



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KONYA BÖLGESİNDEKİ HUBUBAT
SİLOLARININ YAPISAL VE İKLİMSEL
ANALİZİ

Elif ŞAHİN SUCİ

DOKTORA TEZİ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Haziran-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Elif ŞAHİN SUCİ tarafından hazırlanan “Konya Bölgesindeki Hububat Silolarının Yapısal ve İklimsel Analizi” adlı tez çalışması 21/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Nuh UĞURLU

.....

Danışman

Prof. Dr. Nuh UĞURLU

.....

Üye

Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

.....

Üye

Prof. Dr. Bilal ACAR

.....

Üye

Prof. Dr. Hakan KİBAR

.....

Üye

Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ömer Faruk YÜKSEL
FBE Müdürü

Bu tez çalışması ÖYP (Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı) tarafından 2018-ÖYP-008 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Elif ŞAHİN SUCİ

21.06.2023

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KONYA BÖLGESİNDEKİ HUBUBAT SİLOLARININ YAPISAL VE İKLİMSEL ANALİZİ

Elif ŞAHİN SUCİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nuh UĞURLU

2023, 264 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nuh UĞURLU

Prof. Dr. Haydar HACİSEFEROĞULLARI

Prof. Dr. Bilal ACAR

Prof. Dr. Hakan KİBAR

Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

Bu çalışma Konya bölgesinde profesyonel depoculuk yapan işletmelerde depoların teknik ve yapısal özelliklerini belirlemek ve sorunlarını çözmek amacıyla çoğunluğu lisanslı depolar olmak üzere 30 adet işletmede yürütülmüştür. Araştırmada, yürütülen anket ve saha çalışmalarından elde edilen verilere göre bölgedeki hububat depoları çeşitli kategorilerde değerlendirilmiştir. Ayrıca hububat silolarının yapısal dökümleri (depo tipi, yükseklik, genişlik, fiziksel, alansal ve hacimsel boyutları, kullanılan malzeme detayları ve termal özellikleri vb.) çıkarılarak depolanan ürün çeşidine göre ısı dengesi analizleri yapılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, siloların %42'si düz tabanlı çelik silo, %24'ü konik tabanlı çelik silo, %27'si beton silo ve %7'si yatay beton silo şeklinde tasarlanmıştır. Toplam depolama kapasitesi ise düz tabanlı çelik siloların 741850 ton, konik tabanlı çelik siloların 184050 ton, beton siloların 69845 ton ve yatay beton siloların 152250 tondur. Siloların ısı iletim katsayıları 0.95 kcal/m²°Ch ile 2.63 kcal/m²°Ch arasında değişmektedir ve genellikle çelik silolarda ortalama 2.62 kcal/m²°Ch ve beton silolarda 1.69 kcal/m²°Ch'tir.

Silo düşey duvarlarında toplam güneş radyasyonu miktarları, kış mevsiminde yaklaşık 375 kcal/m²h ve yaz mevsiminde 727 kcal/m²h olarak bulunmuştur. Yaz mevsiminde silo çatılarında toplam güneş ışınlamı miktarları 711 kcal/m²h ile 735 kcal/m²h arasında değişmektedir. Araştırmanın yapıldığı depolarda kış mevsiminde minimum havalandırma miktarı arpada 18 m³/h.ton, buğdayda 23 m³/h.ton, mısırdaki 73 m³/h.ton, çavdarda 13 m³/h.ton, çeltikte 22 m³/h.ton ve yulafta 7 m³/h.ton'dur. Kış mevsiminde ortalama olarak, arpa depolarında 212171 kcal/h, buğday depolarında 351423 kcal/h ve mısır depolarında 1086058 kcal/h olmak üzere ısı fazlalığı belirlenmiştir. Aynı mevsimde minimum havalandırma kapasitesi ile havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı, arpa depolarında %35, buğday depolarında %22 ve mısır depolarında %8 olarak tespit edilmiştir.

Yaz mevsiminde ise maksimum havalandırma kapasitesinin arpada 101 m³/h.ton, buğdayda 121 m³/h.ton, mısırdaki 341 m³/h.ton, yulafta 64 m³/h.ton, çavdarda 78 m³/h.ton ve çeltikte 119 m³/h.ton olması gerektiği tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ortalama maksimum havalandırma oranı arpa, buğday ve mısır depolarında sırasıyla 210108 m³/h, 299717 m³/h ve 772458 m³/h olarak bulunmuştur. Yaz mevsimi için hesaplanan maksimum havalandırma kapasitesinin ortalama havalandırma ihtiyacını karşılama oranı ise,

arpa depolarında yaklaşık %15, buğday depolarında yaklaşık %11 ve mısır depolarında yaklaşık %4 düzeyinde kaldığı tespit edilmiştir.

Yapılan ısı dengesi analizlerinden elde edilen sonuçlara göre havalandırma sistemlerinin radyasyon ısısı ve solunum ısını depo dışına atmakta yetersiz olduğu bulunmuştur. Silolarda hem yaz hem de kış mevsiminde genellikle ısı fazlalığı görülmüştür. Ayrıca, özellikle çelik silolarda radyasyonla ısı kazanımının yapının yükseklik/genişlik oranına bağlı olarak da değişiklik gösterdiği ve bu oranın 1'e yaklaştıkça ısı artışının maksimum değere ulaştığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, hububat silolarında güneş radyasyonu ile meydana gelen ısı yükünün ürünün solunum ısısı yanında oldukça düşük düzeyde kaldığı (%10-20) ve bölgedeki depolama yapılarında asıl ısınma sorunun güneş radyasyonundan değil özellikle yetersiz havalandırmadan ileri geldiği saptanmıştır. Tarımsal yapıların planlanmasında oldukça önemli olan yalıtım, hububat depolarında da radyasyonla ısı kazanımının bir miktar da olsa azaltılmasında önemlidir. Ancak silolarda meydana gelen aşırı ısı yükünden dolayı ürünlerde kalite ve kantitatif kayıplarını en az düzeye indirerek sağlıklı koşullarda daha uzun süre muhafaza edilebilmesi için yalnızca ısı yalıtımının yeterli olmayacağı, ürünlerin havalandırma ihtiyacını karşılayacak büyüklükte ve şekillerde siloların tasarlanmasının kaçınılmaz olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevre koşulları, güneş radyasyonu, havalandırma, hububat, ısı dengesi, konstrüksiyon, silo, tahıl depoları

ABSTRACT

Ph.D THESIS

STRUCTURAL AND CLIMATIC ANALYSIS OF GRAIN SILOS IN KONYA REGION

Elif ŞAHİN SUCİ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL SCIENCES OF SELÇUK
UNIVERSITY
DEPARTMENT OF FARM STRUCTURES AND IRRIGATION**

Advisor: Prof. Dr. Nuh UĞURLU

2023, 264 Pages

Jury

**Prof. Dr. Nuh UĞURLU
Prof. Dr. Haydar HACİSEFEROĞULLARI
Prof. Dr. Bilal ACAR
Prof. Dr. Hakan KİBAR
Assoc. Prof. Dr. Sevim Seda YAMAÇ**

This study was carried out in 30 enterprises, mostly licensed warehouses, to determine the technical and structural features of the grain warehouses and to solve their problems in professional warehousing enterprises in Konya region. In the research, the grain warehouses in the region were evaluated in various categories according to the data obtained from the surveys and field studies. In addition, the structural castings of the grain silos (warehouse type, height, width, physical, spatial and volumetric dimensions, details of the materials used and thermal properties, etc.) were extracted and heat balance analyzes were made according to the type of stored product.

In the enterprises where the research was carried out, silos were designed as 42% flat bottom steel silos, 24% conical bottom steel silos, 27% concrete silos and 7% horizontal concrete silos. The total storage capacity is 741850 tons of flat bottom steel silos, 184050 tons of conical bottom steel silos, 69845 tons of concrete silos and 152250 tons of horizontal concrete silos. The heat transmission coefficients of the silos vary between 0.95 kcal/m²°C and 2.63 kcal/m²°C, and it is generally 2.62 kcal/m²°C in steel silos and 1.69 kcal/m²°C in concrete silos.

The average total solar radiation amounts on the vertical walls of the silo were found to be approximately 375 kcal/m²h in winter and 727 kcal/m²h in summer. In the summer season, the total amount of solar radiation in the silo roofs varies between 711 kcal/m²h and 735 kcal/m²h. In the warehouses where the research was conducted, the minimum amount of ventilation in winter was 18 m³/h.ton in barley, 23 m³/h.ton in wheat, 73 m³/h.ton in corn, 13 m³/h.ton in rye, 22 m³/h.ton in paddy and 7 m³/h.ton in oats. In the winter season, the average heat excess was determined as 212171 kcal/h in barley silos, 351423 kcal/h in wheat silos and 1086058 kcal/h in corn silos. In the same season, the rate of meeting the ventilation need with minimum ventilation capacity was determined as 35% in barley warehouses, 22% in wheat warehouses and 8% in corn warehouses.

However, in the summer season, it was determined that the maximum aeration capacity should be 101 m³/h.ton in barley, 121 m³/h.ton in wheat, 341 m³/h.ton in corn, 64 m³/h.ton in oats, 78 m³/h.ton in rye and 119 m³/h.ton in paddy. The average maximum ventilation rate in summer was found to be 210108 m³/h, 299717 m³/h and 772458 m³/h in barley, wheat and corn warehouses, respectively. It was determined that the ratio of the maximum ventilation capacity calculated for the summer season to meet the average

ventilation requirement was approximately 15% in barley warehouses, approximately 11% in wheat warehouses and approximately 4% in corn warehouses.

According to the results obtained from the heat balance analyzes, it was found that the ventilation systems were insufficient to remove the radiation heat and respiratory heat out of the storage. Generally, excess heat was observed in the silos in both summer and winter seasons. In addition, it has been determined that the radiation heat gain, especially in steel silos, varies depending on the height/width ratio of the structure, and as this ratio approaches 1, the heat increase reaches the maximum value.

As a result, it was determined that the heat load generated by solar radiation in the grain silos remained at a very low level (10-20%) compared to the respiratory temperature of the product, and the main heating problem in the storage structures in the region was not caused by solar radiation but especially by insufficient ventilation. Thermal insulation, which is very important in the planning of agricultural structures, is also important in reducing the heat gain by radiation in grain storages, even if it is a small amount. However, it has been determined that due to the excessive heat load in the silos, in order to minimize the quality and quantitative losses in the products and to keep them in healthy conditions for a longer period of time, only thermal insulation will not be sufficient, and it has been determined that it is inevitable to design silos in sizes and shapes to meet the ventilation needs of the products.

Keywords: construction, environmental conditions, grains, grain silos, heat balance, silo, solar radiation, ventilation

ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmam süresinde yardım ve desteklerinden dolayı değerli danışmanım Prof. Dr. Nuh UĞURLU'ya, ayrıca değerli vakitlerini ayırarak deneyim ve bilgilerini paylaşan tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI ve Prof. Dr. Bilal ACAR'a şükranlarımı sunarım.

Saha çalışmalarının yürütülmesinde katkı ve desteklerinden dolayı Konya TMO Şube Müdürü Mehmet Taşkın'a, MySilo lisanslı depoculuk genel müdürü Yusuf Esat DEMET'e, MySilo satış proje yöneticisi Serhan BEĞDEŞ'e, Konya Ticaret Odası tahıl ve bakliyat ürünleri ticareti komite başkanı Ramazan KOÇAKER'e ve çalışmam süresince destekleri ve misafirperverlikleri için işletme sahipleri ve yetkili kişilere teşekkür ederim. S.Ü. Ziraat Fakültesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Süleyman SOYLU'ya, Prof. Dr. Yüksel KAN'a, Dr. Öğr. Üyesi İlknur KUTLAR YAYLALI'ya, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞAHİN'e, Dr. Öğr. Üyesi İlknur GÜMÜŞ'e ve Makine Mühendisliği bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU'na ve değerli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Bahar SAYIN KUL'a destek ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam süresince manevi olarak daima yanımda yer alan değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Özden SALMAN'a, Arş. Gör. Dr. Keziban YALÇIN DOKUMACI'ya, Arş. Gör. Ayşegül GÜR'e ve Arş. Gör. Mehmet Akif KALENDER'e teşekkür ederim. Bu süre zarfında hep yanımda olan manevi kardeşim ve değerli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK'a ve değerli aileme, tez çalışmaları süresince maddi ve manevi olarak her daim yanımda olan ve desteğini esirgemeyen kıymetli eşim Ensar SUCİ'ye sevgi, saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Elif ŞAHİN SUCİ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1. Depolama Yapılarının Amacı, Kapsamı ve Görevleri.....	7
2.2. Hububat Depolama Yöntemleri ve Lisanslı Depoculuk.....	8
2.3. Hububat Depolama Yapılarının Planlanması ve Depolama Süresince Etkili Çevresel Faktörler.....	12
2.3.1. Sıcaklık ve nem içeriği	13
2.3.2. Havalandırma.....	20
2.3.3. Hava Bileşimi	22
2.3.4. Hava hareketi	23
2.4. Yapı Elemanlarından Isı İletimi.....	25
2.5. Türkiye ve Konya’da Güneş Enerjisi ve Güneşlenme süresi	31
2.6. Yatay, Düşey ve Eğimli Yüzeylere Gelen Güneş Radyasyonu	34
2.7. Yapı Elemanlarından Radyasyonla Isı Kazanımı ve Ürünlerin Verdiği Solunum Isısı.....	38
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Konya ilinin coğrafik ve demografik yapısı ve arazi kullanım durumu	39
3.1.2. Konya ilinin iklimsel özellikleri	41
3.1.3. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin genel özellikleri	43
3.2. Yöntem.....	47
3.2.1. Anket verilerinin değerlendirilmesi	47
3.2.2. Yapılarda kullanılan malzeme kalınlıklarının ve depoların (siloların) fiziksel, alansal ve hacimsel boyutlarının belirlenmesi	48
3.2.3. Yapı elemanlarının ısı iletim katsayılarının hesaplanması ve değerlendirilmesi	49

3.2.4. Yatay, düşey ve eğimli yapı yüzeylerine etki eden güneş radyasyonunun miktarı ve değerlendirilmesi	51
3.2.5. Depolama yapılarında radyasyon ve ürünün solunumundan kaynaklı ısı kazanımı ve havalandırma miktarının değerlendirilmesi.....	56
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	58
4.1. İşletmelerde Yürütülen Anket Çalışmalarının Değerlendirilmesi	58
4.1.1. İşletmelerin konumu, işletme şekli, ilçe merkezine uzaklıkları ve yol durumları.....	58
4.1.2. İşletmelerin faaliyete başladığı yıllar ve iş gücünün kullanımı	60
4.1.3. İşletmelerin arazi varlıkları, depolanan ürün çeşidi, depolama süresi ve depoların doluluk durumu.....	61
4.1.4. İşletmelerin eleme ve kurutma tesisi varlığı ve laboratuvar imkânına göre dağılımı	64
4.2. Depolama Yapılarının Değerlendirilmesi	68
4.2.1. Depolama yapılarının tipleri, sayıları ve kapasitelerine göre dağılımı	68
4.2.2. Depolama yapılarında kullanılan havalandırma sistemleri ve kapasiteleri ..	75
4.2.3. Depolama yapılarında çatı tipleri ve kapı şekilleri	80
4.2.4. Silo boyutları, fiziksel, alansal ve hacimsel büyüklükleri ve ürün depolama kapasiteleri	84
4.2.5. Çelik ve beton konstrüksiyonlu hububat silolarında yapı elemanlarının ısı geçirme katsayıları	93
4.2.6. Hububat depolama yapılarının bulundukları konumlarda yatay düzlem üzerine gelen güneş radyasyonu miktarları	96
4.2.7. Hububat depolama yapılarının düşey (yanal duvar) ve eğimli (çatı) yüzeylerine gelen güneş radyasyonu miktarları.....	109
4.2.7.1. Hububat depolama yapılarının düşey yüzeylerine (yanal duvar) gelen güneş radyasyonu miktarları	109
4.2.7.2. Hububat depolama yapılarının eğimli (çatı) yüzeylerine gelen güneş radyasyonu miktarları	115
4.2.8. Hububat depolarında işletme bazlı solunum ısıları.....	121
4.2.9. Hububat depolarında ısı dengesi analizleri	125
4.2.9.1. Kış mevsimi ısı dengesi analizleri	125
4.2.9.2. Yaz mevsimi ısı dengesi analizleri	153
4.2.10. Hububat depolarının duvar ve çatılarında kullanılan konstrüksiyon malzemelerine göre güneş radyasyonu kaynaklı ısınma miktarları.....	177
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	182
5.1 Sonuçlar	182
5.2 Öneriler	186
KAYNAKLAR	190
EKLER	209
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%:	Yüzde
°C :	Santigrat derece
mg:	Miligram
g :	Gram
kg :	Kilogram
lt :	Litre
mm :	Milimetre
cm :	Santimetre
m :	Metre
km ² :	Kilometrekare
m ² :	Metrekare
cm ² :	Santimetrekare
ha :	Hektar
m/s :	Metre/saniye
ton/m ³ :	Ton/metreküp
m ³ /h:	Metreküp/saat
W/m ² :	Watt/metrekare
kcal/h:	Kilokalori/saat
kcal:	Kilokalori
cal	Kalori
MJ:	Megajoule
W:	Watt
KW:	Kilowatt
h:	Saat
°K:	Kelvin derece
°C:	Santigrat derece
CO ₂ :	Karbondioksit
O ₂ :	Oksijen
Max.:	Maksimum
Min.:	Minimum

Ort.:	Ortalama
bu (Bushel):	Tahıl gibi kuru maddelerin hacimlerini gösteren ölçü birimi
cfm:	Dakika başı küpsel uzunluk (hava akımının hızını belirten ölçüm birimi, m ³ /h)
Q:	Silindirik bir yapı elemanından olan toplam ısı iletimi
q:	Silindirik bir yapı elemanının birim uzunluğundan olan ısı akısı
K:	Silindirik bir yapı elemanında toplam ısı transfer (iletim) katsayısı
L:	Silindirin yüksekliği (uzunluğu)
T _i , t _i :	İç ortam sıcaklığı
T _d , T ₀ , t _a , t _d :	Dış ortam sıcaklığı
r _i , d _i , d ₁ :	Silindirin iç yarıçapı
r ₀ , d ₂ :	Silindirin dış yarıçapı
U:	Toplam ısı iletim katsayısı
U _{eff} :	Rüzgâr hızının etkili olduğu ısı iletim katsayısı
U _{actual} :	Durgun koşullarda toplam ısı iletim katsayısı
h _t :	Çatı dış yüzey yüzeysel ısı iletim katsayısı
h _b :	Alt levha dış yüzey yüzeysel ısı iletim katsayısı
h _w :	Perde (gövde) dış yüzey yüzeysel ısı iletim katsayısı
h _i f _i :	İç yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayısı
h _a , a _a , f _d :	Dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayısı
v:	Rüzgâr hızı
t _w :	Duvar sıcaklığı
t _a :	Ortalama hava sıcaklığı
k _t , k _d , k _D , k _b :	Berraklık indeksi
H:	Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınıımı
H ₀ :	Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük atmosfer toplam güneş ışıınıımı
H _d :	Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük difüz güneş ışıınıımı
I _t , I:	Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik toplam güneş ışıınıımı
I ₀ :	Yatay düzleme gelen atmosfer dışı aylık ortalama saatlik toplam güneş ışıınıımı

