

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**NOZULLU SOĞUTMA SİSTEMİNE SAHİP BİR BİNADA
YALITIM KALINLIĞI VE CİNSİNİN ISIL KONFORA ETKİSİ**

Ali Çağlar KAYGISIZ

Yüksek Lisans Tezi

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Enerji Bilim Dalı

HAZİRAN 2023

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**NOZULLU SOĞUTMA SİSTEMİNE SAHİP BİR BİNADA YALITIM
KALINLIĞI VE CİNSİNİN ISIL KONFORA ETKİSİ**

Tez Yazarı

Ali Çağlar KAYGISIZ

Danışman

Prof. Dr. Haydar EREN

HAZİRAN 2023

ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: Nozullu Soğutma Sistemine Sahip Bir Binada Yalıtım Kalınlığı ve Cinsinin Isıl Konfora Etkisi

Yazarı: Ali Çağlar KAYGISIZ

İlk Teslim Tarihi: 12.05.2023

Savunma Tarihi: 15.06.2023

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Haydar EREN Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Doç. Dr. Ömer Faruk CAN Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Üye:	Prof. Dr. Cengiz YILDIZ Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza
Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Nozullu Soğutma Sistemine Sahip Bir Binada Yalıtım Kalınlığı ve Cinsinin Isıl Konfora Etkisi” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

15.06.2023

Ali Çağlar KAYGISIZ



ÖNSÖZ

Araştırmamın her aşamasında olumlu eleştirileriyle amaca ulaşmamda bana katkı sağlayan danışmanım Prof. Dr. Haydar EREN, Araştırma Görevlisi Celal KISTAK'a ve çalışmamda maddi destek sağlayan FUBAP proje No: MF.22.25 teşekkür ederim. Ayrıca beni destekleyen Cem OZAN ve biran olsun eksikliğini hissettirmeyen canım Anneme saygılarım ve minnet duygularımı sunar teşekkür ederim.

Ali Çağlar KAYGISIZ

ELAZIĞ, 2023



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
EKLER LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	3
1.2. Enerji Verimliliği.....	4
1.2.1. Dünyada enerji talebi ve arzı.....	5
1.2.2. Türkiye'nin enerji durumu	5
1.2.3. Türkiye'nin enerji verimliliği ile ilgili değerleri	6
1.3. Yalıtım.....	7
1.3.1. Yalıtımın tarihçesi	7
1.4. Binalarda Isı Yalıtımı	8
1.4.1. Binalarda ısı yalıtımın faydaları	9
1.4.2. Isı yalıtımını etkileyen dış faktörler	10
1.4.3. Isı yalıtımının enerji tasarrufunda etkisi	10
1.4.4. Yalıtımın kirliliğe etkisi	11
1.5. Dünyada ve Türkiye'de Yalıtım	12
1.5.1. Dünyada yalıtım	12
1.5.2. Türkiye'de yalıtım.....	12
1.6. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler	13
1.7. Temel Isı Yalıtım Malzemeleri.....	15
1.7.1. Taş yünü.....	15
1.7.2. Cam yünü	16
1.7.3. Polimerler	17
1.7.4. Fenol köpüğü.....	20
1.7.5. Cam köpüğü	20
1.7.6. Genleştirilmiş mantar	21
1.7.7. Genleştirilmiş Perlit.....	22
1.7.8. Ahşap yünlü levhalar.....	22
1.7.9. Kalsiyum Silikat.....	23
1.7.10. Elastomerik Kauçuk	23
1.8. Isı ve Sıcaklık İlişkisi	24
1.9. Isı Transferinin Esasları.....	24
1.9.1. İletim	25
1.9.2. Taşınım.....	25
1.9.3. Işınım	25

2. MATERYAL VE METOT.....	26
2.1. Deneý Düzenesinde Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar.....	26
2.1.1. Mdf.....	26
2.1.2. Termometre.....	26
2.1.3. Işınımölçer.....	26
2.1.4. Rüzgâr istasyonu.....	27
2.1.5. Aspiratör.....	27
2.1.6. Akış lülesi.....	28
2.1.7. Yalıtım malzemeleri.....	28
2.2. Deneý Düzenesinin Oluşturulması ve Deneýin yapılışı.....	30
2.3. Hesaplamalar Ve Yöntem.....	32
3. DENEYSEL SONUÇLAR	35
4. HATA ANALİZİ	45
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	48
ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	50
EKLER	52
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Nozullu Soğutma Sistemine Sahip Bir Binada Yalıtım Kalınlığı ve Cinsinin Isıl Konfora Etkisi

Ali Çağlar KAYGISIZ

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2023, Sayfa: xiii + 51

Dünyada enerji kaynaklarının yeterliliği gün geçtikçe azalan bir grafik çizmektedir. Dünyada ve ülkemizde enerjiye olan ihtiyaç nüfus artışıyla beraber her geçen gün artmaktadır. Artan bu enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, binalarda ısı kayıplarını mümkün olduğunca azaltarak enerjinin verimli bir şekilde kullanılması daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Bu amaçla binalarımızı yalıtmamız gerekmektedir. Yalıtım sadece kışın ısı kaybını azaltmakla kalmaz, yazın bunaltıcı sıcaklıklarından da korunmamızı sağlar. Bina dış duvarlarına yapılan yalıtım sayesinde kışın binayı ısıtmak için kullanılan yakıt tüketimi azalırken, yaz aylarında da soğutma/havalandırma amaçlı kullanılan klima vb. sistemlerin tükettiği enerji azalacak, belki de klima kullanımına hiç gerek kalmayacaktır. Bu konuda yapılan çalışmalar, yalıtımın ilk yatırım maliyetinin fazla olmasına rağmen ısıtma ya da soğutma amaçlı kullanılan enerji tüketimini azalttığından uzun vadede kazanca işaret etmektedir.

Bu çalışmada, ahşap malzemeden yapılmış tek katlı, tek odalı, çatılı küçük bir bina modeli kullanılmıştır. Bina modeli bölümümüz terasına yerleştirilerek deneyler yazın yapılmıştır. Modelin dış duvarları üç farklı malzeme ve bu malzemelerin her birinin üç farklı kalınlığında yalıtılmıştır. Deneylerde günün belli saatlerinde binanın iç ortam sıcaklıkları ile dış ortam sıcaklıkları okunmuştur. Bu verilerden yararlanarak bina duvarlarından olan toplam ısı kaybı (ya da kazancı) hesaplanarak, yalıtım malzemesi cinsi ve kalınlığının ısı konfora etkisi araştırılmıştır. Ayrıca her bir yalıtım kalınlığı ve türü için bina yönü değiştirilerek deneyler ve hesaplamalar tekrarlanmıştır. Ayrıca, deney süresince yatay yüzeye gelen ışınım şiddeti ve rüzgâr hızı da ölçülmüştür.

Bu çalışmada batı ve güney yönlerinde en düşük iç ortam sıcaklığı 6 cm kalınlığında Taş Yünü ile elde edilmiştir. Doğu ve kuzey yönlerinde ise en düşük iç ortam sıcaklığı 6 cm kalınlığında EPS ile elde edilmiştir. Tüm yalıtım malzemesi kalınlıkları ve tüm yönler dikkate alındığında en düşük iç ortam sıcaklığı EPS 6 cm kuzey yönünde elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalıtım, Sıcaklık, Enerji

ABSTRACT

The Effect of Insulation Thickness and Type on Thermal Comfort In A Building with Nozzles Cooling System

Ali Çağlar KAYGISIZ

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

June 2023, Pages: xiii + 51

The world's ability to spend energy draws a decreasing chart. The need for energy in the world and in the country is increasing day by day with the increase in population. Considering this increasing energy demand, Efficient use of energy has become more important by reducing heat losses in buildings as much as possible. For this purpose, we need to insulate our buildings. Insulation not only reduces heat loss in winter, It also protects us from the sweltering heat of summer. Thanks to the insulation made on the exterior walls of the building, the fuel consumption used to heat the building in winter is reduced, air conditioners etc. used for cooling/ventilation in summer months. the energy consumed by the systems will decrease, perhaps there will be no need for air conditioning at all.

Studies on this subject point to long-term gains as it reduces the energy consumption used for heating or cooling, despite the high initial investment cost of insulation. In this study, a single-storey, one-room, roofed small building model made of wood will be used. Experiments were carried out in summer by placing the building model on the terrace of our department. The outer walls of the model will be insulated with at least three different materials and three different thicknesses of each of these materials. In the experiments, the indoor and outdoor temperatures of the building were read at certain times of the day. Using these data, the total heat loss from the building walls (or gain) calculating, The effect of insulation material type and thickness on thermal comfort was investigated. In addition, experiments and calculations were repeated by changing the building direction for each insulation thickness and type. In addition, radiation intensity and wind speed on the horizontal surface were also measured during the experiment.

In this study, the lowest indoor temperature in the west and south directions was obtained with 6 cm thick Stone Wool. In the east and north directions, the lowest indoor temperature was obtained with 6 cm thick EPS. Considering all insulation material thicknesses and all directions, the lowest indoor temperature was obtained in EPS 6 cm north direction

Keywords: Insulation, Temperature, Energy

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Türkiye'nin 2022 yılında elektrik enerjisi üretimi.....	1
Şekil 1.2.	Kişi başı elektrik tüketimleri.....	1
Şekil 1.3.	2020 Ulusal enerji denge verileri.....	2
Şekil 1.4.	Bin TEP değerine göre Türkiye'nin yıllara göre gerçekleşen birincil enerji değerleri.	6
Şekil 1.5.	Babil'in asma bahçeleri.	8
Şekil 1.6.	Binalarda gerçekleşen ısı kayıpları.	9
Şekil 1.7.	Yalıtımsız ve yalıtımlı haldeki ısı kayıpları.	11
Şekil 1.8.	Yalıtımsız ve yalıtımlı haldeki emisyon miktarları.....	12
Şekil 1.9.	Taş yünü	16
Şekil 1.10.	Cam yünü.....	16
Şekil 1.11.	XPS (Ekstrüde Polistren).....	18
Şekil 1.12.	Karbonlu EPS (Ekspande Polistren)	19
Şekil 1.13.	Poliüretan	20
Şekil 1.14.	Cam köpüğü.....	21
Şekil 1.15.	Genleştirilmiş mantar.....	22
Şekil 1.16.	Genleştirilmiş perlit	22
Şekil 1.17.	Kalsiyum silikat	23
Şekil 1.18.	Elastomerik kauçuk.....	24
Şekil 2.1.	Dijital termometre.....	26
Şekil 2.2.	Işınımölçer	26
Şekil 2.3.	Rüzgâr istasyonu.....	27
Şekil 2.4.	Aspiratör	27
Şekil 2.5.	Akış lüleleri	28
Şekil 2.6.	XPS.....	29
Şekil 2.7.	EPS	29
Şekil 2.8.	Taş yünü	29
Şekil 2.9.	Deney düzeneğinin şematik görünüşü	30
Şekil 2.10.	EPS ısı yalıtım malzemesiyle kaplı bina görüntüsü	31
Şekil 2.11.	Taş yünü ısı yalıtım malzemesiyle kaplı bina görüntüsü	31
Şekil 2.12.	XPS ısı yalıtım malzemesiyle kaplı bina görüntüsü	32
Şekil 3.1.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-yan duvar).....	35
Şekil 3.2.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-tavan)	35
Şekil 3.3.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-döşeme).....	36
Şekil 3.4.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz- nozullu duvar).....	36
Şekli 3.5.	EPS 4 cm için dik yüzeye gelen ışınlam şiddetinin zamana göre değişimi	36
Şekil 3.6.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-yan duvar)	37

Şekil 3.7.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-tavan).....	37
Şekil 3.8.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-döşeme)	38
Şekil 3.9.	EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece- nozullu duvar)	38
Şekil 3.10.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar).....	40
Şekil 3.11.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan).....	41
Şekil 3.12.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)	41
Şekil 3.13.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)	42
Şekil 3.14.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)	42
Şekil 3.15.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)	43
Şekil 3.16.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme).....	43
Şekil 3.17.	4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar).....	43
Şekil 3.18.	4 cm yalıtım kalınlığındaki yalıtım malzemeleri için sıcaklık farklarının karşılaştırılması (gündüz- kuzeye bakan nozul yönü)	44
Şekil 3.19.	4 cm yalıtım kalınlığındaki yalıtım malzemeleri için sıcaklık farklarının karşılaştırılması (gece- kuzeye bakan nozul yönü)	44
Şekil 4.1.	Analitik Yaklaşım İle Problem Çözümü.....	45

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1.	2019 yılında gerçekleşen enerji tüketim payı ve karbondioksit salınım değerleri.	5
Tablo 1.2.	Ülkemizin birincil enerji talebindeki ithalat ve fosil yakıtlar değerlerinin oranı.	6
Tablo 1.3.	Ülkemizde yıllara göre gerçekleşen enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi.	7
Tablo 1.4.	Isı yalıtım malzemesi tüketim değerleri.....	13
Tablo 2.1.	Yalıtım Malzemeleri Isı İletkenlik Değerleri.....	28
Tablo 2.2.	Ayları temsil eden ortalama gün ve “n” değerleri.....	34
Tablo 3.1.	EPS 4 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s).....	37
Tablo 3.2.	EPS 4 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s).....	38
Tablo 5.1.	Gece saatlerinde tüm yalıtım malzemelerinin en düşük iç ortam sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	48

EKLER LİSTESİ

Sayfa

Ek- 1:	Deneysel Çalışma Sonuçları	52
--------	----------------------------------	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	: Alan (m^2)
Ar	: Lüle çıkış kesit alanının hücre yüzey alanına oranı
D	: Lüle çapı (m)
H	: Nozul ile aspiratör arası mesafe (m)
h	: Isı taşınım katsayısı (W/m^2K)
k	: Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (W/mK)
Nu	: Nusselt değeri
Pr	: Prandtl sayısı
q	: Isı akısı (W/m^2)
Q	: Birim zamanda geçen ısı miktarı (W)
Re	: Reynolds sayısı
$T_{iç}$: İç ortama ait sıcaklık ($^{\circ}C$)
$T_{dış}$: Dış ortama ait sıcaklık ($^{\circ}C$)
ΔT	: İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)
Φ	: Enlem açısı
β	: Yatay konumda yüzeyin eğim açısı
ω	: Saat açısı
δ	: Deklinasyon açısı
Rb	: Geometrik faktör
Ibt	: Eğik yüzeye düşen anlık direkt ışınım (W/m^2)
Ib	: Yatay yüzeye düşen anlık direkt ışınım (W/m^2)
q_n	: Her bir nozul için ısı akısı değeri (W/m^2K)
q_{nd}	: Nozullu duvar için ısı akısı (W/m^2K)

Kısaltmalar

XPS	: (Ekstrüde Polistren)
EPS	: (Ekspande Polistren)

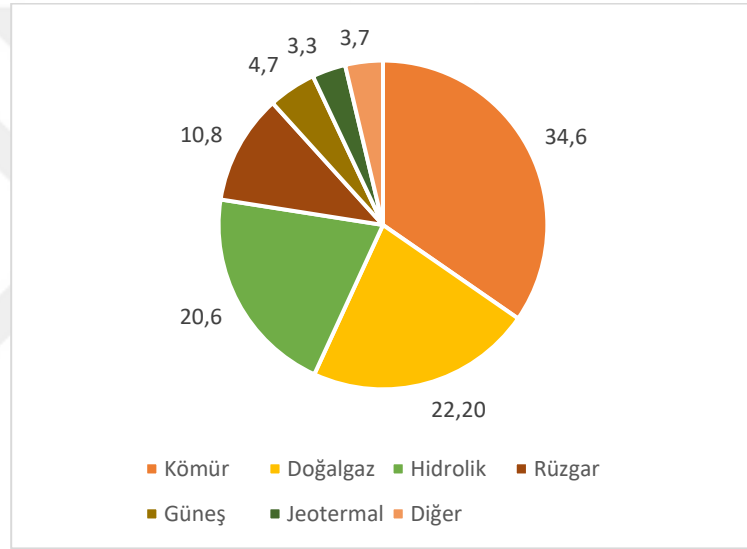
Sekil ve Tablolarda

KUZEY	: Bina yan duvarının kuzeye baktığı gün yapılan deneyler
GÜNEY	: Bina yan duvarının güneye baktığı gün yapılan deneyler
DOĞU	: Bina yan duvarının doğuya baktığı gün yapılan deneyler
BATI	: Bina yan duvarının batıya baktığı gün yapılan deneyler

1. GİRİŞ

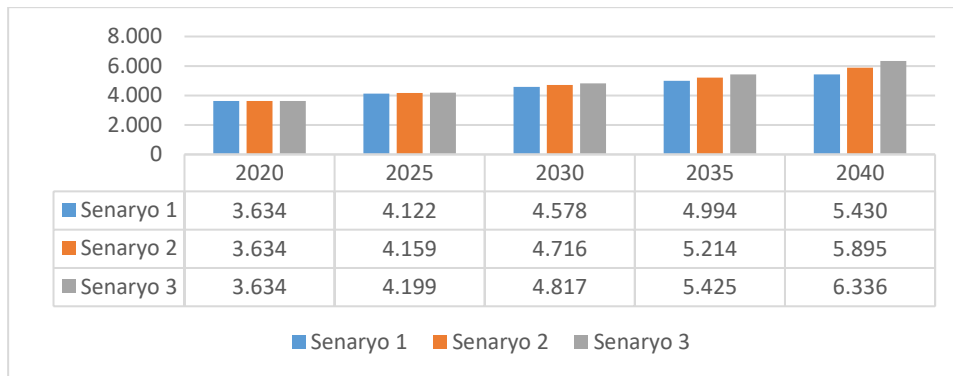
Enerji, uygarlığın temel taşlarından biridir ve iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanır. Devletlerin önemli problemlerinden bir tanesi enerjidir. Enerji kaynakları yenilenebilir ve fosil kökenli olabilir. Her geçen gün artan dünya nüfusu çabucak gelişen sanayi ve kentleşme enerji kullanımını çoğaltmakta ve bununla birlikte enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Enerji verimliliği artırılarak daha az maliyetle doğaya zarar vermeden enerji tasarrufu yapılabilir. Hayatımızın her yerinde kullandığımız enerji ekonomik kalkınmanın gerçekleşmesinde önemli bir yere sahiptir.

Şekil 1.1 Türkiye’de 2022 yılında elektrik üretimimizin enerji kaynaklarına dağılımı belirtilmiştir.



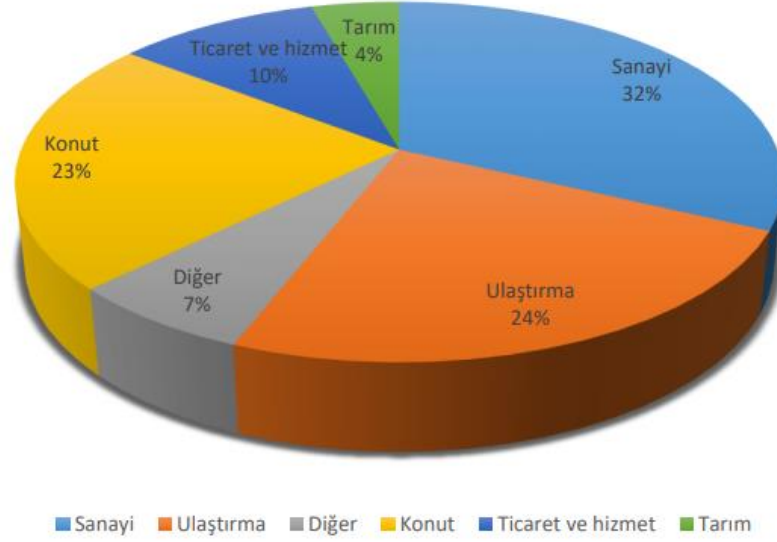
Şekil 1.1. Türkiye’nin 2022 yılında elektrik enerjisi üretimi [1].

Ülkemizin enerji üretim gücü 2022 Aralık ayının sonundaki verilere göre 103.809 Mw’a ulaşmıştır. Oluşabilecek senaryolar şekil 1.2’de gösterilmiştir[1].



Şekil 1.2. Kişi başı elektrik tüketimleri [2].

Önümüzdeki yıllar içerisinde ülkemizde gerçekleşebilecek kişi başı elektrik tüketim değerleri oluşabilecek senaryolara göre giderek artacaktır.



Şekil 1.3. 2020 Ulusal enerji denge verileri [3].

Enerji işleri genel müdürlüğünün yapmış olduğu istatistiklere göre enerji tüketimimizde en büyük pay;

- %32 ile sanayi
- %24 ile ulaştırma
- %23 ile konut
- %10 ile ticaret ve hizmet sektörlerinde gerçekleşmiştir.

Şekil 1.3’de görüldüğü üzere sanayi sektörü enerji harcanmasında en büyük paya sahip olup burada yapılan enerji verimliliği çalışmalarıyla ülkemize önemli katkı sağlamış olacaktır.

Enerji kullanımının mühim bir kısmının konut sektöründe kullanıldığı ülkemizde, enerji verimliliği çözüm geliştirilmesi gereken mühim meselelerden biridir. Ülkemizde nüfus popülasyonu hızla artmaktadır. Bununla birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç da geçmişe göre hızla artmaktadır. Ancak ülkemizde verimliliğe gereken önem verilmediğinden enerji kayıpları yaşanmaktadır. Enerji tasarrufu sağlanmadığı sürece ve enerji harcamasında verimlilik konularında gerekli çalışmalar yapılmadığında ülkemizde ekonomik, çevresel sorunlar yaşanacaktır. Yapılarda ısı yalıtımı ile enerji tasarrufu, sağlık ve ekonomik düzeyde düzelmeye olacak ve çevresel sorunlarda azalma olacaktır. Binalarda kullanılan izolasyon sistemlerinin başarımları, malzemenin hangi duruma uygun olup olmadığıyla ilgilidir. Ülkemizde ısı yalıtım standartlarına uygun olarak TS 825 standardı kullanılmaktadır.

1.1. Literatür Taraması

Konutlarda ısı kayıpları ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda yalıtım kalınlığının belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. İçerisinde Elazığ ilinin de bulunduğu ülkemizde yalıtımla ilgili birçok çalışma yer almaktadır.

Arif [4] Elazığ ili için yaptığı çalışmada, binanın ısıtılmasında birbirinden farklı yakıt türleri kullanmış ve farklı duvar modelleri için en uygun yalıtım malzemesi kalınlığıyla ekonomik değerlerini incelemiştir. Dış duvarlarda gerekli olan yalıtım malzemesinin kalınlıklarını hesaplamıştır. Buradan uygun olan yalıtım kalınlıkları, yıllık enerji kazancı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi değerlerini bulmuştur.

Semiha ve Emre [5], alternatif kavram geliştirmesi olan ömür maliyet analizi yöntemi ile çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada 6 farklı yakıt 5 farklı duvar 2 farklı ısı yalıtım malzemesi kullanmışlardır. En uygun değer olarak ısı yalıtım malzemesinde EPS, yakıt olarak kömür kullanılması gerektiğini tespit etmişlerdir. Bunun neticesinde en uygun yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi değerlerini hesaplamışlardır.

Erdem ve Volkan [6], üç farklı il için yaptıkları çalışmada dış duvarlar için elverişli yalıtım kalınlıklarını incelemiştir. Buna göre toplam maliyet ve yalıtımda kullanılan malzemenin değerlerini hesaplamış ve çalıştıkları iller için optimum yalıtım kalınlıklarını bulmuşlardır.

Hüseyin, Adil, Ahmet, Alper ve Ümit [7], Yalova ili için binalarda yalıtım kalınlığını değerlendirmişlerdir. Yalıtım standartlarına uygun olarak bu bölge için uygulanması gerekli yalıtım kalınlığını ve şartlarını incelemiştir. Sonuçlara bakıldığında duvar tipi olarak izo td seçildiği ve gerekli olan yalıtım malzemesi kalınlığının ise minimum 2 cm olması gerektiğini bulmuşlardır. Sıcaklığın azalmasıyla birlikte yalıtıma duyulan ihtiyacın artmakta olduğunu belirlemişlerdir.

Temel, İlker, Mehmet ve İsmet [8], Erzincan ili için kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayılarının durumunu termal kamera ve termokupl ile incelemiştir. Yaptıkları çalışmada genleştirilmiş perlit ile EPS'nin yalıtım performanslarının karşılaştırılmasını yapmışlardır. Sonuç olarak 6 cm lik EPS ile genleştirilmiş perlitin ısı yalıtımında birbirine denk olduğunu belirlemişlerdir.

Aynur ve Muhammed [9], bir bina için yaptıkları çalışmada yalıtım kalınlığı tespiti ile birlikte enerji tasarrufunu ısıtma ve soğutma durumuna göre analiz etmişlerdir. Bunun için birbirinden farklı duvarlar, farklı yakıt çeşitleri ve iki farklı yalıtım malzemesi kullanılmışlardır. Malatya şehri için gerekli maliyet, enerjide tasarruf, yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süresini hesaplamışlardır.

İlknur [10] yaptığı çalışmada, Diyarbakır ilinde bir binada yalıtım malzemesinin enerji verimliliği üzerindeki etkisini araştırmıştır. Termodinamiğin yasalarını incelemiş olup bu yasalara göre gerekli standartlara uygun şekilde hesap ve formüller kullanarak sonuçlar elde etmiştir.

Yalıtımda kullanılacak en uygun malzemeyi fenol sert köpük olarak bulmuştur. XPS'in ise birim fiyat bakımından bakıldığında daha avantajlı olduğunu tespit etmiştir.

Dilek[11], Kars ilinde yaptığı çalışmada dış duvarlar ile ilgili uygun yalıtım kalınlığını belirlemiştir. Meteorolojik değerlerden yararlanarak güneş ışınımı değerlerini ve ısıtma yüklerini derece gün şeklinde hesaplama yaparak gerekli değerlere ulaşmıştır. Yalıtım kalınlığının artmasıyla beraber en uygun yalıtım kalınlığını incelemiş ve en uygun ısı yalıtım kalınlığını ise 8,9 cm bulmuştur.

Aydın ve Bıyıkoglu [12], binalarda ısıtma yükü üzerine uygun yalıtım kalınlığı ve ömür maliyet analizi üzerine çalışma yapmışlardır. Hesaplamaları gerekli standartlar çerçevesinde TS 825 standartlarına göre yapmışlardır. Tavanda yalıtım malzemesi olarak cam yünü, dış duvarlarda EPS tabanda ise XPS kullanmışlardır. Uygun yalıtım kalınlıkları uzun vadede kullanım için gerekli olan dış duvar kalınlıklarını hesaplamışlardır. Sonuç olarak yalıtım standartlarına uygun şekilde yapılan bir binanın genel olarak sağlayacağı enerji tasarrufunun bölgeler arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Gülşen[13], yapmış olduğu çalışmada binalarda yalıtım sistemleri üzerine ve projede ısı yalıtım maliyet analizini hesaplamıştır. Çalışma sonucunda binanın ömrü göz önüne alındığında yalıtım yapılmasının tasarruf sağlayacağı öngörülmüştür. Yatırım maliyetinin bina maliyetine oranı %3,8 ve yatırım maliyetlerinin yaklaşık olarak 4-5 yıl içerisinde kendini amorti edeceği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra sistemde kullanılacak olan malzemenin boyutunun küçüklüğü ise sistemdeki ilk maliyete göre bir azalma sağlayacağı tespit edilmiştir.

Erkan[14], binada aspiratör ve akış lülesi kullanımının soğutmaya etkisini incelemiştir. Binanın yalıtım ile kaplanması pencerelerde bulunan akış lüleleri, içerideki havayı dışarıya atması için aspiratör kullanması ile birlikte daha iyi şartlarda havalandırma sağlamıştır.

1.2. Enerji Verimliliği

Bir ülkenin gelişmişlik seviyesini gösteren önemli parametrelerden biri enerji tüketim oranıdır. Enerji direk olarak gözlemlenemez fakat kendi içinde hesaplanan, fiziksel bir sistemin özelliğidir. Doğada gerçekleşen olayların oluşumunda veya bir durumdan başka bir duruma geçişi enerji vasıtasıyla gerçekleşir.

Enerji verimliliğinin amacı gerekli olan enerji miktarını minimum seviyelere düşürmeye dayanır. Diğer bir söyleyişle tüketilen enerji değerinin, üretimdeki kalite veya miktarı azaltmadan, ekonomik olarak büyümeyi ve refah seviyesine engel olmadan en aza indirilmesidir. Aydınlatma, ulaşım ve ısıtma ihtiyaçlarımızı karşılarken, evlerde kullandığımız elektrikli aletlerde kısaca hayatımızın her alanında enerjii en verimli şekilde kullanarak ülke ekonomisine ve çevrenin korunmasına katkı sağlamak mümkündür.

1.2.1. Dünyada enerji talebi ve arzı

Dünyada enerjiye duyduğumuz talep gün geçtikçe artmaktadır. Uluslararası enerji ajansının değerlerine göre 1973 senesinde gerçekleşen birincil enerji arzı 6 trilyon Ton Eşdeğer Petrol (TEP) iken bu değer 2018 yılına gelindiğinde 14.2 trilyon TEP'e ulaşmıştır. Aynı yıllara bakıldığında zaman fosil yakıt oranı ise %86.7 seviyesinde iken 2018 yılına gelindiğinde bu oran %81.3 olmuştur [15].

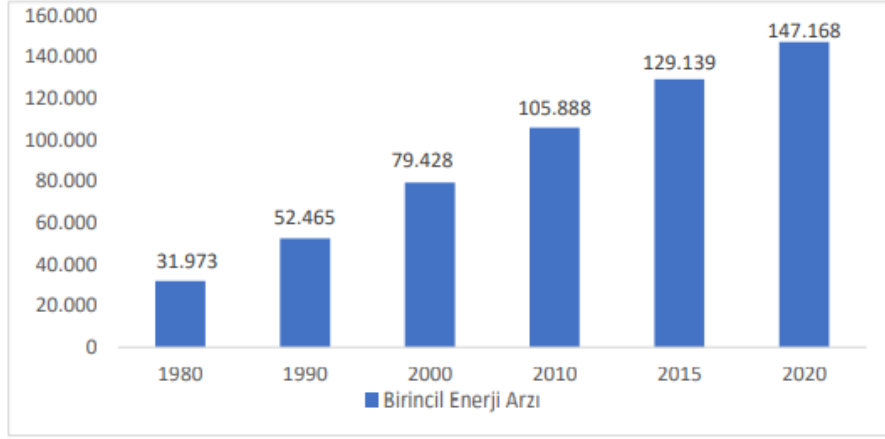
Tablo 1.1. 2019 yılında gerçekleşen enerji tüketim payı ve karbondioksit salınım değerleri [15].

Ülkeler	Enerji Tüketimi Dünyadaki Pay (%)	Karbondioksit Salınımı Dünyadaki Pay (%)
Çin	24.3	28.8
ABD	16.2	14.5
Hindistan	5.8	7.3
Rusya	5.1	4.5
Japonya	3.2	3.3
Kanada	2.4	1.6
Almanya	2.3	2
Brezilya	2.1	1.3
İngiltere	1.3	1.1
Türkiye	1.1	0.5
Diğer	36.2	35.1
Toplam	100	100

Tablo 1.1'den elde edilen bulgularda dünya enerji tüketiminde Çin ile ABD'nin büyük paya sahip olduğu görülmüştür. Aynı şekilde enerji tüketiminde payı çok olan ülkelerin karbondioksit salınım oranında başı çektiği görülmektedir.

1.2.2. Türkiye'nin enerji durumu

Ülkemizin ekonomisi, nüfusu ve sanayileşme durumu arttığında enerjiye duyulan ihtiyaç ta artmaktadır. Şekil 1.4'de 31.9 milyon TEP seviyesinde olan birincil enerji talebi 2020 yılına gelindiğinde 147.1 milyon TEP olmuştur. İlerleyen dönemlerde nüfus artışının devam etmesi ve verilere bakıldığında Türkiye'nin enerji ihtiyacının da yükseleceği öngörülmektedir.



Şekil 1.4. Bin TEP değerine göre Türkiye'nin yıllara göre gerçekleşen birincil enerji değerleri [15].

Tablo 1.2.'de ülkemizin enerji talebindeki ithalat oranı ve fosil yakıt oranı gösterilmektedir. Oranlara bakıldığında Türkiye'nin ithalat oranı ve fosil yakıt oranının yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye'nin enerji verimliliği ile atacağı adımlarla enerjiye duyulan ihtiyacı daha düşük seviyelere çekmesi gerekmektedir.

Tablo 1.2. Ülkemizin birincil enerji talebindeki ithalat ve fosil yakıtlar değerlerinin oranı [15].

Yıllar	İthalat Oranı (%)	Fosil Yakıtlar Oranı (%)
2000	69	95
2010	80	93
2015	86	96
2020	78	89

1.2.3. Türkiye'nin enerji verimliliği ile ilgili değerleri

Enerji verimliliğinde sıklıkla yapılan çalışma enerji yoğunluğu ile birlikte kişi başına gerçekleşen enerji tüketimi değerleridir.

Tablo 1.3'de görüldüğü üzere 2000 senesinde 0.192 olan enerji yoğunluğu 2019 yılına gelindiğinde 0.145 değerine gelmiştir. Uluslararası karşılaştırma yapıldığında 2019 yılında OECD ülkelerinde 0.105 AB'de 0.088 Dünyada ise 0.172 olarak belirlenmiştir.

Refah seviyesinde önemli bir etken ise kişi başına düşen enerji Tüketimi 2000 senesinde 1.19 TEP iken 2019 yılında 1.73 TEP değerine çıktığı tablo 1.3'de görülmüştür [15].

Tablo 1.3. Ülkemizde yıllara göre gerçekleşen enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi [15].

Yıl	Enerji Yoğunluğu	Kişi başına Düşen Enerji Tüketimi (TEP)
2000	0.192	1.19
2005	0.169	1.27
2010	0.169	1.43
2015	0.172	1.64
2019	0.145	1.73

1.3. Yalıtım

Yalıtım malzemeyi dışarıdan gelebilecek etkilerden korumak ya da izole etmek anlamındadır. İnşaat dalında ise yalıtım için “yapının kendi içindeki insanlara ve canlılara zarar vermeyecek şekilde korunması için alınan önlemler bütünüdür” denir. Aynı zamanda binanın içinde bulunan kişilerin dışarıdan etkilenebilecek gürültü, hava kirliliği, dış yüzeyden içeriye nem çekmesi vb. etkilerden korunması için yapılan işlemdir [16].

1.3.1. Yalıtımın tarihçesi

Geçmişten bu yana dünya üzerine bilinen en eski yalıtım Babil’in Asma Bahçelerine aittir (Şekil 1.5) Yalıtım su yalıtımı şeklinde yapılmış olup yüksek kolonlar üzerinde bulunan teraslarn üstüne yapılmış olan asma bahçelerinde yalıtım malzemesi olarak katran ve kurşun kullanılmıştır.

Eski senelerde yalıtımın kullanım nedeni suya bağlı olduğundan dolayı bu dönemlerde kömür ve bitüm malzemeleri sıkça kullanılmıştır. Daha sonraki zamanlarda bu yalıtım malzemesinin dayanımını arttırmak suretiyle hayvan kılı, pamuk ve keçeler kullanılmıştır. Yine bu zamanlarda ısı yalıtım yapmak amacıyla sıklıkla kullanılan malzeme toprak olmuştur. Kerpicingin kil oranı yüksek olduğu için toprakla beraber teraslarda su yalıtımında kullanılmıştır. Günümüze ulaşmış olan Berlin ve Paris yeraltı trenlerinde bu malzemeler kullanılmıştır. Şekil 1.5 Babil’in asma bahçeleri [16].



Şekil 1.5. Babil'in asma bahçeleri

1.4. Binalarda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı yapımında fizik, makine, kimya, inşaat, ekonomi, mimarlık gibi birden fazla bilim dalı beraber yer almaktadır. Bu bilim dallarının bir araya gelmesiyle beraber gerekli olan ısı yalıtım malzemesi seçilir ve uygulanır.

Evlerde ısı yalıtımı; mevsimine göre yapıyı ısıtmak veya soğutmak için dışarıdan gelen havanın içeriye girmesini, içerdeki havanın ise korunmasını sağlayarak gerekli olan ısıl konforun elde edilmesi için yapılır. Bina sektöründeki gelişmeler ile beraber eskiden kullanılan daha kalın boyutlu malzemeler yerine daha ince ve küçük boyutlarda daha hafif malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum, sağladığı yararın yanı sıra ısı yalıtımı ve yapı fiziği konusunda daha dikkatli davranılması gereğini ortaya koymuştur. Binada kullanılan ısı yalıtım malzemesi; gerek kış şartlarından gerekse yaz aylarında karşılaşılabilecek olumsuz durumların önüne geçebilecek şekilde seçilmelidir. Bundan dolayı binanın masraflarını minimum düzeyde tutarak yaşanan iç ortamda gerekli konforun sağlayarak kışın ısınma giderlerine yazın ise soğutma giderlerinden tasarruf ederek ülke ekonomimize ve kendi aile bütçemize katkı sağlanmış olunur.

Malzeme seçimi yapılırken, malzemenin gerekli ısı iletim katsayıları, yalıtıma etki edecek değerleri analiz edilerek incelenmelidir. Binalarda iç ortamın sıcaklığının belli düzeyde olması gerekir. Literatür araştırması sonucunda iç ortamın sıcaklığı yaklaşık olarak 18 ile 20 derece arasında olması ile gerekli ısıl konfor şartlarına ulaşılabileceği görülmüştür. Yapı malzemesi sıcaklığı ise 16 ile 18 derece arasında olmalıdır. Bu değerler hem yaz hem de kış aylarında iklime göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu farkın 3,4 derece olması gerekli kabulün sağlanması için yeterlidir [17].



Şekil 1.6. Binalarda gerçekleşen ısı kayıpları [10].

Konutlarda kayıplar binada kullanılan mühendisliğe göre değişmektedir. Şekil 1.6'da görülmek üzere döşemede %15, kapı ve pencerelerde %25, çatıda %25 ve Duvarlarda %35 olarak binalarda ısı kayıpları gerçekleşmektedir. Binalarda ısı kayıpları binanın mimari projesi ve konumuna göre değişir. Bununla birlikte, genel olarak, Yapılan araştırmaya göre binanın ısı yalıtımını etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar; tavanlar, pencereler, duvarlar gibi parametrelerdir. Bir konutun ısı yalıtımının sağlıklı olabilmesi ve enerjinin verimli kullanılması için tek bir parametreye bakmak yeterli değildir. Bir binanın bütünü oluşturmak için bütün parametrelerin sağlanması önemlidir.

1.4.1. Binalarda ısı yalıtımın faydaları

- Binalarda ısı yalıtımı olmadığı takdirde büyük ölçüde israf oluşmaktadır. Buna bağlı olarak ülkemizde ekonomiye sekte uğratmaktadır. Isı yalıtımı sayesinde ekonomik kazanç sağlanacaktır.
- Binalarda yalıtım malzemesi kullanılarak enerji tüketimi azaltılabilir.
- Ülkemizde ısı yalıtım uygulamaları ile her yıl harcadığımız enerji seviyesi azalmış olur.
- Yalıtım malzemesi kullanılan binalarda ısı dengeli olarak dağılmış olur ve bu sayede konforlu bir yaşam alanı oluşur.
- Isı yalıtımı evin içinde oluşan küf, nem vb. oluşumları engelleyerek insanların daha sağlıklı bir ortamda yaşamaları sağlanır.

- Korozyon yani kireçlenme, paslanma binalarda oluşmasını istemeyeceğimiz durumlardır. Isı yalıtımı sayesinde dış etkenlere karşı korumuş olur.
- Isı yalıtımı sayesinde eski binalardaki yıpranmışlık estetik bir görünüm kazanır.
- Bina yalıtımlarında ısı kaybını en aza indirgenmesiyle %50 düzeyinde enerji ve yakıt tasarrufu sağlanmış olur ve buna bağlı olarak binanın işletme maliyetleri düşer.
- Yalıtım malzemesinin kullanımı insan sağlığı için önemlidir.
- Yüksek nemli olan bölgelerde insan sağlığını etkileyen örneğin romatizmaya bağlı eklem rahatsızlıkları oluşabilir. Buna bağlı olarak binanın ısı yalıtımı yapılarak konforlu bir ortam sağlanılabilir.
- Yalıtım malzemesi kullanımı ile birlikte işletme ve yatırım maliyetleri en aza indirgenir.
- Isı yalıtımı ile birlikte enerji ithalatında ülkemiz adına önemli ölçüde bir azalma olacaktır [18,19].

1.4.2. Isı yalıtımını etkileyen dış faktörler

Isı yalıtımı sadece yalıtım malzemeleriyle yapılan bir işlem değildir. Isı yalıtımında çevresel faktörlerin de etkisi büyüktür.

Coğrafi özellikler bunların başında gelmektedir. Örneğin arazinin bulunduğu enlem-boylam durumu, konutun bulunduğu bölgenin iklim yapısı, bölgenin düz ya da eğimli oluşu gibi.

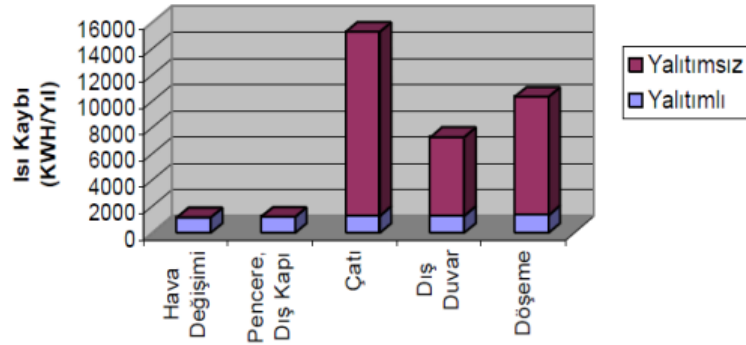
- Binanın bakacağı yöne göre (kuzey, güney, doğu, batı) konumu
- İklim Özellikleri
- Arazi üzerinde bulunan parsellerle beraber imar durumu
- Rakımı

İyi bir şekilde ısı yalıtımının olması için, bu faktörlerin başlangıçtan itibaren ele alınması ve konutun bu dış etkenlere karşı göstereceği dirence göre gerekli hesaplamaların yapılması gerekir [17].

1.4.3. Isı yalıtımının enerji tasarrufunda etkisi

Termodinamiğin (ısı deviminin) ikinci yasası izole sistemlerin entropisinin asla azalamayacağını belirtir. Yasaya göre ısı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru gider. Buna bağlı olarak iç ortamdan dış ortama doğru ısı geçişi vardır. İçerde uygun ortamın oluşabilmesi için kayıp olan ısıyı minimum düzeye indirmek gerekir. Kaybolan ısıyı minimum düzeye indirmek için yalıtım malzemesi kullanılmalıdır. Enerji yatırımları, enerji maliyetleri ve çevre sorunlarını indirmek için enerji tasarrufu önemli bir parametredir.

Yalıtım, yapı kabuğu ve maliyetler enerjide tasarruf için önemli parametrelerdir. Yapı kabuğunda malzemenin fiziksel özelliği ve kalınlığı önemlidir. Yalıtımın eklenmesiyle birlikte bina kabuğunda yüksek performans beklenir, yapının yatırım maliyeti artmış olur. Enerji ihtiyaçlarını en düşük maliyetle karşılamak birinci kuraldır. Yalıtımın kalınlığı düşük maliyet için önemlidir. Bu yüzden gerekli ekonomik hesaplar yapılarak ısıtma enerjisinin yalıtım ve toplam maliyetinin belirlenmesi gerekir. Şekil 1.7’de yalıtımsız ve yalıtımlı ısı kayıpları görülmektedir [20].

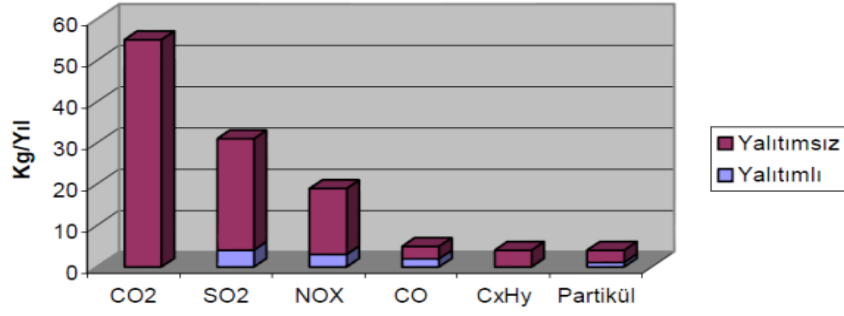


Şekil 1.7. Yalıtımsız ve yalıtımlı haldeki ısı kayıpları [20].

1.4.4. Yalıtımın kirliliğe etkisi

İçerisinde klor bulunduran kimyasal maddeler ozon tabakasına zarar vermektedir. CFC gazları yüksek seviyede güneş ışınlarına maruz kaldığında ozon moleküllerini parçalarlar. Kloroflorokarbon (CFC) ısı yalıtımında tartışılan bir konudur. Bu madde XPS ve poliüretan üretiminde kullanılmaktadır. 1993 yılından bu yana CFC kullanımı azaltılmış olup hidrokloroflorokarbon (HCFC) kullanımı artmıştır.

Bunun dışında doğalgaz, fosil, kömür gibi yakıtların yanması ile oluşan karbondioksit ve kükürt dioksit gibi atık gazlar hava kirliliği oluşturmaktadır. Ayrıca karbondioksit dünyanın güneş ışınlarını geri yansıtması sonucu, sera etkisiyle dünyadaki sıcaklığın yükselmesine neden olur. Bu doğrultuda ileriki dönemlerde iklim değişiklikleri beklenmektedir. Yalıtımlı ve yalıtımsız haldeki emisyon miktarları şekil 1.8’deki gibidir [20,21].



Şekil 1.8. Yalıtımsız ve yalıtımlı haldeki emisyon miktarları [20].

1.5. Dünyada ve Türkiye’de Yalıtım

1.5.1. Dünyada yalıtım

Isı yalıtımı binalar yapılırken en önemli unsurlardan bir tanesidir. Başı başına bir uzmanlık gerektirir. Dünyada 1920 yıllarından itibaren başlayıp zamanla artarak günümüze gelmiştir. Isı yalıtımı yapılırken çevre koşulları da göz önüne alınmalıdır. 1994 senesinde dünyada ortalama kişi başı yalıtım malzemesi oranı 2.07 metrekare olarak gerçekleşmişken bu oran 2004 yılında gelindiğinde %16 ya kadar artmıştır. Bir kişiye düşen ısı yalıtım malzemesi tüketim oranı ise 2014 de 2004 yılına göre %30 kadar artacağı düşünülmektedir [10,20].

