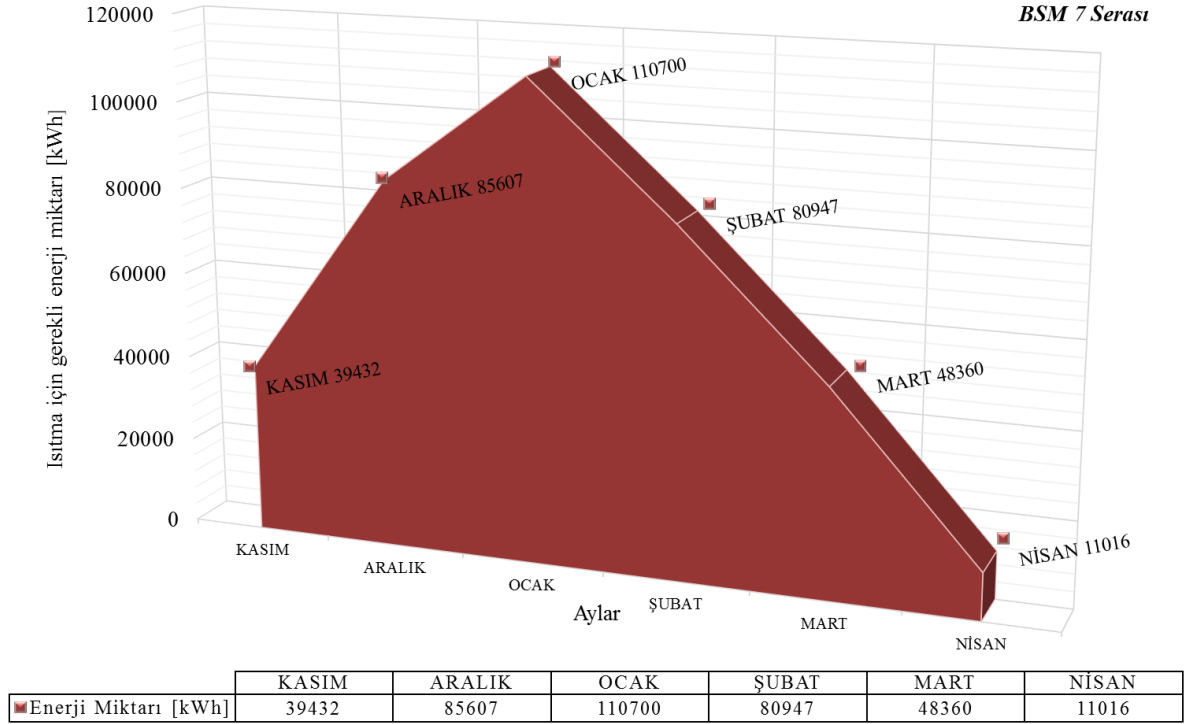
$Q_{(\text{ARALIK})} = 85\,607 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 110\,700 + 80\,947 + 48\,360 + 11\,016 + 39\,432 + 85\,607$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 376\,062 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.7. BSM 7 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.8.) BSM 8 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

BSM 8 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 8 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 20\,313 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 89 \times 175 = 15\,575 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 3\,314 / 2\,480 = 1,3$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,3 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 45\,400 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$45\,400 \times 15\,575 \text{ m}^2 = 707\,105\,000 \text{ Wh} = 707\,105 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 707\,105 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,3 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 33\,198 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$33\,198 \times 15\,575 \text{ m}^2 = 517\,058\,850 \text{ Wh} = 517\,059 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 517\,059 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,3 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 19\,782 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$19\,782 \times 15\,575 \text{ m}^2 = 308\,104\,650 \text{ Wh} = 308\,105 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 308\,105 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,3 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,517 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,517 \times 15\,575 \text{ m}^2 = 70\,352\,275 \text{ Wh} = 70\,352 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 70\,352 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{KASIM})}$;

$$Q_{(\text{KASIM})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 6,5 \times 1,3 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 16\,263 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$16\,263 \times 15\,575 \text{ m}^2 = 253\,296\,225 \text{ Wh} = 253\,296 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 253\,296 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,5 \times 1,3 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 35\,109 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,109 \times 15\,575 \text{ m}^2 = 546\,822\,675 \text{ Wh} = 546\,823 \text{ kWh}$$

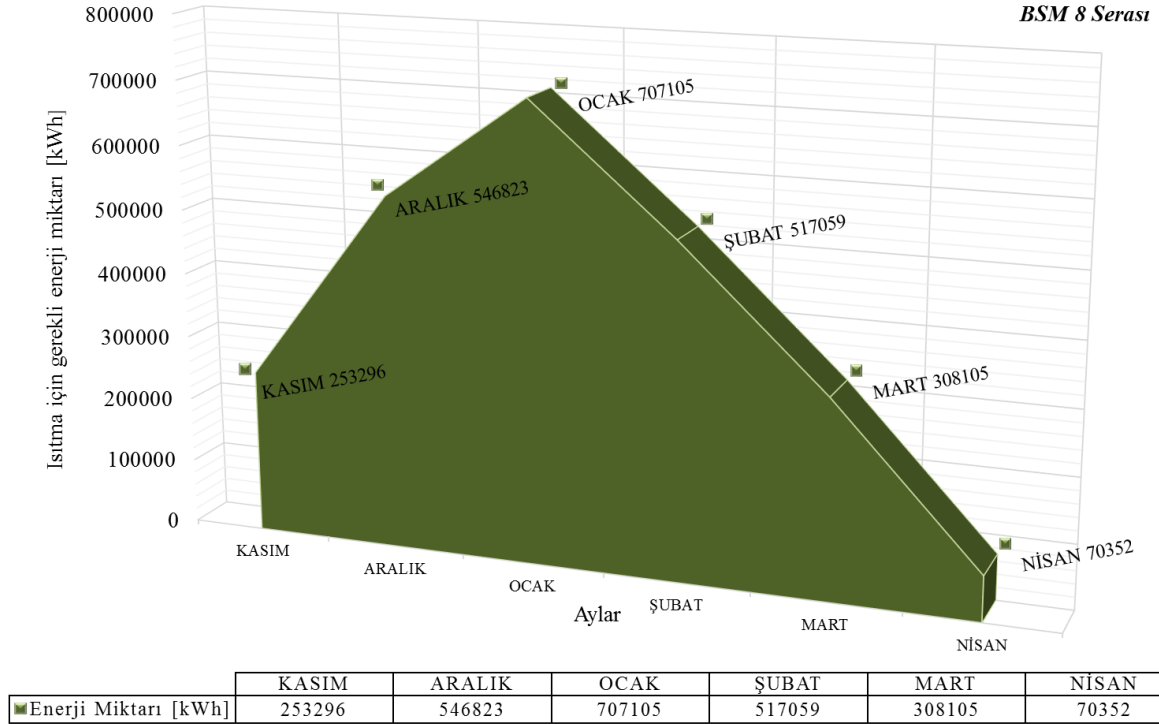
$Q_{(ARALIK)} = 546\,823 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 707\,105 + 517\,059 + 308\,105 + 70\,352 + 253\,296 + 546\,823$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 2\,402\,740 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.8. BSM 8 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.9.) SUR 1 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

SUR 1 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 1 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 13\,577 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 87 \times 115 = 10\,005 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 13\,577 / 10\,005 = 1,36$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{OCAK})}$;

$$Q_{(\text{OCAK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 47\,496 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$47\,496 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 475\,197\,480 \text{ Wh} = 475\,197\,480 \text{ kWh}$$

$$Q_{(\text{OCAK})} = 475\,198 \text{ kWh olarak bulunur.}$$

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 2,89 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için} \rightarrow n_n = 13,4$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için} \rightarrow n_d = 29$$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ŞUBAT})}$;

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 34\,730 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$34\,730 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 347\,473\,650 \text{ Wh} = 347\,474 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 347\,474 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için} \rightarrow n_n = 12,2$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{MART})}$;

$$Q_{(\text{MART})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{MART})} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(\text{MART})} = 20\,695 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$20\,695 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 207\,053\,475 \text{ Wh} = 207\,054 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{MART})} = 207\,054 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için → $n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için → $n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,726 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,726 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 47\,283\,630 \text{ Wh} = 47\,284 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)}$ = 47 284 kWh olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 8,45 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için → $n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için → $n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 17\,014 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,014 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 170\,225\,070 \text{ Wh} = 170\,225 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)}$ = 170 225 kWh olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için $\rightarrow n_n = 14,6$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ARALIK)}$;

$$Q_{(ARALIK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 36\,729 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$36\,729 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 367\,473\,645 \text{ Wh} = 367\,474 \text{ kWh}$$

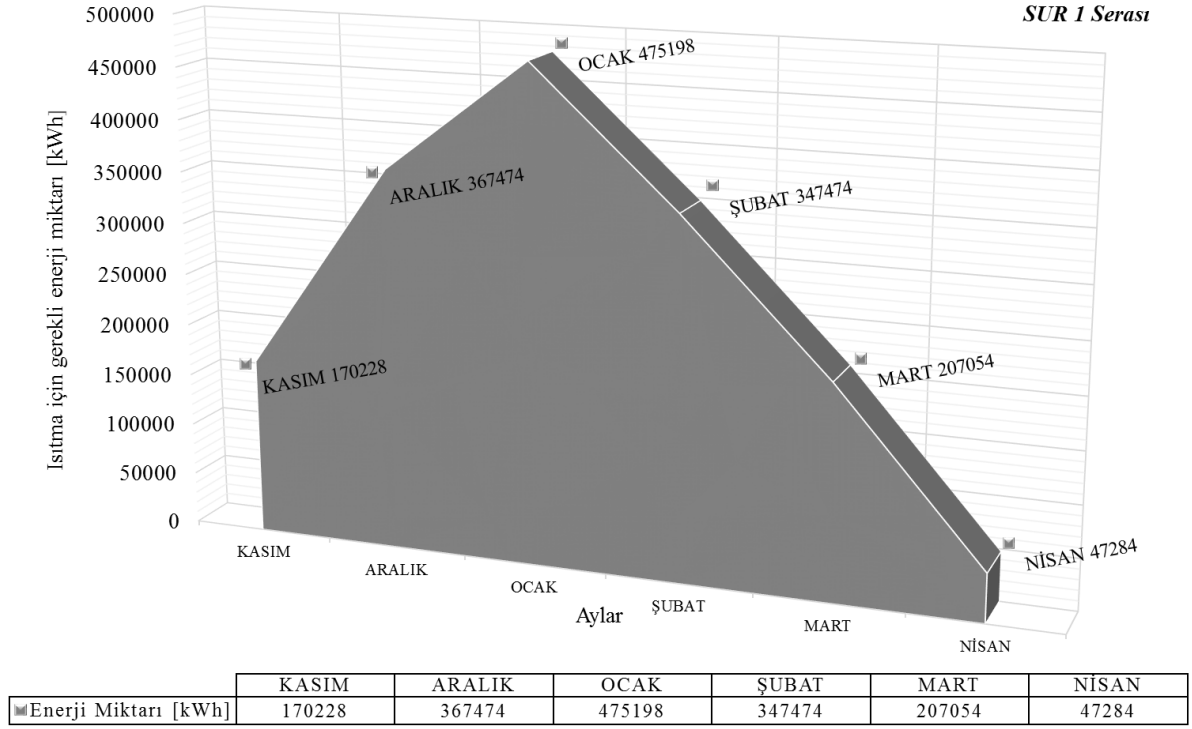
$Q_{(ARALIK)} = 367\,474 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 475\,198 + 347\,474 + 207\,054 + 47\,284 + 170\,228 + 367\,474$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,614\,712 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.9. SUR 1 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.10.) SUR 2 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

SUR 2 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 2 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 13\,577 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 87 \times 115 = 10\,005 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 13\,577 / 10\,005 = 1,36$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 47\,496 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$47\,496 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 475\,197\,480 \text{ Wh} = 475\,197\,480 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 475\,198 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 34\,730 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$34\,730 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 347\,473\,650 \text{ Wh} = 347\,474 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 347\,474 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 20\,695 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$20\,695 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 207\,053\,475 \text{ Wh} = 207\,054 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 207\,054 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,726 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,726 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 47\,283\,630 \text{ Wh} = 47\,284 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 47\,284 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{KASIM})}$;

$$Q_{(\text{KASIM})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 17\,014 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$17\,014 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 170\,225\,070 \text{ Wh} = 170\,225 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 170\,225 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,5 \times 1,36 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 36\,729 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$36\,729 \times 10\,005 \text{ m}^2 = 367\,473\,645 \text{ Wh} = 367\,474 \text{ kWh}$$

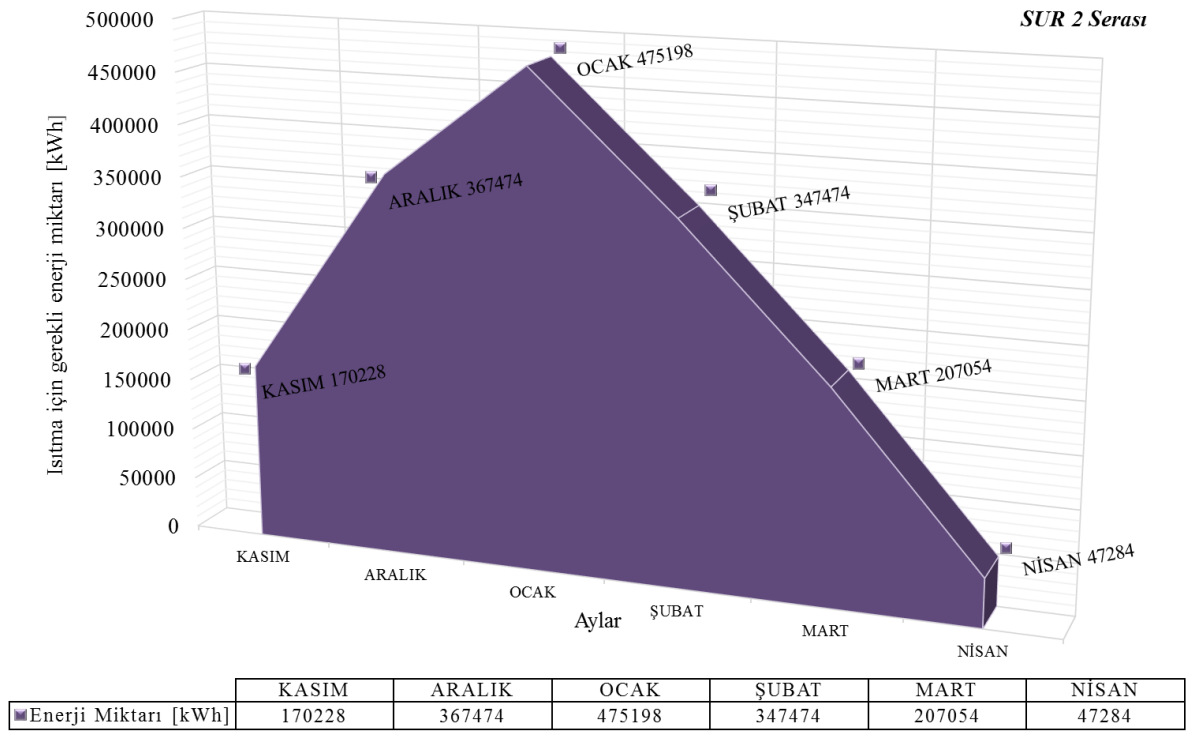
$Q_{(ARALIK)} = 367\,474 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 475\,198 + 347\,474 + 207\,054 + 47\,284 + 170\,228 + 367\,474$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,614\,712 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.10. SUR 2 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.11.) SUR 3 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

SUR 3 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 3 serası için;

A_c = Sera örtüsü yüzey alanı $\rightarrow A_c = 34\,263\text{ m}^2$

A_g = Sera taban alanı $\rightarrow A_g = 130 \times 200 = 26\,000\text{ m}^2$

$A_c / A_g = 34\,263 / 26\,000 = 1,32$

U = Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için $\rightarrow U = 6,5\text{ W/m}^2\text{°C}$

t_{id} = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı $\rightarrow 15\text{ °C}$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 0,88\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,32 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 46\,099\text{ Wh/m}^2\text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$46\,099 \times 26\,000\text{ m}^2 = 1\,198\,574\,000\text{ Wh} = 1\,198\,574\text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 1\,198\,574\text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için → $n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için → $n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,32 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 33\,709 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$33\,709 \times 26\,000 \text{ m}^2 = 876\,434\,000 \text{ Wh} = 876\,434 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 876\,434 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için → $n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için → $n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,32 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 20\,086 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$20\,086 \times 26\,000 \text{ m}^2 = 522\,236\,000 \text{ Wh} = 522\,236 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 522\,236 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,32 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 4\,587 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$4\,587 \times 26\,000 \text{ m}^2 = 119\,262\,000 \text{ Wh} = 119\,262 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 119\,262 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 8,45$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,5 \times 1,32 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 16\,514 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$16\,514 \times 26\,000 \text{ m}^2 = 429\,364\,000 \text{ Wh} = 429\,364 \text{ kWh}$$

$$Q_{(\text{KASIM})} = 429\,364 \text{ kWh olarak bulunur.}$$

• *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 6,5 \times 1,32 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 35\,649 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$35\,649 \times 26\,000 \text{ m}^2 = 926\,874\,000 \text{ Wh} = 926\,874 \text{ kWh}$$

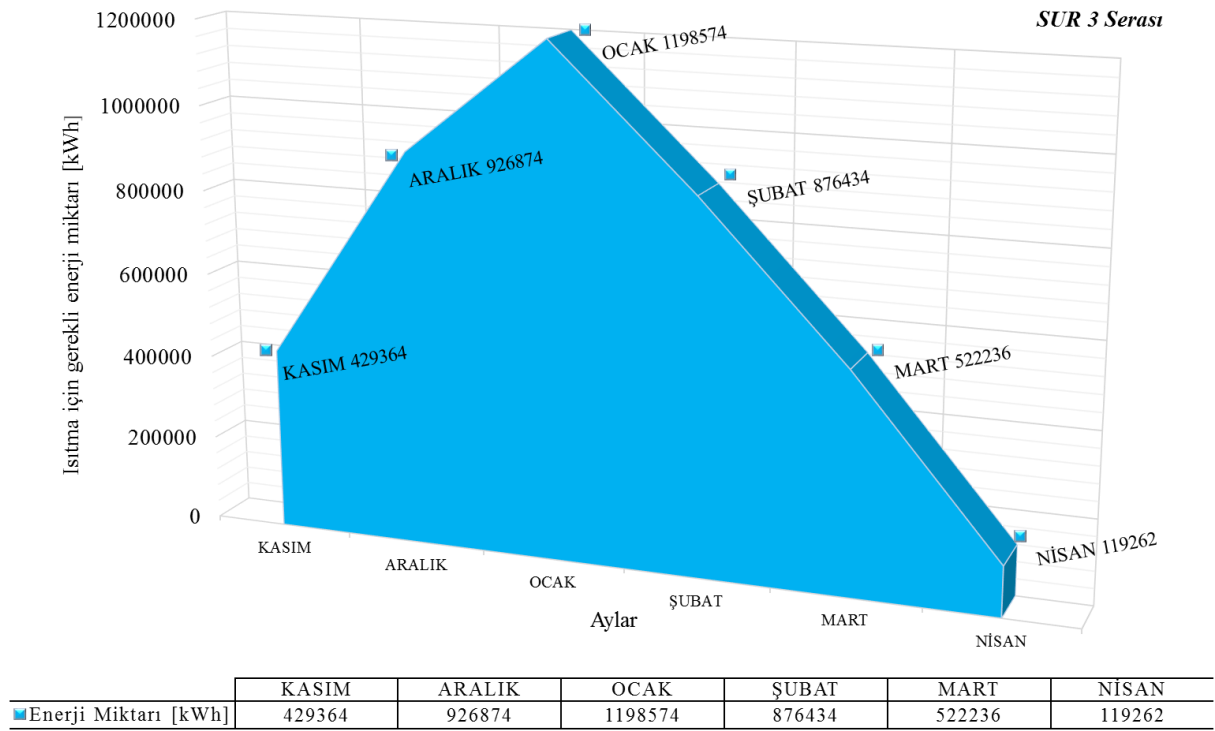
$$Q_{(\text{ARALIK})} = 926\,874 \text{ kWh olarak bulunur.}$$

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 1\,198\,574 + 876\,434 + 522\,236 + 119\,262 + 429\,364 + 926\,874$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 4\,072\,744 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.11. SUR 3 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.12.) SUR 4 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

SUR 4 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 4 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 10\,730 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 67 \times 110 = 7\,370 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 10\,730 / 7\,370 = 1,46$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat polikarbonat sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,5 \times 1,46 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 50\,988 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$50\,988 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 375\,781\,560 \text{ Wh} = 375\,782 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 375\,782 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,5 \times 1,46 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 37\,284 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$37\,284 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 274\,783\,080 \text{ Wh} = 274\,783 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 274\,783 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,5 \times 1,46 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 22\,217 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$22\,217 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 163\,739\,290 \text{ Wh} = 163\,739 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)}$ = 163 739 kWh olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,5 \times 1,46 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 5\,073 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$5\,073 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 37\,388\,010 \text{ Wh} = 37\,388 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 37\,388 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$

$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,5 \times 1,46 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 18\,265 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$18\,265 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 134\,613\,050 \text{ Wh} = 134\,613 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 134\,613 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$

$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ARALIK)}$;

$$Q_{(ARALIK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,5 \times 1,46 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 39\,430 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$39\,430 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 290\,599\,100 \text{ Wh} = 290\,599 \text{ kWh}$$

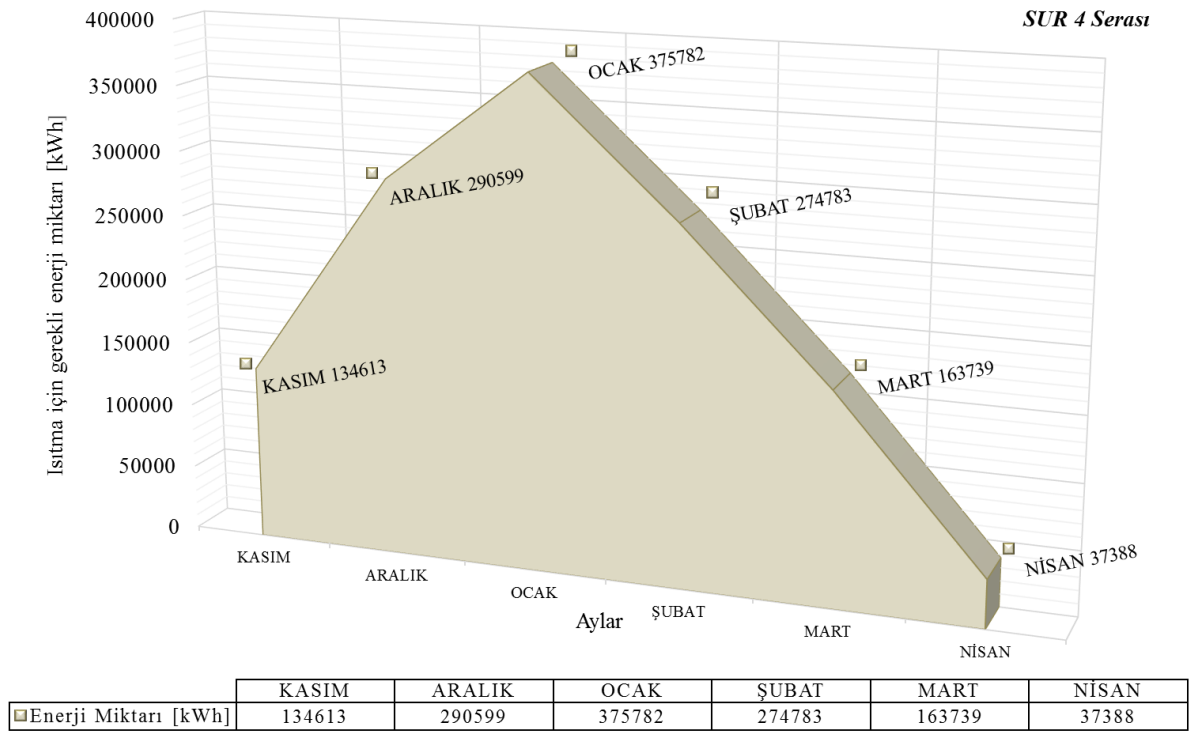
$Q_{(ARALIK)} = 290\,599 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 375\,782 + 274\,783 + 163\,739 + 37\,388 + 134\,613 + 290\,599$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,276\,904 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.12. SUR 4 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.13.) SVN 1 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

SVN 1 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SVN 1 serası için;

A_c = Sera örtüsü yüzey alanı $\rightarrow A_c = 12\,661\text{ m}^2$

A_g = Sera taban alanı $\rightarrow A_g = 65 \times 100 = 6\,500\text{ m}^2$

$A_c / A_g = 12\,661 / 6\,500 = 1,95$

U = Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat plastik sera örtüsü için $\rightarrow U = 6,2\text{ W/m}^2\text{°C}$

t_{id} = Sera iç ortam tasarım sıcaklığı $\rightarrow 15\text{ °C}$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 0,88\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 64\,957\text{ Wh/m}^2\text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$64\,957 \times 6\,500\text{ m}^2 = 422\,220\,500\text{ Wh} = 422\,221\text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 422\,221\text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89\text{ °C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2\text{ °C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için → $n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için → $n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 47\,499 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$47\,499 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 308\,743\,500 \text{ Wh} = 308\,744 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 308\,744 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için → $n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için → $n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 28\,303 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$28\,303 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 183\,969\,500 \text{ Wh} = 183\,970 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 183\,970 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6\,463 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$6\,463 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 42\,009\,500 \text{ Wh} = 42\,010 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 42\,010 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 8,45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 23\,269 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$23\,269 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 151\,248\,500 \text{ Wh} = 151\,249 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{KASIM})} = 151\,249 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{\text{mn}} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{\text{mn}} = 3,82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{st}} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{\text{st}} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ARALIK})}$;

$$Q_{(\text{ARALIK})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{\text{id}} - t_{\text{st}} - t_{\text{mn}}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(\text{ARALIK})} = 50\,232 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$50\,232 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 326\,508\,000 \text{ Wh} = 326\,508 \text{ kWh}$$

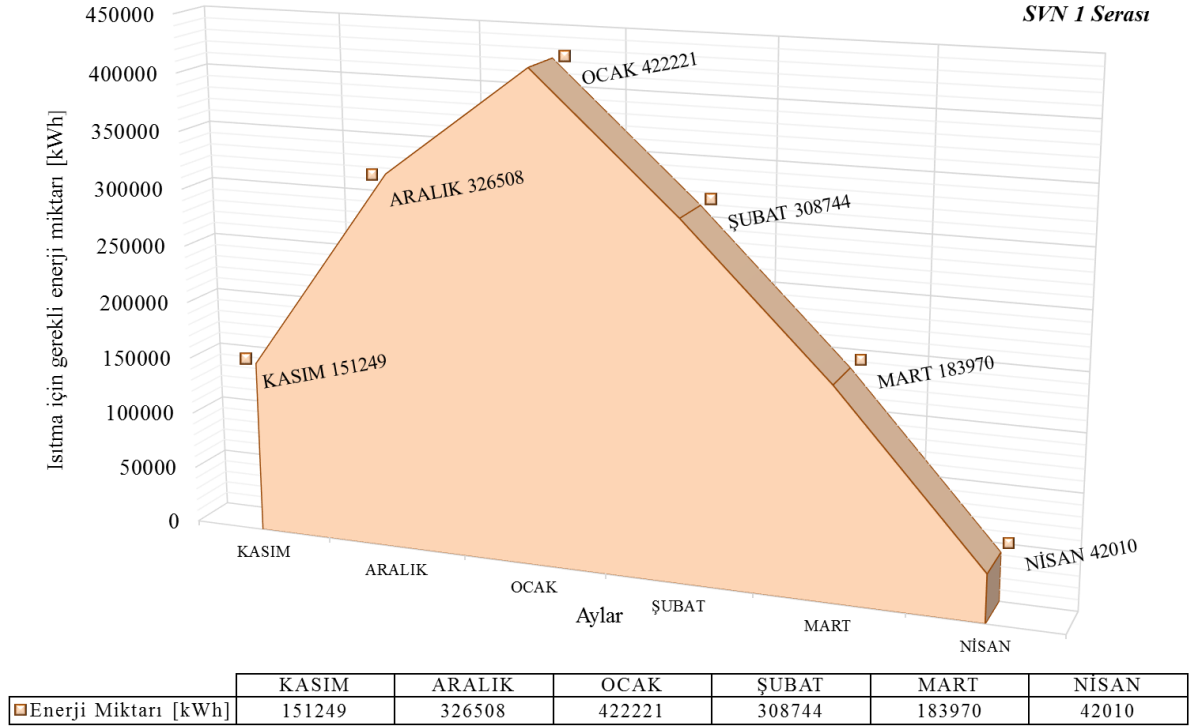
$Q_{(\text{ARALIK})} = 326\,508 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 422\,221 + 308\,744 + 183\,970 + 42\,010 + 151\,249 + 326\,508$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 1\,434\,702 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.13. SVN 1 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.14.) SVN 2 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

SVN 2 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SVN 2 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 12\,661 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 65 \times 100 = 6\,500 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 12\,661 / 6\,500 = 1,95$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat plastik sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için $\rightarrow n_n = 14,3$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 64\,957 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$64\,957 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 422\,220\,500 \text{ Wh} = 422\,221 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 422\,221 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 2,89^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için $\rightarrow n_n = 13,4$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için $\rightarrow n_d = 29$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 47\,499 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$47\,499 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 308\,743\,500 \text{ Wh} = 308\,744 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 308\,744 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(MART)}$;

$$Q_{(MART)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(MART)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(MART)} = 28\,303 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$28\,303 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 183\,969\,500 \text{ Wh} = 183\,970 \text{ kWh}$$

$Q_{(MART)} = 183\,970 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6\,463 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$6\,463 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 42\,009\,500 \text{ Wh} = 42\,010 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 42\ 010\ \text{kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$t_{mn} = \text{Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 8,45\ ^\circ\text{C}$

$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için} \rightarrow n_n = 14,1$

$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için} \rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 23\ 269\ \text{Wh/m}^2\ \text{ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$23\ 269 \times 6\ 500\ \text{m}^2 = 151\ 248\ 500\ \text{Wh} = 151\ 249\ \text{kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 151\ 249\ \text{kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$t_{mn} = \text{Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 3,82\ ^\circ\text{C}$

$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$

$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için} \rightarrow n_n = 14,6$

$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için} \rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ARALIK)}$;

$$Q_{(ARALIK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,2 \times 1,95 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 50\,232 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$50\,232 \times 6\,500 \text{ m}^2 = 326\,508\,000 \text{ Wh} = 326\,508 \text{ kWh}$$

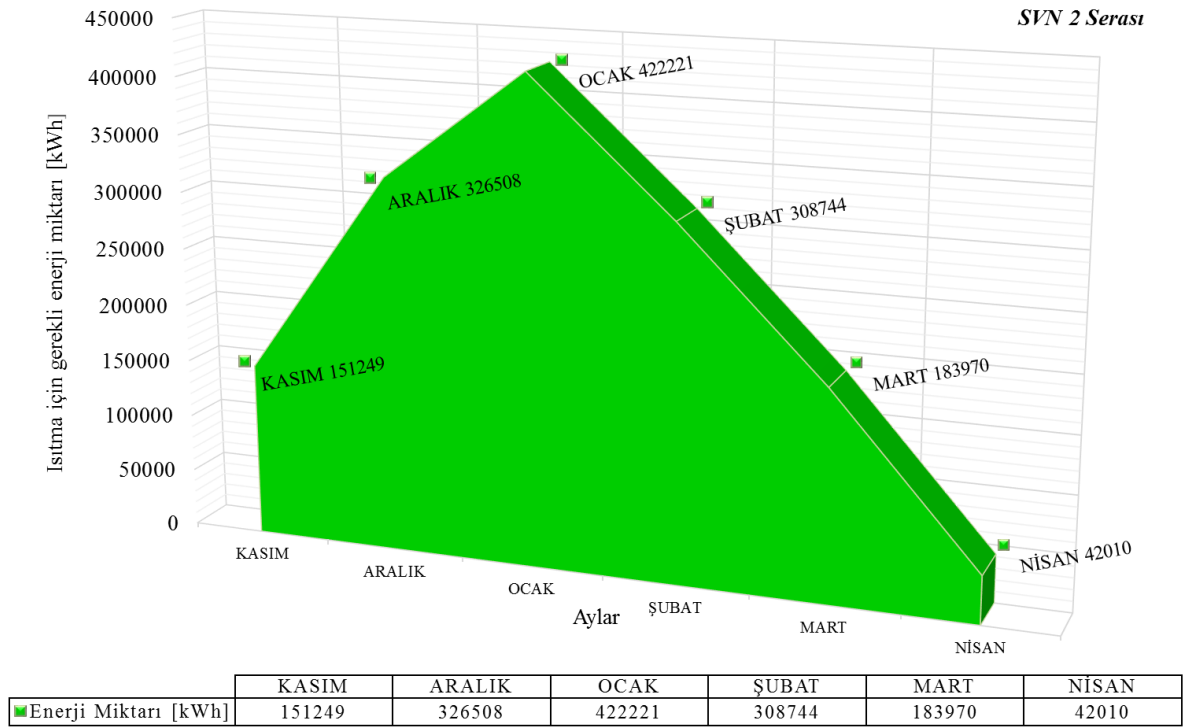
$Q_{(ARALIK)} = 326\,508 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 422\,221 + 308\,744 + 183\,970 + 42\,010 + 151\,249 + 326\,508$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,434\,702 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.14. SVN 2 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.15.) EGL1 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

EGL 1 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

EGL 1 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 11\,102 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 67 \times 110 = 7\,370 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 11\,102 / 7\,370 = 1,51$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat plastik sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- *Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 50\,300 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$50\,300 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 370\,711\,000 \text{ Wh} = 370\,711 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 370\,711 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 2,89 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için} \rightarrow n_n = 13,4$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için} \rightarrow n_d = 29$$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{ŞUBAT})}$;

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 36\,781 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$36\,781 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 271\,075\,970 \text{ Wh} = 271\,076 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{ŞUBAT})} = 271\,076 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için} \rightarrow n_n = 12,2$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için} \rightarrow n_d = 31$$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{MART})}$;

$$Q_{(\text{MART})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{MART})} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(\text{MART})} = 21\,917 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,917 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 161\,528\,290 \text{ Wh} = 161\,528 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{MART})} = 161\,528 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 11,38 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için → $n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için → $n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(NİSAN)}$;

$$Q_{(NİSAN)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(NİSAN)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(NİSAN)} = 5\,005 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$5\,005 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 36\,886\,850 \text{ Wh} = 36\,887 \text{ kWh}$$

$Q_{(NİSAN)} = 36\,887 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri → $t_{mn} = 8,45 \text{ }^\circ\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri → $t_{st} = 2^\circ\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için → $n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için → $n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 18\,019 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$18\,019 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 132\,800\,030 \text{ Wh} = 132\,800 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 132\,800 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 3,82$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için $\rightarrow n_n = 14,6$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ARALIK)}$;

$$Q_{(ARALIK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 38\,898 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$38\,898 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 286\,678\,260 \text{ Wh} = 286\,678 \text{ kWh}$$

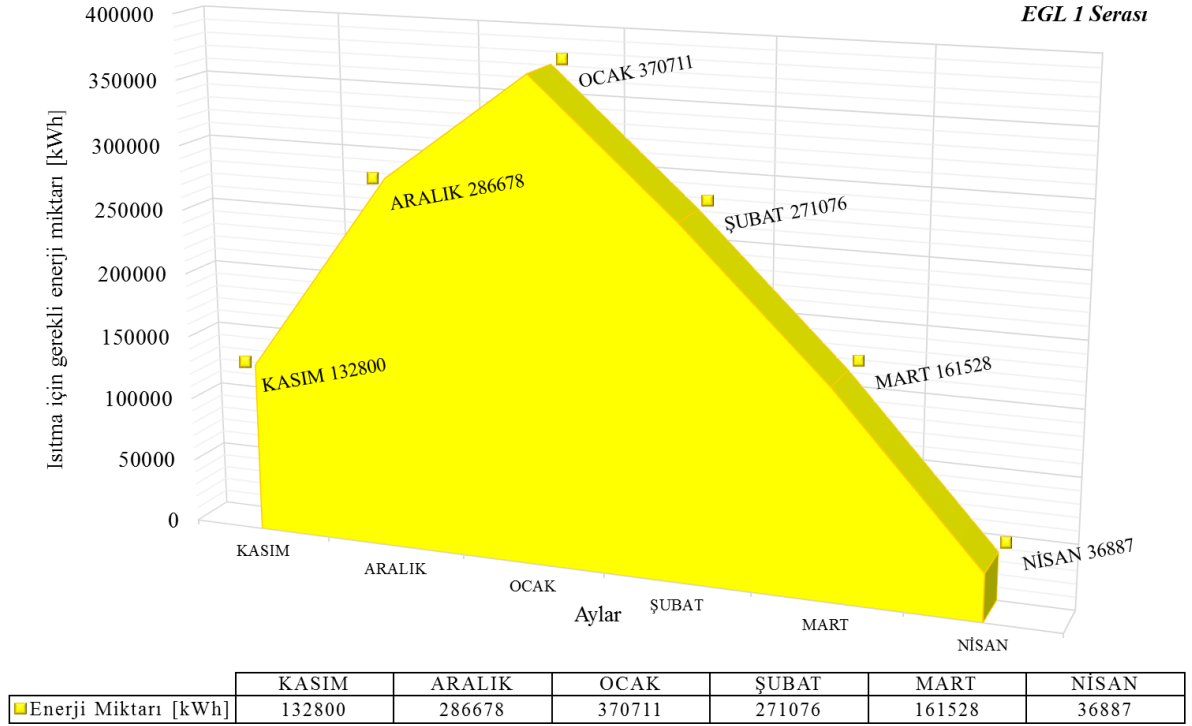
$Q_{(ARALIK)} = 286\,678 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 370\,711 + 271\,076 + 161\,528 + 36\,887 + 132\,800 + 286\,678$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 1\,259\,680 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.15. EGL 1 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.2.16.) EGL2 Serası Aylık Isıtma İhtiyacı Hesabı

EGL 2 serasında aylık ısıtma enerji ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

EGL 2 serası için;

$$A_c = \text{Sera örtüsü yüzey alanı} \rightarrow A_c = 11\,102 \text{ m}^2$$

$$A_g = \text{Sera taban alanı} \rightarrow A_g = 67 \times 110 = 7\,370 \text{ m}^2$$

$$A_c / A_g = 11\,102 / 7\,370 = 1,51$$

$$U = \text{Toplam ısı transfer katsayısı, tek kat plastik sera örtüsü için} \rightarrow U = 6,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$t_{id} = \text{Sera iç ortam tasarım sıcaklığı} \rightarrow 15 \text{ °C}$$

- Ocak Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;

$$t_{mn} = \text{Ocak ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 0,88 \text{ °C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2 \text{ °C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Ocak ayı için} \rightarrow n_n = 14,3$$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Ocak ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Ocak ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(OCAK)}$;

$$Q_{(OCAK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(OCAK)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 0,88) \times 14,3 \times 31$$

$$Q_{(OCAK)} = 50\,300 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$50\,300 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 370\,711\,000 \text{ Wh} = 370\,711 \text{ kWh}$$

$Q_{(OCAK)} = 370\,711 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Şubat Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Şubat ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 2,89 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{st} = \text{Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri} \rightarrow t_{st} = 2^\circ\text{C}$$

$$n_n = \text{Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Şubat ayı için} \rightarrow n_n = 13,4$$

$$n_d = \text{Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Şubat ayı için} \rightarrow n_d = 29$$