I_b :	Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik direkt güneş ışıınıımı
I_d :	Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik difüz güneş ışıınıımı
I_{sc} :	Güneş sabiti
I_{TE} :	Dik ve eğimli yüzeylere gelen saatlik toplam güneş ışıınıımı
I_{be} :	Dik ve eğimli yüzeylere gelen saatlik direkt güneş ışıınıımı
I_{de} :	Dik ve eğimli yüzeylere gelen saatlik difüz güneş ışıınıımı
I_{re}, I_{ya} :	Dik ve eğimli yüzeylere gelen saatlik yansıyan güneş ışıınıımı
R_b :	Yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş ışıınıımı dönüşüm katsayısı
ρ :	Yüzey yansıtma oranı
f :	Güneş sabiti düzeltme faktörü
r_t, r_d :	Katsayı
S :	Aylık ortalama günlük güneşlenme süresi
S_0 :	Maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresi
w :	Saat açısı,
t :	Günün saati
w_s :	Güneş batış saat açısı
$^\circ$:	Derece
Z :	Rakım
θ :	Güneş yükseklik açısı
θ_z :	Zenit açısı
a, b :	Regresyon katsayıları
$\cos$:	Kosinüs
γ :	Azimut açısı
β :	Eğim açısı
d :	Deklinasyon açısı
e :	Enlem derecesi
Q_{BR} :	Yapı elemanı yüzeyinden radyasyonla ısı kazancı
F, A :	Yapı elemanının yüzey alanı
t_s :	Yapı elemanının yüzey sıcaklığı
I :	Toplam güneş radyasyonu
a :	Yapı elemanı yüzeyinin absorbsiyon (soğurma) katsayısı
D :	Pencere camının ısıışığı geçirme katsayısı

q:	Depolanan tahılın saatte yaydığı toplam ısı miktarı
M:	Toplam depolama kapasitesi
C:	Tahıl çeşitlerinin farklı nem içeriklerinde solunum ısıları
V_{hava} :	Havalandırma kapasitesi
Q:	Toplam soğutulması gereken ısı miktarı
δ_{hava} :	Havanın özgül ağırlığı
m_{hava} :	Soğutulacak hava miktarı
C_p :	Kuru havanın sabit basınç altındaki özgül ısısı
Δt :	İç ve dış havanın sıcaklık farkı
$l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$:	Yapı elemanını oluşturan malzemelerin kalınlıkları
$k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$:	Yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin ısı iletkenlikleri
λ, x	Yapı elemanlarını oluşturan malzemelerde ısı iletimi
q:	Yapı elemanlarından olan toplam ısı iletimi
IGC:	International Grains Council / Uluslararası Tahıl Konseyi
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
UN:	United Nations
USAID:	United State Agency for International Development
ESDEP:	European Steel Design Education Programme
ACI:	American Concrete Institue
TSE:	Türk Standartları Enstitüsü
FAO:	Food and Agriculture Organization
ASAE:	American Society of Agricultural Engineers
ASHRAE:	American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers
ISO:	International Organization for Standardization
ADNKS:	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Dünya’da hububat üretimi (milyon ton) (IGC, 2021)	2
Çizelge 1.2. Türkiye’de hububat üretimi (milyon ton) (IGC, 2021; TÜİK, 2021).....	2
Çizelge 1.3. Dünya ve Türkiye’de toplam hububat tüketimi (milyon ton) (IGC, 2021) ..	3
Çizelge 2.1. Bazı hububat çeşitlerinin hasat sırasında ve depolama süresince bozulmadan depolanabilmesi için güvenli nem içerikleri (Akay, 2022).....	18
Çizelge 2.2. Arpa, buğday, mısır ve yulaf gibi tahılların farklı sıcaklık ve bağıl nem içeriklerindeki denge nem içerikleri	19
Çizelge 2.3. Buğdayın nem içeriğini havalandırma ile düşürmek için gerekli hava akış oranları ve fanlama süreleri (Hellevang, 1983)	21
Çizelge 2.4. Mısır nem içeriğini havalandırma ile düşürmek için gerekli hava akış oranları ve fanlama süreleri (Hellevang, 2005).....	21
Çizelge 2.5. Çelikteki karbon miktarlarına göre ısı iletim katsayıları (TSE, 2008; Sment ve ark., 2020)	26
Çizelge 2.6. Özelliklerine göre çeliğin ısı iletim katsayıları.....	27
Çizelge 2.7. Genel bina uygulamalarında bazı malzemeler için ısı iletim değerleri	28
Çizelge 2.8. Metallerde iç ve dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayısı değerleri	30
Çizelge 2.9. Hava hızı ve yüzey şeklinin ısı taşınım katsayısına etkisi.....	30
Çizelge 2.10. Türkiye’de uzun yıllar aylık toplam güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu miktarı.....	32
Çizelge 2.11. Bölgelere göre yıllık toplam güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu miktarı.....	32
Çizelge 2.12. Konya ilinde uzun yıllar aylık toplam güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu miktarı	33
Çizelge 2.13. Ågnström tip eşitliklerde kullanılan a ve b regresyon katsayılarının Dünya’da ve Türkiye’deki değişimi	36
Çizelge 2.14. Ayların ortalaması için tavsiye edilen günler	36
Çizelge 2.15. Yönlerle bağlı güneş yükseklik açısı hesap yöntemleri.....	37
Çizelge 2.16. Bazı tahıl çeşitlerinin farklı nem içeriklerinde solunum ısıları (mg/24h-g)	38
Çizelge 3.1. Türkiye ve Konya’nın arazi varlığı ve Konya’nın arazi varlığındaki yeri (Anonim, 2021b).....	40

Çizelge 3.2. Türkiye ve Konya’da tarım arazilerinin kullanım durumu ve Konya’nın yeri (Anonim, 2021b).....	40
Çizelge 3.3. Türkiye ve Konya’da toplam hububat üretimi ve Konya’nın hububat çeşidine göre üretimdeki yeri (TÜİK, 2023).....	41
Çizelge 3.4. Konya iline ait uzun yıllar içerisinde gerçekleşen iklimsel veriler (Anonim, 2022a)	42
Çizelge 3.5. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin genel özellikleri.....	45
Çizelge 4.1. İşletmelerin konumu, işletme şekli, ilçe merkezine uzaklıkları ve yol durumları.....	59
Çizelge 4.2. İşletmelerin faaliyete başladığı yıllar, iş gücünün sağlanma şekli ve işçi sayıları.....	60
Çizelge 4.3. İşletmelerin arazi varlıklarına göre dağılımı	61
Çizelge 4.4. İşletmelerin arazi varlıkları, depolanan ürün çeşidi, depolama süresi ve depoların doluluk durumu.....	62
Çizelge 4.5. İşletmelerdeki depoların doluluk oranları.....	63
Çizelge 4.6. İşletmelerin kurutma- eleme tesisi varlığı ve kalite analizi-sınıflandırma için laboratuvar imkânı	64
Çizelge 4.7. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde bulunan depo tipleri, sayıları ve kapasiteleri	69
Çizelge 4.9. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde kullanılan havalandırma sistemleri, sayıları ve kapasiteleri	76
Çizelge 4.10. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarındaki çatı tipleri	81
Çizelge 4.11. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde çatı tipine göre kullanılan malzemelerin dağılımı	81
Çizelge 4.12. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarındaki kapı tipleri	81
Çizelge 4.13. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarının fiziksel, alansal ve hacimsel boyutları.....	85
Çizelge 4.14. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde birim depolama ünitesi başına depolanabilecek ürün miktarları	91
Çizelge 4.15. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde birim depolama ünitesi için yapı elemanlarının toplam ve ortalama ısı geçirgenlik katsayıları	94

Çizelge 4.16. Depolama yapılarında kullanılan konstrüksiyon malzemesine göre yapı elemanlarının toplam ve ortalama ısı geçirme katsayıları	96
Çizelge 4.17. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, işletme başına ocak, şubat ve mart aylarında ortalama H_0 , H , S ve S_0 değerleri	99
Çizelge 4.18. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, işletme başına haziran, temmuz ve ağustos aylarında ortalama H_0 , H , S ve S_0 değerleri	101
Çizelge 4.19. Ocak, şubat ve mart aylarında depo konumuna göre, yatay düzleme gelen saatlik güneş radyasyonu miktarları (I_0 , I , I_d , I_b) ve berraklık indeksi (k_t) değerleri	104
Çizelge 4.20. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında işletme başına yatay yüzey üzerine gelen ortalama saatlik güneş radyasyonu miktarları (I_0 , I , I_d , I_b) ve berraklık indeksi (k_t) değerleri	107
Çizelge 4.21. Ocak, şubat ve mart aylarında siloların düşey yüzeyleri (yanal duvar) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları	110
Çizelge 4.22. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında siloların düşey yüzeyleri (yanal duvar) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları	113
Çizelge 4.23. Ocak, şubat ve mart aylarında siloların eğimli yüzeyleri (çatı) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları	116
Çizelge 4.24. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında siloların eğimli yüzeyleri (çatı) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları	119
Çizelge 4.25. Bazı tahıl çeşitlerinin solunum ısıları (Bailey ve Gurjar, 1920; Bailey, 1940)	121
Çizelge 4.26. Depolama kapasitesi ve ürün çeşidine göre bazı tahıl çeşitlerinin toplam solunum ısıları miktarları	122
Çizelge 4.27. Depolama yapılarında arpa depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı	127
Çizelge 4.28. Depolama yapılarında buğday depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı	132
Çizelge 4.29. Depolama yapılarında mısır depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı	136

Çizelge 4.30. Depolama yapılarında yulaf depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı.....	140
Çizelge 4.31. Depolama yapılarında çavdar depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı.....	144
Çizelge 4.32. Depolama yapılarında çeltik depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı.....	149
Çizelge 4.33. Depolama yapılarında arpa depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı	156
Çizelge 4.34. Depolama yapılarında buğday depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı	159
Çizelge 4.35. Depolama yapılarında mısır depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı	163
Çizelge 4.36. Depolama yapılarında yulaf depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı	167
Çizelge 4.37. Depolama yapılarında çavdar depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı	170
Çizelge 4.38. Depolama yapılarında çeltik depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı	174
Çizelge 4.39. Hububat depolarında kullanılan konstrüksiyon malzemelerine göre duvar ve çatı elamanlarından kaynaklı güneş radyasyonu miktarları.....	179
Ek Çizelge 1. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen atmosfer dışı toplam güneş radyasyonu miktarları (I_0)	209
Ek Çizelge 2. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonu miktarları (I)	210
Ek Çizelge 3. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_d)	211
Ek Çizelge 4. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_b)	212
Ek Çizelge 5. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE}).....	213
Ek Çizelge 6. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be})	214
Ek Çizelge 7. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de})	215

Ek Çizelge 8. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re}).....	216
Ek Çizelge 9. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE}).....	217
Ek Çizelge 10. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be})	219
Ek Çizelge 11. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de})	221
Ek Çizelge 12. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re}).....	223
Ek Çizelge 13. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen atmosfer dışı toplam güneş radyasyonu miktarları (I_0)	225
Ek Çizelge 14. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonu miktarları (I).....	226
Ek Çizelge 15. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_d).....	227
Ek Çizelge 16. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_b).....	228
Ek Çizelge 17. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE})	229
Ek Çizelge 18. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be}).....	230
Ek Çizelge 19. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de}).....	231
Ek Çizelge 20. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re})	232
Ek Çizelge 21. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE})	233
Ek Çizelge 22. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be}).....	235
Ek Çizelge 23. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de}).....	237
Ek Çizelge 24. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re}).....	239

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Hububat silosu içerisinde meydana gelen değişimlerin birbirleriyle etkileri ve depolama yapıları ve ürün üzerine etkili dış faktörler (Navarro ve ark., 2002)	12
Şekil 2.2. Tahılların nem içeriğinin ve sıcaklığının, emniyetle depolanabilme yetenekleri üzerine etkisi (Altan, 1986)	16
Şekil 2.3. Arpada sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi (ASAE, 2001).....	17
Şekil 2.4. Buğdayda sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi (ASAE, 2001) ...	17
Şekil 2.5. Mısırdaki sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi (ASAE, 2001).....	17
Şekil 2.6. Sonbahar ve kış mevsiminde silo içerisinde konveksiyonel hava akışı (Carter 1978; Jones ve Shelton 1994; McKenzie 2010; Bala 2016; Sharma 2021).....	24
Şekil 2.7. İlkbahar ve yaz mevsiminde silo içerisinde konveksiyonel hava akışı (Hall 1980; McKenzie 2010; Bala 2016).....	25
Şekil 2.8. Türkiye’de aylık ortalama günlük güneşlenme süresi.....	32
Şekil 2.9. Konya’da aylık ortalama günlük güneşlenme süresi.....	33
Şekil 3.1. Konya ili ve ilçeleri toplam güneş radyasyonu miktarı.....	41
Şekil 3.3. Araştırmanın yürütüldüğü yatay betonarme depolara ait bir görüntü	43
Şekil 3.4. Araştırmanın yürütüldüğü çelik silolara ait bir görüntü	43
Şekil 3.2. Araştırmanın yürütüldüğü ilçeler ve işletmelerin harita üzerindeki görünüşleri	44
Şekil 3.5. Araştırmanın yürütüldüğü konik tabanlı silolara ait bir görüntü.....	46
Şekil 3.6. Araştırmanın yürütüldüğü çelik siloların üstten görünüşü	46
Şekil 3.7. Araştırmanın yürütüldüğü yatay betonarme ve çelik siloya ait bir görüntü ...	46
Şekil 4.1. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin işletme şekilleri	58
Şekil 4.2. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin işletme şekilleri	59
Şekil 4.3. İşletmelerin arazi varlıklarına göre yüzde (%) dağılımı	61
Şekil 4.4. İşletmelerdeki depolama yapılarının doluluk oranları.....	63
Şekil 4.5. Hububatın tremiden depolara alınması.....	64
Şekil 4.6. Hububatın depodan çıkarılması	64
Şekil 4.7. İşletmelerde kalite analizi ve sınıflandırma için laboratuvar varlığı	65
Şekil 4.8. İşletmelerin kurutma tesisi varlığı	65
Şekil 4.9. İşletmelerin eleme tesisi varlığı.....	65
Şekil 4.10. Numunenin alınması, analizi ve saklanması.....	66
Şekil 4.11. Dairesel kesitli düşey kurutma tesisi	66

Şekil 4.12. Dikdörtgen kesitli kurutma tesisi.....	67
Şekil 4.13. Dikdörtgen kesitli düşey kurutma tesisi ve sistem detayları	67
Şekil 4.14. Depolama yapılarının sayılarına göre dağılımı	68
Şekil 4.15. Depolama yapılarının toplam kapasitelerine göre dağılımı.....	68
Şekil 4.16. Yatay beton depoların kapasitelerine göre dağılımları.....	71
Şekil 4.17. Yatay betonarme depolama yapılarına ait görüntüler.....	71
Şekil 4.18. Konik tabanlı çelik siloların kapasitelerine göre dağılımları.....	72
Şekil 4.19. Konik tabanlı çelik hububat silolarına ait görüntüler	72
Şekil 4.20. Düz tabanlı çelik siloların kapasitelerine göre dağılımları	73
Şekil 4.21. Düz tabanlı çelik hububat silolarına ait görüntüler	73
Şekil 4.22. Beton Siloların Kapasitelerine Göre Dağılımları	74
Şekil 4.23. Beton hububat silolarına ait görüntüler	74
Şekil 4.24. Havalandırma kanallarının açılması ile ilgili görüntüler.....	75
Şekil 4.25. Çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemlerine ait görüntüler	78
Şekil 4.26. Çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemlerinin depo içerisinde yerleşimine ait görüntüler	79
Şekil 4.27. Yatay betonarme hububat depolarında kullanılan havalandırma sistemlerine ait görüntüler.....	79
Şekil 4.28. Depo içerisinde ısınan ürünün soğutulması ve neminin azaltılması amacıyla ürünün depolardan tremiye ve tekrar depolara aktarılması	80
Şekil 4.29. Egzoz fanlarına ait görüntüler	80
Şekil 4.30. Beşik çatılı depo	82
Şekil 4.31. Konik çatılı depo	82
Şekil 4.32. Üzerinde ilave kat bulunan beton silo	82
Şekil 4.33. Endüstriyel seksiyonel kapıya ait bir görüntü	83
Şekil 4.34. Sürgülü kapıya ait bir görüntü	83
Şekil 4.35. Kepenk kapıya ait bir görüntü	83
Şekil 4.36. Siloların toplam depolama hacimlerine göre dağılımı	84
Şekil 4.37. Sac kalınlıklarının ölçülmesi	89
Şekil 4.38. Ring yüksekliklerinin ölçülmesi.....	89
Şekil 4.39. Sıcaklık ölçüm halatlarının ürün içerisindeki görünümü	89
Şekil 4.40. Sıcaklık ölçüm halatlarının depo içerisinde yerleşim düzeni	90
Şekil 4.41. Sıcaklık ölçüm halatları içerisindeki sensörlerin dağılımı	90
Ek Şekil 1. Ürünlerin tremiden depolara alınması.....	241

Ek Şekil 2. Tremilerden alınan ürünün elevatörlere yükseltilmesi.....	241
Ek Şekil 3. Zincirli konveyörlere ait görüntüler	241
Ek Şekil 4. Bant sistemli konveyörlere ait görüntüler	242
Ek Şekil 5. Elevatörle yükseltile ürünlerin konveyörlerle silolara alınması.....	242
Ek Şekil 6. Toz toplama üniteleri	243
Ek Şekil 7. Yatay silolarda ürünün depolara alınma şekli	243
Ek Şekil 8. Dip sıyrıcı ile ilgili görüntüler	244
Ek Şekil 9. Silolarda ürünlerin boşaltılmasını sağlayan boşaltım kapakları.....	244
Ek Şekil 10. Depolardan ürünlerin boşaltılması ve konveyörlerle iletimi.....	245
Ek Şekil 11. Ürün yükleme bunkerleri	245
Ek Şekil 12. Ürünlerin depolardan boşaltılması	246
Ek Şekil 13. Sıcaklık ölçüm halatlarının çatı girişine uygulaması	246
Ek Şekil 14. Siloların boyutlarının belirlenmesi.....	247
Ek Şekil 15. İnfraro termometre ile yapı elemanlarının yüzey sıcaklıklarının ölçülmesi	247
Ek Şekil 16. Çelik silolarda gövde saclarının cıvatayla birbirine bağlanması.....	248
Ek Şekil 17. Silolarda doluluk sensörleri.....	248
Ek Şekil 18. Havalandırma kanalı bulunmayan yatay depolarda portatif borularla havalandırmanın sağlanması.....	248
Ek Şekil 18. Düz tabanlı çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemleri	249
Ek Şekil 19. Konik tabanlı çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemleri	249
Ek Şekil 20. Üzerinde ek kat bulunan beton silolarda sistem detayları.....	250
Ek Şekil 21. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo	251
Ek Şekil 22. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo	252
Ek Şekil 23. Konya bölgesi için 2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo boyutları ..	253
Ek Şekil 24. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo üstten görünüşü.....	254
Ek Şekil 25. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silolarda tasarlanabilecek E tipi havalandırma sistemi detayları	255
Ek Şekil 26. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silolarda tasarlanabilecek H tipi havalandırma sistemi detayları	256
Ek Şekil 27. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silolarda tasarlanabilecek F tipi havalandırma sistemi	257
Ek Şekil 28. 1200-1250 ton kapasiteye sahip konik tabanlı çelik silo	258
Ek Şekil 29. 1200-1250 ton kapasiteye sahip konik tabanlı çelik silo üstten görünüşü	259

Ek Şekil 30. 2500-3000 ton kapasiteye sahip beton silo	260
Ek Şekil 31. 2500-3000 ton kapasiteye sahip beton silo kesit görünüşü.....	261
Ek Şekil 32. 2500-3000 ton kapasiteye sahip beton silo havalandırma sistemi tasarımı	262



1. GİRİŞ

Buğday, arpa, mısır, yulaf, çavdar ve çeltik gibi kolaylıkla un haline dönüştürülebilen taneli bitkilere tahıl (hububat) denir. Tahıllar ve tahıllardan elde edilen ürünler beslenmede kullanılan temel gıda maddeleri olmakla birlikte hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde besin ihtiyacının sağlanmasında büyük rol oynar (McKevith, 2004). Uygarlığın başlangıcından beri tahıllar hem doğrudan insan beslenmesi hem de dolaylı olarak hayvan yemi olarak temel gıda maddelerini oluşturmaktadır. Şanlıer (2013)'e göre dünyada günlük enerji ihtiyacının %55-65'i tahıl ürünlerinden karşılanmakta olup, günlük protein ihtiyacının %66'lık kısmı yine tahıllardan sağlanmaktadır.