1.5.2. Türkiye’de yalıtım

Türkiye’de ısı yalıtım malzemesi ilk olarak 1967 senesinde İzocam’ın kullanması ile Gebze’deki tesislerde üretilmiştir. Bunun yanı sıra sanayinin gelişmesi ile birlikte plastik esaslı malzemeler, lifli malzemeler, köpükler ve sürme esaslı malzemelerin üretimi gerçekleşmiştir. Bu süreç yalıtım sektöründe dünyadaki gelişmelere paralel olarak gittikçe büyüme göstermiştir. Ülkemizde ise daha yeni yeni gelişmekte olup belirli bir seviyeye gelmiştir. Türkiye’de Avrupa ülkelerine oranla ısı yalıtımı konusunda baya geride kaldığı verilerle kendini göstermektedir. Türkiye’de 1995 senesinde tüketilen ısı yalıtımı malzemesi miktarı yaklaşık 1.500.000 m³ tür. Örneğin Fransa’da ısı yalıtım pazarının kapasitesi 30 milyon m³ iken Türkiye’de ise bu oran yaklaşık olarak 3 milyon metreküp civarlarındadır. Yalıtım malzemesinin pazar büyüklüğü yaklaşık 300 milyon dolar olup, kişi başına gelen ısı yalıtım malzemesi tüketim değeri 0.04 m³ ’tür. Avrupa’da ise bu sayı 0.4 m³, Amerika’da ise 1 m³ düzeyindedir. Bazı ülkelerin ısı yalıtım malzemesi tüketimi tablo 1.4’de gösterilmiştir [20].

Tablo 1.4. Isı yalıtım malzemesi tüketim değerleri[10]

Bölge	Ülke	Isı Yalıtım Malzemesi Tüketimi (m ³ /Kişi)
Kuzey Avrupa	Norveç	0.84
	Finlandiya	0.66
	Danimarka	0.63
	İsveç	0.35
Kuzey Amerika	Kanada	0.78
	ABD	0.49
Orta Avrupa	Almanya	0.4
	Avusturya	0.37
	İsviçre	0.31
	Fransa	0.29
	Hollanda	0.24
	Belçika	0.24
	İngiltere	0.018
Akdeniz Ülkeleri	İspanya	0.06
	İtalya	0.06
	Yunanistan	0.05
	Türkiye	0.04
Tropik Bölgeler	Avustralya	0.17
	Kuveyt	0.12
	Arjantin	0.02
	Güney Afrika	0.016
	Brezilya	0.008

1.6. Isı Yalıtım Malzemelerinde Aranılan Özellikler

Türk Standartları TS 825 ve Alman DIN normu 4108'e göre, Taşyünü, Cam Köpüğü, Fenol Köpüğü, Camyünü, Polietilen, Poliüretan, Extrude Polistren, Expanded Polistren gibi ısı iletkenlik değeri 0.060 kcal/mh°C seviyesinin altında bulunan bu malzemelere "ısı yalıtım malzemesi" bu değerden yüksek olan malzemelere ise "yapı malzemesi" denir.

Isı yalıtım malzemelerinde istenilen performansın elde edilebilmesi için,

- Boşluk oranlarının yüksek olması
- Nem oranı az
- Yoğunluk seviyesinin düşük olması gerekir.

Sadece ısı iletkenliğine bakılarak oluşturulan yapı elemanlarının istenilen seviyede sonuç sağlamadığı görülmüştür. Isı yalıtımında ayrıca, yoğunlaşma ve rutubet akımı olaylarının bulunması ısı yalıtım malzemesinde başka nitelikleri de aramaya yöneltmiştir. Malzemedeki bulunan buhar difüzyon direnç faktörünün yüksek olması buhardan gelen etkilenmeyi azaltmakta, sıcaklık farklılıklarından daha az etkiye maruz kalmak ve ısıyı depolamak için de yoğunluğun büyük, ısınma ısısının da yüksek düzeylerde olması gerekmektedir. Sadece bir malzemenin bu ve buna benzer tüm gereksinimleri karşılamasının mümkün olmadığı görülür.

Yapılarda ısı kayıpları etkilerinden korunmak için en önemli görev dış yapı malzemesine aittir. Pencereler ve duvarlar, çatı, baca ve zemine temas eden yüzeyler dışarıdan gelecek olumsuzluklara karşı binayı korurlar. Bu yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliği, ısı depolama kapasitesi ve soğutma ısınma gibi özellikleri oldukça önemlidir. Isı transferinin düşürülmesiyle ısı yalıtım malzemeleri aşağıdaki ısı işlevlerinin bir veya birden fazlasına katkıda bulunabilir.

- Depoların kanalların boruların cihaz ve yapıların ısı kayıplarını düşürerek enerjiyi korumuş olur.
- Konfor amacı ve kişisel korunma için aletlerin ve yapıların yüzey sıcaklıklarını kontrol altına alır.
- Küçük bir cihazın kimyasal işlemlerinin veya bir yapının sıcaklık değerini kontrol etmesinde yardımcı eder.
- Ortamda bulunan havanın çığ noktası altındaki değerlerde yüzeyde bulunan su buharının yoğunlaşmasını sağlar.
- Bir sistemde ısıtma ve soğutma bulunmuyorsa veya ihtiyacı yoksa bu sistem içerisindeki sıcaklıkların artıp azalmasını engeller.
- İklimlendirmeye maruz kalmış yerde kişisel konforun sağlanması için sıcaklık artış ve azalışının önüne geçer
- Yangınla ilgili oluşabilecek tehlikelere karşı koruma oluşturur.

Bunlardan farklı olarak başka ısı yalıtım fonksiyonları da sağlanabilir. Bunlar ısı yalıtımının yeteneğine ve esas amacına uygun şekilde yapılmalıdır.

Belli şartlar altında yapılan yalıtımlar şu şekilde sıralanabilir:

- Tavanın, duvarın veya döşemenin dayanma gücünü artırır.
- Yüzey bitirme işlemlerinde destek sağlamış olur.
- Hava enfiltrasyonu ve su buharının geçmesini engellemiş olur.
- Donma gerçekleşmesi ve yangın çıkması durumunda yapılarındaki hasarı önler ve azaltmış olur.
- Titreşim ve sesi azaltmış olur.

- Isı geçişlerini indirgeyen kütleli tipten ısı yalıtım malzemeleri lifli katı malzemededen veya hücre taneli malzemededen üretilmiş olabilir.
- Ekonomik ve kullanım kolaylığı olması da ısı yalıtım ürünlerinde bulunması gereken özelliklerdendir [17].

1.7. Temel Isı Yalıtım Malzemeleri

Isı yalıtımı, farklı sıcaklıklarda olan iki madde arasında ısı geçişlerini düşürmek amacıyla uygulanan işlemin adıdır. Yalıtımda kullanılan malzemenin özelliği ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı iletkenlik katsayısı ile gösterilir. Malzemenin ısıyı ne kadar iletmediğine ait ısı iletkenlik katsayısı (W/mK) ile gösterilir. 1 metre kalınlıktaki ısı yalıtım malzemesinin $1m^2$ 'lik her iki yüzeyi arasında sıcaklık farkı $1^{\circ}C$ olduğu zaman gerçekleşen ısı miktarıdır. Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K) ise, kalınlığı $d(m)$ olan bir malzemenin paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark $1^{\circ}C$ olduğunda 1 saatte $1m^2$ yüzeyden dik olarak geçen ısı miktarıdır. Isı yalıtım malzemesinin kalitesi yükseldikçe ısıyı geçirgenlik katsayısı ve ısı iletim katsayısı azalmaktadır[16].

1.7.1. Taş yünü

Taş yünü bazaltın $1350^{\circ}C$ ile $1400^{\circ}C$ arasında erimesi ile elyaf bir hal alması sonucu oluşmaktadır. Bazalt çok sert ve siyah renkli görünüme sahip bir kayadır. Bundan dolayı yapı taşları olarak kullanılmaktadır.

- Taş yünü ses yalıtımı yangın yalıtımı ve ısı yalıtımı amacıyla sıkça kullanılan bir üründür.
- Isı iletkenlik aralığı $0.035-0.040 W/mK$ değerindedir.
- Isıya karşı direnci yüksek $-50/+650^{\circ}C$ arasında olup kullanılarak yanmaz malzeme sınıfındadır.
- Taş yünü zaman geçtikçe kaybolmayan ve bozulmayan bir malzemedir.
- Taş yününün yalıtım özelliklerini sağlaması için ıslanmaması gerekmektedir.
- Taş yünü kapiler ve higroskopik bir ürün olmasa da $1m^2$ yüzeyi 1-3 kg su çekebilmektedir.
- Su ile temas ettiği durumlarda ise yalıtım değerinin %98'ine kadar kayıp görülebilmektedir. Şekil 1.9'da görüldüğü gibidir [16,20].



Şekil 1.9. Taş yünü

1.7.2. Cam yünü

Silis kumunun 1200°C ile 1250°C arasında erimesi ile elyaf bir hal alması sonucu oluşmaktadır. Çakıl taşı, kum gibi malzemelerin en az %95 oranında SIO₂ bulunan bileşenlerine sınış denmektedir ve yer kabuğunun %26'sını oluşturmaktadır.

- Cam yünü 0.040 W/mK'den düşük iletim katsayına ve -50/+250°C arasında sıcaklık dayanımına sahip olup yangın durumunda güvenliği de sağlar.
- Bağlayıcı malzeme kullanılmayan cam yünlerinde ısı 500°C'ye kadar çıkmaktadır.
- Mikroorganizmalar ve böcekler tarafından tahribe uğramazlar.
- İmalat sırasında kullanılan kobalt bileşiği, astıma ve alerjik dermatit gibi benzer rahatsızlıklara neden olabilir.
- Cam yünü için oluşan negatif yaklaşımların nedeni ise kanserojen olarak bilinen asbest maddesine olan benzerliğidir. Çalışırken cildin ve solunum yollarının tahriş olması gibi nedenler bulunmaktadır.
- Cam yünü üzerinde gezemediğimiz çatı aralarında, suyla temas etmeyen yerlerin yalıtımın da kullanılmaktadır.
- Rutubete ve ısıca uğraması halinde dahi, fiziksel büyüklüklerinde değışme olmaz.
- Kapiler ve higroskopik değıllerdir. Şekil 1.10' da görüldüğü gibidir [16].



Şekil 1.10. Cam yünü

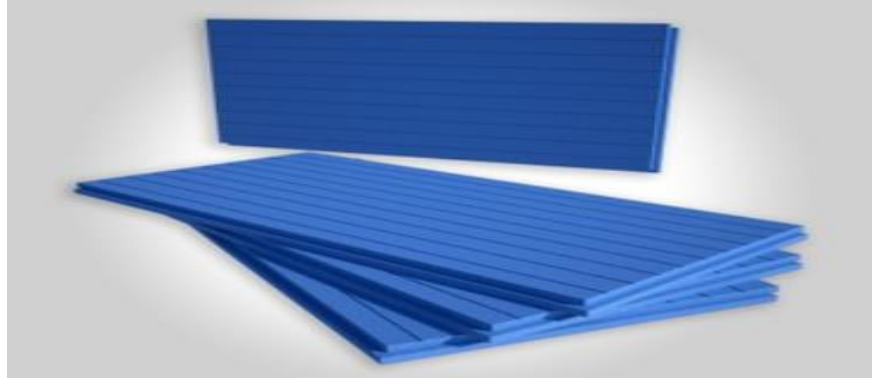
1.7.3. Polimerler

Günümüzde en çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleri polimerlerdir. Yalıtımda genel olarak poliüretan ve polisten başlıkları altında bulunurlar. Isı yalıtım sektöründe kullanılanlar XPS (Ekstrüde Polistren) ve EPS(Ekspande Polistren) olarak iki şekle ayrılmaktadır. Yapılarında ısı yalıtımında çok benzerlikler olmasa da bu iki maddenin üretim süreçlerinde farklılıklar vardır. Poliüretanın içindeki hücrelerin büyük bir kısmı yaklaşık olarak %90-95'inin kapalı olması nedeni ile dünya üzerinde bilinen en iyi yalıtım malzemesidir [16].

1.7.3.1. XPS (Ekstrüde Polistren)

Sıvı veya hamur durumundaki malzemeyi ince bir delikten gerekli ortama sürükleyerek şekil verme işlemine denir.

- XPS birbirinden farklı geometrilerde ve fiziksel özelliklerde üretilmektedir.
- Yalıtım plakalarının geçmeli olması veya dişli haldeki yapısı ile ısı yalıtımında özelliği iyileşmiştir.
- Isı iletken değeri 0.035 W/mK'dir.
- Kullanım koşullarındaki sıcaklık aralığı ise -50/+75°C'dir.
- Uzun zamanda hacimce %1'e kadar su emmektedir fakat kapiler olarak su emiciliğine sahip değildir.
- Petrolün bir türevi olup oldukça yanıcıdır. Yanma olduğu anda zehirli gazlar ortaya çıkar.
- XPS'in üretiminde içine katılan gazların (HFCL) ozon tabakası üzerinde zararlı etkileri olup zamanla malzemeyi yavaş yavaş terk etmesi ile ürünün ekolojide zararlı olduğu görülmüştür. Gelişmiş ülkelerde kullanılması sınırlandırılmış veya yasaklanmıştır.
- Üretim teknolojisi itibariyle 23kg/m³ yoğunluğunun altında olmaması ile EPS'ye göre daha güvenilirdir.
- Hemen hemen aynı yoğunluktaki XPS ve EPS arasında ısı iletimi bakımından kayda değer bir fark yoktur.
- Polimer malzemelerin güneşten gelen ışıktan ve sıcaklıktan korunması gerekir. 85 derece üzerindeki sıcaklıkta ısıya bağlı olarak kalıcı değişiklikler meydana gelir. Bu nedenle malzeme ile ısı kaynağı arasında başka bir koruyucu tabakaya gerek duyulmaktadır. Şekil 1.11'de görüldüğü gibidir [16].



Şekil 1.11. XPS (Ekstrüde Polistren)

1.7.3.2. EPS (Ekspande Polistren)

EPS polistirenin, pentan gazı ve su buharı ile işleme girmesi sonucunda orta çıkan maddeye denir.

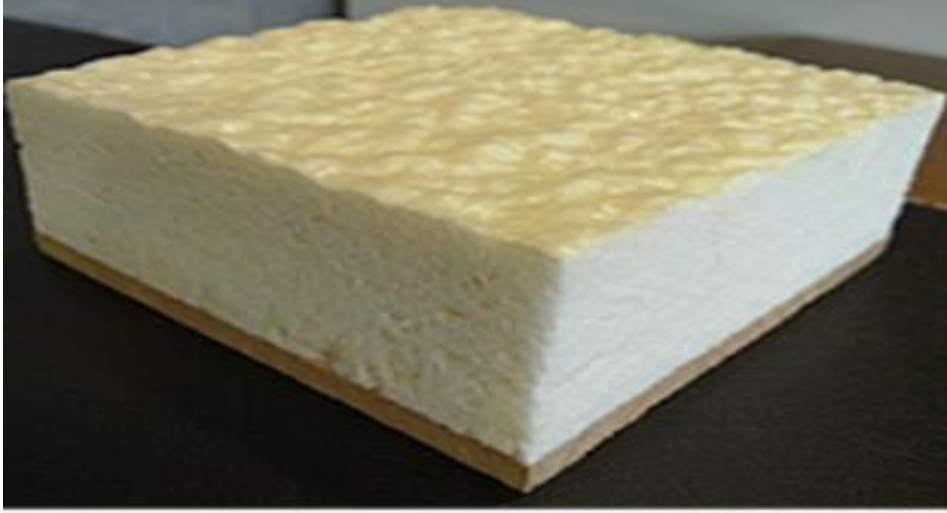
- %98'i hareketsiz hava ve %2'si ise polistrendir.
- EPS ısı yalıtımında kullanılan bir ürün olmasına rağmen ambalaj sanayilerinde kullanılmaktadır.
- Yoğunluk miktarı 16 kg/m³ altında bulunan EPS ısı yalıtım malzemesi için kullanılamaz.
- Isı iletkenlik değeri 0.040 W/mK'den küçüktür.
- Kullanım değeri -50/+75°C arasındadır.
- Bazı asit türlerine ve güneşin mor ötesi ışınlarına karşı dayanıksızdır.
- EPS'nin grafit katkısı eklenerek ısı iletim katsayısı düşürülüp, XPS düzeyine indirilebilmesi mümkündür.
- Buharın geçmesine izin sağlaması durumunda XPS'e göre sağlıklı ısı yalıtım malzemesidir.
- Karbon eklenmiş plakaların beyaz renkli plakalara oranla güneş ısısını daha fazla tutacağı için ürünlerin sıcak zamanlarda açıkta bırakılmaması gerekir. Şekil 1.12'de verilmiştir [16].



Şekil 1.12. Karbonlu EPS (Ekspande Polistren)

1.7.3.3. Poliüretan

- Isıyı iletkenlik katsayısı 0.024 W/mK'dır.
- Isı iletim katsayısı en iyi olan malzemedir.
- HC pentan gazı poliüretanın hücreleri içinde hapis kalarak daha iyi yalıtım özelliği kazanmasını sağlar. Bu gazın ozon tabakasına da zararı bulunmamaktadır.
- Yoğun formlarda üretimi yapılabilir. Bu miktar 30-40 kg/m³ ile 1200 kg/m³ arasında değişebilir. Yoğunluğunun artması ısı yalıtımına doğrusal şekilde katkı yaptığı gözlemlenir.
- Metaller de dâhil olmak üzere hemen hemen her yüzeye yapışmasıyla sandwich paneller gibi kompozit malzemelerin üretiminde kullanılır.
- Poliüretanın eskimesi ile ısıl iletkenliğinde değişim en fazla %15 seviyesindedir. Bu durum yapının ömrüne kullanım süresi anlamına gelir.
- Poliüretan püskürtme veya döküm yöntemiyle uygulanmaktadır.
- Su emme miktarı yaklaşık olarak %0.2-1.0 arasındadır. Birkaç hafta suda bekletilen malzemelerde %3 ile %5.3, yılın üzerinde bekletilen malzemelerde ise %10 su emme kapasitesi vardır. Şekil 1.13 poliüretan görünümü [16].



Şekil 1.13. Poliüretan

1.7.4. Fenol köpüğü

Formaldehitin sertleşmesiyle meydana gelen kırılğan ve gevrek bir malzemedir.

- Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğundan tesisat yalıtımında tercih edilir.
- Yüzeyleri sürtünmenin etkisiyle tozlaşır ve basınca dayanıksızlardır. Tozların solunması insan sağlığına zararlıdır.
- Sıcaklık dayanımı -180 ile 120°C arasındadır.
- Kapiler su emmeye karşı dayanıksız ve asitlere karşı direnç gösteremediklerinden korozyona neden olması ile kullanımı sınırlıdır.
- Suyla teması bulunmayan ve metal olmayan tesisat borularında kullanılabilir.
- Isı iletim katsayısı 0.04 W/mK 'dir.
- Gözeneğe sahip yapısı komple kapalı olmadığından buhar difüzyon direnci çok düşüktür [16].

1.7.5. Cam köpüğü

Yapımında genel olarak atık cam kullanılır. Cam yüksek sıcaklık eritildikten sonra soğumaya bırakılır. Malzeme daha sonra ince bir toz haline getirilerek 1000°C sıcaklıkta sellüler fırınlar aracılığı ile karbon eklenerek buradan geçirilir. Cam köpüğü bu aşamadan geçtikten sonra köpürmeye başlamış olur. Daha sonra fırınlardan elde edilen malzeme son olarak tavlama fırınlarına alınarak şekillenir ve işlem tamamlanır.

- Cam köpüğü çok sert olup su ve buhar geçirmeyen, kırılğan, basınca dayanıklı ve yaklaşık %90 ile %95 oranında gözenekli yapıya sahip yalıtım malzemesidir.
- Isı iletim katsayısı 0.035 ile 0.050 W/mK arasında değişmektedir.

- 430°C ve -260°C arası sıcaklıklarda kullanılabilir aynı zamanda su emmez ve buhar geçirmezdir.
- Yüksek basınca karşı mukavemeti ise en önemli özelliğidir.
- 8800 kpa'a kadar üretimi yapılmaktadır.
- İnorganik özelliğe sahip olduğundan toprak ve tabanda izolasyon sağlamaktadır.
- Üretiminde zehirli gazlar bulundurmaması ve bağlayıcı madde yer almaması nedeniyle ekolojik yönden fayda sağlar. Şekil 1.14' de cam köpüğü görünümü verilmektedir [16].



Şekil 1.14. Cam köpüğü

1.7.6. Genleştirilmiş mantar

Mantar taneli yapıya sahip doğal bir üründür. Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yetişen meşe mantarından elde edilir. Mantar gözenekli bir yapıya sahip olup granüllü duruma getirilir. Yüksek sıcaklıkta buhar preslenmesine maruz kalması ve şekil verilmesiyle mantar plaka haline getirilmiş olur.

- -180°C ile +100°C sıcaklık aralığında kullanılır.
- 0.045 ile 0.055 W/mK arasında ısı iletkenliğe sahiptirler.
- Güneşten gelen ışınımlardan etkilenmezler.
- Nemi kolay geçirirler. Bunun nedeni düşük buhar difüzyon direncine sahip olmalarıdır. Şekil 1.15'de görüldüğü gibidir [16].



Şekil 1.15. Genleştirilmiş mantar

1.7.7. Genleştirilmiş Perlit

Perlit genleştirildiği zaman gözenekli ve hafif hale gelen volkanik bir kayadır.

- Özgül ağırlık değeri aralığı 2.2 ile 2.4 kg/m³ arasındadır.
- Isıtıldığı zaman 840 ile 1100 derece arasında yumuşar ve 1315 ile 1330 derece arasında erimiş olur.
- Isı iletkenliği 0.04 W/mK olan perlit 32 kg/m³ birim hacim aralığına sahiptir. Bu değeri 0.055 kg/m³ değerinde ise 180/kg/m³ tür.
- Kullanım değeri aralığı -250 ile +1000°C arasındadır.
- Yanmaz malzeme olup A sınıfındadır.
- Güneş ışınlarına karşı dayanıklı olsa da su tutma özelliği nedeniyle yalıtım malzemesi olarak kullanıldığında nem ile birleşmesinin önüne geçmek gerekir. Şekil 1.16'daki gibidir [16].



Şekil 1.16. Genleştirilmiş perlit

1.7.8. Ahşap yünlü levhalar

Uzun lifli şekiller haline getirilen ahşap talaşının yüksek sıcaklık değerlerinde preslenmesiyle elde edilen ısı yalıtım ürünüdür.

- Isı iletkenlik hesap değeri 0.09 ile 0.15 W/mK aralığındadır.
- 0 ile +110 derece arasında kullanım sıcaklığına sahiptir.
- Buhar difüzyonuna karşı dirence sahip değildirler.
- Doğal yapısından dolayı çevre dostudur.
- Organik bir yapıya sahip olduğundan dolayı organizmalar ve böcekler tarafından zarar görebilirler [16].

1.7.9. Kalsiyum Silikat

Silis oranı yüksek olan kireç ve ponza taşının birleşmesinden meydana gelen ısı yalıtım malzemesidir.

- Yüksek sıcaklıklarda kullanılan yalıtım malzemesidir. Bundan dolayı endüstride kazanlar, rafineler gibi yerlerde kullanılmaktadır.
- Montajı kolaydır. İnsan sağlığı açısından zararsızdır.
- 1000 ile 1100°C sıcaklık aralığına kadar dayanım sağlarlar.
- Isı iletkenlik değerleri 200 ile 800°C arasında yaklaşık olarak 0.07 ile 0.017 arasında değişmektedir. Şekil 1.17'de kalsiyum silikat görünümü [16].



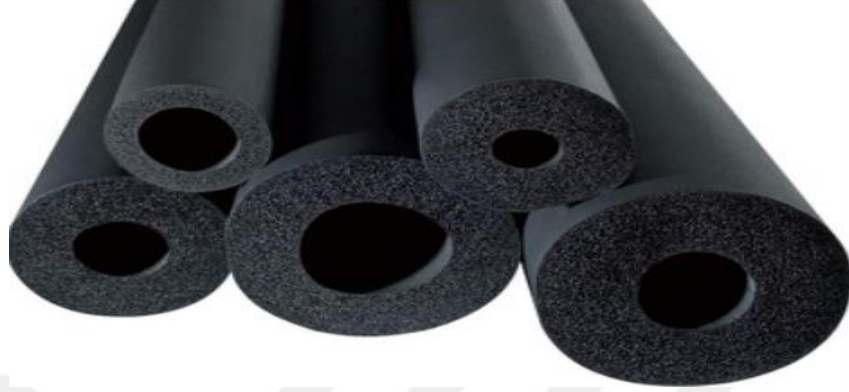
Şekil 1.17. Kalsiyum silikat

1.7.10. Elastomerik Kauçuk

Yüksek buhar difüzyonu direnciyle birlikte, hücre yapısı kapalı gözenekli olan ısı yalıtım malzemesidir.

- Yoğuşma ihtimali yüksek olan yüzeylerde ısı yalıtım amacıyla kullanılırlar.
- Isı iletkenlik değerleri 0.038 W/mK den küçüktür.
- -60 ile -105°C arasında kullanım sıcaklığına sahiptir.

- İklimlendirme sistemlerinde sıkça kullanılır.
- Soğuk yüzeylerde oluşan yoğuşma ve bununla birlikte meydana gelen korozyonu engellemek amacıyla tercih edilirler. Şekil 1.18'deki gibidir [16].



Şekil 1.18. Elastomerik kauçuk

1.8. Isı ve Sıcaklık İlişkisi

Isı, birbirinden farklı maddeler arasında gerçekleşen enerji transferinin adıdır. Isı yüksek enerjiye sahip maddeden düşük enerjiye sahip olan maddeye doğru geçer. Bu duruma ısı alışverişi denmektedir. Isı enerjisinin birimi kalori (cal) ya da joule (j) olarak adlandırılır. Kalori, 1 gram suyun sıcaklığını 1 derece arttırabilmek için gerekli olan enerji miktarıdır. 4.18 joule 1 kaloriye eşittir.

Sıcaklık suyun donma noktası olan sıfır dereceyi esas alır ve maddenin sıcaklığı ise termometreler aracılığıyla ölçülür. Maddenin sıcaklığı moleküllerinin titreşim hızına göre değişir. Maddenin içerisindeki moleküller ne kadar hızlı titreşirlerse madde o kadar sıcak, eğer yavaş titreşirlerse soğuk olurlar [16].

1.9. Isı Transferinin Esasları

Isı transferinin başlangıcı 19.yüzyılın sonlarına doğru olsa da insanlığın var olmasıyla beraber kendine yer bulmuş bilim dalıdır. İnsanlar soğuk ortamlarda korunmak için kalın kıyafetler, sıcak ortamlardan korunmak içinse açık renkli elbiseler ve ince kıyafetler giymişlerdir. Adı belli olmasa da insanlık yaşamın bir parçası olarak ısı transferini benimsemiştir.

Birbirinden farklı iki ortam arasında sıcaklık farklarından dolayı birim zamanda gerçekleşen transfere ısı transferi denir. Genellikle konduksiyon (iletim), konveksiyon (taşınım), ve radyasyon(ışınım) olarak 3 alt başlıkta incelenir [22].

1.9.1. İletim

Birim zamanda gerçekleşen enerji transferi sadece iletim yoluyla oluşuyorsa buna iletim yoluyla ısı transferi denmektedir. Herhangi bir hareket olmaksızın yüksek enerjiye sahip maddeden düşük enerjiye sahip maddeye enerjisini aktarmasıyla oluşan zamana bağlı transfer olarak adlandırılır.

Katı, sıvı ve gaz durumundaki maddeler için iletimle ısı transferi geçerlidir. Gaz halinde bulunan maddelerde ısı iletimi oluşu kinetik enerjisi yüksek olan maddeyle düşük olan maddenin moleküllerinin çarpışmasıyla gerçekleşir. Kinetik enerjisi yüksek olan molekülün düşük moleküler oranla sıcaklığı daha yüksektir. Sıvılarda moleküller birbirlerine daha yakın olduklarından moleküler arası etkileşim daha fazladır. Katılarda elektron kaymaları ve titreşim zamana bağlı olduğu için burada ise zamana bağlı enerji transferi oluşur [22].

1.9.2. Taşınım

Taşınım, sıvı ve gaz durumunda bulunan hareket edebilen moleküllerin ısı enerjilerini aktarma şeklidir. Isınan bir maddenin yoğunluğu azalır ve hacmi ise artar. Oluşan bu yoğunluk farkı moleküllerin yer değiştirmesine neden olur. Bu hareketlilik ile birlikte moleküllerin ısı enerji konumları değişir ve birinden diğerine taşınır. Bu taşıma işlemi yüksek enerjiden düşük enerjiye doğru gerçekleşir ve madde ister gaz halde bulunsun ister sıvı halde bulunsun taşıma işlemi gerçekleşmiş olur. Örnek olarak belli bir kap içinde bulunan sıvının ısınmasıyla yoğunluğu azalır, yoğunluğun azalmasıyla beraber moleküller yukarı doğru hareket eder ve daha fazla yoğunluğa sahip moleküllerle yer değiştirirler [16].

1.9.3. Işınım

Işınım, enerjinin parçacıklar halinde veya elektromanyetik dalgalar ile iletilmesi olarak tanımlanır. Enerjiyi depolamış cisimler ultraviyole, mikrodalgalar vb. elektromanyetik dalgalar saçarak ışına yapmış olur. -273°C dereceden fazla sıcaklığa sahip bütün maddeler ışına yaparak enerjisi yayarlar. Işıma yapılırken ısı transferi için gerekli herhangi bir maddeye ihtiyaç (katı-sıvı-gaz) duyulmaz. Işıma ile transfer boşluk durumunda dahi gerçekleşir. Dünya yüzeyine gelen güneş ışınları bu duruma örnek olarak gösterilebilir [16].

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deney Düzeneginde Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar

2.1.1. Mdf

Ahşap bir malzeme olan mdf deney düzeneginde kapalı ortamın oluşturulması için kullanılmıştır. Isı iletim katsayısı 0.209 W/mK 'dir [23].

2.1.2. Termometre

Sıcaklık ölçmek için kullanılan cihazdır. Deney düzeneginde kullanılan cihaz -50°C ile $+250^{\circ}\text{C}$ değer aralığında ölçüm yapabilmektedir. 4 adet kanala sahip olup 1 metre uzunluğunda K tipi ısıl çiftler ile ölçüm yapılmıştır. Virgülden sonra tek haneyi ölçebilen ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ hassasiyette), şekil 2.1'de görülen termometreler kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Dijital termometre (CEM 3891G)

2.1.3. Işınımölçer

Güneşten gelen ışınım değerlerinin ölçülmesinde kullanılmıştır. Ölçüm değer aralığı 0 ile 2000 W/m^2 arasındadır. Hassasiyeti $\pm 10 \text{ W/m}^2$ dir. Şekil 2.2 'de görülen ışınımölçer kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Işınımölçer (PCE-SPM1 Datalogging Solar Power Meter)

2.1.4. Rüzgâr istasyonu

Deneyde dış ortam sıcaklığını rüzgârın hızını ve yönünü ölçen cihazdır. Deneyde ölçülen hızlardaki hassasiyeti ± 10 m/s dir. Kullanılan rüzgâr istasyonu şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3. Rüzgâr istasyonu (PCE-FWS-20N)

2.1.5. Aspiratör

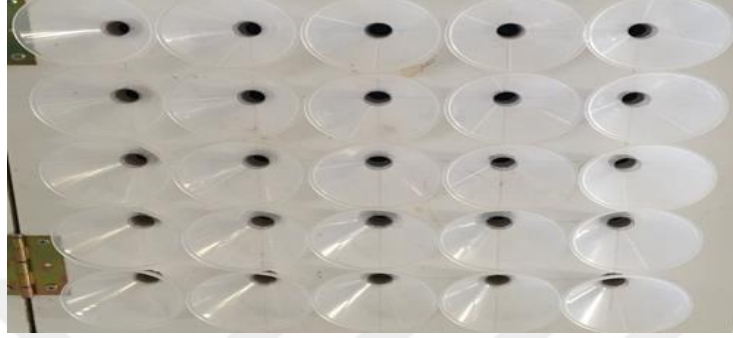
Deney düzeneğinde iç ortamda bulunan havanın dış ortama aktarılmasında kullanılmıştır. Şekil 2.4’de görülen aspiratör kullanılmıştır



Şekil 2.4. Aspiratör

2.1.6. Akış lülesi

Deney düzeneğinde binanın ön yüzeyine plastikten imal edilmiş geniş ağzı 65 mm, dar ağzı 12 mm ve uzunluğu 68 mm olan Şekilde görüldüğü gibi 25 adet akış lülesi yerleştirilmiştir. Şekil 2.5’de akış lülelerinin görünümü aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Akış lüleleri

2.1.7. Yalıtım malzemeleri

Yalıtım malzemesi dışarıdan gelebilecek etkilere karşı ve istenmeyen durumlardan korumak için kullanılan izolasyon malzemesidir.

Deneylerde üç farklı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Bunlar EPS, XPS ve Taş Yünüdür. Bu malzemeler 4, 5 ve 6 cm kalınlıklarında kullanılmıştır. Tablo 2.1’de ısı iletkenlik değerleri verilmiştir. Şekil 2.6, Şekil 2.7, Şekil 2.8’de kullanılan ısı yalıtım malzemeleri görülmektedir.

Tablo 2.1. Yalıtım Malzemeleri Isı İletkenlik Değerleri

EPS	0.032 W/mK
XPS	0.035 W/mK
TAŞ YÜNÜ	0.037 W/mK



Şekil 2.6. XPS



Şekil 2.7. EPS



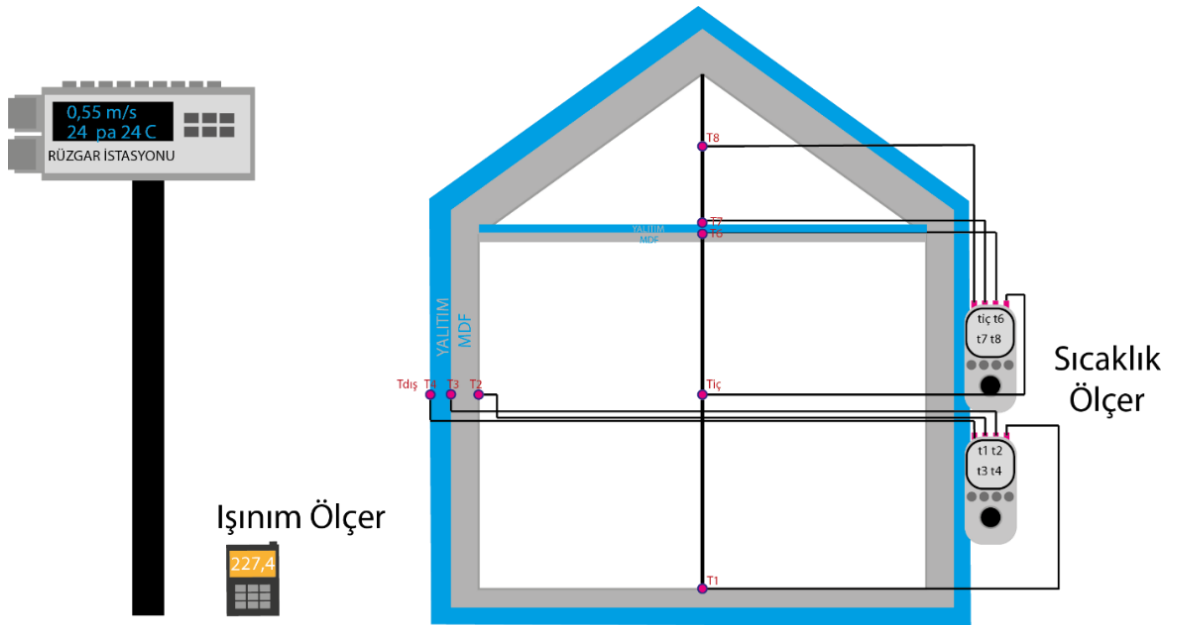
Şekil 2.8. Taş yünü

2.2. DeneY Düzeneginin Oluşturulması ve DeneYin Yapılışı

Mdf malzemesiyle tek katlı ve odalı, çatılı küçük bir bina modeli oluşturulmuştur. Binanın bir yan duvarında, çatı ve döşemede belirli yerlere ısılı çiftler yerleştirilmiştir (şekil 2.9). Binanın diğer bir duvarına 25 nozuldan oluşan bir lüle demeti yerleştirilmiştir. İç ortam sıcaklığı da yine ısılı çiftler yardımıyla okunmaktadır. Akış lülelerinden odaya hava girerken, bir aspiratör yardımıyla içerdeki sıcak hava da dışarı atılmaktadır. Böylece oda içerisinde bir hava sirkülasyonu sağlanmaktadır. DeneYler Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümü terasında yapılmıştır.

Binanın dış yüzeyi ve çatı arası değişik tip ve kalınlıkta ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanarak deneYler yapılmıştır (şekil 2.10-şekil 2.12). Tüm yönler dâhil toplam 36 adet deneY yapılmıştır. Sıcaklıklar 2 adet 4 kanallı termometre yardımıyla eř zamanlı olarak ölçölmüş ve bir bilgisayara aktarılarak kaydedilmiştir. Bir ışınımöler ile güneşten gelen anlık ışınım değerleri otomatik olarak kaydedilmiştir. İlaveten bir rüzgâr istasyonu yardımıyla dış ortam sıcaklığı, rüzgârın hızı ve yönü de tespit edilmiştir [FUBAP proje No: MF.22.25].

Saat 8.00 ile 16.00 arası gündüz saatlerinde ve 21.00 ile 05.00 arası gece saatlerinde yapılan ölçömler grafiklere aktarılmıştır. Gündüz saatlerinde ışınımın etkisi fazla olduğu için hesaplarda dikkate alınmıştır. Gece saatlerinde ise ışınımın etkisi yoktur ya da ihmal edilebilecek kadar azdır.



şekil 2.9. DeneY düzeneginin şematik görünüşü



Şekil 2.10. EPS ısı yalıtım malzemesiyle kaplı bina görüntüsü



Şekil 2.11. Taş yünü ısı yalıtım malzemesiyle kaplı bina görüntüsü



Şekil 2.12. XPS ısı yalıtım malzemesiyle kaplı bina görüntüsü

2.3. Hesaplamalar Ve Yöntem

Deneyde gerekli hesaplamaların yapılabilmesi için aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

- Yan duvar-döşeme ve tavadan ısı geçişi hesabı

$$q_{ışn} + \frac{T_{dış}-T_4}{\frac{1}{h_{dış}}} = \frac{T_4-T_3}{\frac{l_y}{k_y}} = \frac{T_3-T_2}{\frac{l_l}{k_l}} = \frac{T_2-T_{iç}}{\frac{1}{h_{iç}}} \quad (2.1)$$

$$q_{yan} = q_{ışn} + \frac{T_{dış}-T_4}{\frac{1}{h_{dış}}} \quad (2.2)$$

$$q_{döş} = \frac{T_1-T_{iç}}{\frac{1}{h_{iç}}} \quad (2.3)$$

$$q_{tav} = \frac{T_7-T_6}{\frac{l_y}{k_y}} \quad (2.4)$$

- Dairesel lüle dizileri için Nusselt sayısı hesabı [27]

$$\frac{Nu}{Pr} = K \times G \times F \quad (2.5)$$

$$K = [1 + (\frac{H/D}{0.6/Ar^{1/2}})^6]^{-0.05} \quad (2.6)$$

$$G = 2Ar^{1/2} \frac{1 - 2.2Ar^{1/2}}{1 + 0.2(\frac{H}{D-6})Ar^{1/2}} \quad (2.7)$$

$$F = 0.5 Re^{2/3} \quad (2.8)$$

Bu bağıntı şu aralıklar için geçerlidir [$2000 \leq Re \leq 100000$, $2 \leq (H/D) \leq 12$, $0.004 \leq Ar \leq 0.04$].

- Nozullu duvardan ısı geçişi hesabı

$$Nu = \frac{h d}{k} \quad (2.9)$$

$$q_n = h (T_{dış} - T_{iç}) \quad (2.10)$$

$$q_{nd} = \frac{q_{yan} A_{dolu} + q_n \sum A_n}{A} \quad (2.11)$$

- Yan yüzeylere düşen ışınlım şiddetinin hesabı

İşinimölçer ile yatay düzlem için ölçülen ısı akısı değerlerinin dikey düzleme karşılık gelen değerleri hesaplandı. Geometrik faktör; R_b eğik yüzeye düşen anlık direkt ışınlımın (I_{bt}), yatay yüzeye düşen anlık direkt ışınlıma (I_b) oranı olarak tanımlanmaktadır, kuzey yarım küre için bu değer şu ifadeden bulunur [24].

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \times \cos \delta \times \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \times \sin \delta}{\cos \varphi \times \cos \delta \times \cos \omega + \sin \varphi \times \sin \delta} \quad (2.12)$$

Burada;

φ = Enlem açısı

β = Yatay konumda yüzeyin eğim açısı

ω = Saat açısı

δ = Deklinasyon açısı

Elazığ ili için enlem açısı $\varphi=38.7$

Saat açısı, yerel güneş saatini (LST), güneşin gökyüzünde hareket ettiği derece sayısına dönüştürür. Dünya saatte 15° döndüğü için, güneş öğleden sonra her saat, güneşin gökyüzündeki 15° açısal hareketine karşılık gelir ve şu formülle hesaplanır [25].

$$\omega=15^\circ \times (LST - 12) \quad (2.13)$$

Deklinasyon açısı, Dünyanın kendi ve güneşin çevresinde dönüşü sırasında oluşan açıdır. Dünyanın güneş etrafındaki dönüşü nedeniyle mevsimsel olarak değişir. Tablo 2.2’de değerler görüldüğü gibidir [25].

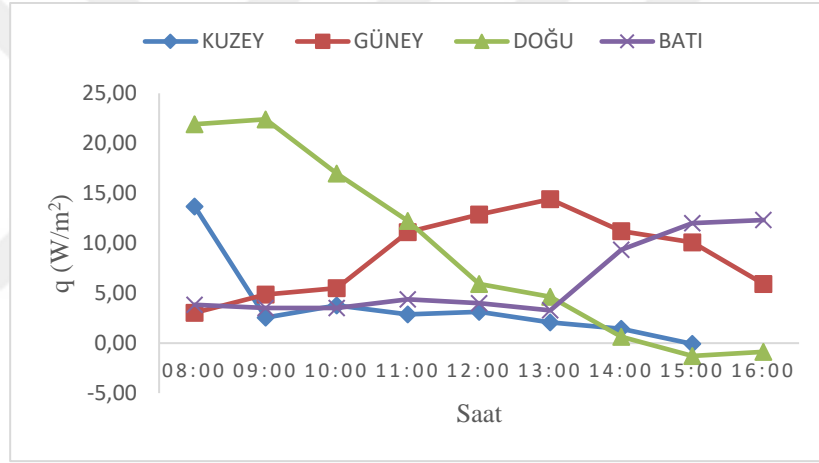
Tablo 2.2. Ayları temsil eden ortalama gün ve “n” değerleri [25].

Ay	Belirli Bir Gün İçin n değeri	Ayı Temsil Eden Gün	Ortalama gün için n değeri	Deklinasyon(δ)
Ocak	i	17	17	-20.9
Şubat	31+i	16	47	-13
Mart	59+i	16	75	-2.4
Nisan	90+i	15	105	9.4
Mayıs	120+i	15	135	18.8
Haziran	151+i	11	162	23.1
Temmuz	181+i	17	198	21.2
Ağustos	212+i	16	228	13.5
Eylül	243+i	15	258	2.2
Ekim	273+i	15	288	-9.6
Kasım	304+i	14	318	-18.9
Aralık	334+i	10	334	-23

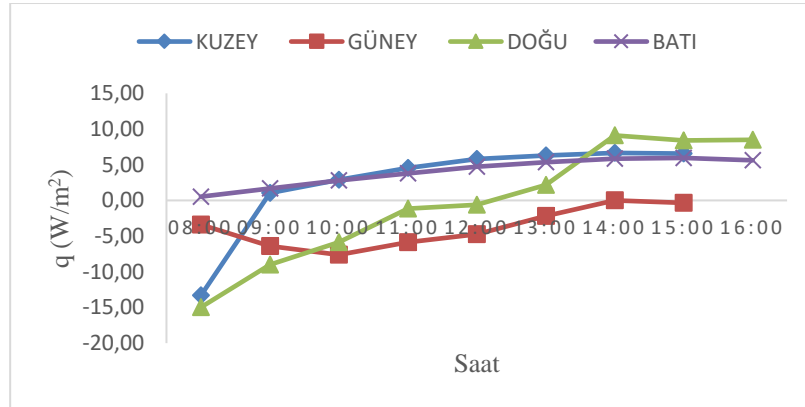
3. DENEYSEL SONUÇLAR

Isıl çiftlerin yerleştirildiği yan duvar (Şekil 2.2), kuzey-güney-doğu-batı yönlerinde konumlandırılarak ısı geçişi hesaplarında yönün etkisi de hesaba katılmıştır. Saat 08:00 ile 16:00 arası gündüz saatleri için saat 21:00 ile 05:00 arası ise gece saatleri için birer saat arayla grafikler çizilmiştir. Gündüz saatlerinde ışınımın etkisi fazla olduğu için hesaplarda dikkate alınmıştır. Ayrıca deney yapılan saatlerde anlık rüzgâr hızı da ölçülerek bir tablo halinde verilmiştir.