Şubat ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ŞUBAT)}$;

$$Q_{(ŞUBAT)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 2,89) \times 13,4 \times 29$$

$$Q_{(ŞUBAT)} = 36\,781 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$36\,781 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 271\,075\,970 \text{ Wh} = 271\,076 \text{ kWh}$$

$Q_{(ŞUBAT)} = 271\,076 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Mart Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

$$t_{mn} = \text{Mart ayı ortalama gece sıcaklık değeri} \rightarrow t_{mn} = 6,81 \text{ }^\circ\text{C}$$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Mart ayı için $\rightarrow n_n = 12,2$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Mart ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Mart ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{MART})}$;

$$Q_{(\text{MART})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{MART})} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 6,81) \times 12,2 \times 31$$

$$Q_{(\text{MART})} = 21\,917 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$21\,917 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 161\,528\,290 \text{ Wh} = 161\,528 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{MART})} = 161\,528 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

• *Nisan Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Nisan ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 11,38^{\circ}\text{C}$

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2^{\circ}\text{C}$

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Nisan ayı için $\rightarrow n_n = 11$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Nisan ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Nisan ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(\text{NİSAN})}$;

$$Q_{(\text{NİSAN})} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(\text{NİSAN})} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 11,38) \times 11 \times 30$$

$$Q_{(\text{NİSAN})} = 5\,005 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$5\,005 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 36\,886\,850 \text{ Wh} = 36\,887 \text{ kWh}$$

$Q_{(\text{NİSAN})} = 36\,887 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Kasım Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Kasım ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 8,45$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Kasım ayı için $\rightarrow n_n = 14,1$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Kasım ayı için $\rightarrow n_d = 30$

Kasım ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(KASIM)}$;

$$Q_{(KASIM)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(KASIM)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 8,45) \times 14,1 \times 30$$

$$Q_{(KASIM)} = 18\,019 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$18\,019 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 132\,800\,030 \text{ Wh} = 132\,800 \text{ kWh}$$

$Q_{(KASIM)} = 132\,800 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

- *Aralık Ayı Isıtma Enerji İhtiyacı;*

t_{mn} = Aralık ayı ortalama gece sıcaklık değeri $\rightarrow t_{mn} = 3,82$ °C

t_{st} = Toprağa depolanan ısı nedeni ile gece oluşan sıcaklık artışı ortalama değeri $\rightarrow t_{st} = 2$ °C

n_n = Gece saatleri sayısı (Tablo 2.2.4) Aralık ayı için $\rightarrow n_n = 14,6$

n_d = Ay içerisinde ısıtma yapılan gün sayısı, Aralık ayı için $\rightarrow n_d = 31$

Aralık ayı ısıtma enerji ihtiyacı $Q_{(ARALIK)}$;

$$Q_{(ARALIK)} = U \times (A_c / A_g) \times (t_{id} - t_{st} - t_{mn}) \times n_n \times n_d$$

$$Q_{(ARALIK)} = 6,2 \times 1,51 \times (15 - 2 - 3,82) \times 14,6 \times 31$$

$$Q_{(ARALIK)} = 38\,898 \text{ Wh/m}^2 \text{ ay}$$

Tüm seranın aylık enerji ihtiyacı için;

$$38\,898 \times 7\,370 \text{ m}^2 = 286\,678\,260 \text{ Wh} = 286\,678 \text{ kWh}$$

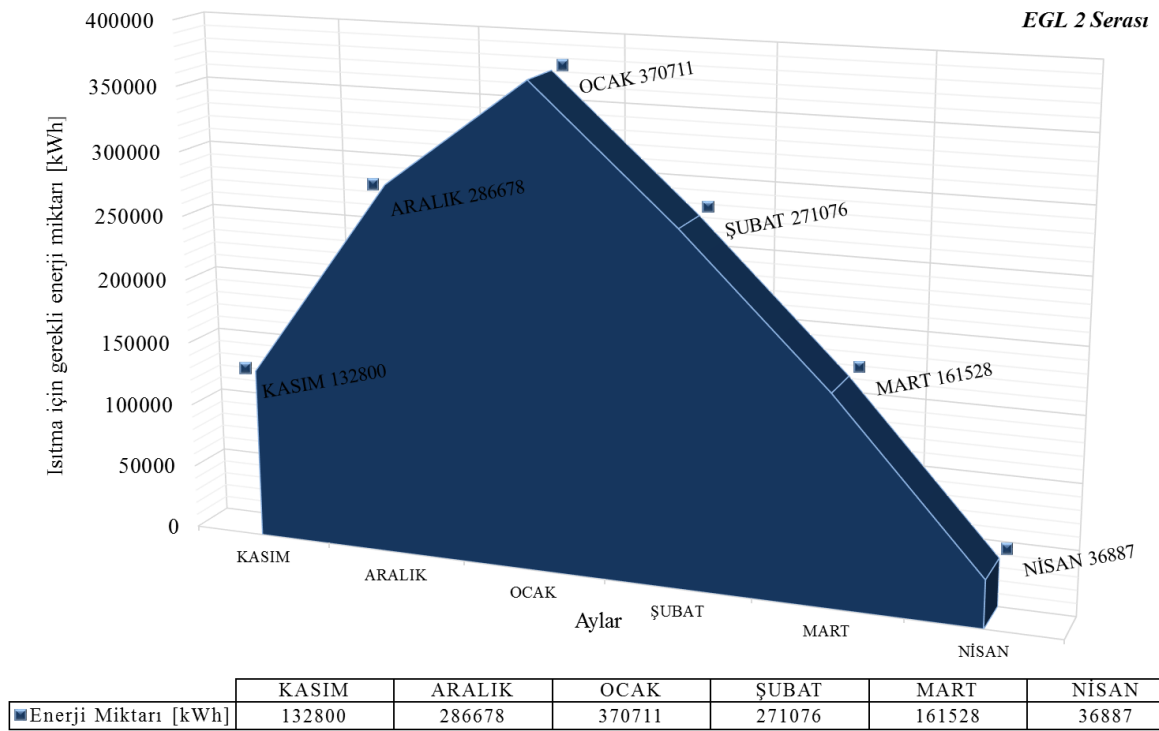
$Q_{(\text{ARALIK})} = 286\,678 \text{ kWh}$ olarak bulunur.

Buna göre örnek seranın ısıtma için yıllık toplam enerji ihtiyacı;

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = Q_{(\text{OCAK})} + Q_{(\text{ŞUBAT})} + Q_{(\text{MART})} + Q_{(\text{NİSAN})} + Q_{(\text{KASIM})} + Q_{(\text{ARALIK})}$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 370\,711 + 271\,076 + 161\,528 + 36\,887 + 132\,800 + 286\,678$$

$$Q_{\text{YILTOPLAM}} = 1\,259\,680 \text{ kWh}$$



Şekil 3.2.16. EGL 2 serası için aylık ısıtma enerjisi ihtiyacının değişimi

3.3.) Seraların Isıtma Enerji Maliyetlerinin Belirlenmesi

Bu bölümde Diyarbakır ilinde kurulu bulunan [2] ve bu çalışma dâhilinde analiz edilen on altı adet seranın ısıtma enerji maliyetleri belirlenmiştir. Bölüm 2.3' de tanıtılan hesaplama yöntemleri ile mevcut seraların ısıtma enerji sarfiyatları ve enerji maliyetleri belirlenerek, elde edilen sonuçlar grafiksel olarak sunulmuştur. Yapılan çalışmada, mevcut çalışma şartlarında kullanılan kömür yakıtlı ısıtma sistemleri ve elektrik enerjisi ile çalışan toprak/su kaynaklı ısı pompası sistemlerinin kullanım özellikleri incelenmiştir.

Hesaplamalarda kömürün alt ısıl değerinin yaklaşık 6,98 kWh/ kg (6000 kcal/kg) [19] olarak belirlenmiştir. Kömür maliyetlerinin hesaplanmasında her sera için bildirilen yakıt maliyetleri göz önüne alınmış [2], maliyet bilgileri eksik olan seralar ve örnek sera tasarımı için ortalama yakıt maliyeti 320 \$/ton olarak belirlenmiştir. Kömür yakıtlı kazan için verim değeri % 75 olarak tespit edilmiştir [20]. Döviz kurunda Merkez Bankası güncel verileri kullanılmıştır [21].

Yapılan analizler sonucunda, her sera için yıllık toplam kömür sarfiyatı değeri hesaplanmıştır. Ayrıca her sera için aylık yaklaşık kömür sarfiyatı hesaplanarak tablo ve grafik halinde sunulmuştur. Benzer şekilde seraların yıllık toplam kömür maliyetleri hesaplanarak, aylık yaklaşık kömür maliyeti değerleri tablo ve grafik halinde sunulmuştur.

Isıtma uygulamasında elektrik enerjisinin kullanılması durumu için yapılan hesaplamalarda, seraların ısıl ihtiyacının toprak/su kaynaklı ısı pompası ile karşılanması öngörülmüştür. Buna göre 15 °C kaynak sıcaklığı için ısı pompası COP (ısıtma tesir katsayısı) değeri ise 6 olarak tespit edilmiştir [24]. Çalışma periyodu boyunca ortalama elektrik birim fiyatı, TEDAŞ tarafından bildirilen güncel elektrik tarifesine [25] göre 0,26 kr/kWh olarak alınmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, her sera için yıllık toplam elektrik sarfiyatı değeri hesaplanmıştır. Ayrıca her sera için aylık yaklaşık elektrik sarfiyatı hesaplanarak tablo ve grafik halinde sunulmuştur. Benzer şekilde seraların yıllık toplam elektrik maliyetleri hesaplanarak, aylık yaklaşık elektrik maliyeti değerleri tablo ve grafik halinde sunulmuştur.

Son olarak tüm seraların toplam ısı kaybı, yıllık toplam ısı ihtiyacı, yıllık toplam kömür sarfiyatı, yıllık toplam kömür maliyeti, yıllık toplam elektrik sarfiyatı, yıllık toplam elektrik maliyeti, kömür- elektrik maliyet farkı ve yüzdesi tablo halinde sunulmuştur.

3.3.1.) BSM 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 1 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 1 Serası yakıt maliyeti = 350 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 1 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.1.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 1 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $4\,409\,059 / (6980 \times 0,75) \cong 842,2$ ton

BSM 1 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.2.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 1 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $842,2 \times 350 \times 2,2241 \cong 655\,598$ TL

3.3.2.) BSM 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 2 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 2 Serası yakıt maliyeti = 350 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

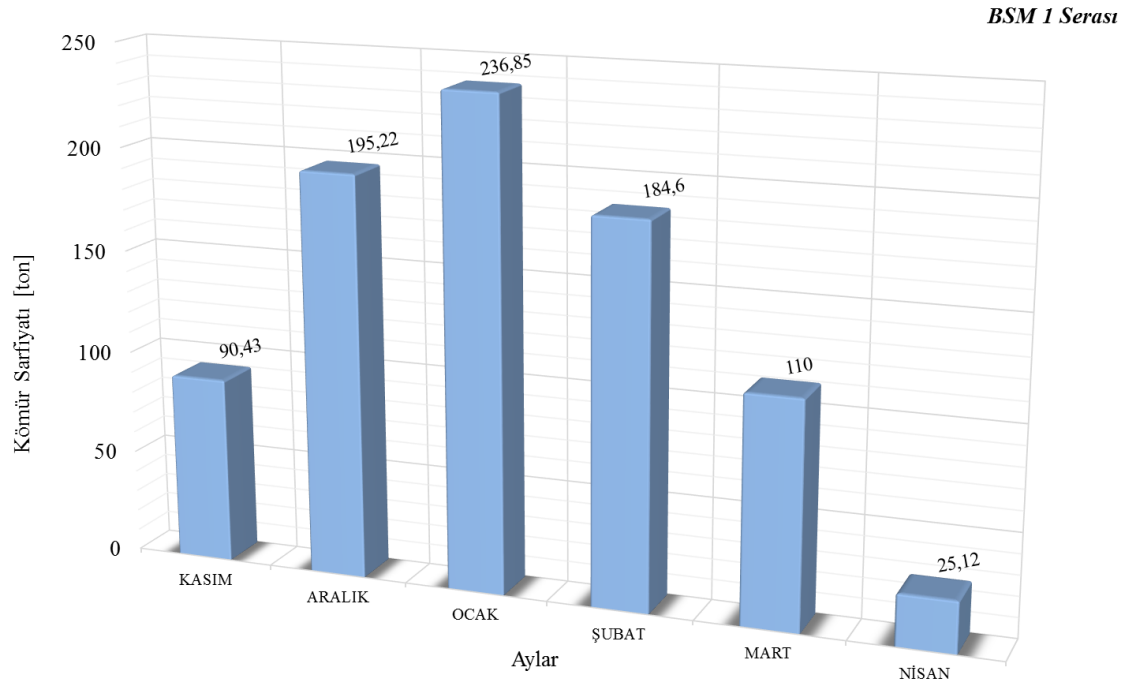
Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 2 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.3'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 2 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $4\,409\,059 / (6980 \times 0,75) \cong 842,2$ ton

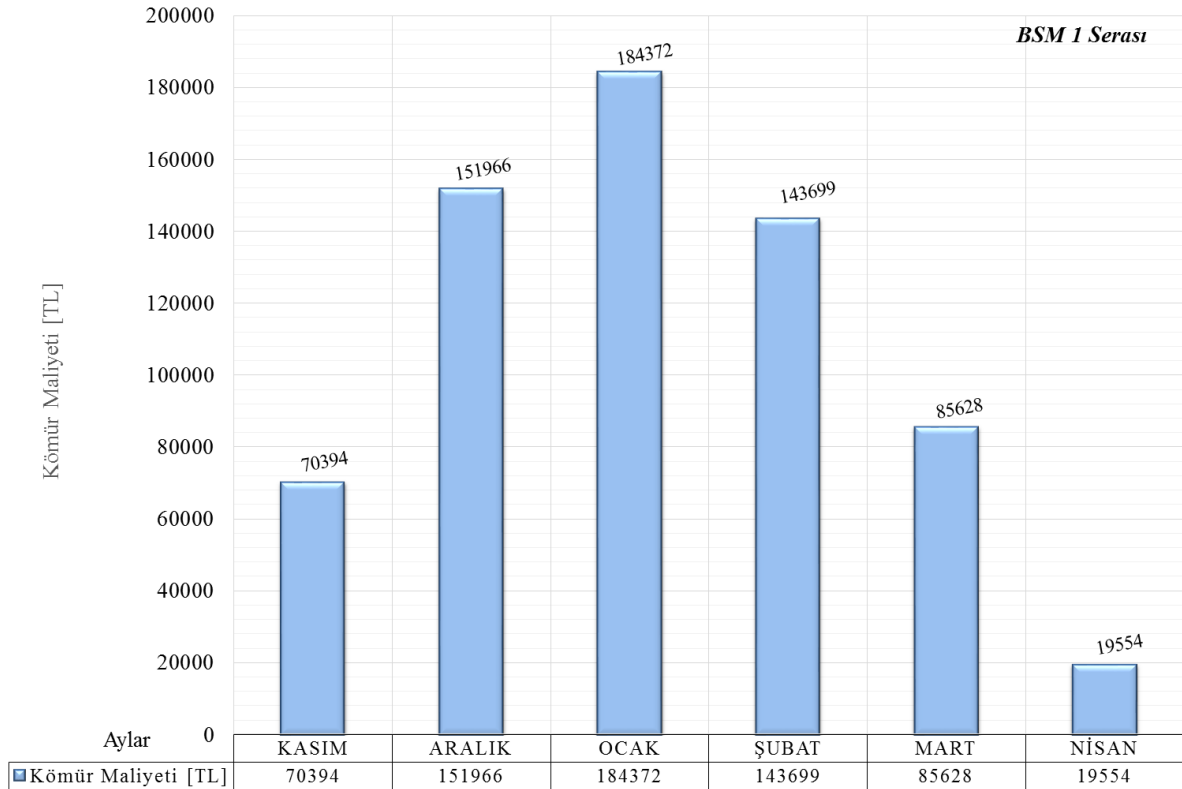
BSM 2 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.4.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 2 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $842,2 \times 350 \times 2,2241 \cong 655\,598$ TL

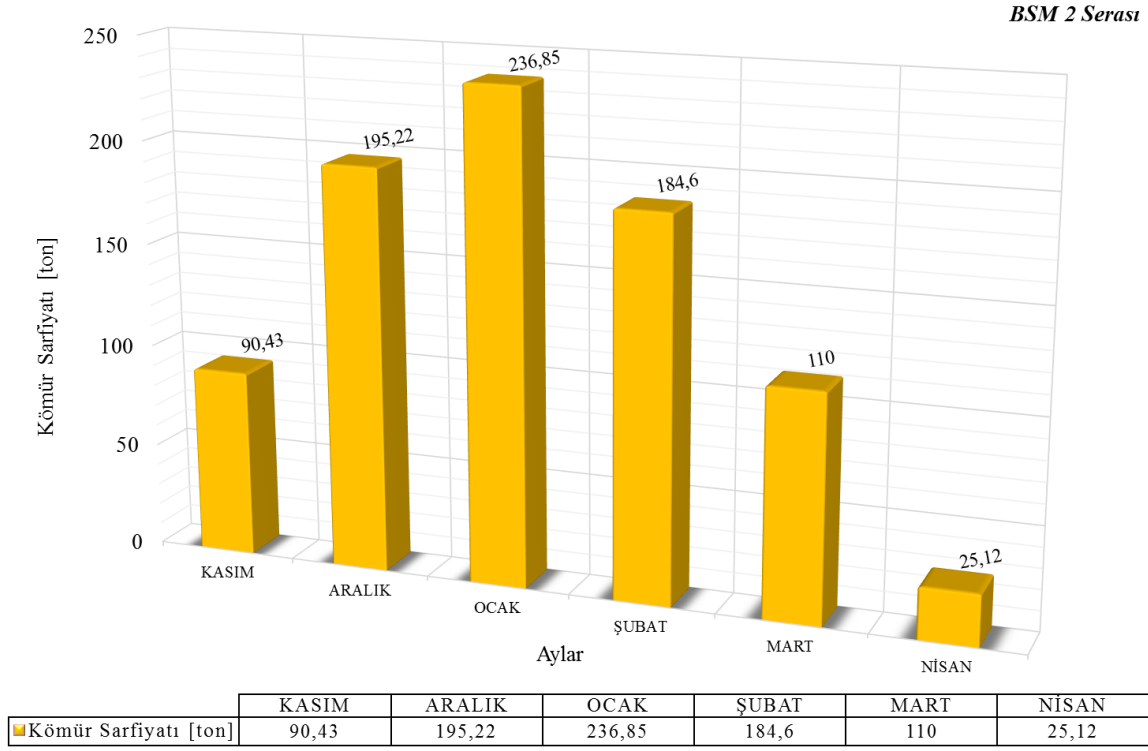


	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Sarfiyatı [ton]	90,43	195,22	236,85	184,6	110	25,12

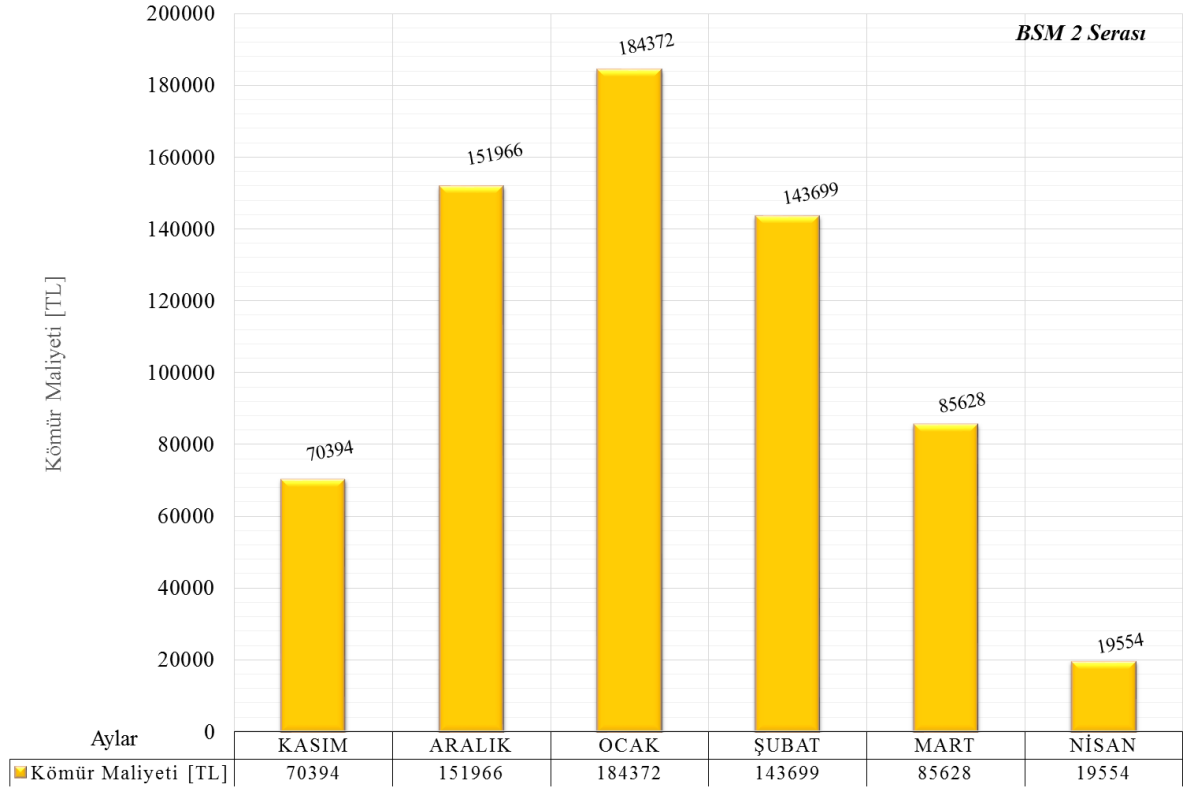
Şekil 3.3.1. BSM 1 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.2 BSM 1 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



Şekil 3.3.3. BSM 2 serası için yaklaşık kömür sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.4. BSM 2 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.3.) BSM 3 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 3 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 3 Serası yakıt maliyeti = 365 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 3 serasının aylık yaklaşık kömür sarfiyatı Şekil 3.3.5.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 3 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfiyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 3 Yıllık Toplam Kömür Sarfiyatı = $4\,409\,059 / (6980 \times 0,75) \cong 842,2$ ton

BSM 3 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.6.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 3 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 3 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $842,2 \times 365 \times 2,2241 \cong 683\,695$ TL

3.3.4.) BSM4 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 4 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 4 Serası yakıt maliyeti = 300 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

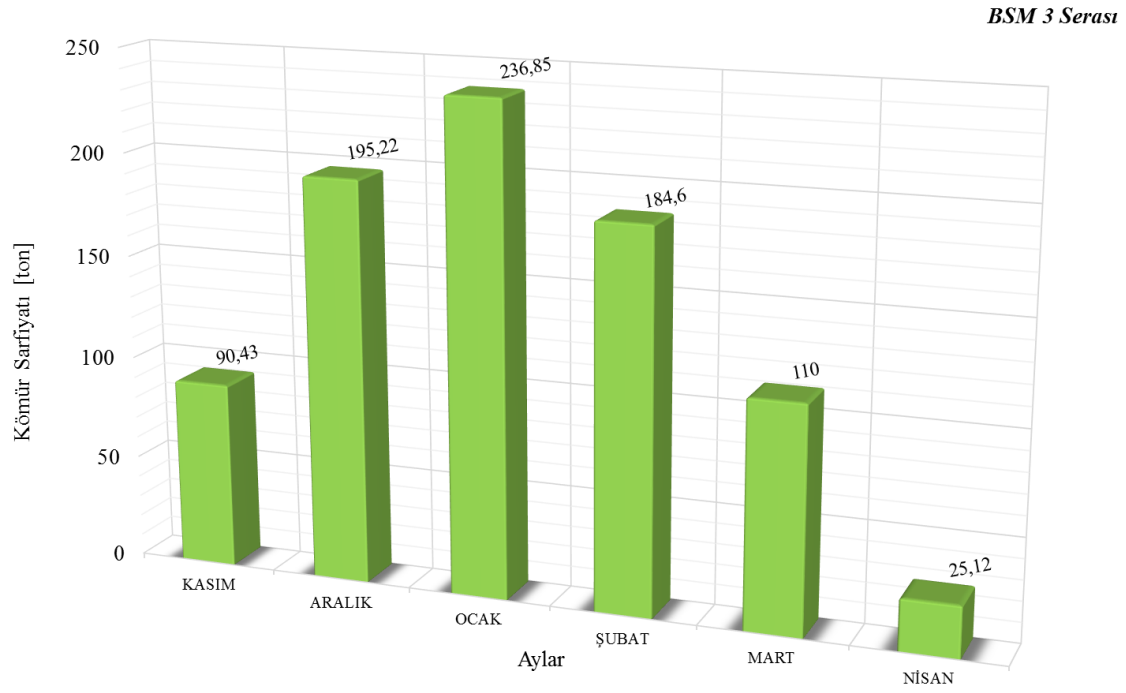
Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 4 serasının aylık yaklaşık kömür sarfiyatı Şekil 3.3.7.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 4 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfiyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 4 Yıllık Toplam Kömür Sarfiyatı = $1\,196\,179 / (6980 \times 0,75) \cong 228,5$ ton

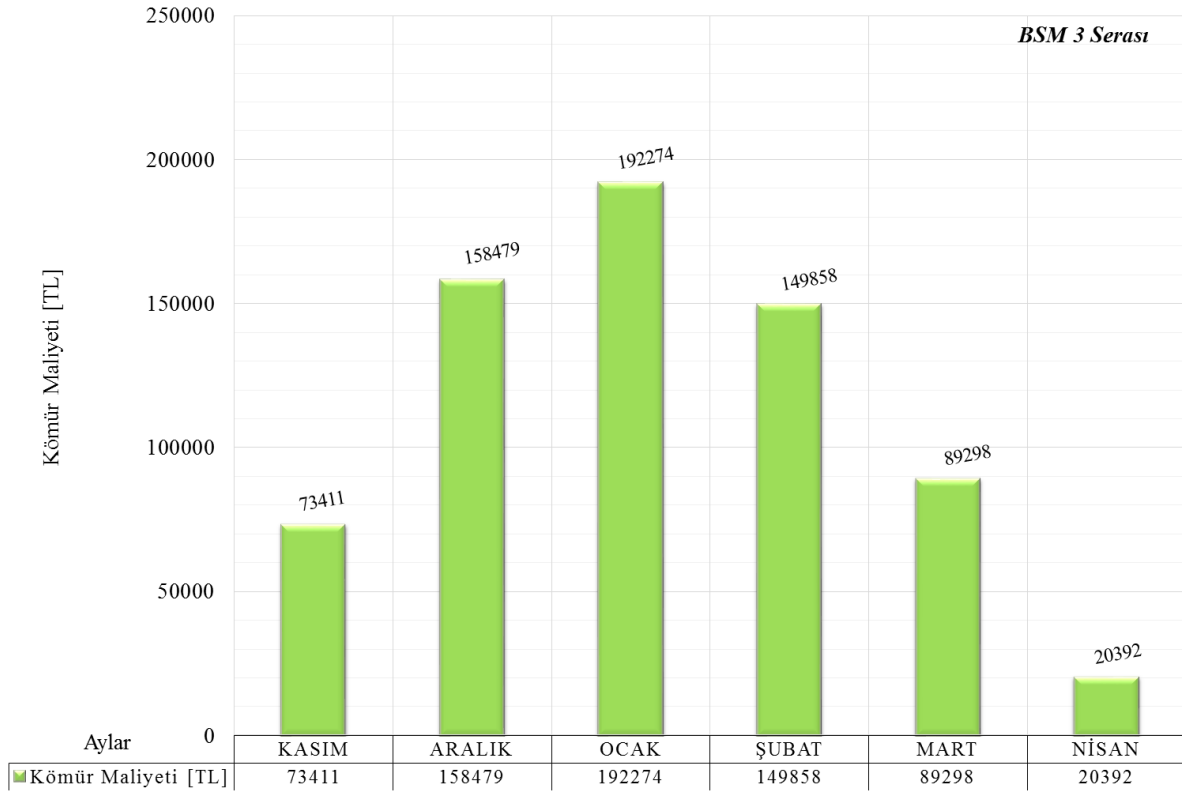
BSM 4 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.8'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 4 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 4 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 228,5 x 300 x 2,2241 $\approx$ 152 462 TL



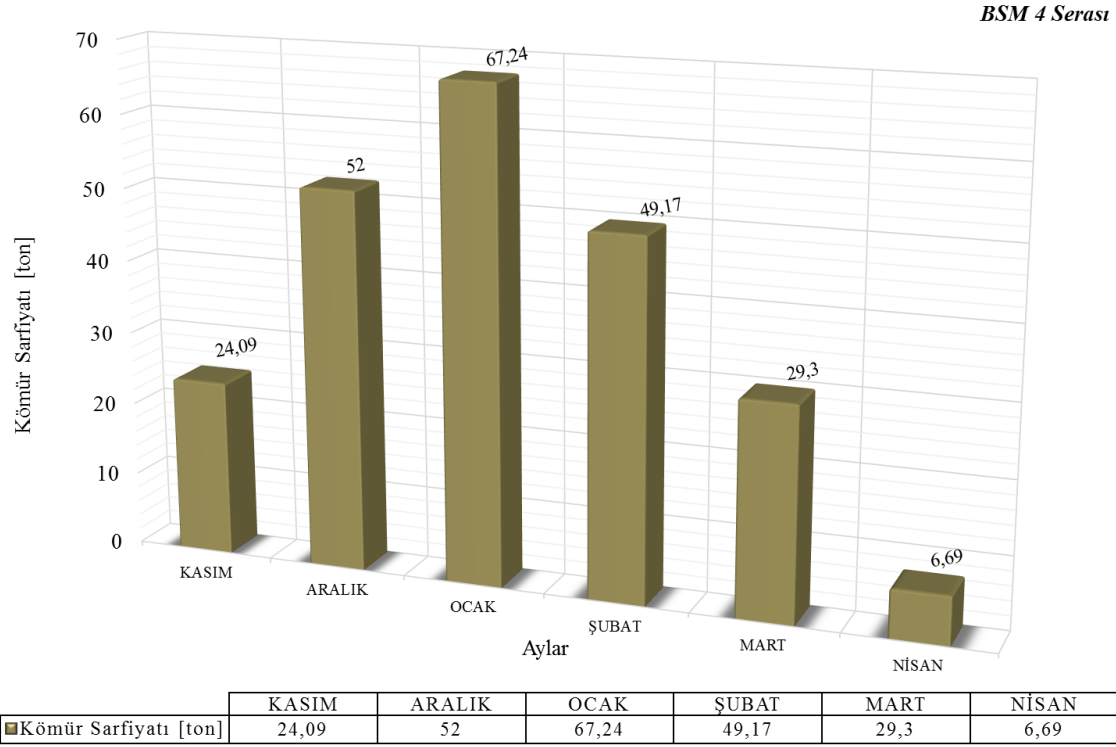
	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Sarfiyatı [ton]	90,43	195,22	236,85	184,6	110	25,12

Şekil 3.3.5. BSM 3 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri

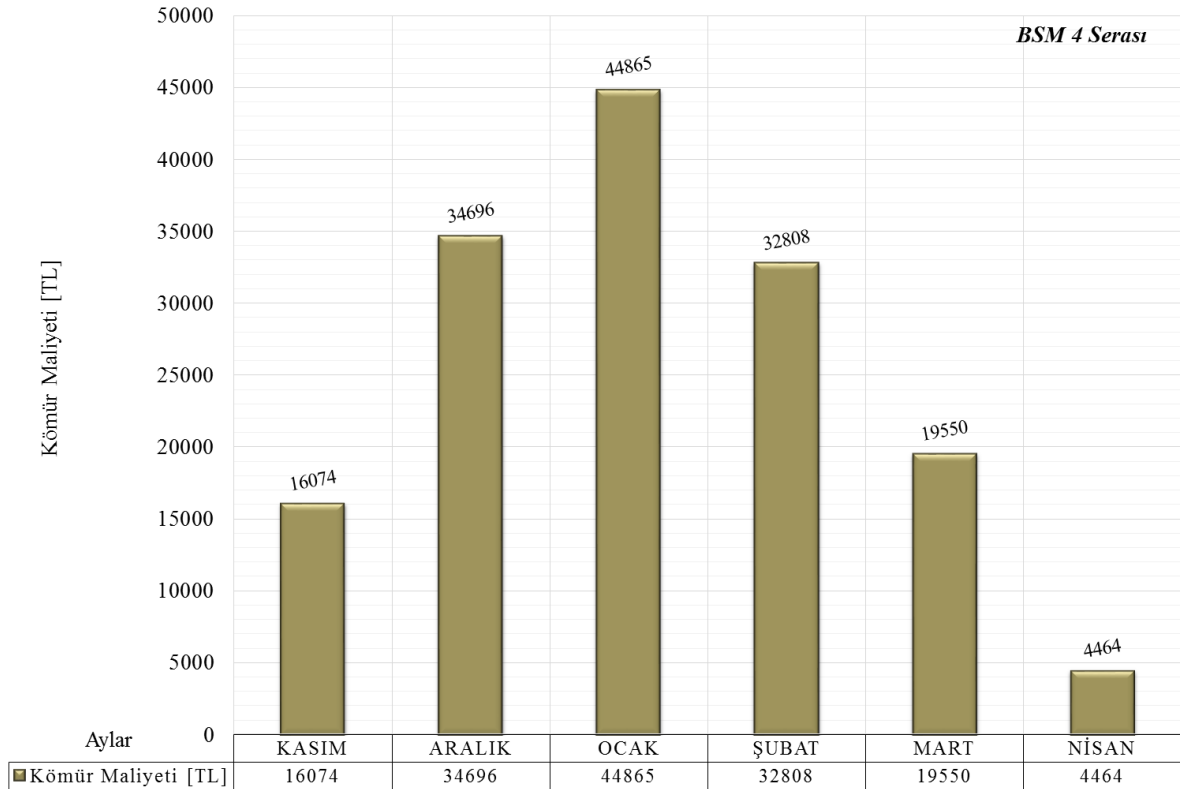


Aylar	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Maliyeti [TL]	73411	158479	192274	149858	89298	20392

Şekil 3.3.6. BSM 3 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



Şekil 3.3.7. BSM 4 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.8. BSM 4 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.5.) BSM 5 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 5 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 5 Serası yakıt maliyeti = 300 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 5 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.9.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 5 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 5 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\,196\,179 / (6980 \times 0,75) \cong 228,5$ ton

BSM 5 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.10.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 5 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 5 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $228,5 \times 300 \times 2,2241 \cong 152\,462$ TL

3.3.6.) BSM 6 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 6 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 6 Serası yakıt maliyeti = 330 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

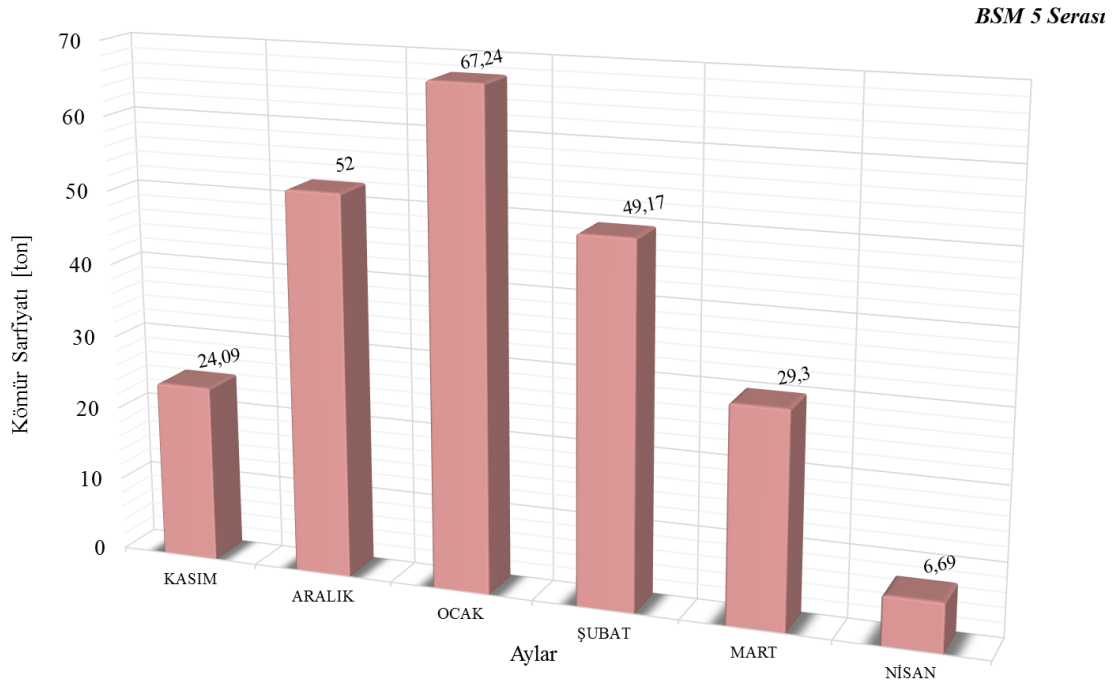
Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 6 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.11.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 6 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 6 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $4\,317\,618 / (6980 \times 0,75) \cong 824,8$ ton

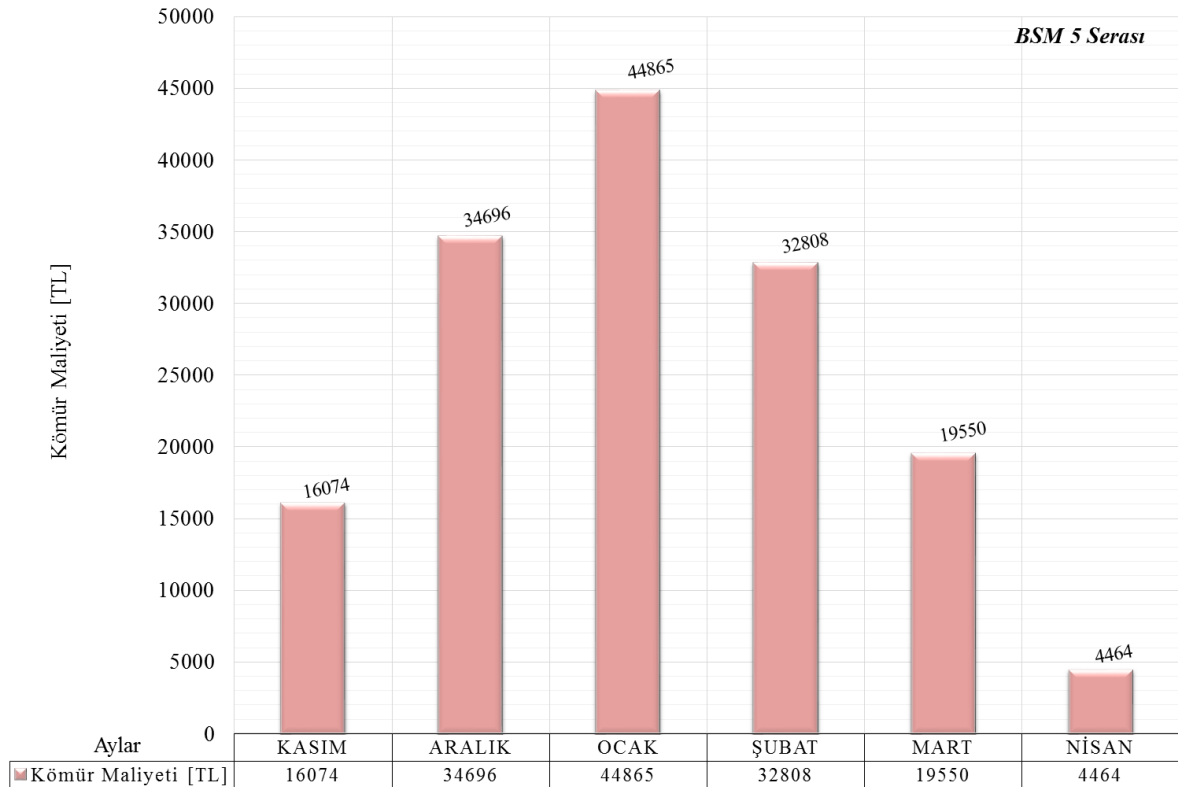
BSM 6 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.12'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 6 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 6 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $824,8 \times 330 \times 2,2241 \cong 605\,364$ TL