Ülkemizde 23.14 milyon ha arazide tarım yapılmakta olup toplam yüz ölçümünün %29,5'ine karşılık gelmektedir. Tarım yapılan alanlarının (nadas alanları hariç) %67.5'i (15.6 milyon ha) tarla tarımına ayrılmıştır. Bu alanların yaklaşık %71'inde (11.13 milyon ha) hububat tarımı yapılmaktadır. Hububat ekim alanlarının yaklaşık %96'sında (yaklaşık 10.68 milyon ha) buğday, arpa ve mısır yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu alanın %62'sinde buğday, %28'inde arpa ve %6.2'sinde mısır tarımı yapılmakta olup bu ürünleri çeltik, çavdar, yulaf ve tritikale takip etmektedir (Anonim, 2020a).

Dünyada tahıl üretiminin 2021 yılında 2827,8 milyon ton (616 tonu önceki stok) olduğu ve bunun %26'sının (737.1 milyon ton) gıda, %36'sının (1007 milyon ton) yem hammaddesi, %13'ünün (359.7 milyon ton) endüstriyel ve %4'ünün (122 milyon ton) diğer amaçlar için olmak üzere toplam tüketimin 2225.8 milyon ton olduğu ve 602 milyon tonunun (%21) stoklandığı tahmin edilmektedir (IGC, 2021). Türkiye'de 2021 yılında 7.2 milyon tonu önceki yıldan, 11.5 milyon tonu ithal ve 35.2 milyon tonu üretim olmak üzere toplam hububat varlığının 53.9 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bunun (53.9 milyon ton) yaklaşık %34'ü (18.2 milyon ton) gıda, %33'ü (17.7 milyon ton) yem hammaddesi, %3'ü (1.4 milyon ton) endüstriyel ve %6'sı diğer amaçlar için kullanılmış olup, toplam tüketim 40.4 milyon tondur. Ülkemizde 2021 tahminlerine göre toplam 6.9 milyon ton hububat ihraç edilmiş ve 6,6 milyon ton hububat ise stoklanmıştır (IGC, 2021).

Dünya'da hububat üretimi son 10 yılda %18.5 artarak, 1879 milyon tondan 2226 milyon tona ulaşmıştır (Çizelge 1.1). Türkiye'de ise 2011-2021 yılları arasında hububat üretimi %2.5 artarak 34.3 milyon tondan 35.2 milyon tona ulaşmıştır (Çizelge 1.2)

Çizelge 1.1. Dünya’da hububat üretimi (milyon ton) (IGC, 2021)

	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/2021*
Buğday	701	659	718	732	740	757	763	732	762	774
Mısır	907	901	1032	1061	1023	1132	1090	1129	1125	1140
Arpa	134	131	145	144	150	148	145	139	156	159
Yulaf	23	21	24	23	22	24	24	22	23	26
Çavdar	13	14	17	15	13	13	13	11	13	15
Diğer**	101	103	107	117	111	112	105	105	106	112
Toplam	1879	1829	2043	2092	2058	2189	2139	2141	2185	2226

(*) Tahmin, (**) sorgum, darı, tritikale ve karma hububat

Çizelge 1.2. Türkiye’de hububat üretimi (milyon ton) (IGC, 2021; TÜİK, 2021)

	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/2021*
Buğday	21,8	20,1	22,1	19,0	22,6	20,6	21,5	20,0	19,0	19,5
Mısır	4,2	4,6	5,9	6,0	6,4	6,4	5,9	5,7	6,0	6,5
Arpa	7,6	7,1	7,9	6,3	8,0	6,7	7,1	7,0	7,6	8,3
Yulaf	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Çavdar	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Diğer**	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3
Toplam	34,3	32,5	36,6	31,9	37,7	34,4	35,2	33,5	33,3	35,2

(*) Tahmin, (**) sorgum, darı, tritikale ve karma hububat

Dünyada toplam hububat tüketimi 2012 yılında 1841.2 milyon ton iken 2022 yılında yaklaşık %24 artışla 2289.7 milyon tona ve Türkiye’de 2012 yılında 35.8 milyon ton olan hububat tüketiminin 2022 yılında yaklaşık %10 artarak 39.5 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Dünya ve Türkiye’de toplam hububat tüketimi (milyon ton) (IGC, 2021)

	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/2021*	2021/22**
Dünya	1841,2	1956,3	2045,1	2013,0	2125,5	2151,2	2168,5	2194,2	2225,8	2289,7
Türkiye	35,8	36,3	37,4	36,0	36,0	37,7	37,4	41,3	40,4	39,5

(*) Tahmin, (**) öngörü

Dünyada kişi başına hububat tüketimi 2012 yılında yaklaşık 263 kg iken 2021 yılında dünya nüfusunun %10 artmasıyla yaklaşık 323 kg’a yükselmesine rağmen ülkemizde 2012 yılında kişi başına tüketilen hububat miktarı yaklaşık 477 kg iken 2021 yılında yaklaşık 480 tona ulaşmıştır (IGC, 2021; TÜİK, 2021). UN (2013)’e göre dünya nüfusu 2050 yılına kadar yaklaşık %23 artarak 9.6 milyara ulaşacaktır. Hububat tüketiminin de nüfusla paralel olarak artacağı düşünülürse üretilen ürünün çok az bir kayıpla tüketiciye ulaşması konusu daha da önem kazanacaktır. Tarımsal ürünler hem temel gıda maddeleri olmaları hem de tarımsal sanayi ham maddesi olmaları nedeniyle ekonomiye yaptıkları katkılardan dolayı oldukça önemlidirler. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte tarımsal besin maddelerine olan talep de her geçen gün artmaktadır. Üretimin belirli dönemlerde yapılması, tüketimin ise bütün yıla yayılması nedeniyle ürünlerin sağlıklı koşullarda depolanması ihtiyacı her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Karaman ve ark. (2009) ve Kaya (2017)’ya göre tarımsal ürünlerin üretilmesi insanların yaşamlarını sürdürmeleri ve ekonomiye katkıları yönünden ne kadar önemli ise tüketilinceye kadar muhafaza edilmesi de o kadar önemlidir.

Sargın ve Okudum (2014) tarafından da bildirildiği gibi depolama, hasat edilen tarımsal ürünlerin daha sonraki dönemlerde (günler, haftalar, aylar) tüketilebilmesi veya ticari olarak değerlendirilebilmesi amacıyla ürünlerin saklanması ve korunması işlemidir. Başlangıçta gıda maddelerinin bozulmasını önlemek ve uzun süre muhafaza etmek için basit kaplar, kuyular ve mahzenler kullanılmasına rağmen günümüzde bilim ve tekniğin gelişmesiyle birlikte depolama faaliyetleri modern tesislerde ve ortamın ısı ve nem düzeyleri kontrol edilerek ürün kayıplarını en az düzeye indirecek şekilde yapılmaktadır.

Depolamada yapılan hatalar nedeniyle hasat sonrası meydana gelen ürün kayıplarının yaklaşık %30 olduğu ve bu kayıpların minimum seviyeye indirilmesi ile üreticinin kârının artacağı, ihracat kayıplarının azalacağı, iç ve dış piyasaya daha fazla ve daha kaliteli ürün verileceği Anonim (2015) tarafından bildirilmiştir. Philips ve Throne (2010)’a göre

depolamadaki tahıl kayıpları toplam üretimin %10-20'sini oluşturmakta olup, bu kayıplar ön depolama, yetersiz depolama kapasitesi, böcek ve zararlılardan kaynaklanmaktadır. Bala (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ise hasattan tüketime kadar yıllık tahıl kaybının %10-25 olduğu hasat sonrası meydana gelen kayıpların azaltılmasının ürünlerin uygun şekilde harmanlanması, temizlenmesi, kurutulması ve depolanmasına bağlı olduğu bildirilmiştir.

Hasat sonrası ürünlerin bozulmadan saklanmasını sağlamak, tarımsal ürünleri yıl boyunca uygun fiyatla tüketiciye sunmak, sadece belirli dönemlerde hasat edilen ürünlerin pazarlama sürecini uzatmak ve çiftçilerin ekonomik refah düzeyini artırmak, iş gücünün yıl içerisinde dengeli dağılmasını sağlayarak yıl boyunca iş istihdamı yaratmak, her türlü tarımsal ürünlere yılın her döneminde ulaşılması sağlanarak fiyat dalgalanmalarının önüne geçmek ve üretici ile tüketici arasında fiyat dengesi oluşturmak tarımsal ürünlerin depolanmasının başlıca nedenleri olarak sayılabilir.

Kaya (2017)'ya göre ülkemizde üretim maliyetlerinin yüksekliği ve düşük verimlilikten dolayı çiftçi gelirleri de düşük seviyelerdedir. Bu sebepten dolayı devlet tarafından bütçe kısıtları dahilinde karşılanan destek araçları bazı önemli etkilere sahiptir. Ancak çiftçilerin refahını artıracak daha yapısal bir politikaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Uzun yıllardır ABD'de uygulanan ve piyasa sisteminin etkin bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunan lisanslı depoculuk sistemi son yıllarda birçok ülkede yapısal çözümler getirmesi neticesinde bir politika seçeneği olarak uygulanmaya başlamıştır. Türkiye'de ise lisanslı depoculuk faaliyetleri 17 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren 5300 sayılı Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu ile başlamıştır (Kaya, 2017). Lisanslı depoculuk sistemi, depolamaya uygun ve standardizasyonu yapılabilen tarımsal ürünlerin sınıf ve kalite kriterlerinin yetkili sınıflandırıcı laboratuvarlarca belirleyen, ürünlerin modern alt yapılı sağlıklı ortamlarda depolanmasını mümkün kılan, depolama karşılığında verilen senetleri teminat gösteren çiftçilere finansman imkânı veren ve yıl boyunca piyasalarda fiyat istikrarı sağlayarak ekonomide kayıt dışılığın azaltılmasına katkı sağlayan sistemdir (Anonim, 2015; Anonim 2020b). Hacıoğlu Deniz ve ark. (2011)'e göre, lisanslı depoculuk ürünlerin sağlıklı koşullarda depolanmasını ve ürün kalitesinin sürekliliğini sağlar, ürünlerin depolanması karşılığında verilen lisans ile finansman olanağı sağlayarak kredi alma imkanını artırır, ürünlerin kalitelerine göre sınıflandırılarak depolanmasını sağlar, fiyat istikrarsızlığını önleyerek ticaret borsalarının etkinleşmesini ve fiyatların ürünlerin gerçek değerlerine göre yapılmasını sağlar. Ayrıca çiftçiye bireysel depolama masrafindan tasarruf sağlayarak hem

tarım ürünleriyle ilgili sağlıklı verilerin toplanması kolaylaşır hem de tarım ürünlerinin satışında şeffaf bir ticaret ortamı oluşturulur.

Türkiye’de lisanslı depolama kapasitesi 9 135 723 ton olup bunun %99’unda hububat ve %1’inde diğer ürünler (Pamuk, zeytin-zeytinyağı, fındık, kuru kayısı, antep fıstığı) depolanmaktadır. Lisans alıp faaliyete geçen şirketlerin toplam kapasitelerinin tamamının lisansa dahil olması durumunda 13 761 116 ton kapasiteye ulaşılacaktır. Kuruluş izni alan şirketlerin toplam kapasitesi ise 6 176 000 ton olup tamamının lisans almasıyla birlikte toplam depolama kapasitesi 19 937 116 ton olacaktır. Ülkemizde en fazla lisanslı depoculuk kapasitesine sahip il Konya’dır ve 9 135 723 tonluk toplam kapasitenin yaklaşık %20’sini (1 822 731 ton) meydana getirmektedir. Kuruluş izni alan işletmelerde kapasitenin tamamı için lisans alınması ile birlikte Konya ilinde toplam lisanslı depoculuk kapasitesinin yaklaşık 2 milyon tona ulaşması beklenmektedir (Anonim, 2023). Bu da tahıl ambarı olarak nitelendiren Konya ilini depolama faaliyetleri açısından daha önemli konuma getirmektedir.

Depolama yapıları planlanırken, depolanacak ürünlerin kalitatif ve kantitatif kayıplarını muhtemel en düşük seviyede tutabilmek ve yapı elemanlarında meydana gelen toplam ısı kazanımı veya kaybını azaltmak için uygun yalıtım ve konstrüksiyon malzemeleri kullanılarak, yeterli havalandırmaya imkân verecek kapasitede ve tasarımda havalandırma sistemlerinin planlanması gerekmektedir. Yapı elemanlarında ısı kazanımı yapı elemanının konstrüksiyonuna, ısıl iletkenliğine, ortalama maksimum ve minimum hava sıcaklıklarına ve güneş ışıınımı (radyasyonu) miktarına göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca hasat edilen tahılın depolama süresi boyunca besin değerini kaybetmeden muhafaza edilmesi tekniğine uygun olarak planlanmış depolama yapıları ile olasıdır. Bu nedenle depolama faaliyetinde, siloların ne denli başarılı olduğunun ortaya konulması için bazı yönlerden değerlendirilmesinde fayda görülmektedir. Bu çalışmada, Konya bölgesinde depolama faaliyeti gösteren hububat silolarının bütün yapısal özellikleri (depo tipi, yükseklik, genişlik, kullanılan malzeme detayları, mekanik ve termal özellikleri) ile birlikte iklimsel veriler (sıcaklık ve nispi nem, havalandırma tipleri) değerlendirilerek detaylı analizleri yapılmıştır. Ayrıca araştırma alanında yürütülen anket çalışmaları ile ürünlerin depolanma koşulları, depolanma süreleri, şekli ve amacı, depolama kapasiteleri belirlenmiştir. Depolama yapılarında kullanılan malzemelerin özellikleri ve ısı geçirgenlikleri dikkate alınarak detaylı termal analizleri yapılmıştır.

Araştırma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde (giriş), araştırma konusunun önemi ve amacı üzerinde durularak hububatın dünya ve ülkemizdeki durumu ile ilgili bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde (kaynak araştırması), depolama yapılarının amacı, kapsamı, görevleri ve depolamada etkili çevre koşulları (sıcaklık, bağıl nem, vb.), ısı iletim mekanizmaları, güneş radyasyonu miktarı ve hesap yöntemleri hakkında bilgiler verilerek daha önce yapılmış çalışmalar özetlenmiştir. Araştırmanın üçüncü bölümünü oluşturan materyal-yöntem kısmında Konya bölgesinde faaliyet gösteren işletmelerin dağılımı, depolama yapılarının genel yapısal ve fiziksel özellikleri ile radyasyon ve ısı dengesi analizlerinin hangi yöntemlerle yapıldığı açıklanmaya çalışılmıştır. Dördüncü bölümde (araştırma sonuçları ve tartışma), yürütülen anket ve arazi çalışmaları değerlendirilerek yapı elemanlarının ısı iletim katsayıları ve yapıya etki eden güneş radyasyonu miktarları tespit edilmiş ve depolanan ürün çeşidine göre ısı dengesi analizlerinin sonuçları grafik ve tablolar ile ifade edilmiştir. Beşinci bölümde ise yürütülen arazi çalışmaları ve yapılan geniş kaynak araştırmalarına göre elde edilen veriler tartışılarak, depolama yapılarının tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlarla ilgili çözüm önerileri sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Depolama Yapılarının Amacı, Kapsamı ve Görevleri

Şişman ve Albut (2010) tarafından da bildirildiği gibi tarımsal üretimin artırılması kadar tarımsal ürünlerin uygun kullanımı ve pazarlamaya kadar depolanması da önemlidir. Depolamanın amacı, depolanan ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve tazeliğini korumaktır. Uygun olmayan depolama koşullarında ürün çeşidine göre değişmekle beraber nitelik ve nicelik açısından kayıplar artmaktadır. Bu kayıpların azaltılması, uygun depolama koşullarının sağlanması ve depolama yönetimi ile mümkün olmaktadır.

Depolama yapısının yapım kalitesi, depolama hacminin yeterliliği, kullanılan yalıtım ve yapı malzemeleri, havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemleri depolama başarısını etkileyen en önemli faktörlerdir (Polat, 2015).

Said ve Pradhan (2014)'a göre silolarda toplu depolamanın faydaları şunlardır:

- 1- Tahılların daha uzun süre depolanmasına olanak sağlar,
- 2- İşletme maliyeti düşük ve iş gücü gereksinimi azdır,
- 3- Doldurma ve boşaltma işlemleri hızlı bir şekilde yapılır,
- 4- Zararlılara karşı fumigasyon uygulaması etkili bir şekilde gerçekleştirilir,
- 5- Daha az alanda daha fazla ürün depolanmasına imkân sağlar,
- 6- Etkili bir havalandırma yapılabilir,
- 7- Nem içeriği yüksek tahılların kısa süreli olarak depolanmasına olanak sağlar.

Toplu depolamanın bu faydaları yanında en önemli dezavantajı ise depolama kapasitesinin tam kullanılmaması halinde boş kalan depolama alanlarının başka faaliyetler veya ürünler için kullanılamamasıdır. Depolama yapısının görevi sadece tarımsal ürünü stabil bir şekilde tutmak değil aynı zamanda nem yoğunlaşması veya aşırı sıcaklıklar nedeniyle tahılın zarar görmesini en az düzeye indirmektir. Depolama yapısının yükleme ve boşaltma işlemleri sırasında meydana gelen basınç değişikliklerine de dayanabilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir (Anonymous, 2020).

2.2. Hububat Depolama Yöntemleri ve Lisanslı Depoculuk

Tahıllar yer üstünde bulunan depolarda depolanabildiği gibi yeraltında kazılan kuyular içerisinde de depolanabilmektedir (Hoseney, 1994). Tahılların hangi tip depolarda nasıl depolanacağını belirlenmesinde ürünün cinsi ve miktarı, depolama süresi, yetiştirme koşulları ve özelliklerinin yanı sıra depolama yapısının bulunduğu yörenin iklimsel özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir (Bhole ve ark., 1985; Elgün ve Ertugay, 1997; Dizlek, 2011).

Hububat depolamanın en etkili yöntemlerinden birisi silolarda depolamadır. Dökme olarak depolanan tahıl daha az yer kaplar, mekanik olarak işlenebilir ve taşıma maliyetleri azalır. Tahıl sıcaklığındaki potansiyel artışları azaltmada, tahılın silo içerisinde döndürülmesi veya havalandırmada etkinlik sağlamaktadır (USAID, 2011). Günümüzde ürünlerin depolanmasına yönelik yapılar, amaç doğrultusunda bank (Bunker) tipi depolar, silolar (çelik ve betonarme) ve kontrollü atmosfer depolar olarak planlanabilmektedir (Kibar ve Öztürk, 2010).

ESDEP (2006)'ya göre silo duvarı malzemesi, silonun şekli ve ebadı ile boşaltma esnasında oluşan akımın şekli tasarımı önemli etkenlerdir. Silonun şekli ve boyutları; depolama kapasitesi, deponun yeri ve tipi, boşaltma yöntemi ve hızı, depolanacak ürünün özellikleri, tahılın korunması, yapının işlevi, çalışma esnekliği, tesisin kurulması için kullanılabilir alan, gelecekteki kullanımı ve genişleme planları ve ekonomik hususlara göre değişebilmektedir (Benavides L, 1987; ESDEP, 2006; Karaçalı, 2009; Anonymous, 2020).

Dökme olarak tahılı depolamak amacıyla yapılmış çeşitli boyutlarda farklı silo tipleri vardır. Siloların ya birbirlerine cıvatalı beton, tuğla veya sacdan inşa edildiği ve cıvatalı oluklu çelik silo modellerinin etkili ve nispeten ucuz olduğu için çoğu ülkede kullanım yoğunluğunun arttığı USAID (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ifade edilmektedir. En yaygın ve ekonomik metal silolar oluklu sacdan imal edilmekte olup çoğunlukla prefabrik panellerin birleştirilmesiyle endüstriyel olarak inşa edilmektedir (Boumans, 2012).

Çelik silolar, yüksek dayanımlı galvanizli çelikten üretilmiş dar oluklu saclar ile duvar destek sacları (Stiffener) ve güçlü çatı bağlantıları ile dairesel olarak inşa edilirler ve silindirik bir gövde ve konik bir çatıdan meydana gelirler (Dizlek, 2011). Hububat depolamada düz tabanlı silolar tercih edilmekte olup, sürekli olarak dolum-boşaltım yapılacaksa konik tabanlı siloların tercih edilmesi gerektiği yapılan bir çalışmada bildirilmektedir (Dizlek, 2011).