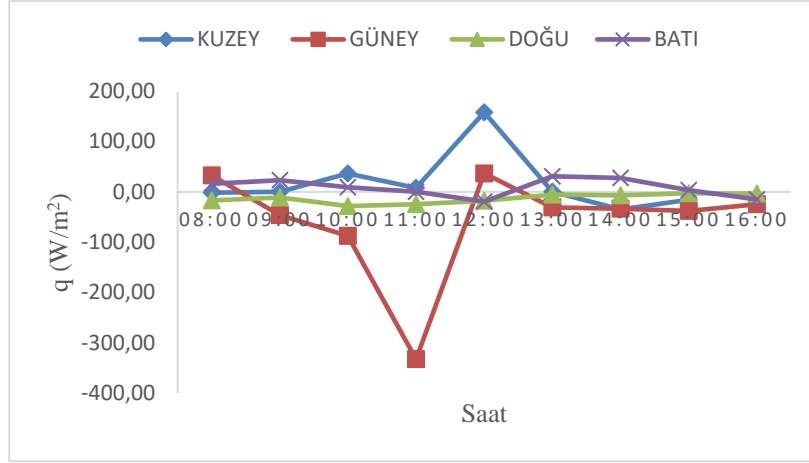
Aşağıda verilen ilk dört şekil, EPS 4 cm yalıtım malzemesi ile kaplanmış yan duvar-tavan-döşeme-nozullu duvar için gündüz saatlerinde ısı akısı-zaman grafiklerini göstermektedir. Beşinci şekil ışınım şiddeti-zaman grafiğini göstermektedir. Ardından anlık rüzgâr hızı tablosu verilmiştir. Sonraki 5 şekil ve tablo ise gece saatleri için bulunan sonuçları göstermektedir.



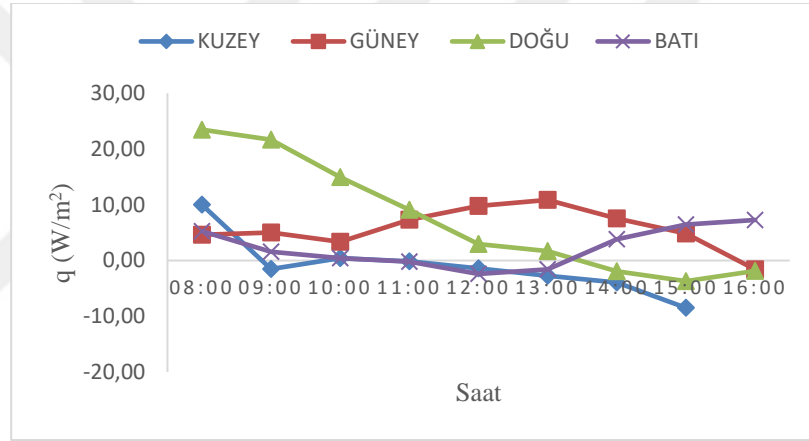
Şekil 3.1. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-yan duvar)



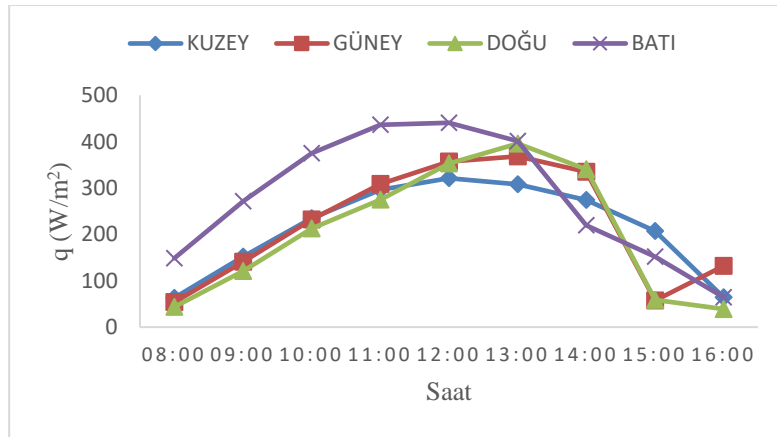
Şekil 3.2. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-tavan)



Şekil 3.3. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-döşeme)



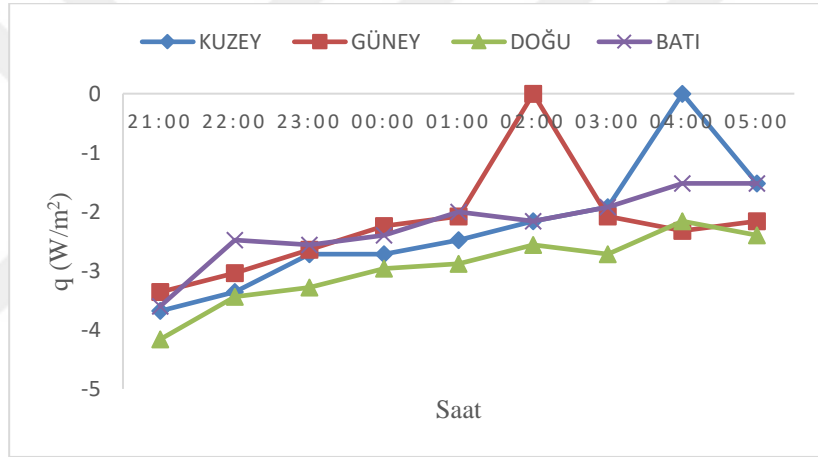
Şekil 3.4. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-nozullu duvar)



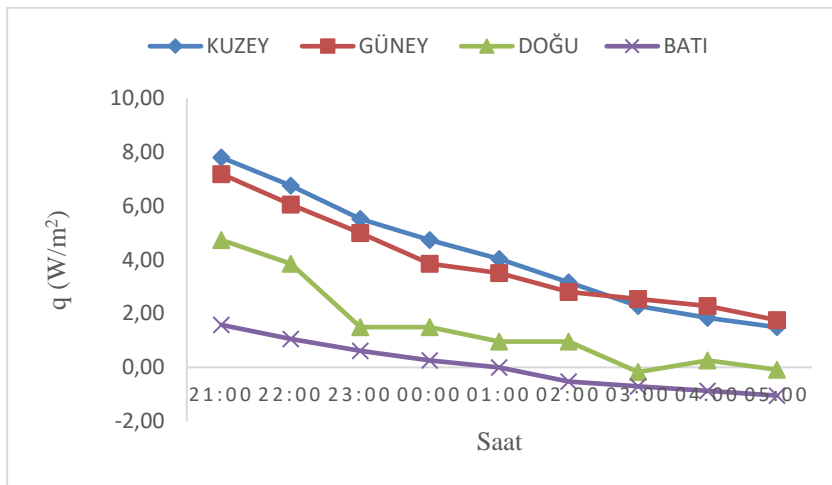
Şekli 3.5. EPS 4 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo 3.1. EPS 4 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

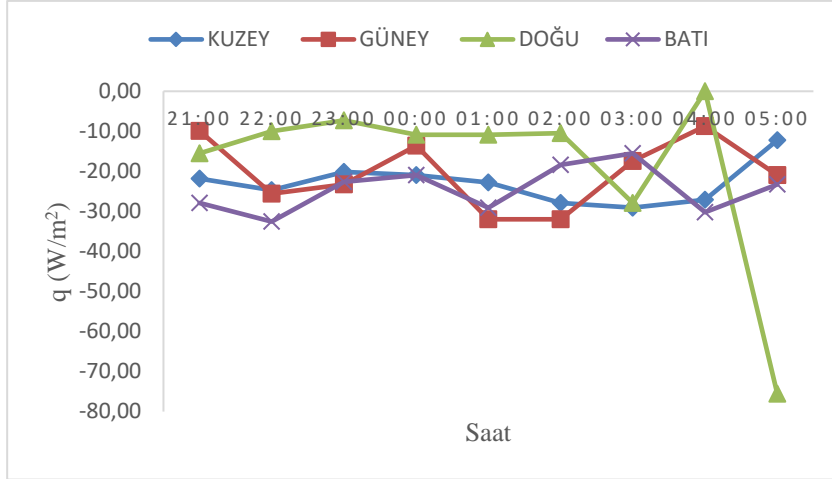
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0,7	0	0	0,7
09.00	0,7	0,7	0,7	1
10.00	1	1	1,7	2
11.00	0,7	2,7	2,7	2
12.00	3,7	2,7	2	2,7
13.00	2,7	5,1	3,1	1
14.00	1	4,8	1,7	3,7
15.00	2	2,7	1,7	4,8
16.00	2	3,7	2	3,1



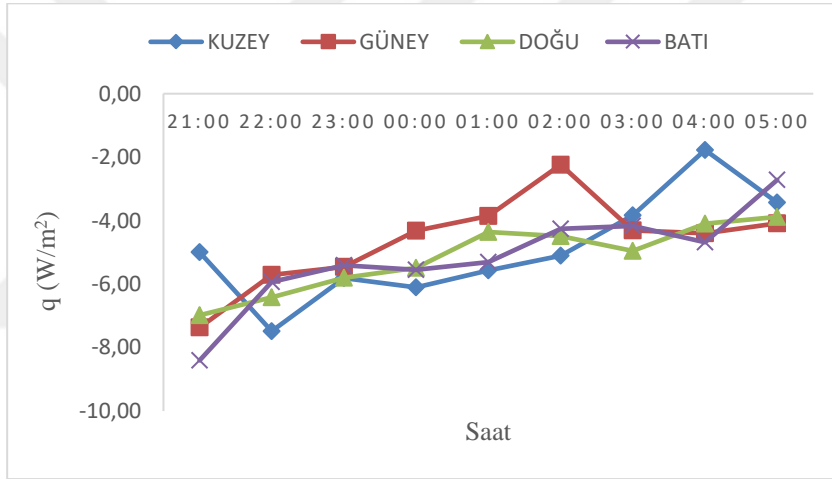
Şekil 3.6. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-yan duvar)



Şekil 3.7. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-tavan)



Şekil 3.8. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-döşeme)



Şekil 3.9. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-nozullu duvar)

Tablo 3.2. EPS 4 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	2	0	0,7	0
22.00	0	0,7	0,7	0,7
23.00	0,7	0,7	0,7	0
00.00	0,7	0	0,7	0
01.00	0	0	0	0
02.00	0,7	0,7	0	0
03.00	0,7	0	0,7	0
04.00	0	0	0	0,7
05.00	0,7	0,7	0,7	0,7

Şekil 3.1, EPS 4 cm için gündüz saatlerinde yan duvardan ısı geçişini (q) göstermektedir. Doğuya bakan duvarda sabah saatlerinde q daha fazla iken günün ilerleyen saatlerinde azalmakta, batıya bakan yüzeyde ise tam tersi sabah düşükken öğleden sonra artmaktadır. Güneye bakan yüzeyde q öğlen saatlerine kadar artmakta sonra düşmektedir. Kuzeye bakan yüzeyde ise sabah saatlerinde q daha büyükken günün ilerleyen saatlerinde düşmektedir. Bu eğilim diğer yalıtım malzemeleri ve kalınlıkları için de benzerdir (XPS 5 cm için deneylerin yapıldığı günlerde havanın bir açıp bir kapanması bu eğilimi bozmaktadır).

Şekil 3.6 ise EPS 4 cm için gece saatlerinde yan duvardan ısı geçişini göstermektedir. Şekilden görüleceği gibi gece doğu ve kuzeye bakan yüzeyler daha çabuk soğurken güney ve batıya bakan yüzeyler daha geç soğumaktadır.

Gündüz saatlerinde EPS 4 cm için tavandan ısı transferi incelendiğinde (Şekil 3.2) binanın her yönünde de q ' nun sabah saatlerinden itibaren arttığı ve saat 14-16 arasında maksimum değerlere ulaştığı görülmektedir. Diğer yalıtım malzemeleri ve kalınlıklarında da benzer eğilim gözlenmektedir.

Şekil 3.7 de EPS 4 cm için gece saatlerinde tavandan ısı geçişi görülmektedir. Gündüz saatlerinin aksine q sabaha kadar gittikçe düşmekte ve saat 05-08 arasında minimum değerlere ulaşmaktadır. Bu eğilim diğer yalıtım malzemeleri ve kalınlıklarında da benzer şekilde görülmektedir.

Şekil 3.3' de EPS 4 cm için gündüz saatlerinde döşemeden ısı transferi görülmektedir. Her yönde de q yaklaşık yatay bir eğilim göstermektedir. Ancak binanın güney konumunda yapılan deneylerde saat 11'den sonra ani bir rüzgârın çıkması (Tablo 3.1), ardından havanın kapanarak ışınlam şiddetinin düşmesi sonucu bu eğilim geçici olarak bozulmuştur (benzer durum kuzey yönde saat 12 den sonra da meydana gelmiştir). Tüm yalıtım kalınlıkları ve cinslerinde hatta gece saatlerinde bile q daki yatay eğilim (şartlardaki ani değişimler hariç) korunmaktadır (Şekil 3.8).

Şekil 3.4'de gündüz saatlerinde nozullu duvardan ısı geçişi görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi nozullu sistem gündüz saatlerinde pek te etkili olamamıştır. Nozullu sistemin saat 17-20 saatlerinden sonra etkili olduğu ve iç ortam sıcaklığını hızla düşürdüğü görülmektedir (Şekil 3.9). Bu etki ertesi gün sabah 07-08 e kadar devam etmektedir. Sabah 08'den sonra iç ortam tekrar ısınmaya başlamakta ve sıcaklık hızlı bir şekilde artmaktadır.

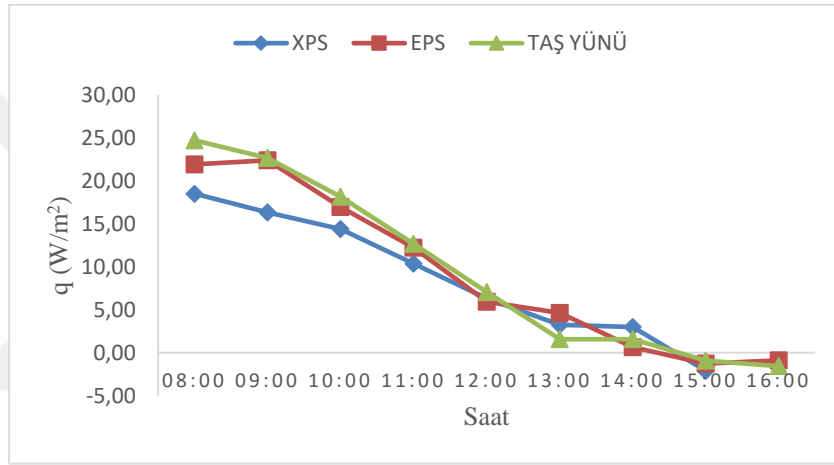
Günün en yüksek iç ortam sıcaklıkları saat 15-16 arası görülmektedir. Gündüz saatlerinde iç ortam sıcaklığının hızla artmasını önlemek (ya da geciktirmek) için sabah saat 08 den sonra pencerenin (dolayısıyla nozulların) akşam saatlerine kadar kapalı tutulması önerilebilir.

Şekil 3.5, EPS 4 cm için ışınlam şiddetinin zamana göre değişimini göstermektedir. Tablo 3.1'den ise EPS 4 cm deneylerinin yapıldığı günlerdeki gündüz saatlerindeki anlık rüzgâr hızı görülebilir. Tablo 3.2'den ise aynı günlerdeki gece saatlerine ait rüzgâr hızları görülmektedir.

EPS 5 ve 6 cm sonuçları ile diğer yatımın malzemelerinin sonuçlarına bakıldığında, yön etkisi açısından EPS 4 cm' e benzer karakterde olduğu görülmüş, bu sonuçlar bu bölümde verilmemiş "Ekler" kısmına konulmuştur.

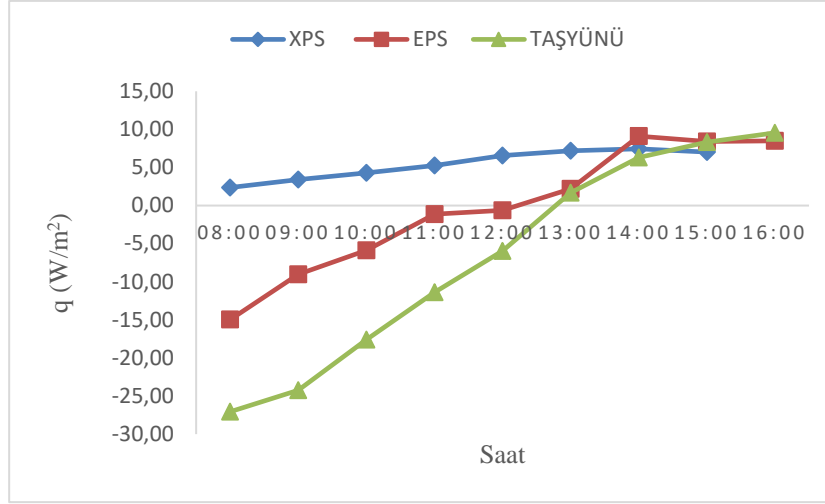
Binanın sabit bir konumunda (nozul yönü kuzey) gündüz ve gece saatlerinde her bir yalıtım malzemesinin birbiriyle kıyaslanması aşağıdaki şekillerden görülebilir.

Şekil 3.10, 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin yan duvarın doğuya bakması halinde gündüz saatlerinde birbiriyle kıyaslanmasını göstermektedir. Buradan sabahın erken saatlerinde en düşük q ' nun XPS ' de elde edildiği görülmektedir. Öğlen saatlerinde ise yalıtım malzemeleri arasında q açısından belirgin bir fark görülmemektedir.



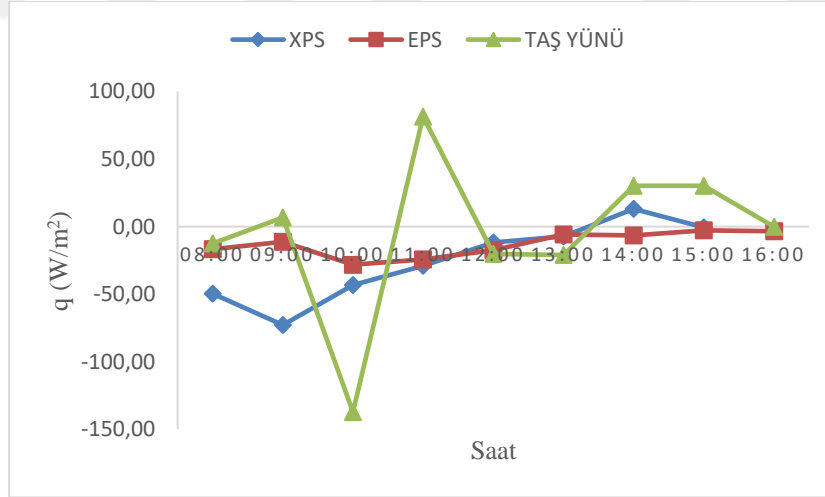
Şekil 3.10. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)

Şekil 3.11'de ise aynı kalınlıkta gündüz saatlerinde, tavan için bulunan değerler görülmektedir. Bu şekilde ise öncekinin tam tersi sabah saatlerinde XPS en yüksek çıkmıştır. Ancak diğer yalıtım malzemeleri ile yapılan deney günlerinde hem ışınım şiddetinin düşmesi hem de rüzgâr hızının çok daha yüksek çıkması sonuçları ciddi oranda etkilemektedir (Şekil 3.5, Tablo 3.1).

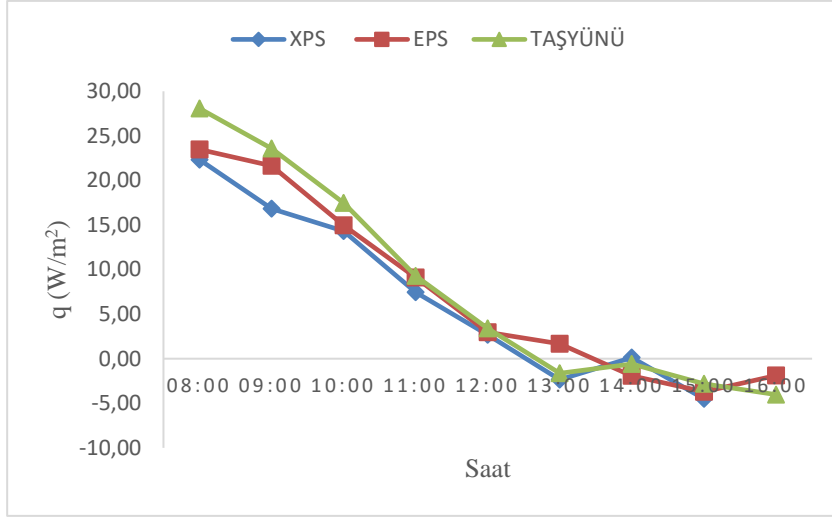


Şekil 3.11. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)

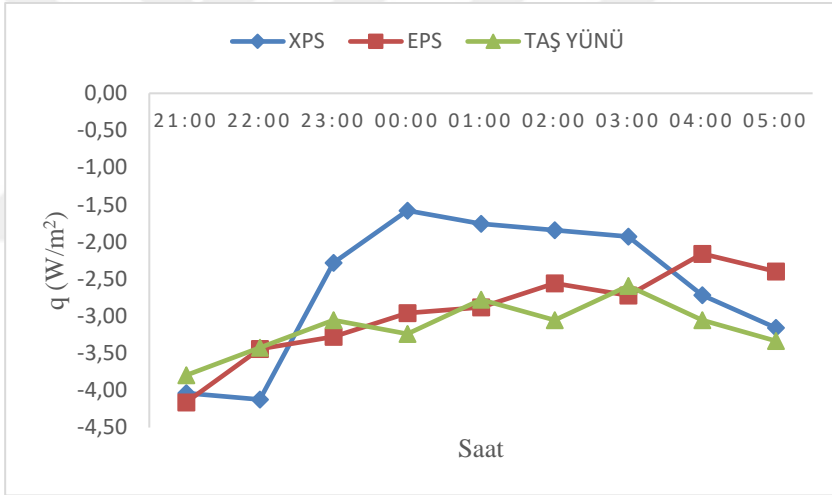
Şekil 3.12 ve Şekil 3.13, aynı şartlarda sırasıyla döşemeden ve nozullu duvardan ısı transferini göstermektedir. Bu iki şekilde de q 'nın en düşük değerlerinin sabah saatlerinde XPS için elde edildiği görülmektedir. Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16 ve Şekil 3.17 de ise gece saatlerinde çizilen grafikler görülmektedir.



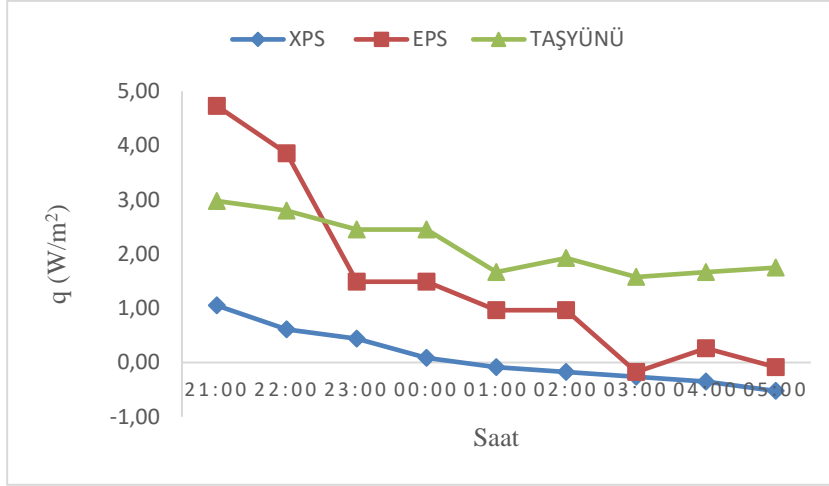
Şekil 3.12. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



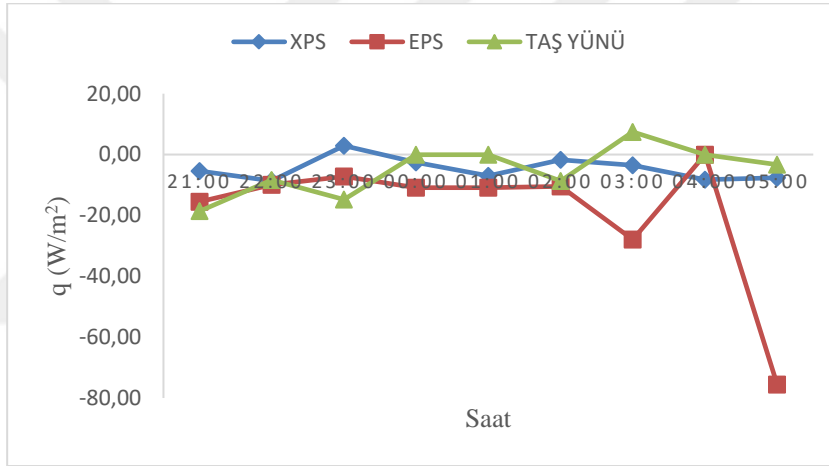
Şekil 3.13. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-nozullu duvar)



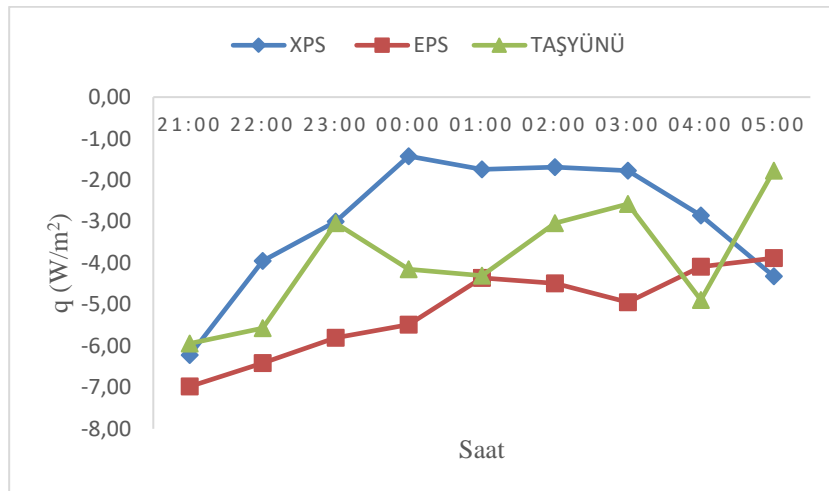
Şekil 3.14. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



Şekil 3.15. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)

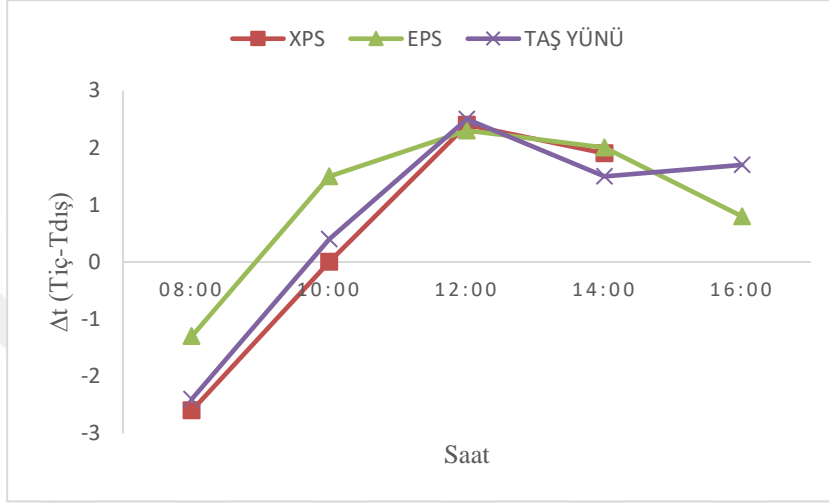


Şekil 3.16. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)

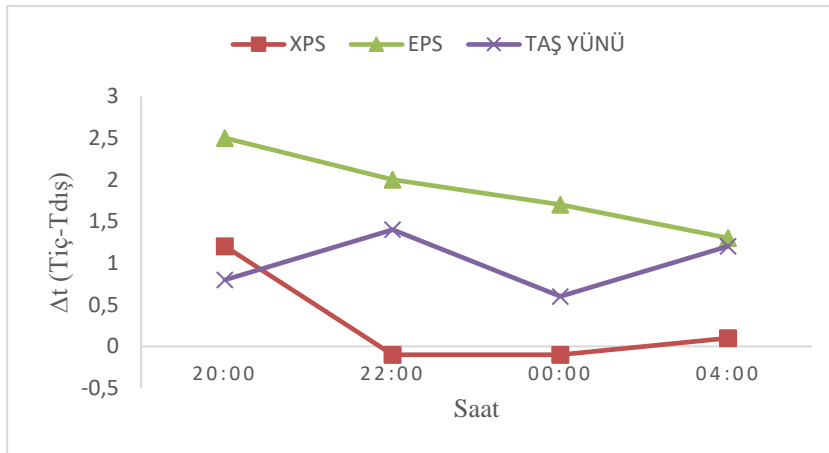


Şekil 3.17. 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)

Yukarıda verilen şekiller binanın her bir duvarından olan ısı transferini ayrı ayrı göstermektedir. Ancak deney günleri ve deney yapılan saatlerdeki hava şartlarının farklı olması sebebiyle aynı günde binadan toplam ısı transferini hesaplamak mümkün olamamıştır. Aşağıdaki şekiller kuzeye bakan nozul için (dış duvar yönü doğu) iç-dış sıcaklık farklarının karşılaştırılması amacıyla verilmiştir. Şekil 3.18 ve Şekil 3.19 sırasıyla gündüz ve gece saatlerinde 4 cm kalınlığındaki yalıtım malzemelerinin birbirine göre değişimini göstermektedir.



Şekil 3.18. 4 cm yalıtım kalınlığındaki yalıtım malzemeleri için sıcaklık farklarının karşılaştırılması (gündüz- kuzeye bakan nozul yönü)

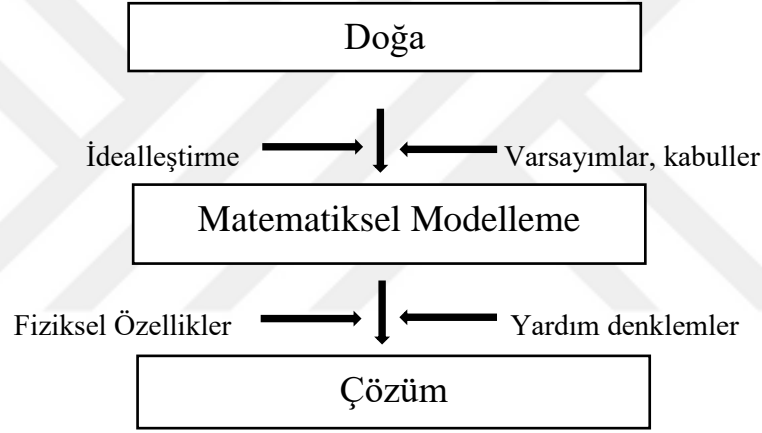


Şekil 3.19. 4 cm yalıtım kalınlığındaki yalıtım malzemeleri için sıcaklık farklarının karşılaştırılması (gece- kuzeye bakan nozul yönü)

Şekil 3.18 ve Şekil 3.19 den de görüleceği gibi gündüz sabah erken saatlerde ve gece saatlerinde en etkin soğutma XPS-nozul sisteminde görülmektedir.

4. HATA ANALİZİ

Bilimle birlikte teknoloji de gelişme sağlanmanın nedeni şüphesiz ki insanların doğayı modelleme çabası için çeşitli yollara başvurmasıdır. Bu olay bir nevi doğayı taklit etme anlamına gelir, bilimin ve teknolojinin gelişmesine yardımcı olur. Çok zor görünen üretimler ve hesaplamalar matematiksel modellemenin sayesinde elde edilmiştir. Bilimsel çalışmalarda ve teknolojik alanda ilerleme kat edebilmek için en çok kullanılan yöntem deneysel olarak yapılan çalışmalardır. Deney yaparken elde edilen veriler, belirli aralıklarla yapılan ölçüm ve zaman deneysel çalışmada ön plandadır. Bu çalışmalar yapılırken ölçüm esnasında alınan sonuçların doğru olması ve güvenilirliği birçok faktöre bağlıdır. Birden fazla olan bu faktörler belirsizliğe sebep olabilir. Şekil 4.1’de analitik yaklaşım ile problem çözümü görülmektedir.



Şekil 4.1. Analitik Yaklaşım İle Problem Çözümü [14]

Deneysel çalışmalar esnasında elde edilen sonuçlardaki hatalar şu şekilde kaynaklanır:

1. Tecrübesizlikten veya dikkatsizlik yüzünden kaynaklanan hatalar: Yapılan deney çalışmasında doğru ölçüm cihazının seçilmemesi deney düzeneği oluşturulurken sistemin yanlış şekilde dizaynı sonucunda ortaya çıkan hatalardır. Bu hatalar tecrübeye sahip deneyci tarafından düzeltilmesi mümkündür. Yanlış ölçüm yapan cihazın deneyi yapan kişi tarafından tespit edilmesi ile bu hatalar değerlendirme dışı kalabilir.
2. Sistemik ve sabit hatalar: Ölçüm verilerine miktar ve aynı yönde etki eden ufak hatalardır. Yapılan ölçüm defalarca tekrarlanırsa da bu tip hatalar hep aynı kalır. Bu hatalar genel olarak tekrarlanan okumalarda elde edilir ve nedenleri çoğu zaman

bilinmez. Termometrenin üretiminde meydana gelen hata bu tip hatalara örnek verilebilir.

3. Rastgele hatalar: Yapılan ölçümleri negatif veya pozitif yönde etkileyen küçük hatalardır. Bu hataların nedeni, insan yeteneklerinin yetersiz kalması, sıcaklık, ölçüm yapan cihazın ayarının düzgün yapılmaması, rüzgâr gibi dışarıdan gelen etkenler tarafından kaynaklanır. Bu hataların giderilmesi için ölçümlerin tekrardan yapılması veya düzenli hatalarda görülen ölçümleri sonuçlarında düzeltme yapılarak giderilir.

Deneyi yapan araştırmacılar sonuçların doğru olup olmadığını öğrenmek isterler. Bunun yanın sıra deneyi gerçekleştiren araştırmacının dikkati yüksek olsa da sonuçlarda hata tespit edilebilir.

Bu sistematik hatalardan kaynaklanan sorunlar giderilse de rastgele hataların sebep olduğu sonuçlar düzelmeyeceğinden yine de ölçüm sonuçlarında hata oluşur. Bundan dolayı ölçülen değerlerin sonuçları her durumda gerçek değeri göstermez.

Deney gerçekleştikten sonra deneye ait sonuçlarda sistematik kaynaklanan hataların ve sabit hataların ne kadar olduğunu anlamamıza yarayan yöntemler vardır. Bu yöntemler belirsizlik analizi ve akılcı yaklaşım yöntemidir. Belirsizlik analizi yöntemini J.P Holman, S.J. Kline, F.A. McClintock ortaya atmış olup bu yöntem hakkında bilgiler vermişlerdir[14].

Belirsizlik analizi ile hata oranı (4.1) denklemi ile elde edilir.

$$W_R = [(\frac{\partial R}{\partial X_1} W_1)^2 + (\frac{\partial R}{\partial X_2} W_2)^2 + (\frac{\partial R}{\partial X_3} W_3)^2 + \dots + (\frac{\partial R}{\partial X_n} W_n)^2] \quad (4.1)$$

- N adet bağımsız değişkene sahip bir ölçümde
- R: ölçülecek boyut
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$: ölçümü etkileyen değişkenler
- $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$: bağımsız değişkenden kaynaklanan hata oranı ise
- Toplam hata oranı olan W_R dir.

Yapılan deney çalışmasında dijital termometreler vasıtasıyla ölçümler elde edilmiştir. Deney düzeneğinde sonuçlar termometre ve sıcaklık ölçümünden kaynaklı hatalardan etkilenmiştir.

Akpınar[26] yazmış olduğu makalesinde hata miktarlarının bazılarını aşağıdaki gibi belirtmiştir. Bu değerlere göre çalışmanın sonucunda ortaya çıkan hata oranı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

- a. Dijital termometrelerden kaynaklanan hata = ± 0.1 °C
- b. Isıl çiftlerden kaynaklanan hata = $\pm 0.25-0.5$ °C
- c. Noktalar ve bağlantı elemanlarından kaynaklı hata = ± 0.1 °C
- d. Merkez sıcaklığın ölçülmesinden kaynaklanabilecek hata = ± 0.25 °C
- e. Çevre ya da deney ortam sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ± 0.25 °C

$$W_R = [(a)^2 + (b)^2 + (c)^2 + (d)^2 + (e)^2]^{1/2} = [(0.1)^2 + (0.5)^2 + (0.1)^2 + (0.25)^2 + (0.25)^2]^{1/2} = \pm 0.395 \text{ °C}$$



5. SONUÇLAR

Rüzgâr ve ışınım etkisi ile olan sapmalar göz ardı edildiğinde, Tablo 5.1 den tüm yalıtım malzemelerinin kalınlıkları arttıkça iç ortam sıcaklığının düştüğü görülmektedir.

Tablo 5.1. Gece saatlerinde tüm yalıtım malzemelerinin en düşük iç ortam sıcaklıklarının karşılaştırılması

Tiç	Batı	Doğu	Güney	Kuzey
Eps 4 Cm	25,2	25,3	25,5	22,3
Eps 5 Cm	19	19,6	20,3	18,1
Eps 6 Cm	14,2	15,8	18,1	12,6
Xps 4 Cm	24,5	27,6	25,2	25,8
Xps 5 Cm	25,3	25,9	25,5	25,7
Xps 6 Cm	22	17,6	20,7	22,6
Taş Yünü 4 Cm	25,3	21,9	23,1	25,5
Taş Yünü 5 Cm	23	18,8	20,8	20,7
Taş Yünü 6 Cm	13,3	18,3	13,1	20,5

Batı ve güney yönlerinde en düşük iç ortam sıcaklığı 6 cm kalınlığında Taş Yünü ile elde edilmiştir. Doğu ve kuzey yönlerinde ise en düşük iç ortam sıcaklığı 6 cm kalınlığında EPS ile elde edilmiştir. Tüm yalıtım malzemesi kalınlıkları ve tüm yönler dikkate alındığında en düşük iç ortam sıcaklığı EPS 6 cm kuzey yönünde elde edilmiştir.

ÖNERİLER

Proje aşamasında malzemelerin alınışı ve deney setinin kurulumu geciktiği için deneylere ancak 15 Ağustos'tan sonra başlanabilmektedir. Deneyler Ekim'in ilk yarısına kadar devam etmiştir. Dolayısıyla dış ortam şartlarında ani değişimler söz konusu olup sonuçlar üzerinde sapmalar meydana gelmiştir. Deneylerin Temmuz ve Ağustos aylarında yapılması tavsiye edilebilir zira bu aylarda ışınlama ve rüzgâr hızlarındaki değişimler daha düşük olup bu hataları en aza indirecektir.

Ayrıca ölçme aletleri imkânlar nispetinde gerekli olandan daha az hassasiyetle alınabilmektedir. Örneğin termometreler virgülden sonra 1 haneye kadar ölçebilmektedir. Hâlbuki imkânlar nispetinde daha hassas (virgülden sonra 2 hane ölçebilecek) termometrelerin kullanılması, sonucu daha hassas hale getirecektir. Deneylerde tek bir bina modeli kullanıldığından her yön ve her yalıtım malzemesi kalınlığı ölçümleri farklı günlerde yapılabilmektedir. Mümkünse 4 adet bina modeli yapılarak her birinin farklı yönlerde konumlandırılması ve daha çok noktadan ölçüm alarak toplam ısı transferinin bulunması sonuçların daha iyi yorumlanabilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

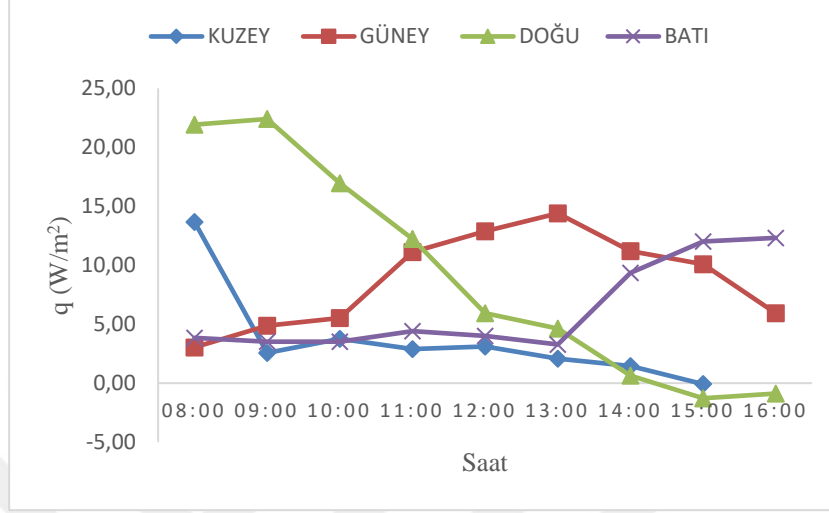
- [1] <https://enerji.gov.tr/> Erişim: "16 Şubat 2023"
- [2] 114176-turkiye_elektrik_enerjisi_talep_projesiyonu_raporu.pdf
- [3] Çankaya, B. (2022)Yıllık Enerji Tüketimi 1.000 Tep Üzeri Bir Sanayi İşletmesinin Enerji Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [4] Yalçın, A. (2012). Elazığ İlinde Kullanılan Farklı Duvar Tipleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi Ve Ekonomi Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [5] Öztuna, S. Dereli, E. (2009). Edirne İlinde Optimum Duvar Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi, Trakya Univ J Sci, 10(2):139-147
- [6] Tuğan, V. Işık, E. (2017). Tunceli, Hakkâri ve Kars İllerinin Optimum Isı Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması. J. Pure Appl. Sci. 3(2): 50-57
- [7] Ülgüner, H. Değirmenci, A. Üstüntürk, A. Keleşoğlu, A. Ünver, Ü. (2021). Sayı 1, 114-122
- [8] Kotan, T. Fırat, İ. Kaya, M. Ulusu, İ.(2018). Binalarda Kullanılan Farklı Isı Yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenlik Katsayılarının Erzincan İli Şartlarında Termokupl ve Termal Kamera İle İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 2, 367-381, DOI: 10.17482/Uumfd.356648
- [9] Dumrul, M. Uçar, A.(2019). Bir Konutun Dış Duvarları İçin Isıtma ve Soğutma Yüklerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlığının Tespiti ve Enerji Tasarrufu Analizi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 16, 740-749,
- [10] Ögetürk. İ.(2019). Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [11] Tunç, D. Özel, M.(2018). Kars İlindeki Binalar İçin Isıtma Yükü ve Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi 30 (1), 251-257
- [12] Bıyıkoğlu, A. Aydın, N. (2018) Türkiye’de Konut Tipi Binaların Isıtma Yükü Altında Ömür Maliyet Analizi Yöntemi İle Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi, Politeknik Dergisi, 2019; 22(4), 901-911, DOI: 10.2339/Politeknik.435773
- [13] Bayer, G.(2006). Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [14] Mert, E.(2019) Bir Binada Akış Lüleleri ve Aspiratör Kullanımının Soğutmaya Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [15] Alanlı A.(2022) Türkiye’de Enerji Verimliliğine Yönelik Politikaların Değerlendirilmesi Dicle Kalkınma Ajansı 1-18 ISSN: 2667-7083
- [16] Topçuoğlu K. (2014) Yalıtım Teknolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara
- [17] Ekinci, C.E (2010) Yalıtım Teknikleri, Data Yayınevi, Ankara
- [18] Bektaş, V. (2018) Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [19] Bektaş, V. Çerçevik, A.E. Yerel Kandemir, S. (2017)Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:4, Sayı:1, 2017
- [20] Kocagül, M. (2013) Isı Yalıtımında İdeal Yalıtım Malzemesi Kullanılmasının Deneysel Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [21] <https://havakalitesi.ibb.gov.tr> Erişim:"16 Şubat 2023"

- [22] Kamışlı, F. (2012) Isı Transferi, Gazi Kitabevi, Ankara
- [23] Açık, C. Tutuş, A. (2012) Ormancılık Dergisi 8(2) (2012) 1-8
- [24] Yiğit, A, Arslanoğlu, N. (2021)Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt. Sayı 1, 2021 DOI: 10.17482/Uumfd.824582
- [25] https://tr.wikipedia.org/wiki/_geometrisi Erişim “23 Şubat 2023 “
- [26] Akpınar, E.K., Deneysel Çalışmalardaki Hata Analizine Bir Örnek: Kurutma Deneylerindeki Hata Analizi, Mühendis ve Makina Dergisi, 46(540), 41-48.
- [27] Incropera F.P, DeWitt D.P(2001) Isı Ve Kütle Geçişinin Temelleri, Litaratür Yayınevi, Birinci basım, İstanbul.