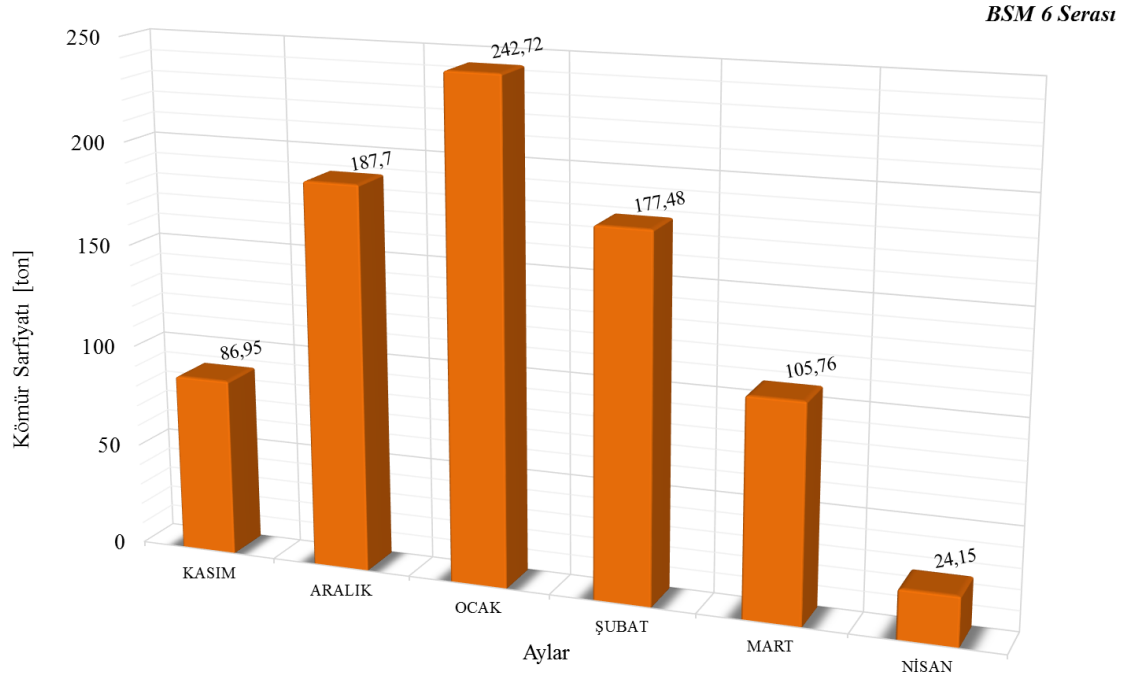


	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Sarfiyatı [ton]	24,09	52	67,24	49,17	29,3	6,69

Şekil 3.3.9. BSM 5 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri

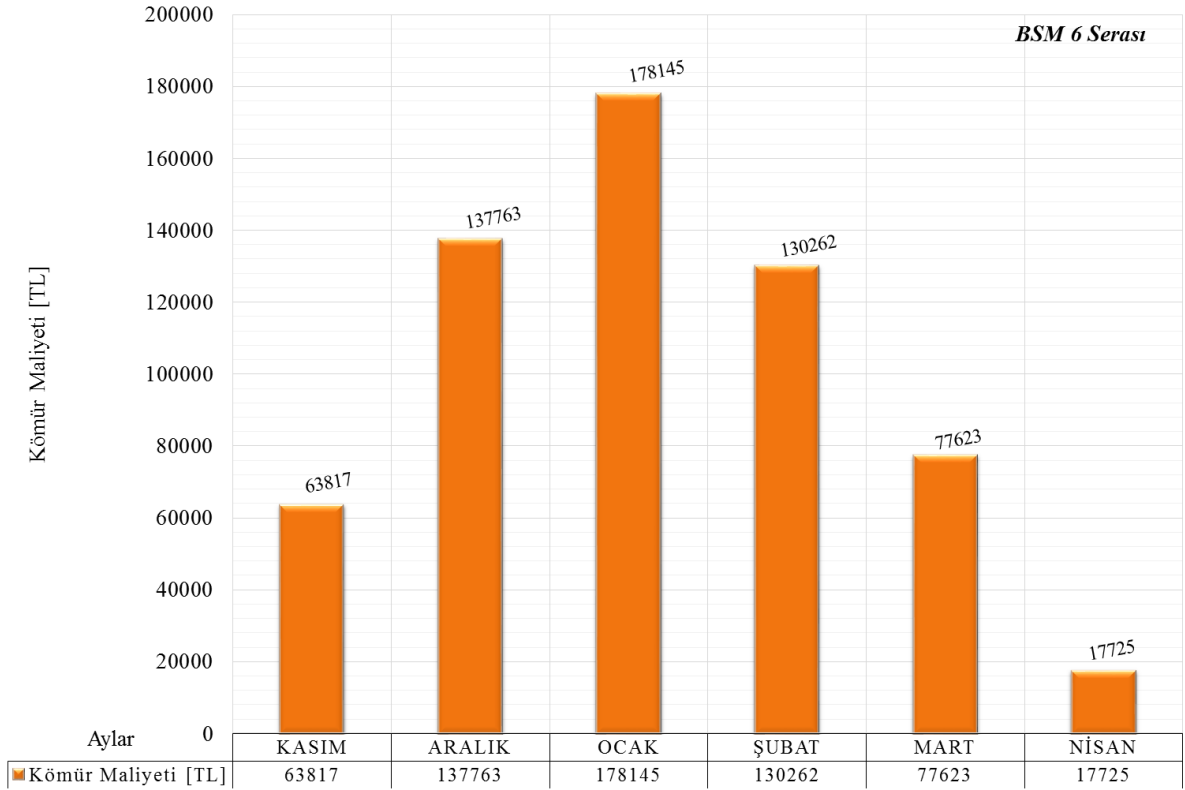


Şekil 3.3.10. BSM 5 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Sarfıyatı [ton]	86,95	187,7	242,72	177,48	105,76	24,15

Şekil 3.3.11. BSM 6 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Aylar	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Maliyeti [TL]	63817	137763	178145	130262	77623	17725

Şekil 3.3.12. BSM 6 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.7.) BSM 7 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 7 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 7 Serası yakıt maliyeti = 320 \$/ton (veri bulunmadığından ortalama değer) [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 7 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.13.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 7 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 7 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $376\ 062 / (6980 \times 0,75) \cong 71,8$ ton

BSM 7 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.14.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 7 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 7 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $71,8 \times 320 \times 2,2241 \cong 51\ 101$ TL

3.3.8.) BSM 8 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

BSM 8 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

BSM 8 Serası yakıt maliyeti = 330 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

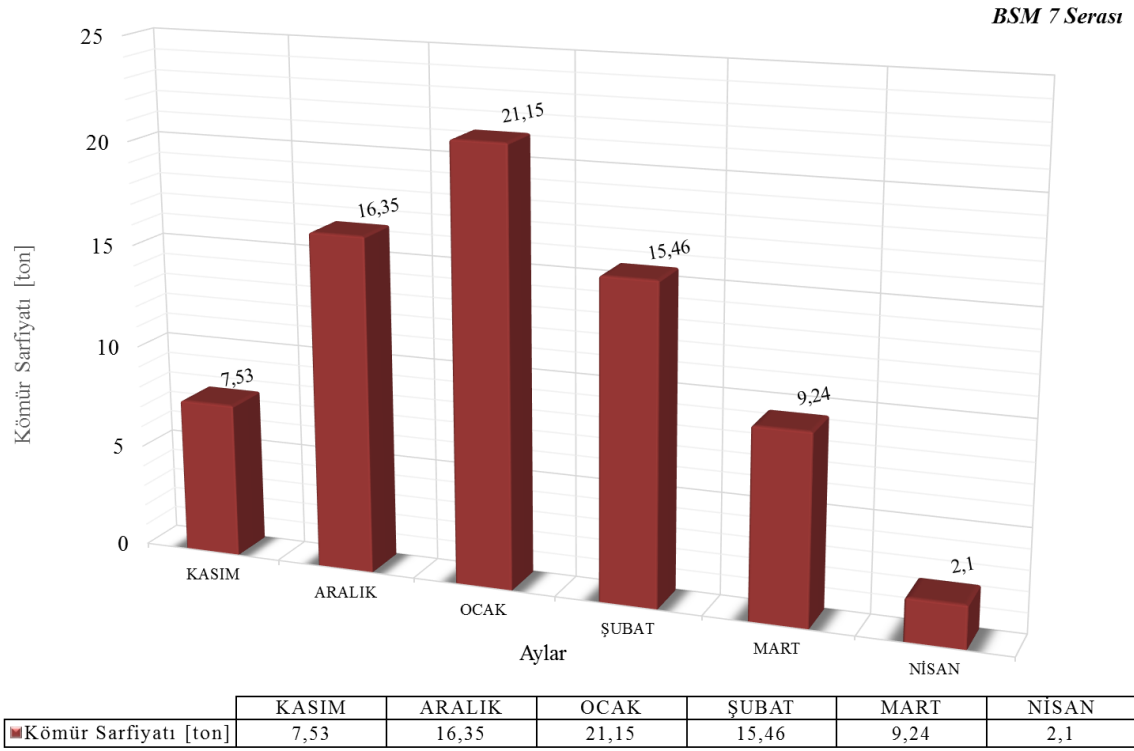
Kazan verimi = 0,75

Buna göre BSM 8 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.15.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 8 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

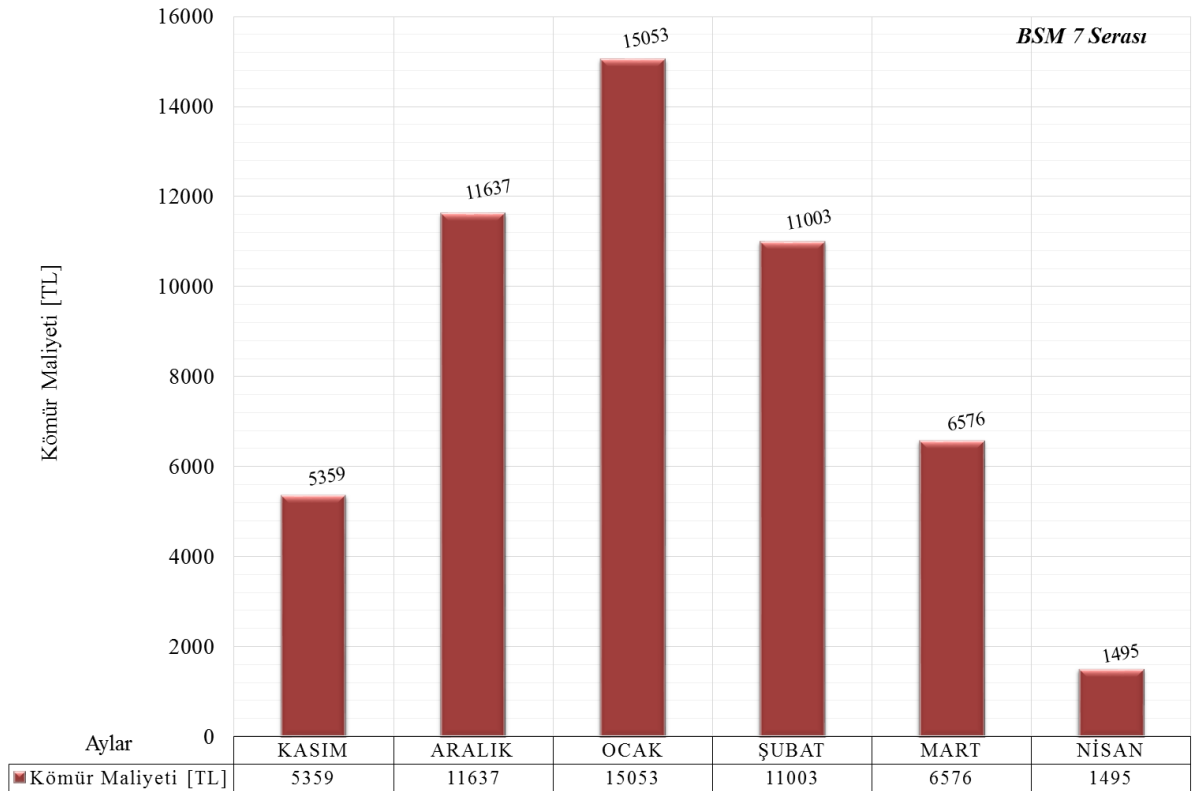
BSM 8 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $2\ 402\ 740 / (6980 \times 0,75) \cong 459$ ton

BSM 8 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.16'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 8 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

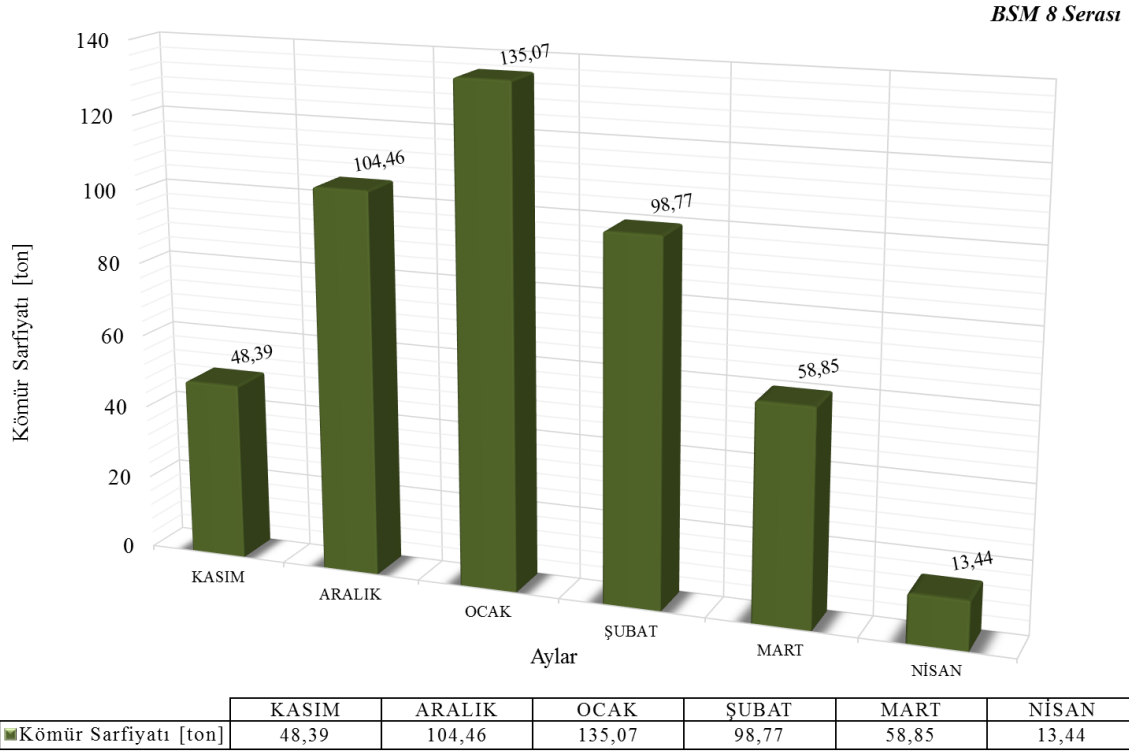
BSM 8 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 459 x 330 x 2,2241 $\approx$ 336 884 TL



Şekil 3.3.13. BSM 7 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.14. BSM 7 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



Şekil 3.3.15. BSM 8 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.16. BSM 8 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.9.) SUR 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

SUR 1 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

SUR 1 Serası yakıt maliyeti = 320 \$/ton (veri bulunmadığından ortalama değer) [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre SUR 1 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.17.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 1 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\ 614\ 712 / (6980 \times 0,75) \cong 308,4$ ton

SUR 1 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.18.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 1 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $308,4 \times 320 \times 2,2241 \cong 219\ 492$ TL

3.3.10.) SUR 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

SUR 2 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

SUR 2 Serası yakıt maliyeti = 320 \$/ton (veri bulunmadığından ortalama değer) [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

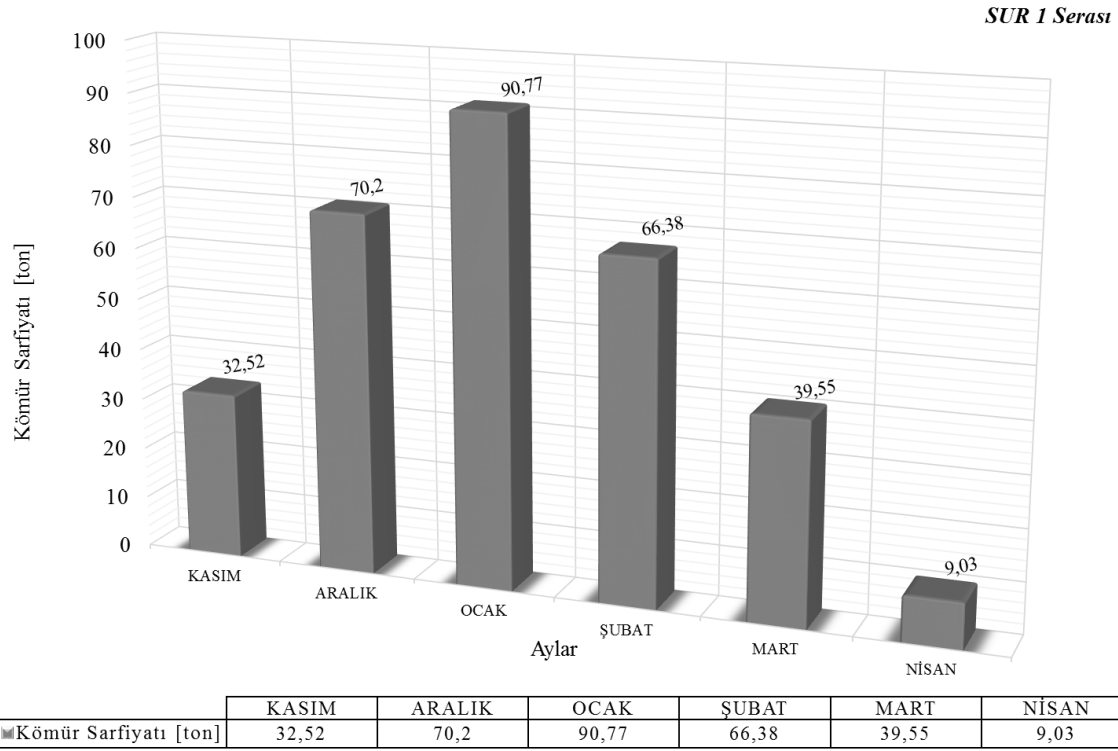
Kazan verimi = 0,75

Buna göre SUR 2 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.19.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

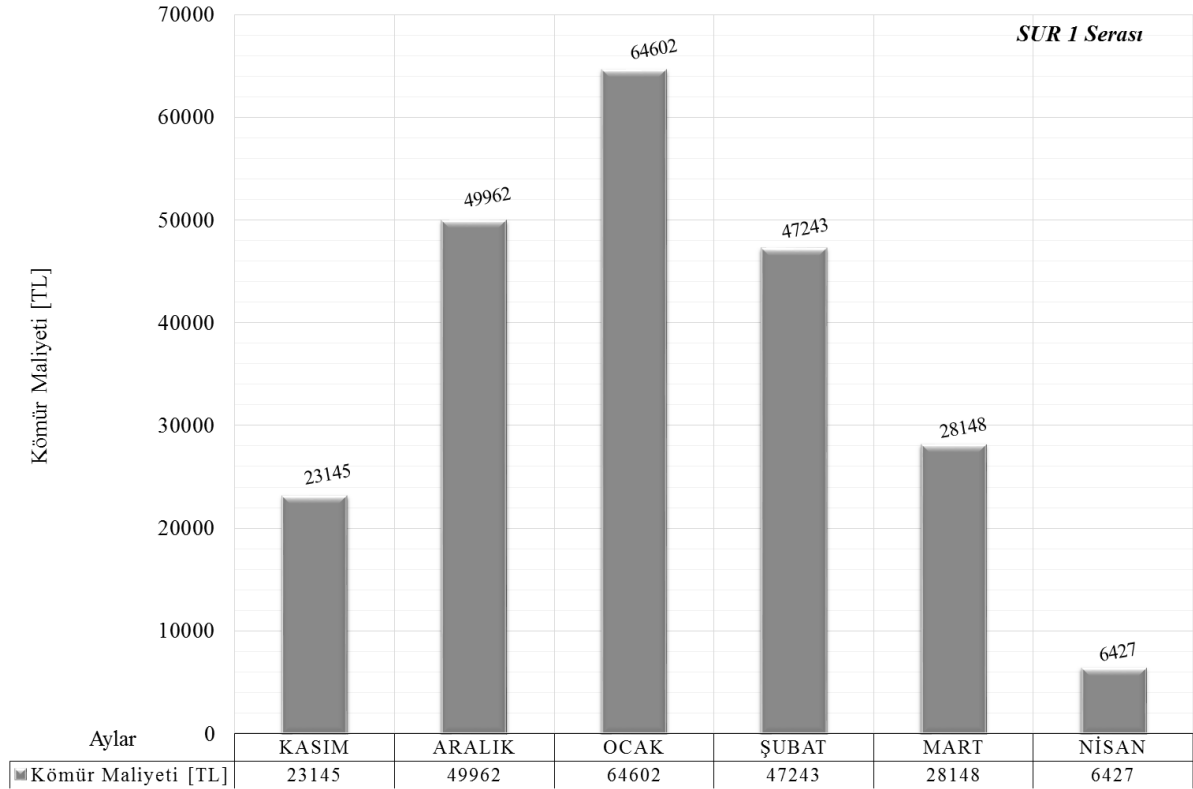
SUR 2 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\ 614\ 712 / (6980 \times 0,75) \cong 308,4$ ton

SUR 2 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.20.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

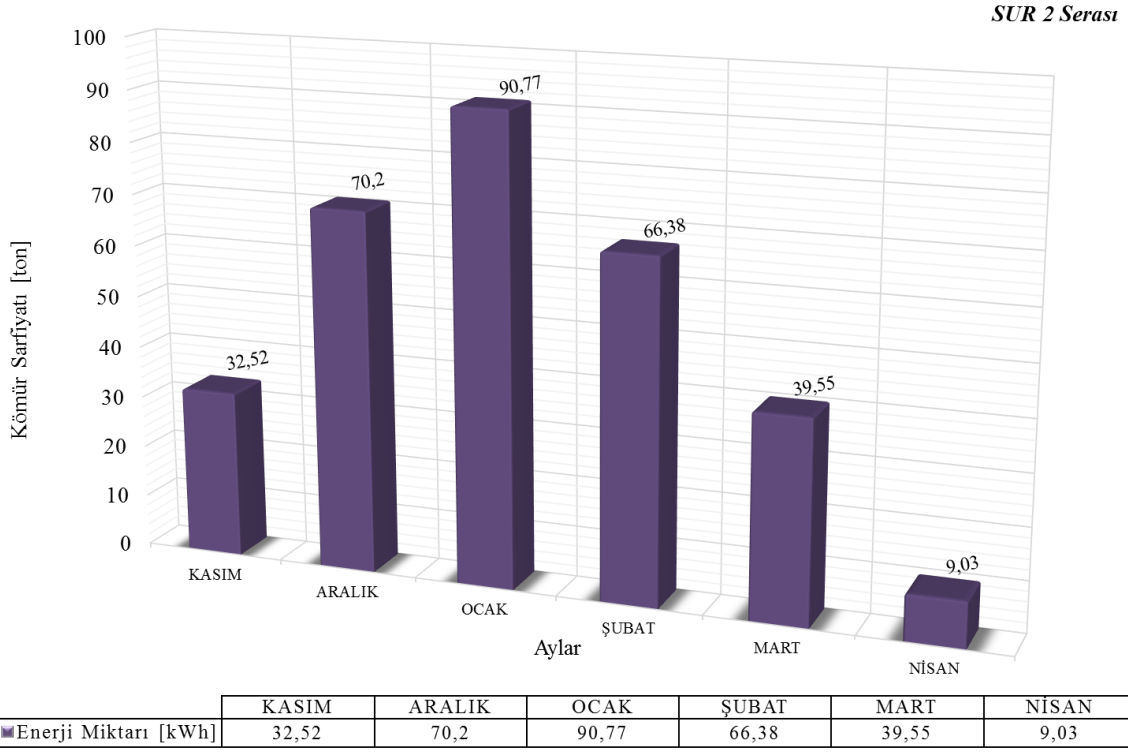
SUR 2 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 308,4 x 320 x 2,2241 $\approx$ 219 492 TL



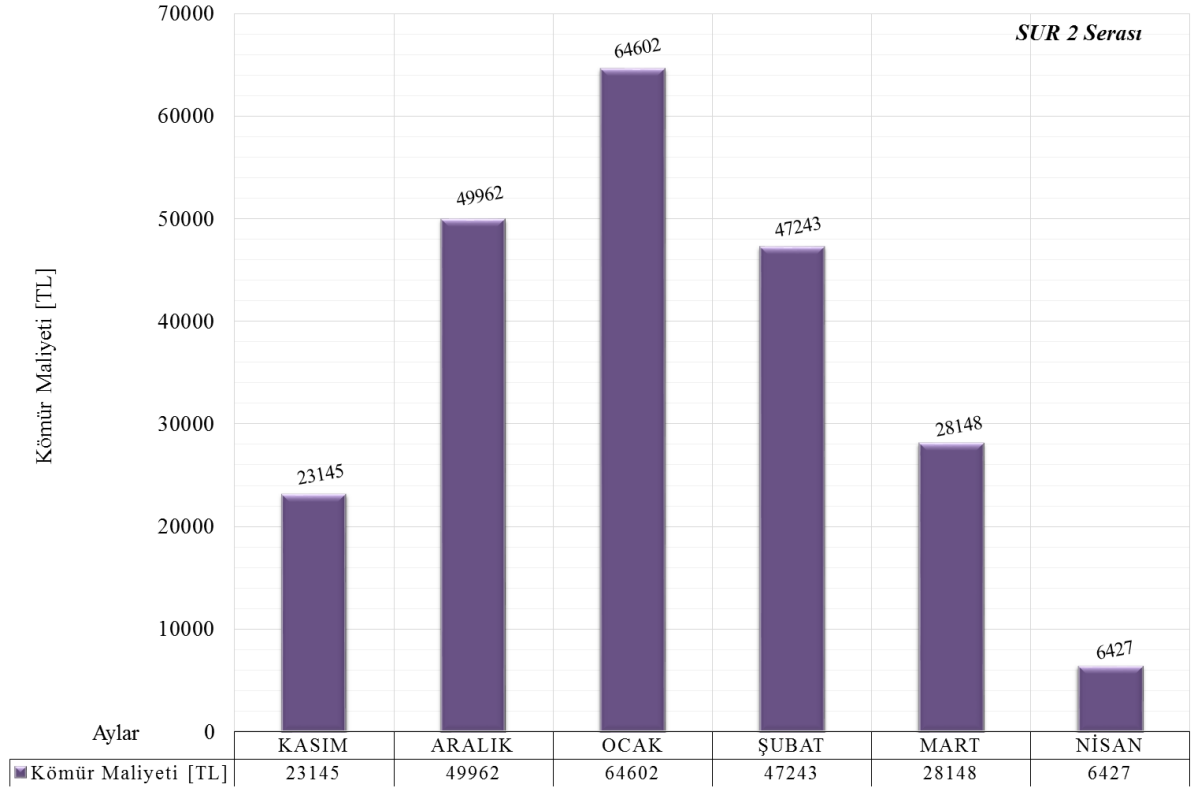
Şekil 3.3.17. SUR 1 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.18. SUR 1 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



Şekil 3.3.19. SUR 2 serası için yaklaşık kömür sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.20. SUR 2 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.11.) SUR 3 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

SUR 3 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

SUR 3 Serası yakıt maliyeti = 330 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg =6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre SUR 3 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.21.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 3 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 3 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = 4 072 744 / (6980 x 0,75) $\cong$ 778 ton

SUR 3 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.22.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 3 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 3 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 778 x 330 x 2,2241 $\cong$ 571 015 TL

3.3.12.) SUR 4 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

SUR 4 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

SUR 4 Serası yakıt maliyeti = 320 \$/ton (veri bulunmadığından ortalama değer) [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg =6980 kWh/ton

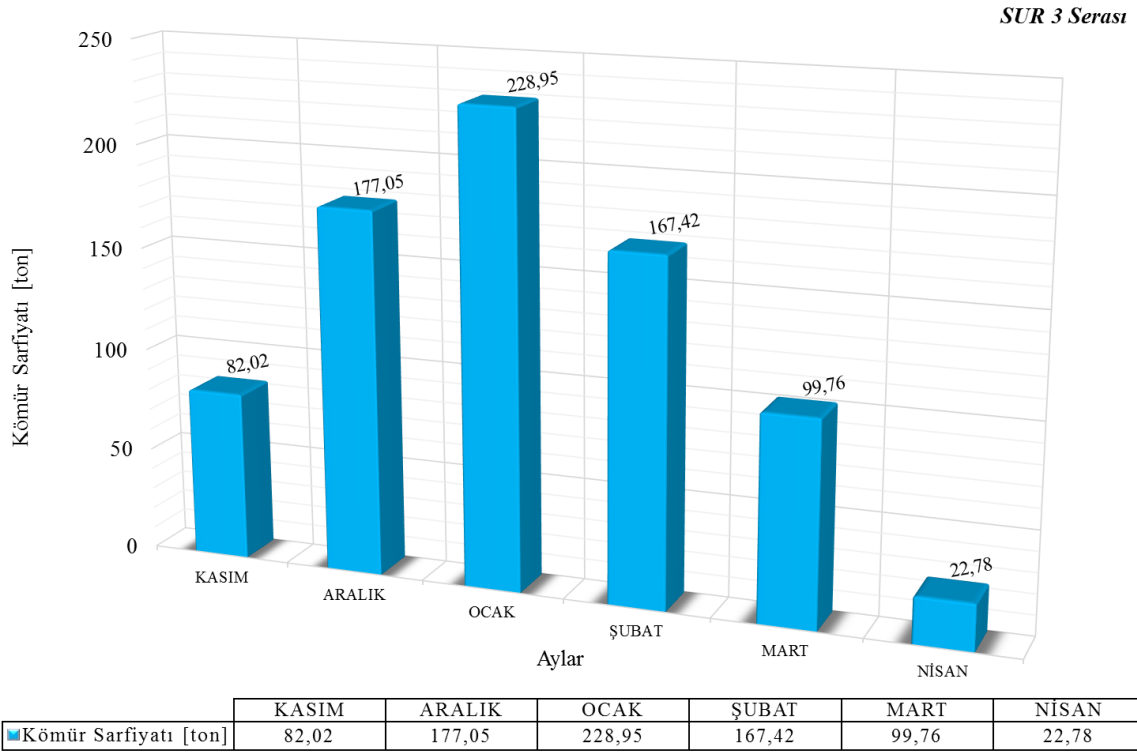
Kazan verimi = 0,75

Buna göre SUR 4 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.23.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 4 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

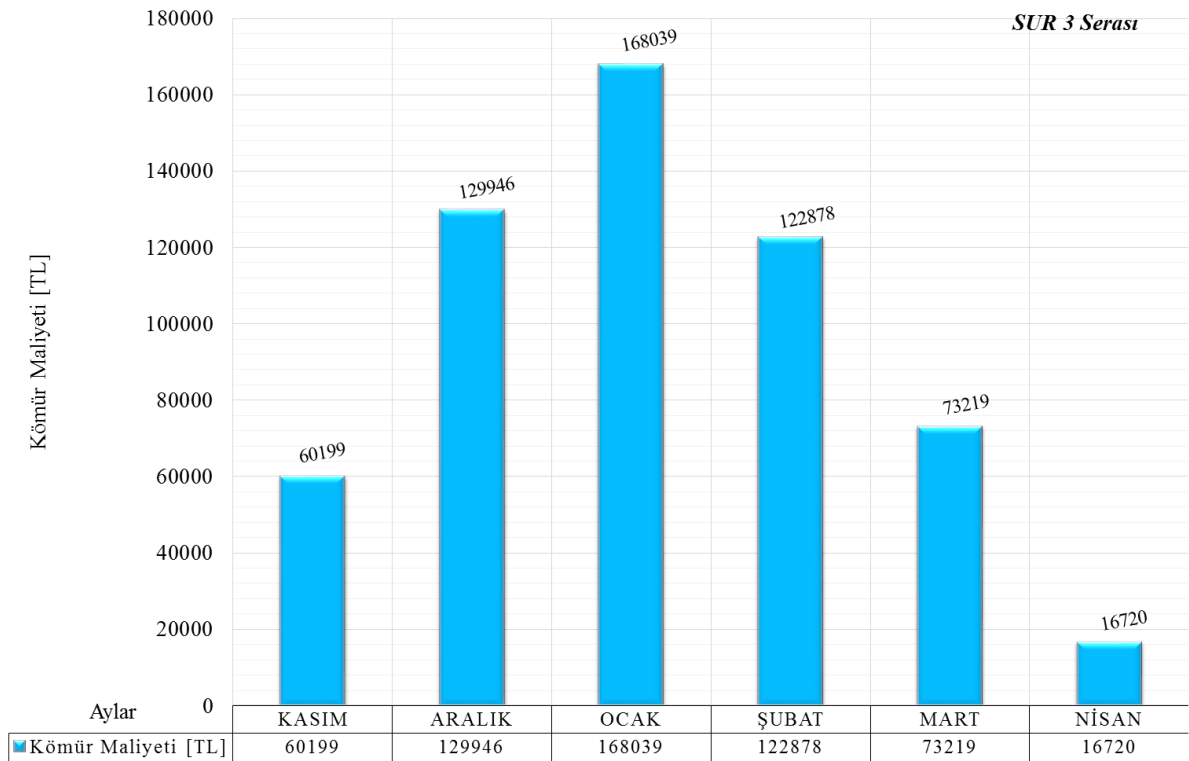
SUR 4 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = 1 276 904 / (6980 x 0,75) $\cong$ 244 ton

SUR 4 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.24.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 4 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

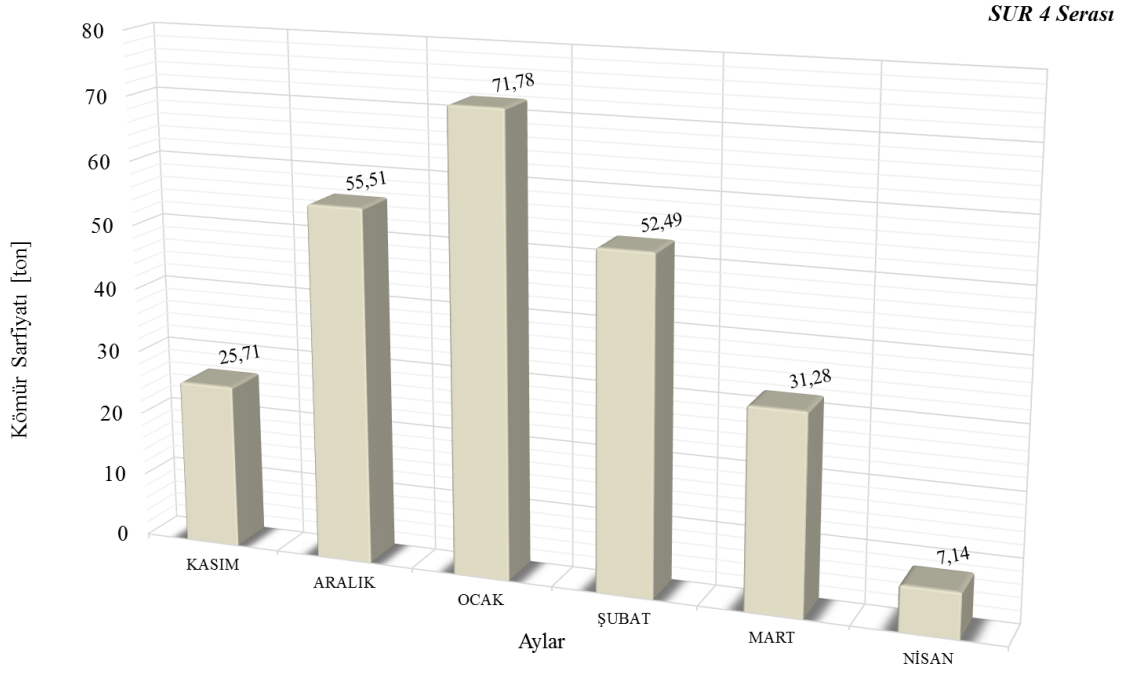
SUR 4 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 244 x 320 x 2,2241 $\approx$ 173 657 TL



Şekil 3.3.21. SUR 3 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri

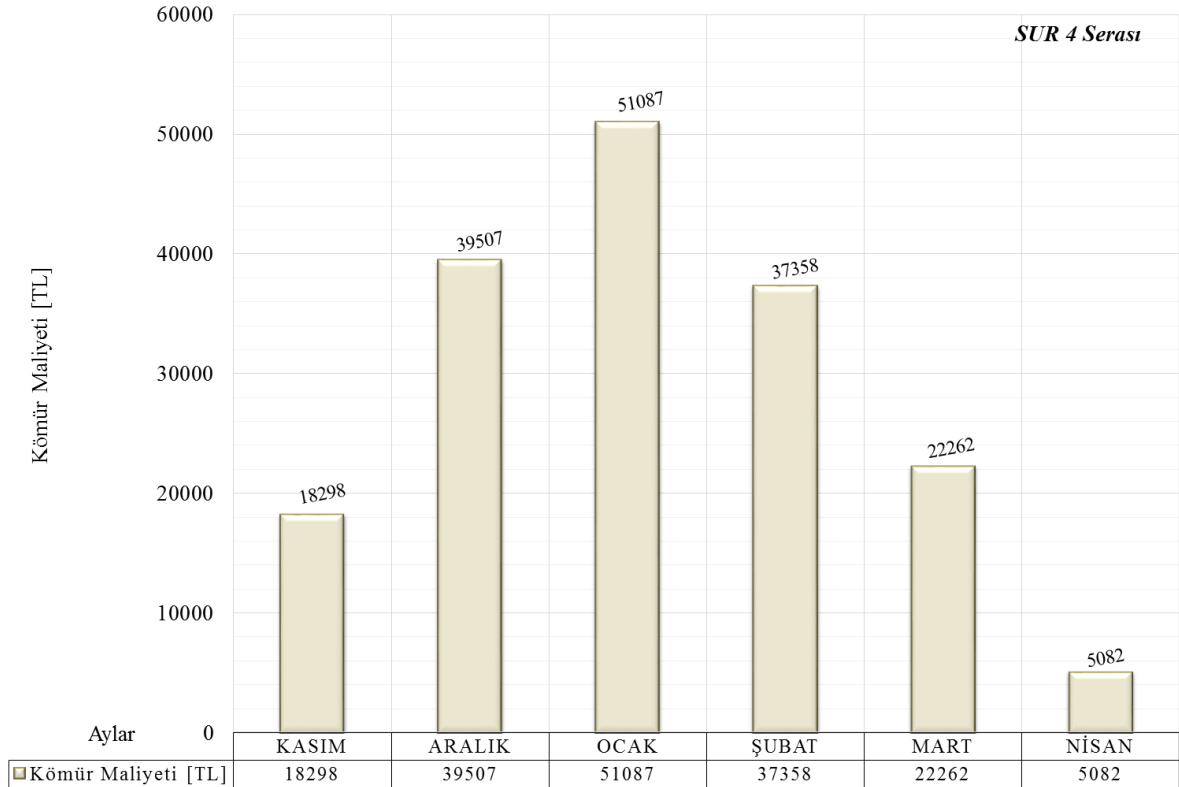


Şekil 3.3.22. SUR 3 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Sarfıyatı [ton]	25,71	55,51	71,78	52,49	31,28	7,14