Silolar düşey ve yatay olarak inşa edilebilmekte olup yatay silolar sürekli ve geçici olarak planlanabilmektedir. Sürekli yatay siloların tabanı ve duvarları betonarme, taş veya çelik malzemeden yapılabilir ve yükseklikleri 2-6 m, genişlikleri 5-6.5 m, uzunlukları ise 10-15 m arasındadır. Geçici yatay siloların ise tabanı ve duvarları toprak malzemeden oluşmaktadır ve genişlikleri 4-5 m, yükseklikleri 1-2 m arasında değişmektedir. Geçici yatay silolar yağışlardan ve bunun sonrasında oluşan toprak kaymasından zarar görebileceği için geçirgenliği yüksek sert ve eğimli araziler üzerine kurulması önerilmektedir (Anonim, 2015).

Anonymous (2020)'a göre silolar sığ ve derin olmak üzere iki tipte sınıflandırmakta olup, derinliği yarıçapının 4 katından küçük olan silolar sığ silo, derinliği yarıçapının 4 katından büyük olan silolar ise derin silo olarak tanımlanmaktadır.

Silolar genellikle huni olarak bilinen, düz veya eğimli kenarları olan bir tabana sahip dikey kenarlı bir bölümden oluşmakta olup dairesel, kare veya dikdörtgen kesitli olarak tek tek veya gruplar halinde düzenlenebilmektedirler (ESDEP, 2006). Özel (2007) tarafından yapılan bir çalışmada ise siloların dik duvarlı, düz tabanlı ya da huni (konik) tabanlı olarak inşa edilebileceği ve belirli bir depolama hacmi için düz tabanlı siloların yüksekliğinin huni (konik) tabanlı silolara göre daha az olması gerektiği tespit edilmiştir. Yüksek boşaltma debisi elde edebilmek için huni tabanlı siloların tasarlanması gerektiği, ancak uzun süreli depolamada ve boşaltma hızının çok yüksek olmadığı durumlarda ise düz tabanlı siloların tercih edilmesinin daha doğru olacağı Özel (2007) tarafından bildirilmektedir.

Silolar çelik veya betondan inşa edilmekte olup beton silolar genellikle çelik silolardan daha uzun olmaktadır (Said ve Pradhan, 2014). Silolar ahşap, çelik, betonarme ve önerilmeli beton olarak inşa edilebilmektedir. Ancak günümüzde ahşap yapı malzemesi silo yapımında pek tercih edilmemektedir. Çelik silolarda cidar kalınlığı az olduğundan dolayı basınç gerilmeleri sonucunda burkulma sorunuyla karşı karşıya kalınmakta ve bundan dolayı eğilme etkisinin az olduğu dairesel kesit silo yapımında daha çok tercih edilmektedir (Noberhaus, 1965; Ciesielski ve Suwalski, 1967; Durmuş, 2007; Sadowski ve Rotter, 2011). Sadowski ve Rotter (2011) ve Özel (2007)'ye göre betonarme silolar ise daire, kare, dikdörtgen ya da çokgen şeklinde inşa edilebilmektedirler. Daire kesitli silolarda çapın 6-20 m olduğu, ön germeli dairesel silolarda ise 20-40 m'ye kadar çıkabileceği ve silo yüksekliklerinin ise 60-65 m arasında değişiklik gösterdiği, Hüner (2006) tarafından yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir.

Silo çatıları ise genellikle dairesel, çokgen, düz plak, konik ve kubbe şeklinde yapılmaktadır (Ayazoğlu, 1987).

Geçmiş yıllarda betonarme silolar daha fazla tercih edilmesine rağmen günümüzde çelik silolar daha çok tercih edilmektedir (Carson ve ark., 1993; Polat, 2015). Çoğu silo, hasır temeller üzerine inşa edilmiş çelik veya betonarme silindirik yapılardır (Dogangun ve ark., 2009).

Yatay betonarme depo, düşey betonarme silo ve düşey çelik silo olmak üzere üç farklı depolama yapısında depolanan arpa ve mısırın besinsel değerlerinin değişimi üzerine yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, arpada en düşük besin kaybı betonarme siloda meydana gelirken en yüksek besin kaybı çelik siloda depolanan arpalarda gözlemlenmiştir. Aynı çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, mısırdaki en yüksek besin kaybı yatay betonarme depolama yapısında meydana gelirken, en düşük besin kaybı dikey çelik siloda meydana gelmiştir. Mısır depolama için dikey çelik siloların, arpa depolamak için ise yatay betonarme depo ve dikey betonarme siloların daha uygun olacağı tespit edilmiştir (Polat, 2015).

Depo duvarı için yapı malzemesi seçimi depolama yapısının geometrisine bağlı olarak değişmekte olup depo duvarı hem yatay hem de dikey kuvvetler tarafından etkilenir. ESDEP (2006)'e göre dikey kuvvetler depo duvarı ile depolanan ürün arasındaki sürtünmeden kaynaklanırken yatay kuvvetler depolanan ürünlerden gelen yanal itmelerden dolayı meydana gelmektedir. Betonarme silolar düşey basınç kuvvetlerini kolaylıkla taşımalarına rağmen yüksek yanal itmeler nedeniyle oluşan gerilmeler nedeniyle kırılmaya daha yatkındırlar (ESDEP, 2006) ve bu durum da betonda çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olan yatay itmeye karşı betonarme siloları daha emniyetsiz hale getirir (ACI313, 1977). Dairesel şekilli çelik silolar ise genellikle yanal kuvvetleri çember gerilimi ile taşıırken aşırı dikey kuvvetler karşısında bükülerek kırılmaya daha yatkındırlar (ESDEP, 2006). Yapılan başka bir araştırmada çelik siloların esas olarak çekme gerilmelerini desteklemek amacıyla tasarlandığı için çelik bölümlerin çok ince olduğu ve eğilme momentlerini absorbe edecek sertlikten yoksun olduğu ifade edilmektedir (Beaubois, 1980). Bu nedenle çelik silolarda gerilimden kaynaklı deformasyonu önlemek amacıyla özellikle gerilimin olduğu kısımlarda çelik kalınlığının artırılması ve silo yüksekliği boyunca bu gerilimi karşılaması için kalın sert kirişlerin (stiffener) kullanılması gerekmekte olup, bu da maliyetin artmasına sebep olmaktadır. Yatay betonarme depolar ise doğru yalıtım ve yapı malzemesi kullanılması koşuluyla uygun bir depolama

yapısıdır ancak depo iç hacminin büyük olmasından dolayı depo içi iklimlendirme için gerekli yapılar maliyeti artırmaktadır (Polat, 2015).

Çelik silolar küçük ve orta ölçekli fabrika ortamında üretildikleri için montaj süreleri oldukça kısadır ve kolaylıkla kontrol edilebilir (Carson ve ark., 1993; Tefera ve ark., 2011) ancak yerinde dökme betonarme silolar teslimatından hava koşullarına kadar birçok faktöre bağlıdır ve betonun kullanım öncesi ömrü yaklaşık 2-3 saat olup bu süreden sonra beton optimal özelliklerini kaybetmeye başlar (Thamaga-Chitja ve ark., 2004). Dairesel kesitli siloların yatay depolara göre daha az alan ihtiyaçları olduğu için maliyetleri daha düşüktür (SDC, 2008). Çelik yapı malzemesi daha esnek olduğundan dolayı çelik siloların deprem durumunda daha iyi davranışı vardır (Semple ve ark., 1992). Çelik siloların başlıca dezavantajları ise; korozyona karşı korunması için önlem alınması ve bakım gerektirmesi, çelik duvarlarda sürtünmeden kaynaklı aşınmanın önlenmesi için astar gerektirmesi ve çelik yapı malzemesi sıcaklık farklılıklarından çok kolay etkilendiğinden dolayı duvarlarda oluşabilecek yoğuşma, hububat gibi gıda maddelerinin bozulmasına neden olabilmektedir (Carson ve ark., 1993).

Kaya (2017) tarafından yapılan lisanslı depoculuk üzerine yapılan bir çalışmada, Türkiye’de üretim maliyetinin yüksekliği buna karşın düşük verimlilik nedeniyle, çiftçi gelirlerinin düşük gerçekleştiği ve devlet tarafından yapılan destekleme yatırımlarının önemli etkilerinin olduğu ancak çiftçi refahı ve tarım sektörünün sorunlarına karşı yetersiz kaldığı vurgulanmaktadır.

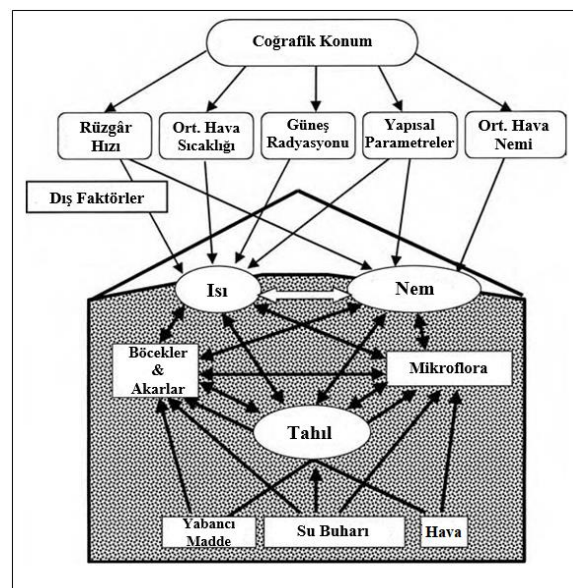
Günümüzde tarım ürünlerine arzın ve gıda değer zincirinin ön plana çıkmasıyla insanlar tarafından en çok tüketilmekte olan ve gıda güvenliği konusunda stratejik konuma sahip olan tahıllar ve bunlardan elde edilen ürünler oldukça önemli bir konuma gelmiştir. Arzın tahılların hasat döneminde en üst seviyeye çıkması uygun koşullarda depolama ihtiyacını doğururken, talebin tüm yıla yayılması depolamanın kaliteli ve güvenilir bir şekilde yapılması gerekliliğini de ön plana çıkarmaktadır (Ulusoy, 2021). Geçtiğimiz yüzyıl içerisinde temelleri atılan ve birçok gelişmiş ülkede ve Amerika Birleşik Devletleri’nde de uzun yıllardır tarım sektörüne hizmet veren lisanslı depoculuk sistemi son yıllarda ürünlerin depolanması konusunda yapısal çözümler getirmesi ile birçok ülkede uygulanmaya başlanmıştır (Kaya, 2017; Ulusoy, 2021). Türkiye’de ise lisanslı depoculuk faaliyetleri 17 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren 5300 sayılı Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu ile başlamış olup 2005 ve 2006 yıllarında resmî gazetede yayınlanan 25960 ve 26247 sayılı yönetmeliklere göre hububat, baklagiller,

yağlı tohumlar, pamuk ve fındık gibi çeşitli tarımsal ürünler lisanslı depolarda depolanmaya başlamıştır (Kaya, 2017; Mazreku, 2019).

Tektaş (2008)'a göre lisanslı depolarda, laboratuvar analizleri ile ürünlerin gerçek kalitesi ve fiyatı belirlendiği için üretim sırasında kullanılan girdilerin ürün kalitesini nasıl etkilediği kolaylıkla anlaşılabileceğinden dolayı, ürün kalitesini artırmaya yönelik çiftçiye teşvik etmektedir. Lisanslı depoculukla birlikte, tarım ürünleri ticaretinin şeffaf hale geleceği ve ürün dağıtım zincirinin kısılmasıyla fiyat dalgalanmalarının önüne geçileceği öngörülmektedir (Coulter ve Onumah, 2002).

2.3 Hububat Depolama Yapılarının Planlanması ve Depolama Süresince Etkili Çevresel Faktörler

Tahılların besin değerini kaybetmeden depolanması ancak gerekli çevre koşullarının sağlanması ile mümkün olmaktadır (Polat, 2015). Depolama ömrü tohum iç kalite özellikleriyle birlikte depolama koşullarına da bağlıdır. Uygun olmayan depolama koşulları (sıcaklık ve bağıl nem) tohumlarda bozulmaları hızlandırmaktadır. Etkin bir depolama için kaliteli bir ürünle birlikte depolama koşulları da göz önüne alınmalıdır (Fabrizius ve ark., 1999; Al-Yahya, 2001; Heatherly ve Elmore, 2004). Tahıl silosundaki ekosistemlerin birbirleri ile ilişkileri ve depolanan ürün ve depolama yapısı üzerine etkili dış etkenler Şekil 2.1'de verilmiştir (Navarro ve ark., 2002). Karaçalı (2004) ve Apan ve ark. (2005)'na göre depolamada etkili çevre koşulları: sıcaklık, bağıl nem, hava bileşimi ve hava hareketidir.



Şekil 2.1. Hububat silosu içerisinde meydana gelen değişimlerin birbirleriyle etkileri ve depolama yapıları ve ürün üzerine etkili dış faktörler (Navarro ve ark., 2002)

2.3.1. Sıcaklık ve nem içeriği

Tahıl tanelerinin sıcaklık ve nem içeriği; tahılın kalitesini, biyokimyasal reaksiyonları, kuru madde kayıplarını, izin verilen saklama sürelerini ve tahılın genel depo yönetimini etkileyen iki temel özelliktir (Gonzales ve ark., 2009; Lawrence ve Maier, 2011).

Sıcaklık, bütün kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonları etkileyen önemli etmendir ve depolamada sıcaklık kontrolünün sağlanması oldukça önemlidir. Depolanan tahıllarda bozulmaya neden olan süreçlerin çoğuna sıcaklık artışı eşlik eder. Bu nedenle depolanan tahıl yığını içerisindeki sıcaklıklar yığın boyunca mutlaka takip edilmelidir. Foster ve Mayes (1962) tarafından yapılan bir çalışmada, sıcaklıkları gözlemlemek amacıyla her bir halat üzerinde yaklaşık 0.9-1.8 m aralıklarla termokuplların yerleştirilmesi gerektiği ve çapı 7.6 m'ye kadar dairesel silolarda merkezde bir adet kablonun bulunmasının yeterli olacağı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, büyük silolarda veya düz depolama yapılarında ise ısı kablolarının 6-7.6 m aralıklarla yerleştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir.

TSE (2002)'ye göre depolama ortamında sürekli meydana gelen sıcaklık değişiklikleri, depolanan ürünlerin dayanıklılığını (muhafaza stabilitesini) azaltır ve depolanma süresini kısaltır. Genellikle bir tahıl kütlesi içindeki ısı salınımının, sıcaklıktaki her 5 °C artış için yaklaşık 28 °C'ye kadar ikiye katlandığı ve bu sıcaklığın üstünde, etkinin yavaşladığı Cruz ve Diop (1989) tarafından bildirilmektedir. Depo içerisinde sürekli meydana gelen sıcaklık değişikliği depolanan ürünün dayanıklılığını ve depolama süresini kısaltır (TSE, 2002), solunumu hızlandırır (Kent, 1982; Pomeranz, 1987) ve solunumun aşırı derecede hızlanmasıyla birlikte tanede kuru madde kayıpları meydana gelir (Ünal, 1991). Ünal (1991) tarafından yürütülen bir çalışmada depo içerisindeki sıcaklığın 18 °C'nin altında tutulmasıyla birçok böcek faaliyetinin engellenebileceği veya tamamen durdurulabileceği ifade edilmektedir.

Bradna ve ark. (2018)'a göre, en uygun depolama sıcaklığı tahıllar için 5-10 °C'dir ve depo içi sıcaklığının 25 °C'yi uzun süreli olarak aşmaması için hasattan hemen sonra tahılın mutlaka havalandırılması gerekmektedir. Sıcaklığın 25 -35 °C aralığında seyretmesi halinde ise zararlıların daha hızlı geliştiği Proctor (1994) tarafından vurgulanmaktadır. Depolarda 13 °C'den düşük ve 40 °C'den yüksek sıcaklıklarda böcek aktiviteleri azalır (Lindblad ve Druben, 1976; Fields, 1992) ve 25-30 °C aralığındaki sıcaklıklarda ise küf gelişimi için optimum koşullar oluşmaktadır (Eeckhout ve ark., 2013).

Sıcaklığın artmasıyla birlikte havanın su tutma kapasitesi de artarken sıcaklık düştükçe bu kapasite azalır. Sıcaklığı yükselen havanın su tutma kapasitesinin arttığı ve yakınında bulunan tanenin nemini de alarak doymuş hale gelinceye kadar nem çektiği, sıcaklığın düşmesiyle birlikte doymuş hale gelen havanın yoğunlaşarak dengeye gelinceye kadar tane nemini de artırmaya devam ettiği Altan (1986) ve Elgün ve Ertugay (1997) tarafından bildirilmektedir.

Sıcaklığın aşırı derecede yükselmesine sebep olan başlıca etmenler; tanelerin solunumu sonucu açığa çıkan ısı, mikroorganizma ve böceklerin etkinliği, havalandırmanın yapılmaması veya yetersiz yapılmasıdır (Hoseney, 1994; Dizlek, 2012).

Pomeranz (1987) tarafından nemin tahılların depolanmasında etkili olan en önemli faktör olduğu ve depolama yapısının ve depolanan tahılın nem içeriğinin kontrol altına alınmasıyla diğer şartlar depolama için uygun olmasa bile tahılların birkaç yıl bozulmadan depolanabileceği bildirilmektedir. Çevresiyle sürekli etkileşim halinde olan tahıllar bulunduğu ortamda sürekli ısı ve nem alışverişi yapmaktadır ve hava değişiklikleri nedeniyle hem sıcaklık hem de nem içeriği zaman ve konuma göre sürekli olarak değişkenlik gösterir (Bala, 2016).

Hububatın depolandığı siloyu çevreleyen havadaki sıcaklık değişimlerinin sonucu olarak yığın içerisindeki taneli ürünler ya havaya nem verirler ya da havanın nemini alırlar ve bu alış-veriş tane ile ortam nemi arasında bir denge oluşuncaya kadar devam eder (Pomeranz, 1987; Bala, 2016). Henderson ve Perry (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, denge nem içeriğinin depolama ortamının nemine, sıcaklığına, ürün çeşidine ve olgunluğuna bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.

Tanenin nem içeriğinin artmasıyla, karbonhidratların karbondioksit (CO_2) ve suya parçalanmasıyla ısı açığa çıkması olarak tanımlanan solunum hızlanır. Tanenin solunum hızı, tahılların depolanma süresi üzerinde oldukça önemli etkiye sahiptir. Altan (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, 20-25 °C’de ve %14 nemin altında depolanan tahıllarda solunum hızının çok yavaş olduğu tespit edilmiştir. Kent (1982)’e göre nem miktarının çok az artmasıyla bile solunum aniden hızlanmaktadır ve bunun sonucu olarak ortamda açığa çıkan ısı mikroorganizmaların üremeleri için gerekli koşulları uygun hale getirmektedir.