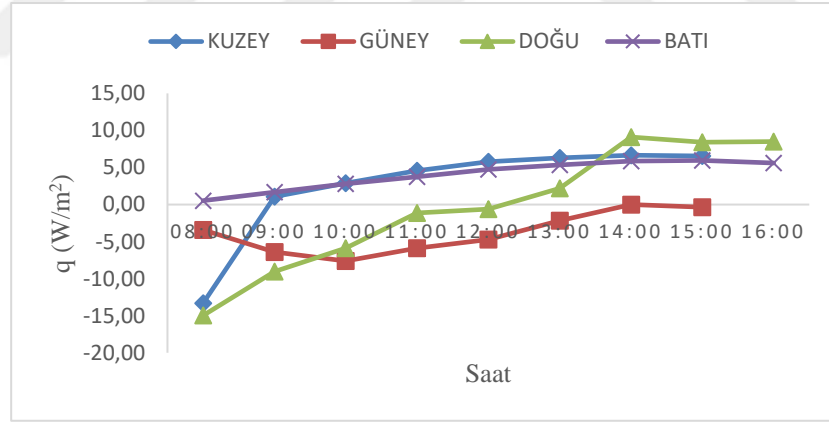


EKLER

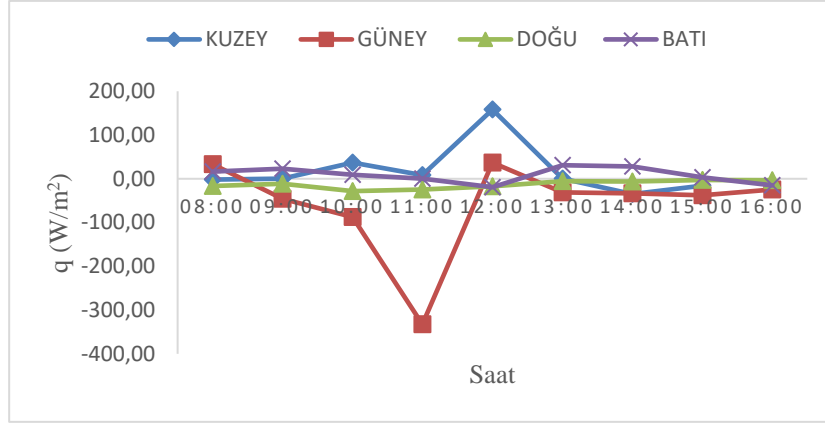
EK- 1: DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARI



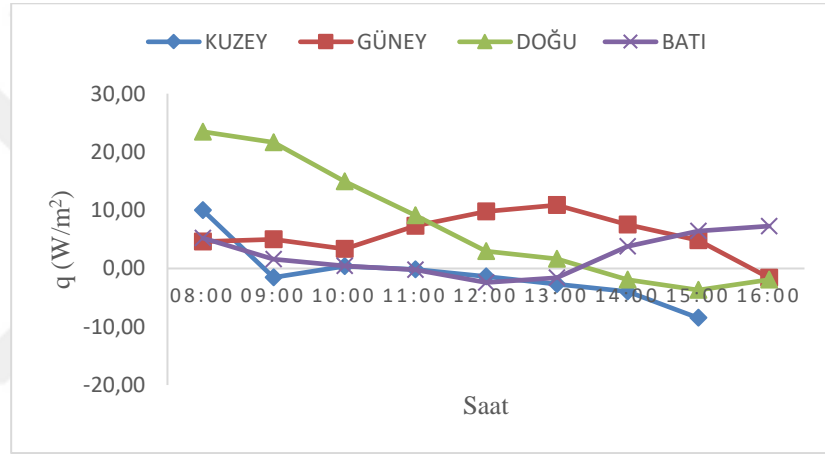
Şekil E1.1. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-yan duvar)



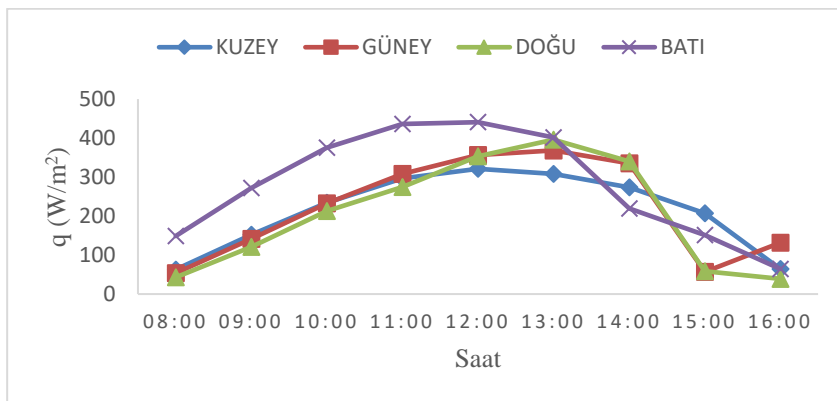
Şekil E1.2. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-tavan)



Şekil E1.3. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-döşeme)



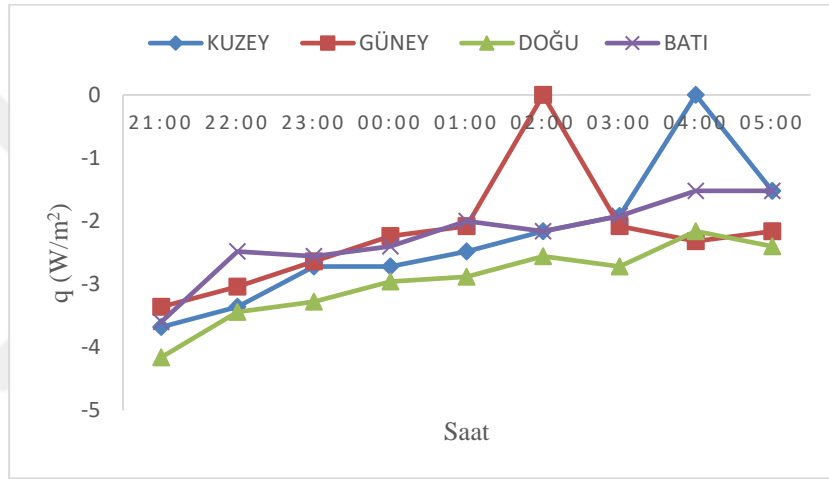
Şekil E1.4. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz- nozullu duvar)



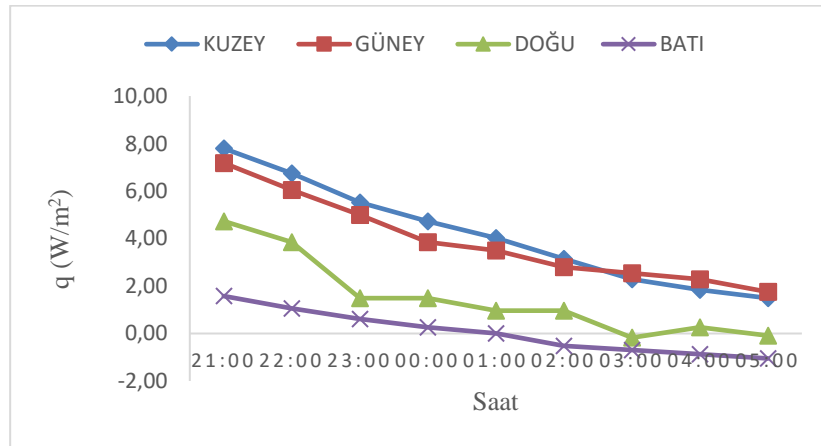
Şekil E1.5. EPS 4 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.1. EPS 4 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

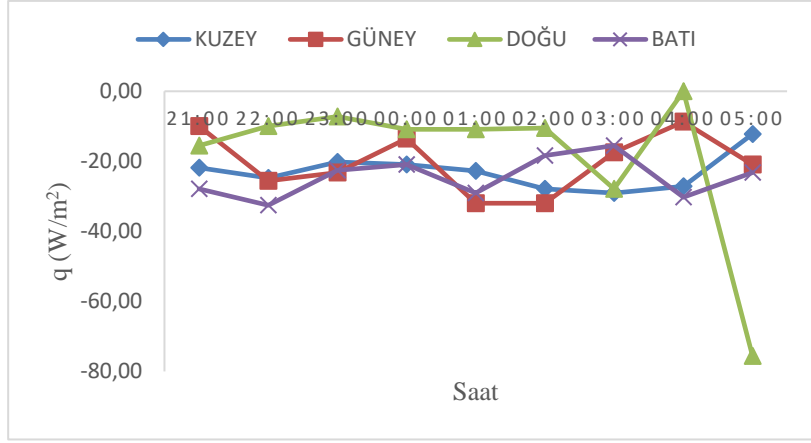
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0,7	0	0	0,7
09.00	0,7	0,7	0,7	1
10.00	1	1	1,7	2
11.00	0,7	2,7	2,7	2
12.00	3,7	2,7	2	2,7
13.00	2,7	5,1	3,1	1
14.00	1	4,8	1,7	3,7
15.00	2	2,7	1,7	4,8
16.00	2	3,7	2	3,1



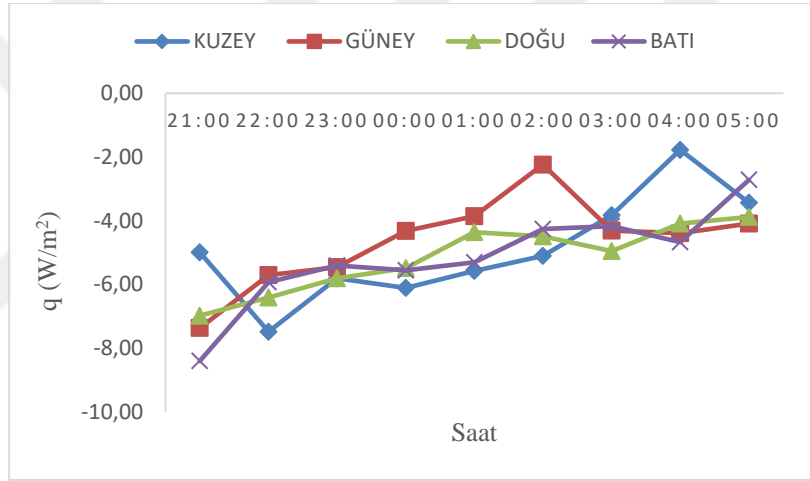
Şekil E1.6. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-yan duvar)



Şekil E1.7. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-tavan)



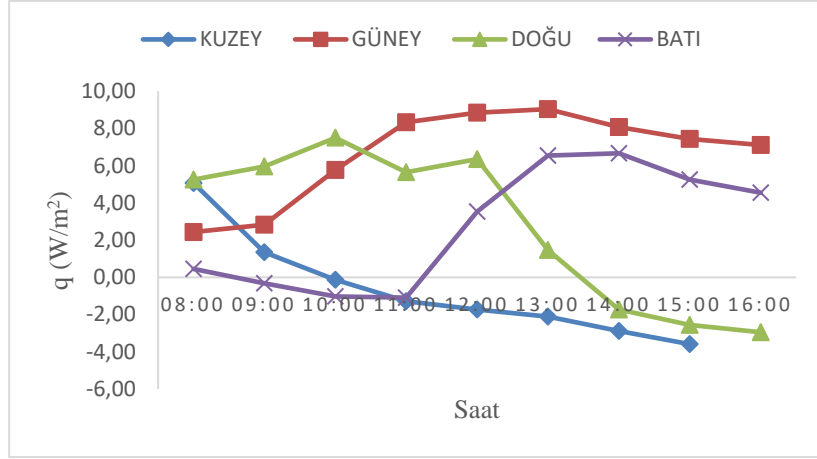
Şekil E1.8. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-döşeme)



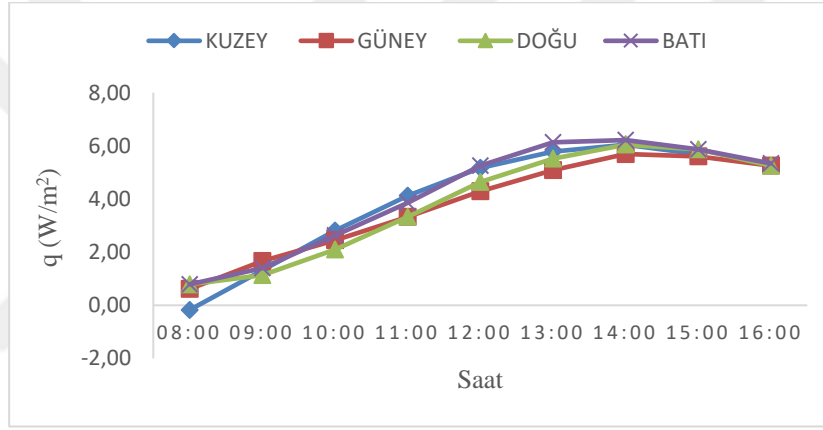
Şekil E1.9. EPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece- nozullu duvar)

Tablo E1.2. EPS 4 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

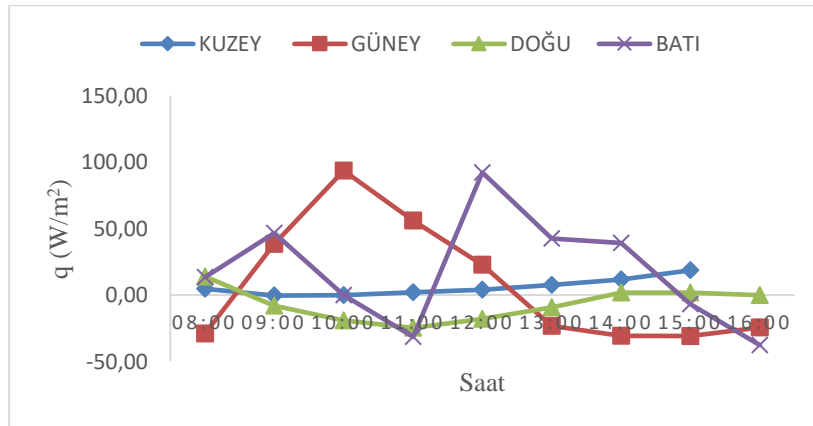
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	2	0	0,7	0
22.00	0	0,7	0,7	0,7
23.00	0,7	0,7	0,7	0
00.00	0,7	0	0,7	0
01.00	0	0	0	0
02.00	0,7	0,7	0	0
03.00	0,7	0	0,7	0
04.00	0	0	0	0,7
05.00	0,7	0,7	0,7	0,7



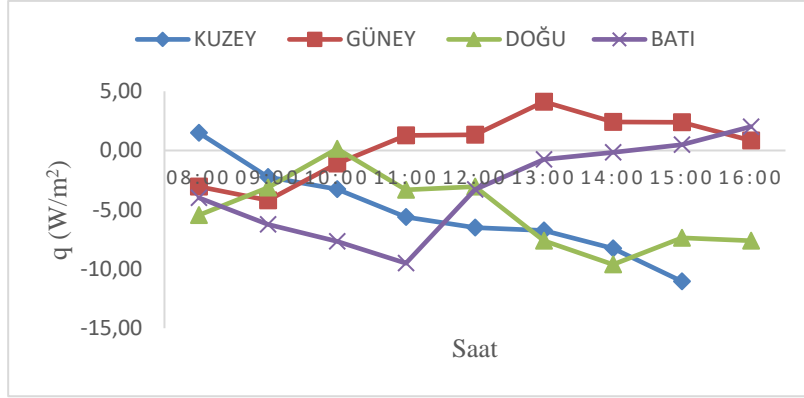
Şekil E1.10. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-yan duvar)



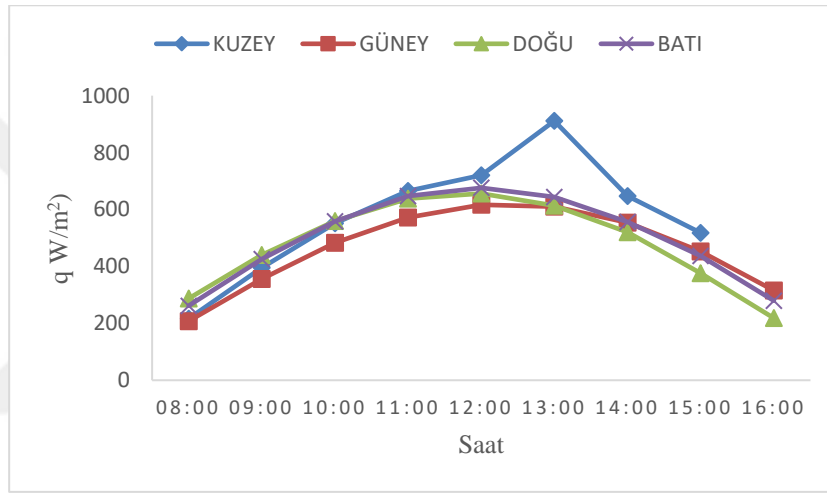
Şekil E1.11. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-tavan)



Şekil E1.12. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-döşeme)



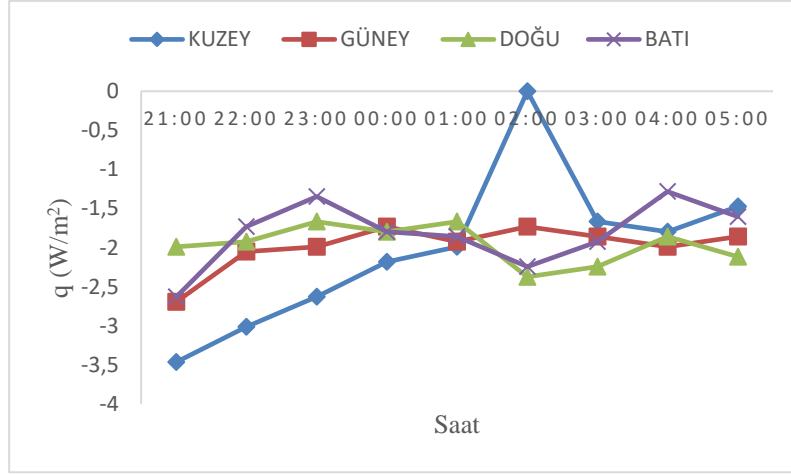
Şekil E1.13. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz- nozullu duvar)



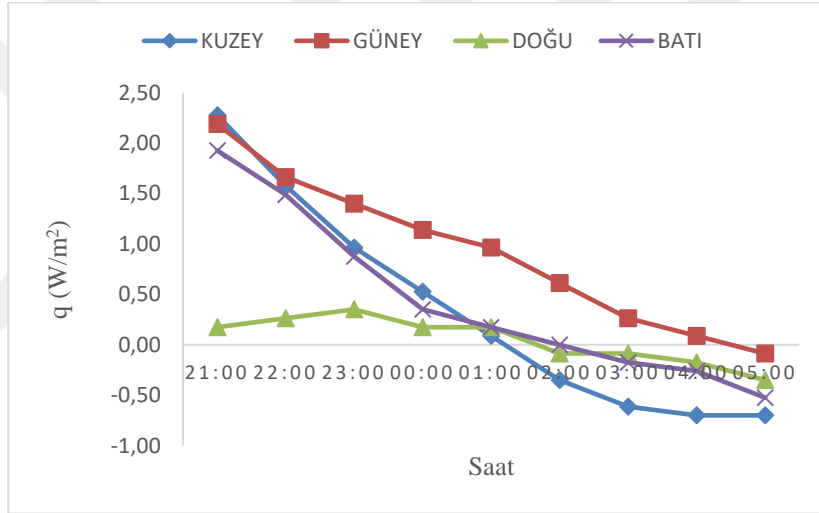
Şekil E1.14. EPS 5 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.3. EPS 5 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

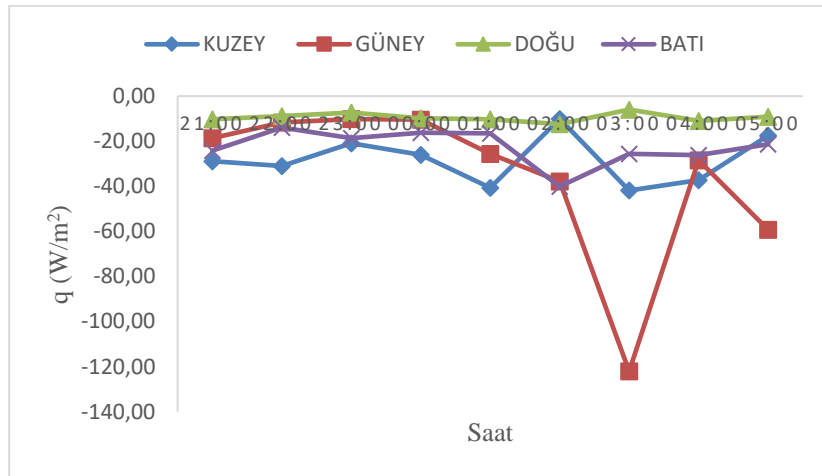
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0	0,7	0	1
09.00	1	2	1	1
10.00	1	1	0,7	1,7
11.00	1,7	4,1	2	1
12.00	2	2,7	2	1
13.00	0,7	2,7	2	1,7
14.00	1	2	1,7	1,7
15.00	2,4	1,7	1,7	2
16.00	1,7	2	3,1	1



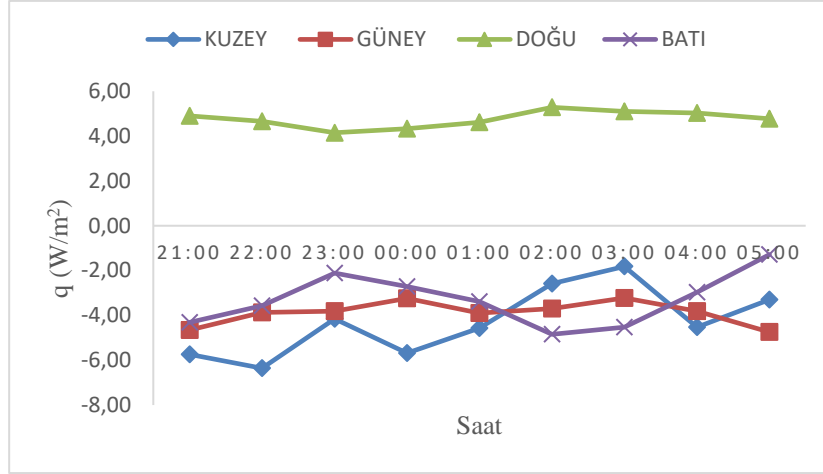
Şekil E1.15. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-yan duvar)



Şekil E1.16. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-tavan)



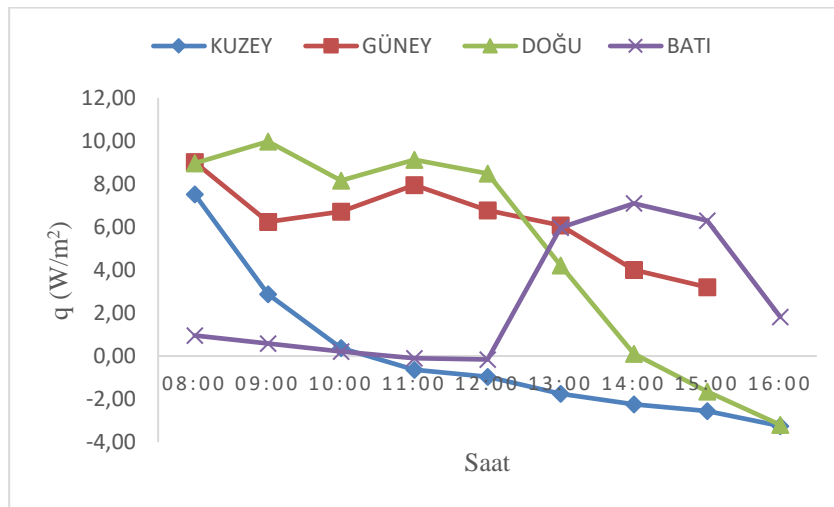
Şekil E1.17. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-döşeme)



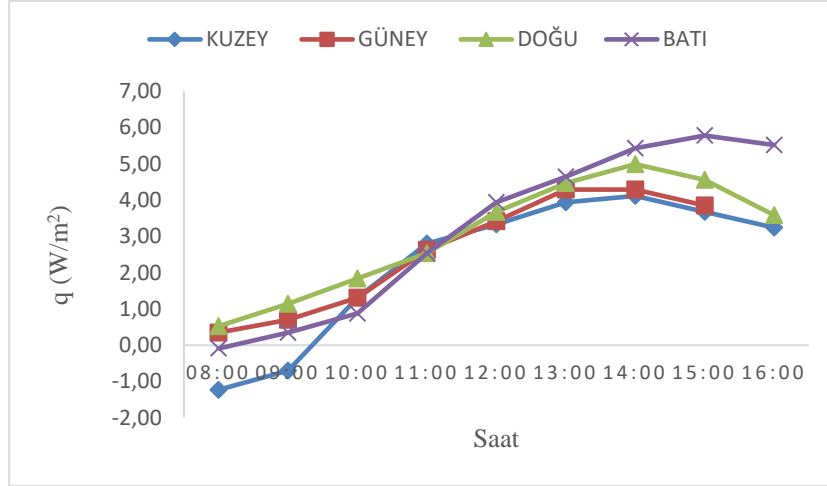
Şekil E1.18. EPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece- nozullu duvar)

Tablo E1.4. EPS 5 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

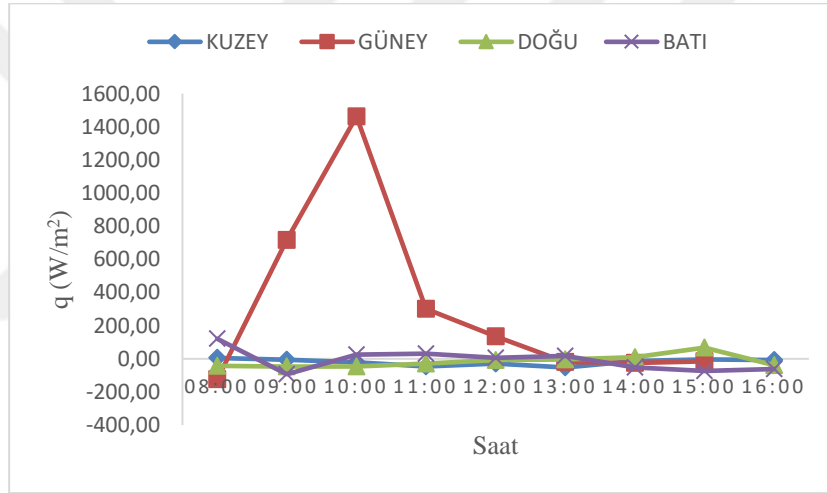
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	0,7	2	2	2
22.00	0	4,8	2,7	2,7
23.00	0	2	4,1	2,7
00.00	0	4,1	4,8	0,7
01.00	0	1,7	3,1	0,7
02.00	0	1,7	2,7	0
03.00	0	1,7	2,7	0
04.00	0	0	0,7	0,7
05.00	0	0	1	0



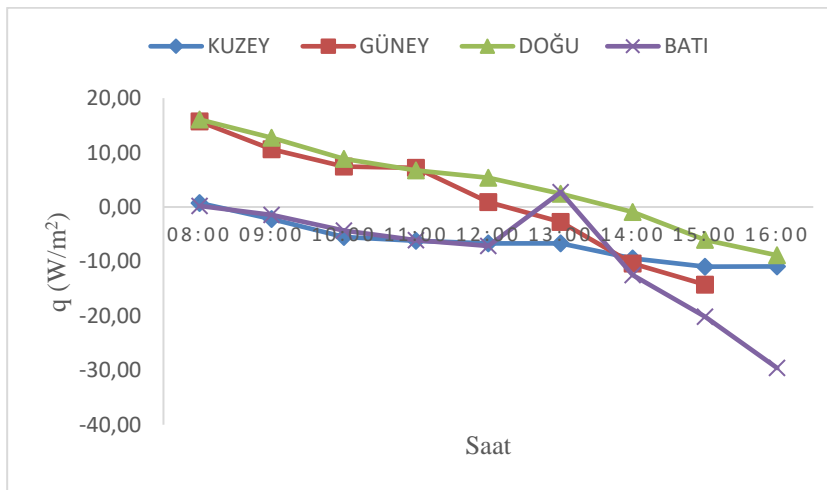
Şekil E1.19. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-yan duvar)



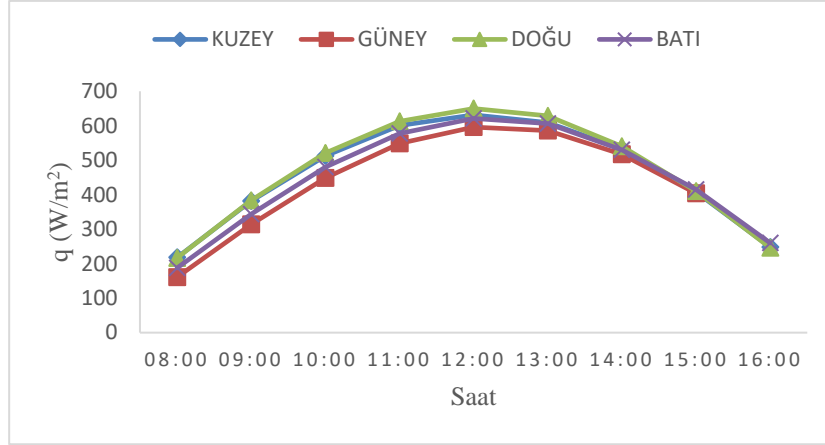
Şekil E1.20. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-tavan)



Şekil E1.21. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-döşeme)



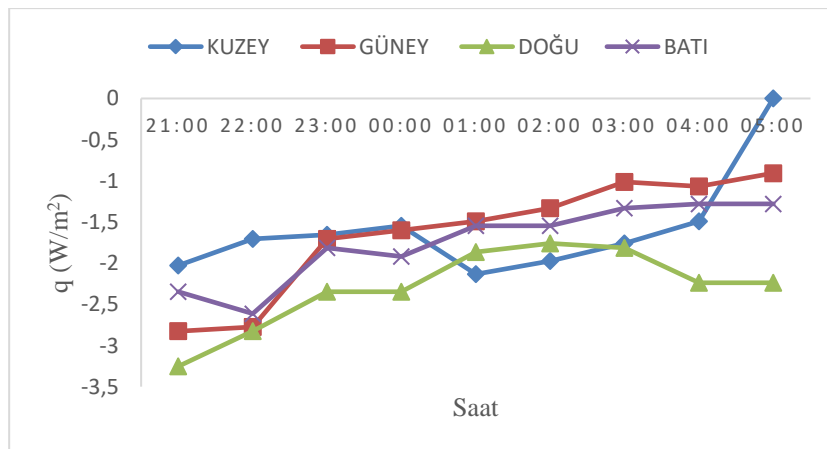
Şekil E1.22. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz- nozullu duvar)



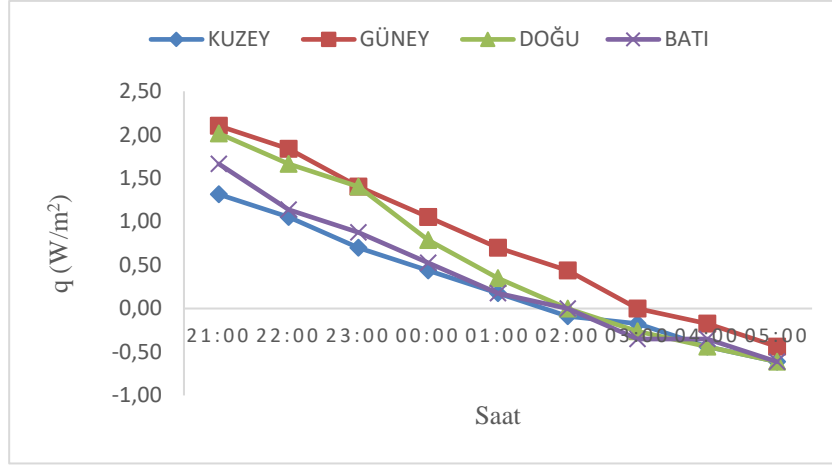
Şekil E1.23. EPS 6 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.5. EPS 6 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

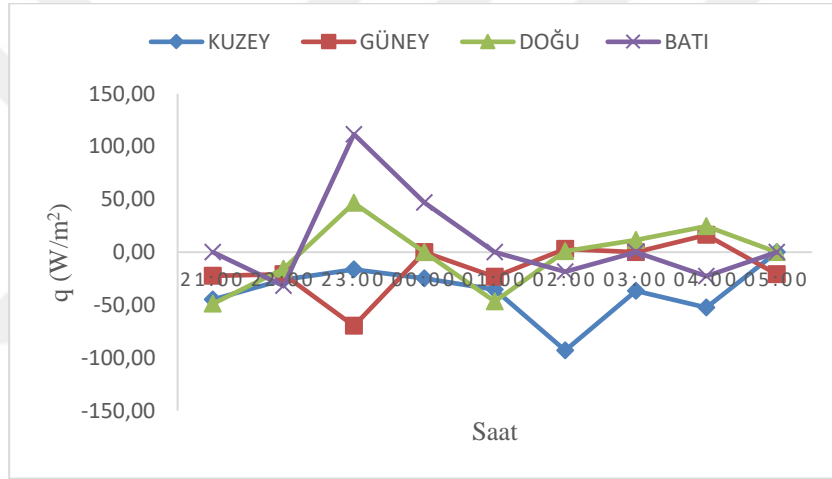
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	1	2,7	0	1
09.00	1,7	2	0	3,1
10.00	2,7	1,7	1,7	2
11.00	2	0,7	2,7	1,7
12.00	1,7	1,7	2	3,1
13.00	1,7	2	1,7	3,1
14.00	0,7	0	1,7	3,1
15.00	1,7	0,7	0	3,1
16.00	2	0,7	0,7	0,7



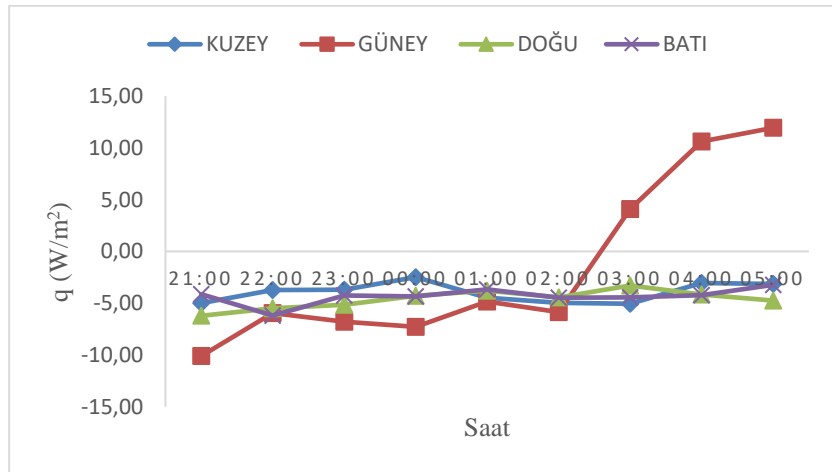
Şekil E1.25. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-yan duvar)



Şekil E1.26. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-tavan)



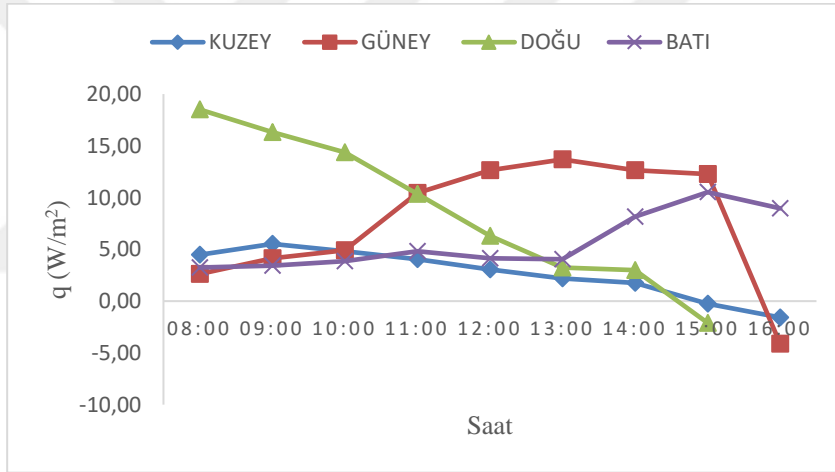
Şekil E1.27. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-döşeme)



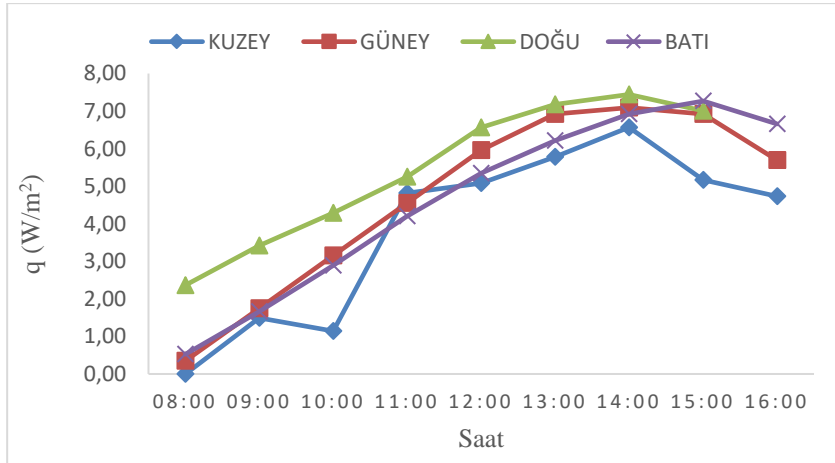
Şekil E1.28. EPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece- nozullu duvar)

Tablo E1.6. EPS 6 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

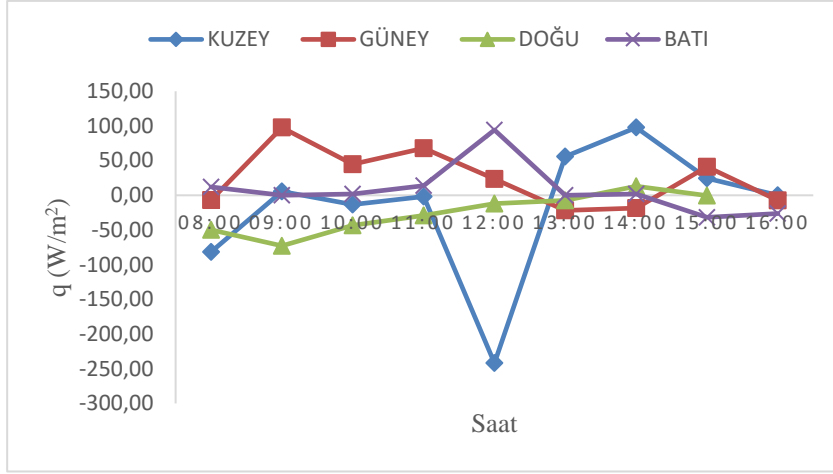
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	2	0	0	1
22.00	2	0	0,7	0
23.00	1	0,7	0,7	0
00.00	1	0	0,7	0
01.00	0	0,7	0,7	0
02.00	0	0	0	0,7
03.00	0,7	0	0,7	0
04.00	0,7	0,7	0	0
05.00	0,7	2,7	0	0,7



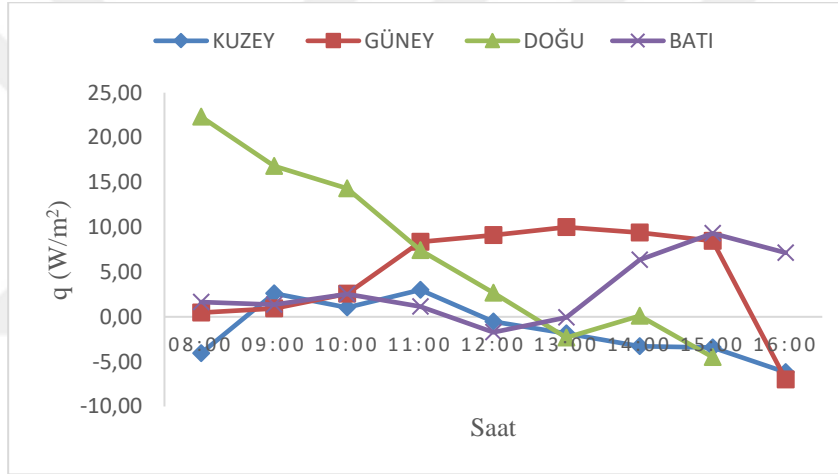
Şekil E1.29. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-yan duvar)



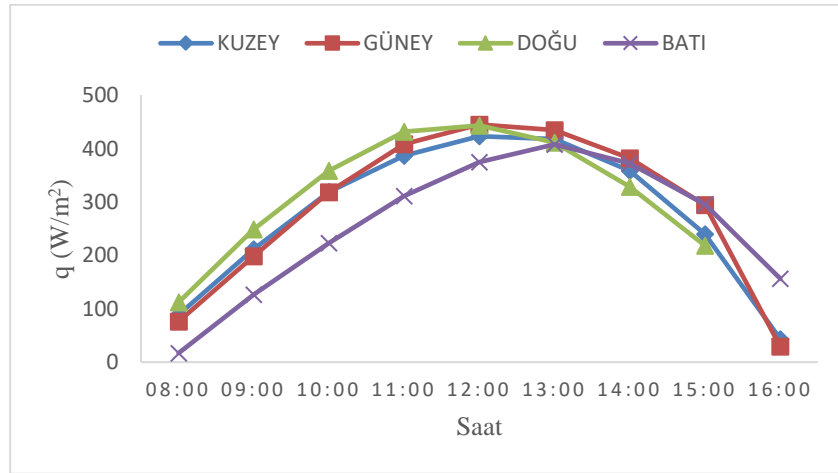
Şekil E1.30. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-tavan)



Şekil E1.31. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz-döşeme)



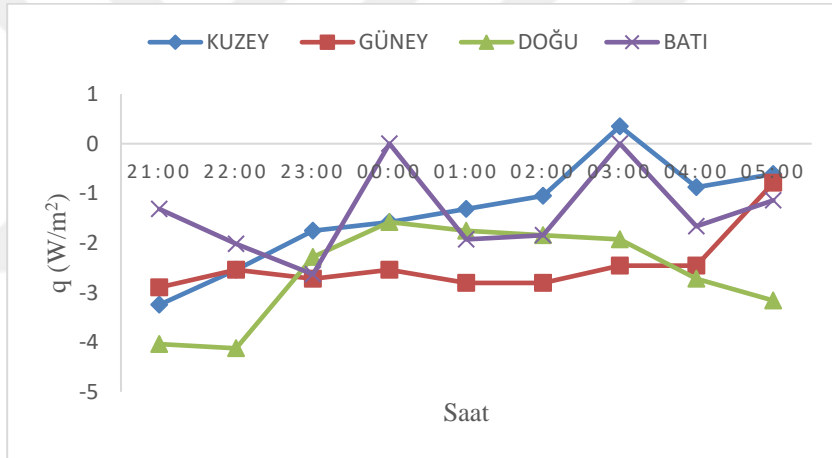
Şekil E1.31. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gündüz- nozullu duvar)



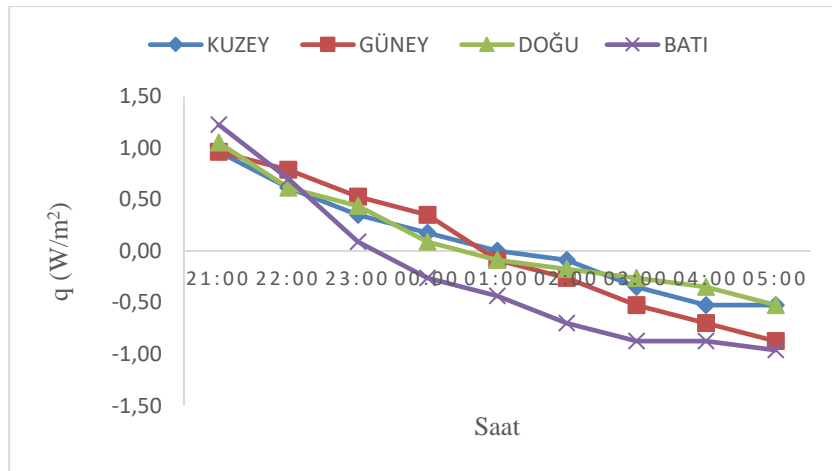
Şekil E1.32. XPS 4 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.7. XPS 4 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

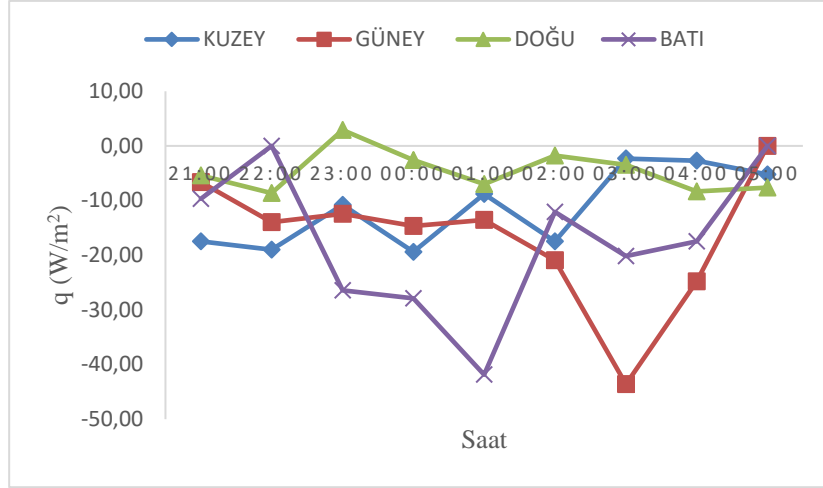
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0	0,7	0	0
09.00	0,7	1,7	0,7	1,7
10.00	0	0	0,7	0,7
11.00	1,7	0,7	1	1
12.00	2,7	1,7	1	1,7
13.00	3,1	0,7	2	2
14.00	6,8	1	0,7	4,1
15.00	2	1	1,7	2,7
16.00	1,7	2	2	0,7



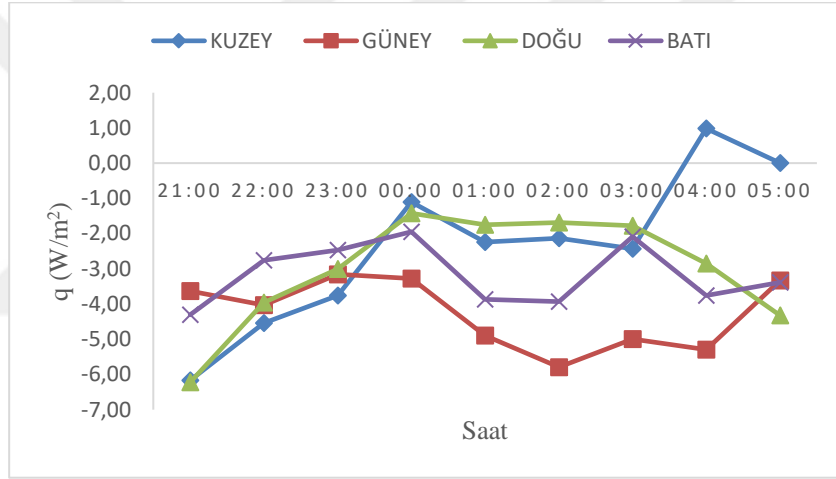
Şekil E1.33. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-yan duvar)



Şekil E1.34. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-tavan)