Şekil 3.3.23. SUR 4 serası için yaklaşık kömür sarfıyat değerleri



	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Maliyeti [TL]	18298	39507	51087	37358	22262	5082

Şekil 3.3.24. SUR 4 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.13.) SVN 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

SVN 1 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

SVN 1 Serası yakıt maliyeti = 300 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre SVN 1 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.25.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SVN 1 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\,434\,702 / (6980 \times 0,75) \cong 274,1$ ton

SVN 1 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.26.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SVN 1 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $274,1 \times 300 \times 2,2241 \cong 182\,888$ TL

3.3.14.) SVN 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

SVN 2 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

SVN 2 Serası yakıt maliyeti = 300 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg = 6980 kWh/ton

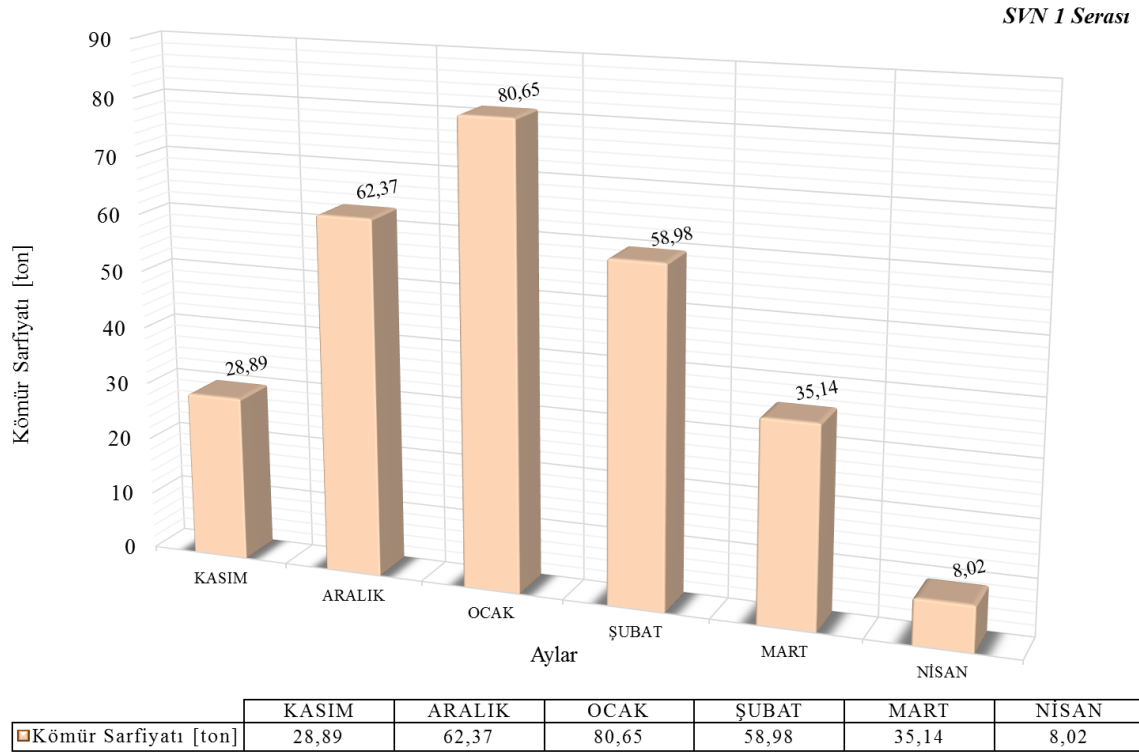
Kazan verimi = 0,75

Buna göre SVN 2 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.27.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

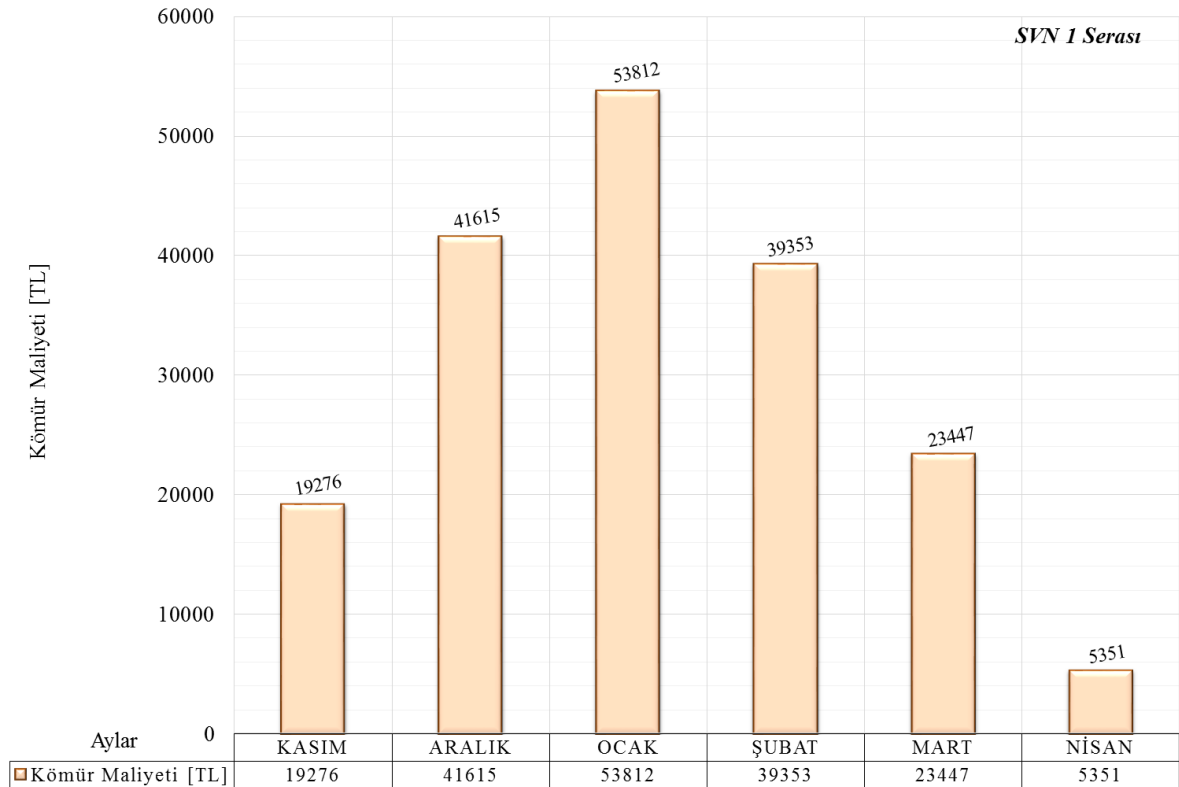
SVN 2 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\,434\,702 / (6980 \times 0,75) \cong 274,1$ ton

SVN 2 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.28.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

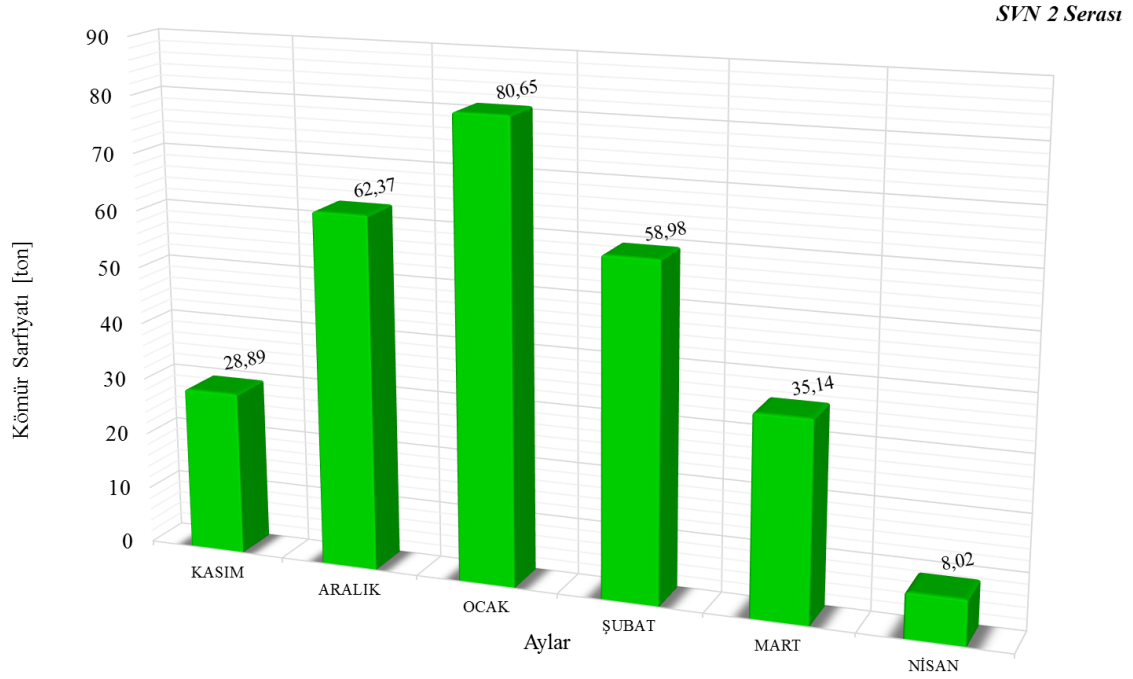
SVN 2 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 274,1 x 300 x 2,2241 $\cong$ 182 888 TL



Şekil 3.3.25. SVN 1 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri

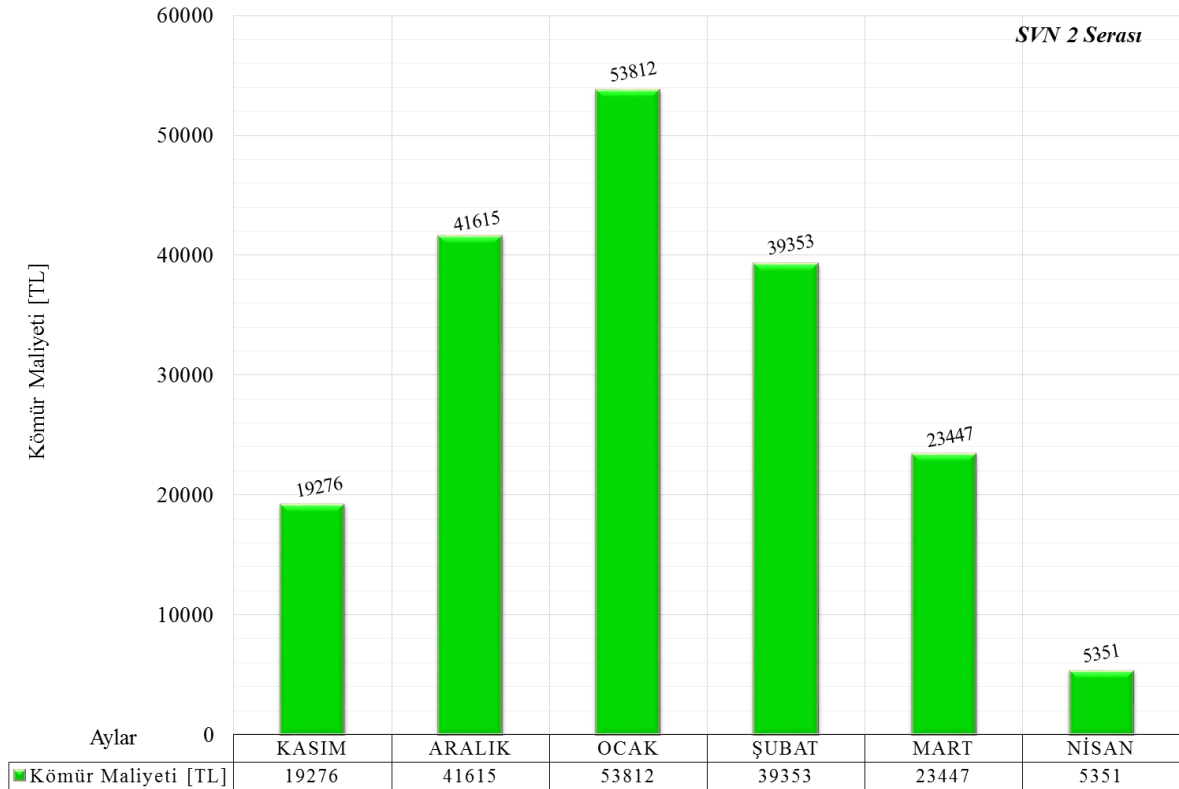


Şekil 3.3.26. SVN 1 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Sarfıyatı [ton]	28,89	62,37	80,65	58,98	35,14	8,02

Şekil 3.3.27. SVN 2 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kömür Maliyeti [TL]	19276	41615	53812	39353	23447	5351

Şekil 3.3.28. SVN 2 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.15.) EGL 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

EGL 1 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

EGL 1 Serası yakıt maliyeti = 300 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg =6980 kWh/ton

Kazan verimi = 0,75

Buna göre EGL 1 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.29.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

EGL 1 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\,259\,680 / (6980 \times 0,75) \cong 240,6$ ton

EGL 1 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.30.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 1 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

EGL 1 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = $240,6 \times 300 \times 2,2241 \cong 160\,536$ TL

3.3.16.) EGL 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Kömür ile Karşılanması

EGL 2 serasının ısı ihtiyacının kömür ile karşılanması durumunda;

EGL 2 Serası yakıt maliyeti = 300 \$/ton [2]

Kömür alt ısı değeri = 6,98 kWh/kg =6980 kWh/ton

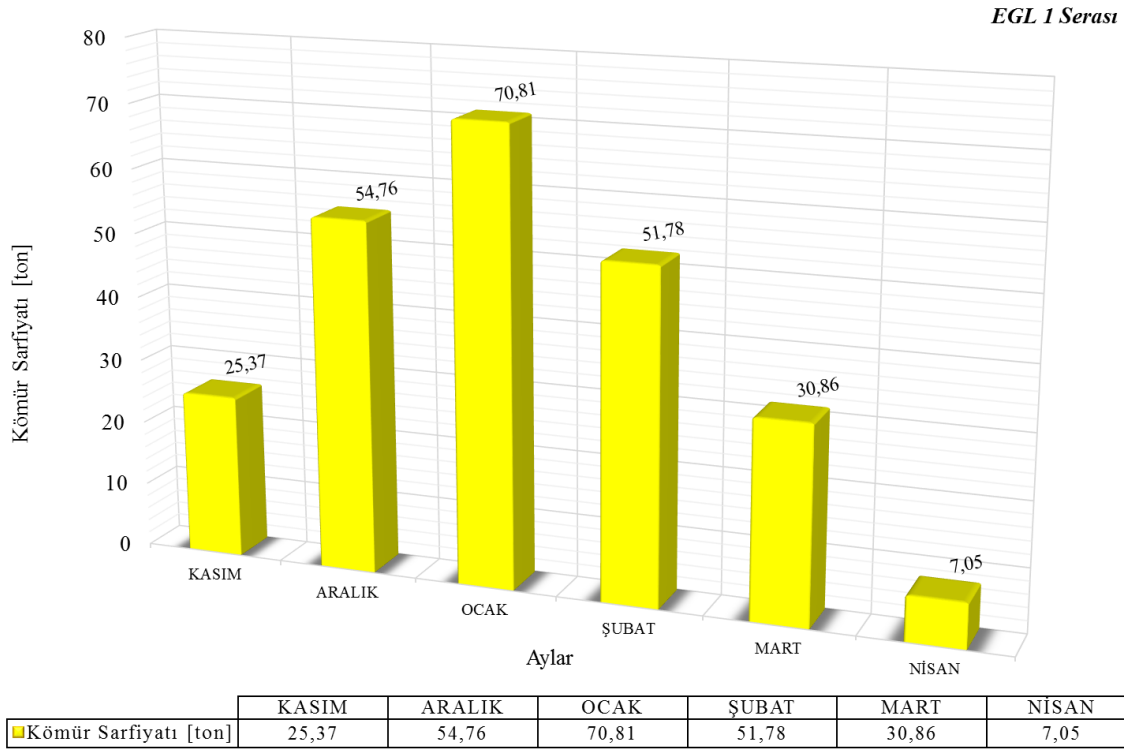
Kazan verimi = 0,75

Buna göre EGL 2 serasının aylık yaklaşık kömür sarfıyatı Şekil 3.3.31.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

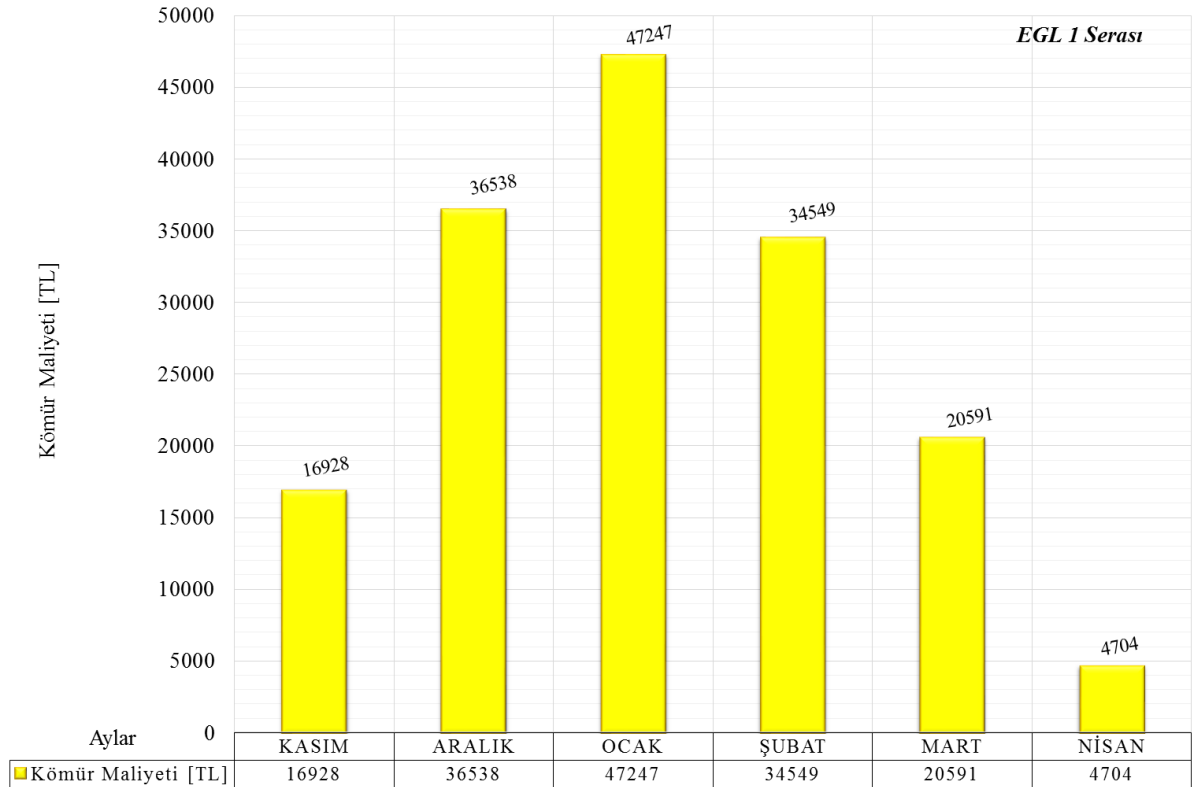
EGL 2 Yıllık Toplam Kömür Sarfıyatı = $1\,259\,680 / (6980 \times 0,75) \cong 240,6$ ton

EGL 2 serasının aylık yaklaşık kömür maliyeti Şekil 3.3.32.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 2 serası için yıllık yaklaşık toplam kömür maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

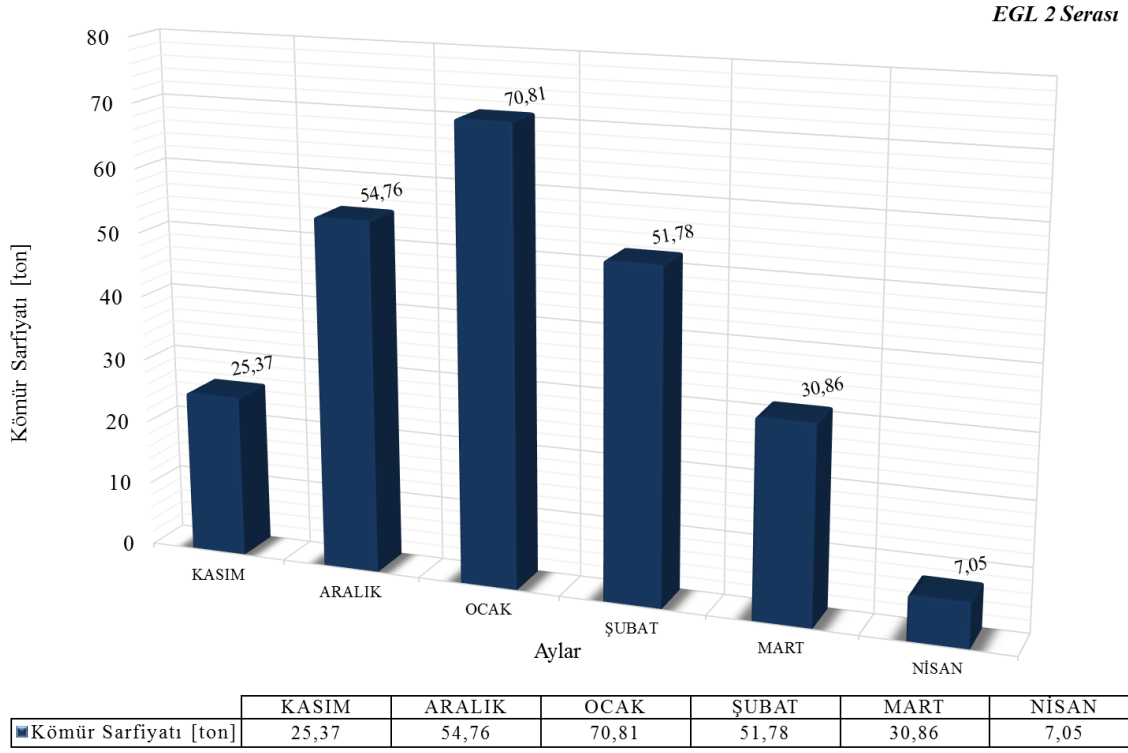
EGL 2 Yıllık Toplam Kömür Maliyeti = 240,6 x 300 x 2,2241 $\approx$ 160 536 TL



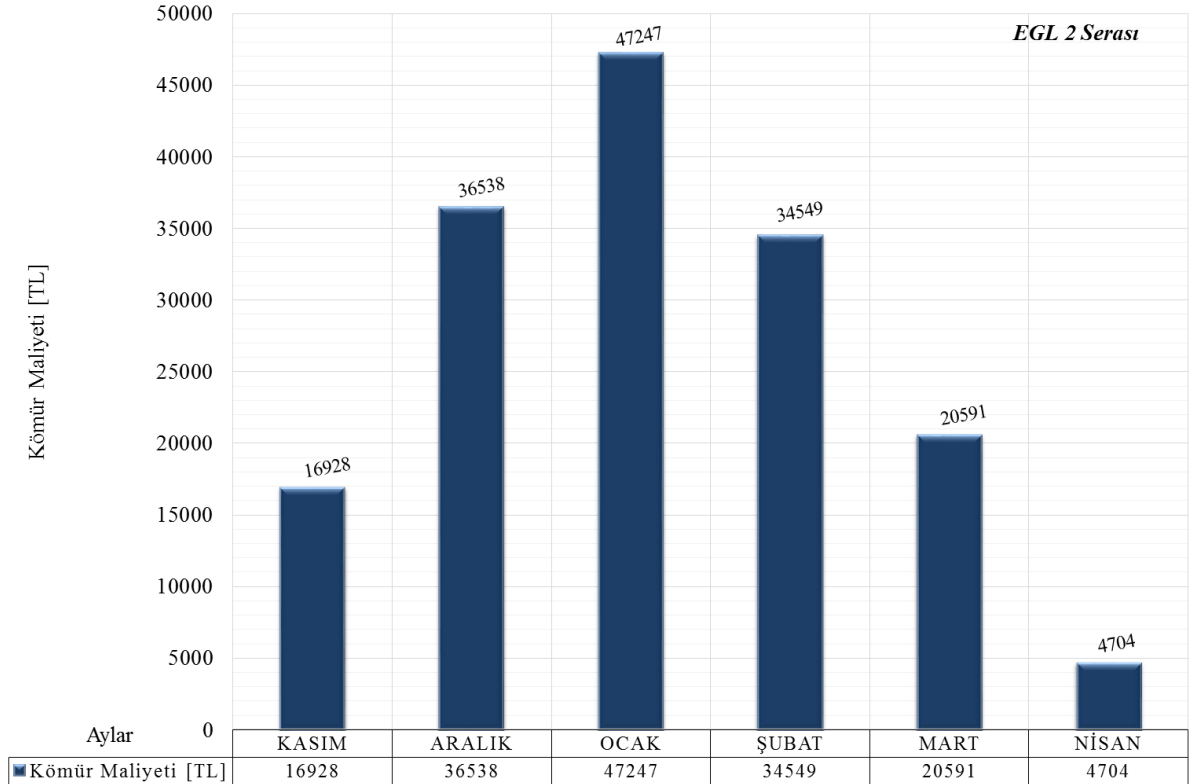
Şekil 3.3.29. EGL 1 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.30. EGL 1 serası için yaklaşık kömür maliyetleri



Şekil 3.3.31. EGL 2 serası için yaklaşık kömür sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.32. EGL 2 serası için yaklaşık kömür maliyetleri

3.3.17.) BSM 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 1 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 1 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.33.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 1 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 4 409 059 / 6 $\cong$ 734 843 kWh

BSM 1 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.34.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 1 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 734 843 x 0,26 $\cong$ 191 059 TL

3.3.18.) BSM 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 2 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

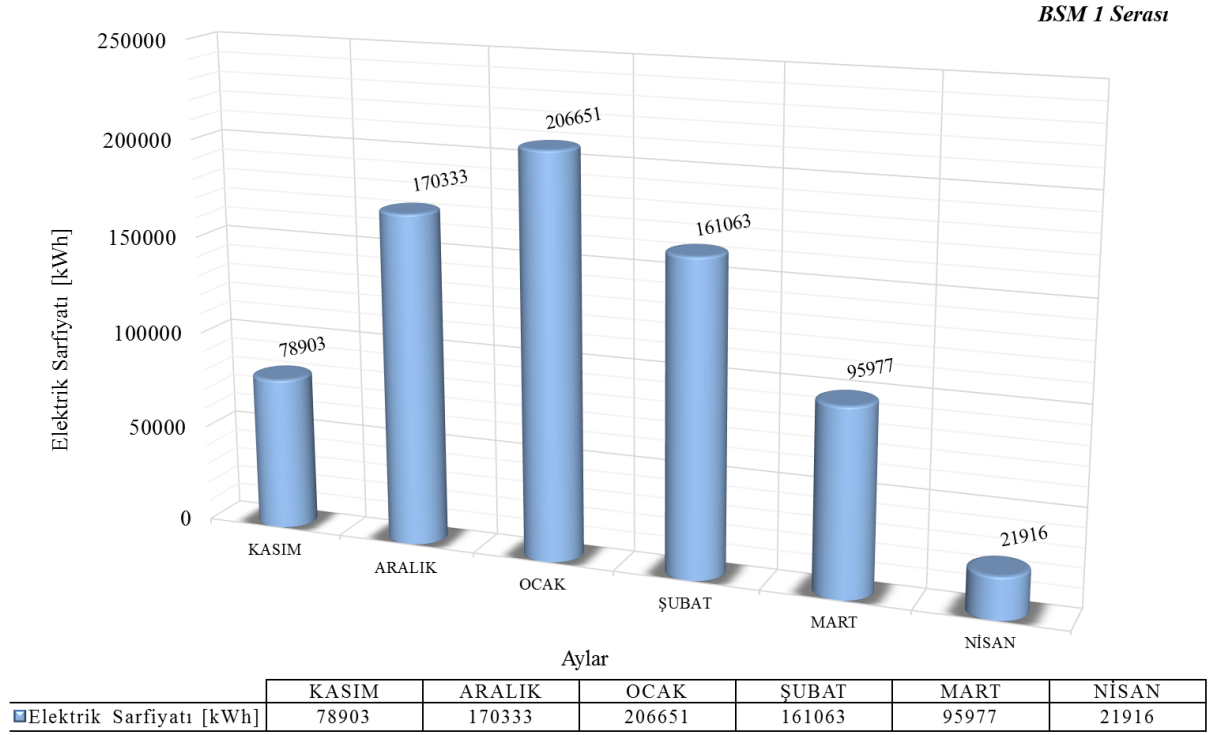
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 2 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.35.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

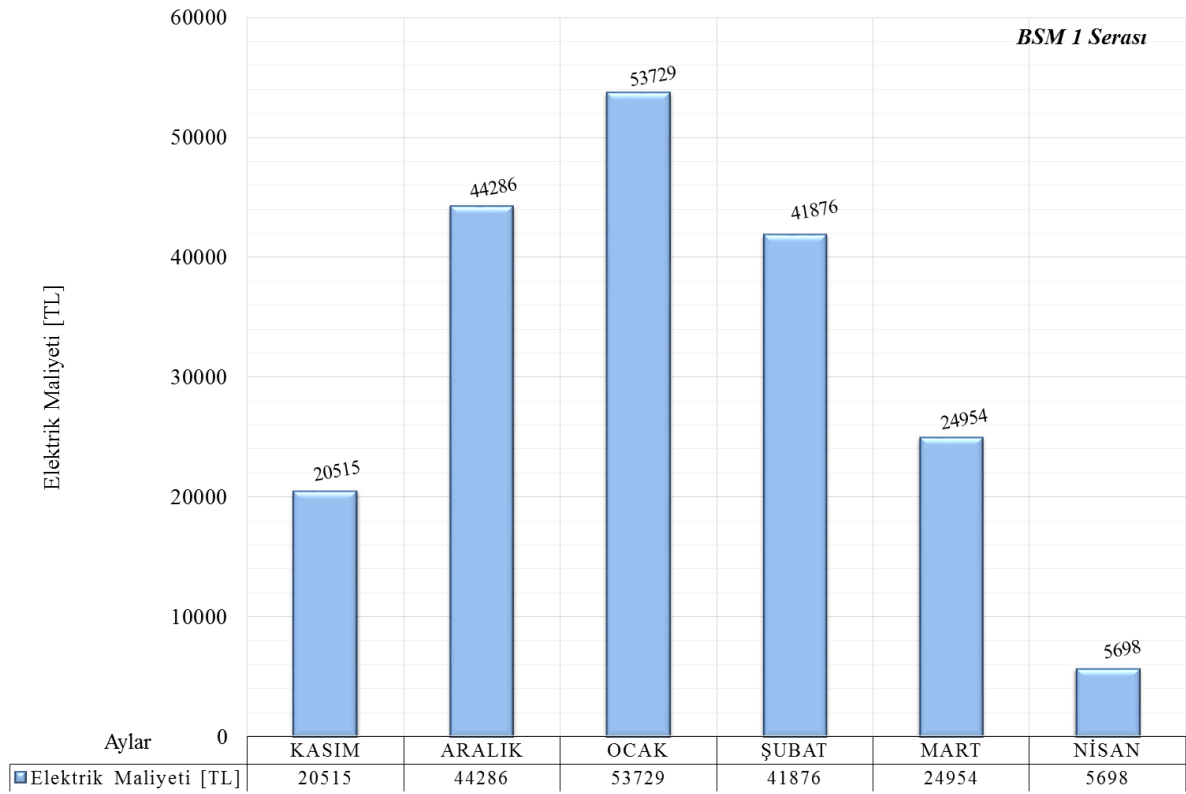
BSM 2 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 4 409 059 / 6 $\cong$ 734 843 kWh

BSM 2 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.36.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

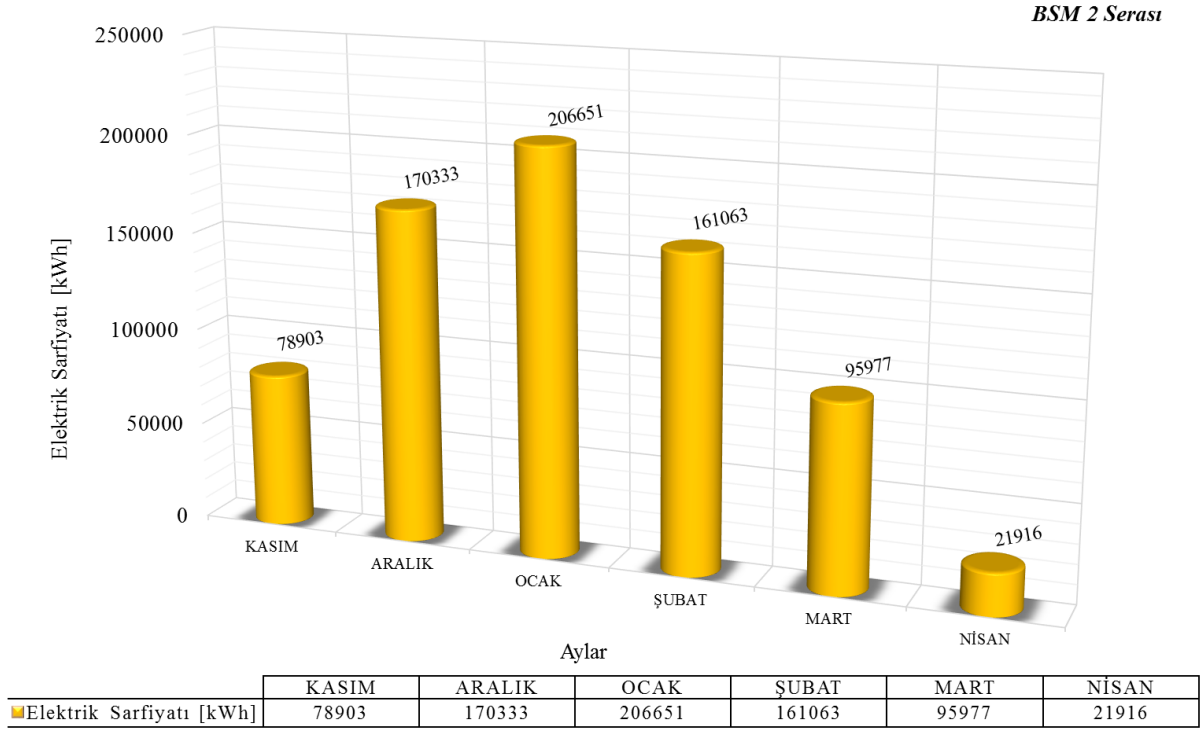
BSM 2 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 734 843 x 0,26 $\cong$ 191 059 TL



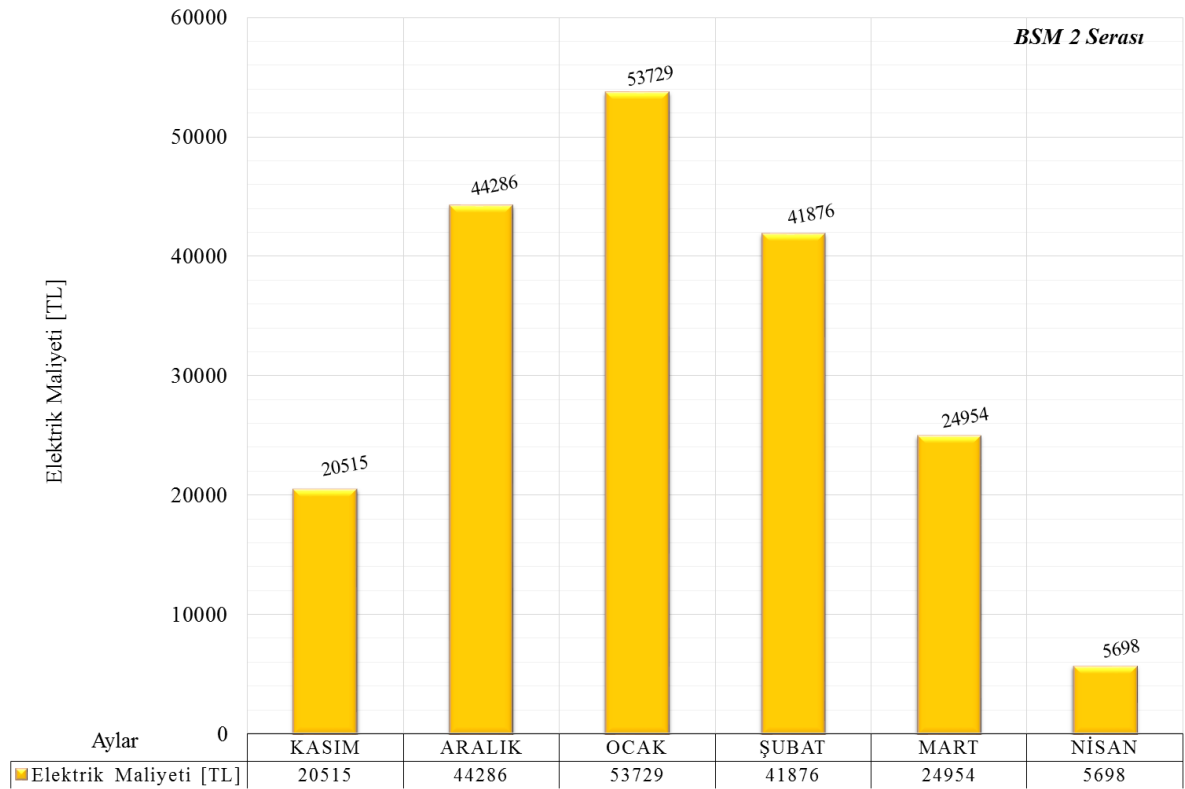
Şekil 3.3.33. BSM 1 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.34. BSM 1 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.35. BSM 2 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.36. BSM 2 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.19.) BSM 3 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 3 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 3 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.37.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 3 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 3 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 4 409 059 / 6 $\cong$ 734 843 kWh

BSM 3 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.38.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 3 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 3 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 734 843 x 0,26 $\cong$ 191 059 TL

3.3.20.) BSM 4 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 4 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