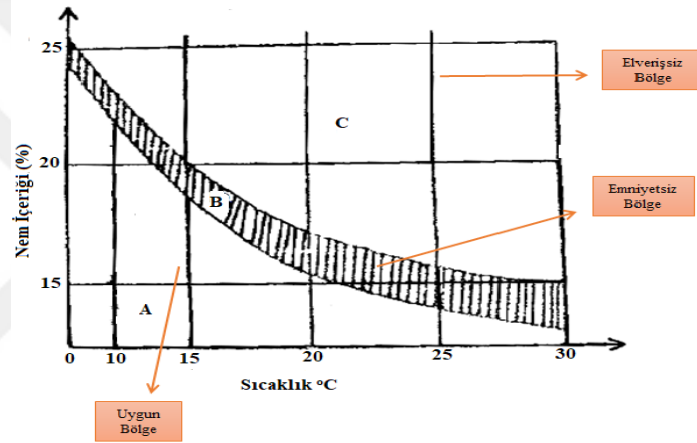
Karaçalı (2009) tarafından yapılan bir çalışmada yüksek nemin ürünlerde hastalık kayıplarını artırdığı, özellikle yağışlı geçen ve etkili bir ilaçlama yapılmamış ürünlerde hastalık

etmenlerinin hızla bulaştığı ve geliştiği için saprofit mantarların üremeye başlamasına ve depo içerisinde yayılmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle tahılların depolanması sırasında aşılması gereken bir nem düzeyi vardır ve Pomeranz (1987) ve Raudienė ve ark. (2017) tarafından kritik nem düzeyi (genellikle %13.5-14.0) olarak tanımlanmaktadır. Bala (2016)'ya göre tahıl taneciği için güvenli nem içeriği genellikle %12-14'tür. Kendirli (2007)'ye göre ise depolama yapısı içerisinde bağıl nemin %65-70 sınırını aşmaması için hububatta nem içeriğinin yaklaşık %13 olması gerekmektedir. Depolanan tahıl içerisindeki haşere türlerinin çoğu, nemli koşullar altında daha hızlı ürerler ve tipik olarak depo içerisindeki %60-80 bağıl nem, tahıl tanesinin nem içeriği açısından yaklaşık %13-15'e eşittir. Depolanan tahıl nem içeriği %9'un ve sıcaklık 15 °C'nin altında ise böcek gelişimi sınırlı iken 10 °C'nin altındaki sıcaklıklarda ve %13'ün altındaki nem içeriğinde küf gelişimi sınırlı olmaktadır (Ken, 2005). Hububat depolarında nem göçü sorunu, tahıl kütlelerinin sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasında ortalama 9-12 °C'lik sıcaklık farkı oluşturularak önlenabilir veya en aza indirilebilir. Gough ve McFarlane (1984)'e göre tahıl tanesinin nem içeriğini %1 azaltmak, ağırlığının yaklaşık %1.2'sini kaybetmesi anlamına gelmektedir.

Kritik nem düzeyi üzerine etkili faktörler Elgün ve Ertugay (1997)'a göre tahılın cinsi, bulunduğu yer, yetiştirilme koşulları ve diğer depolama koşullarıdır. Tahılların nem içeriği denge nem içeriğinden yüksek ise depolanmadan önce kurutulması veya havalandırılarak nem içeriklerinin düşürülmesi gerekmektedir. Özkaya ve Özkaya (2005) yaptıkları bir çalışmada hububat tanelerinin neminin %1 düşürülmesi depolanma ömrünü 1.5 kat artırdığını ve 5 yıldan fazla depolanması düşünülen taneli ürünlerin kritik nem düzeyinin %2 azaltılmasının uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, depolanan tahıl tanelerinde meydana gelen değişikliklerin minimum seviyeye indirilebilmesi için en yüksek nem içeriğinin %13-14.5 arasında olması gerektiği ve tahılın nem içeriğinin %2 azaltılması ile 5 yıldan daha fazla süre depolama yapılabileceği belirtilmiştir (Akin, 2017).

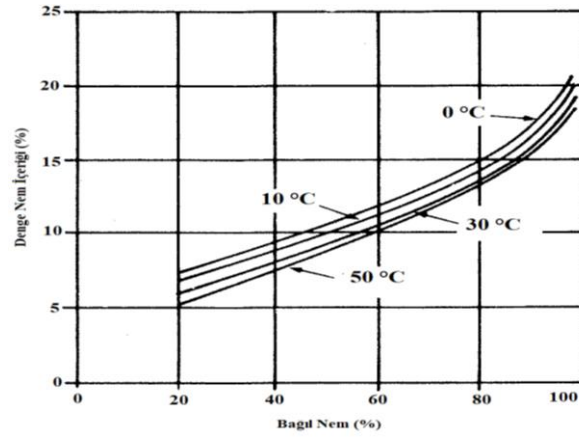
Hoseney (1994) ve McKenzie (2010) tarafından yapılan çalışmalarda mısır, sorgum ve soyayı bir yıldan fazla güvenli bir şekilde depolamak için maksimum nem içeriğinin mısır ve sorgum için %13, soya için %11 olması gerektiği bildirilmektedir. Yine aynı çalışmalarda altı aydan fazla depolanan arpa, buğday ve yulaf için bu değer %13 iken ayçiçeği için %8 olarak tespit edilmiştir. Scheepens ve ark. (2011)'na göre depolanan ürünlerde bozulmayı önlemek için yaz mevsiminde mısır ve buğdayın %13, arpanın %12, soya fasulyesinin %11 ve ayçiçeğinin %8 neme kadar kurutulması gerekmektedir.

Hellevang (2013) güvenli depolama için tahılın nem içeriğinin %10-15'e düşürülmesi gerektiğini arpa için bu değerin 6 aydan az (kısa süreli) depolamada %14 ve 6 aydan fazla (uzun süreli) depolamada %12 olması gerektiğini önermiştir. Aynı çalışmada tane zararı olan tahılların bu nem içeriklerinden %1-2 daha düşük nem içeriğinde depolanması gerektiğini ve depolama yapılarının sıcaklıkları düşük olduğunda, tahılın daha yüksek nem içeriklerinde depolanabileceği tespit edilmiştir. Altan (1986) tarafından yapılan bir çalışmada %24, %15, %12-13 ve %11 ve daha az nem içeren tanelerin sırasıyla 10 °C, 20 °C, 25 °C ve 30 °C sıcaklıklarda emniyetle depolanabileceği ve tanelerin nem içeriğinin azalmasıyla hava sıcaklığının artırılarak tanelerden nem kaybının da önlenebileceği bildirilmektedir. Tane nem içeriği ve sıcaklığının tahılların emniyetle depolanabilme yetenekleri üzerine etkisi Şekil 2.2'de görülmektedir.

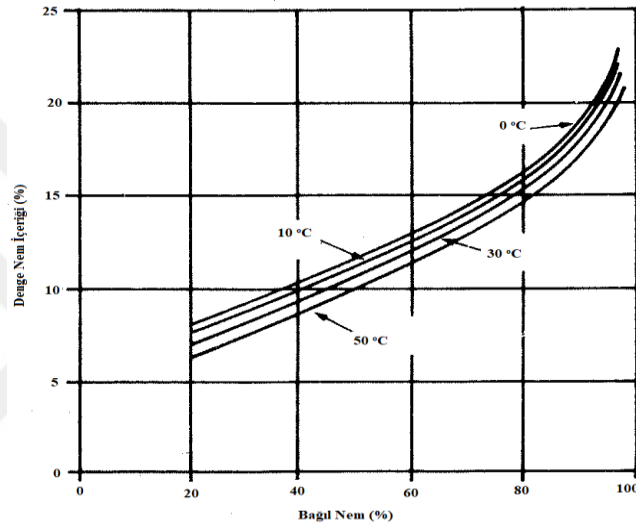


Şekil 2.2. Tahılların nem içeriğinin ve sıcaklığının, emniyetle depolanabilme yetenekleri üzerine etkisi (Altan, 1986)

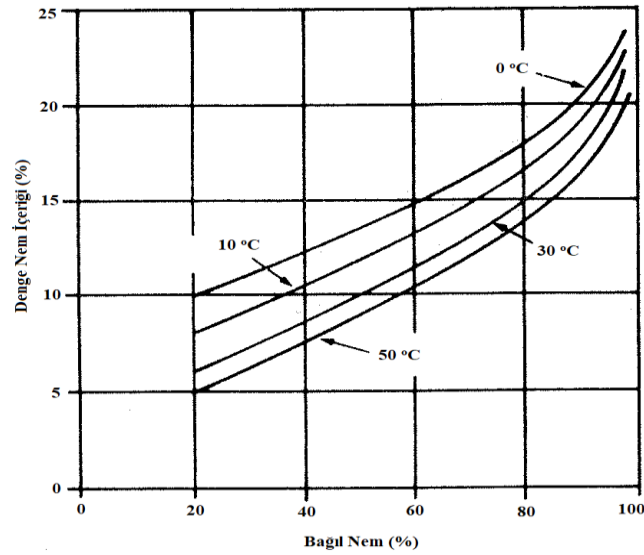
Kibar ve Öztürk (2010)'e göre ürünün nem içeriği olgunluk veya kalitesinin bir göstergesi olup ürünün kurutulması ve depolanmasında taneli ürünün nem içeriğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Kontrol edilmesi gereken en önemli taneli ürün nem düzeyleri, hasat nem içeriği, ilk depolama nem içeriği ve denge nem içeriği olmak üzere 3 tanedir (Kibar ve Öztürk, 2010). Farklı sıcaklık ve nem içeriğindeki depo koşullarında tarımsal ürünlerin ulaşabilecekleri denge nem içeriklerinin ne olacağının önceden bilinmesi ürün için uygun depolama koşullarının sağlanması açısından oldukça önemlidir. ASAE (2001) tarafından yürütülen bir çalışmanın sonuçlarına göre arpa, buğday ve mısırdaki, sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi Şekil 2.3, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 10 °C sıcaklık ve %60 bağıl nemde arpa, buğday ve mısırın denge nem içerikleri sırasıyla %11.4, %13 ve %13.7 iken aynı sıcaklıkta ve %80 nem bağıl nemde denge nem içeriklerinin sırasıyla %14.5, %16.3 ve %17.5'e yükseldiği tespit edilmiştir.



Şekil 2.3. Arpada sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi (ASAE, 2001)



Şekil 2.4. Buğdayda sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi (ASAE, 2001)



Şekil 2.5. Mısırd sıcaklık-bağıl nem ve denge nem içeriği ilişkisi (ASAE, 2001)

Çizelge 2.1'e göre, hububatın 1 yıl emniyetli depolanabilmesi için nem içeriğinin %12-14 arasında olması gerekirken, ürün çeşidine göre nem içeriklerinin %1-2 düşürülmesiyle depolama süresi 5 katına çıkmaktadır. Örneğin, hasat sırasındaki nem içeriği hububat cinsine göre değişmekle beraber hasat nem içeriği en yüksek mısırdaki (%14-30) gerçekleşmektedir ve emniyetle depolama için nem içeriğinin 1 yıl depolanacaksa %13'e, 5 yıl depolanacaksa %10-11'e kadar düşürülmesi gerekmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Bazı hububat çeşitlerinin hasat sırasında ve depolama süresince bozulmadan depolanabilmesi için güvenli nem içerikleri (Akay, 2022)

Hububat Çeşidi	Ortalama Hasat Nem İçerikleri (%)	Depolama Süresince Güvenli Nem İçerikleri (%)	
		1 yıllık depolama	5 yıllık depolama
Arpa	10-18	13	11
Mısır	14-30	13	10-11
Yulaf	10-18	14	11
Çeltik	16-25	12-14	10-12
Çavdar	12-18	13	11
Sorgum	10-20	12-13	10-11
Buğday	9-17	13-14	11-12

Jayas ve Mazza (1993), ASAE (2001), Sadaka ve Bautista (2014), Anonymous (2015), (2016) ve Anonymous (2022) gibi araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre arpa, buğday, mısır ve yulaf gibi tahılların farklı sıcaklık ve bağıl nem içeriklerindeki denge nem içerikleri düzenlenerek Çizelge 2.2'de verilmiştir. Düşük sıcaklıklarda düşük bağıl nem depolamada herhangi bir soruna sebep olmazken, sıcaklığın düşmesiyle birlikte havanın nem tutma kapasitesi azalır. Yüksek sıcaklıklarda depolanan tahıl tanelerinin solunumundan dolayı, depolama yapısı içerisindeki nem içeriği artarsa, örneğin 28 °C sıcaklıkta nem içeriği %85'e çıkarsa arpa, buğday, mısır ve yulaf için denge nem içerikleri sırasıyla %18.5, %21.7, %17.5 ve %14.7'ye kadar yükselecektir (Çizelge 2.2). Bu durumda mekanik havalandırma ya da aktarma yoluyla havalandırma yapılarak çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtilen %12-13 nem aralığına düşürülmesi gerekmektedir.

Çizelge 2.2. Arpa, buğday, mısır ve yulaf gibi tahılların farklı sıcaklık ve bağıl nem içeriklerindeki denge nem içerikleri

Ürün	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)										
		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
		Denge Nem İçeriği (%)										
Arpa	-2	11.2	11.9	12.6	13.3	14.1	14.8	15.7	16.6	17.6	18.7	20.1
Buğday		8.8	9.7	10.7	11.7	12.7	13.9	15.3	16.8	18.6	20.9	23.9
Mısır		11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.3	17.2	18.2	19.3	20.5	21.9
Yulaf		10.2	10.7	11.2	11.8	12.3	12.9	13.5	14.1	14.8	15.7	16.7
Arpa	2	10.9	11.6	12.3	13.0	13.8	14.6	15.4	16.3	17.3	18.5	19.9
Buğday		8.7	9.6	10.5	11.5	12.6	13.7	15.0	16.6	18.4	20.6	23.6
Mısır		11.2	12.1	13.0	13.8	14.7	15.6	16.5	17.5	18.6	19.8	21.1
Yulaf		9.8	10.3	10.9	11.4	11.9	12.5	13.1	13.7	14.5	15.3	16.4
Arpa	5	10.7	11.4	12.1	12.8	13.6	14.4	15.2	16.1	17.1	18.3	19.7
Buğday		8.6	9.5	10.4	11.4	12.4	13.6	14.9	16.4	18.2	20.4	23.4
Mısır		10.9	11.7	12.6	13.4	14.3	15.2	16.1	17.1	18.1	19.2	20.6
Yulaf		9.6	10.1	10.6	11.1	11.7	12.2	12.8	13.5	14.2	15.1	16.2
Arpa	8	10.5	11.2	11.9	12.6	13.4	14.2	15.0	15.9	16.9	18.1	19.5
Buğday		8.5	9.4	10.3	11.3	12.3	13.4	14.7	16.2	18.0	20.2	23.2
Mısır		10.6	11.4	12.3	13.1	13.9	14.8	15.7	16.6	17.6	18.8	20.1
Yulaf		9.3	9.8	10.3	10.9	11.4	12.0	12.6	13.3	14.0	14.9	15.9
Arpa	10	10.3	11.1	11.8	12.5	13.3	14.1	14.9	15.8	16.8	18.0	19.4
Buğday		8.4	9.3	10.2	11.2	12.2	13.3	14.6	16.1	17.9	20.1	23.0
Mısır		10.4	11.2	12.0	12.9	13.7	14.5	15.4	16.3	17.3	18.5	19.8
Yulaf		9.1	9.7	10.2	10.7	11.3	11.8	12.4	13.1	13.9	14.7	15.8
Arpa	13	10.1	10.9	11.6	12.3	13.1	13.9	14.7	15.6	16.7	17.8	19.2
Buğday		8.4	9.2	10.1	11.0	12.1	13.2	14.5	15.9	17.7	19.9	22.8
Mısır		10.1	10.9	11.7	12.5	13.4	14.2	15.0	16.0	16.9	18.0	19.3
Yulaf		8.9	9.4	10.0	10.5	11.0	11.6	12.2	12.9	13.7	14.5	15.6
Arpa	15	10.0	10.7	11.5	12.2	13.0	13.8	14.6	15.5	16.5	17.7	19.1
Buğday		8.3	9.1	10.0	11.0	12.0	13.1	14.4	15.8	17.6	19.8	22.7
Mısır		10.0	10.8	11.6	12.3	13.1	14.0	14.8	15.7	16.7	17.8	19.0
Yulaf		8.8	9.3	9.8	10.3	10.9	11.5	12.1	12.8	13.5	14.4	15.5
Arpa	18	9.8	10.6	11.3	12.0	12.8	13.6	14.4	15.4	16.4	17.6	19.0
Buğday		8.2	9.0	9.9	10.8	11.8	13.0	14.2	15.7	17.4	19.6	22.4
Mısır		9.7	10.5	11.3	12.1	12.9	13.7	14.5	15.4	16.3	17.4	18.6
Yulaf		8.5	9.1	9.6	10.1	10.7	11.3	11.9	12.6	13.3	14.2	15.3
Arpa	22	9.6	10.3	11.1	11.8	12.6	13.4	14.2	15.2	16.2	17.4	18.8
Buğday		8.1	8.9	9.7	10.7	11.7	12.8	14.0	15.4	17.1	19.3	22.1
Mısır		9.4	10.2	11.0	11.7	12.5	13.3	14.1	15.0	15.9	16.9	18.1
Yulaf		8.3	8.8	9.3	9.9	10.4	11.0	11.6	12.3	13.1	14.0	15.1
Arpa	26	9.3	10.1	10.8	11.6	12.4	13.2	14.0	15.0	16.0	17.2	18.6
Buğday		7.9	8.7	9.6	10.5	11.5	12.6	13.8	15.2	16.9	19.0	21.8
Mısır		9.2	9.9	10.7	11.4	12.2	12.9	13.7	14.6	15.5	16.5	17.7
Yulaf		8.0	8.6	9.1	9.6	10.2	10.8	11.4	12.1	12.9	13.8	14.8
Arpa	28	9.2	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	13.9	14.9	15.9	17.1	18.5
Buğday		7.9	8.7	9.5	10.4	11.4	12.5	13.7	15.1	16.8	18.9	21.7
Mısır		9.1	9.8	10.5	11.3	12.0	12.8	13.5	14.4	15.3	16.3	17.5
Yulaf		7.9	8.4	9.0	9.5	10.1	10.7	11.3	12.0	12.8	13.7	14.7

2.3.2. Havalandırma

Havalandırma, depo içerisinde biriken fazla ısı ve nemin uzaklaştırılması için yapılan bir hava değişim işlemidir. Böylece depo içerisinde biriken ısı ve nem kontrol altına alınır. Bu amaçla, silo çatısındaki kırımlardan tabana doğru ısı ölçüm hatları içerisinde belli mesafelerde yerleştirilen sıcaklık sensörleri vasıtasıyla, sıcaklık değişimleri anlık olarak takip edilmektedir. Silo içerisinde sıcaklıkların yükseldiğinde, dış ortam neminin uygun olduğu koşullarda (%50-60) havalandırma sistemleri çalıştırılır. Kibar ve Öztürk (2010) taneli ürünlerin havalandırılmasının amaçlarını şu şekilde açıklamıştır: Hasat sonrası işlemlerde zedelenmiş veya yaralanmış tanelerde iyileşme sağlamak, hasat edilmiş tanedeki nemi uzaklaştırmak, kurutmak ve soğutmak, depo içi sıcaklığını ortalama olarak atmosfer havasının aşağısına düşürmek, ürünlerdeki böcek ve küf aktivitesini azaltmak ve depo içerisinde sıcaklık dalgalanmalarını önlemek. Havalandırma ile küf gelişimi ve böcek aktivitesi azalmak için ürün soğutulmakta ve depo ortamında eşit bir sıcaklık sağlanarak nem göçünü önlemekte ve ürünün depolanma koşullarını büyük oranda düzenlemektedir (Cloud ve Morey, 1991).

Hammami ve ark. (2017)'na göre, yatay betonarme depolara kıyasla metal silolarda silo içerisinde oluşan sıcaklık dalgalanmalarından ve silo içerisinde bazı kısımlarda oluşan yüksek sıcak noktalardan kaynaklı olarak, daha fazla nem yoğunlaşması meydana gelmesine rağmen genellikle havalandırma miktarını yeterince artırma imkânı yoktur. Yatay beton depolarda daha küçük depolanan katman yüksekliği ve havalandırma kanallarındaki değişik tasarımlara imkân vermesinden dolayı daha fazla depolama hacmine ve daha iyi havalandırma olasılarına sahip olabileceği, Bradna ve ark. (2018) tarafından yapılan ifade edilmektedir. Dış havanın bağıl nemi %75'in üzerinde olduğunda havalandırmanın yapılmaması ve özellikle yağmurlu günlerde fanlar ve bacaların kapatılması gerektiği Şişman ve Albut (2010) tarafından bildirilmektedir. Tahıl yığınının en üst noktasındaki (çatı altındaki) sıcaklığın dış hava sıcaklığının 10 °C ve üzerine çıktığı zaman havalandırma sistemlerinin çalıştırılması ve silo içi sıcaklık ile dış hava sıcaklığı eşitlendiğinde havalandırma işleminin sonlandırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Gilmore ve ark., 2017; Oates ve ark., 2017).

Kontrollü havalandırma yapılırken sıcaklık ve nemin mümkün olduğu kadar düşük tutulması gerekmektedir. Havalandırma depodaki suyun yoğunlaşmasına neden olabileceği için sıcaklıktaki büyük değişikliklerden kaçınmak gerekmektedir (Scheepens ve ark., 2011).