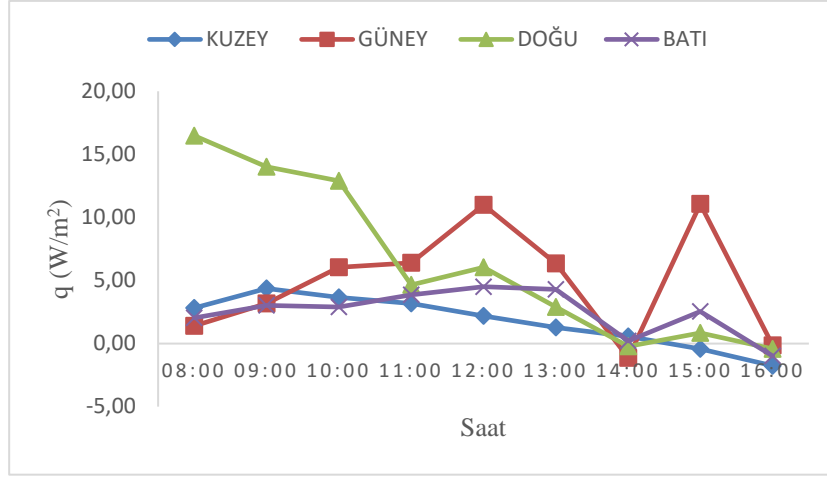
Şekil E1.35. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece-döşeme)



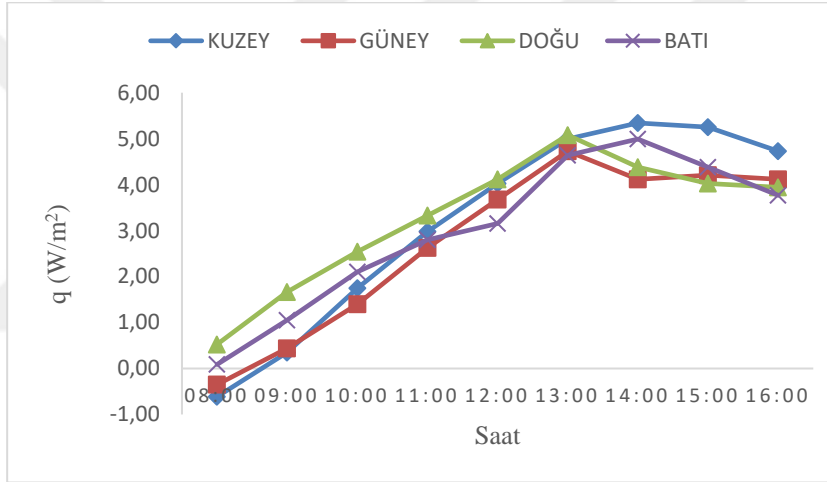
Şekil E1.36. XPS 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi (gece- nozullu duvar)

Tablo E1.8. XPS 4 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

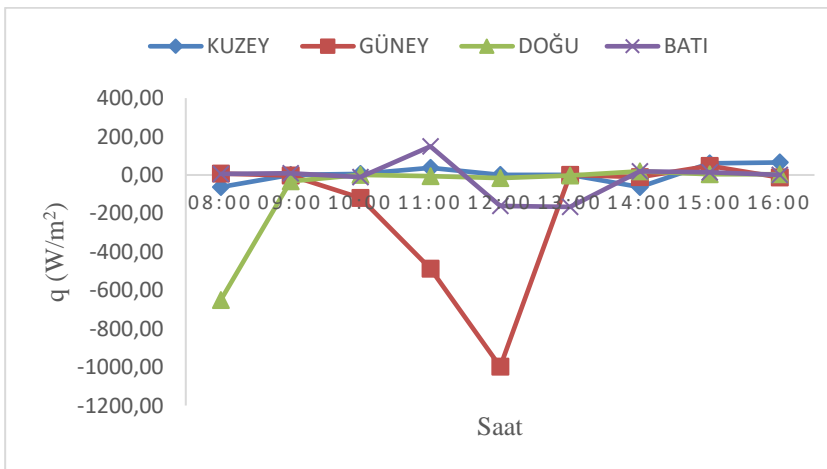
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	0	4,8	0	2
22.00	0,7	1,7	0,7	0,7
23.00	0	3,1	1	0
00.00	0,7	2	2,7	0
01.00	0,7	2	5,1	0
02.00	0	1	3,7	0,7
03.00	0,7	0,7	3,7	0,7
04.00	3,1	0	4,1	0
05.00	0	0	0	0



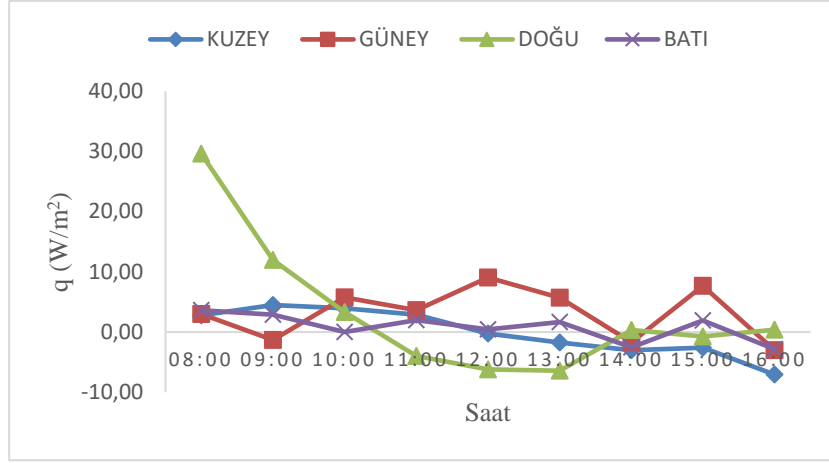
Şekil E1.37. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-yan duvar)



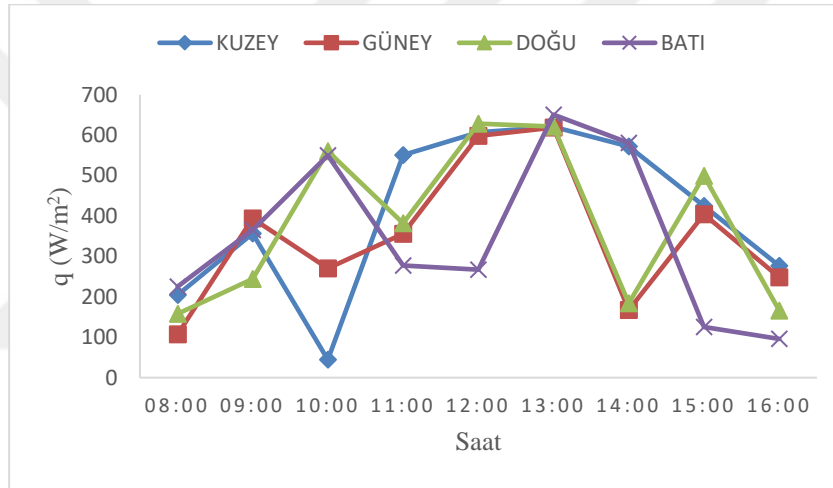
Şekil E1.38. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-tavan)



Şekil E1.39. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-döşeme)



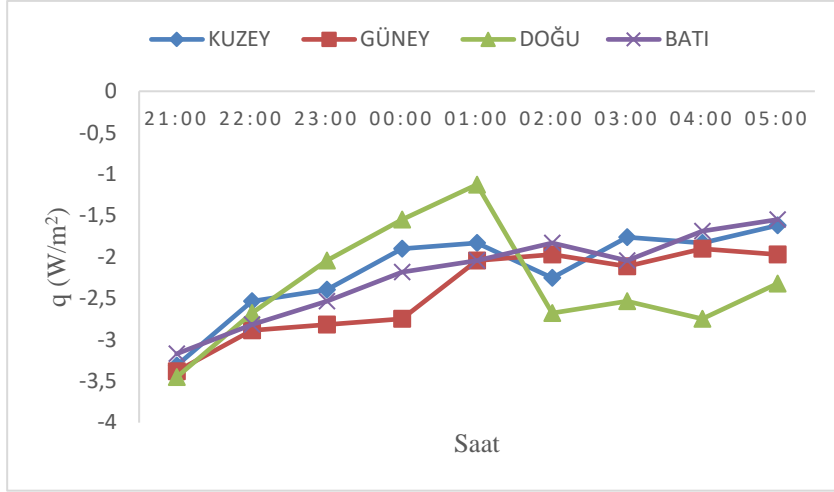
Şekil E1.40. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz- nozullu duvar)



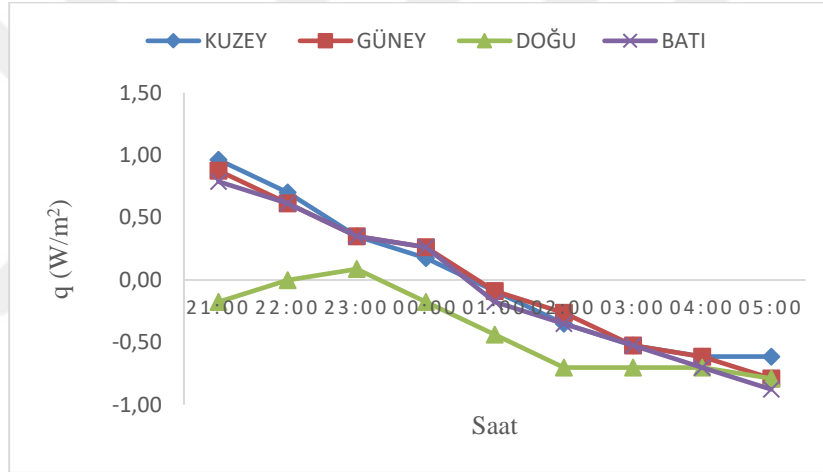
Şekil E1.41. XPS 5 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.9. XPS 5 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

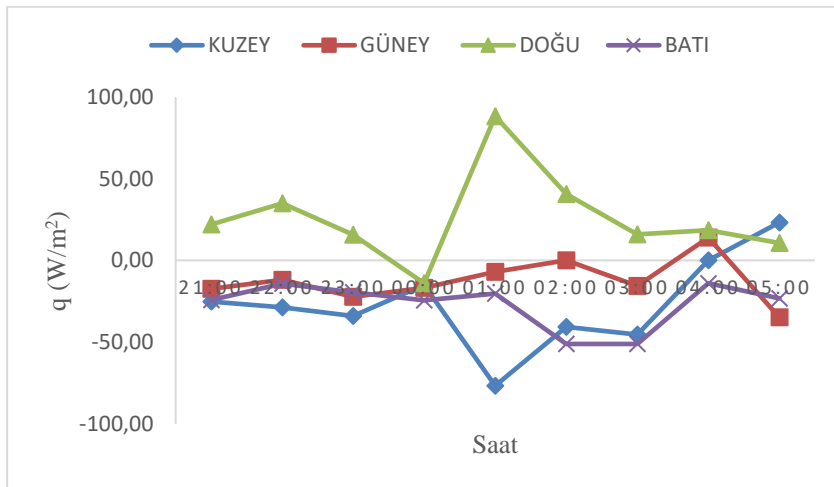
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0	0	0	0,7
09.00	0,3	0	0	1
10.00	0,3	1,7	0,7	2
11.00	0,7	1,7	0,7	0,7
12.00	0,7	1,7	1	0,7
13.00	1	1,7	2,7	2
14.00	1,4	0,7	1	1
15.00	0	0,7	3,1	1
16.00	1,7	0,7	1	4,1



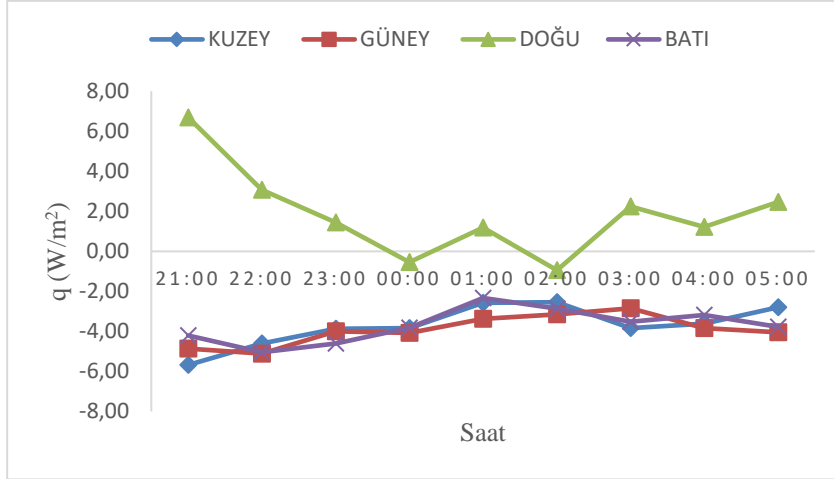
Şekil E1.42. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-yan duvar)



Şekil E1.43. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-tavan)



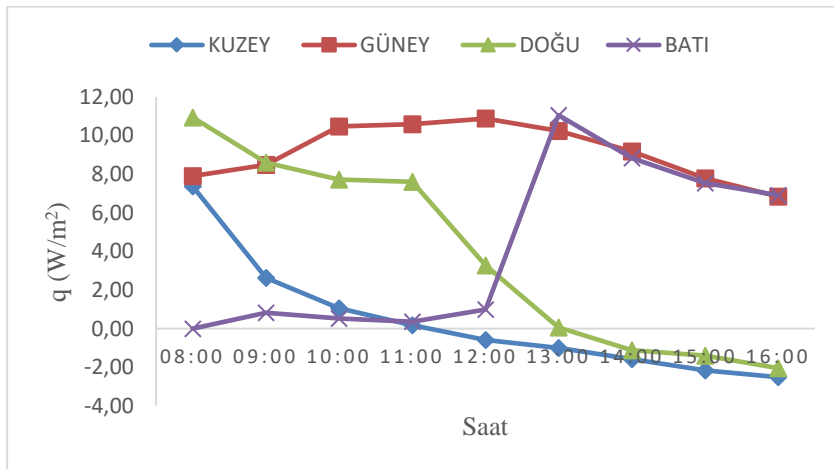
Şekil E1.44. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-döşeme)



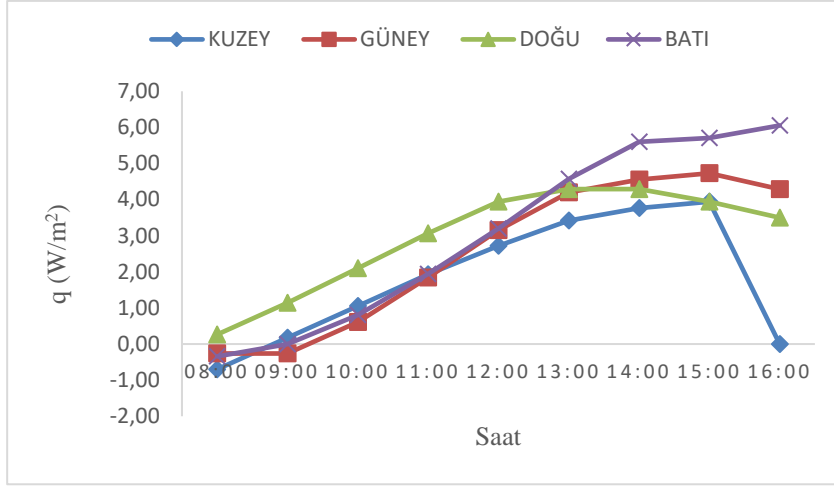
Şekil E1.45. XPS 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece- nozullu duvar)

Tablo E1.10. XPS 5 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

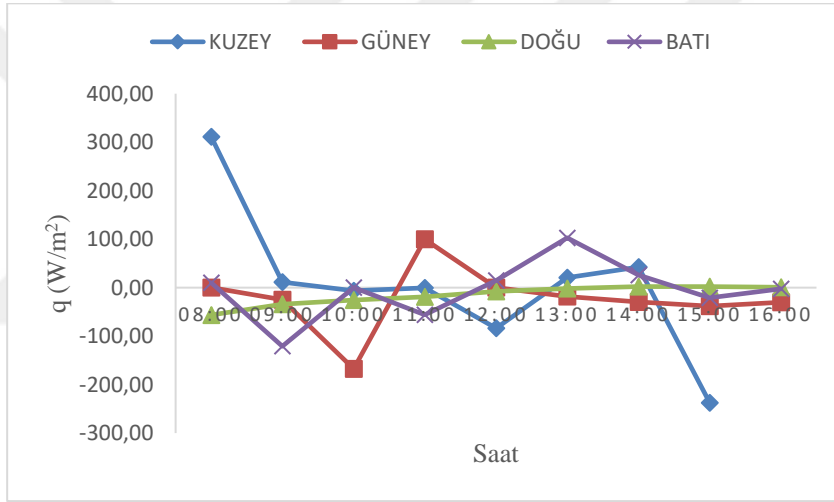
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	0	0	0	1
22.00	0	0,7	0,7	0,7
23.00	0	0,7	0	0,7
00.00	0	0,7	0,7	0
01.00	0,7	0	0	0,7
02.00	0	0,7	0	0
03.00	0	0	0	0
04.00	0	0,7	0	0,7
05.00	0	0	0	0,7



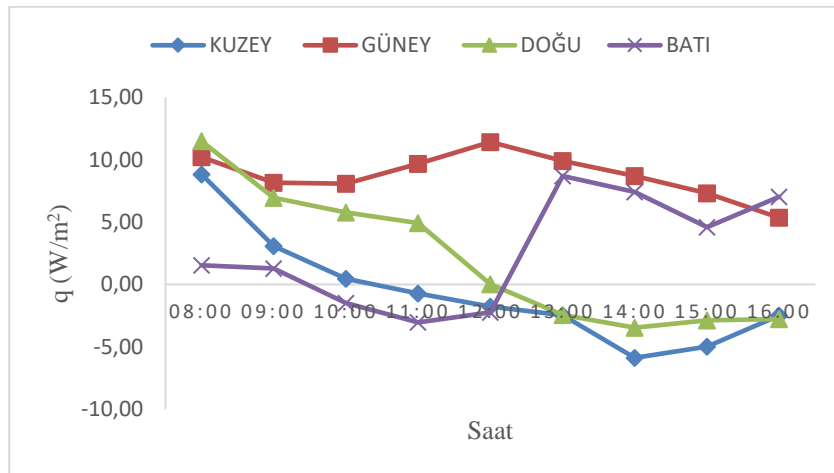
Şekil E1.46. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-yan duvar)



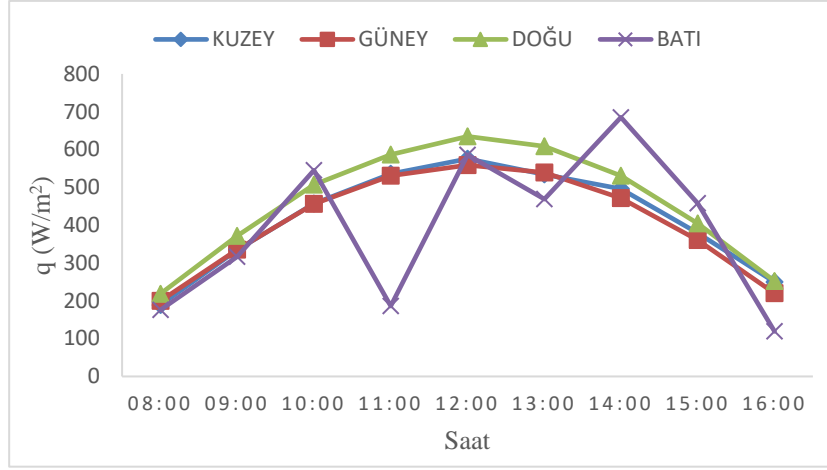
Şekil E1.47. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-tavan)



Şekil E1.48. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-döşeme)



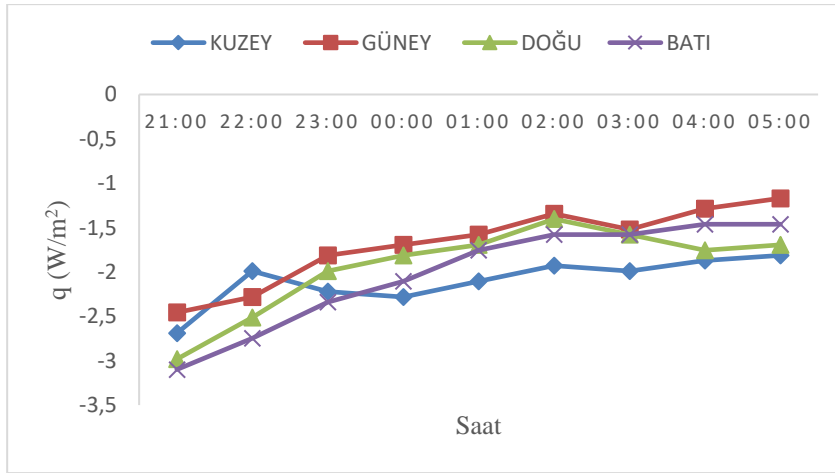
Şekil E1.49. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz- nozullu duvar)



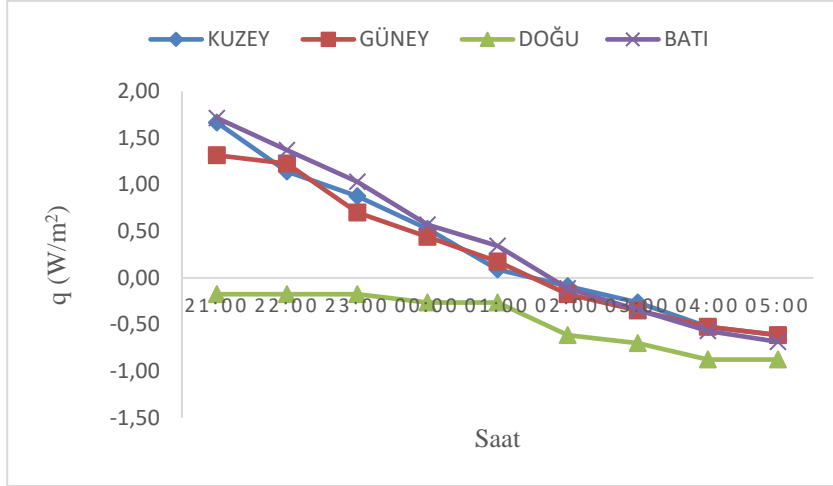
Şekil E1.50. XPS 6 cm için dik yüzeye gelen ısınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.11. XPS 6 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

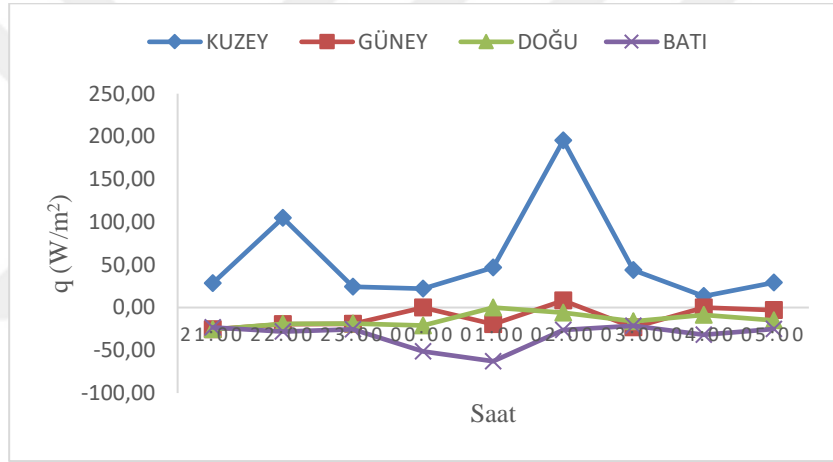
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0	0	0	0
09.00	0	0	1,7	1,7
10.00	0,3	1,7	1	1
11.00	0	1	1	2
12.00	1	1,7	1,7	1
13.00	0,3	3,1	1,7	1
14.00	1,7	0	2	0
15.00	1,7	0,7	0,7	2
16.00	1,7	1	1	1



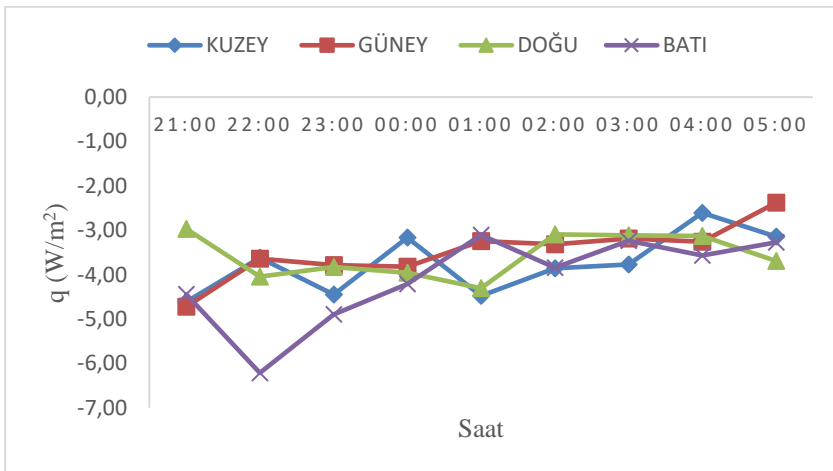
Şekil E1.51. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-yan duvar)



Şekil E1.52. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-tavan)



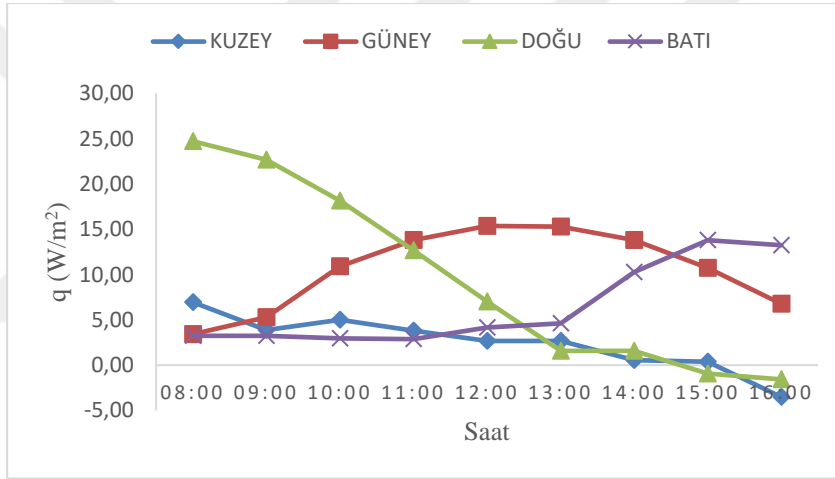
Şekil E1.53. XPS 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-döşeme)



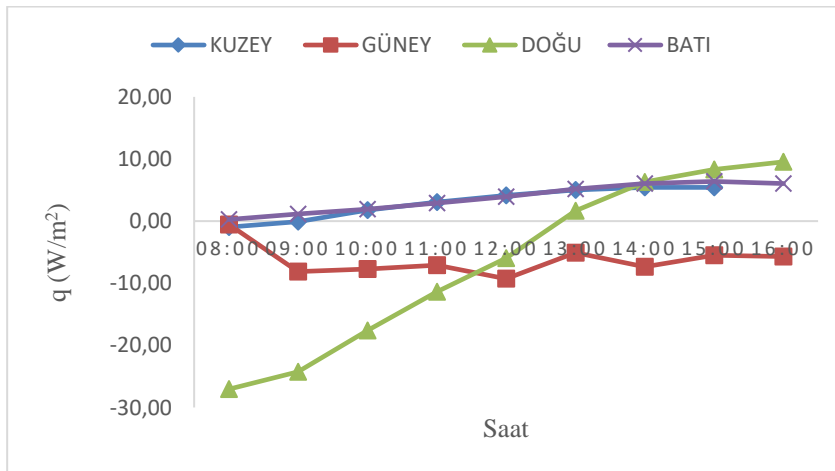
Şekil E1.54. XPS 6 cm için hesaplanan ısı akısı değerleri (gece- nozullu duvar)

Tablo E1.12. XPS 6 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

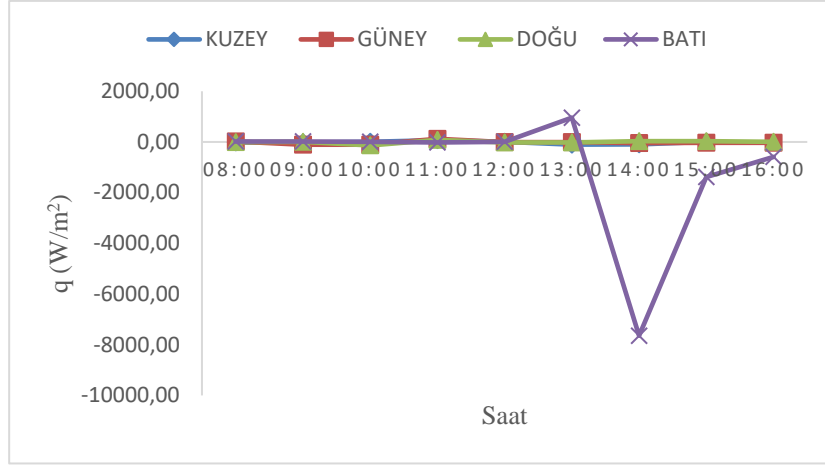
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	0	0,7	1	0
22.00	0,7	0,7	0	0,7
23.00	0	0	0	0,7
00.00	0,7	0,7	0	0
01.00	0	0,7	1	0
02.00	0	0	0	0
03.00	0	0,7	0	0,7
04.00	0,7	0	0	0,7
05.00	0,7	0	0,7	0



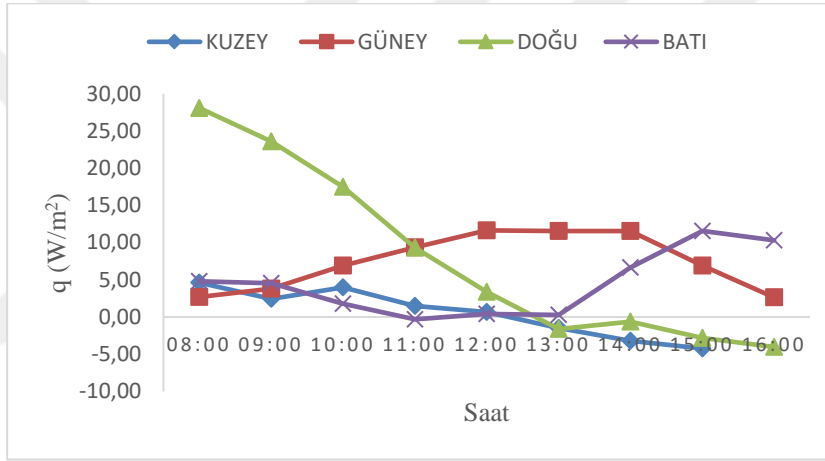
Şekil E1.56. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-yan duvar)



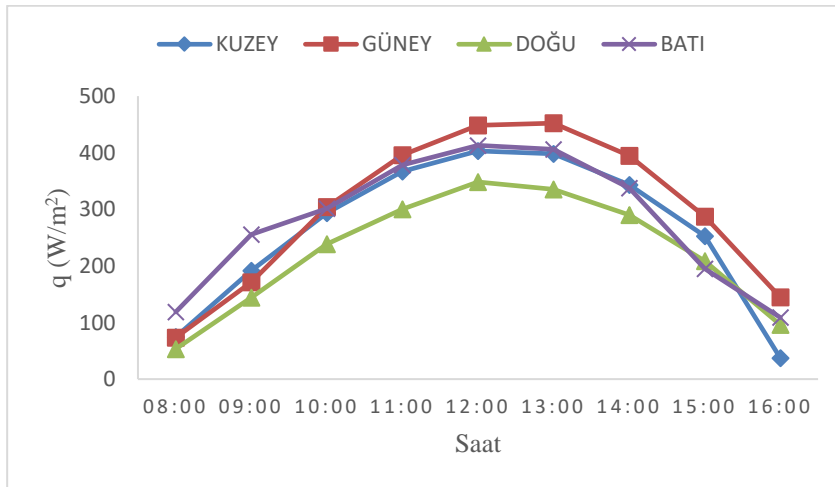
Şekil E1.57. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-tavan)



Şekil E1.58. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-döşeme)



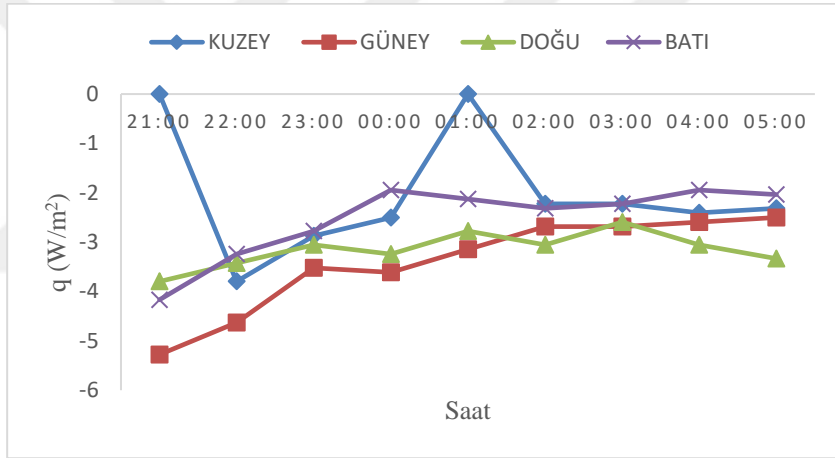
Şekil E1.59. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz- nozullu duvar)



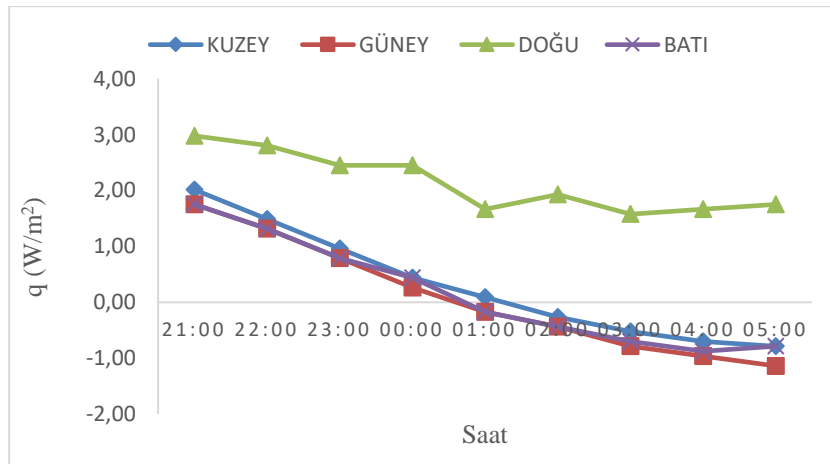
Şekil E1.60. Taş Yünü 4 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.13. Taş Yünü 4 Cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

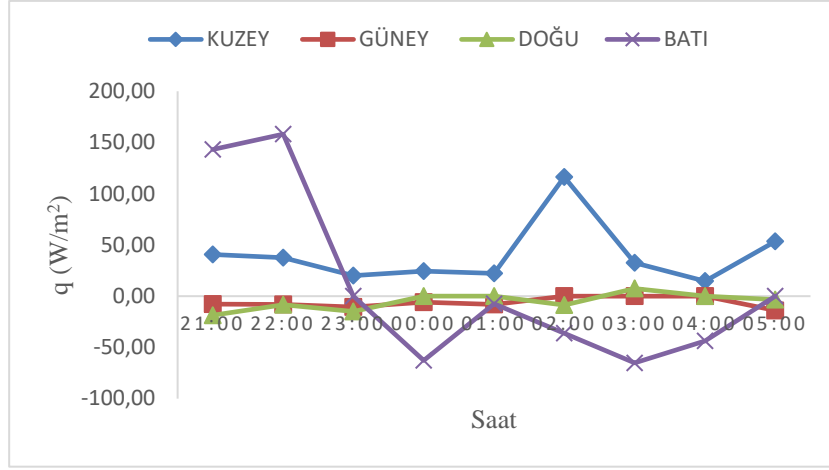
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0	0,7	0,7	0
09.00	0,7	0,7	0,7	0,7
10.00	0,7	0,7	0,7	1,7
11.00	1,7	1	1	1
12.00	1	2,7	2,7	1
13.00	1	3,1	3,1	1,7
14.00	1,7	2	2	2
15.00	1	1,7	1,7	1,7
16.00	0,7	1	1	2



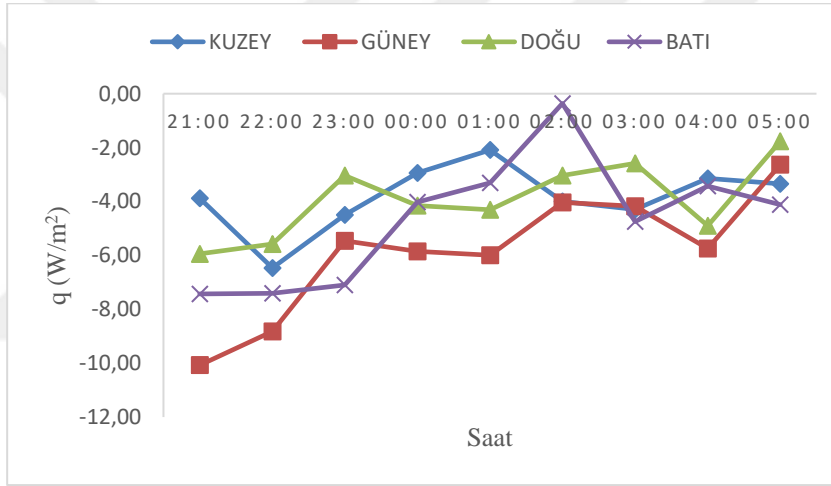
Şekil E1.61. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-yan duvar)



Şekil E1.62. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-tavan)



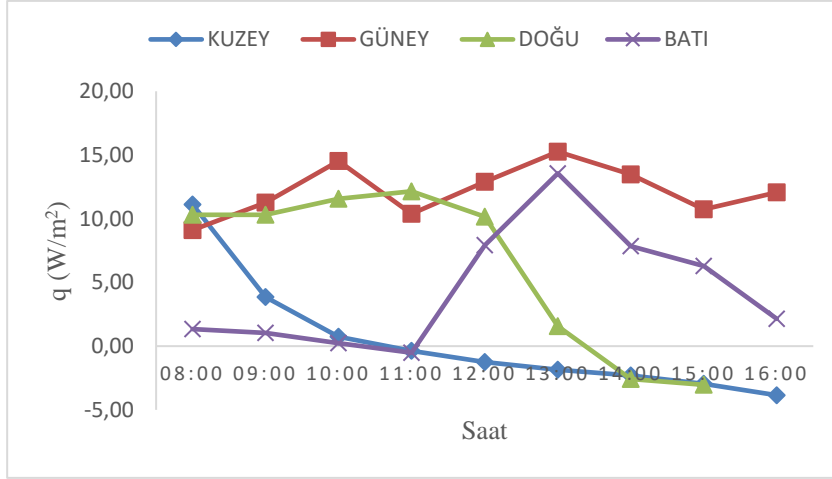
Şekil E1.63. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-döşeme)



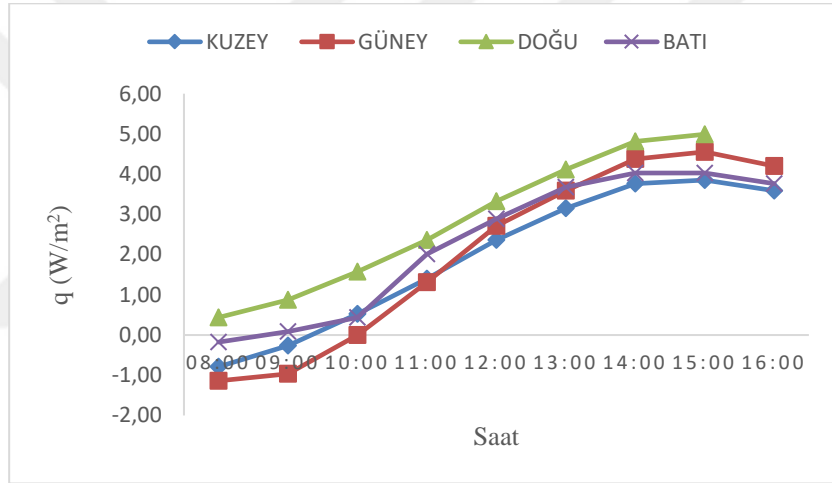
Şekil E1.64. Taş Yünü 4 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece- nozullu duvar)

Tablo E1.14. Taş Yünü 4 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

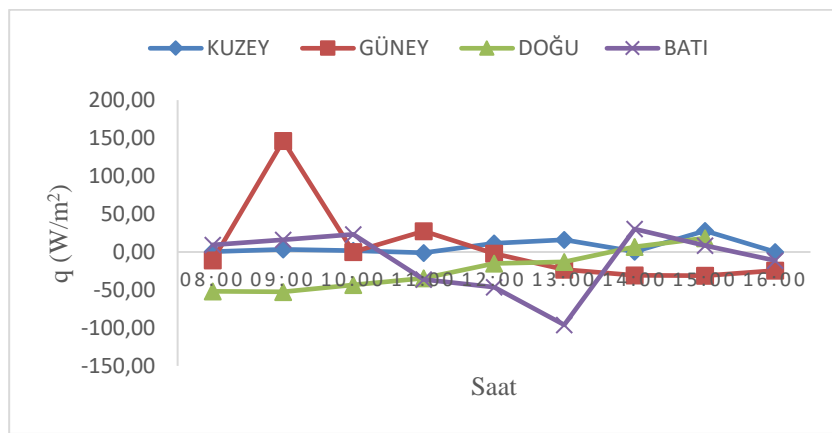
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	0,7	0	0	0
22.00	0,7	0	0	0
23.00	0,7	0	0	0,7
00.00	0	0,7	0,7	0
01.00	0	0,7	0,7	0,7
02.00	0,7	0	0	0,7
03.00	0,7	0	0	0,7
04.00	0,7	0,7	0,7	0
05.00	0	0	0	0,7



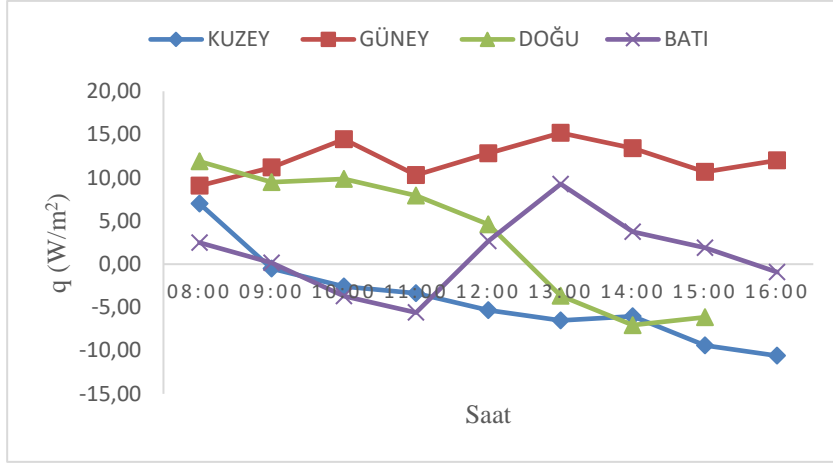
Şekil E1.65. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-yan duvar)



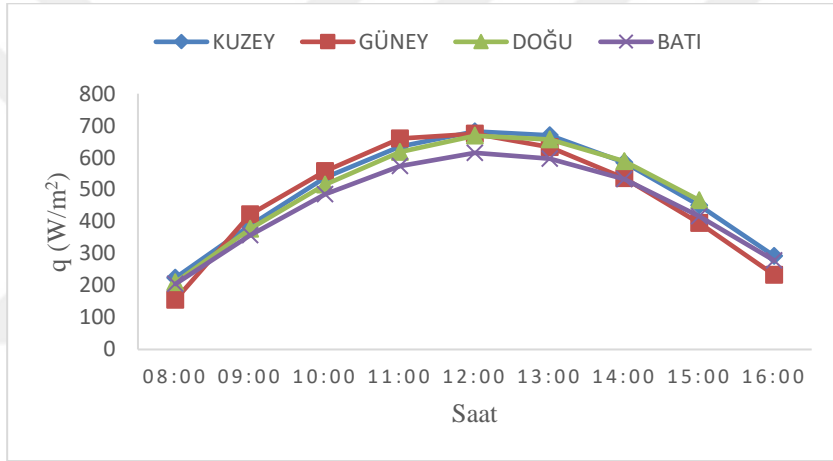
Şekil E1.66. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-tavan)



Şekil E1.67. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-döşeme)



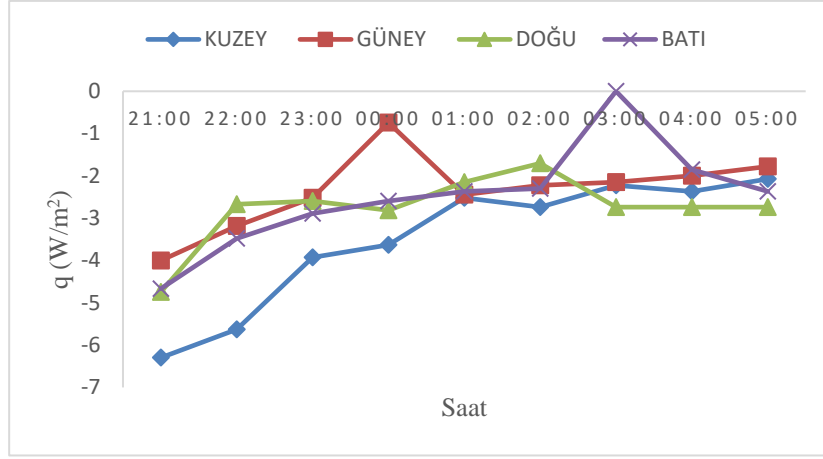
Şekil E1.68. Taş Yünü 5 cm için ısı akışının zamana göre değişimi(gündüz- nozullu duvar)



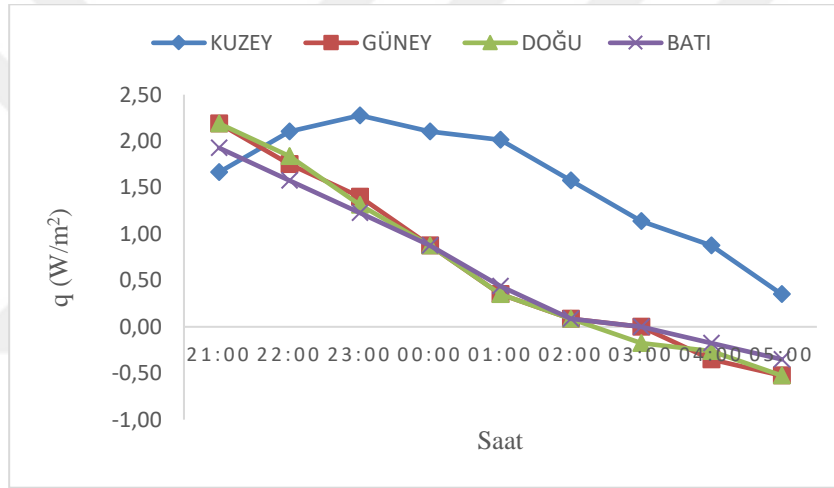
Şekil E1.69. Taş Yünü 5 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.15. Taş Yünü 5 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