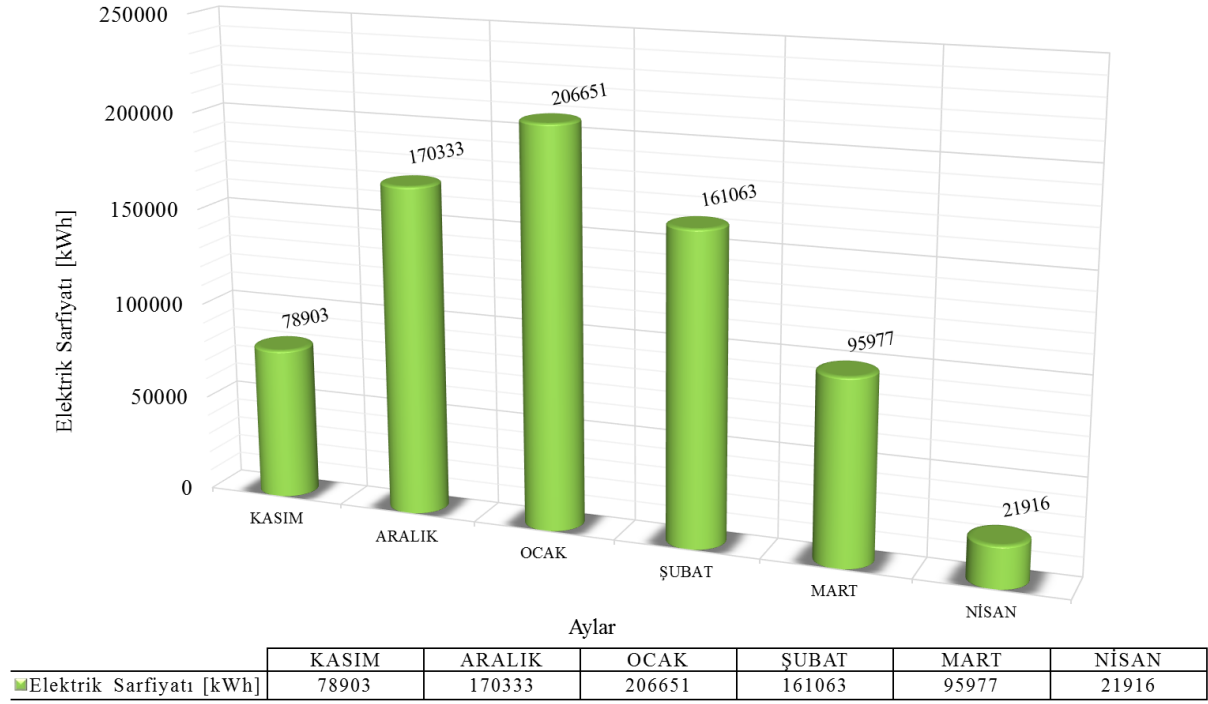
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 4 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.39.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 4 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 4 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 1 196 179 / 6 $\cong$ 199 363 kWh

BSM 4 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.40.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 4 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

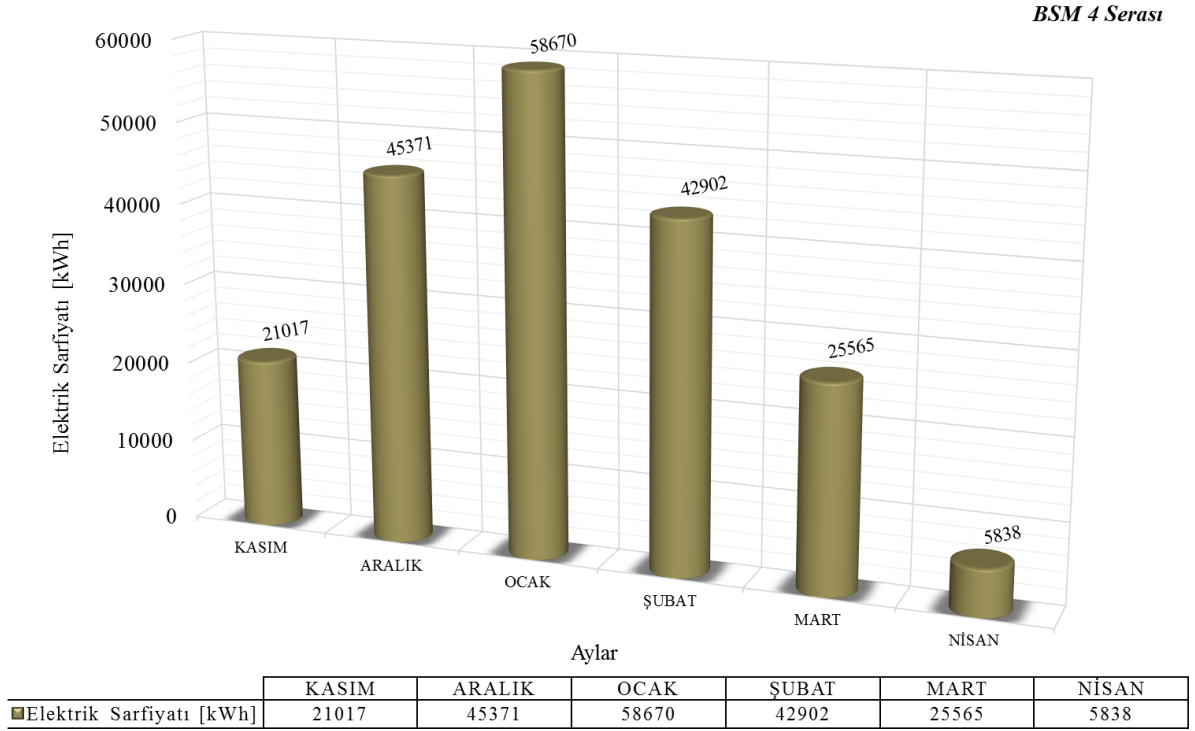
BSM 4 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 199 363 x 0,26 $\cong$ 51 834 TL



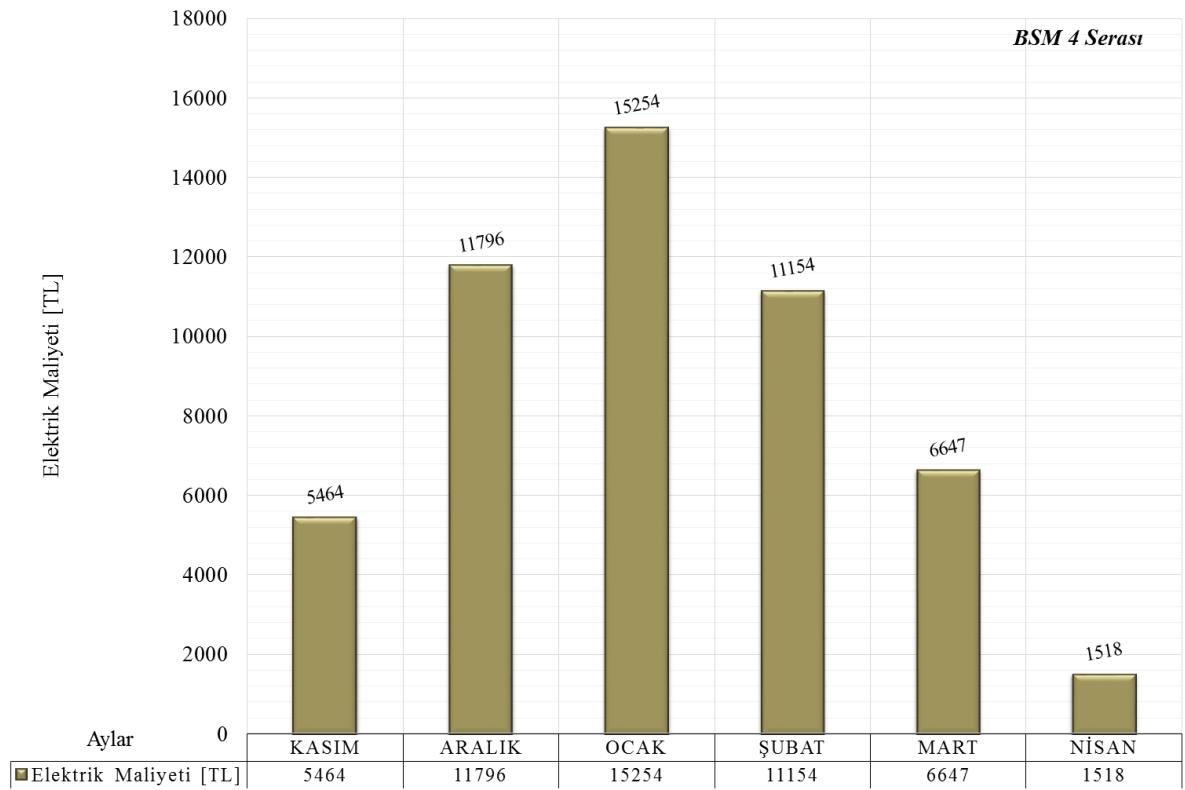
Şekil 3.3.37. BSM 3 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.38. BSM 3 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.39. BSM 4 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.40. BSM 4 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.21.) BSM 5 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 5 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 5 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.41.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 5 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 5 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 1 196 179 / 6 $\cong$ 199 363 kWh

BSM 5 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.42.'te tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 5 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 5 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 199 363 x 0,26 $\cong$ 51 834 TL

3.3.22.) BSM 6 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 6 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

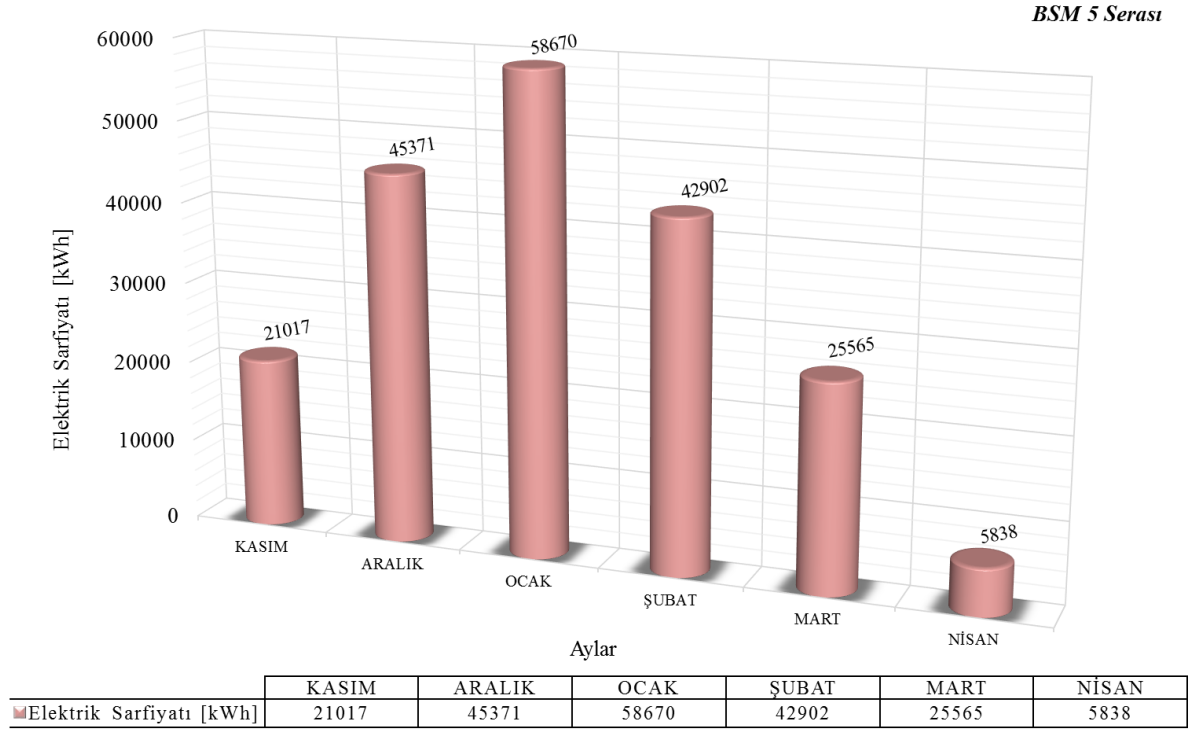
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 6 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.43.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 6 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

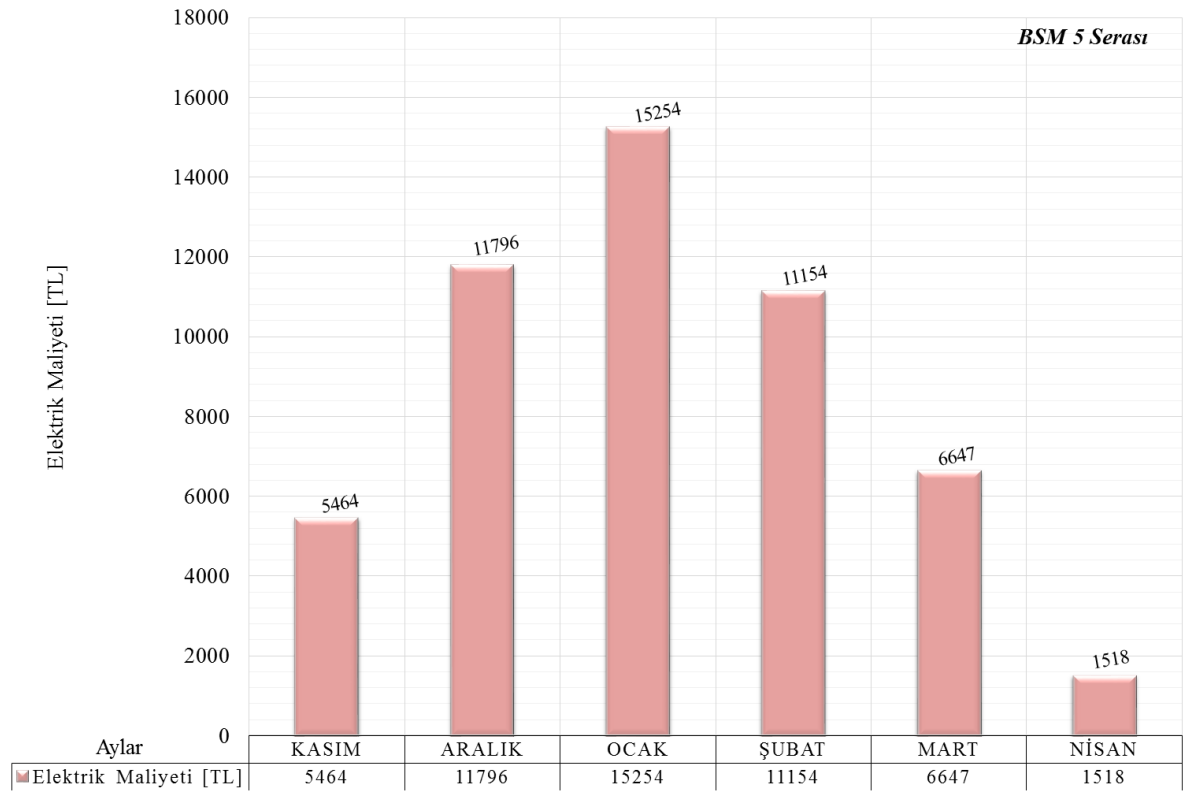
BSM 6 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 4 317 618 / 6 $\cong$ 719 603 kWh

BSM 6 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.44.'te tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 6 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

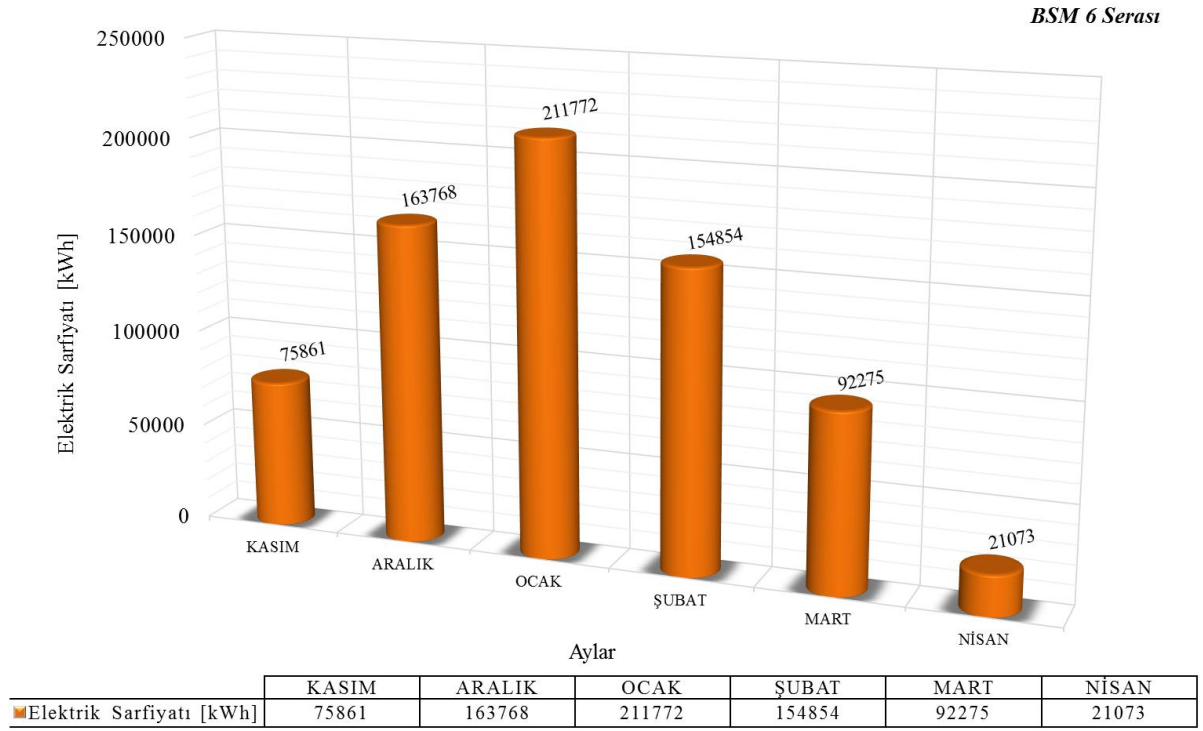
BSM 6 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 719 603 x 0,26 $\cong$ 187 097 TL



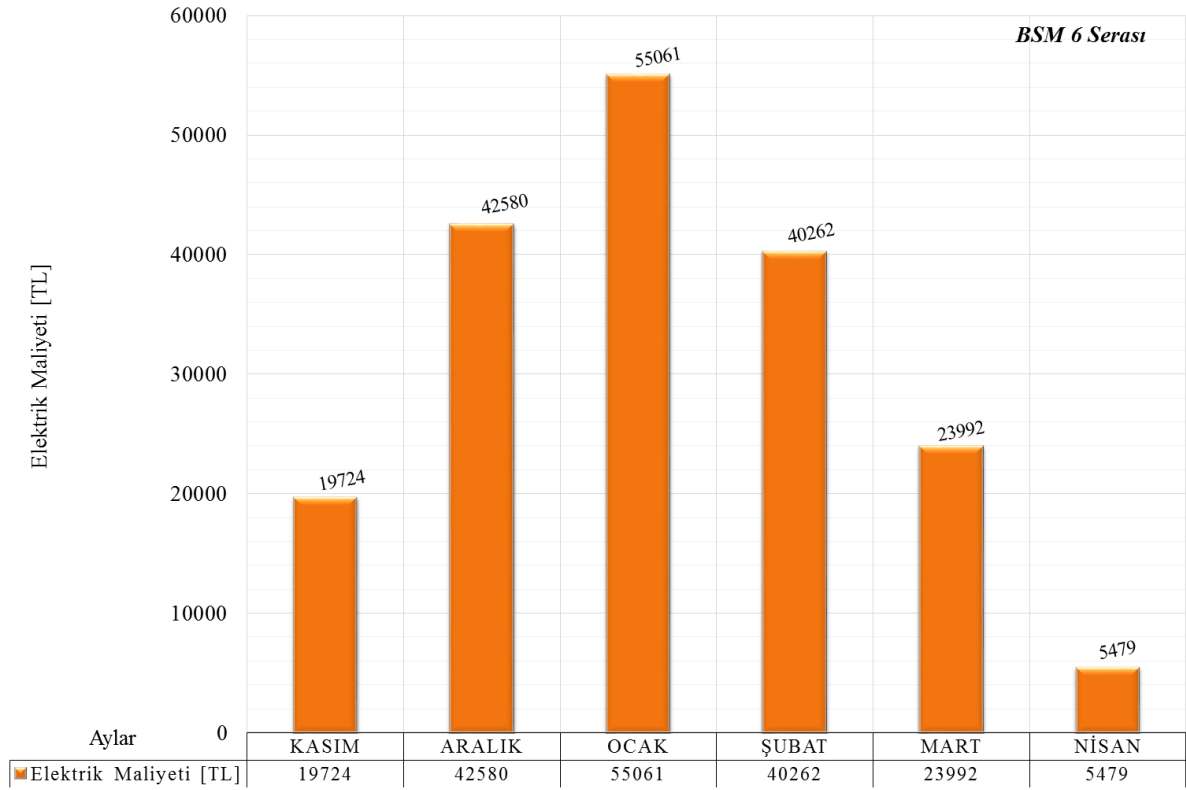
Şekil 3.3.41. BSM 5 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.42. BSM 5 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.43. BSM 6 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.44. BSM 6 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.23.) BSM 7 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 7 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 7 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.45.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 7 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 7 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = $376\ 062 / 6 \cong 62\ 677$ kWh

BSM 7 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.46.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 7 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

BSM 7 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = $62\ 677 \times 0,26 \cong 16\ 296$ TL

3.3.24.) BSM 8 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

BSM 8 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

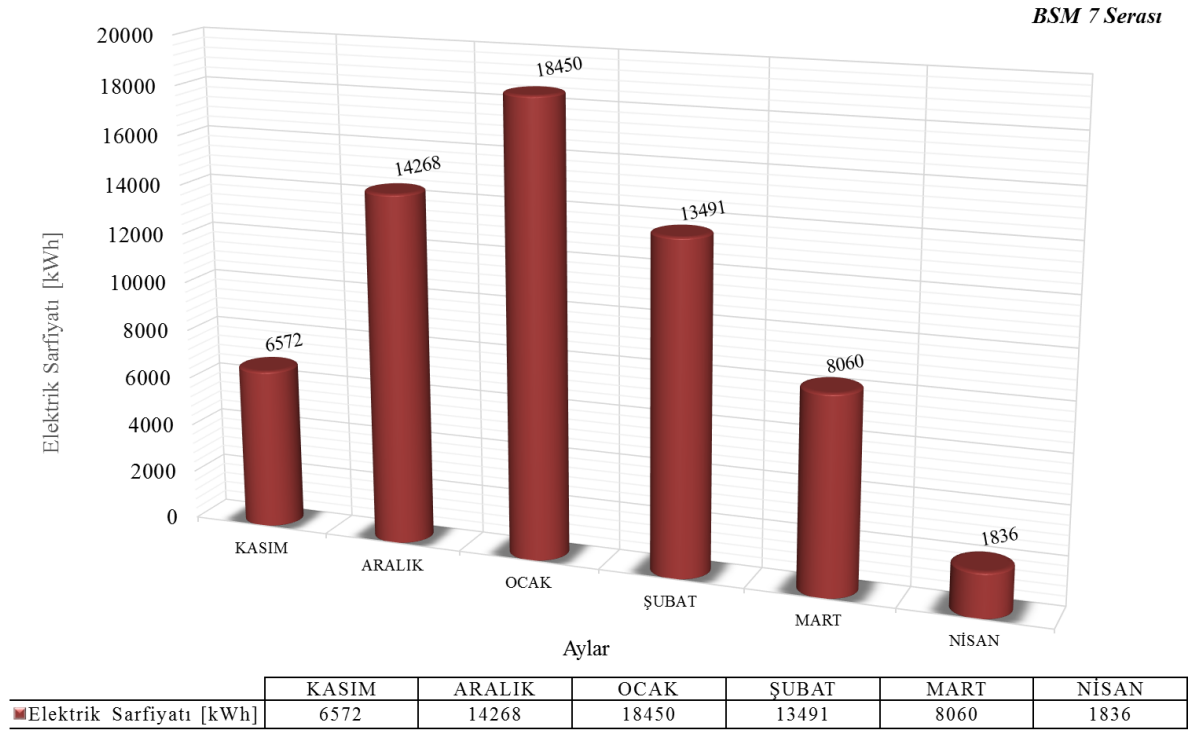
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre BSM 8 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.47.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 8 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

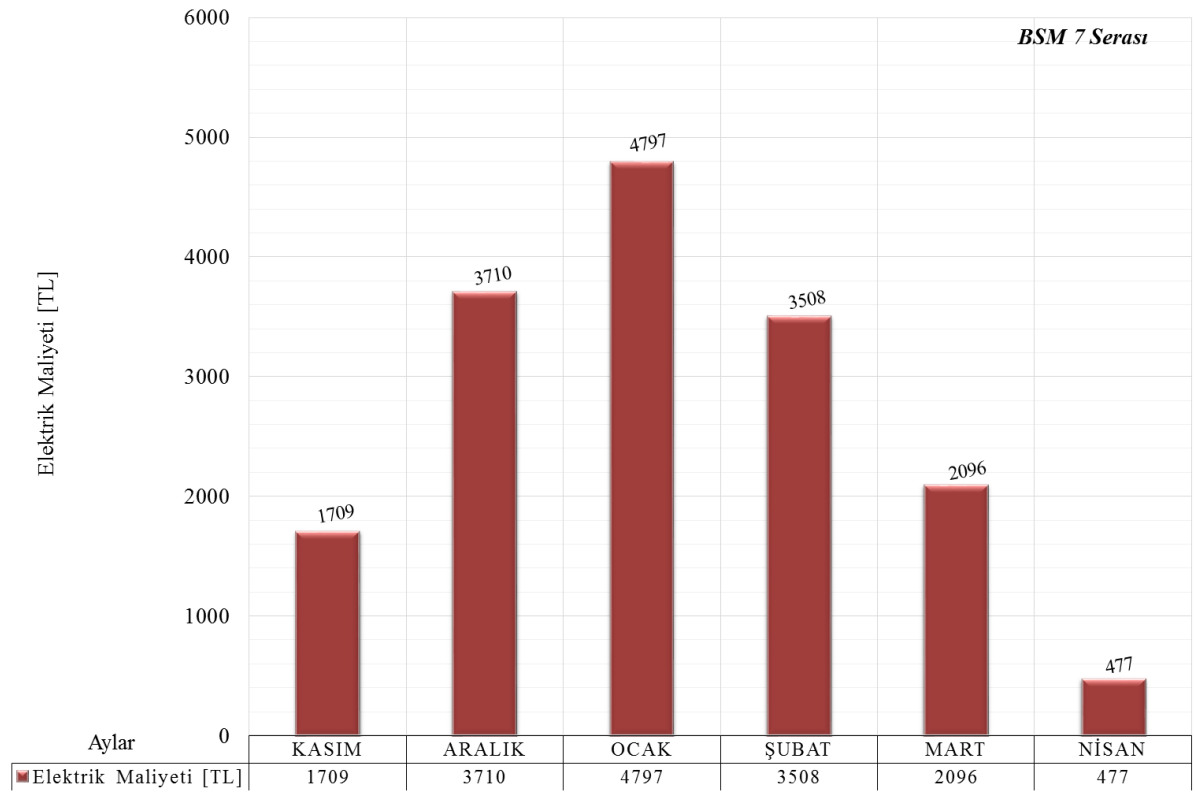
BSM 8 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = $2\ 402\ 740 / 6 \cong 400\ 457$ kWh

BSM 8 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.48.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. BSM 8 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

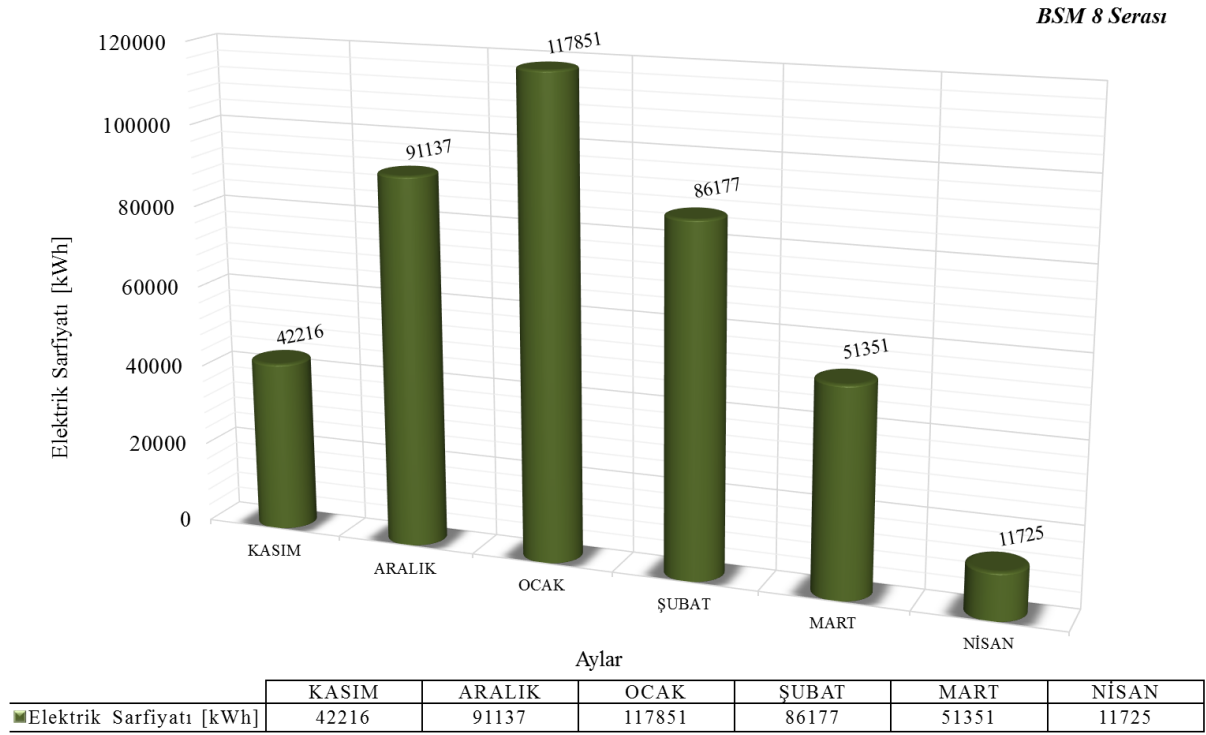
BSM 8 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = $400\ 457 \times 0,26 \cong 104\ 119$ TL



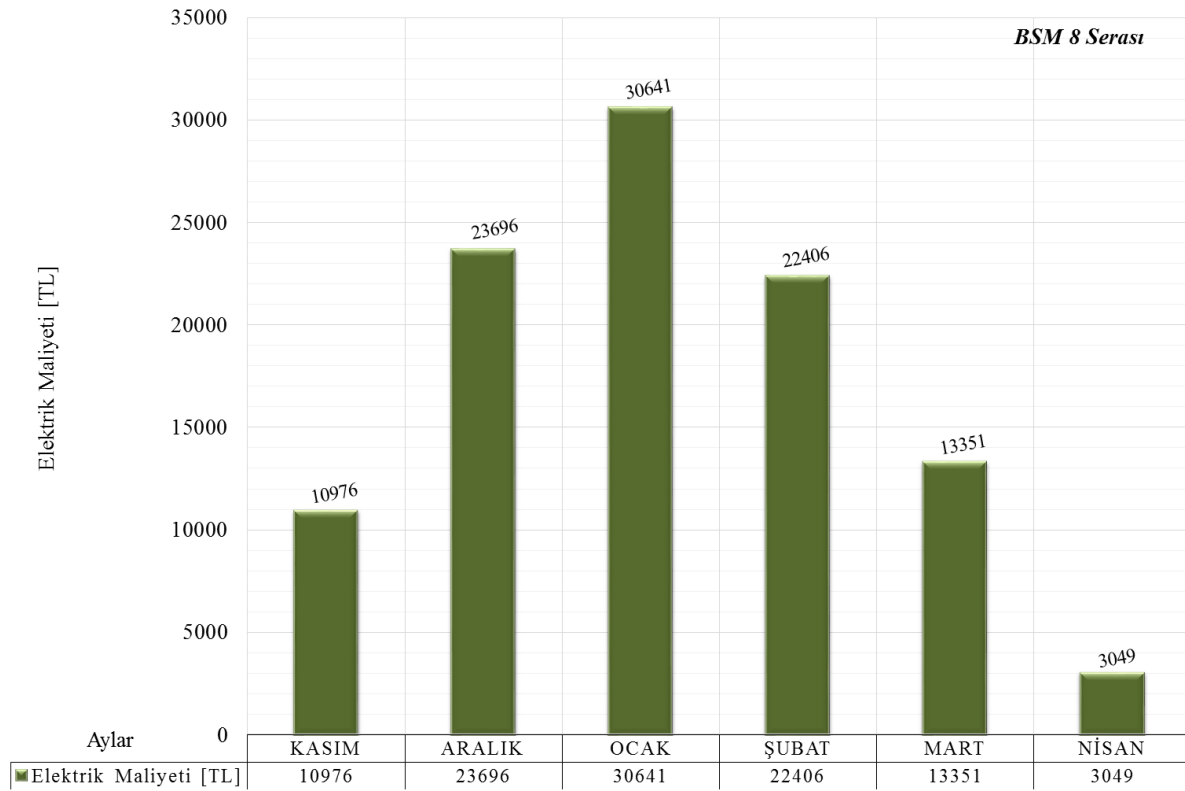
Şekil 3.3.45. BSM 7 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.46. BSM 7 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.47. BSM 8 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.48. BSM 8 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.25.) SUR 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

SUR 1 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre SUR 1 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfiyatı Şekil 3.3.49.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfiyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 1 Yıllık Toplam Elektrik Sarfiyatı = 1 614 712 / 6 $\cong$ 269 119 kWh

SUR 1 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.50.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SUR 1 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 269 119 x 0,26 $\cong$ 69 971 TL

3.3.26.) SUR 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

SUR 2 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

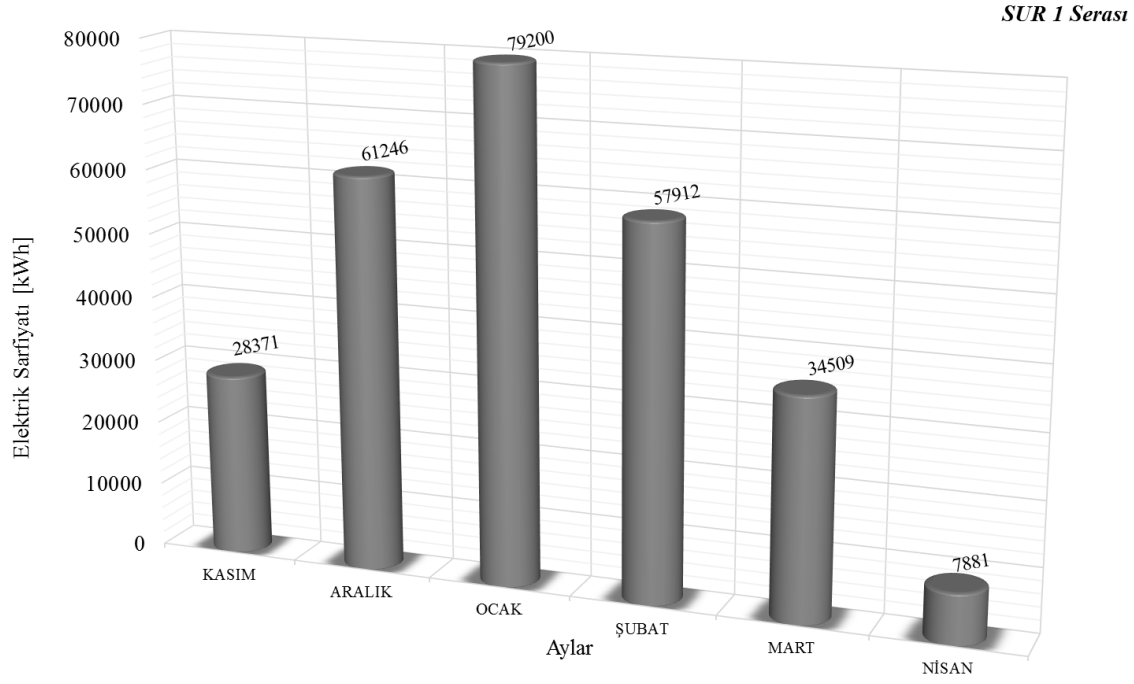
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre SUR 2 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfiyatı Şekil 3.3.51.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfiyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

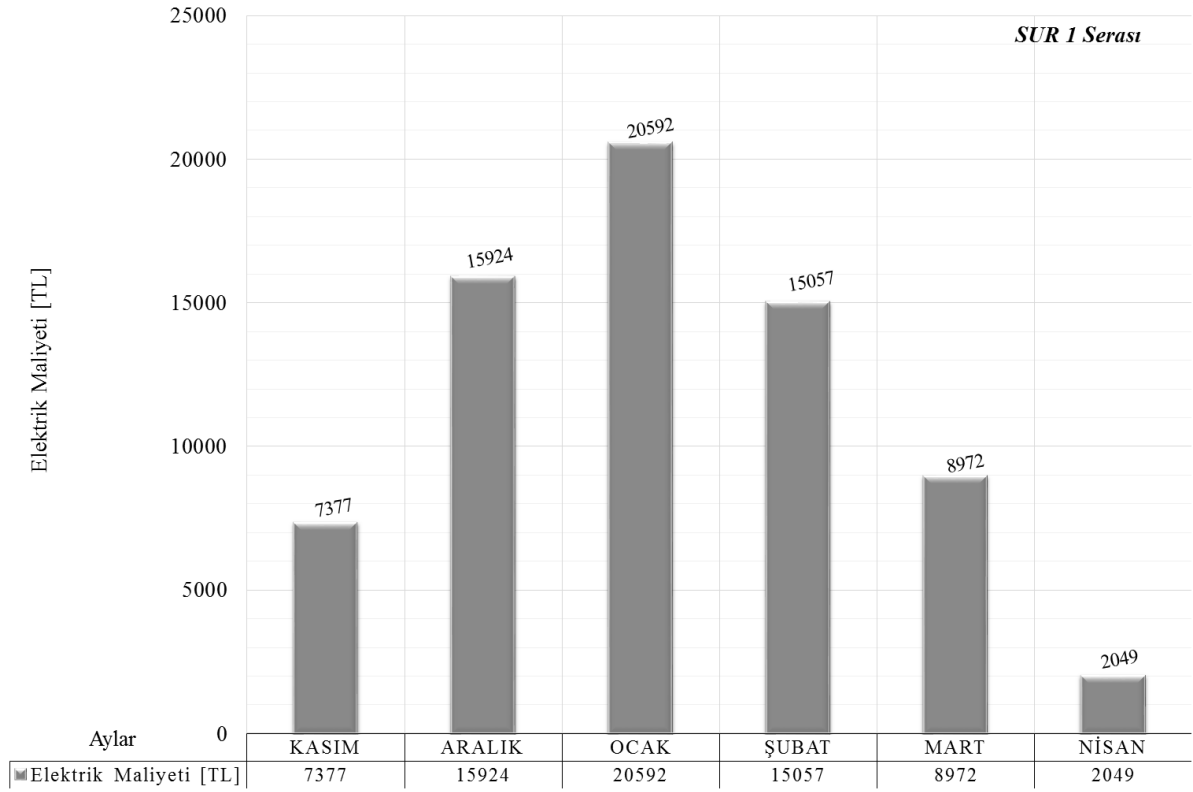
SUR 2 Yıllık Toplam Elektrik Sarfiyatı = 1 614 712 / 6 $\cong$ 269 119 kWh

SUR 2 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.52.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