Mekanik havalandırmaya ek olarak, havalandırma işlemi elevatörler aracılığıyla tahıl kütlesi bir silodan başka bir siloya veya aynı silo içerisinde alt üst edilerek de yapılmaktadır. Fanlarla yapılan mekanik havalandırmada hava, sistem tasarımına bağlı olarak tahıl kütlesi içerisinde geçirilirken, alt üst etme veya aktarma işleminde taneler elevatör yardımıyla havadan geçer. Yapılan bir çalışmada, kısa süreli (<6 ay) depolamada havalandırma sistemine sahip olmayan depoların kullanılabileceğini, ancak daha uzun süreli depolama yapılacaksa ürünün mutlaka havalandırma sistemine sahip depolarda depolanması gerektiği belirtilmektedir (Harner ve Higgins, 1987).

Hellevang (1983) tarafından yapılan bir çalışmada ağustos ayında yaklaşık 21 °C sıcaklık ve %60 bağıl nemde çeşitli nem içeriklerindeki buğdayı sadece havalandırmayla kurutmak için gerekli akış oranları ve kurutma süreleri Çizelge 2.3'te verilmiştir. Aynı araştırmacılar tarafında yapılan bir başka çalışmada ise ekim ayında yaklaşık 8 °C sıcaklık ve %65 bağıl nemde mısırın nem içeriğinin güvenli depolama nem içeriğine düşürülmesi için fanlardaki hava akış oranına göre fanlama süreleri Çizelge 2.4'te verilmiştir (Hellevang, 2005).

Çizelge 2.3. Buğdayın nem içeriğini havalandırma ile düşürmek için gerekli hava akış oranları ve fanlama süreleri (Hellevang, 1983)

Nem İçeriği (%)	Hava Akışı (cfm/bu)	Fan Süresi	
		Saat	Gün
18	1.25	480	20
	1.00	600	25
17	1.00	552	23
	0.75	744	31
16	1.00	504	21
	0.75	672	28
	0.50	1008	42
15	1.00	480	20
	0.75	648	27
	0.50	960	40
14	1.00	408	17
	0.75	544	23
	0.50	816	34

Çizelge 2.4. Mısır nem içeriğini havalandırma ile düşürmek için gerekli hava akış oranları ve fanlama süreleri (Hellevang, 2005)

Nem İçeriği (%)	Hava Akışı (cfm/bu)	Fan Süresi	
		Saat	Gün
21	1.00	1080	45
19	1.00	792	33
	0.75	1056	44
17	1.00	672	28
	0.75	1008	42
	0.50	1344	56

Şişman ve Albut (2010) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, ortalama dış ortam sıcaklığının tahıl sıcaklığından yaklaşık 9-12 °C daha düşük olduğunda, ısınan tahılın sıcaklığını azaltmak için havalandırma yapılması gerekmektedir ve tahıl sıcaklığı dış hava sıcaklığına eşit olduğunda havalandırma sonlandırılır.

2.3.3. Hava Bileşimi

Depolama yapısı içerisindeki ürünler içerisinde bulundukları ortamın hava bileşiminden etkilenirler. Depolama yapısı içerisindeki oksijen konsantrasyonu azaldığında (%21), ürünün solunumu da yavaşlayacağı için ortamdaki düşük oksijen üründe bozulma ve hastalık kayıplarını azaltacaktır (Kibar ve Öztürk, 2010). Hellevang (2005) tarafından yapılan bir çalışmada mısır için izin verilen saklama süresinin kuru maddenin ayrışmasının %0.5'ine kadar olan bir zaman olduğu bildirilmektedir. Mısırın kuru madde kaybının doğrudan karbon dioksit (CO₂) üretimi ile ilgili olduğu ve kuru maddenin %0.5'ini kaybetmek için kg kuru madde başına yaklaşık 7.33 g CO₂ bulunduğu, Bern ve ark. (2002) tarafından yapılan bir araştırmada tespit edilmiştir. Bailey ve Gurjar (1920) tarafından buğdayın solunumu sonucunda birim zamanda ve birim ürün başına üretilen CO₂ miktarını belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada, buğdayın solunum hızının %14.5 nem içeriğine kadar üniform şekilde arttığı ve bu değer üstündeki nem içeriklerinde solunumun oldukça hızlandığı tespit edilmiş olup, hasara sebep olan yüksek solunum hızlarından kaçınmak için buğdayın temiz ve kuru saklanması gerektiği önerilmiştir.

Depolama yapısı içerisinde nem ve oksijen mevcudiyetinin artmasıyla birlikte solunum hızlanır ve böcek aktivitesi artar. Chi ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, tahıl depolarında böcek aktivitesinin gaz konsantrasyonlarına bağlı olarak kademeli olarak değiştiği ve %3.6 O₂ - %15-18 CO₂ içeriğinde böcek aktivitesinin nerdeyse tamamen durduğu tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise böcek aktivitesinin nerdeyse tamamen durdurulması için ya O₂ konsantrasyonunun %1-3'e düşürülmesi ya da CO₂ konsantrasyonunun %35'e yükseltilmesi gerektiği ifade edilmiştir (Xihong ve ark., 1998; Navarro, 2006).

2.3.4. Hava hareketi

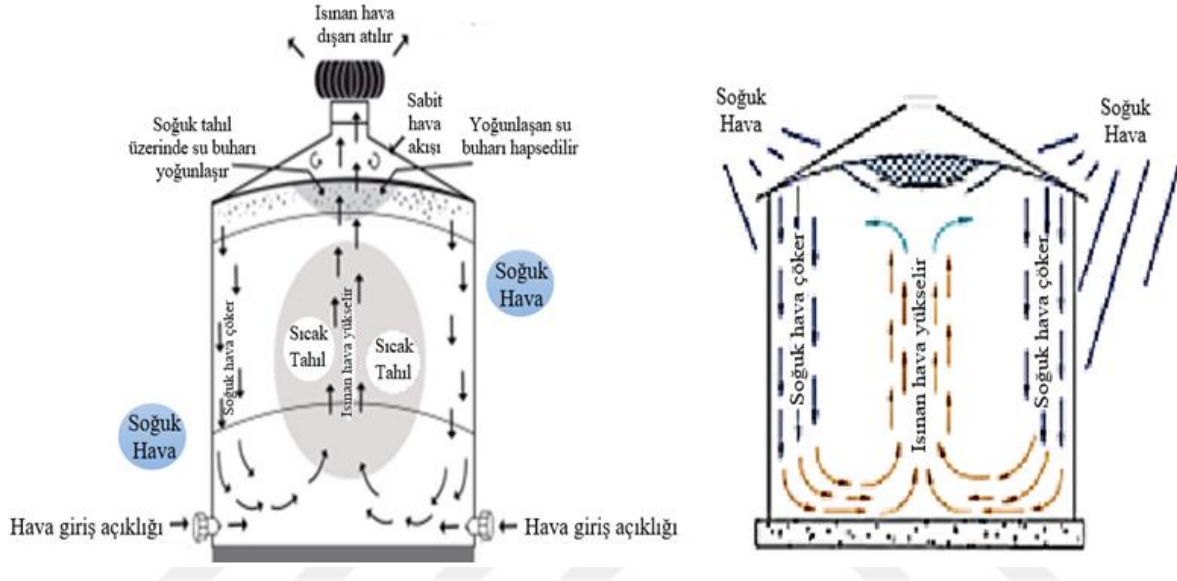
Tahıl içerisindeki doğal konveksiyonun yönüne bağlı olarak depolama yapısının üstünde veya altında yoğunlaşma nedeniyle nem birikmesine neden olur. Kış aylarında, tahıl deposunun dışındaki ortalama sıcaklık düşüktür ve depolama yapısının iç ve dış kısmı arasında bir sıcaklık farkı mevcuttur. Sharma (2021)'a göre oluşan sıcaklık farkı nedeniyle nem yüksek sıcaklıktan daha düşük sıcaklığa sahip bölgelere hareket eder. Depo iç ve dış hava sıcaklığı arasındaki farkın 5 °C'den fazla olması durumunda nem göçü başlamaktadır (Sharma, 2021). Sıcaklık farkının 5 °C'ye düşürülmesi ile depo içerisinde oluşan nem göçü engellenebilmektedir (Harner, 1989).

Tahılın güvenli bir şekilde bozulmadan depolanabilmesi için sıcak iklime sahip bölgelerde nem içeriğinin daha düşük düzeylerde olması gerekirken, soğuk bölgelerde nem içeriği daha yüksek olabilir. Depolanan ürünün nem içeriğinin artmasıyla birlikte siloyu çevreleyen havadaki sıcaklık değişikliklerinin sonucunda ortaya çıkan su buharı, depolanan ürün içerisinde konveksiyonel hava akımı ile silo içerisinde bir noktadan diğer noktaya aktarılır. Depolanan tahıl içerisindeki doğal konveksiyonun yönüne bağlı olarak da depolama yapısının altında veya üstünde yoğunlaşmanın sonucu olarak nem birikmeye başlar. Silo içerisindeki sıcaklık akışı mevsimlere bağlı olarak silo merkezine veya merkezden silo cidarlarına doğru artış veya azalış gösterebilmektedir.

Carter (1978), Jones ve Shelton (1994), McKenzie (2010), Bala (2016) ve Sharma (2021)'ya göre sonbahar ve kış dönemlerinde silo cidarına yakın bölgelerde ısı kaybeden taneler arasındaki hava soğuyarak yığın boyunca aşağı doğru yönelirken, silo eksenini çevresinden yoğunluğu daha az olan ılık hava yükselir ve silo merkezindeki tanelere göre daha hızlı soğuyan cidara yakın tanelerden dolayı oluşan sıcaklık gradiyenti konveksiyonel hava akımı yaratır. Bunun sonucu olarak, oluşan konveksiyon nedeniyle yığın üst merkezinde tane yüzeyi daha soğuktur ve nem tane üzerinde yoğunlaşarak nem içeriğini artırır, önlem alınmazsa mikroorganizma faaliyetleri çoğalır ve küflenme başlar (Şekil 2.6).

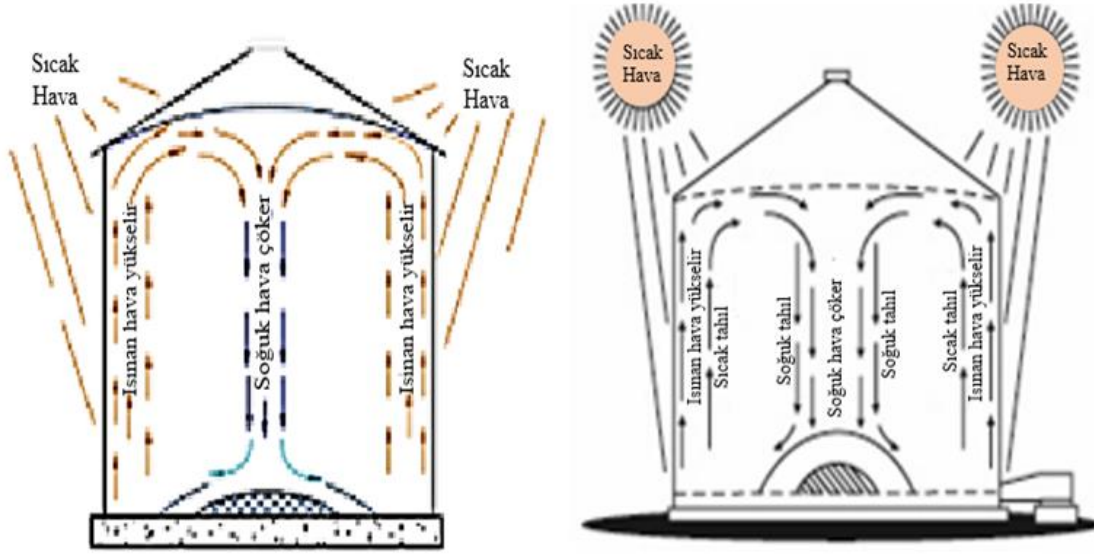
Benzer şekilde, Lopes ve Neto (2019) tarafından yapılan çalışmada, dış hava sıcaklığının daha düşük olduğu saatler veya günlerde silo duvarının yakınındaki havanın soğuyarak silo eksenini boyunca aşağı doğru bir konvektif akım oluşturduğu, tahıl kütlelerinin merkezinde de yukarı doğru konvektif bir hava akımına neden olduğu ve silo kapağının soğuk olmasında dolayı silo tepesinde bir yoğunlaşma bölgesi olduğu bildirilmektedir. Hellevang

(1990)'a göre tahıllar depolara dış ortam sıcaklığından çok daha yüksek sıcaklıklarda alınırlar ve tahıl taneleri çok iyi yalıtkan olduğu için yığın ile dış hava sıcaklık farkı nedeniyle tane kütlesi içerisinde sıcaklık farkları meydana gelir ve kütle içerisinde meydana gelen bu sıcaklık farkı nem göçüne neden olur. Yapılan bir araştırmada nem göçünün tahıl yığının merkezinden yukarıya ve yan duvarlara doğru olmasından dolayı tahıllarda bozulmaların yığının özellikle 0.3-0.6 m'lik üst kısmında daha yoğun olduğu tespit edilmiştir (Hall, 1980).



Şekil 2.6. Sonbahar ve kış mevsiminde silo içerisinde konveksiyonel hava akışı (Carter 1978; Jones ve Shelton 1994; McKenzie 2010; Bala 2016; Sharma 2021)

Havaların ısınmaya başladığı ilkbahar ve yaz ayları boyunca ise nem göçü ters yönde çalışmaya başlar ve depo içerisindeki tahıl tanelerinin sıcaklığı düşük ve dış hava sıcaklıkları yüksek olup silo tabanına yakın merkez bölgede sıcaklıklar daha düşükken, silo eksenı boyunca sıcak hava akımı yan yüzeyler boyunca hareketlenir ve silo eksenini geçerek aşağıya doğru yönelir (Hall, 1980; McKenzie, 2010; Bala, 2016) (Şekil 2.7). Bu hareket ile birlikte sıcak ve nemli hava deponun tabanında oluşan soğuk bölgede yoğunlaşır Sharma (2021) ve bu bölgede nem birikmesi nedeniyle bozulmalara sebep olur (Hall, 1980). Lopes ve ark. (2006)'na göre silo dışındaki sıcaklık yüksek olduğunda silo içerisinde sıcaklık artmaya başlar, silo duvarına yakın tahıl taneleri merkezdeki tanelere göre daha fazla ısınır. Yoğunluğu azalan hava akımı duvara yakın yerlerden yukarıya doğru hava akımının oluşmasına ve silo merkezindeki soğuk hava kütlelerinin de depo tabanına doğru hareket ederek burada yoğunlaşmasına sebep olur.



Şekil 2.7. İlkbahar ve yaz mevsiminde silo içerisinde konveksiyonel hava akışı (Hall 1980; McKenzie 2010; Bala 2016)

2.4. Yapı Elemanlarından Isı İletimi

İç ve dış çevreyi birbirinden ayıran ve farklı sıcaklıklara sahip olan katı ve akışkan ortamda, sıcaklık farkından kaynaklı olarak gerçekleşen enerji aktarımına ısı iletimi denir (Sever, 2010; Cho ve ark., 2014). Isı iletimi konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon olmak üzere üç şekilde meydana gelir.

Kondüksiyonla ısı iletimi, bir katı maddenin kendi bünyesi içerisinde veya temas halinde olan iki katı madde arasında ısı enerjisi yüksek moleküllerin yer değiştirmeksizin direkt moleküler etkiyle enerjisini komşu moleküllere iletmesi olarak tanımlanmaktadır (Kakaç, 1998; Uğurlu, 2021). Manioğlu (1995) tarafından yapılan çalışmalarda metal haricindeki bütün malzemelerde ısının moleküler halde iletildiği, metallerde ise kondüksiyonla ısı iletiminin serbest elektronlar aracılığıyla gerçekleştiği bildirilmektedir.

Uğurlu (2021)'ya göre, konveksiyonla ısı iletimi, sıvı ve gaz ortamlarda moleküllerin yer değiştirmesi ile ısı enerjisi yüksek moleküllerin hareket ederek, akışkan içerisinde ısıyı bir noktadan diğer noktaya taşınmasıdır. Sanver (1983)'e göre ise, ortam içerisinde ısı enerjisinin sonucu olarak sıcaklık artar ve sıcaklığın arttığı bölgelerde hacimsel genleşmeler meydana gelir ve maddenin ortalama yoğunluğunun azalmasına sebep olur. Yoğunluğu azalan madde ortamda yükselmeye başlayarak yerini sıcaklığı düşük, yoğunluğu yüksek olan madde doldurur ve soğuk olan madde de ısınmaya başlar. Bu şekilde ısı enerjisinin ortam içerisinde bu şekilde yer değiştirmesine konveksiyon denir.

Radyasyon yoluyla ısı iletimi ise, ısı enerjisinin hava ve boşlukta ışın kuantumları olan fotonlar yardımıyla elektromanyetik dalgalar şeklinde iletilmesidir (Uğurlu, 2021).

Katı yüzeylerde meydana gelen kondüksiyonla ısı iletimi genellikle k , λ sembolleriyle ifade edilmektedir. Isı enerjisinin akışkan ortamdan katı yüzeye, katı yüzeyden akışkan ortama iletilmesi radyasyon ve konveksiyon şeklinde olur. Yüzeysel ısı iletim katsayısı, katı yüzey ile akışkan ortam arasında radyasyon ve konveksiyon şeklinde gerçekleşen ısı transferinin toplamını ifade etmektedir ve yüzeyle hava arasında $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkı olduğunda, 1 m^2 'den 1 saatte yüzeyden havaya veya havadan yüzeye geçen ısı miktarıdır. Genellikle dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayıları f_d ve h_e ile, iç yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayıları ise f_i ve h_i sembolleri ile ifade edilmekte olup, birimi $\text{kcal/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C h}$ 'tir. Yüzeysel ısı iletim katsayısı, hava hızına göre oldukça değişkenlik göstermektedir ve hava hızı arttıkça yüzeysel ısı iletim katsayısı da artar (Uğurlu, 2021). Bir malzemenin 1 m kalınlığında, 1 m^2 yüzey alanından, $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkında ve 1 saatte iletilen ısı miktarına, ısı iletim katsayısı denir ve W/mK veya $\text{kcal/m }^{\circ}\text{C h}$ olarak ifade edilir.

Çelikteki karbon miktarına göre çelikler hafif, orta ve ağır olmak üzere 3'e ayrılır. Silo yapımında %1 karbon içeriğine sahip orta bünyeli çelikler kullanılmakta olup, çelikteki karbon miktarına göre ısı iletim katsayıları Çizelge 2.5'te verilmiştir. Çeşitli araştırmacılara göre, hafif çelik, orta sertlikte çelik ve paslanmaz çeliğin ısı iletim katsayıları ise Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.5. Çelikteki karbon miktarlarına göre ısı iletim katsayıları (TSE, 2008; Sment ve ark., 2020)

Çelikteki Karbon Miktarı (%)	Isı İletim Katsayısı (W/m K)	Isı İletim Katsayısı (kcal/m $^{\circ}\text{C h}$)
0,5	52,3	44,97
1,0	43,0	36,97
1,5	36,0	30,95

Çizelge 2.6. Özelliklerine göre çeliğin ısı iletim katsayıları

Malzeme		Isı İletim Katsayısı, k (W/mK)	Isı İletim Katsayısı, k (kcal/m °Ch)
Hafif Çelik (ASHRAE, 2001)		45,3	38,95
Orta Sertlikte Çelik (Carvill, 1998)		50,0	43,0
Paslanmaz Çelik	(ISO, 2007)	17,0	14,62
	(Yeşilata, 2019)	16,0	13,76
	(Carvill, 1998)	25,0	21,5
	(Perry ve Chilton, 1973)	16,3	14,0

Hava akış hızının sıfır veya hareketsiz olması durumunda konveksiyonel ısı iletim katsayısı sabiti $h_i = 10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ($8.6 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C h}$)’dir. Durgun hava koşullarında termal iletkenlik katsayısı $h_d = 25.32 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ($21.77 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C h}$)’dir (Yener ve ark., 2019). Carvill (1998), ISO (2007) ve Olgun (2011)’e göre genel yapı uygulamalarında kullanılan bazı malzemeler için ısı iletim katsayıları Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Toplam ısı iletim katsayısı ise, Kendirli (2016)’ye göre herhangi bir kalınlıktaki yapı bileşeninin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 1°C ’ye eşit olduğunda yapı bileşeninin birim alanından (1m^2) ve birim zamanda (1 saat) iletilen ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. U sembolüyle ifade edilir ve birimi $\text{W/m}^2 \text{ K}$ veya $\text{kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{C h}$ ’dir. Buna göre herhangi bir yapı elemanından iletilen ısı miktarı ortamlar arasındaki sıcaklık farkına, yapı elemanında kullanılan malzeme kompozisyonuna ve yüzey alanına bağlıdır (Olgun, 2011).