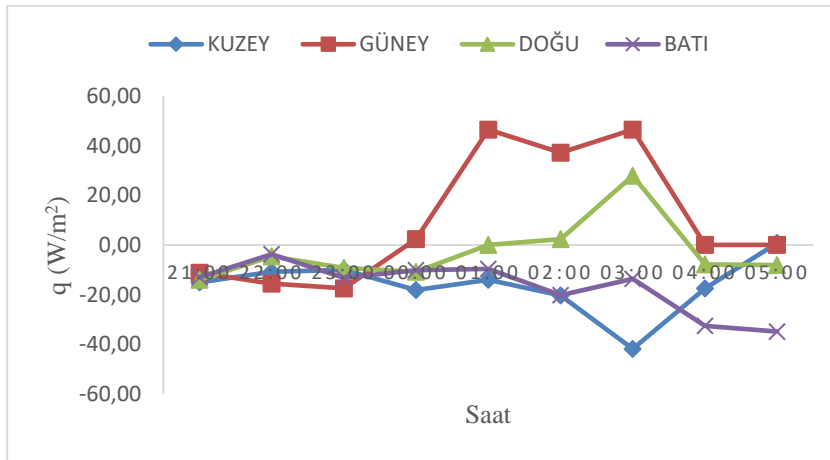
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	3,1	0	1	0
09.00	3,7	0,7	0,7	0,7
10.00	3,7	0,7	0,7	2
11.00	3,1	1	2	0
12.00	7,1	2	2,7	1
13.00	4,1	1	1,7	0
14.00	4,1	2	1	2
15.00	4,1	2,7	0,7	2
16.00	3,1	1,7	1,7	1,7



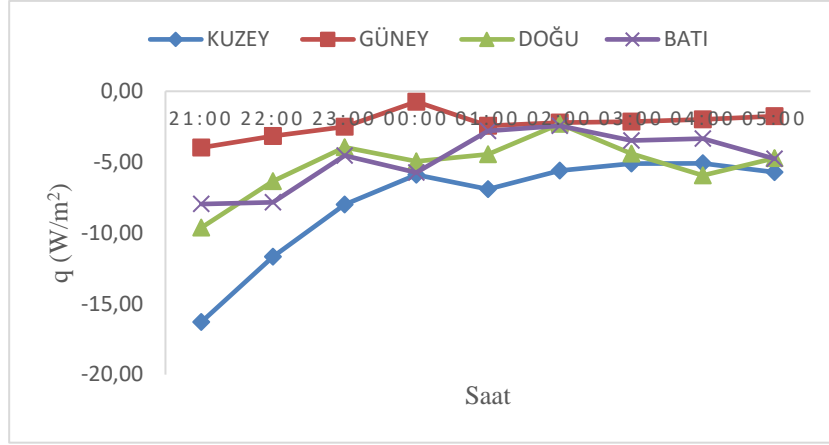
Şekil E1.70. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-yan duvar)



Şekil E1.71. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-tavan)



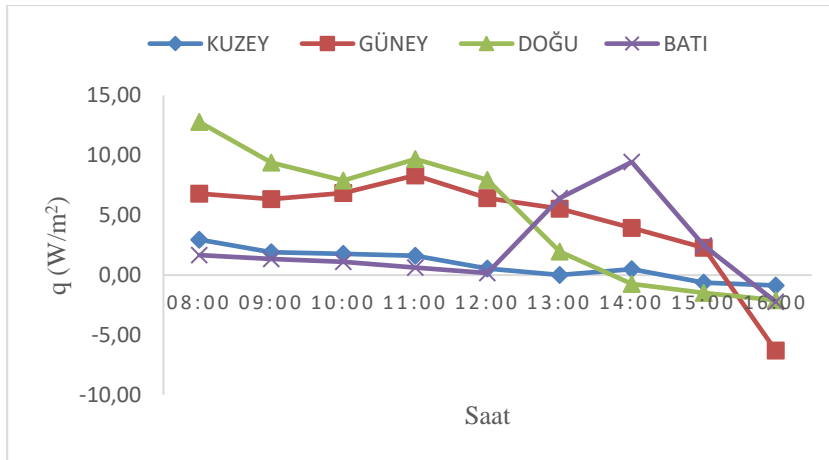
Şekil E1.72. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-döşeme)



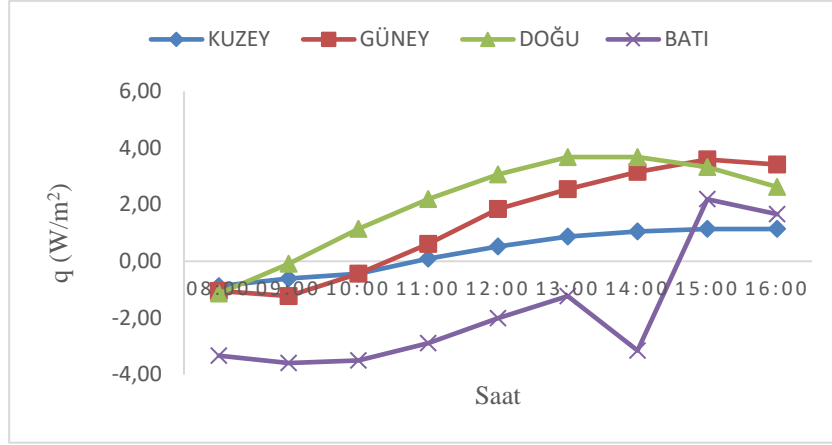
Şekil E1.73. Taş Yünü 5 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece- nozullu duvar)

Tablo E1.16. Taş Yünü 5 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

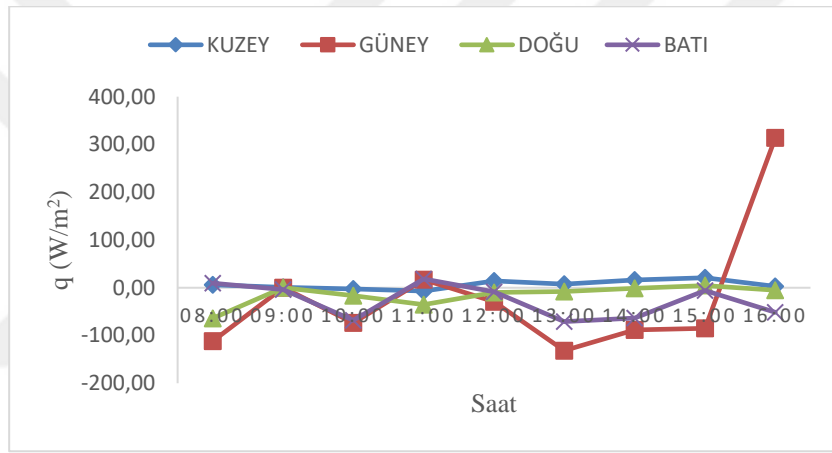
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	2	0	0,7	0
22.00	0,7	0,7	0,7	0,7
23.00	0	0,7	1	0
00.00	0	0	0,7	0,7
01.00	0	0	0,7	0
02.00	0	0	1,7	0,7
03.00	0,7	0	0,7	0,7
04.00	0	0,7	0	0
05.00	1,7	0	0	0



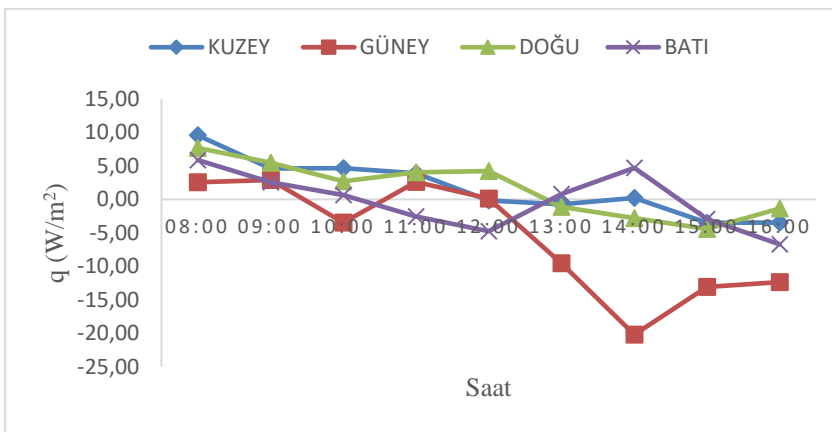
Şekil E1.74. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-yan duvar)



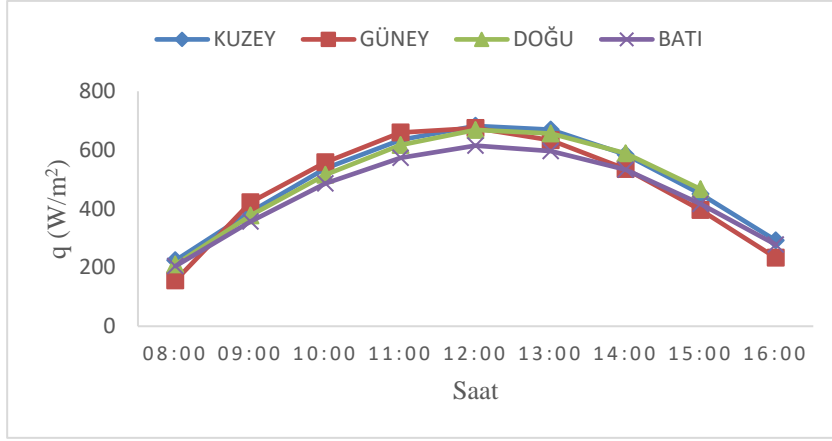
Şekil E1.75. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-tavan)



Şekil E1.76. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz-döşeme)



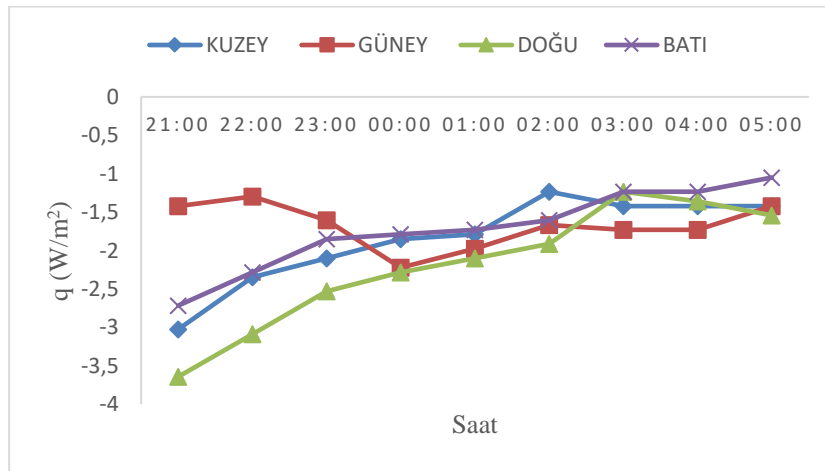
Şekil E1.77. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gündüz- nozullu duvar)



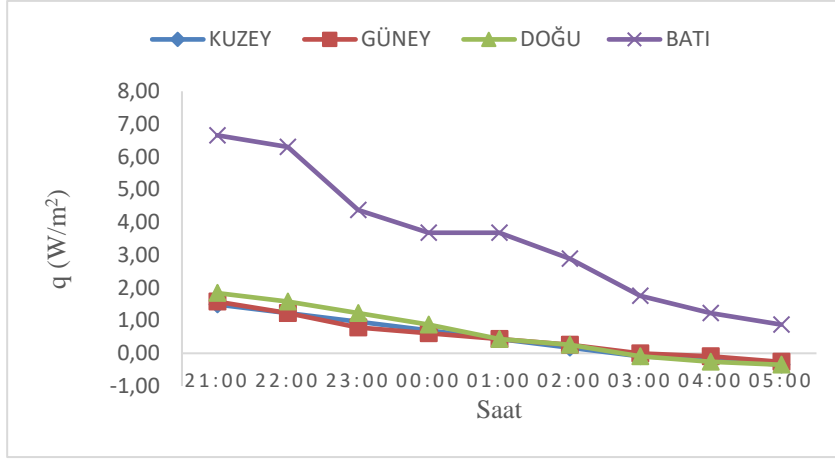
Şekil E1.78. Taş Yünü 6 cm için dik yüzeye gelen ışınım şiddetinin zamana göre değişimi

Tablo E1.17. Taş Yünü 6 cm gündüz saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

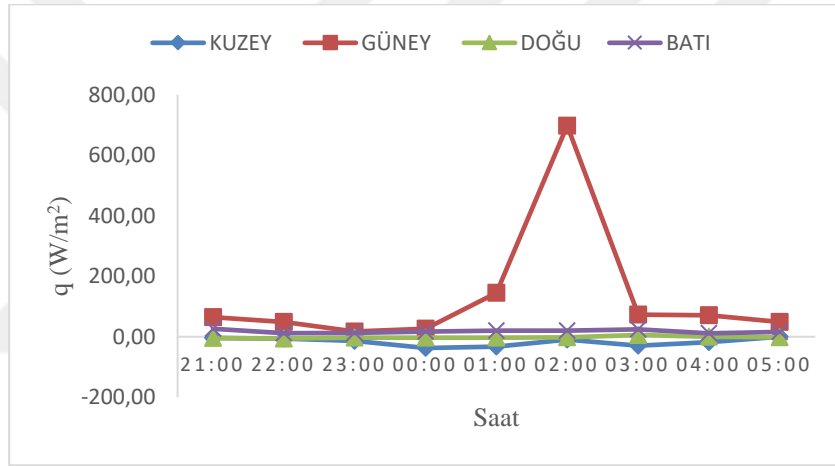
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
08.00	0	0	0	0,7
09.00	2,7	1	1,7	1
10.00	1,7	1	1	1
11.00	1	2	1	2
12.00	7,8	2,7	0	0
13.00	5,8	2	1	1,7
14.00	3,1	2	0,7	0,7
15.00	2	2	2	2
16.00	4,8	1,7	5,1	1



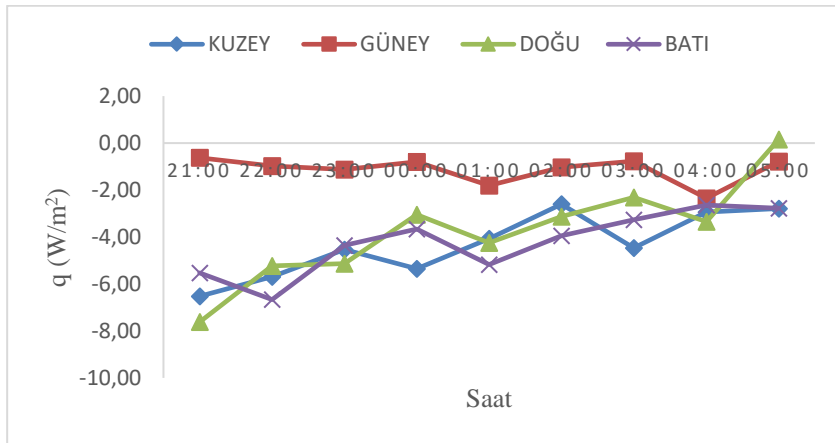
Şekil E1.79. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-yan duvar)



Şekil E1.80. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-tavan)



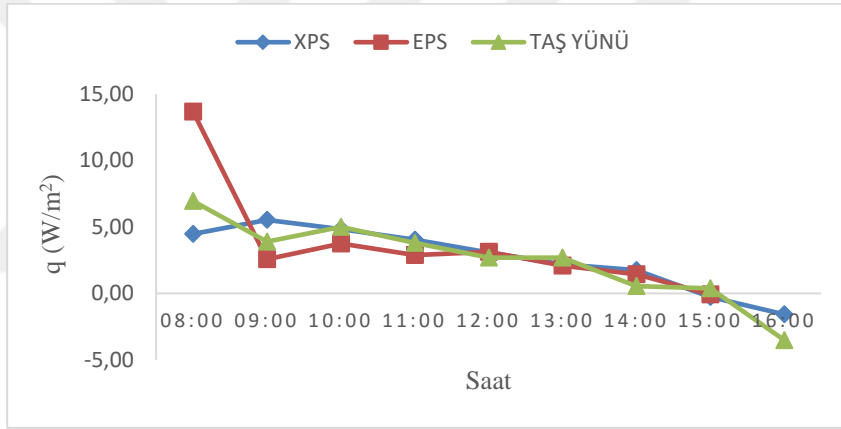
Şekil E1.81. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece-döşeme)



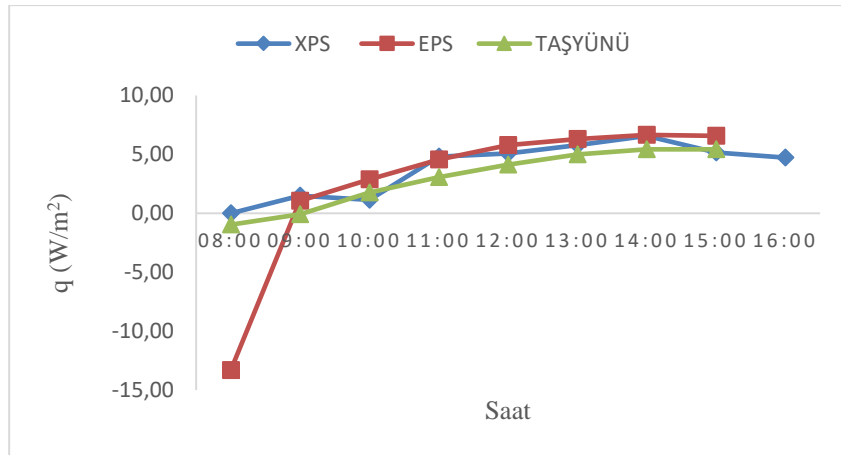
Şekil E1.82. Taş Yünü 6 cm için ısı akısının zamana göre değişimi(gece- nozullu duvar)

Tablo E1.18. Taş Yünü 6 cm gece saatlerinde anlık rüzgâr hızı değerleri (m/s)

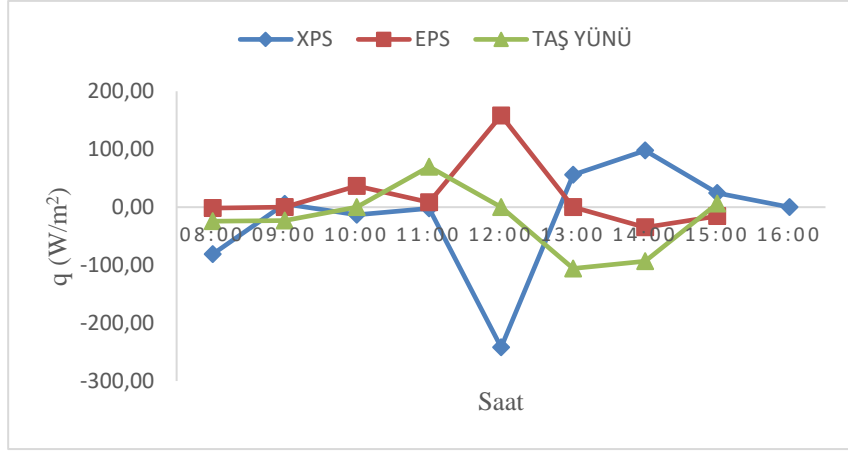
Saat	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
21.00	0,7	1,7	0,7	0
22.00	0,7	1,7	0	0
23.00	0	3,1	0	0,7
00.00	0	0	0	0,7
01.00	0,7	0	0	0
02.00	0	0	0,7	0
03.00	0	0,7	0	0,7
04.00	0,7	0	0	0
05.00	0	0	0	0



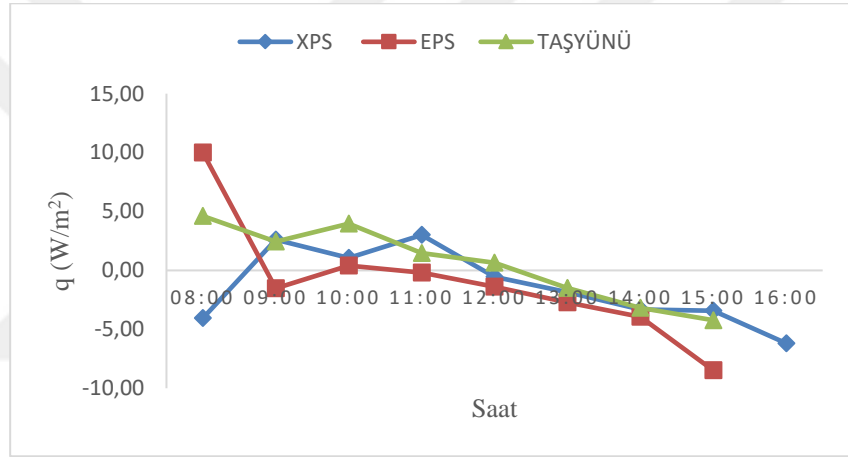
Şekil E1.83. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



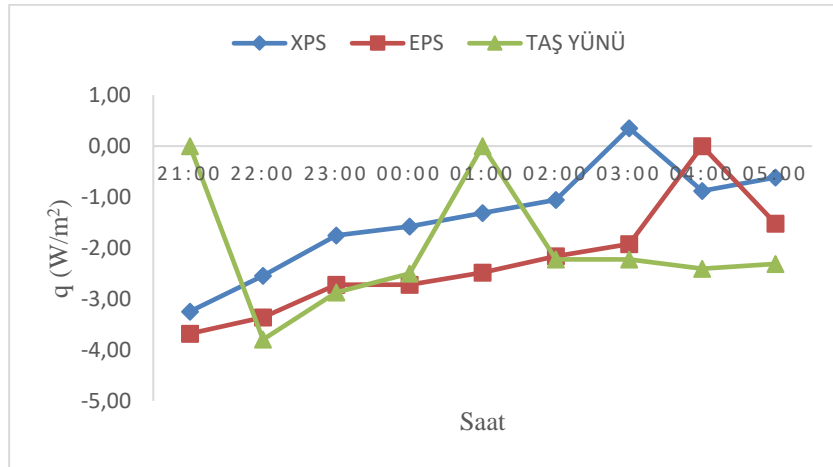
Şekil E1.84. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



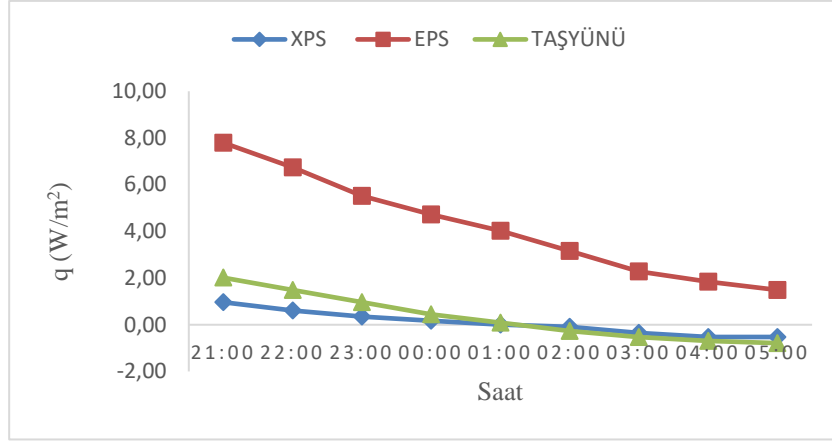
Şekil E1.85. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



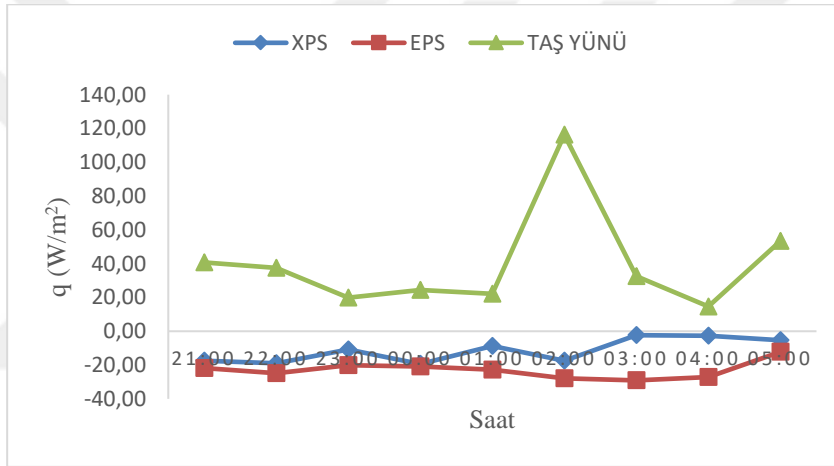
Şekil E1.86. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



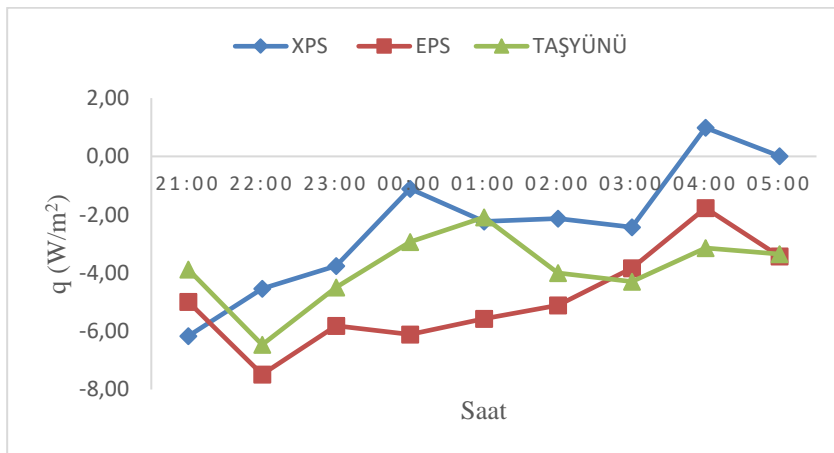
Şekil E1.87. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



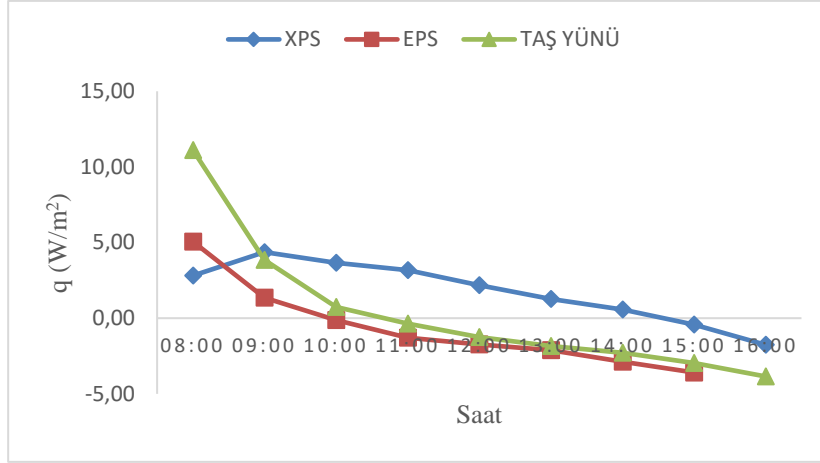
Şekil E1.88. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



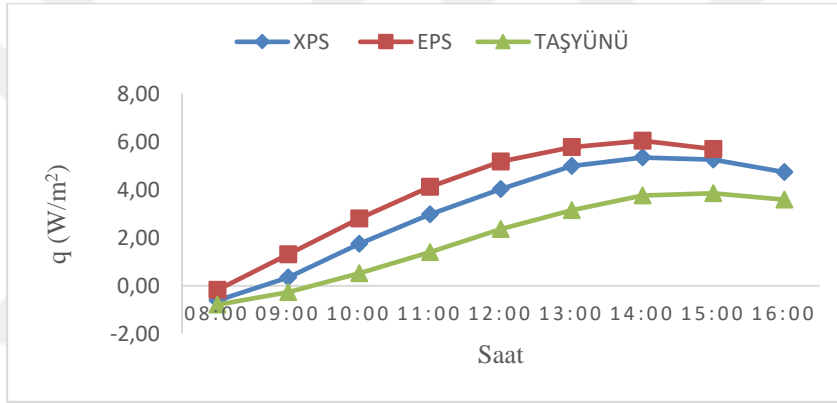
Şekil E1.89. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



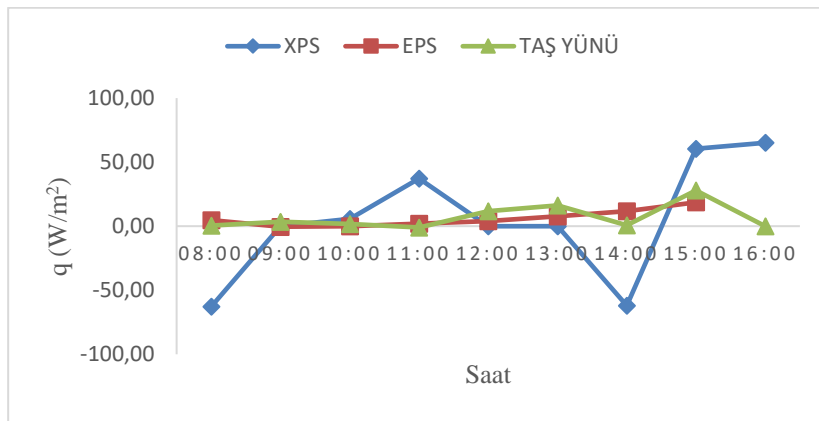
Şekil E1.90. Kuzey yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



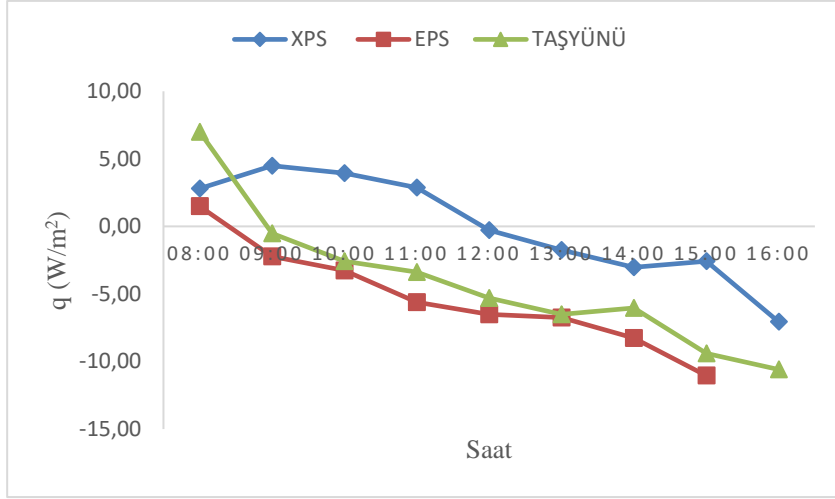
Şekil E1.91. Kuzey yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



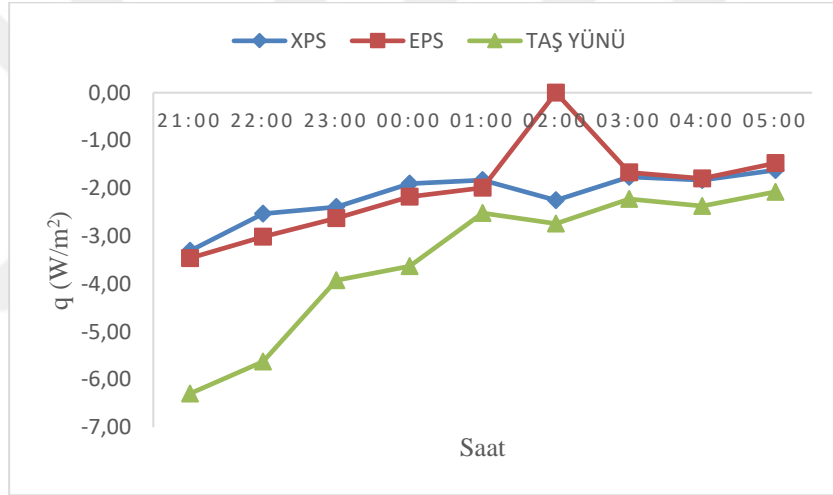
Şekil E1.92. Kuzey yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



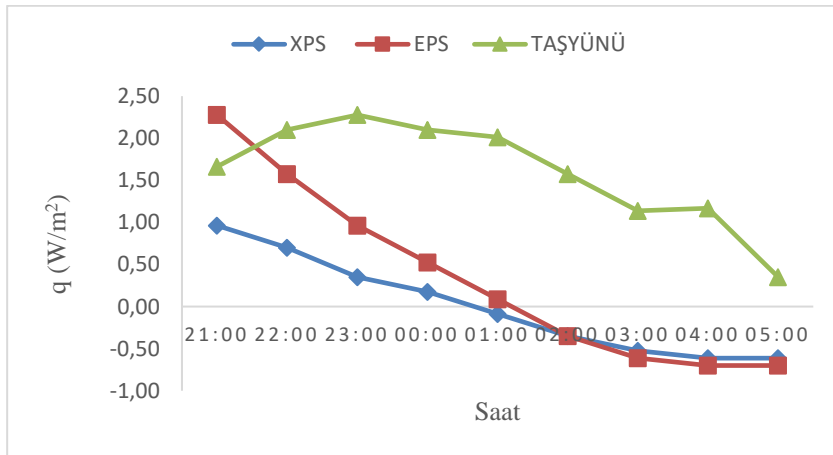
Şekil E1.93. Kuzey yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



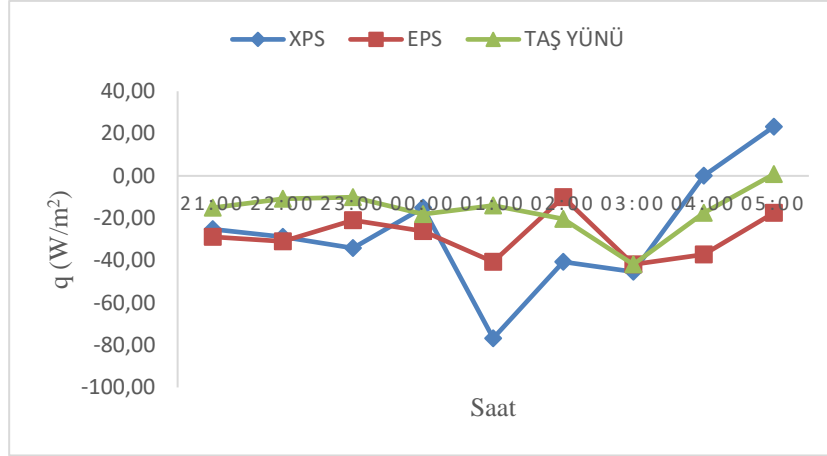
Şekil E1.94. Kuzey yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



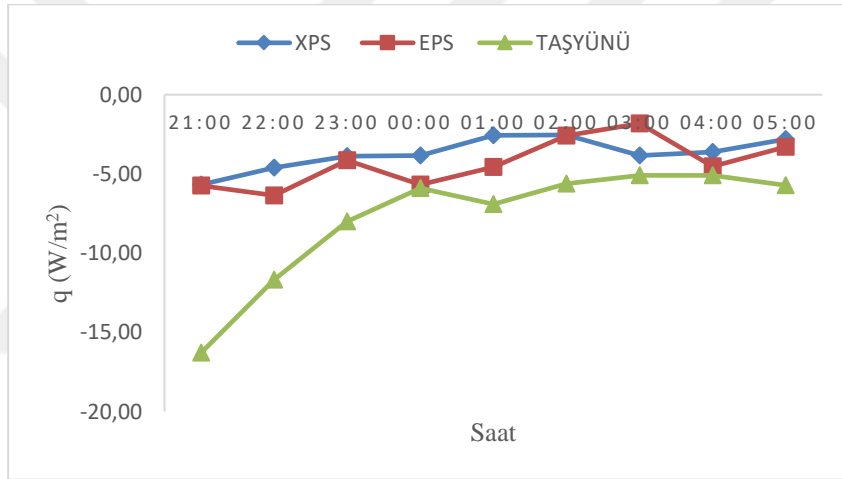
Şekil E1.95. Kuzey yönü 5cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



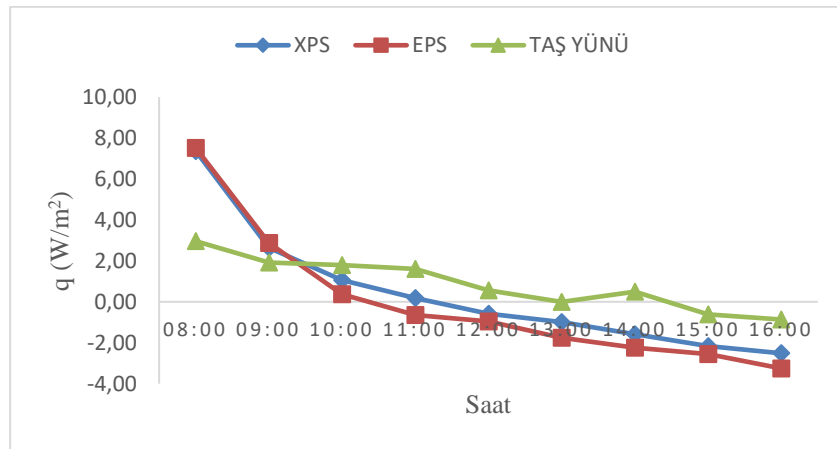
Şekil E1.96. Kuzey yönü 5cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



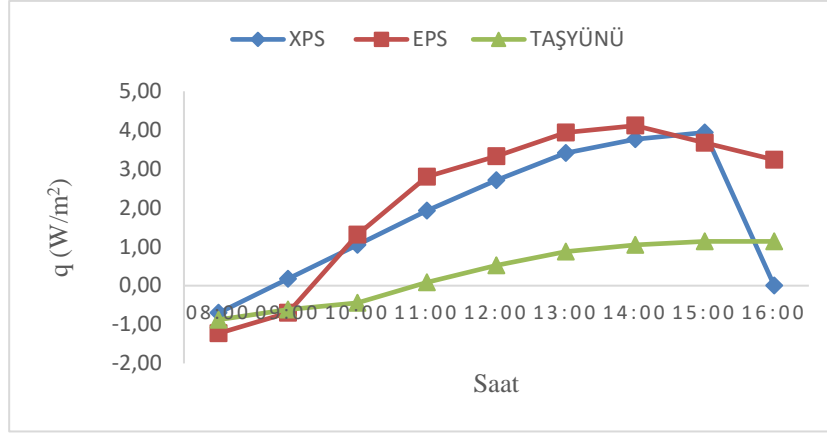
Şekil E1.97. Kuzey yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



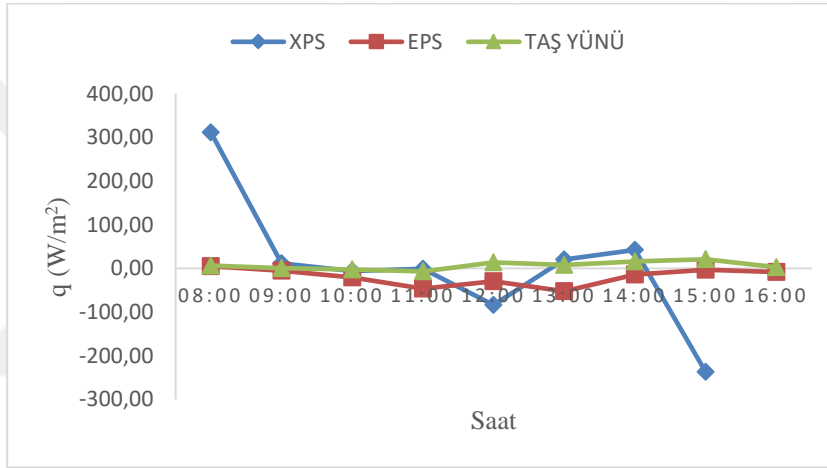
Şekil E1.98. Kuzey yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



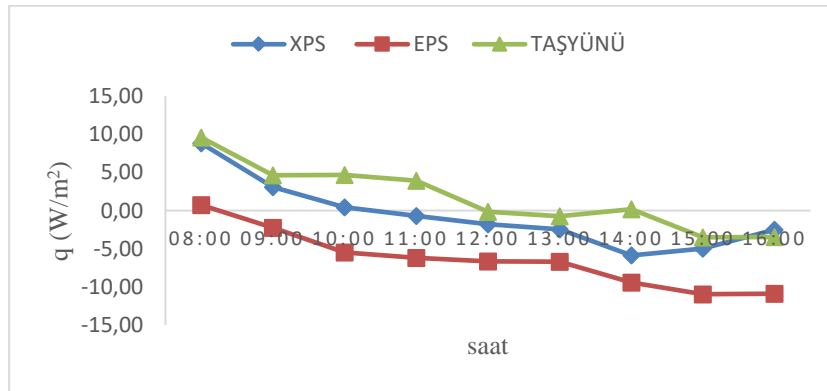
Şekil E1.99. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



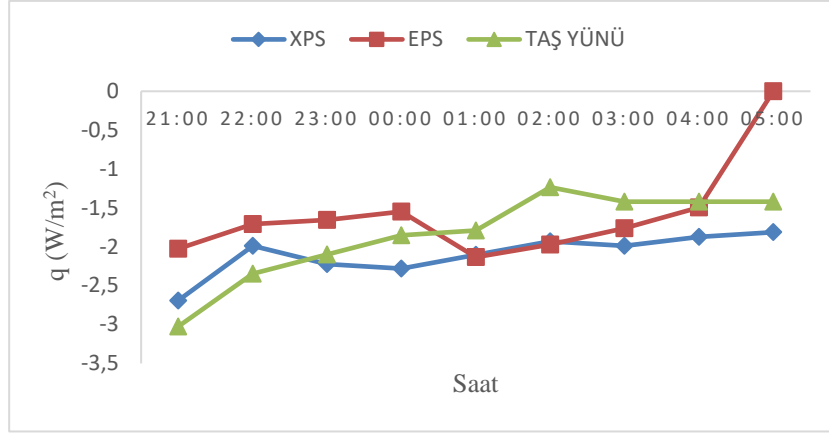
Şekil E1.100. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



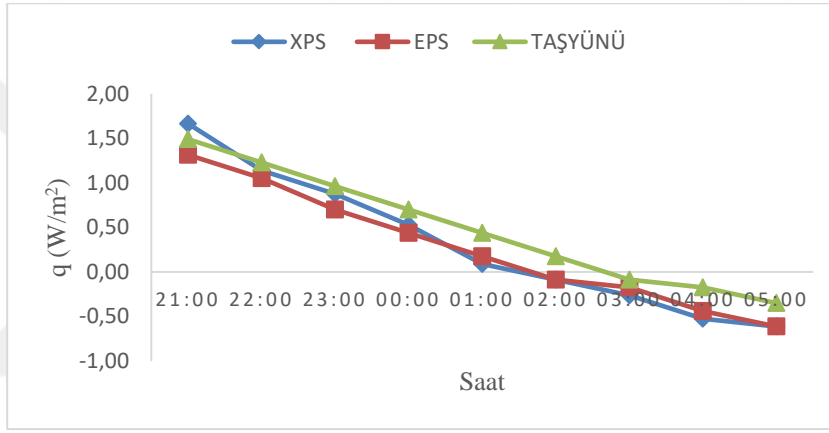
Şekil E1.101. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



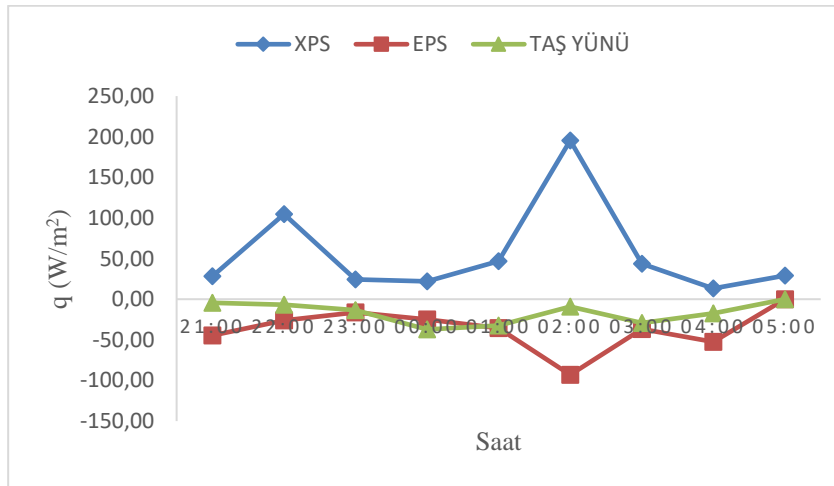
Şekil E1.102. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



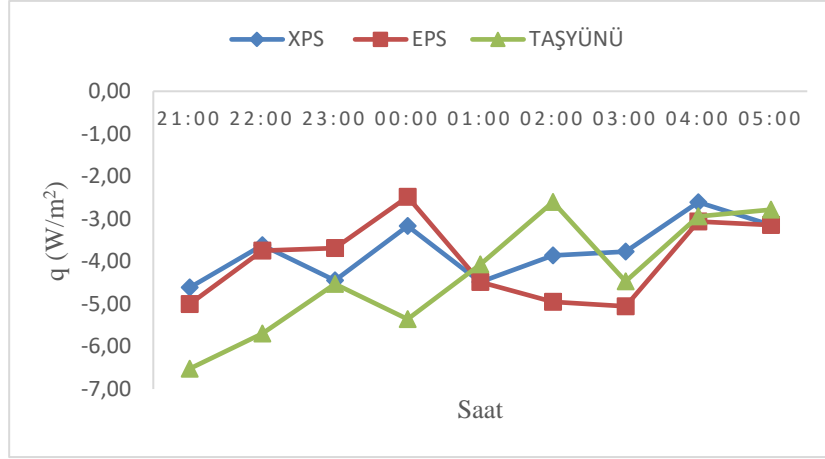
Şekil E1.103. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