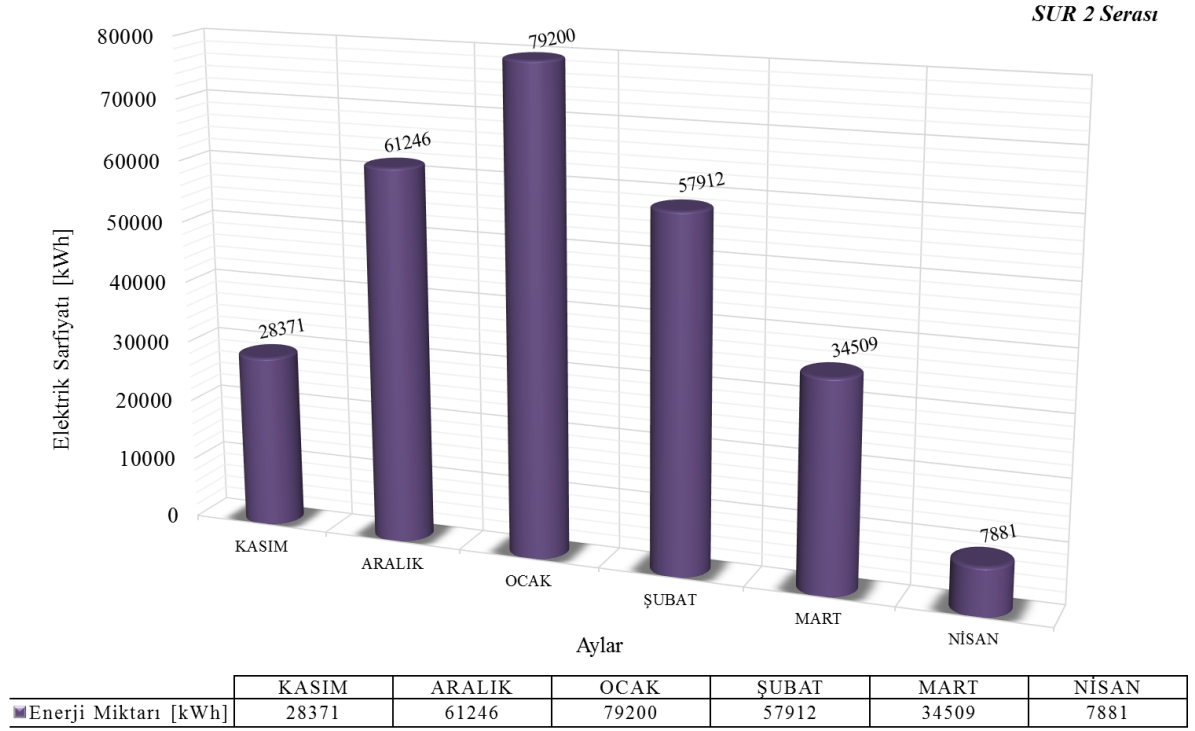
SUR 2 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 269 119 x 0,26 $\cong$ 69 971 TL



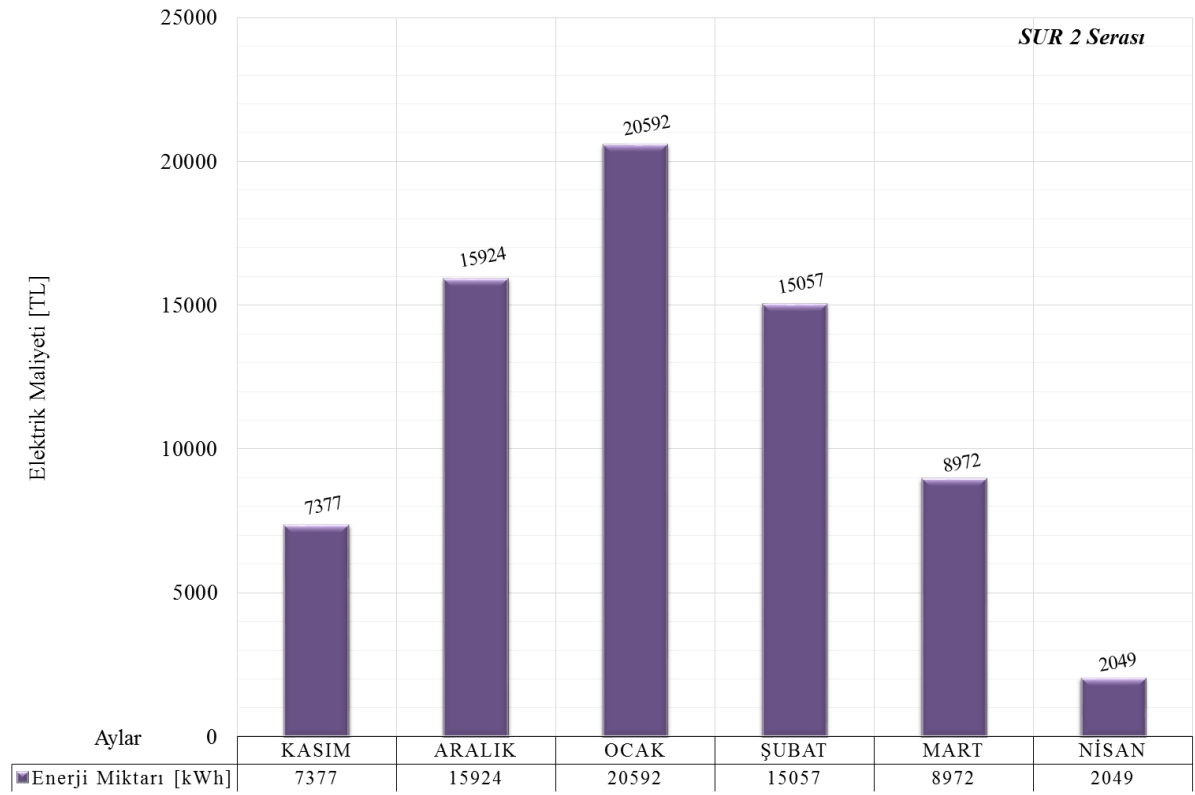
Şekil 3.3.49. SUR 1 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.50. SUR 1 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.51. SUR 2 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri



Şekil 3.3.52. SUR 2 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.27.) SUR 3 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

SUR 3 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre SUR 3 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.53.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 3 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$SUR\ 3\ Yıllık\ Toplam\ Elektrik\ Sarfıyatı = 4\ 072\ 744 / 6 \cong 678\ 791\ kWh$

SUR 3 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.54.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 3 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$SUR\ 3\ Yıllık\ Toplam\ Elektrik\ Maliyeti = 678\ 791 \times 0,26 \cong 176\ 486\ TL$

3.3.28.) SUR 4 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

SUR 4 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

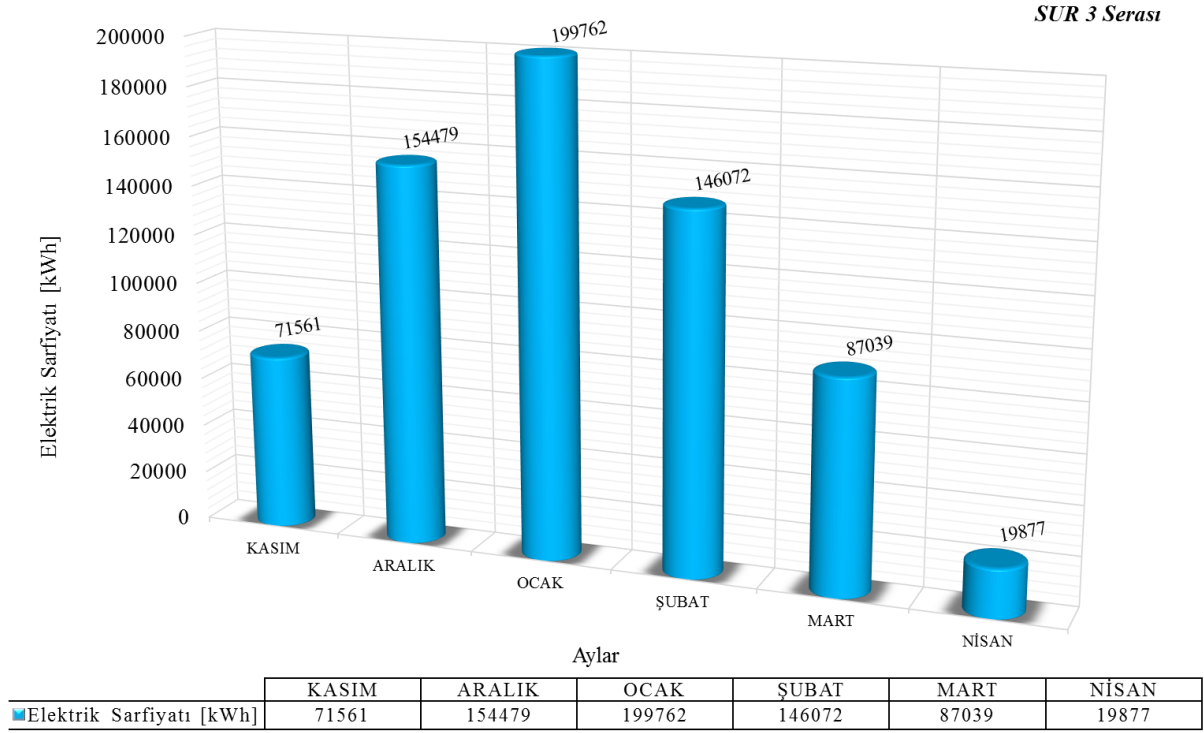
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre SUR 4 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.55.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 4 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

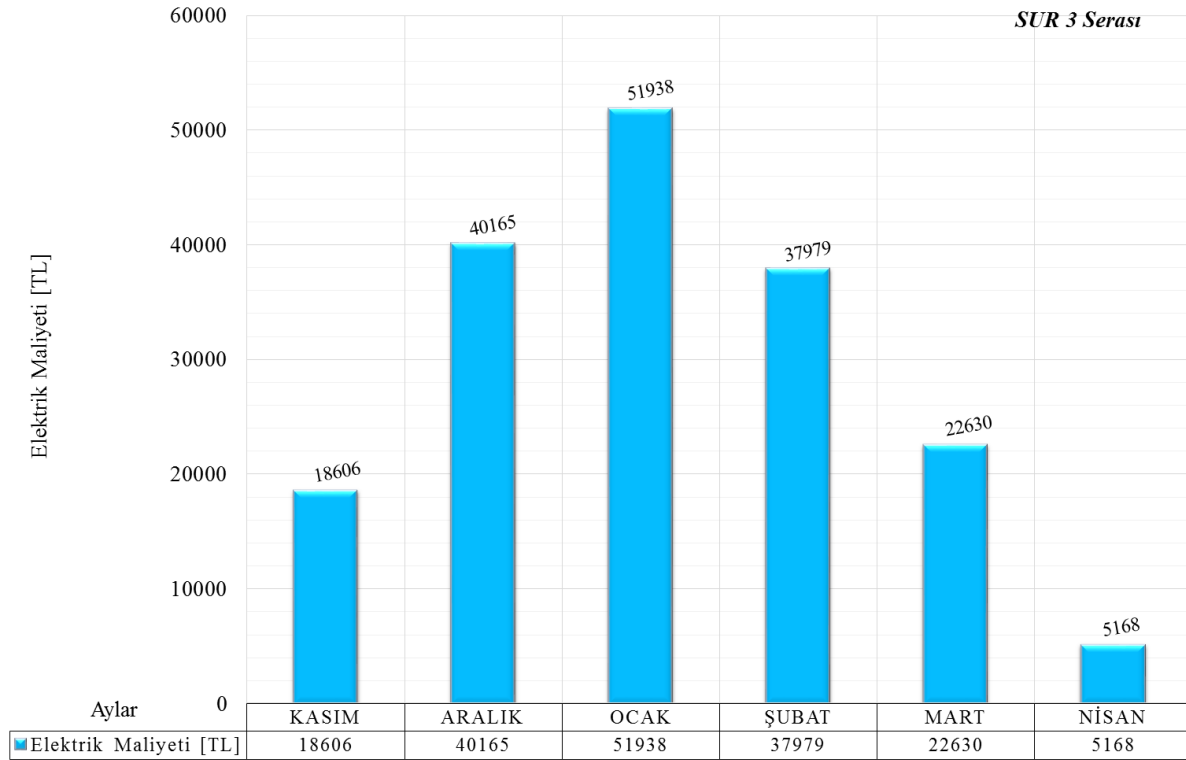
$SUR\ 4\ Yıllık\ Toplam\ Elektrik\ Sarfıyatı = 1\ 276\ 904 / 6 \cong 212\ 817\ kWh$

SUR 4 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.56.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SUR 4 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

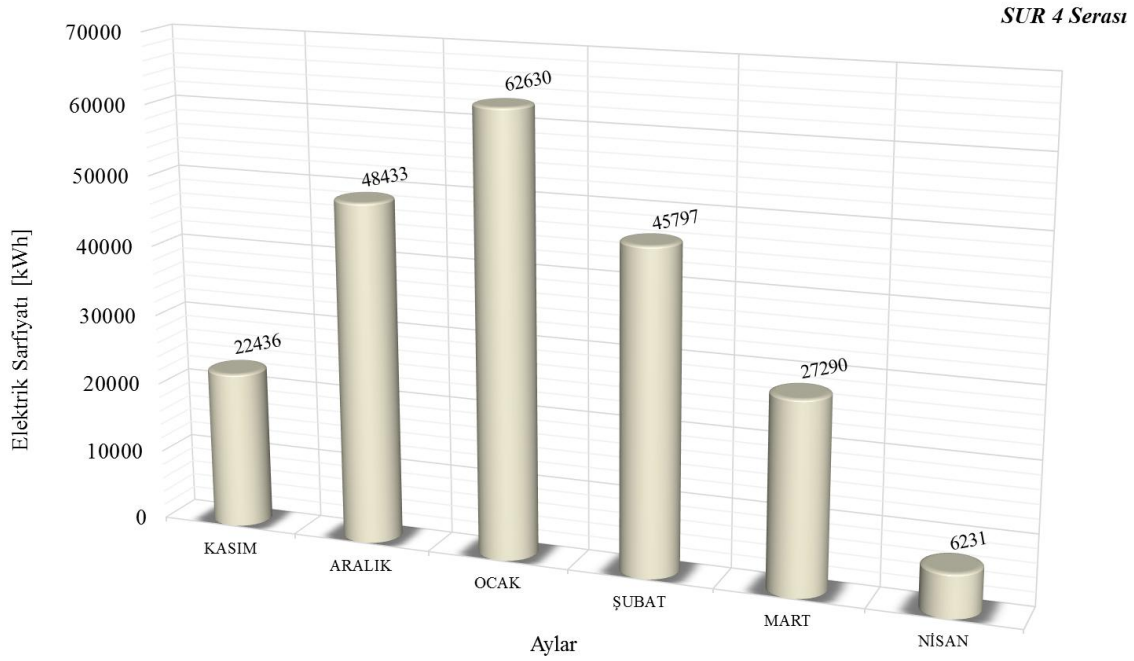
$SUR\ 4\ Yıllık\ Toplam\ Elektrik\ Maliyeti = 212\ 817 \times 0,26 \cong 55\ 332\ TL$



Şekil 3.3.53. SUR 3 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri

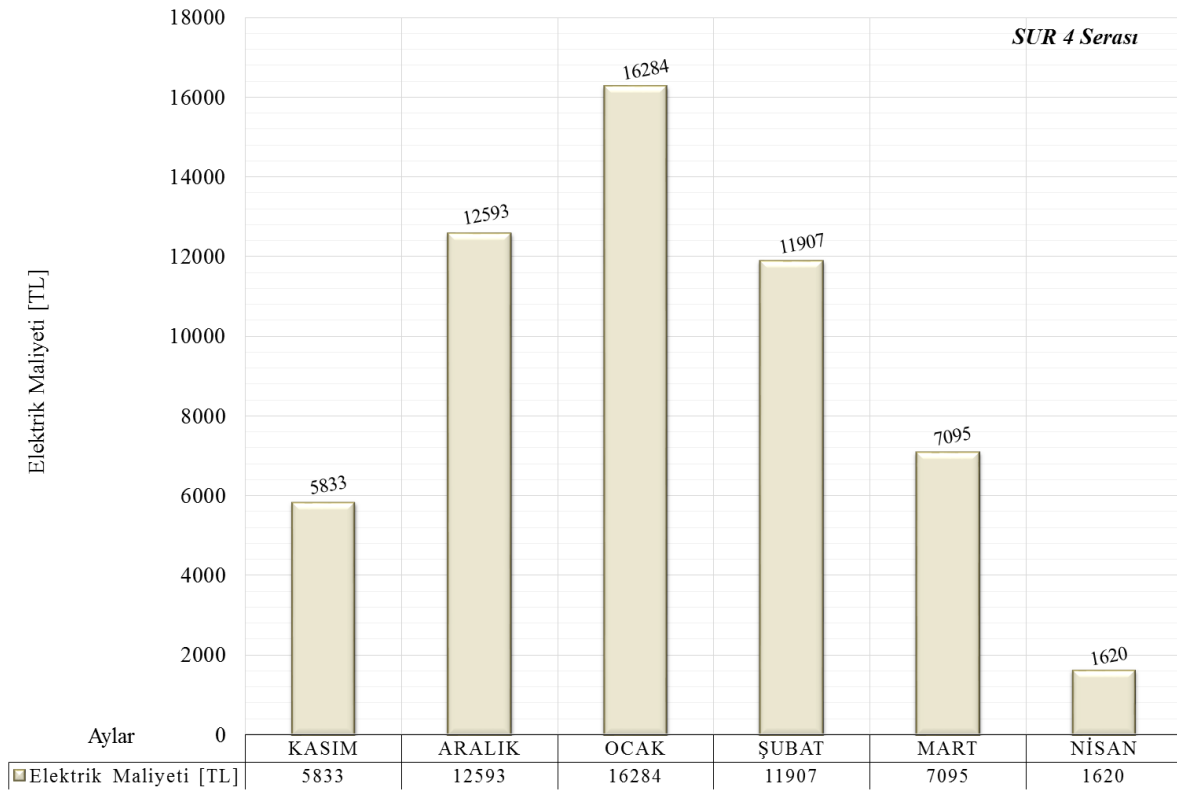


Şekil 3.3.54. SUR 3 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Elektrik Sarfıyatı [kWh]	22436	48433	62630	45797	27290	6231

Şekil 3.3.55. SUR 4 serası için yaklaşık elektrik sarfiyat değerleri



Aylar	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Elektrik Maliyeti [TL]	5833	12593	16284	11907	7095	1620

Şekil 3.3.56. SUR 4 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.29.) SVN 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

SVN 1 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre SVN 1 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.57.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SVN 1 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 1 434 702 / 6 $\cong$ 239 117 kWh

SVN 1 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.58.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SVN 1 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 239 117 x 0,26 $\cong$ 62 170 TL

3.3.30.) SVN 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

SVN 2 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

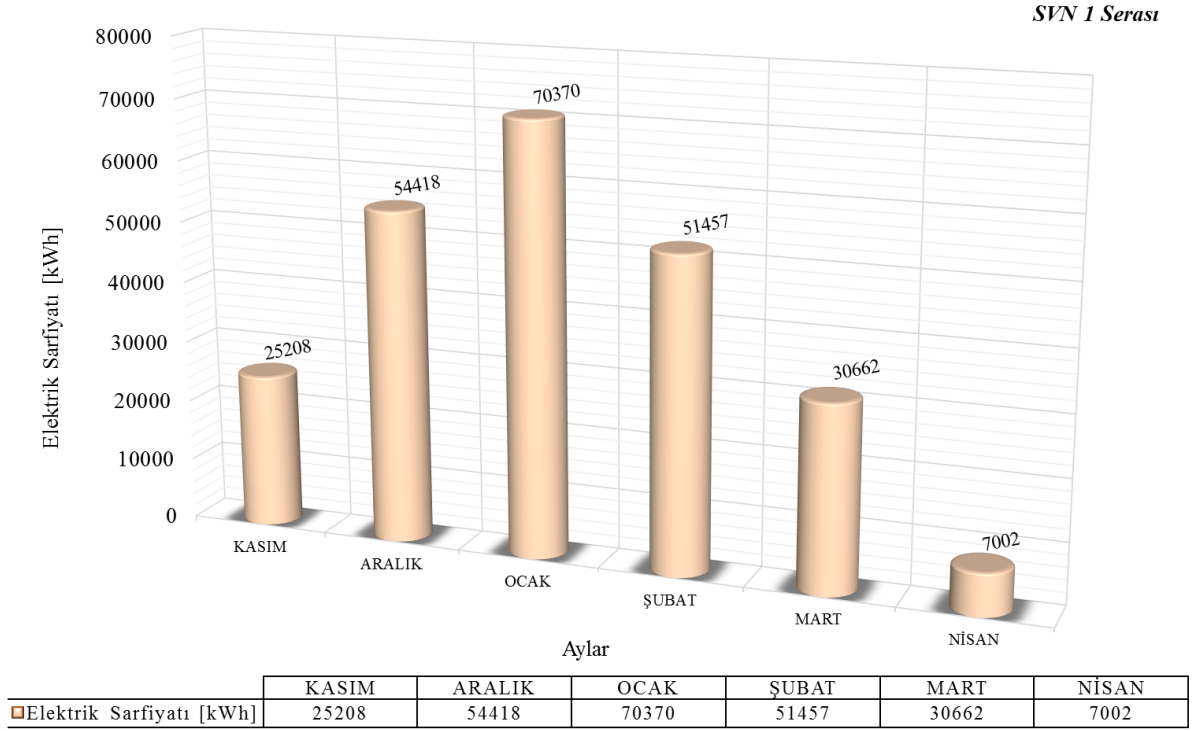
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre SVN 2 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.59.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

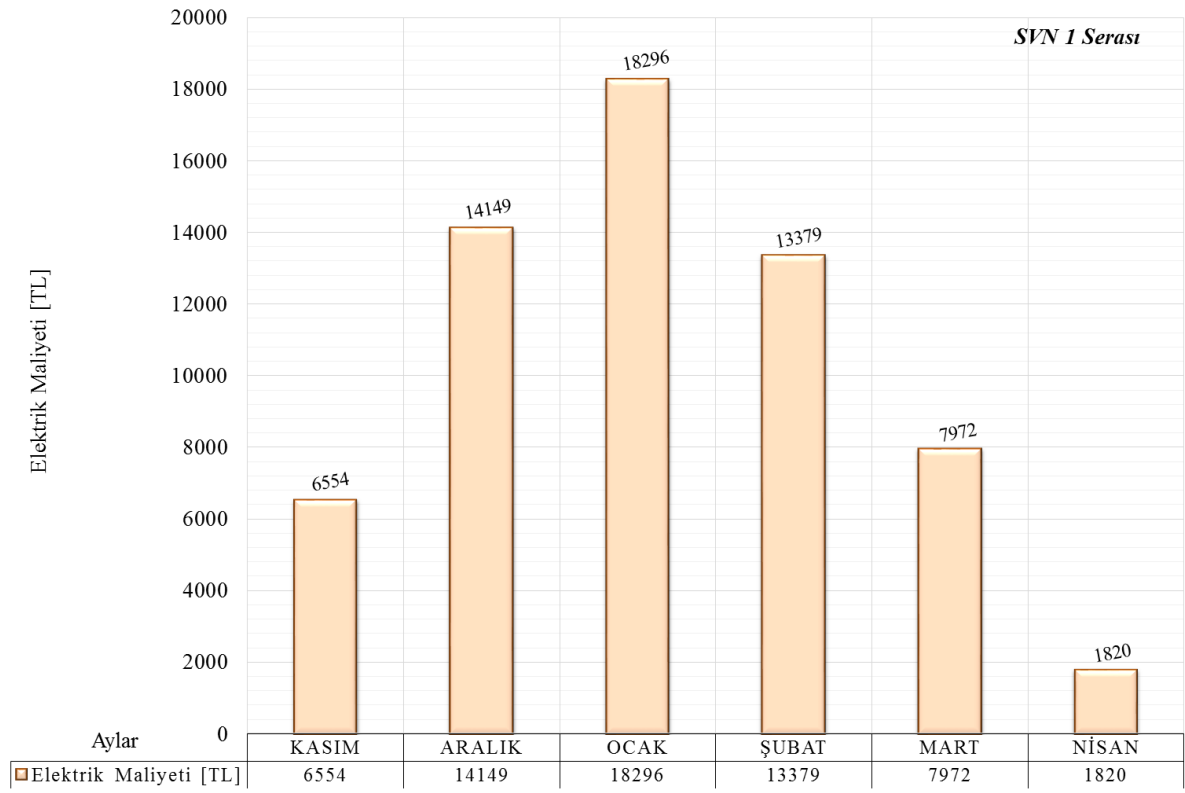
SVN 2 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 1 434 702 / 6 $\cong$ 239 117 kWh

SVN 2 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.60.'da tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. SVN 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

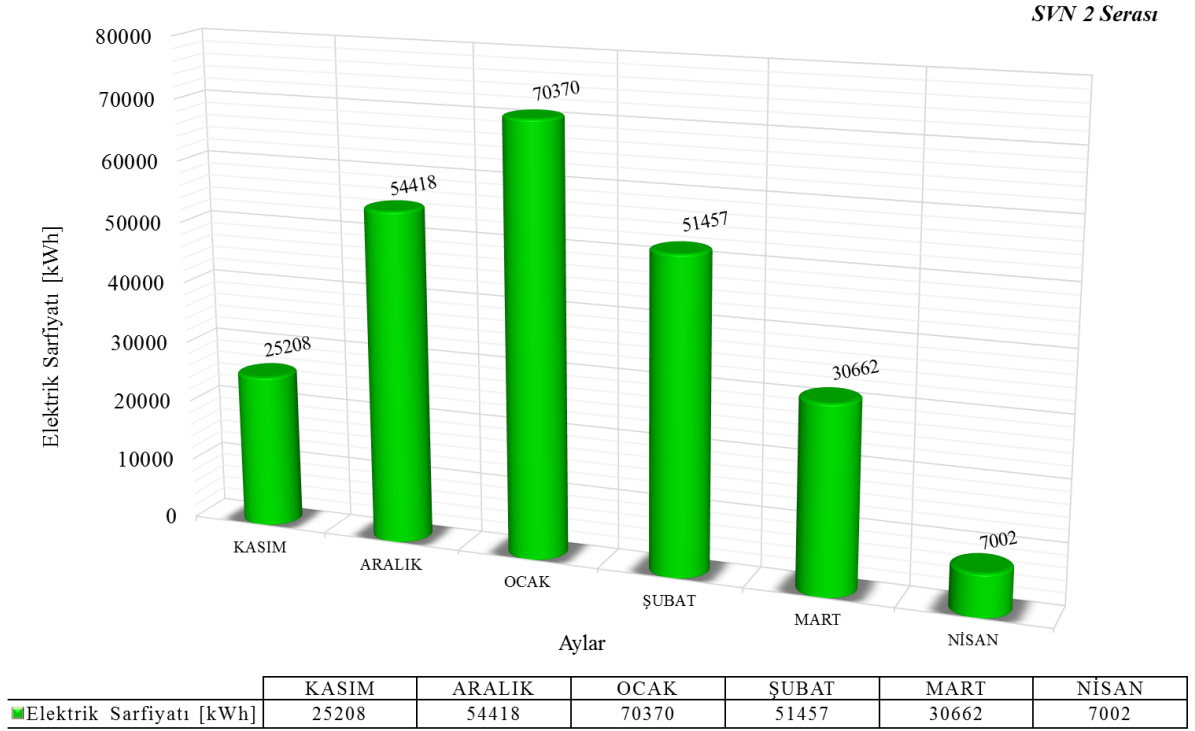
SVN 2 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 239 117 x 0,26 $\cong$ 62 170 TL



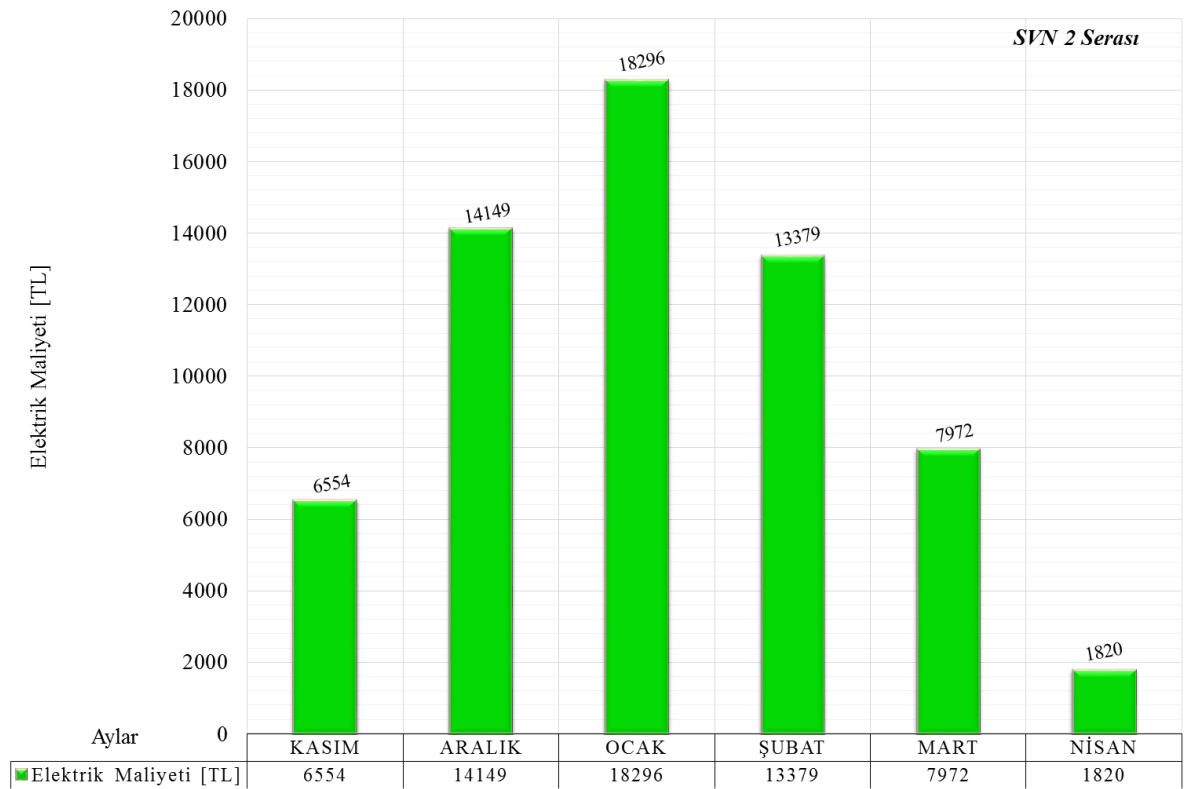
Şekil 3.3.57. SVN 1 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.58. SVN 1 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.59. SVN 2 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.60. SVN 2 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.31.) EGL 1 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

EGL 1 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre EGL 1 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.61.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

EGL 1 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 1 259 680 / 6 $\cong$ 209 947 kWh

EGL 1 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.62.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 1 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

EGL 1 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 209 947 x 0,26 $\cong$ 54 586 TL

3.3.32.) EGL 2 Serasında Isıtma Enerji İhtiyacının Elektrik ile Karşılanması

EGL 2 serasının ısı ihtiyacının elektrik ile karşılanması durumunda;

Elektrik birim fiyatı = 0,26 kr/kWh

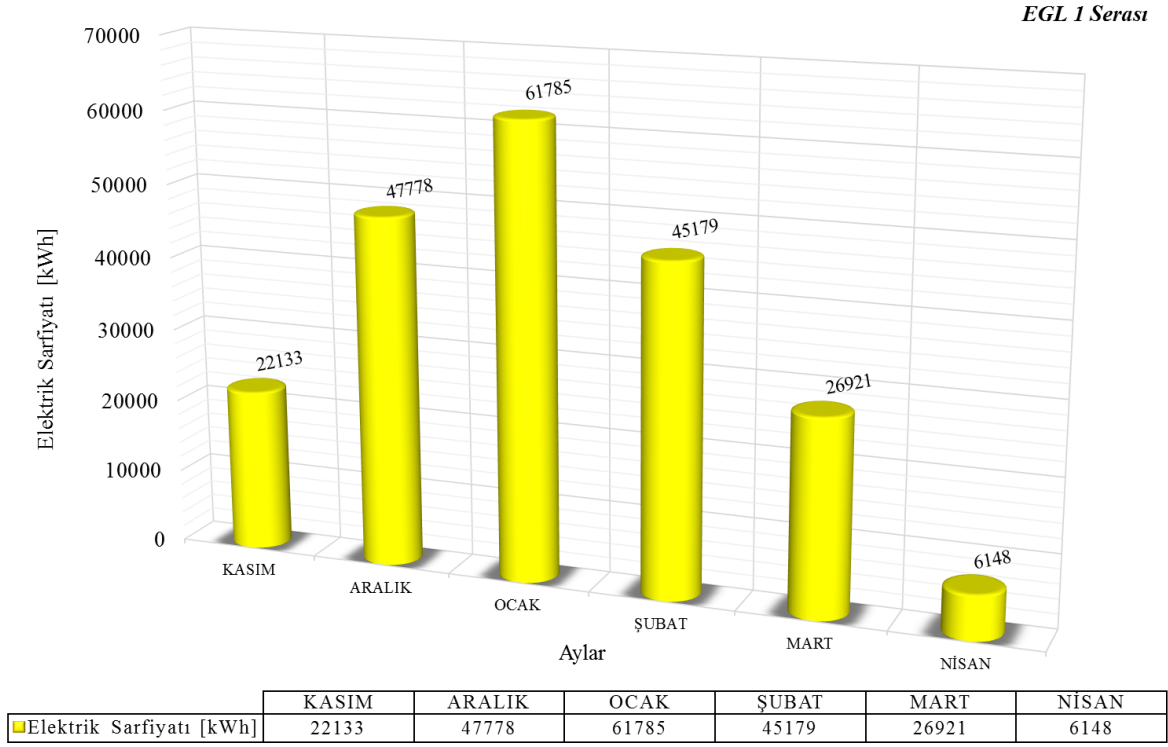
Isı pompası ısıtma tesir katsayısı COP = 6

Buna göre EGL 2 serasının aylık yaklaşık elektrik sarfıyatı Şekil 3.3.63.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik sarfıyatı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

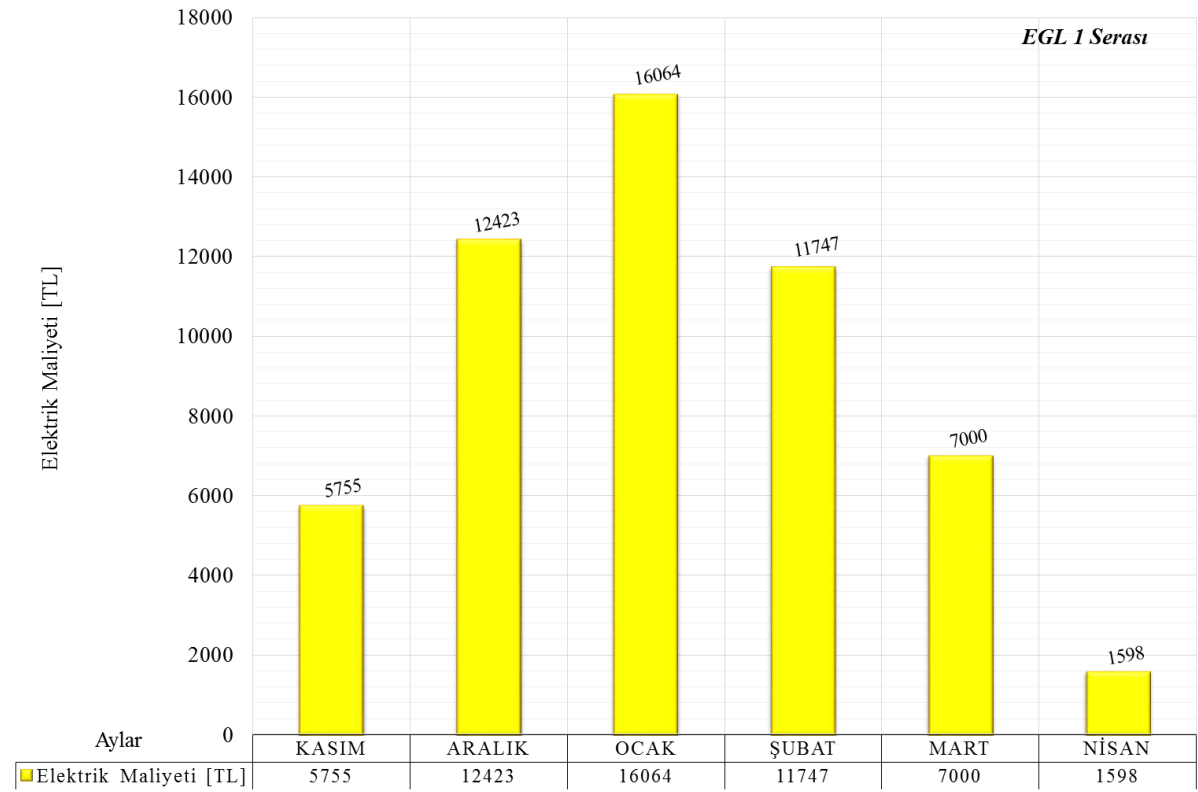
EGL 2 Yıllık Toplam Elektrik Sarfıyatı = 1 259 680 / 6 $\cong$ 209 947 kWh

EGL 2 serasının aylık yaklaşık elektrik maliyeti Şekil 3.3.64.'de tablo halinde ve grafiksel olarak sunulmuştur. EGL 2 serası için yıllık yaklaşık toplam elektrik maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

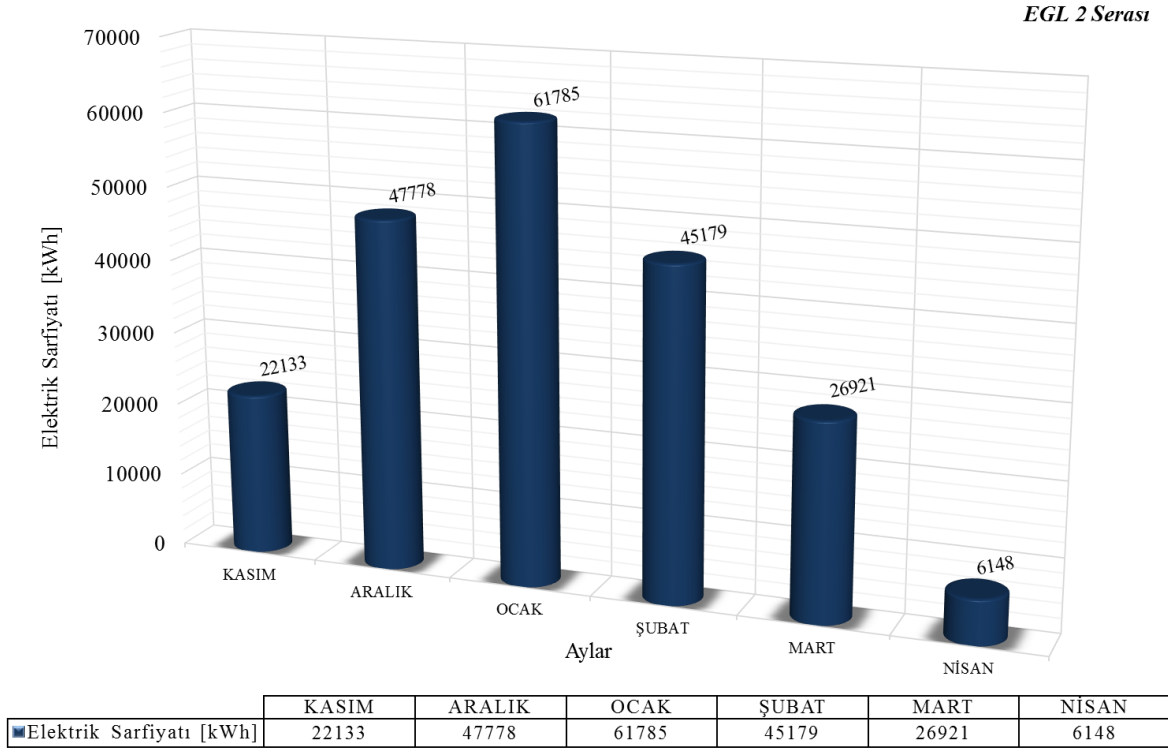
EGL 2 Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti = 209 947 x 0,26 $\cong$ 54 586 TL



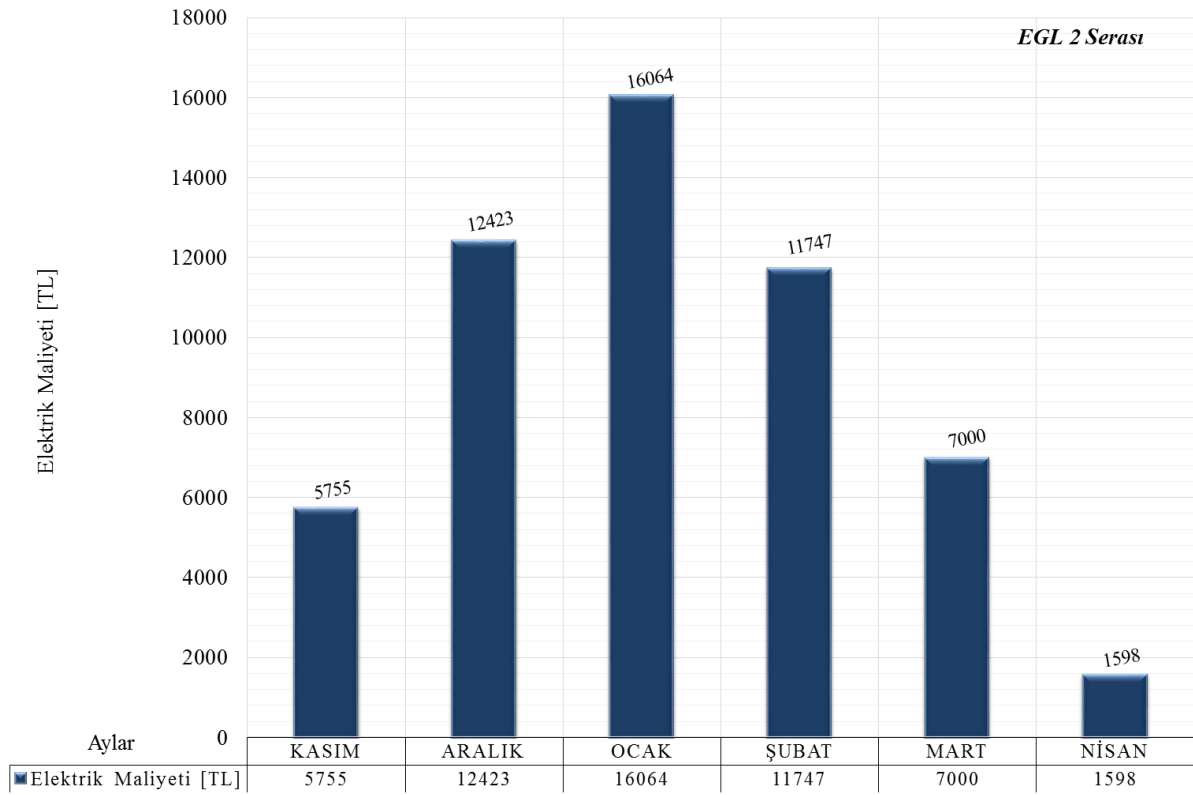
Şekil 3.3.61. EGL 1 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.62. EGL 1 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri



Şekil 3.3.63. EGL 2 serası için yaklaşık elektrik sarfıyat değerleri



Şekil 3.3.64. EGL 2 serası için yaklaşık elektrik maliyetleri

3.3.33.) Tüm Seraların Isıl Özelliklerinin ve İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, çalışma kapsamında incelenen, Diyarbakır ilinde kurulu tüm seraların toplam ısı kaybı değerleri, yıllık toplam ısı ihtiyacı, yıllık toplam kömür sarfiyatı, yıllık toplam kömür maliyeti, yıllık toplam elektrik sarfiyatı, yıllık toplam elektrik maliyeti ve kömür- elektrik maliyet karşılaştırılması tablo halinde sunulmuştur.