Çizelge 2.7. Genel bina uygulamalarında bazı malzemeler için ısı iletim değerleri

Materyal	Termal İletkenlik (k, λ, x) W/m K	Materyal	Termal İletkenlik (k, λ, x) W/m K
Beton		Gazlar	
Orta yoğunluk	1,15-165	Hava	0,025
Yüksek yoğunluk	2,0	O ₂ (oksijen)	0,024
Donatılı	2,1	H ₂ (Hidrojen)	0,168
Metaller		CO ₂ (Karbondiosit)	0,014
Alüminyum alaşımları	160	CH ₄ (Metan)	0,030
Alüminyum	239	Ar (Argon)	0,017
Bronz	65	SF ₆ (Kükürt hekzaflorür)	0,013
Pirinç	120	Kr (Kripton)	0,009
Bakır	380	Xe (Ksenon)	0,054
Döküm demir	50	Sızdırmazlık malzemeleri	
Demir, saf	80	Silika jel (kurutucu)	0,13
Altın	310	Silikon (saf)	0,35
Kurşun	35	Silikon (dolgu)	0,50
Nikel	92	Silikon (köpük)	0,12
Krom	67	Üretan/poliüretan	0,21
Çelik	50	Polivinilklorür (PVC)	0,14
Paslanmaz Çelik	17	Poliüretan (PU) köpük	0,05
Çinko	110	Polietilen köpük	0,05
Yalıtım malzemeleri		Yalıtım malzemeleri	
Kalsiyum silikat	0,05	Poliüretan sert köpük levhalar	0,03
Ekspande polistiren (EPS)	0,03-0,04 (~0,034)	Taş yünü	0,045
Ekstürüde polistiren (XPS)	0,03-0,04 (~0,035)	Kauçuk	0,130
Cam yünü	0,040	Cüruf yünü	0,042
Cam elyaf	0,043	Cam köpüğü levhalar	0,050

Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda silindirik yapılarda, yapı elemanlarından olan toplam ısı iletimi diğer yapılara göre farklılık göstermektedir. Hsieh (1986), Kakaç (1998), Mills (1999), Altınışık (2004), Lienhard ve John (2005), Çakmak (2018) ve Üçüncü (2020)'ye göre silindirik bir yapı elemanından olan toplam ısı iletiminin hesaplanmasında iki yöntem kullanılmakta olup, 2.1-2.4 eşitlikleri ile hesaplanmaktadır.

Silindirik yapı elemanlarından iletilen toplam ısı miktarı;

1.Yöntem

$$Q = 2\pi kL * \frac{(T_i - T_o)}{\ln \left(\frac{r_i}{r_o}\right)} \quad [2.1]$$

2.Yöntem

$$Q = q * L \quad [2.2]$$

$$q = \frac{(T_i - T_0)}{R} = K * (T_i - T_0) \quad [2.3]$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{h_1 * d_1} + \sum \frac{1}{k_i} * \ln\left(\frac{d_i + 1}{d_i}\right) + \frac{1}{h_2 * d_2}} \quad [2.4]$$

Osczevski ve Bluestein (2005)'e göre, yüzey seviyesinde konvektif ısı transfer katsayılarının hesaplanmasında, rüzgâr hızının etkisindeki etkili toplam ısı iletim katsayısı (U_{eff}) 2.5 eşitliği ile tahmin edilir.

$$U_{eff} = 2/3 * U_{actual} + 1,34 \quad [2.5]$$

Burada;

Q: silindirik bir yapı elamanından olan toplam ısı iletimi, kcal/h

q: silindirik bir yapı elamanının birim uzunluğundan olan ısı akısı, kcal/m °C h

K: toplam ısı transfer katsayısı, kcal/m² °C h

L: Silindirin yüksekliği (uzunluğu), m

T_i : İç ortam sıcaklığı, °C

T_0 : Dış ortam sıcaklığı, °C

r_i, r_0 : Silindirin dış ve iç yarıçapı, m

k_i : yapı elemanını oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı, kcal/m °C h

h_1, h_2 : İç ve dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayıları, kcal/m² °C h

$d_1 (d_i), d_2$: Silindirin iç ve dış yarıçapı, m

U_{eff} : Rüzgâr hızının etkili olduğu toplam ısı iletim katsayısı, kcal/m² °C h

U_{actual} : Durgun koşullarda toplam ısı iletim katsayısı, kcal/m² °C h

Măgurean (2019) tarafından yapılan bir çalışmada yüzeysel ısı'nın akış yönüne göre, yüzeysel ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 2.8' de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Metallerde iç ve dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayısı değerleri

Yüzeysel ısı transfer katsayısı tipi (W/m ² K)	Isı akış yönü		
	Yukarı yönlü	Yatay yönlü	Aşağı yönlü
h_i (İç Yüzey)	10	8	6
h_e (Dış Yüzey)	24	24	24

Lee (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada, siloların farklı kısımlarında rüzgâr hızına bağlı olarak, yüzeysel ısı iletim katsayısının belirlenmesi için 2.6, 2.7, 2.8 nolu eşitlikler önerilmektedir. İç yüzeylerde yüzeysel ısı iletim katsayısı ise her durum için 3.5 W/m² K olarak kabul edilmiştir.

$$\text{Çatıda: } h_t = 4,67 + 3,83 \cdot v \quad [2.6]$$

$$\text{Alt levhada: } h_b = 2,17 + 3,83 \cdot v \quad [2.7]$$

$$\text{Perdede: } h_w = 3,67 + 3,83 \cdot v \quad [2.8]$$

$$\text{İç yüzeylerde yüzeysel ısı iletim katsayısı: } h_i = 3,5$$

TSE (2008)'e göre, tüm durumlarda dış yüzey yüzeysel ısı iletim katsayısı 25 W/m²K (21.50 kcal/m²°Ch) ve iç yüzey yüzeysel ısı iletim katsayısı ise yaklaşık 8 W/m²K (6.88 kcal/m²°Ch)'dir. Wang ve ark. (2022) ise yüzeysel ısı iletim katsayısını dış yüzeyde genellikle 23 W/m²K (19.78 kcal/m²°Ch) ve iç yüzeyde 8.7 W/m²K (7.48 kcal/m²°Ch) olarak vermektedir. Havanın ısı iletim katsayısı yüzey şekline ve hava hızına göre değişkenlik göstermektedir (Çolak ve Ayık, 2022). Düz, parlatılmış, ondüleli ve pürüzlü yüzeylerde hava hızına göre ısı iletim katsayısı, rüzgâr hızının bir bileşimi olarak Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.9. Hava hızı ve yüzey şeklinin ısı taşınım katsayısına etkisi

Yüzey Şekli	Hava Hızı (v)	
	< 5 m/s	>5 m/s
Düz ve parlatılmış	$\alpha = 4,8 + 3,4 \cdot v$	$\alpha = 6,12 \cdot v^{0,78}$
Ondüleli (dalgalı)	$\alpha = 5,0 + 3,4 \cdot v$	$\alpha = 6,14 \cdot v^{0,78}$
Pürüzlü	$\alpha = 5,3 + 3,6 \cdot v$	$\alpha = 6,47 \cdot v^{0,78}$

ASHRAE (1985) tarafından durgun havada ($v=0$ m/s) dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim katsayısı 2.9 eşitliği kullanılarak hesaplanmakta olup rüzgâr hızının 0-5 m/s veya 5-30 m/s olması durumunda Pierce (1972) tarafından 2.10 ve 2.11 nolu eşitlikler önerilmektedir.

Durgun havada: $h_a = 1,31 * (t_w - t_a)^{0,33}$ (ASHRAE, 1985) [2.9]

0-5 m/s rüzgar hızında: $h_a = 5,6 + 5,91 * v$ (Pierce, 1972) [2.10]

5-30 m/s rüzgar hızında: $h_a = 7,2 * v^{0,78}$ (Pierce, 1972) [2.11]

Burada;

h_a : Dış yüzeylerin yüzeysel ısı taşınım katsayısı ($\text{kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C h}$)

t_w : Duvar sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

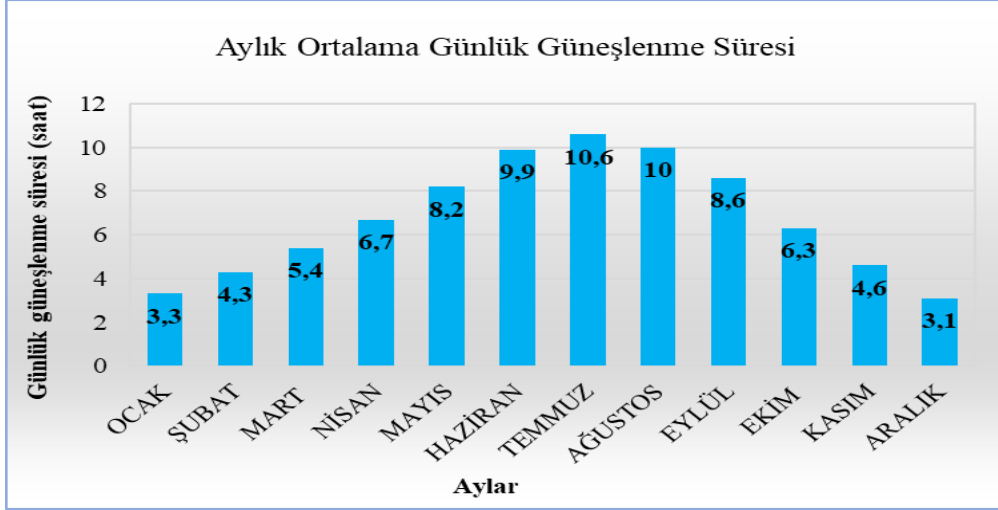
t_a : Ortalama hava sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

v : Silodan geçen rüzgar hızı (m/s)

2.5. Türkiye ve Konya’da Güneş Enerjisi ve Güneşlenme süresi

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre, uzun yıllar (1929-2022) Türkiye’nin günlük ortalama güneşlenme süresi 6.7 saat (toplam 2468 saat) iken, son on yıl içerisinde gerçekleşen ortalama güneş radyasyonu $1580.4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$ ’dır (Anonim, 2022a). Anonim (2022a)’den alınan verilere göre, ülkemizde en fazla güneş radyasyonu temmuz ayında 215.8 kWh/m^2 iken en düşük güneş radyasyonu 56.2 kWh/m^2 olarak ocak ayında gerçekleşmektedir. Yıl boyunca günlük ortalama güneş radyasyonu birim alanda (1 m^2) 4.33 kWh olup günlük ortalama 372.36 cal/cm^2 ’ye karşılık gelmektedir. Ülkemizde uzun yıllar aylık toplam güneş radyasyonu ve güneşlenme süreleri Çizelge 2.10’da ve aylık toplam günlük güneşlenme süresi Şekil 2.8’de verilmiştir (Anonim, 2022a).

Ülkemizde yıllık toplam güneş radyasyonu 1460 kWh/m^2 yıl değeri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde en yüksek olup yıllık güneşlenme süresi 2993 saat olarak gerçekleşmektedir. En düşük toplam güneş radyasyonu ise $1120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{yıl}$ değeri ile Karadeniz Bölgesindedir ve toplam güneşlenmesi süresi yıllık 1971 saattir. Ülkemizde güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımları Çizelge 2.11’de verilmiştir (Anonim, 2022b).



Şekil 2.8. Türkiye’de aylık ortalama günlük güneşlenme süresi

Çizelge 2.10. Türkiye’de uzun yıllar aylık toplam güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu miktarı

AYLAR	Güneşlenme Süresi (Saat/ay)	Aylık Toplam Güneş Enerjisi	
		(kcal/cm ² .ay)	(kWh /m ² .ay)
OCAK	102,3	4,83	56,2
ŞUBAT	120,4	6,79	79,0
MART	167,4	10,12	117,7
NİSAN	201	13,06	151,9
MAYIS	254,2	15,59	181,3
HAZİRAN	297	17,52	203,7
TEMMUZ	328,6	18,56	215,8
AĞUSTOS	310	16,78	195,1
EYLÜL	258	13,19	153,4
EKİM	195,3	9,23	107,3
KASIM	138	5,83	67,9
ARALIK	96,1	4,39	51,0
TOPLAM	2468	135,91	1580,4
ORTALAMA	6,7 saat/gün	372,36 cal/cm ² .gün	4,33 kWh/m ² .gün

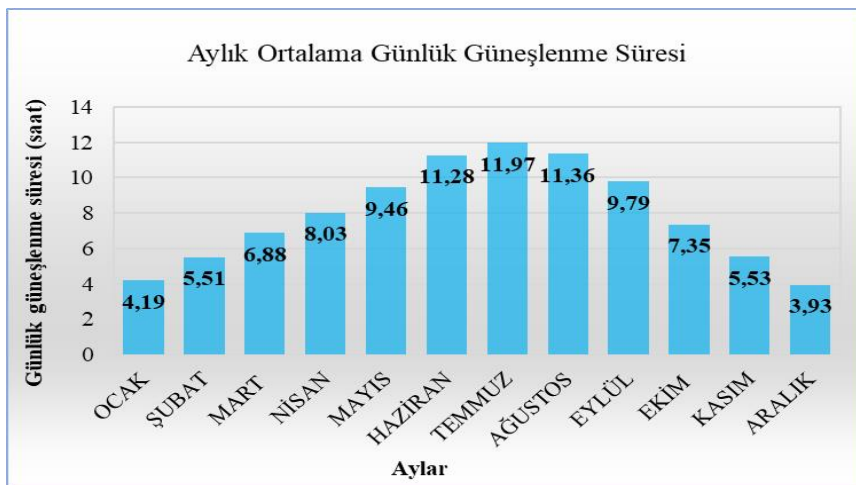
Çizelge 2.11. Bölgelere göre yıllık toplam güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu miktarı

Bölgeler	Yıllık Toplam Güneş Enerjisi (kWh /m ² .yıl)	Yıllık Toplam Güneşlenme Süresi, (Saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Konya ilinin günlük ortalama güneşlenme süresi 7.95 saat ve ortalama güneş radyasyonu 1610.77 kWh/m².yıl'dır (Anonim, 2022b). Konya ilinde en fazla güneş radyasyonu temmuz ayında 211.11 kWh/m² iken en düşük güneş radyasyonu ocak ayında 61.38 kWh/m²'dir. Yıl boyunca günlük ortalama güneş radyasyonu birim alanda (1 m²) 4.41 kWh olup günlük ortalama 379.89 cal/cm²'ye karşılık gelmektedir (Anonim, 2022b). Konya ilinde uzun yıllar (1929-2022) aylık toplam güneş radyasyonu ve güneşlenme süreleri Çizelge 2.12'de ve aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri Şekil 2.9'da verilmiştir (Anonim, 2022b).

Çizelge 2.12. Konya ilinde uzun yıllar aylık toplam güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu miktarı

AYLAR	Güneşlenme Süresi (Saat/ay)	Aylık Toplam güneş enerjisi	
		(kcal/cm ² .ay)	(kWh /m ² .ay)
OCAK	129,89	5,28	61,38
ŞUBAT	154,28	6,02	70,0
MART	213,28	11,27	131,13
NİSAN	240,9	13,41	156,0
MAYIS	293,26	16,79	195,3
HAZİRAN	338,4	17,44	203,4
TEMMUZ	371,07	18,14	211,11
AĞUSTOS	352,16	16,12	187,55
EYLÜL	292,8	13,20	153,6
EKİM	227,85	9,94	115,63
KASIM	165,9	6,08	70,8
ARALIK	121,83	4,97	54,87
TOPLAM	2901,32	138,66	1610,77
ORTALAMA	7,95 saat/gün	379,89 cal/cm ² .gün	4,41 KWh/m ² .gün



Şekil 2.9. Konya'da aylık ortalama günlük güneşlenme süresi

2.6. Yatay, Düşey ve Eğimli Yüzezlere Gelen Güneş Radyasyonu

Malzemedeki sıcaklık dağılımının birçok faktöre bağlı olduğu, bunlardan birincisinin ortamın hava sıcaklığı, hava konveksiyonu, güneş radyasyonu, deponun hâkim yerel rüzgâr yönüne göre konumu olduğunu, ikincisinin ise deponun yapısı, tasarımı ve boyutları olduğu Yang ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada vurgulanmaktadır.

Güneşten elektromanyetik dalgalar halinde yayılan uzun ve kısa dalga boylu radyasyona güneş radyasyonu denir ve soğurulma, yansıma ve dağılma ile yer yüzüne iki şekilde ulaşır (direkt, difüz) (Yenisey, 2015). Paralel ışınlar halinde yere ulaşan radyasyon direkt radyasyon iken güneşten atmosfere iletilen radyasyonun bulutlar, kuru hava ve toz molekülleri tarafından dağılıp saçıldıktan sonra tekrar yer yüzüne dönen kısmı difüz radyasyondur. Yenisey (2015) tarafından yapılan çalışmada, direkt ve difüz (yayılı) radyasyonunun hem eğik hem de yatay yüzeylerde meydana geldiği, eğik yüzeylerdeki radyasyonun ayrıca yansıyan kısmının olduğu ifade edilmektedir.

Düşey ve eğimli yüzeylere gelen güneş radyasyonunun tespit edilebilmesi için öncelikle yatay düzleme gelen saatlik toplam ve difüz (yayılı) ışıınım şiddetinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalara göre yatay düzleme gelen toplam güneş ışıınım şiddetine meteorolojik istasyonlardan kolaylıkla ulaşılabilmekte iken yatay düzleme gelen saatlik difüz ışıınım miktarının belirlenmesinde çeşitli modellerden yararlanılmaktadır. De Miguel ve ark. (2001) ve Wong ve Chow (2001) tarafından yürütülen çalışmalarda, yatay bir düzlem üzerine etki eden difüz radyasyon şiddetinin tespitinde kullanılan modeller difüz ışıınım oranı ve berraklık indeksi gibi parametrelerin birer fonksiyonu olduğu vurgulanmakta olup çeşitli modellere göre bu parametreler eşitlik 2.12 ve 2.13 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$k_d = \frac{I_d}{I_t}, k_D = \frac{I_d}{I_0}, k_b = \frac{I_b}{I_0} \quad [2.12]$$

Burada; k_d , k_D ve k_b sırasıyla saatlik difüz ışıınım oranı, difüz ışıınım katsayısı ve direkt ışıınım katsayısı olup I_t (I), I_0 , I_d ve I_b sırasıyla yatay düzleme gelen saatlik toplam ışıınım miktarı, yatay düzleme gelen atmosfer dışı saatlik toplam ışıınım şiddeti, yatay düzleme gelen saatlik difüz ışıınım miktarı ve yatay düzleme gelen saatlik direkt ışıınım miktarıdır.