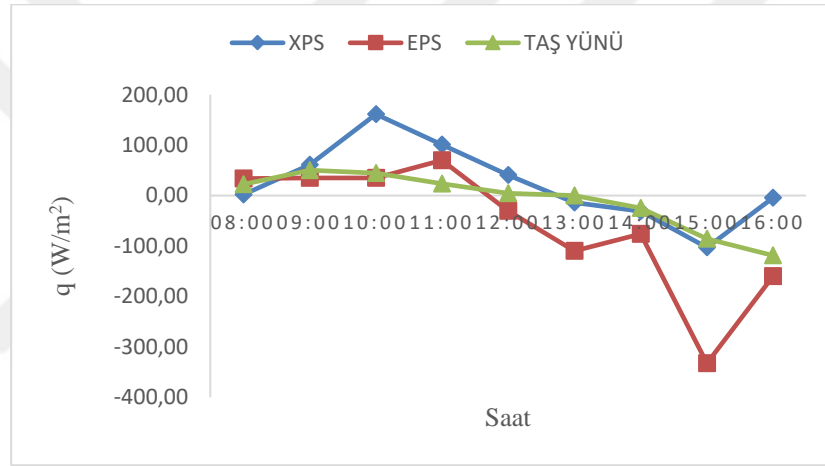
Şekil E1.104. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



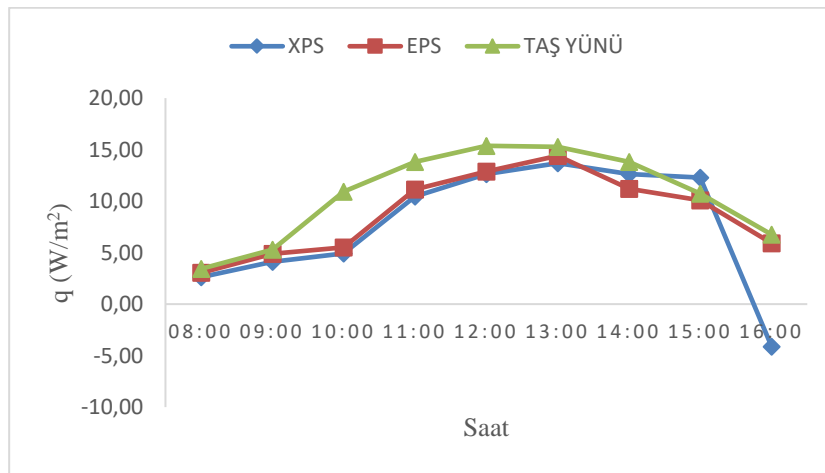
Şekil E1.105. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



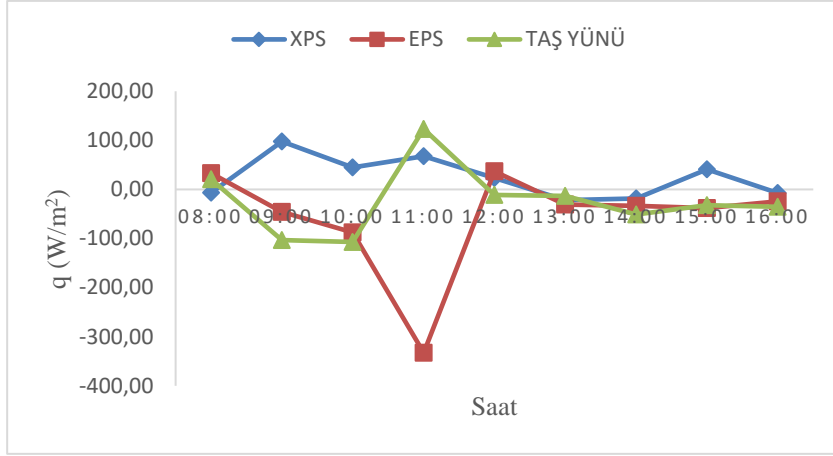
Şekil E1.106. Kuzey yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



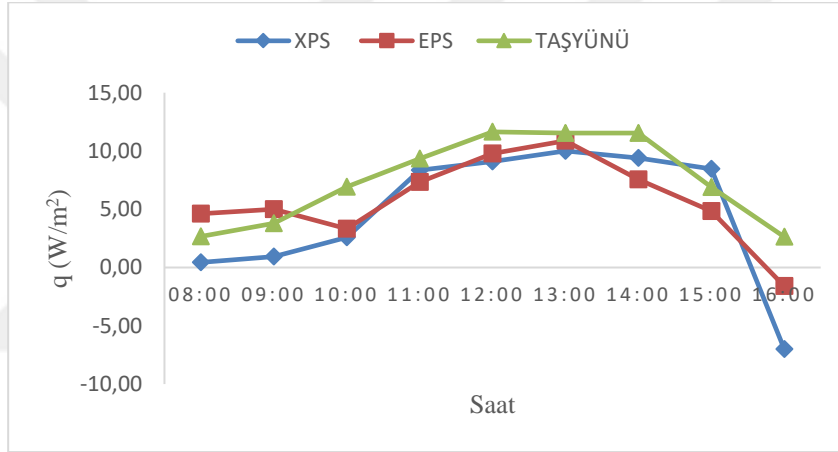
Şekil E1.107. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



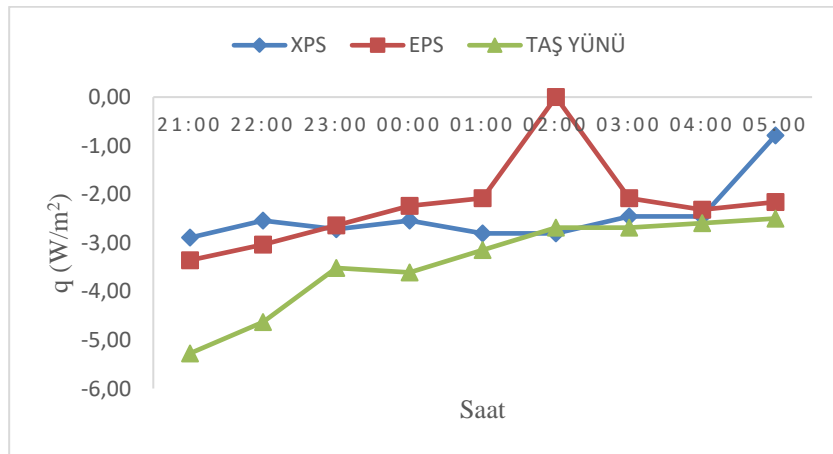
Şekil E1.108. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



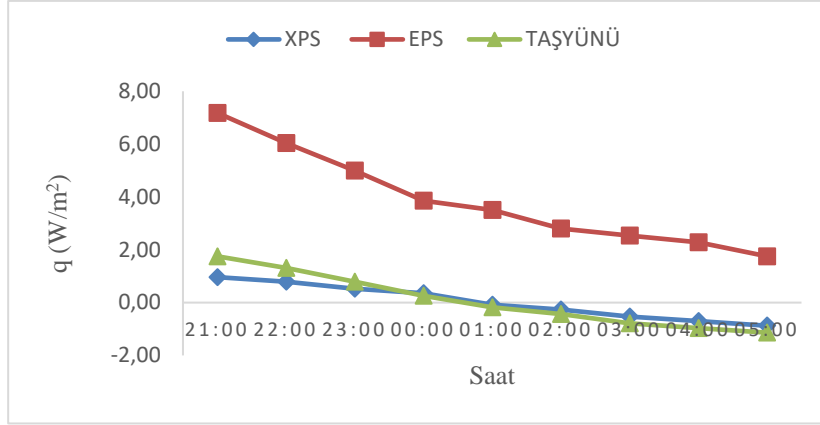
Şekil E1.109. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



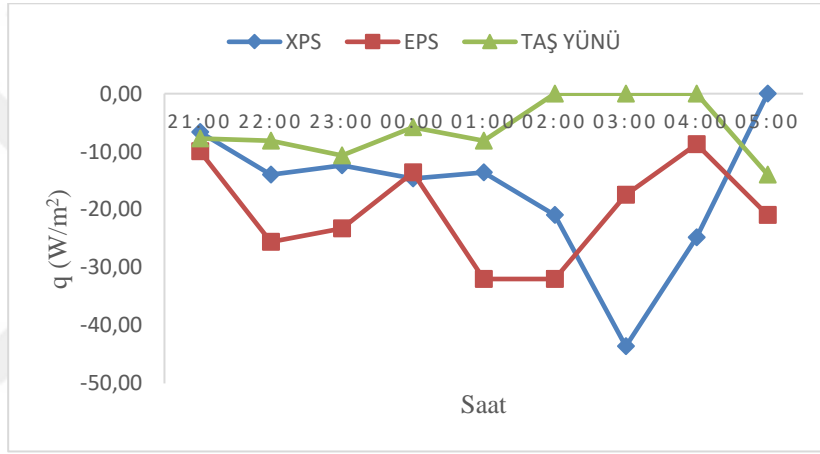
Şekil E1.110. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



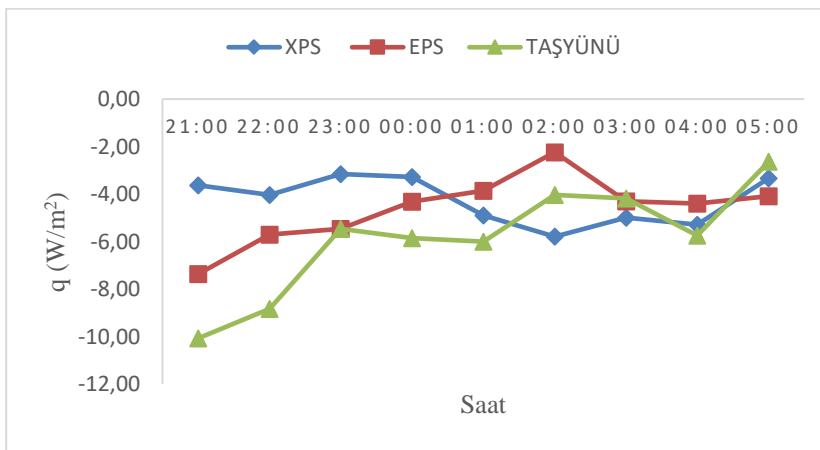
Şekil E1.111. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



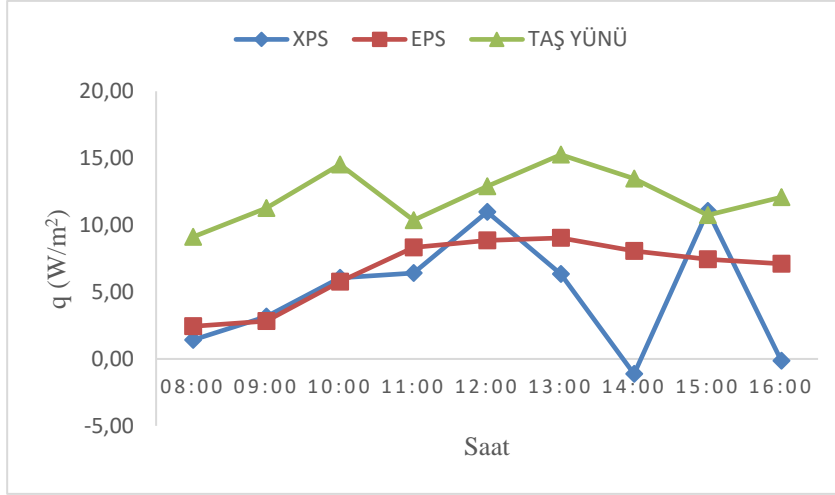
Şekil E1.112. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



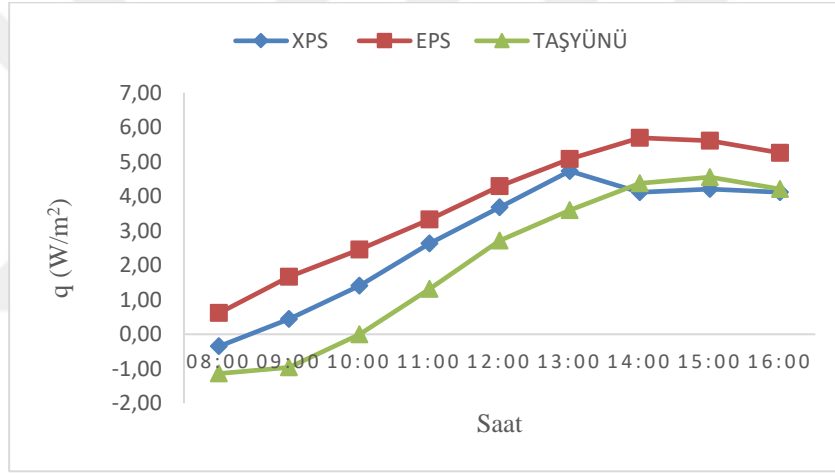
Şekil E1.113. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



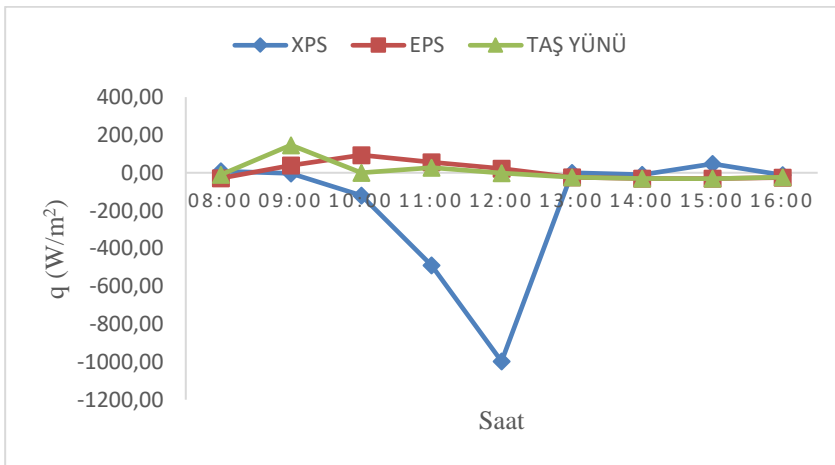
Şekil E1.114. Güney yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



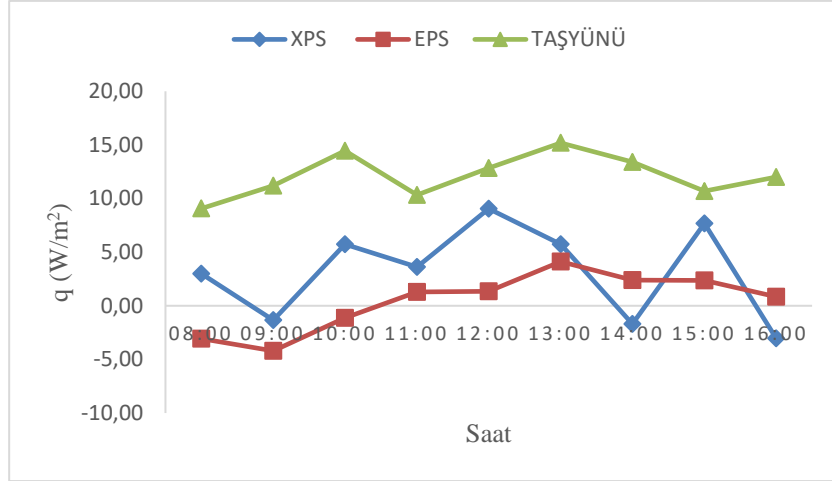
Şekil E1.115. Güney yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



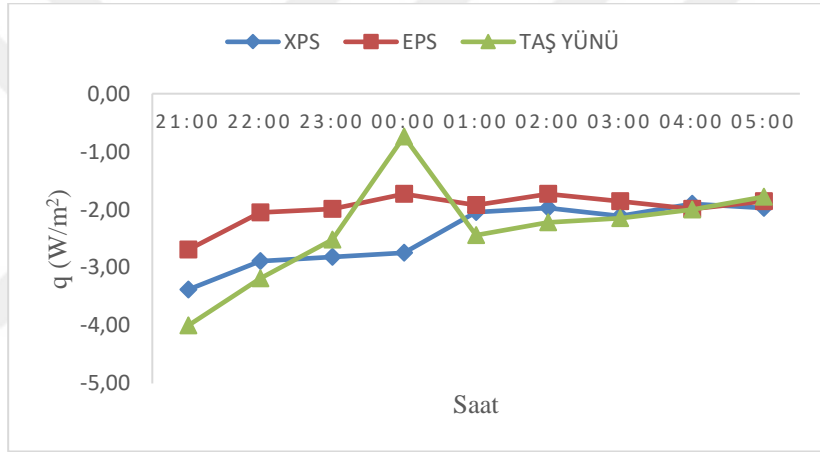
Şekil E1.116. Güney yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



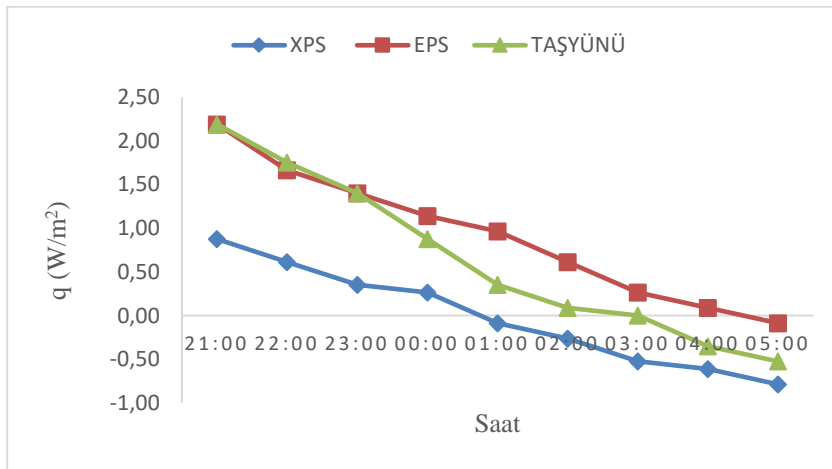
Şekil E1.117. Güney yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



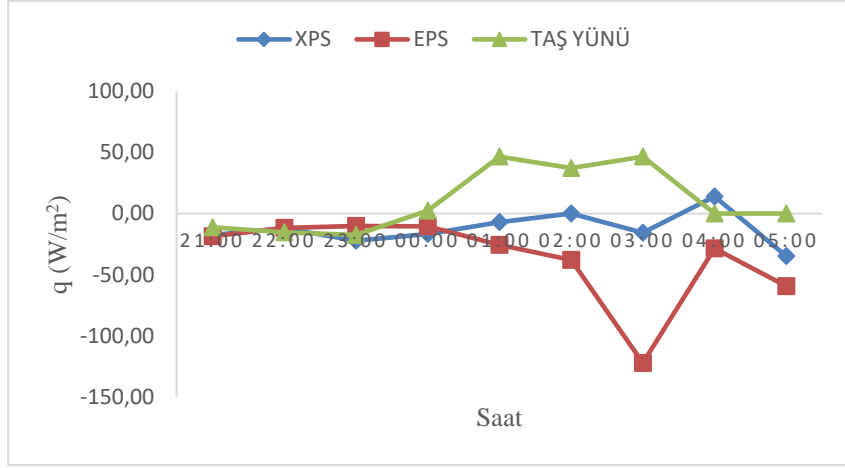
Şekil E1.118. Güney yönü 5 cm iç in yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



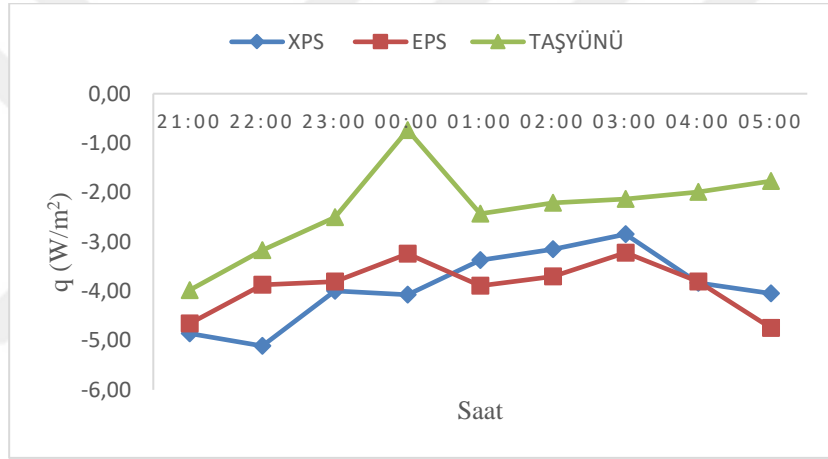
Şekil E1.119. Güney yönü 5 cm iç in yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



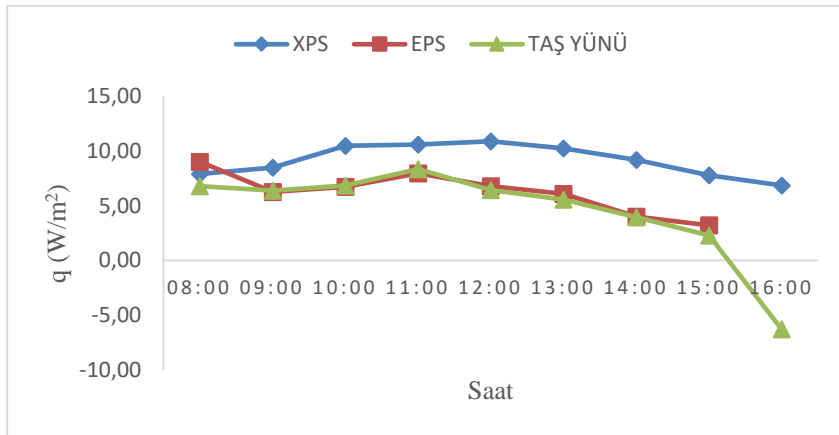
Şekil E1.120. Güney yönü 5 cm iç in yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



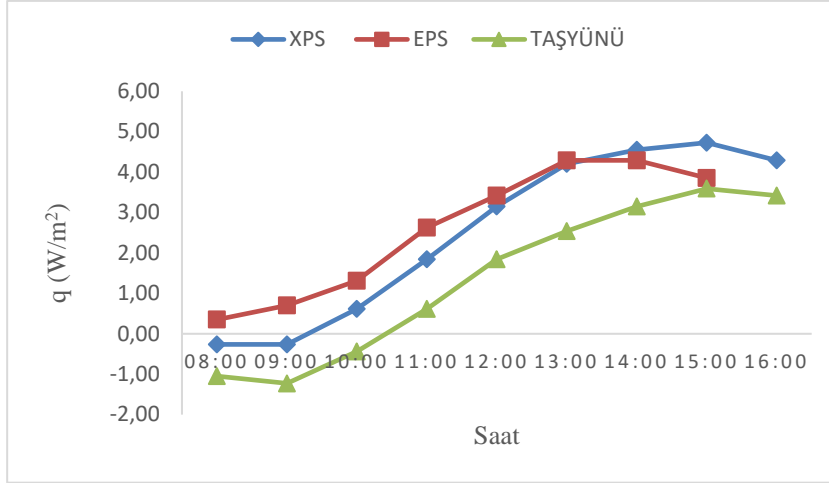
Şekil E1.121. Güney yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



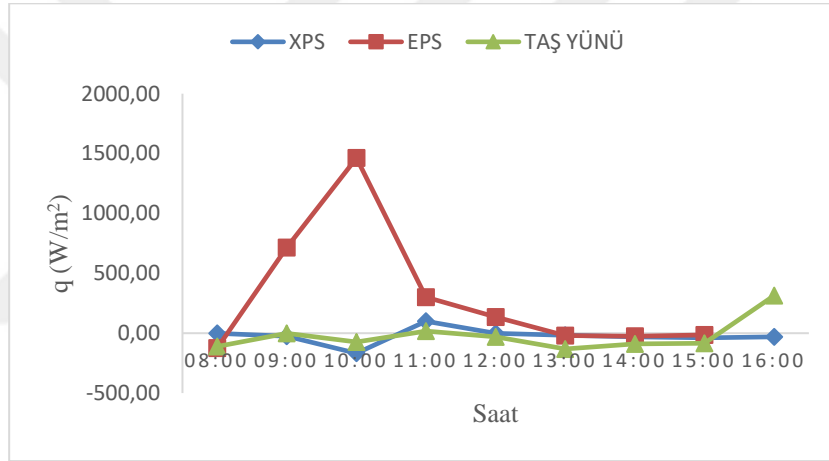
Şekil E1.122. Güney yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



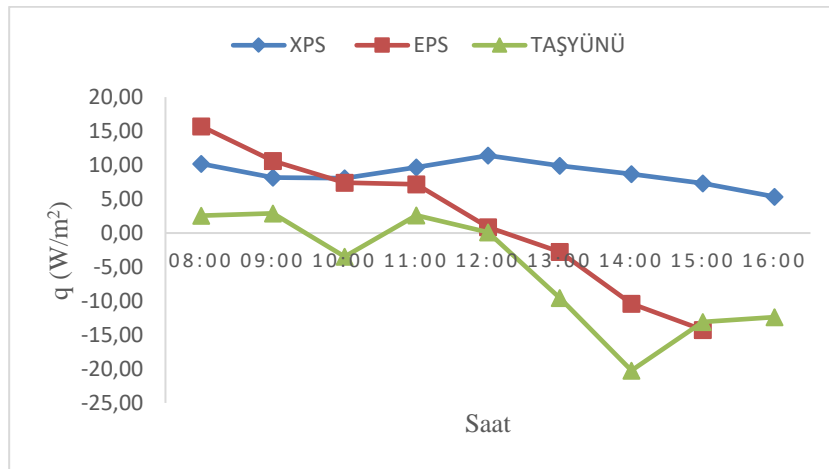
Şekil E1.123. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



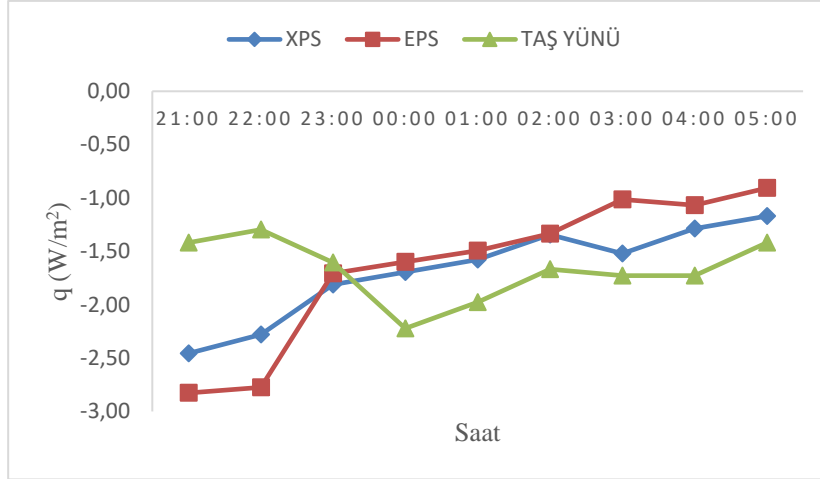
Şekil E1.124. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



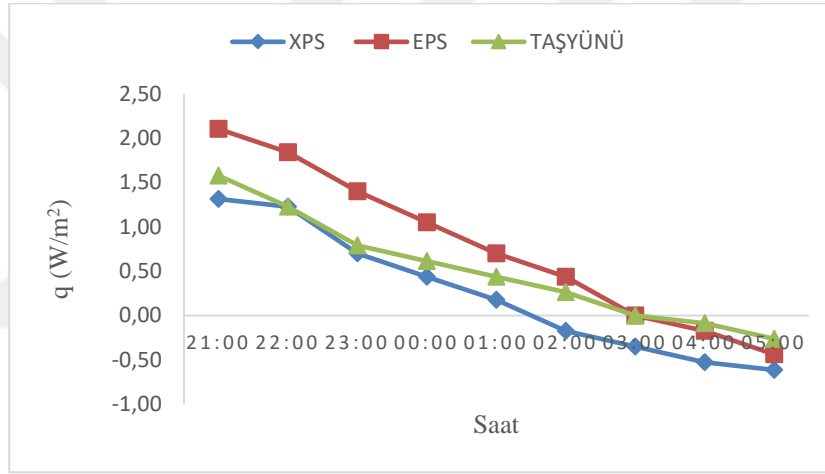
Şekil E1.125. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



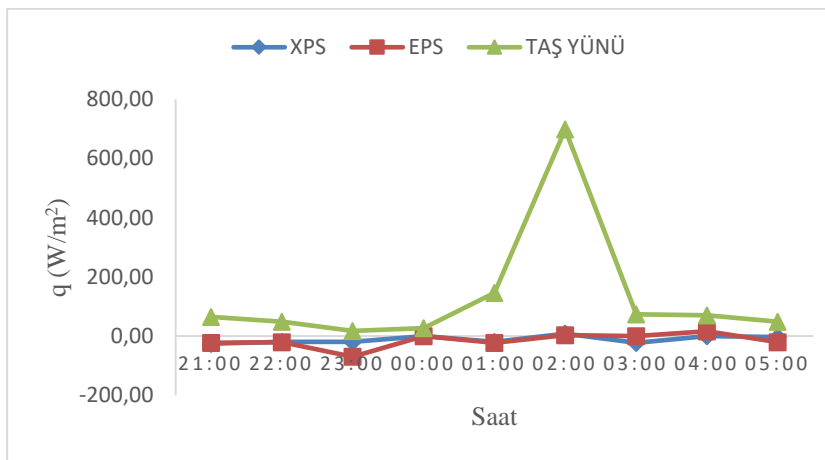
Şekil E1.126. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



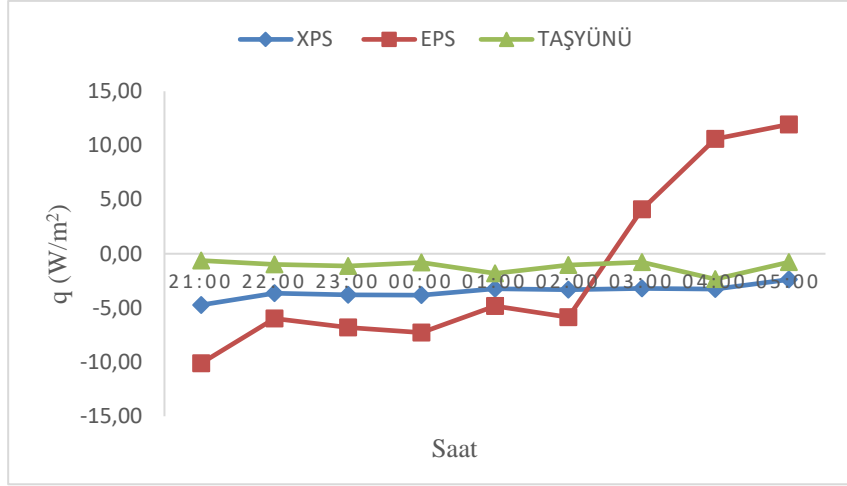
Şekil E1.127. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



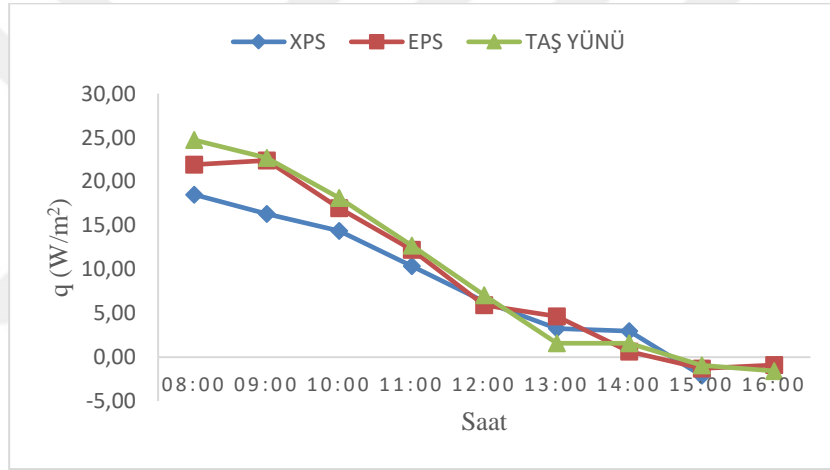
Şekil E1.128. Güney yönü 6cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



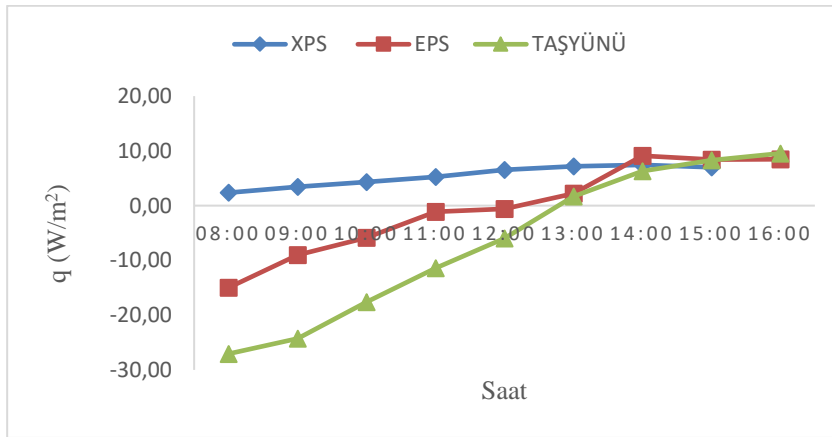
Şekil E1.129. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



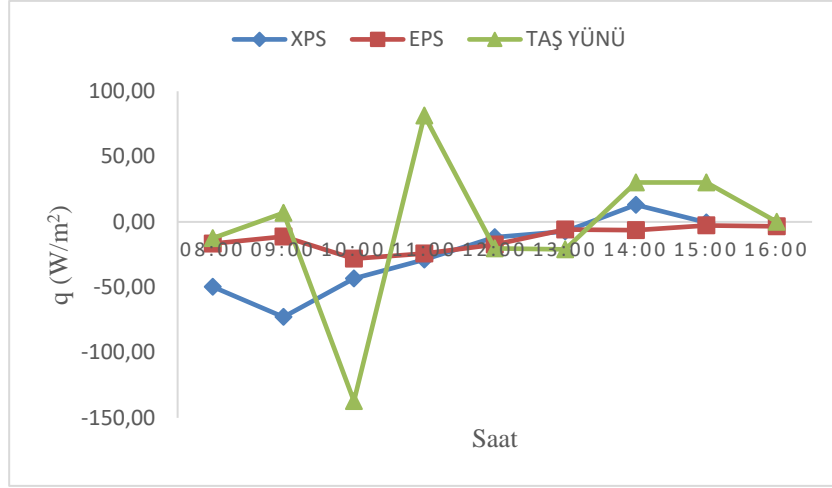
Şekil E1.130. Güney yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



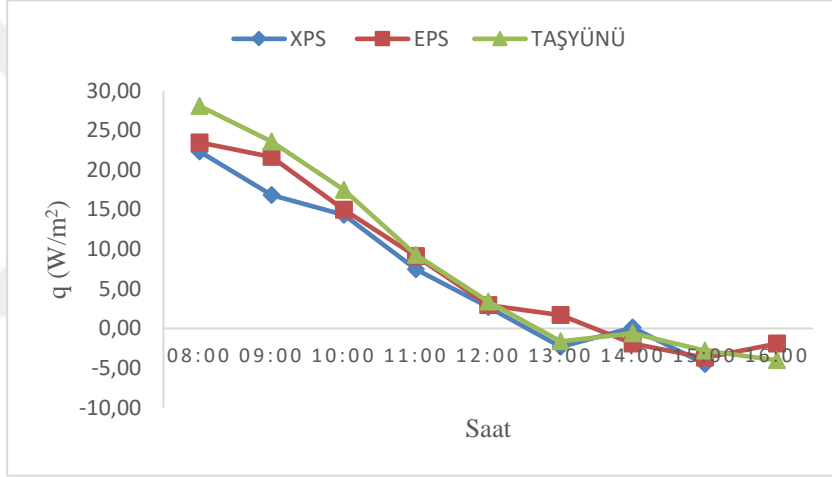
Şekil E1.131. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



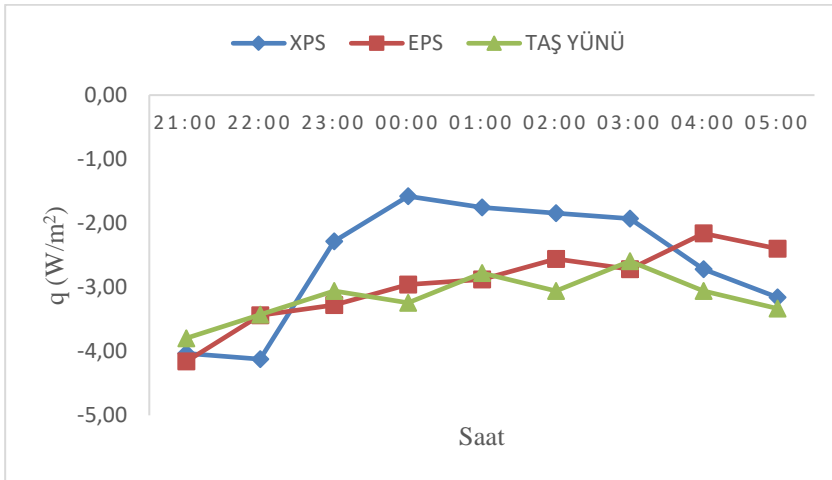
Şekil E1.132. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



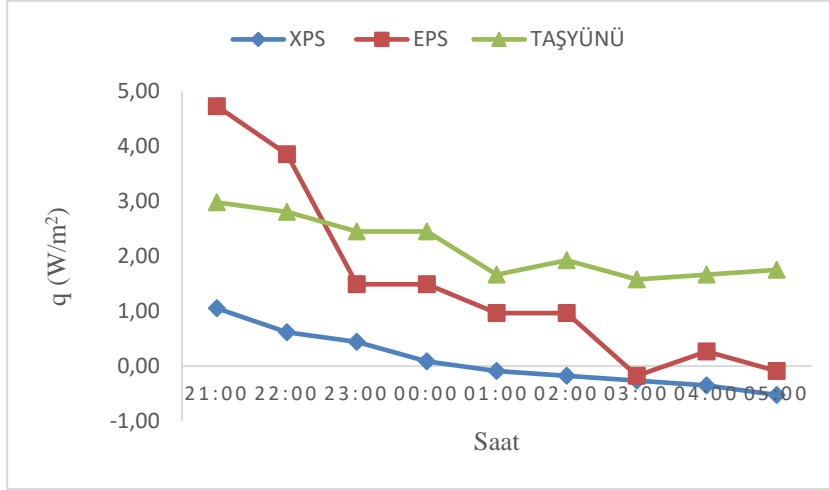
Şekil E1.133. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



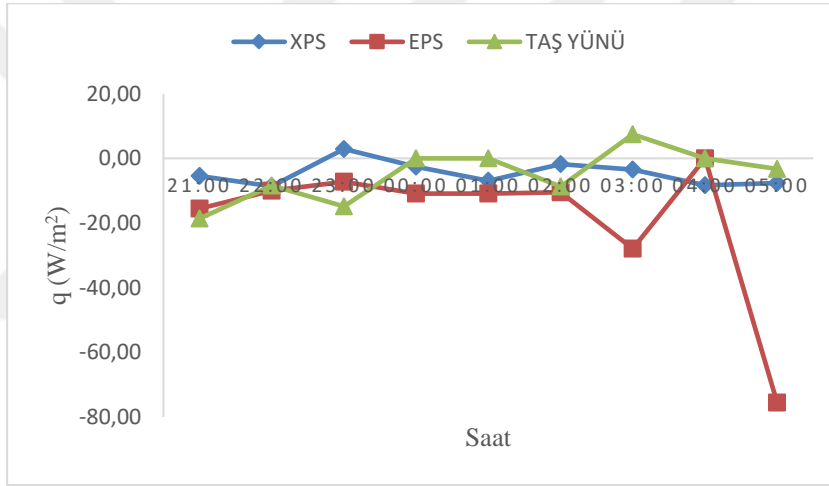
Şekil E1.134. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



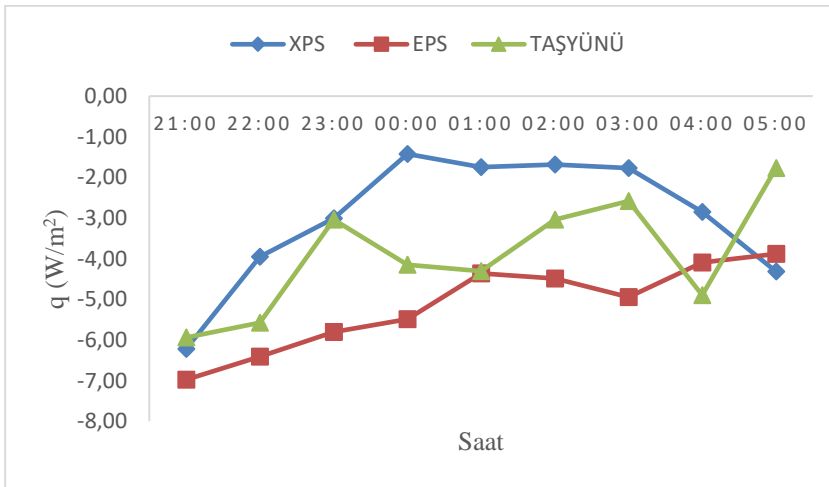
Şekil E1.135. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



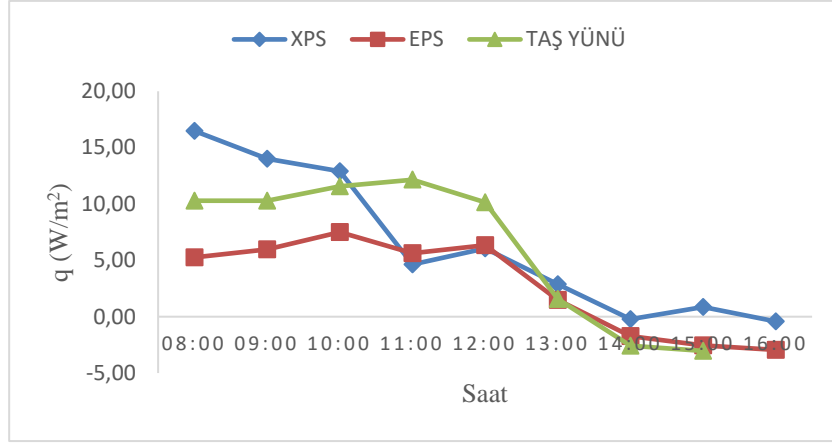
Şekil E1.136. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



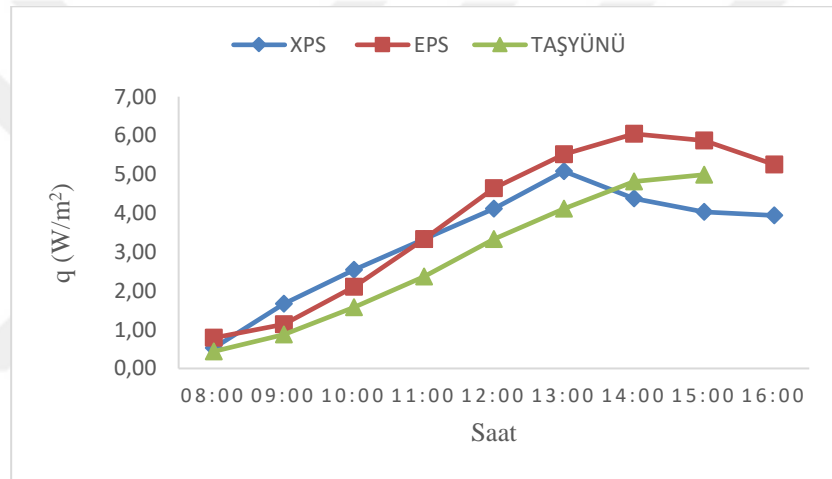
Şekil E1.137. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



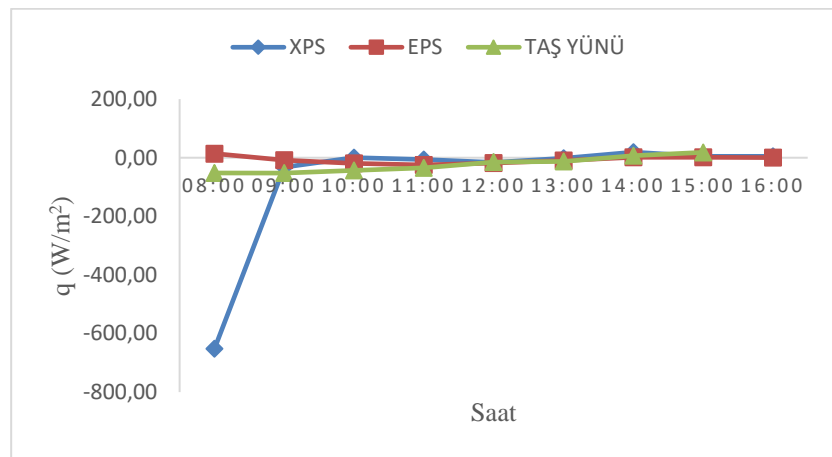
Şekil E1.138. Doğu yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



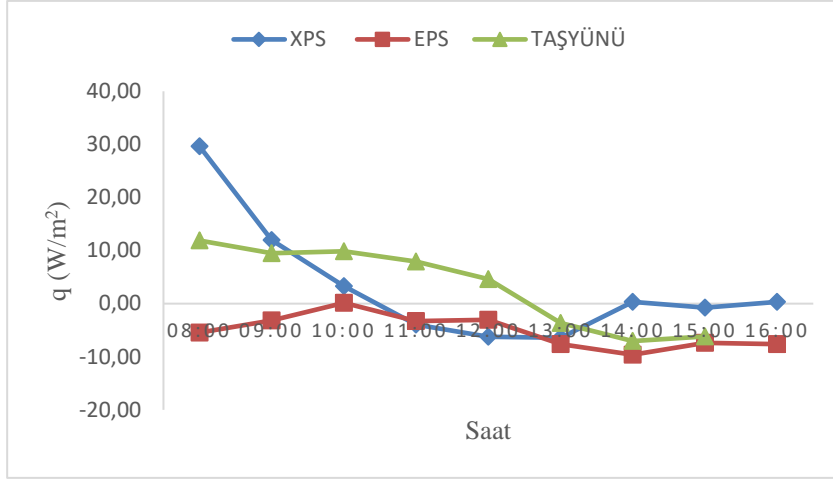
Şekil E1.139. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