Tablo 3.3.1. Seraların ısı özellikleri ve işletim maliyetlerinin karşılaştırmalı analizi

Sera No	Isı Kaybı [kW]	Yıllık Toplam Isı İhtiyacı [kWh]	Yıllık Toplam Kömür Sarfiyatı [ton]	Yıllık Toplam Kömür Maliyeti [TL]	Yıllık Toplam Elektrik Sarfiyatı [kWh]	Yıllık Toplam Elektrik Maliyeti [TL]	Kömür - Elektrik Maliyet Farkı [TL]	Kömür - Elektrik Maliyet Farkı [%]
BSM 1	9389	4409059	842,2	655598	734843	191059	464539	71
BSM 2	9389	4409059	842,2	655598	734843	191059	464539	71
BSM 3	9389	4409059	842,2	683695	734843	191059	492636	72
BSM 4	2372	1196179	228,5	152462	199363	51834	100628	66
BSM 5	2372	1196179	228,5	152462	199363	51834	100628	66
BSM 6	9998	4317618	824,8	605364	719603	187097	418267	69
BSM 7	731	376062	71,8	51101	62677	16296	34805	68
BSM 8	4903	2402740	459	336884	400457	104119	232765	69
SUR 1	3239	1614712	308,4	219492	269119	69971	149521	68
SUR 2	3239	1614712	308,4	219492	269119	69971	149521	68
SUR 3	8341	4072744	778	571015	678791	176486	394529	69
SUR 4	2741	1276904	244	173657	212817	55332	118325	68
SVN 1	2701	1434702	274,1	182888	239117	62170	120718	66
SVN 2	2701	1434702	274,1	182888	239117	62170	120718	66
EGL 1	2598	1259680	240,6	160536	209947	54586	105950	66
EGL 2	2598	1259680	240,6	160536	209947	54586	105950	66

Tablo 3.3.1.'de sunulan verilere göre, seraların yıllık ısıtma ihtiyaçlarının karşılanmasında, kömür ile çalışan sıcak su kazanı yerine elektrik enerjisi ile çalışan toprak/su kaynaklı ısı pompası sisteminin tercih edilmesi durumunda, işletim maliyetleri açısından büyük faydalar sağlanacağı görülmektedir. Toprak/su kaynaklı ısı pompası sisteminin kurulum maliyetleri, kömür yakıtlı sıcak su kazanı sistemine göre oldukça pahalı olsa da işletim maliyetlerinde sağlanacak tasarruflar nedeni ile bu farkın kısa sürede kapanacağı ve ısı pompası sistemi kabul edilebilir bir süre içerisinde kendini amorti edeceği ortadadır. Konusunda uzman kişilerce doğru projelendirilmiş uygulamalar ile bu faydanın hayata geçirilmesi mümkündür.

3.4.) Mevcut Seraların Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

Diyarbakır ilinde bulunan mevcut seraların ısıtma ihtiyaçlarının güneş enerjisi ile karşılanması durumunda, Bölüm 2.4.'de açıklanan hesaplama metodu kullanılacaktır. Yapılan hesaplamalara esas teşkil eden tasarım için 1,8 m² yüzey alanına sahip düz tip kolektörlerden oluşmuş bir güneş kolektör sisteminde, ısıtma kayıpları göz önüne alınarak ortalama kolektör verimi yaklaşık 0,5 olarak kabul edilmiştir. Buna göre seraların yıllık toplam ısıtma ihtiyaçlarının %25'inin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda kullanılması gereken yaklaşık kolektör alanları ve kolektör adetleri hesaplanmıştır.

3.4.1.) BSM 1 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 1 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 4\,409\,059 \times 0,25 \cong 1\,102\,265 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 1\,102\,265 / 392 \cong 2\,812 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı 1,8 m² olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 2\,812 / 1,8 \cong 1\,562 \text{ Adet}$$

3.4.2.) BSM 2 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 2 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 4\,409\,059 \times 0,25 \cong 1\,102\,265 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 1\,102\,265 / 392 \cong 2\,812 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı 1,8 m² olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s;

$$K_s = 2\,812 / 1,8 \cong 1\,562 \text{ Adet}$$

3.4.3.) BSM 3 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 3 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 4\,409\,059 \times 0,25 \cong 1\,102\,265 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K,

$$A_K = 1\,102\,265 / 392 \cong 2\,812 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı 1,8 m² olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s;

$$K_s = 2\,812 / 1,8 \cong 1\,562 \text{ Adet}$$

3.4.4.) BSM 4 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 4 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,196\,179 \times 0,25 \cong 299\,045 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K,

$$A_K = 299\,045 / 392 \cong 763 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı 1,8 m² olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s;

$$K_s = 763 / 1,8 \cong 424 \text{ Adet}$$

3.4.5.) BSM 5 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 5 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,196\,179 \times 0,25 \cong 299\,045 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 299\,045 / 392 \cong 763 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 763 / 1,8 \cong 424 \text{ Adet}$$

3.4.6.) BSM 6 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 6 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 4\,317\,618 \times 0,25 \cong 1\,079\,405 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 1\,079\,405 / 392 \cong 2\,755 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 2\,755 / 1,8 \cong 1\,531 \text{ Adet}$$

3.4.7.) BSM 7 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 7 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 376\ 062 \times 0,25 \cong 94\ 016 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 94\ 016 / 392 \cong 240 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 240 / 1,8 \cong 134 \text{ Adet}$$

3.4.8.) BSM 8 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

BSM 8 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 2\ 402\ 740 \times 0,25 \cong 600\ 685 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 600\ 685 / 392 \cong 1\ 532 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 1\ 532 / 1,8 \cong 852 \text{ Adet}$$

3.4.9.) SUR 1 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

SUR 1 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,614\,712 \times 0,25 \cong 403\,678 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 600\,685 / 392 \cong 1\,030 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 1\,030 / 1,8 \cong 573 \text{ Adet}$$

3.4.10.) SUR2 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

SUR 2 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,614\,712 \times 0,25 \cong 403\,678 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 600\,685 / 392 \cong 1\,030 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 1\,030 / 1,8 \cong 573 \text{ Adet}$$

3.4.11.) SUR3 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

SUR 3 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 4\,072\,744 \times 0,25 \cong 1\,018\,186 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 1\,018\,186 / 392 \cong 2\,597 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 2\,597 / 1,8 \cong 1\,443 \text{ Adet}$$

3.4.12.) SUR4 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

SUR 4 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,276\,904 \times 0,25 \cong 319\,226 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 319\,226 / 392 \cong 814 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 814 / 1,8 \cong 453 \text{ Adet}$$

3.4.13.) SVN1 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

SVN 1 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,434\,702 \times 0,25 \cong 358\,676 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 358\,676 / 392 \cong 915 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 915 / 1,8 \cong 508 \text{ Adet}$$

3.4.14.) SVN2 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

SVN 2 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,434\,702 \times 0,25 \cong 358\,676 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 358\,676 / 392 \cong 915 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 915 / 1,8 \cong 508 \text{ Adet}$$

3.4.15.) EGL1 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılanmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

EGL 1 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,259\,680 \times 0,25 \cong 314\,920 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

$$A_K = 314\,920 / 392 \cong 803 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 803 / 1,8 \cong 447 \text{ Adet}$$

3.4.16.) EGL2 Serasının Isıtma İhtiyacının Karşılmasında Güneş Enerjisinin Kullanımı

EGL 2 serasının yıllık toplam ısıtma ihtiyacının %25'nin güneş enerjisi ile karşılanması durumunda; güneş enerjisi ile karşılanması gereken enerji miktarı Q_G

$$Q_G = Q_{YILTOPLAM} \times 0,25 = 1\,259\,680 \times 0,25 \cong 314\,920 \text{ kWh}$$

Hesaplanan enerji miktarının elde edilmesi için gereken güneş kolektör alanı A_K ,

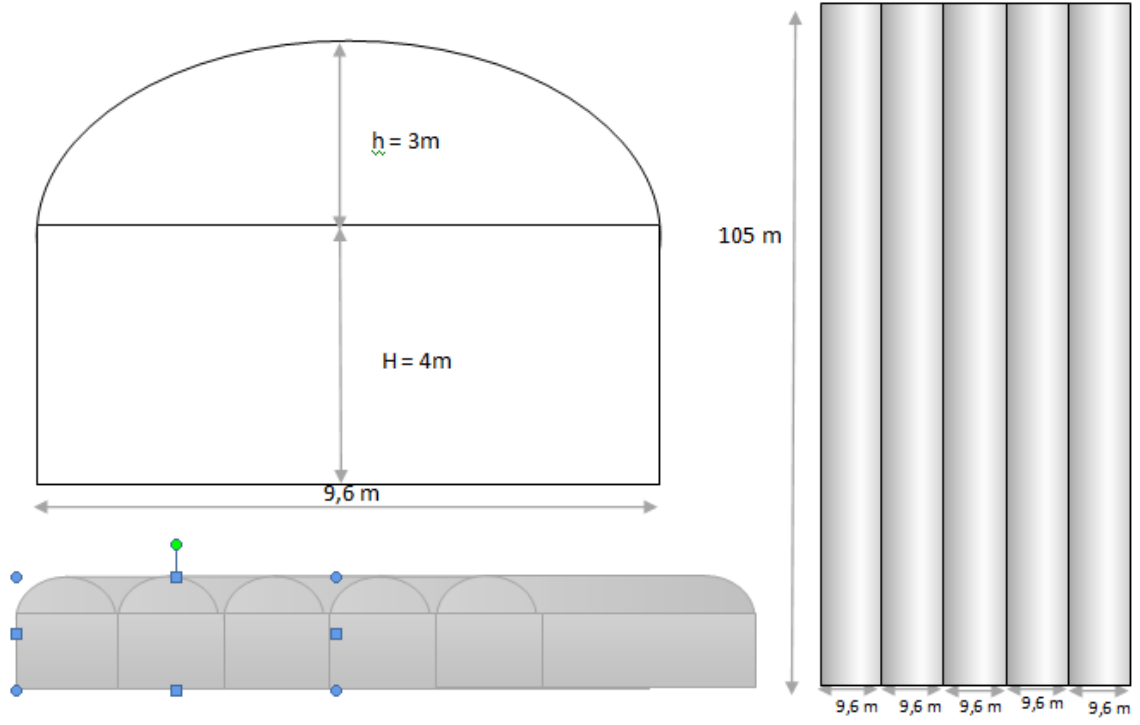
$$A_K = 314\,920 / 392 \cong 803 \text{ m}^2$$

Kullanılacak düz tip güneş kolektörlerinden bir adedinin yüzey alanı $1,8 \text{ m}^2$ olmak üzere toplam güneş kolektör sayısı K_s ;

$$K_s = 803 / 1,8 \cong 447 \text{ Adet}$$

Yapılan hesaplamalar, farklı verim değerlerine sahip güneş kolektörleri ve/veya farklı karşılama oranları için yapılarak, elde edilen sonuçlara göre mevcut çalışma şartları için en uygun alternatif belirlenmelidir.

4. DİYARBAKIR ŞARTLARINA GÖRE ENERJİ (ISI) YÖNÜNDEN OPTİMİZE EDİLMİŞ ÖRNEK SERA TASARIMI



Şekil 2.1.1. 5 000 m² örnek bir seranın şematik görünümü

Sera Boyutları;

$$\text{En x Boy x Yükseklik} = 9,6 \text{ m} \times 105 \text{ m} \times 7 \text{ m}(4+3) \rightarrow 5 \text{ Adet}$$

Toplam kurulu alan;

$$1000 \text{ m}^2 \times 5 = 5 \text{ Dönüm}$$

Toplam yüzey alanı;

$$A_c = 7828 \text{ m}^2$$

Toplam sera hacmi ;

$$V_T = V_D + V_E \rightarrow V_T = 20\,160 + 11\,880 = 32\,040 \text{ m}^3$$

İç ortam sıcaklığı ; 15°C

Dış ortam sıcaklığı ; -9°C

U, Çift kat polietilen film sera örtüsü için $U = 4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ 'dir. Buna göre toplam ısı kaybı;

$$Q_T = Q_{rc} + Q_i = 751,488 \text{ kW} + 220,430 \text{ kW} = 971,918 \text{ kW}$$

Yıllık toplam ısı ihtiyacı;

$$Q_{YILTOPLAM} = Q_{(OCAK)} + Q_{(ŞUBAT)} + Q_{(MART)} + Q_{(NİSAN)} + Q_{(KASIM)} + Q_{(ARALIK)}$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 168\,235 + 123\,015 + 73\,305 + 16\,740 + 60\,265 + 130\,095$$

$$Q_{YILTOPLAM} = 571\,655 \text{ kWh}$$

Verilen değerler önceki bölümlerde ayrıntılı biçimde hesaplanarak bulunmuştur. Aşağıda sistem dizaynı yapılacaktır. Isı pompasının COP (coefficient of performance) faktörü “6” olarak seçilmiştir. Buna göre ;

$$\text{Yıllık toplam elektrik tüketimi} = Q_{YILTOPLAM} / \text{COP} = 571\,655 \text{ kWh} / 6 = 95276 \text{ kW}$$

$$\rightarrow \text{Gerekli PV} = 56 \text{ kW}$$

$$\rightarrow \text{Yıllık elektrik tutarı} = 24.771 \text{ TL}$$

Seçilen ısı pompası kapasitesi 230 kW’dır;

$$\rightarrow \text{Toplam ısı kaybı} / 230 \text{ kW} = 971,918 \text{ kW} / 230 \text{ kW} \approx 4 \text{ adet}$$

$$\text{Yıllık kömür sarfıyatı} = 571655 \text{ kW} / (6980 \text{ kWh/ton} \times 0,75 \text{ (kazan verimi)}) = 110 \text{ ton}$$

$$\rightarrow \text{Yıllık kömür tutarı} = 77.574 \text{ TL}$$

Isı pompası kullanımında kömüre göre yıllık tasarruf miktarı ;

$$77.514 - 24771 = 52.803 \text{ TL}$$

Sistemin ilk yatırım maliyeti hesabı (değerler piyasa ortalamalarına göre alınmıştır);

$$4 \text{ adet ısı pompası} = 30.000 \text{ €} \times 4 = 120.000 \text{ €}$$

Harfiyat kurulum (inşaat işleri için alınan sistemin % 20 ‘si olarak öngörülmektedir.) ;

$$120.000 \text{ €} \times 0,2 = 24.000 \text{ €}$$

56 kW PV panel maliyeti ;

$$56.000 \text{ €}$$

Toplam sistem maliyeti;

$$120.000 \text{ €} + 24.000 \text{ €} + 56.000 \text{ €} = 200.000 \text{ €} \approx 560.000 \text{ TL}$$

Kömür sisteminin 5.000 m² için ilk yatırım maliyeti ;

$$60.000 \text{ TL (Uzman kişiden alınan bilgi)}$$

Buna göre ısı pompası sisteminin ilk yatırım maliyeti;

$$560.000 \text{ TL} - 60.000 \text{ TL} = 500.000 \text{ TL}$$

Sistemin amortisman süresi;

500.000 TL / 52.803 TL $\approx$ 9,5 Yıl'dır.

Yukarıdaki hesaplamalara göre tamamen şebekeden bağımsız olarak kendi elektrik enerjisini üreten ve ısıtma için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ısı pompası sisteminin dekar başına ilk yatırım maliyeti günümüz şartlarında ortalama “100.000 TL” olarak hesaplanmıştır.

İlk yatırım maliyetinin yüksek olduğu görülmüştür. Isı pompası sistemlerinin yerli olarak üretilmesi ilk yatırım maliyetin düşmesini ve üreticilerin amortisman sürelerinin kısılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, bu konuda devlet tarafından üreticilere teşvik sağlanması üreticilerin bu teknolojiye olan ilgisini ve örtü altı üretimi arttıracaktır.

Yukarıdaki hesaplamalar dikkate alındığında bütün değerleri doğrudan etkileyen faktörün U yani ısı transfer katsayısı olduğu görülmektedir.

Sera Kaplama Malzemesi	Toplam ısı transfer katsayısı değeri U [W/m ² °C]
Tek kat polietilen plastik film	7,5 – 8,5
Çift kat polietilen plastik film	4,0 – 5,0
Polikarbonat	6,8
Çift cidarlı polikarbonat	3,5
Cam 3mm	7,0 – 8,0
Cam 6mm	6,5
Termal yüzey	2,8

Tabloda da görüldüğü üzere değişik malzemelerin birbirinden farklı ısı transfer katsayıları vardır. Hesaplama da seçilen malzeme çift kat polietilen plastik film olup ısı transfer katsayısı “U= 4 W/m²°C” dir. Bu katsayının düşük olması durumunda toplam ısı kaybı ve yıllık gerekli toplam ısı miktarı düşecektir.

Yaptığımız araştırmalar sonucu yurtdışında (Almanya’da) sera yapımı için kullanılan nano teknoloji ürünü bir materyal bulunmuştur. Bu materyalin ısı transfer katsayısı “U=2 W/m²°C” dir. Bu materyale göre aynı boyutta bir sera için kabaca bir hesap yapıldığında;

Toplam ısı kaybı;

485,959 kW

Toplam ısı ihtiyacı;

285827 kWh

COP faktörü = 6

Yıllık elektrik tüketimi;

47638 kW

Gerekli PV ;

28 kW

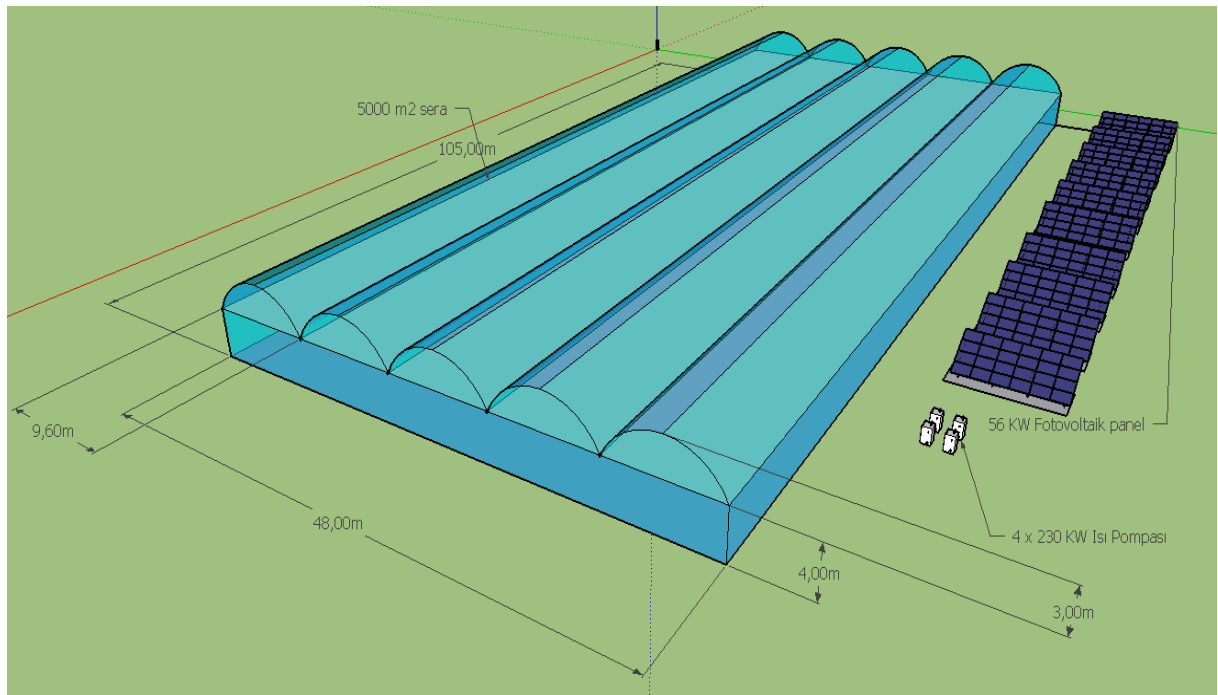
Gerekli Isı pompası sayısı = 2

Görüldüğü üzere bütün değerler yarı yarıya çıkmaktadır. Buna göre ilk Yatırım Maliyeti ve Amortisman süreleri de yarıya düşecek ve;

İlk yatırım maliyeti = 100.000 € = 280.000 TL

Amortisman süresi = 4,7 yıl

olacaktır.



Diyarbakır Şartlarına Göre Enerji (Isı) Yönünden Optimize Edilmiş Örnek Sera Çizimi

5. SONUÇ

Çalışma dâhilinde yapılan hesaplamalar sonucunda, Diyarbakır ilinde yer alan seraların ısı kaybı değerlerinin 731 ilâ 9998 kW arasında değiştiği görülmektedir. Özellikle büyük hacimli seralarda ısı kayıpları çok yüksek değerler aldığından, ısıtma uygulamasında hem işletim hem de ilk kurulum maliyeti açısından önemli dezavantajlar söz konusu olmaktadır.

Isıtma ihtiyacının toprak/su kaynaklı ısı pompası ile karşılanması, kömür kazanı ile karşılanmasına göre işletim maliyetleri açısından %66 ilâ %72 değerleri arasında tasarruflar sağlamaktadır. Bu durumda ısı pompası sistemi, işletme maliyetleri açısından sağlayacağı faydalar nedeni ile kısa bir süre içerisinde kendini amorti edecek ve kullanıcıya kısa vadede önemli tasarruflar sağlayacaktır. Yine unutulmaması gereken bir nokta ısı pompası sistemi ile aynı zamanda soğutma uygulamasının yapılmasının da mümkün olmasıdır. Bu sayede yaz sezonundaki üretim verimlerinde soğutma uygulaması ile birlikte iyileştirmeler sağlanabilir.

Yüksek kapasiteli ısı pompası cihazlarının temininde özel üretim ihtiyacı doğabilmektedir. Her ne kadar 200-250 kW kapasitelerindeki cihazların kaskad şeklinde kullanılması ile toplam ısı ihtiyacı karşılanabilecek olsa da, proje bazlı özel üretimle temin edilecek yüksek kapasiteli cihazların kW başına birim fiyatları daha ekonomik olabilmektedir.

Toplam ısı kaybının hesaplanmasında, sera örtüsünün toplam ısı transfer katsayısı (U) önemli bir parametredir. Bu değer ne kadar küçük olursa, toplam ısı kaybı değeri ve dolayısı ile işletme maliyetleri o oranda azalacaktır. Mevcut seralarda kullanılan sera örtüsü malzemelerinin toplam ısı transfer katsayıları $6,2 - 6,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ seviyelerindedir. Oysa günümüzde ticari olarak üretilen ve toplam ısı transfer katsayısı $2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ seviyelerinde olan sera örtü malzemeleri mevcuttur. Aynı zamanda birim maliyetleri de göreceli olarak ekonomik olan bu tip örtü malzemelerinin kullanımı ile toplam ısıtma ihtiyaçlarında büyük iyileştirmeler sağlanabilir.

Toplam ısı kaybının hesaplanmasında diğer önemli bir parametre enfiltrasyon yani kaçaklar vasıtasıyla oluşan ısı kaybı değerleridir. Enfiltrasyon değerinin azaltılması noktasında, sera kurulumunun uygun şekilde ve tecrübeli uygulamacılar tarafından yapılması önemlidir. Enfiltrasyon değerlerin asgari seviyede tutulması, seranın enfiltrasyonla olan ısı kaybı değerini azaltacak, bu sayede toplam ısı kaybı değeri de düşecektir.

Sera yapısının belirlenmesinde; üretilecek bitkinin yetiştirme gereksinimleri göz önüne alınmak suretiyle sera yüzey alanı/sera taban alanı oranının minimize edilmesi, benzer şekilde seranın enfiltrasyonla olan ısı kaybını ve toplam ısı kaybı değerini azaltacaktır. Buna göre sera tasarımı yapılırken özellikle ısı kaybını minimize edecek bir yaklaşımın esas alınması oldukça faydalı olacaktır.

Seraların ısıtma ihtiyacının karşılanmasında kullanılacak ısıtma sisteminin güneş enerjisi ile desteklenmesi büyük faydalar sağlayacaktır. Özellikle yıllık toplam güneşlenme değerleri ülke ortalamasının üzerinde olan Diyarbakır ili için bu seçenek göz ardı edilmemelidir. Çalışmada toplam ısı verimi 0,5 ve birim kolektör alanı 1,8 m² olan düz tip güneş kolektörleri kullanılmıştır. Buna göre ısıtma sezonu boyunca seraların toplam ısı ihtiyacının %25'lik kısmının karşılanması için gerekli güneş kolektör yüzey alanları, mevcut seralar için 424 m² ile 1531 m² arasında değişmektedir. Bu nedenle özellikle ısıtma ihtiyacı yüksek seralarda bu tip bir güneş enerjisi sistemini kullanmak uygulanabilir olmayabilir. Bu nedenle farklı güneş enerjisi karşılanma oranlarına göre, farklı boyut, tasarım ve özellikle güneş kolektörlerinin ve alternatif tasarımların karşılaştırmalı analizleri yapılarak optimum tasarım değerleri tespit edilmelidir. Ayrıca termal güneş enerjisi sistemlerinden elde edilen ısı enerji ya da fotovoltaik sistemler aracılığı ile elde edilen elektrik enerjisi ile yapılacak soğutma uygulamaları mevcut tasarımlara dâhil edilebilir. Böylece hem seranın yaz aylarındaki soğutma yükü, hem de bazı seralarda görülen soğuk depolama ihtiyacı bu şekilde sağlanabilir. Bu noktada konusunda yetkin kişilerce yapılan doğru analiz çalışmaları, uygulanabilir nitelikteki sistemlerin hayata geçirilmesi noktasında büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın bundan sonra yapılacak benzer çalışmalar için başlangıç niteliğinde olması arzu edilmektedir. Daha kapsamlı ve daha detaylı olarak gerçekleştirilecek analiz çalışmaları ile hem Diyarbakır bölgesinde hem de ülkemizde, örtü altı yetiştiriciliği konusunda büyük gelişmeler ve faydalar sağlanacağı ortadadır. Bu sayede ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanması, bölgede istihdamın artırılarak bölge insanının refah seviyesinin yükseltilmesi, enerji kullanımı ile ilintili çevresel, sosyal ve ekonomik sorulara alternatif çözümler üretilmesi mümkün olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Pastakkaya, B., 2012. Bir konutun ısıtılması ve soğutulmasında güneş enerjisi kaynaklı absorbsiyonlu sistemlerin kullanımı, U.Ü. Fen Bil. En. Doktora Tezi, 198 s.
- [2] GAPUTAEM, 2014. - GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Diyarbakır ilinde Kurulu Mevcut Seralar ile İlgili Ölçüm ve Araştırma Raporu, Diyarbakır.
- [3] ASHRAE 2009. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) Hand Book, ASHRAE Inc., USA.
- [4] Zabeltitz C., 2010. Integrated Green Houses for Mild Climate, Springer, 374 p., Germany.
- [5] ASAE 2003. Amerikan Ziraat Mühendisleri Derneği (American Society of Agricultural Engineers - ASAE) Seraların Isıtılması, Soğutulması ve Havalandırılması Standardı ANSI - ASAE EP 406.4, USA.
- [6] NSW 2014. New South Wales Government Department of Primary Industries – Agriculture Greenhouse Horticulture, Heating Greenhouses, Australia. Erişim Tarihi : 01.12.2014.
<http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/horticulture/greenhouse/structures/heating>
- [7] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [8] Müller MJ., 1996. Handbuch ausgewählter Klimastationen der Erde. Forschungsstelle Bodenerosion der Universität Trier, Mertendorf, Germany.
- [9] Çengel ve Boles, 1996. Mühendislik Yaklaşımı ile Termodinamik, McGraw Hill-Literatür İstanbul.
- [10] Anonim 2014, Weatheronline- Diyarbakır ili ölçüm değerleri. Erişim Tarihi : 01.12.2014.
<http://www.havaturkiye.com/Turkiye/Diyarbakir.htm>
- [11] Öztürk ve Kılıç, 1991. Termodinamik tablolar ve diyagramlar, Birsan Yayın evi, İstanbul.
- [12] Anonim 2014 a. Saturated vapor pressure, density for water prop. Hyperphysics, Georgia State University. Erişim Tarihi : 01.12.2014.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kinetic/watvap.html#c1>

- [13] MSU 2014, Mississippi State University, Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Greenhouse Tomato Handbook, 28 p., Mississippi, USA.
- [14] Hochmuth R.C., 2013. Greenhouse Cucumber Production – Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3., University of Florida, FL, USA.
- [15] Hallaire M., 1950. Les tempe´ratures moyennes nocturnes, diurnes et nycthe´me´rales exprime´es en fonction du minimum et du maximum journaliers de tempe´rature. C R Acad Sci
331:1533–1535
- [16] Meteoroloji Genel MdrlĞ 2014. İllere ait meteorolojik veriler – Diyarbakır. Erişim Tarihi : 01.12.2014. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=DIYARBAKIR#sfB>
- [17] TRNSYS – Transient systems simulation program, <http://www.trnsys.com>
- [18] Meteoronorm 2011. Meteoronorm Trnsys simülasyonu için meteorolojik verileri, <http://meteonorm.com/> (Erişim tarihi: 01.09.2011)
- [19] İZGAZ 2014. Kocaeli Byķřehir Belediyesi İzgaz yakıt verileri, Erişim Tarihi : 01.12.2014. <https://www.izgaz-gdfsuez.com/Icerik.aspx?cat=42&id=270#>
- [20] Anonim 2008. Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Erişim Tarihi : 01.12.2014. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm>
- [21] Anonim 2014 b. TC Merkez Bankası Döviz Kurları, Erişim Tarihi : 01.12.2014 <http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TCMB+TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Doviz+Kurlari/Gosterge+Niteligindeki+Merkez+Bankasi+Kurlarii>
- [22] Genceli O.F., Parmaksızıoğlu İ.C., 2007. Kalorifer Tesisatı TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları MMO/352/4, İstanbul.
- [23] Pastakkaya B., 2005. Yatay Tip Isı Değiştiricili Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 114 s., Bursa.
- [24] Anonim 2014 c. Alpha InnoTec SWP 1600 teknik bilgiler katalog.

[25] TEDAŞ 2014. Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) güncel elektrik tarifesi, Erişim Tarihi : 01.12.2014.

<http://www.tedas.gov.tr/BilgiBankasi/Sayfalar/ElektrikTarifeleri.aspx>

[26] NREL 2010. National Renewable Energy Laboratory Geospatial Tool Kit – Turkey.

6. EKLER

EK 1. Diyarbakır ili meteorolojik tasarım parametreleri [3]

2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

© 2009 ASHRAE, Inc.

DIYARBAKIR, Turkey

WMO#: 172800

Lat: 37.88N

Long: 40.18E

Elev: 677

StdP: 93.45

Time Zone: 2.00 (EUE)

Period: 82-06

WBAN: 99999

Annual Heating and Humidification Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB	
			99.6%			99%			0.4%		1%			
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD
1	-9.0	-6.0	-15.1	1.1	-5.2	-12.2	1.4	-2.9	10.2	3.3	9.0	3.8	2.2	310

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%			
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
7	15.8	40.1	20.4	39.0	20.2	37.8	20.0	23.4	35.8	22.2	35.4	21.3	34.9	3.6	0
Dehumidification DP/MCDB and HR															Hours 8 to 4 & 12.8/20.6
0.4%						1%			2%			Enthalpy/MCDB			
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	
19.1	15.1	32.3	17.6	13.7	30.7	16.2	12.5	29.6	73.8	35.9	68.8	35.5	65.2	34.9	607

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Max WB	Extreme Annual DB				n-Year Return Period Values of Extreme DB							
				Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years	
1%	2.5%	5%		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
8.9	7.7	6.6	30.0	-12.6	42.1	5.2	1.4	-16.3	43.0	-19.3	43.8	-22.2	44.6	-26.0	45.6

Monthly Climatic Design Conditions

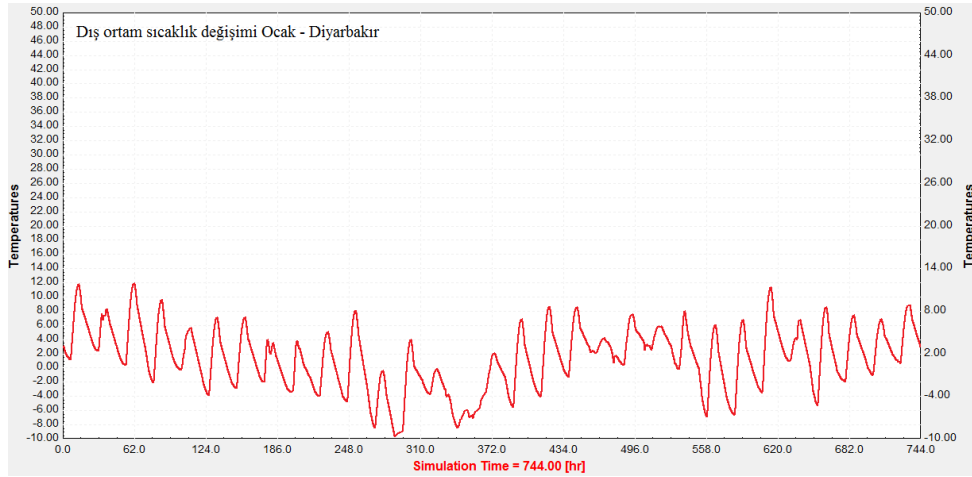
		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	Tavg	15.6	2.3	3.5	8.0	13.5	18.7	25.2	30.0	29.3	24.4	17.5	9.6	4.0
	Sd		3.35	3.94	3.59	3.20	3.37	2.99	2.28	2.08	2.54	3.50	3.71	4.03
	HDD10.0	747	239	183	79	6	0	0	0	0	0	1	51	188
	HDD18.3	2188	497	417	321	148	39	0	0	0	1	58	263	446
	CDD10.0	2776	0	1	17	111	268	456	619	599	433	234	37	1
	CDD18.3	1176	0	0	0	2	49	206	361	341	184	32	0	0
	CDH23.3	17101	0	0	0	63	690	2857	5625	5094	2337	434	2	0
	CDH26.7	9987	0	0	0	7	227	1574	3623	3213	1221	122	0	0
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures	0.4%	DB	12.6	16.1	22.0	27.8	33.4	38.5	42.2	41.6	37.5	31.9	22.9	15.0
		MCWB	7.6	8.8	13.2	17.5	20.2	20.0	20.2	19.5	19.8	17.1	13.7	9.5
	2%	DB	10.6	13.8	19.2	25.1	31.0	37.0	40.8	40.0	35.7	29.8	20.3	12.7
		MCWB	6.6	8.0	11.7	15.7	18.4	19.3	20.3	20.3	19.4	16.4	12.3	8.1
	5%	DB	9.0	11.8	17.1	23.1	29.1	35.7	39.4	38.9	34.2	27.9	18.2	11.0
		MCWB	5.7	7.0	10.6	15.0	17.9	19.2	20.3	20.1	18.6	15.6	11.5	7.5
	10%	DB	7.5	9.9	15.1	21.0	27.4	34.1	38.1	37.6	33.0	25.9	16.1	9.5
		MCWB	5.0	6.2	9.6	13.9	17.2	18.6	20.3	19.9	17.9	15.2	10.6	6.8
Monthly Design Wet Bulb and Mean Coincident Dry Bulb Temperatures	0.4%	WB	8.8	10.2	14.5	18.6	22.7	24.0	25.5	24.6	23.0	19.4	15.2	10.6
		MCDB	11.4	14.1	19.8	25.1	30.1	35.6	37.4	37.1	35.0	28.3	20.7	13.1
	2%	WB	7.3	8.9	12.5	17.0	20.6	22.3	23.6	22.9	21.1	17.8	13.4	9.2
		MCDB	9.4	12.4	17.6	23.5	28.5	33.4	36.5	36.5	33.6	26.7	18.5	11.5
	5%	WB	6.3	7.7	11.2	15.7	19.2	21.1	22.4	21.8	19.8	16.6	12.2	8.3
		MCDB	8.2	10.6	16.2	21.7	26.9	32.8	36.4	36.4	32.2	25.5	16.6	10.2
	10%	WB	5.3	6.5	10.0	14.5	17.9	19.9	21.3	20.7	18.6	15.5	11.2	7.3
		MCDB	7.0	9.3	14.3	20.0	25.7	31.7	36.0	35.6	31.3	24.1	15.3	9.0
Mean Daily Temperature Range	5% DB	MDBR	8.5	9.6	11.3	12.6	14.4	15.7	15.8	16.2	16.3	14.1	11.2	8.8
		MCDBR	10.8	13.4	15.2	15.6	17.1	17.4	16.9	17.5	17.9	17.1	14.4	11.4
		MCWBR	7.8	8.9	9.6	9.3	8.8	8.0	7.6	7.8	9.0	9.3	8.9	7.9
	5% WB	MCDBR	8.7	10.8	12.8	14.0	15.4	16.2	16.2	16.6	16.8	15.3	12.2	8.8
		MCDBR	6.8	7.9	8.8	9.1	9.6	9.3	8.8	8.9	9.7	9.4	8.3	6.6
		MCWBR												
Clear Sky Solar Irradiance	taub	0.368	0.404	0.435	0.491	0.486	0.484	0.540	0.532	0.475	0.466	0.383	0.367	
	taud	1.995	1.859	1.836	1.746	1.805	1.830	1.694	1.700	1.814	1.815	2.046	2.043	
	Ebn,noon	780	799	817	795	806	806	757	750	769	724	758	751	
	Edh,noon	138	175	194	223	214	209	237	230	195	177	130	125	

CDDn Cooling degree-days base n°C, °C-day
CDHn Cooling degree-hours base n°C, °C-hour
DB Dry bulb temperature, °C
DP Dew point temperature, °C
Ebn,noon } Clear sky beam normal and diffuse horizontal irradiances at solar noon, W/m2
Edh,noon }
Elev Elevation, m
Enth Enthalpy, kJ/kg
HDDn Heating degree-days base n°C, °C-day
Hours 8/4 & 12.8/20.6 Number of hours between 8 a.m. and 4 p.m. with DB between 12.8 and 20.6 °C
HR Humidity ratio, g of moisture per kg of dry air

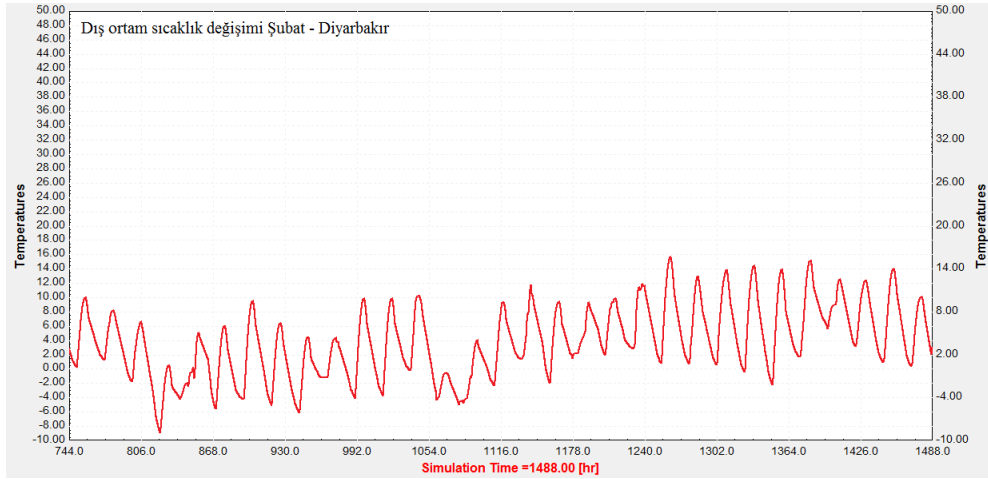
Lat Latitude, °
Long Longitude, °
MCDB Mean coincident dry bulb temperature, °C
MCDBR Mean coincident dry bulb temp. range, °C
MCDP Mean coincident dew point temperature, °C
MCWB Mean coincident wet bulb temperature, °C
MCWBR Mean coincident wet bulb temp. range, °C
MCWS Mean coincident wind speed, m/s
MCDBR Mean dry bulb temp. range, °C
PCWD Prevailing coincident wind direction, °, 0 = North, 90 = East

Period Years used to calculate the design conditions
Sd Standard deviation of daily average temperature, °C
StdP Standard pressure at station elevation, kPa
taub Clear sky optical depth for beam irradiance
taud Clear sky optical depth for diffuse irradiance
Tavg Average temperature, °C
Time Zone Hours ahead or behind UTC, and time zone code
WB Wet bulb temperature, °C
WBAN Weather Bureau Army Navy number
WMO# World Meteorological Organization number
WS Wind speed, m/s

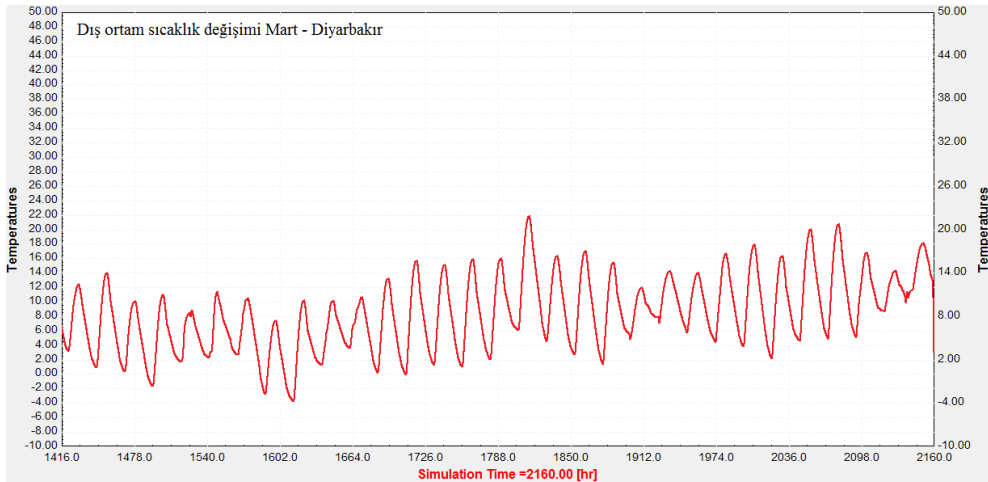
EK 2. TRNSYS Simülasyon Sonuçları; Diyarbakır ili dış ortam sıcaklıklarının değişimi [17]



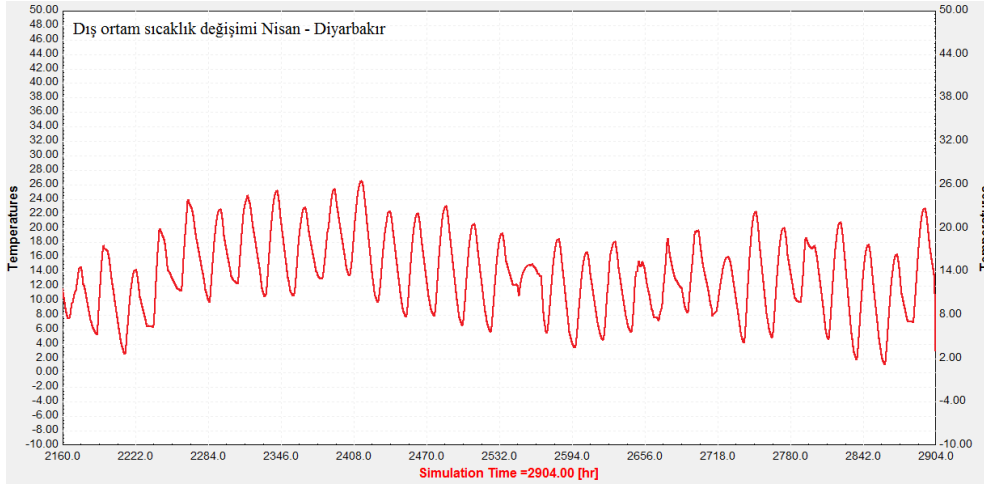
EK 2.1. Dış ortam sıcaklık değişimi Ocak – Diyarbakır



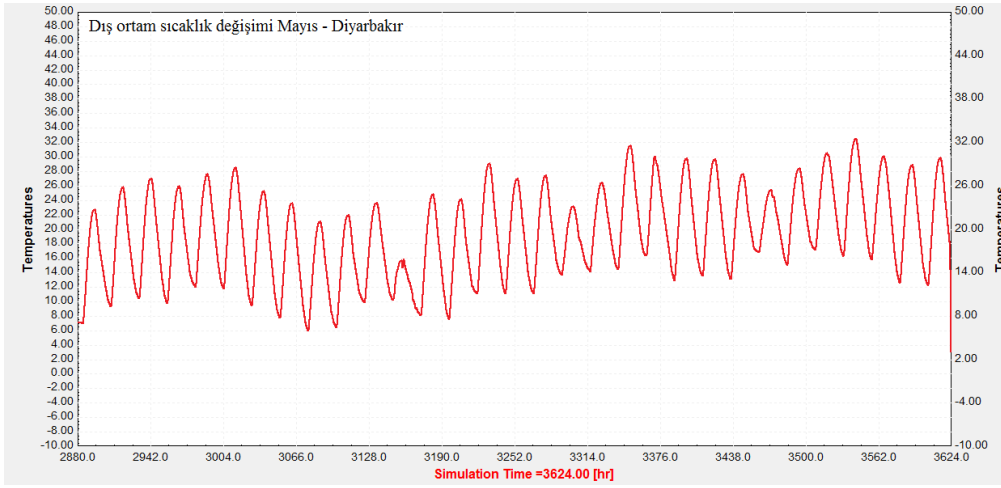
EK 2.2. Dış ortam sıcaklık değişimi Şubat – Diyarbakır



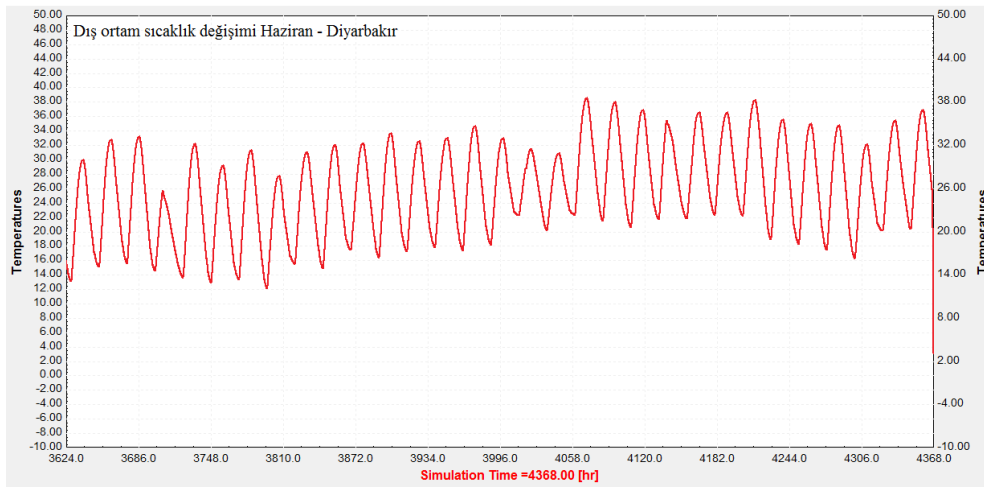
EK 2.3. Dış ortam sıcaklık değişimi Mart – Diyarbakır



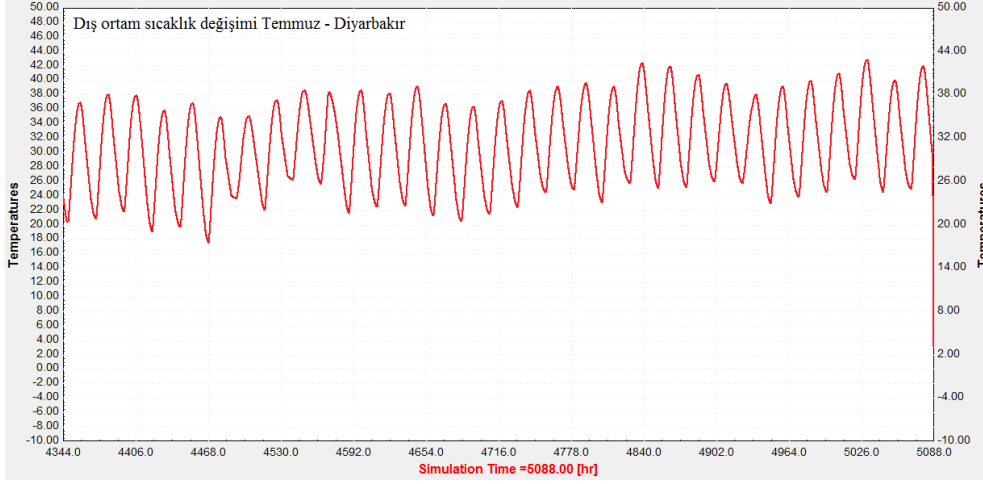
EK 2.4. Dış ortam sıcaklık değişimi Nisan – Diyarbakır



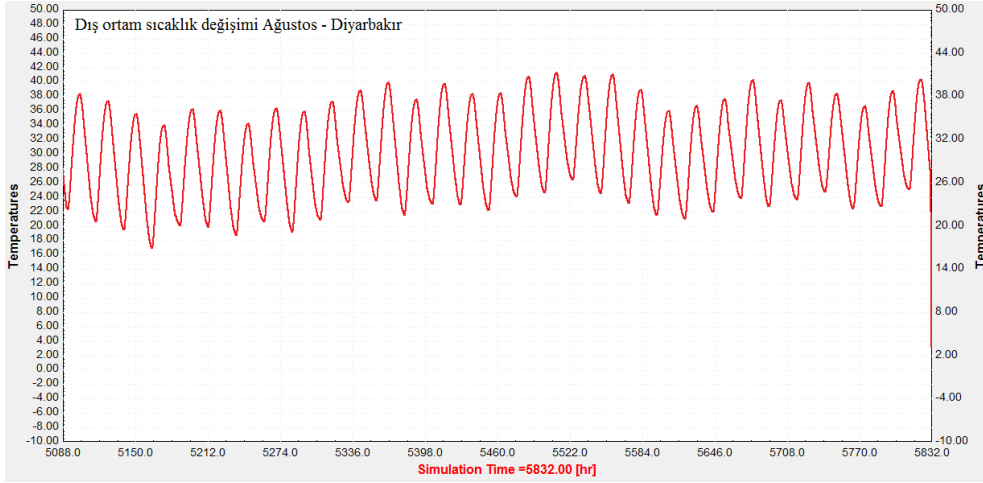
EK 2.5. Dış ortam sıcaklık değişimi Mayıs – Diyarbakır



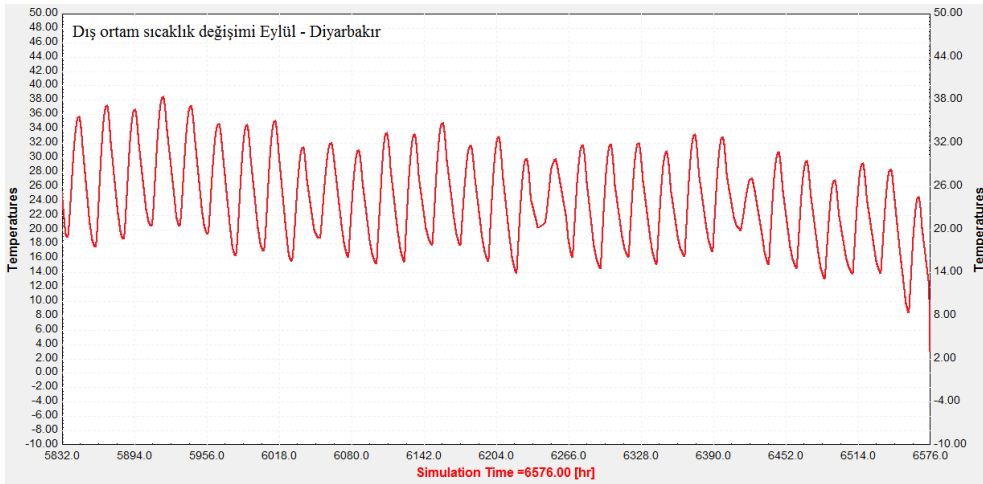
EK 2.6. Dış ortam sıcaklık değişimi Haziran – Diyarbakır



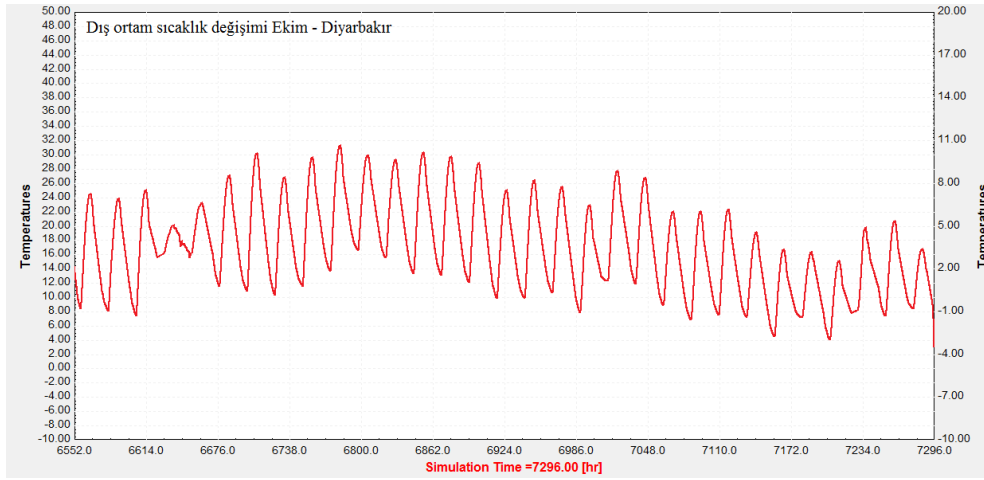
EK 2.7. Dış ortam sıcaklık değişimi Temmuz – Diyarbakır



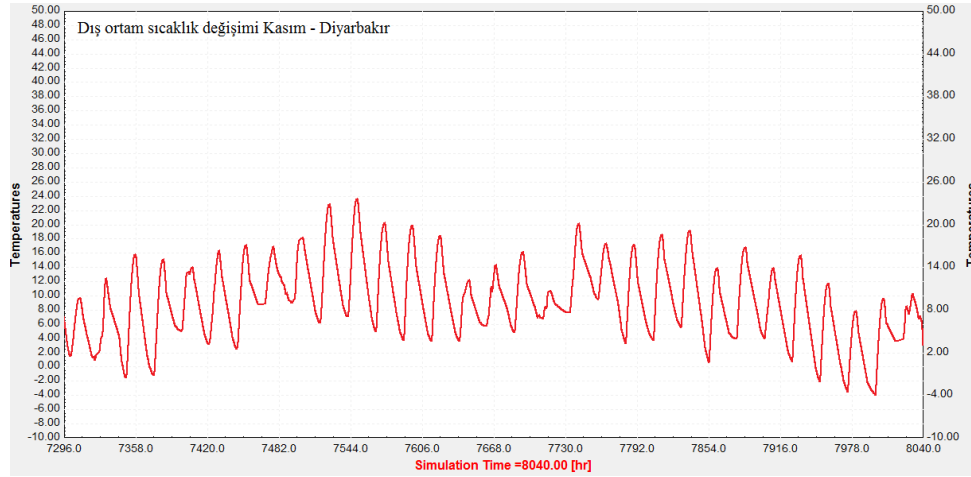
EK 2.8. Dış ortam sıcaklık değişimi Ağustos – Diyarbakır



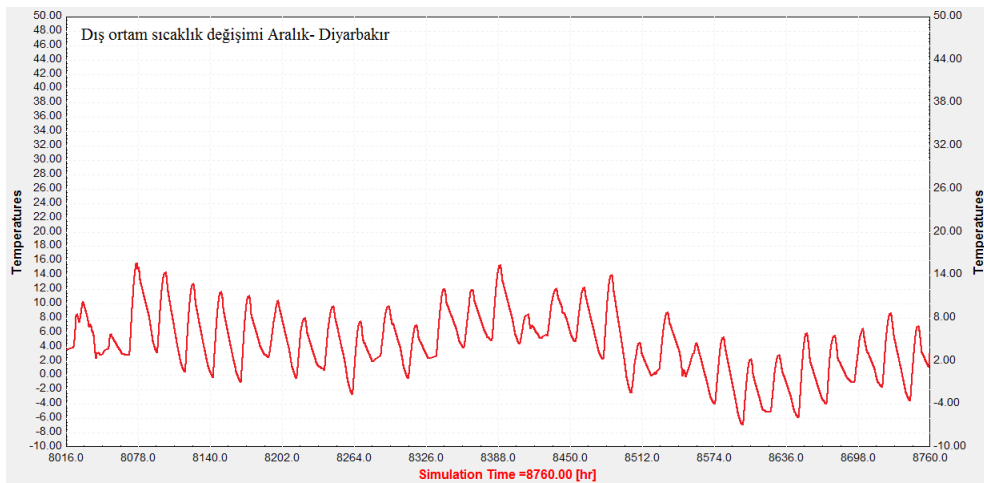
EK 2.9. Dış ortam sıcaklık değişimi Eylül – Diyarbakır



EK 2.10. Dış ortam sıcaklık değişimi Ekim – Diyarbakır

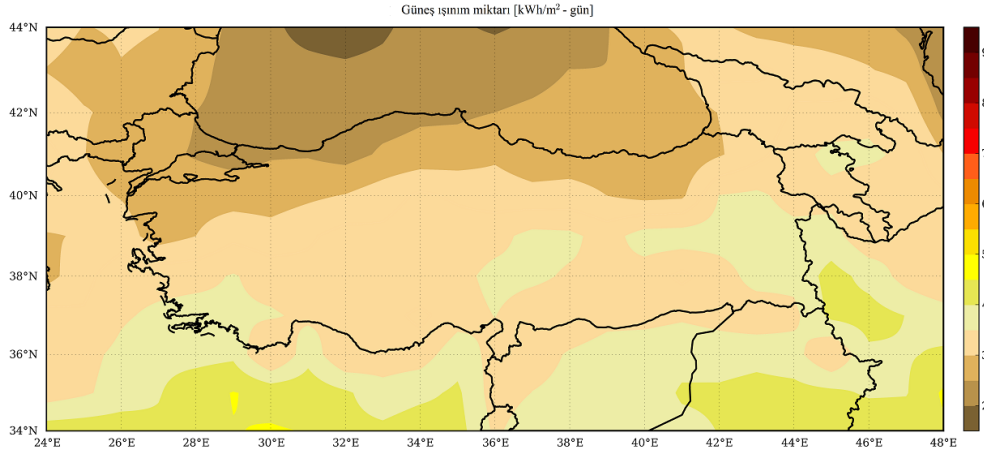


EK 2.11. Dış ortam sıcaklık değişimi Kasım – Diyarbakır

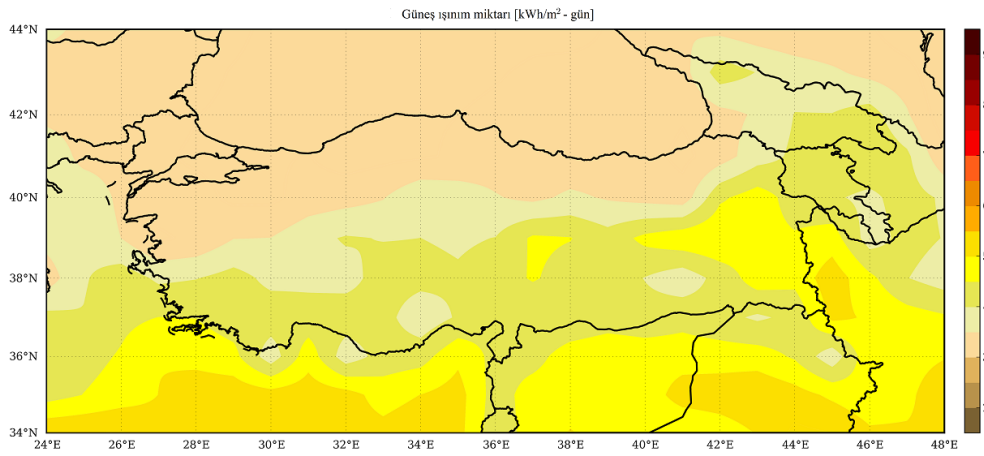


EK 2.12. Dış ortam sıcaklık değişimi Aralık – Diyarbakır

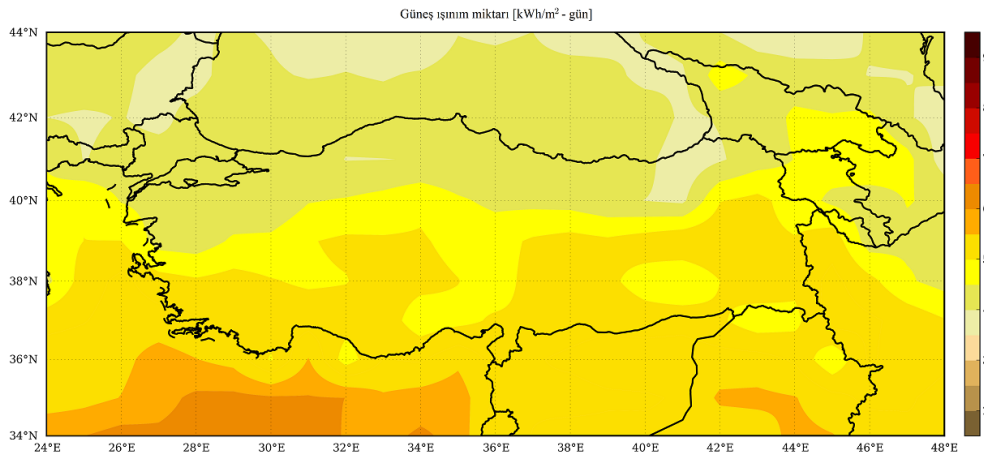
EK 3. Günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değerleri için simülasyon sonuçları
[1]



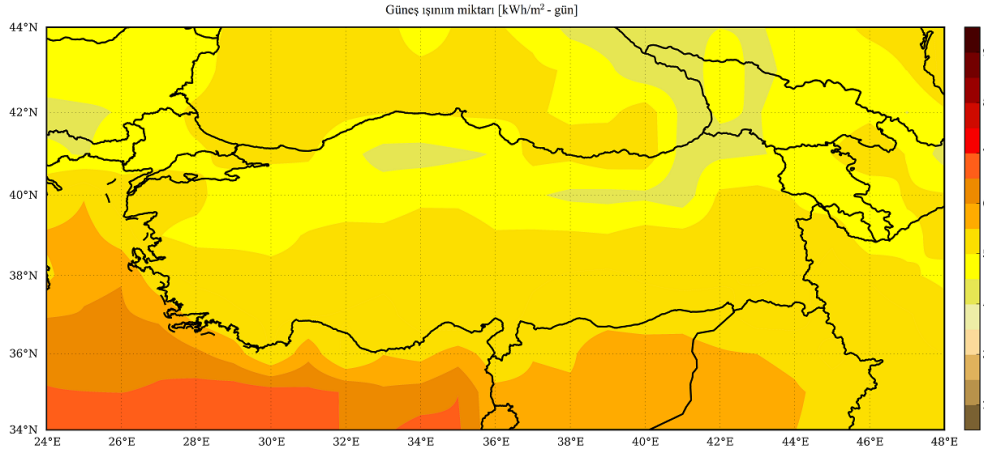
EK 3.1. Ocak-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



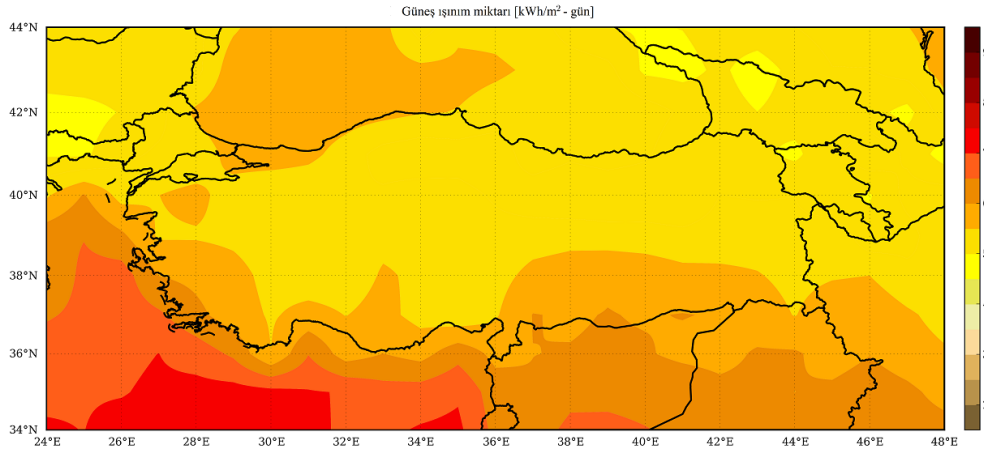
EK 3.2. Şubat-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



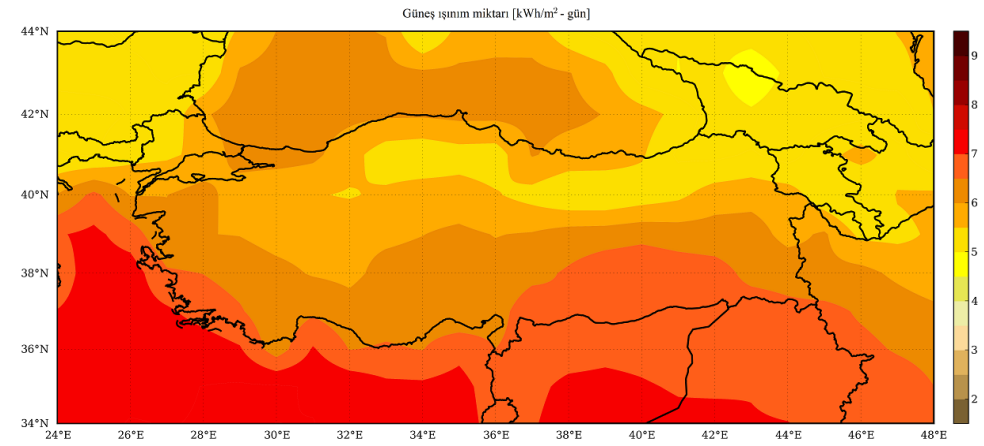
EK 3.3. Mart-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



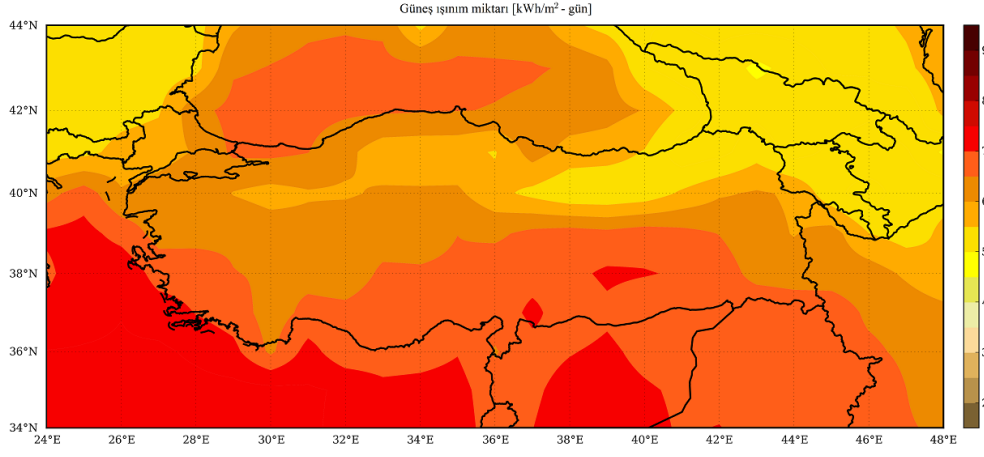
EK 3.4. Nisan-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



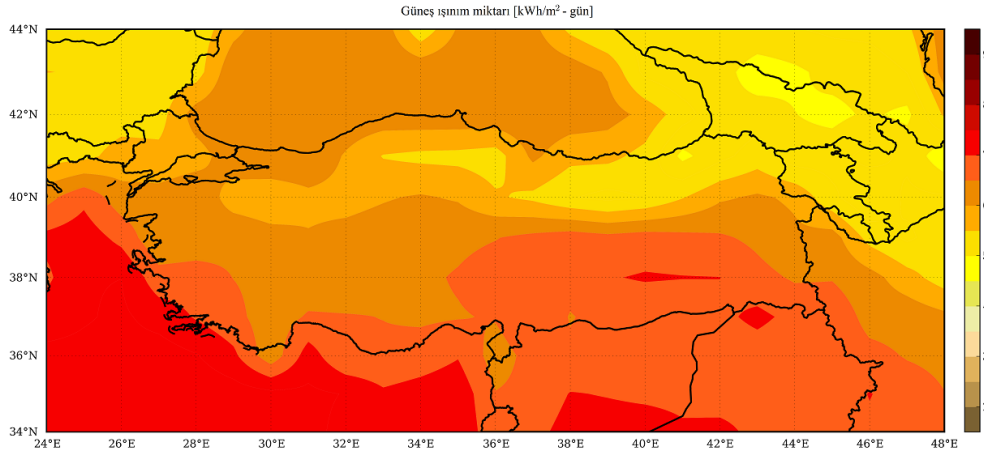
EK 3.5. Mayıs-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



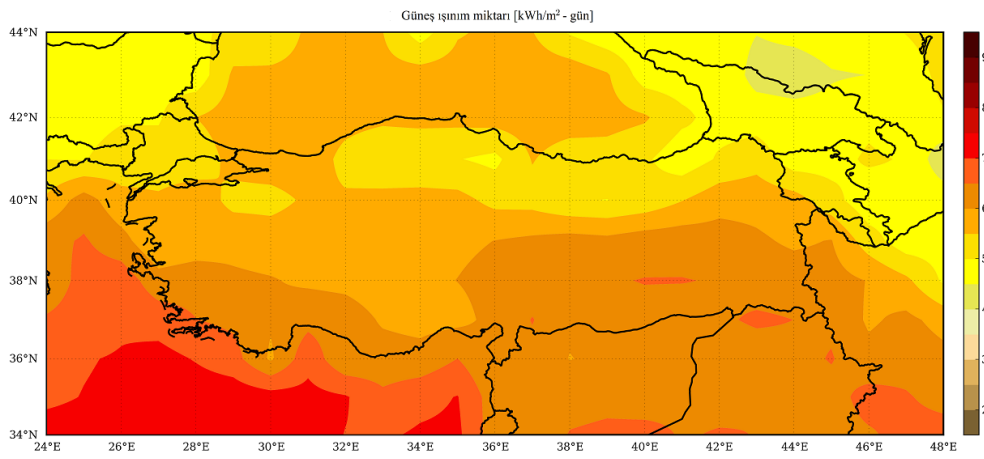
EK 3.6. Haziran-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



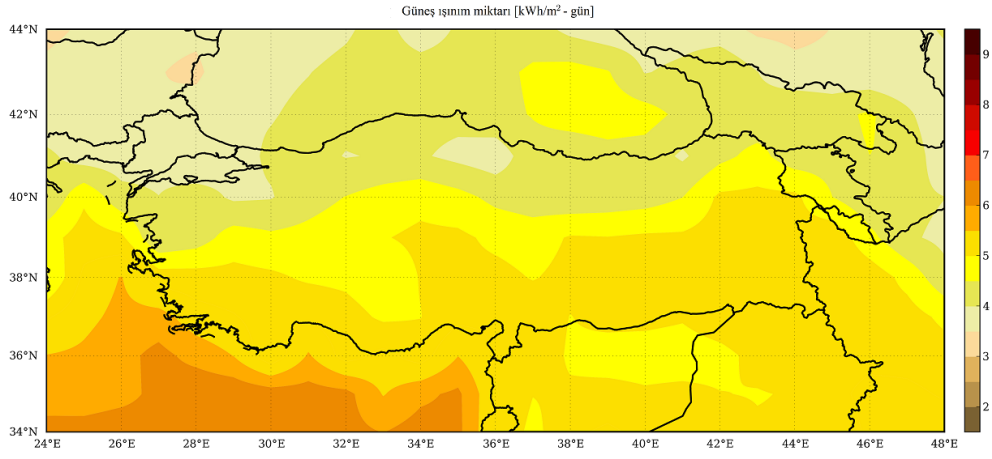
EK 3.7. Temmuz-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



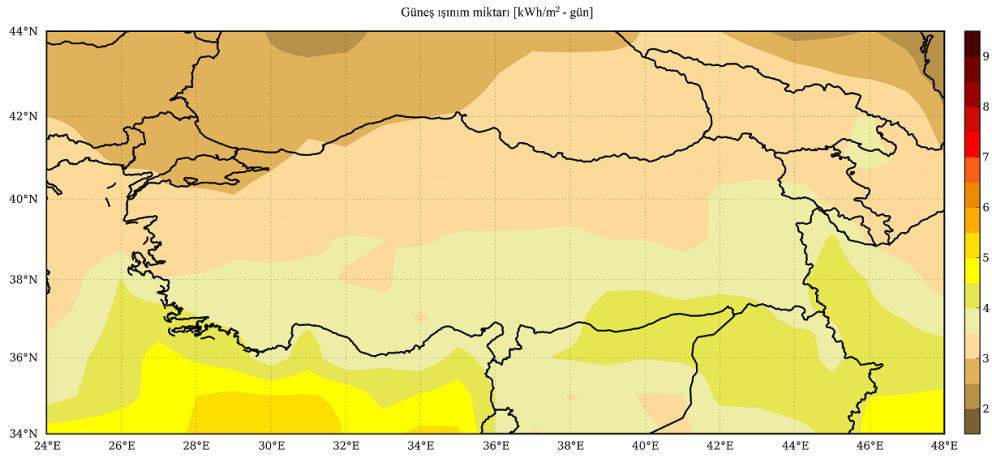
EK 3.8. Ağustos-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



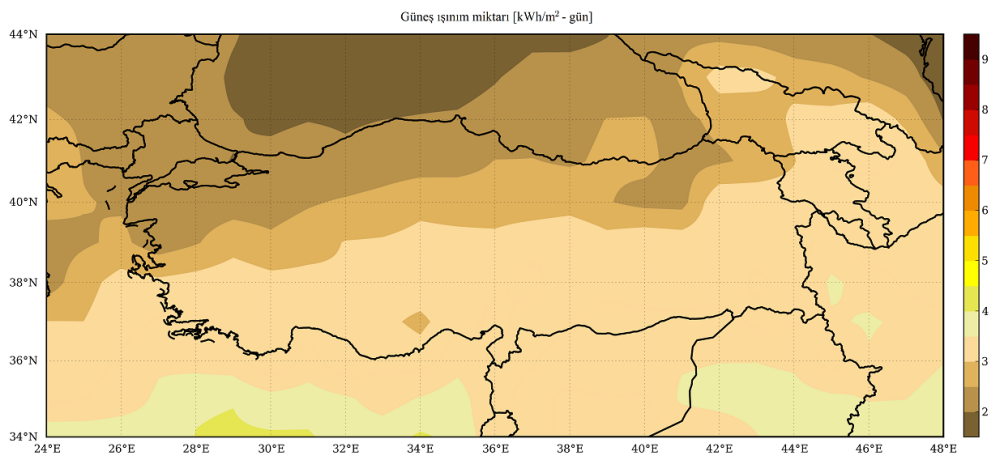
EK 3.9. Eylül-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



EK 3.10. Ekim-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



EK 3.11. Kasım-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri



EK 3.12. Aralık-günlük güneş enerjisi miktarının aylık ortalama değeri

“Bu kitabın içeriğinden sadece **GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkez** sorumludur ve bu içeriğin herhangi bir şekilde Kalkınma Bakanlığı’nın veya Karacadağ Kalkınma Ajansı’nın görüş ya da tutumunu yansıttığı mütalaa edilemez.”

GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü

Adres: Silvan Yolu Üzeri 9. Km PK.72 21110 DİYARBAKIR

Telefon : +90 412 326 13 23-40 (2 Hat)

Belgegeçer : +90 412 326 13 24

E-Posta : gaputaem@gaputaem.tr