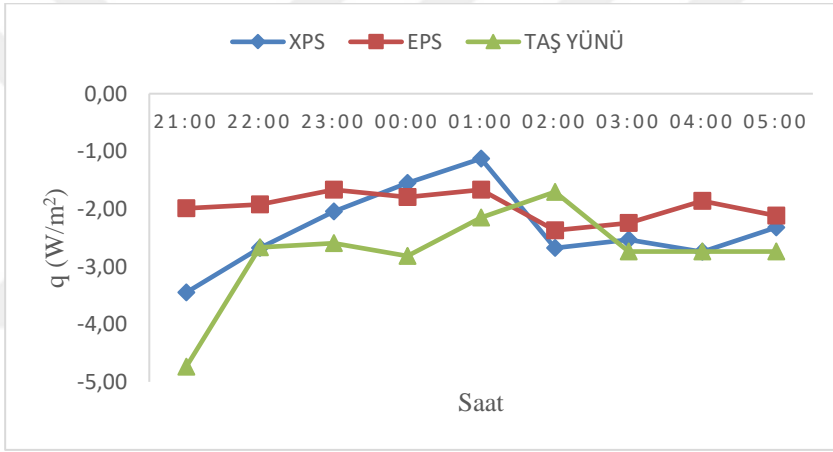
Şekil E1.140. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



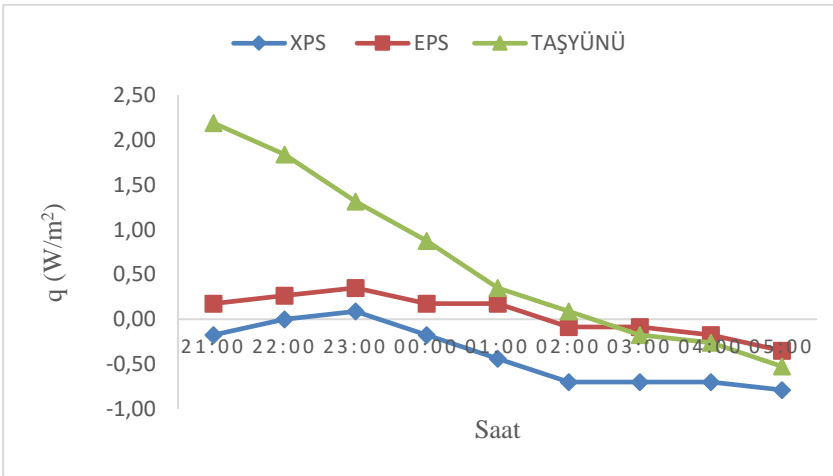
Şekil E1.141. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



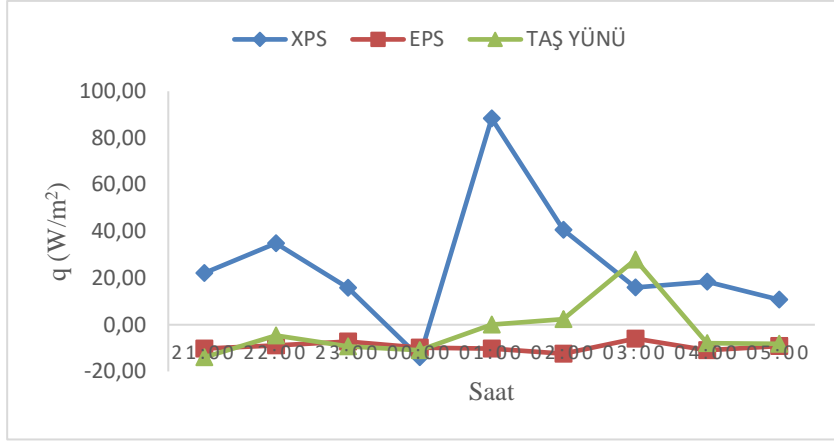
Şekil E1.142. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



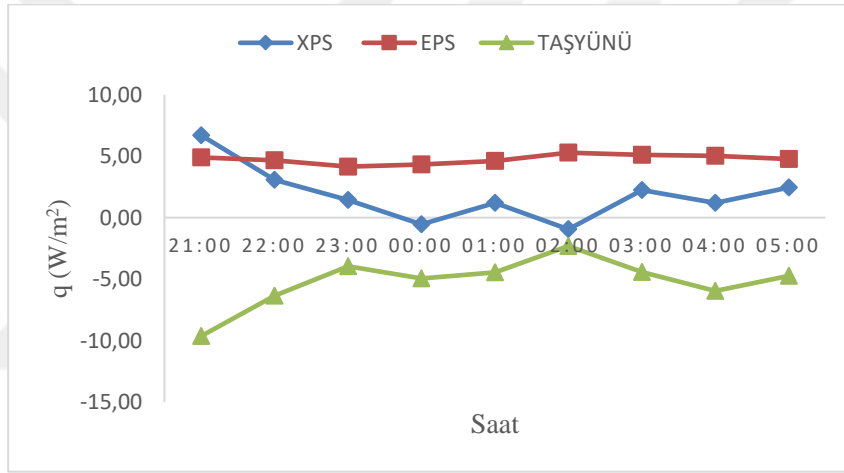
Şekil E1.143. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



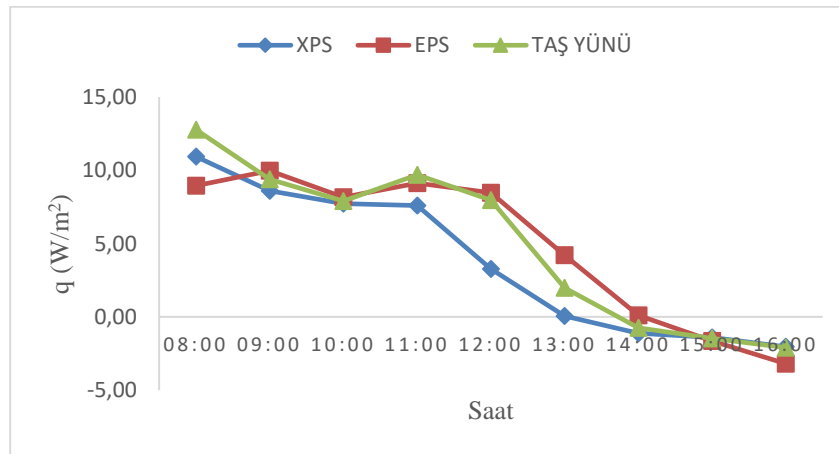
Şekil E1.144. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



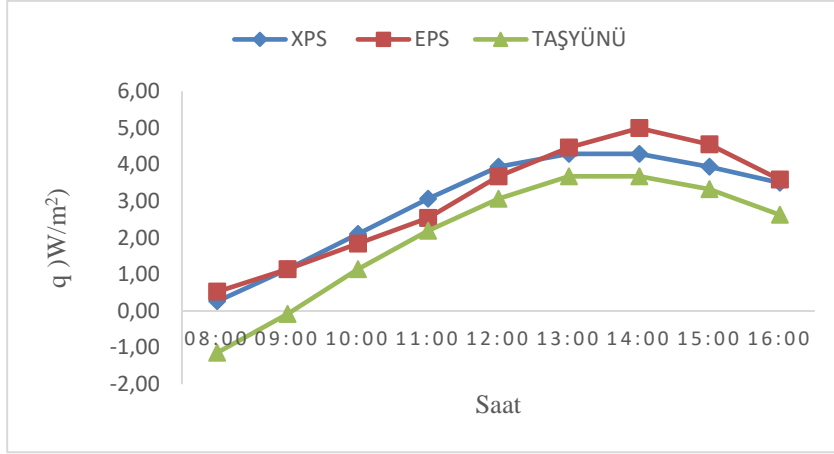
Şekil E1.145. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



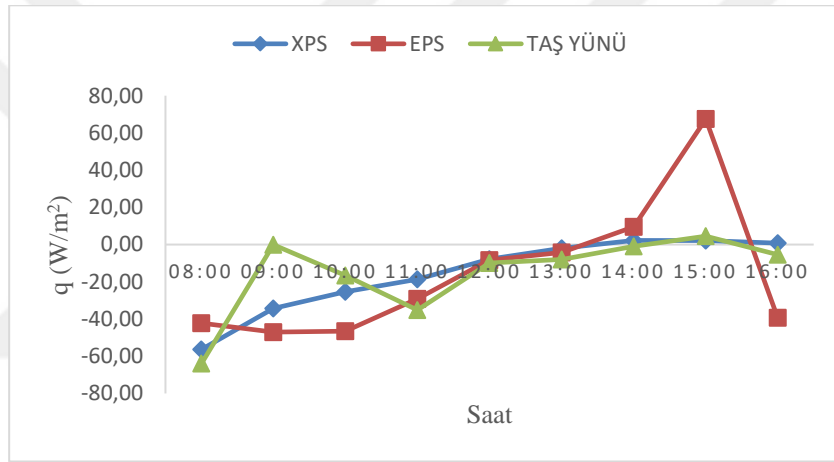
Şekil E1.146. Doğu yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-nozullu duvar)



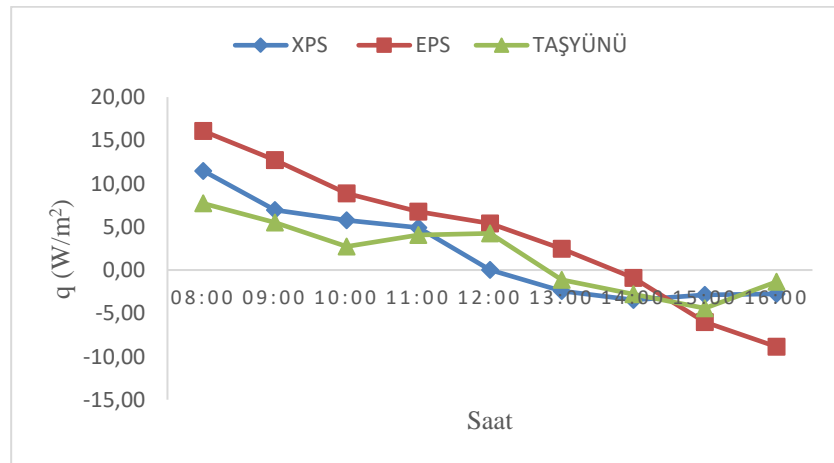
Şekil E1.147. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



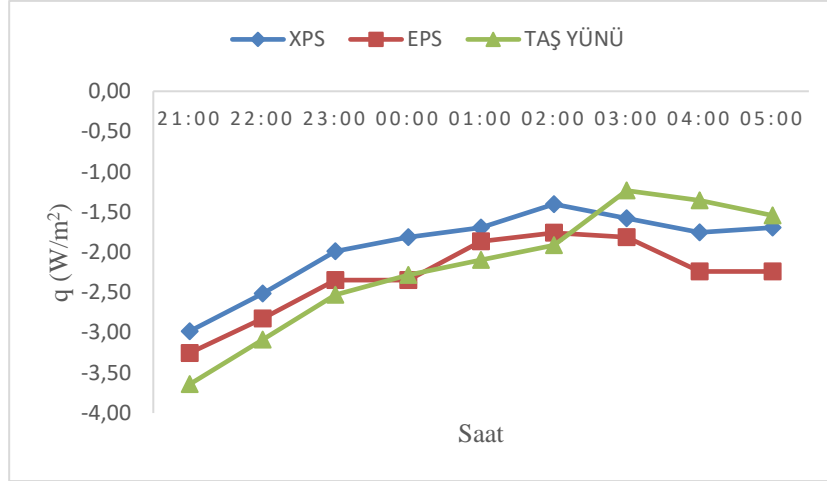
Şekil E1.148. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



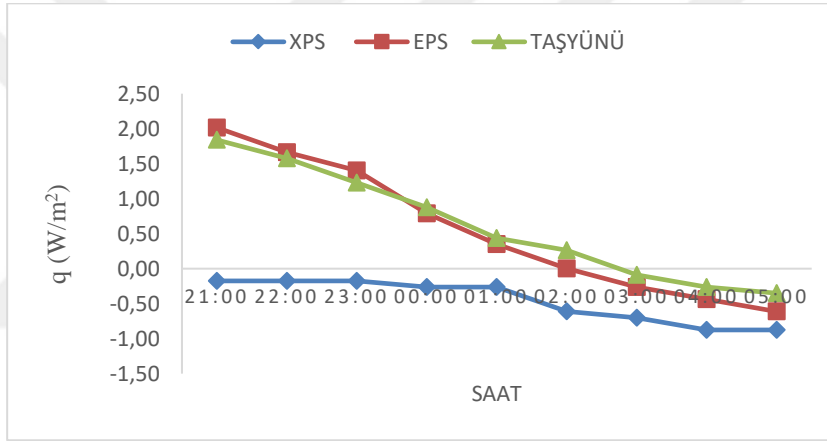
Şekil E1.149. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



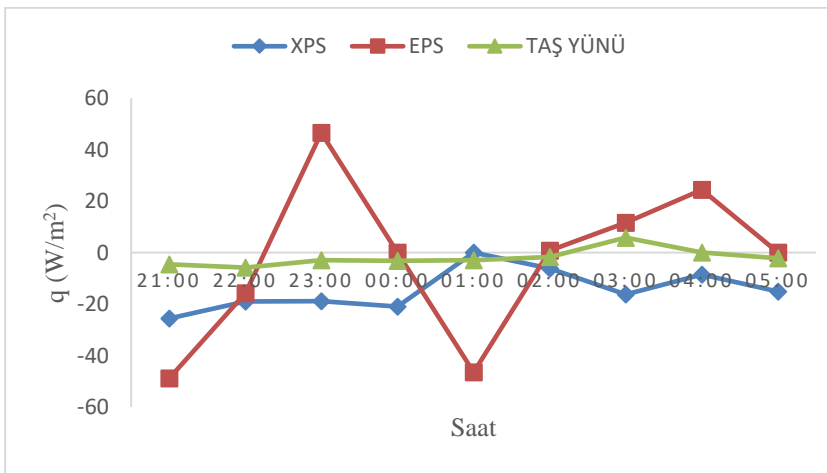
Şekil E1.150. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



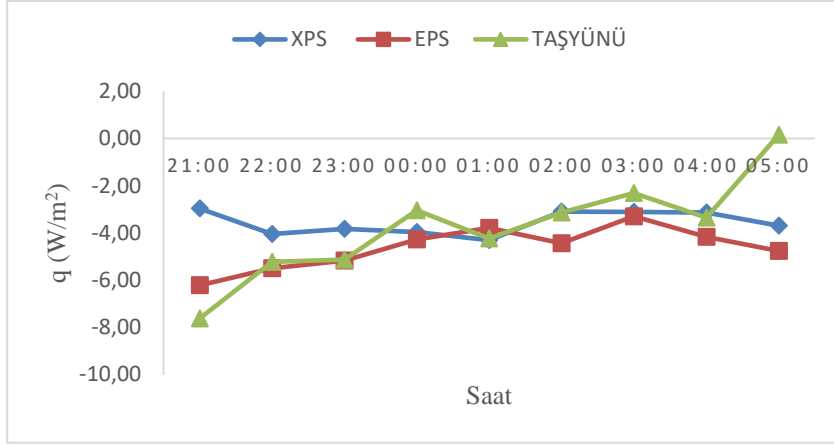
Şekil E1.151. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



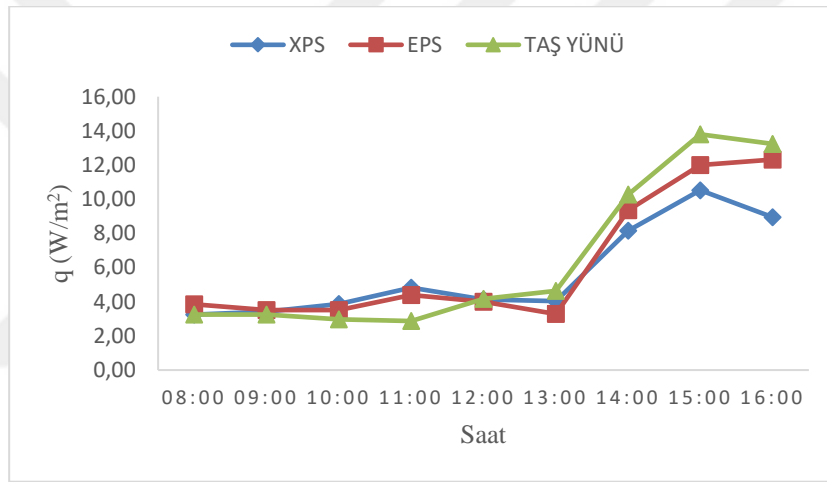
Şekil E1.152. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



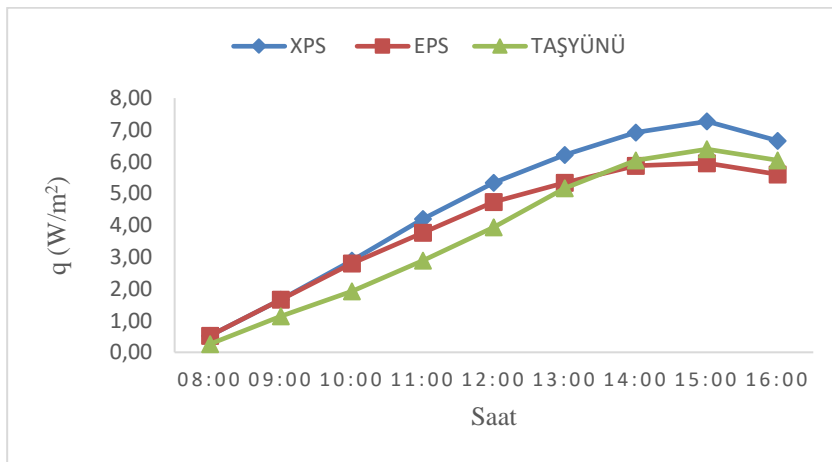
Şekil E1.153. Doğu yönü 6cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



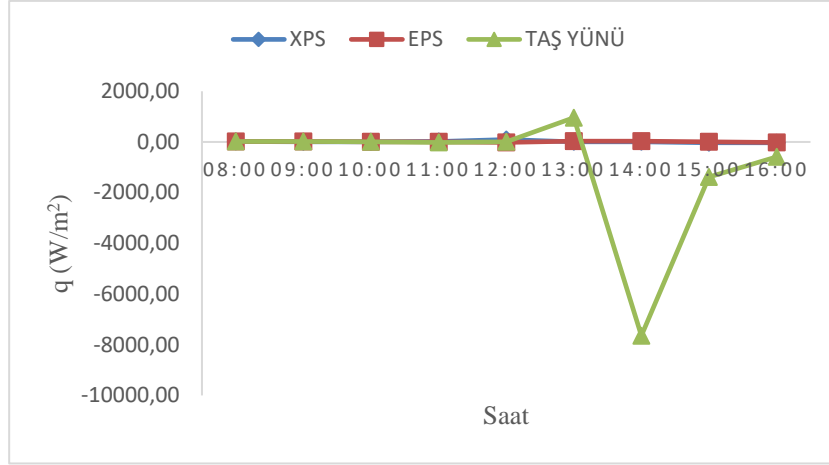
Şekil E1.154. Doğu yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



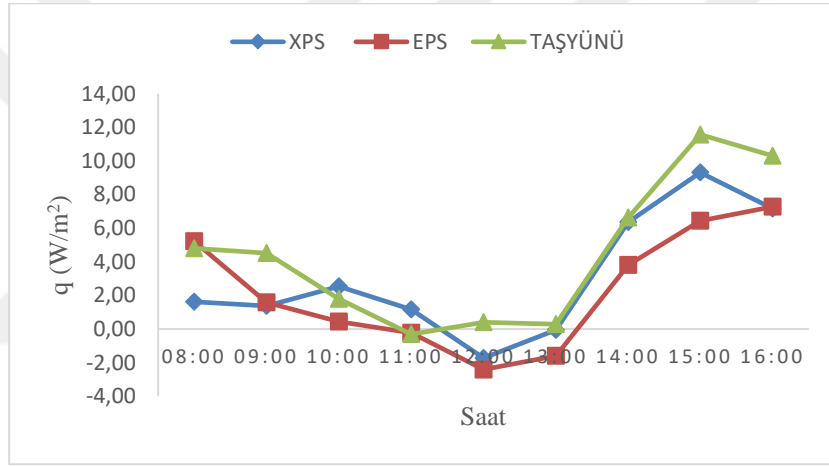
Şekil E1.155. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



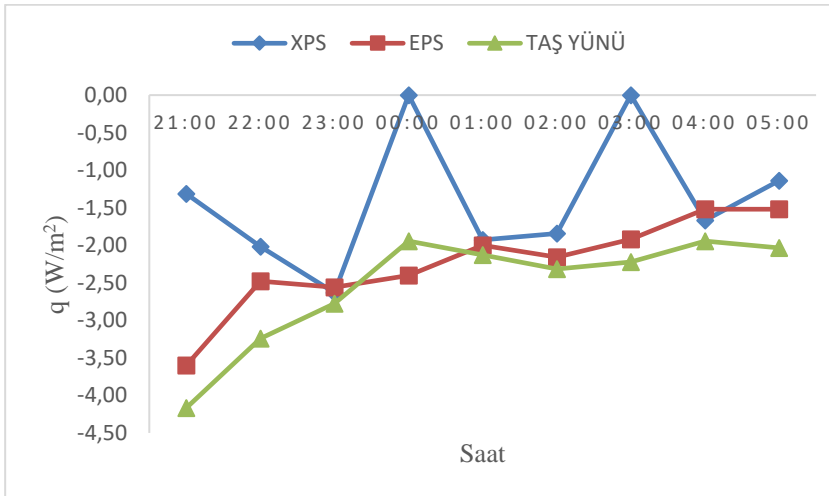
Şekil E1.156. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



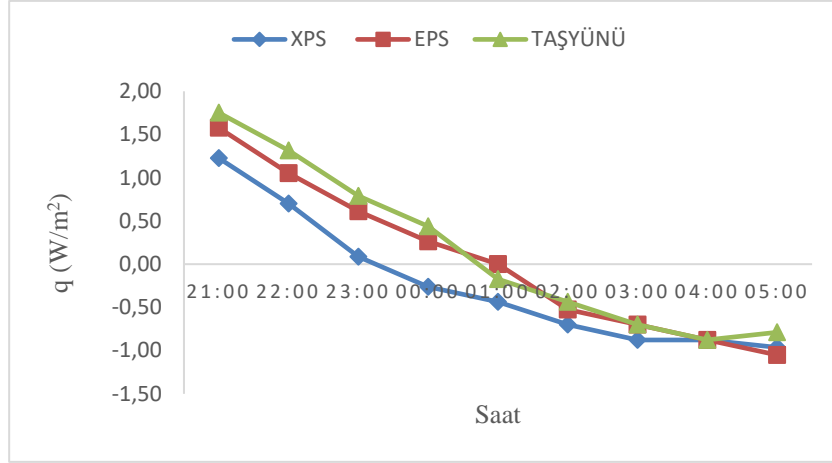
Şekil E1.157. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



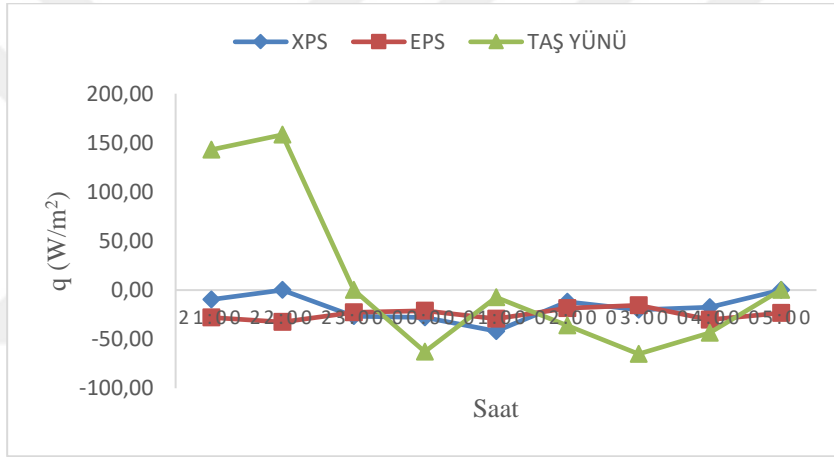
Şekil E1.158. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



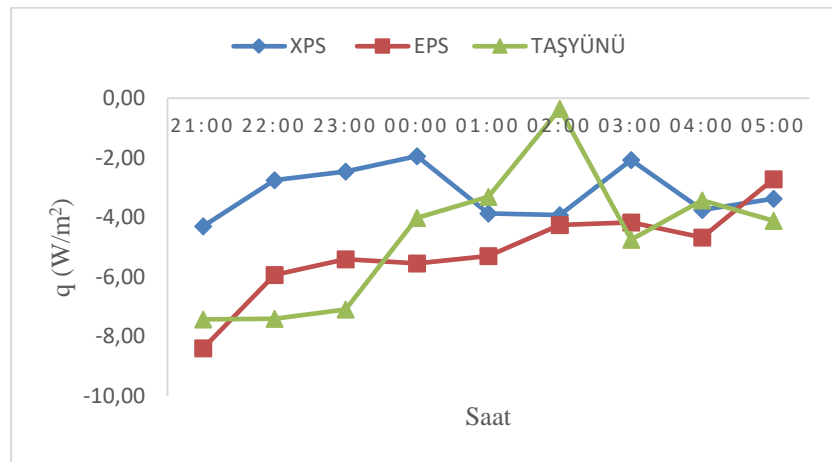
Şekil E1.159. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



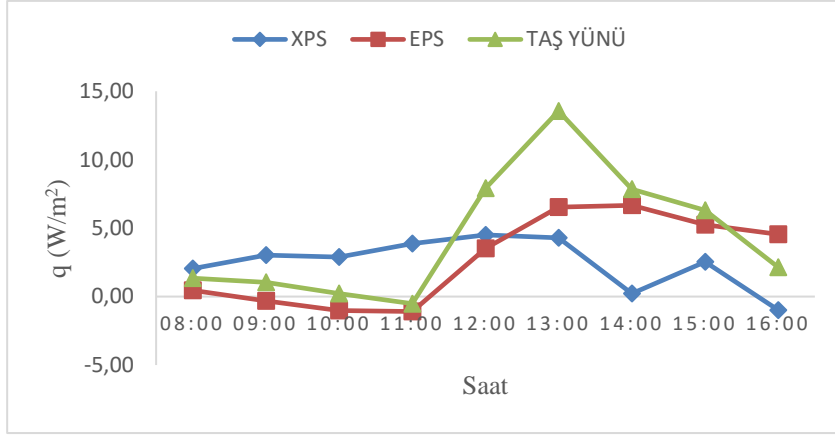
Şekil E1.160. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



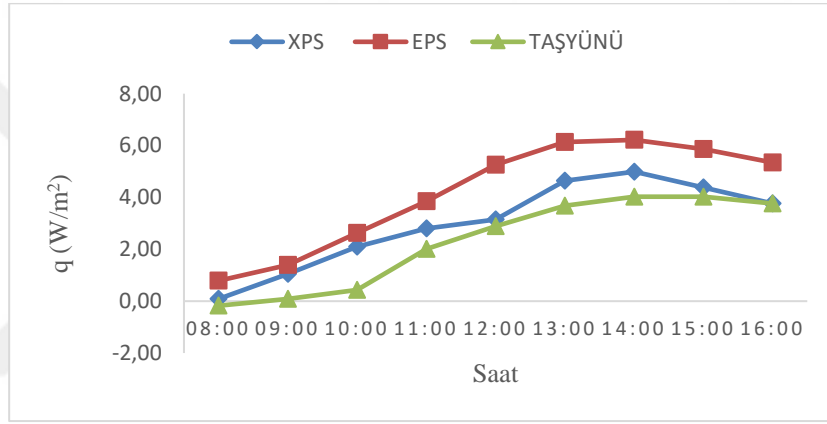
Şekil E1.161. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



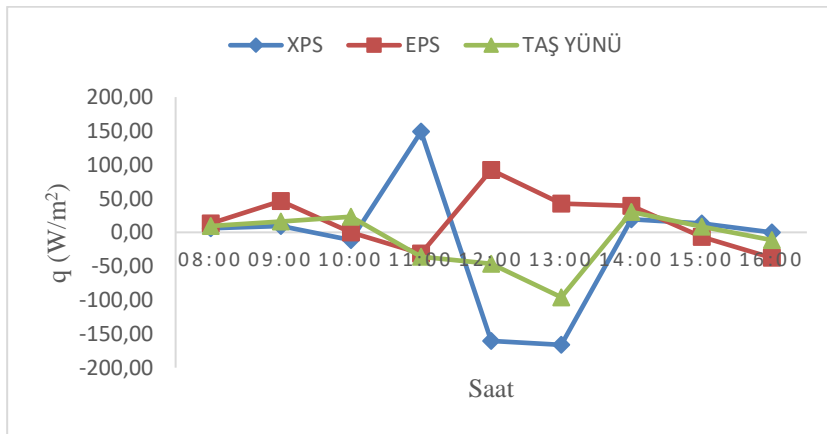
Şekil E1.162. Batı yönü 4 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



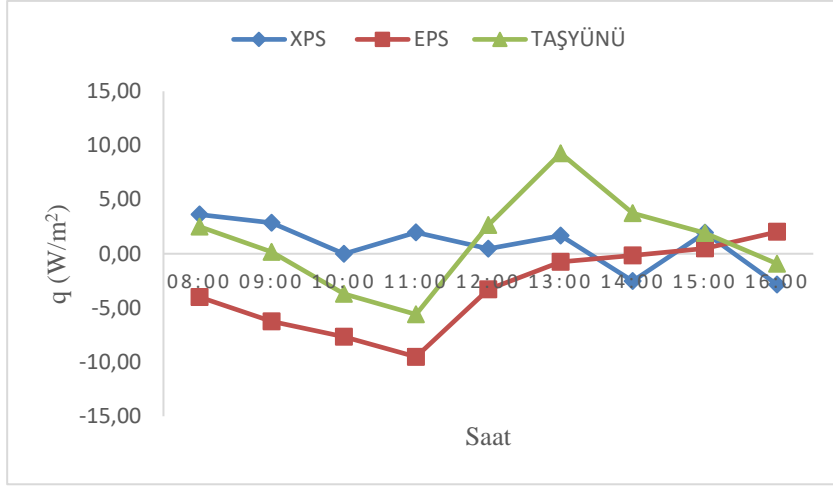
Şekil E1.163. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



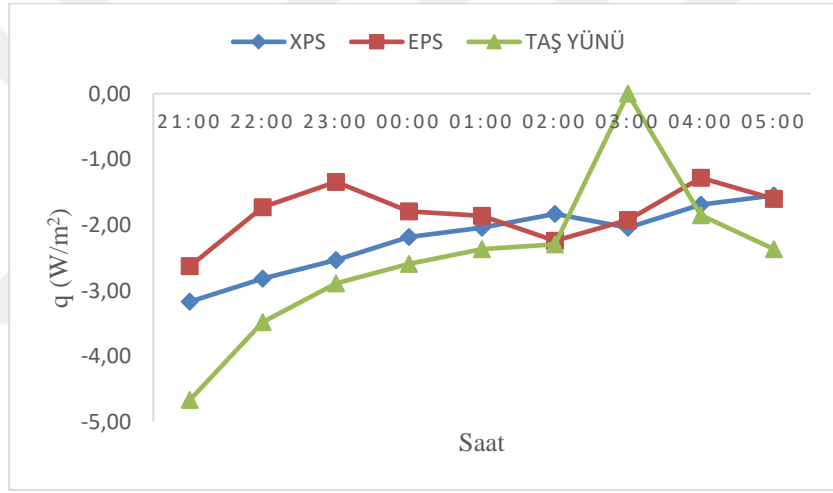
Şekil E1.164. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



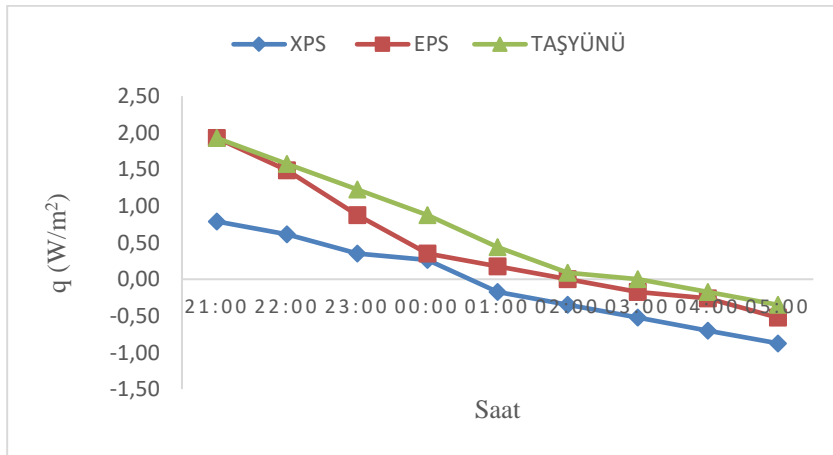
Şekil E1.165. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



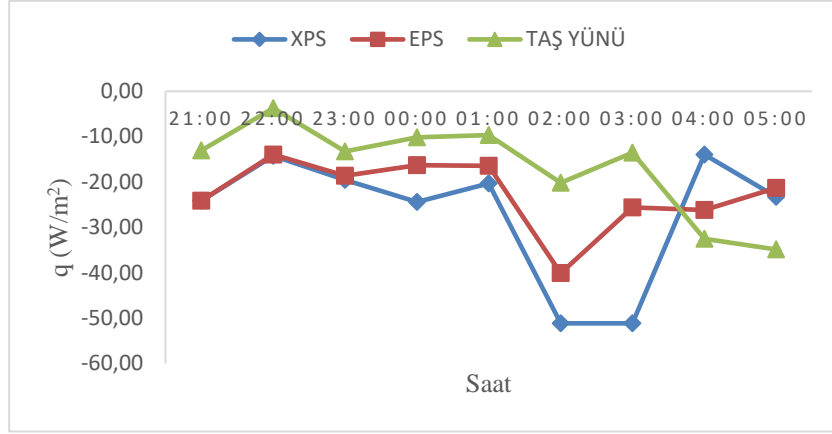
Şekil E1.166. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



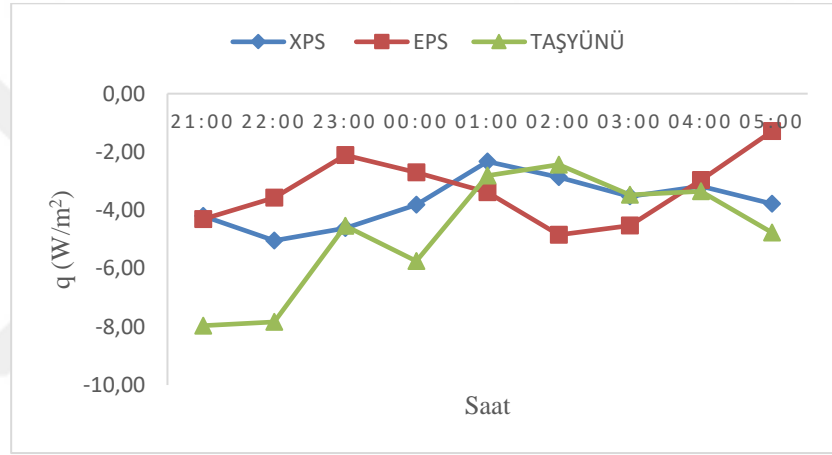
Şekil E1.167. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



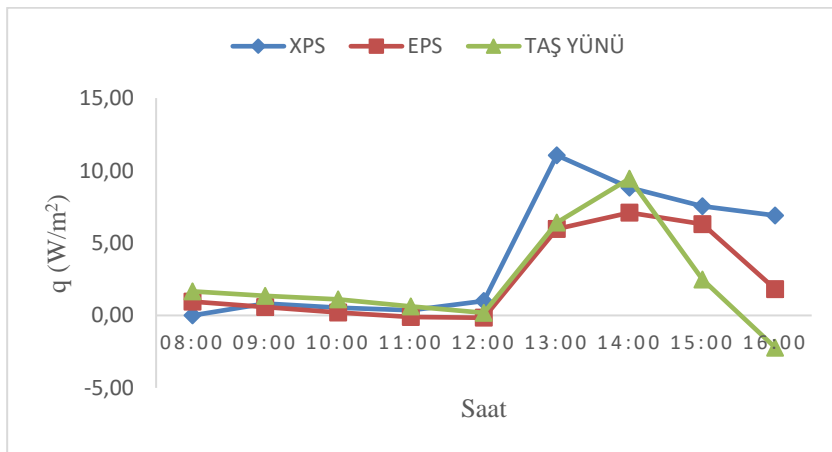
Şekil E1.168. Batı yönü 5cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



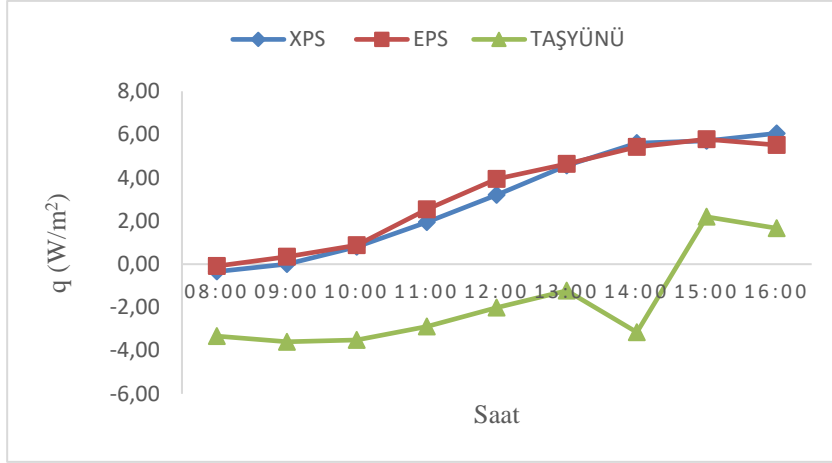
Şekil E1.169. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



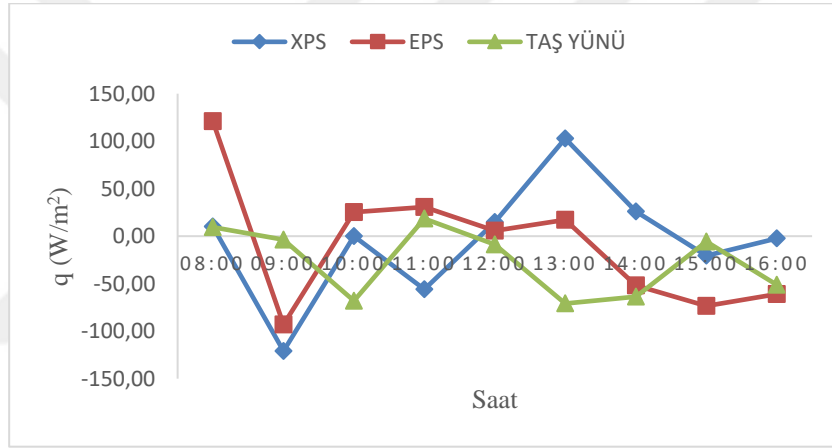
Şekil E1.170. Batı yönü 5 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



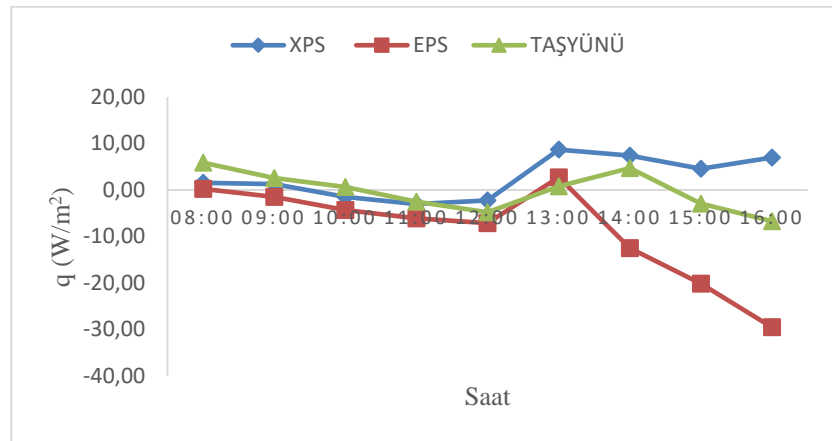
Şekil E1.171. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-yan duvar)



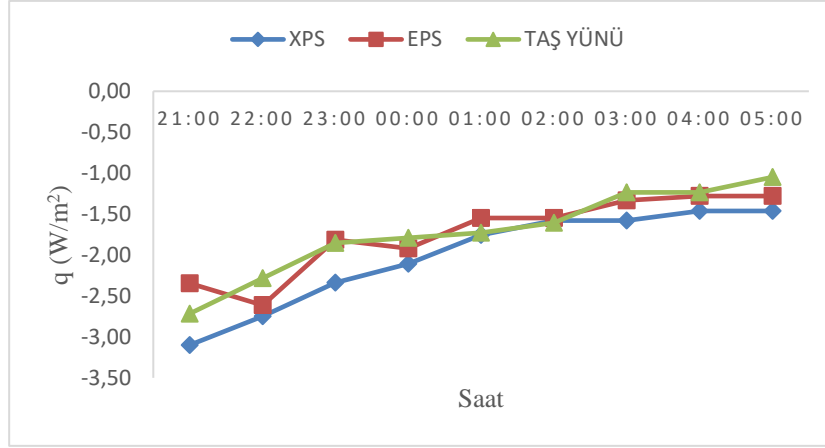
Şekil E1.172. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-tavan)



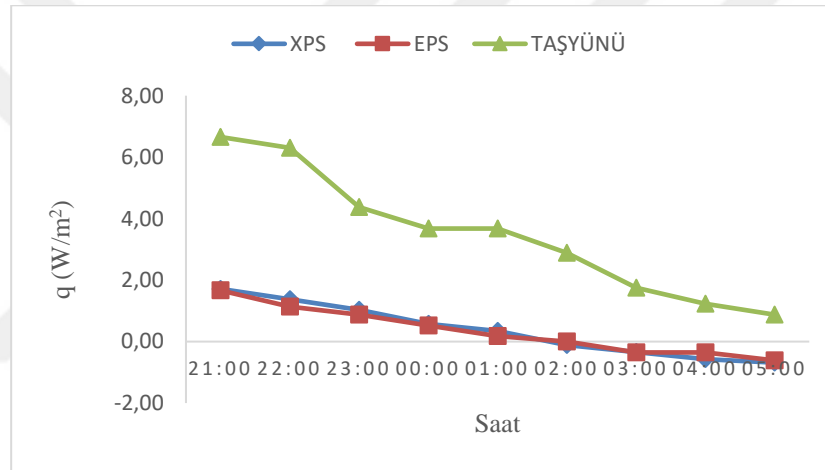
Şekil E1.173. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz-döşeme)



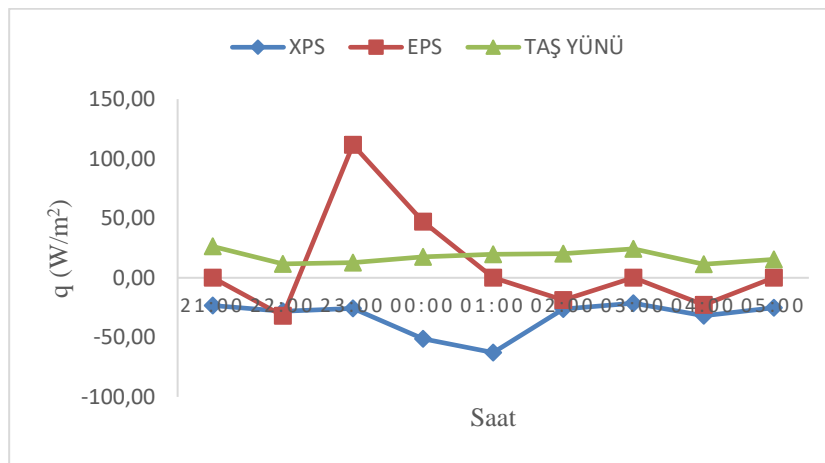
Şekil E1.174. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gündüz- nozullu duvar)



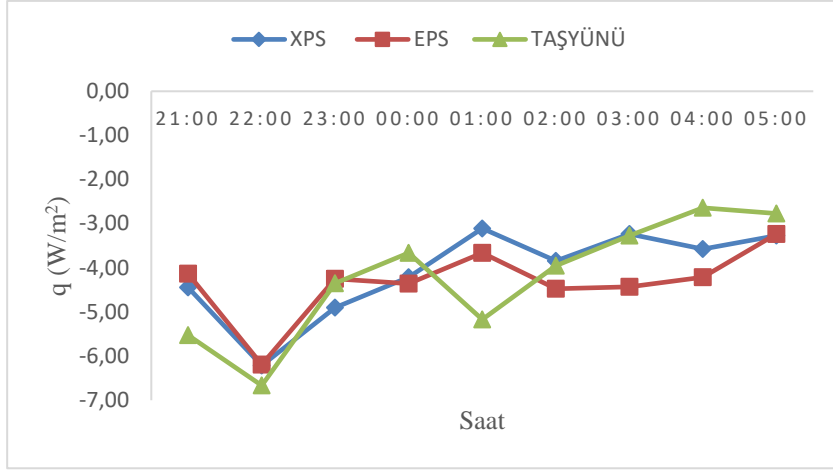
Şekil E1.175. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-yan duvar)



Şekil E1.176. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-tavan)



Şekil E1.177. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece-döşeme)



Şekil E1.178. Batı yönü 6 cm için yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (gece- nozullu duvar)



ÖZGEÇMİŞ

Ali Çağlar KAYGISIZ

[Redacted]

[Redacted] [Redacted]
[Redacted] [Redacted]
[Redacted] [Redacted]
[Redacted] [Redacted]
[Redacted] [Redacted]

[Redacted] [Redacted]
[Redacted] [Redacted]

[Redacted] [Redacted]
[Redacted] [Redacted]

[Redacted]
[Redacted]

AKADEMİK FAALİYETLER

Projeler:

1. Nozullu Soğutma Sistemine Sahip Bir Binada Yalıtım Kalınlığı ve Cinsinin Isıl Konfora Etkisi