Yatay düzlem üzerine gelen günlük toplam ışıınım miktarının ölçülemediği durumlarda, modellerle hesaplanan global güneş radyasyonu (atmosfer dışı güneş radyasyonu) ile yatay

düzleme gelen günlük toplam güneş ışıının tahmininde kullanılan birçok model bulunmaktadır. Bu amaçla güneşlenme süresine bağlı olarak Ågnström tip eşitlikler kullanılmaktadır (Ågnström, 1924). Birçok araştırmacı tarafından yürütülen çalışmaların sonuçlarına göre meteorolojik veriler ile modeller aracılığıyla belirlenen değerler arasında fark çok azdır. Hesaplanan ve meteoroloji istasyonlarında ölçülen değerler arasındaki farklılıkları minimize etmek amacıyla eşitlik 2.16’da kullanılan katsayılar çeşitli çalışmalarla bölgeler için özel olarak belirlenmiştir. Eşitlikte kullanılan regresyon katsayıları ülkelere, bölgelere veya şehirlere göre farklılık göstermektedir ve çeşitli araştırmacılar tarafından coğrafi konumlara göre bu katsayılar Çizelge 2.13’te verilmiştir. 2.13’te kullanılan S_0 değeri ise eşitlik 2.14 ile hesaplanmaktadır (Ågnström, 1924).

$$\frac{H}{H_0} = a + b * \left(\frac{S}{S_0}\right) \quad [2.13]$$

Konya ilinde aylık ortalama güneş radyasyonunu belirlemek için Mengeş ve Sonmete (2005) tarafından yapılan bir çalışmada altı model karşılaştırılmıştır. Modellerden elde edilen sonuçlara göre, Konya’da yatay düzlem üzerine gelen güneş radyasyonunu en iyi şekilde açıklayan modelin Samuel Modeli (Samuel, 1991) olduğu tespit edilmiştir (Denklem 2.14).

$$H = H_0 * \left[0,6177 - 1,044 * \left(\frac{S}{S_0}\right) + 2,384 * \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 - 1,238 * \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \right] \quad [2.14]$$

Yatay yüzey üzerine gelen toplam ışıının miktarının tahmininde kullanılan bir başka modelde ise hesap yapılan yerin rakımı ve enlem derecesi dikkate alınmıştır. Kılıç ve Öztürk (1983) tarafından geliştirilen bu modelde kullanılan a ve b katsayıları eşitlik 2.15 ve 2.16 ile hesaplanmaktadır.

$$a = 0,103 + 0,000017 * Z + 0,198 * \cos(\theta - \delta) \quad [2.15]$$

$$b = 0,533 - 0,165 * \cos(\theta - \delta) \quad [2.16]$$

Çizelge 2.13. Ågnström tip eşitliklerde kullanılan a ve b regresyon katsayılarının Dünya’da ve Türkiye’deki değişimi

Model	Konum	Katsayılar			
		a		b	
Tiris ve ark. Modeli (Tiris ve ark., 1996)	Türkiye	0.18		0.62	
Duffie ve Beckman Modeli (Duffie ve Beckman, 2013)	Dünya	0.3161		0.6996	
Page Modeli (Page, 1961)	Dünya	0.23		0.48	
Benson ve ark. Modeli (Benson ve ark., 1984)	Dünya	Nisan-Eylül	Ekim-Mart	Nisan-Eylül	Ekim-Mart
		0.24	0.18	0.53	0.60
Aras ve ark. Modeli (Aras ve ark., 2006)	Türkiye (İç Anadolu Bölgesi)	0.3078		0.4166	
Bakırcı Modeli (Bakırcı, 2007)	Türkiye	0.2786		0.4160	
Toğrul ve ark. Modeli (Toğrul ve Toğrul, 2002)	Ankara, Antalya, İzmir, Aydın, Adana, Elazığ	0.318		0.449	

Çizelge 2.14’teki n değeri 1 Ocak’tan itibaren yılın günlerini göstermekte olup, Klein (1977) tarafından her bir ayın ortalaması için tavsiye edilen karakteristik günler Çizelge 2.14’te verilmiştir.

Çizelge 2.14. Ayların ortalaması için tavsiye edilen günler

Aylar	Tarih	Yılın günü (n)
Ocak	17 Ocak	17
Şubat	16 Şubat	47
Mart	16 Mart	75
Nisan	15 Nisan	105
Mayıs	15 Mayıs	135
Haziran	11 Haziran	162
Temmuz	17 Temmuz	198
Ağustos	16 Ağustos	228
Eylül	15 Eylül	258
Ekim	15 Ekim	288
Kasım	14 Kasım	318
Aralık	10 Aralık	344

Burada; w saat açısı ($^{\circ}$), t günün saati ($^{\circ}$), θ_z zenith açısı ($^{\circ}$) ve θ güneş yükseklik açısı ($^{\circ}$)’dır ve güneş yükseklik açısı, zenit açısını 90° ’ye tamamlamaktadır. Birçok araştırmacıya göre güneş yükseklik açısı çeşitli yönler ve yüzeyin şekline göre farklı eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır ve bu açının hesaplanmasında kullanılan yöntemler Çizelge 2.15’te verilmiştir (Liu ve Jordan, 1960; 1963; Duffie ve Beckman, 1980; Wong ve Chow, 2001; Notton ve ark., 2006; Yiğit ve Atmaca, 2010; Basunia ve ark., 2012). Çizelge 2.14’te geçen γ

azimut açısı ($^{\circ}$) ve β eğim açısı ($^{\circ}$) olup, diğer semboller daha önce açıklanmıştır. Kaynaklı ve ark. (2012) tarafından güneş ışıınımı ve duvar yönünü dikkate alarak optimum yalıtım kalınlığını belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, dik yüzeylerde doğu ve batı yönleri yaz ayları boyunca daha fazla güneş ışıınımı almasına rağmen yılın tamamı dikkate alındığında özellikle güney yönü ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 2.15. Yönlere bağlı güneş yükseklik açısı hesap yöntemleri

Yön	Güneş Yükseklik Açısı (θ)
Güneye yöneltilmiş eğimli yüzeylerde	$\cos\theta = \sin\delta * \sin(e - \beta) + \cos\delta * \cos(e - \beta) * \cos\omega$
Dik yüzeylerde bütün yönler için (doğu, batı, kuzey, güney) ($\beta = 90^{\circ}$)	$\cos\theta = -\sin\delta * \cos\epsilon * \cos\gamma + \cos\delta * \sin\epsilon * \cos\gamma * \cos\omega + \cos\delta * \sin\gamma * \sin\omega$
Güneye bakan dik yüzey için ($\gamma = 0^{\circ}$, $\beta = 90^{\circ}$)	$\cos\theta = \cos\delta * \sin\epsilon * \cos\omega - \sin\delta * \cos\epsilon$
Batıya bakan dik yüzey için ($\gamma = 90^{\circ}$, $\beta = 90^{\circ}$)	$\cos\theta = \cos\delta * \sin\beta * \sin\gamma * \sin\omega$
Kuzeye bakan dik yüzey için ($\gamma = 180^{\circ}$, $\beta = 90^{\circ}$)	$\cos\theta = \sin\delta * \cos\epsilon - \cos\delta * \sin\epsilon * \cos\omega$
Doğuya bakan dik yüzey için ($\gamma = 270^{\circ}$, $\beta = 90^{\circ}$)	$\cos\theta = -\cos\delta * \sin\omega$

Düşey (dik) yüzeye düşen toplam ışıınım miktarı o yöne ait direkt, difüz (yayılı) ve yansıyan ışıınların toplamına eşittir. Liu ve Jordan (1961) tarafından geliştirilen izotropik modele göre, düşey yüzeyler üzerine gelen saatlik yansıyan güneş ışıınımı (I_{ya}) 2.17 eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır. Lovell-Smith ve Baldwin (1992) tarafından, düşey silo yüzeyinde, silo duvar eğriliğinden dolayı silo çevresinde ortalama bir güneş ışıınım yoğunluğu elde edebilmek için bulunan değerlerin 0.637 ile düzeltilmesi gerektiği bildirilmektedir.

$$I_{ya} = \frac{1}{2} * \rho * I * \sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad [2.17]$$

Burada, β yüzey eğim açısı (düşey yüzeyler için 90°), I_{ya} yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışıınımı, ρ yüzey yansıtma oranı ve I yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışıınımıdır. İbrahim (1995), Nijmeh ve Mamlook (2000), Notton ve ark. (2006)'na göre yüzey yansıtma oranı 0.2 iken Ünsal (2017) tarafından bu değer beton kaplı zeminler için 0.22 olarak bildirilmektedir. Galvanizli çeliğin yüzey yansıtma oranı 0.60 (Berdahl ve Bretz, 1997) ve beton duvarın yansıtma katsayısı 0.3'tür (Anonim, 2007; 2020c).

2.7. Yapı Elemanlarından Radyasyonla Isı Kazanımı ve Ürünlerin Verdiği Solunum Isısı

Yapı elemanlarının yüzeylerine gelen toplam güneş radyasyonları belirlendikten sonra yapı yüzeyinde meydana gelen ısıнын ne kadarının yapı içerisine aktarılacağı önemlidir ve yapı elemanları yüzeyinden (duvar, çatı, pencere) kondüksiyon ve radyasyonla ısı artışının tespiti için Mutaş ve Sönmez (1984) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmaktadır. Betonun absorpsiyon (soğurma) katsayısı 0.6 (Cengel ve Cengel, 2002), galvanizli çeliğin absorpsiyon (soğurma) katsayısı 0.8 (Kara, 2013) ve pencere camının geçirme katsayısı 0.88’dir (Anonim, 2014).

Bailey (1940) tarafından tahıl tanelerinin solunumunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada dört farklı nem içeriğinde tahıl tanelerinin 24 saatte her 100 g kuru madde için tahılların solunum ısıları Çizelge 2.16’da verilmiştir. Çeltiğin 24 saatte her 100 g kuru madde için solunum ısısı %12, %13, %14, %15 ve %16 nem içeriklerinde Bailey ve Gurjar (1920) tarafından sırasıyla 0.32 mg, 0.48 mg, 0.95 mg, 2.56 mg ve 7.65 mg olarak bildirilmektedir.

Çizelge 2.16. Bazı tahıl çeşitlerinin farklı nem içeriklerinde solunum ısıları (mg/24h-g)

Tahıl Çeşidi	Nem İçeriği (%)			
	11	13	15	17
Buğday	0,2	0,5	1,2	11,0
Arpa	0,1	0,4	2,1	16,7
Mısır	0,7	1,5	4,7	21,9
Yulaf	0,1	0,2	1,4	8,0
Çavdar	0,1	0,3	1,2	5,1

Foster ve Tuite (1982) ve Navarro ve Noyes (2001)’e göre tahıl silolarının havalandırılmasında çelik silolarda ton başına saatlik 6-12 m³ havalandırma yapılması gerekirken beton silolarda ton başına saatlik 3-6 m³ havalandırma yapılması gerekmektedir ve bu değerlerden daha yüksek hava akım oranlarının tahılı hızlı bir şekilde soğutacağı için ekonomik olmayacağı bildirilmiştir. Depolanan hububatın depo içerisinde yaydığı ısı miktarı ve fazla ısıyı uzaklaştırmak için havalandırma miktarı Navarro ve Noyes (2001) tarafından önerilen eşitlikler ile tespit edilmektedir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini Konya bölgesinde çelik veya betonarme olarak inşa edilmiş hububat depoları (siloları) oluşturmaktadır. Çalışma anket çalışmalarının değerlendirilmesi, depolama yapılarının değerlendirilmesi, yapılarda ısı iletim katsayılarının ve solar radyasyonun hesaplanması, depolanan ürün çeşidine göre ısı dengesi hesaplamaları ve bölgeye uygun yeni bir silo modelinin tasarlanması olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Tezin materyal ve yöntem bölümü alt başlıklar altında açıklanmıştır.

3.1.1. Konya ilinin coğrafik ve demografik yapısı ve arazi kullanım durumu

Konya ili, İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer almaktadır. Kuzeyde Haymana platosu, kuzeydoğuda Cihanbeyli Platosu ve Tuz Gölü'ne, batısında Beyşehir Gölü'ne ve Akşehir Gölü'ne, güneyinde Sultan Dağları'ndan başlayan Karaman ilinin güneyine kadar devam eden, Toros yayının iç yamaçları önünde bir fay hattı boyunca oluşmuş volkanik dağlara, doğuda ise Obruk platosuna kadar uzanır. Konya coğrafi olarak 36°41" ve 39°16' kuzey enlemleri ile 31°14' ve 34°26' doğu boylamları arasında yer alır. Yüz ölçümü 41.001 km² olup bu alanı ile Türkiye'nin en büyük yüz ölçümüne sahip olan ilidir ve Türkiye yüz ölçümünün %5.24'ünü oluşturmaktadır. Ortalama yükseltisi 1016 m 'dir. Konya ilinin üçü merkez olmak üzere (Meram, Karatay, Selçuklu), 31 ilçesi (Ahırlı, Akören, Akşehir, Altınekin, Beyşehir, Bozkır, Cihanbeyli, Çeltik, Çumra, Derbent, Derebucak, Doğanhisar, Ereğli, Emirgazi, Güneysınır, Hadim, Halkapınar, Hüyük, Ilgın, Kadınhanı, Kulu, Meram, Sarayönü, Seydişehir, Taşkent, Tuzlukçu, Yalıhüyük ve Yunak) bulunmaktadır (Anonim, 2021b; 2022c). İdari olarak kuzeyden Ankara güneyden Antalya, İçel ve Karaman ile çevrili iken batısında Afyonkarahisar, Eskişehir ve Isparta illeri, doğusunda ise Aksaray ve Niğde illeri bulunmaktadır. Türkiye nüfusunun %2.7'sini oluşturan Konya ilinin Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine (ADNKS) göre nüfusu 2021 yılında bir önceki yıla göre %1.19 artarak, 2 277 017 kişiye ulaşmıştır ve en kalabalık 7. şehirdir (Anonim, 2022c; 2022d).

Türkiye yüz ölçümünün %5.24 (4 083 800 ha)'üne sahip olan Konya ilinde, bu alanın %45.5 (1 859 079 ha)'ini tarım arazileri, yaklaşık %20 (812 414 ha)'sini çayır-mera arazileri, %12 (492 857 ha)'sini ormanlar ve %22.5 (919 450 ha)'ini diğer araziler oluşturmaktadır (Çizelge 3.1). Toplam 1 859 079 ha tarım alanıyla Türkiye tarım alanlarının (23 136 584 ha)

%8.04'üne sahip olan Konya ilinde bu alanların %79 (1 473 258 ha)'unda tarla bitkileri, %1.7 (30 881 ha)'sinde sebze, %2.6 (47 698 ha)'sında meyve ve 84 ha'lık alanda süs bitkileri yetiştiriciliği yapılırken %16 (307 158 ha)'sı nadasa bırakılmıştır (Çizelge 3.2) (Anonim, 2021b).

Çizelge 3.1. Türkiye ve Konya'nın arazi varlığı ve Konya'nın arazi varlığındaki yeri (Anonim, 2021b)

Yıl	Türkiye/Konya	Yüz Ölçümü (ha)	Tarım Alanı (ha)	Orman Alanı (ha)	Çayır-Mera (ha)	Diğer Araziler (ha)
2021	Türkiye	78.004.300	23.136.584	21.678.134	14.616.617	18.572.965
	Konya	4.083.800	1.859.079	492.857	812.414	919.450
Konya'nın payı (%)		5,24	8,4	2,27	5,56	4,95

Çizelge 3.2. Türkiye ve Konya'da tarım arazilerinin kullanım durumu ve Konya'nın yeri (Anonim, 2021b)

Yıl	Türkiye/Konya	Toplam Tarım Alanı	Tarla Bitkileri	Nadas	Sebze Alanı	Meyveler	Süs Bitkileri
2021	Türkiye	23.136.584	15.614.972	3.173.252	779.246	3.563.707	5.407
	Konya	1.859.079	1.473.258	307.158	30.881	47.698	84
Konya'nın Payı (%)		8,04	9,43	9,68	3,96	1,34	1,55

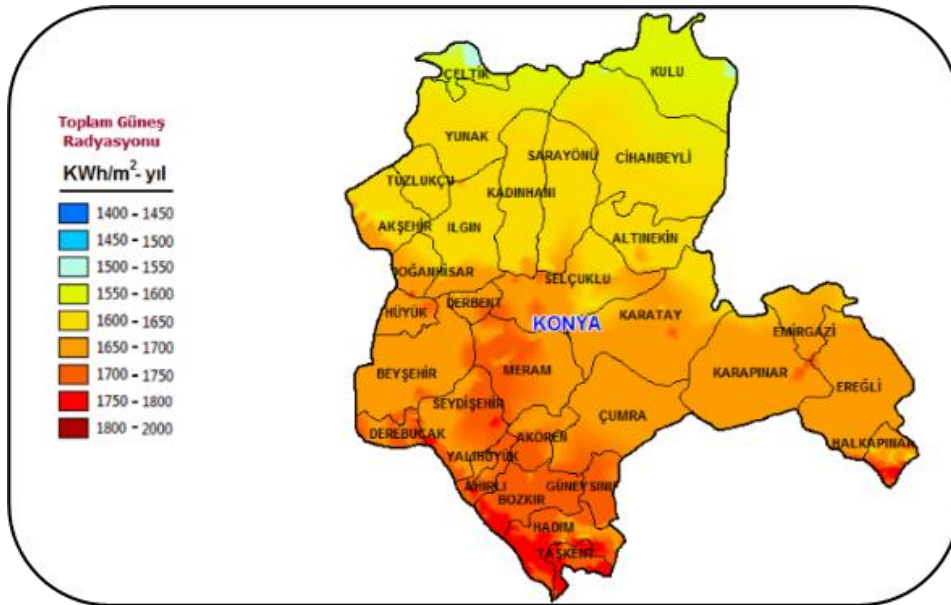
TÜİK (2023) verilerine göre Türkiye'de 2022 yılında toplam 35801,54 bin ton hububat üretilmiş olup, bunun yaklaşık %55 (19751.36 bin ton)'ini buğday, %19 (6750 bin ton)'unu mısır, %23.7 (8500 bin ton)'sini arpa, yaklaşık %0.8 (276 bin ton)'ini yulaf, %0.6 (200 bin ton)'sını çavdar ve %0.9 (324.18 bin ton)'unu diğer tahıllar (sorgum, darı ve tritikale) oluşturmaktadır. Toplam hububat üretiminin %12.52 oranıyla önemli bir kısmını oluşturmakta olan Konya ilinde ise toplam 4484.06 bin tonluk üretimin %43'ü (1929.54 bin ton) buğday, %28'i (1261.47 bin ton) mısır, %28'i (1264.82 bin ton) arpa, %0.3'ü (14.83 bin ton) yulaf, %1.3'ü (5.85 bin ton) çavdar ve %0.2'si (7.55 bin ton) diğer tahıllardan oluşmaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Türkiye ve Konya’da toplam hububat üretimi ve Konya’nın hububat çeşidine göre üretimdeki yeri (TÜİK, 2023)

Yıl	Türkiye/Konya	Toplam Hububat Üretimi (Bin ton)	Buğday (Bin ton)	Mısır (Bin ton)	Arpa (Bin ton)	Yulaf (Bin ton)	Çavdar (Bin ton)	Diğer (Bin ton)
2021	Türkiye	35801,54	19751,36	6750	8500	276	200	324,18
	Konya	4484,06	1929,54	1261,47	1264,82	14,83	5,85	7,55
Konya’nın Payı (%)		12,52	9,77	18,69	14,88	5,37	2,93	2,33

3.1.2. Konya ilinin iklimsel özellikleri

Coğrafi konumu nedeniyle Konya ili yarı kurak iklim yapısına sahiptir ve karasal iklim kuşağında yer alır. İlde yıllık yağış miktarı 300-760 mm arasında değişiklik göstermekte olup 2019-2020 üretim sezonunda hububat yetiştiriciliği yapılan alanlarda yağış miktarı ortalama 359 mm olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2021b). Meteoroloji genel müdürlüğünden elde edilen verilere göre Konya ilinin uzun yıllar yağış ortalaması 329.4 mm olup bitkilerin gelişimi açısından büyük öneme sahip olan, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarındaki toplam yağış miktarı, yıllık toplam yağışın %30.7’sine karşılık gelmektedir (Anonim, 2022a). İlde yıllık ortalama sıcaklık 11.7 iken maksimum ve minimum sıcaklıkların ortalamaları sırasıyla 18 °C ve 5.4 °C’dir. İl genelinde yıllık ortalama nispi nem %60.5 olup ortalama rüzgâr hızı 2.2 m/sn ve yıllık ortalama güneşlenme süresi 7.4 saattir (Anonim, 2022a). Konya iline ait uzun yıllar iklim verileri Çizelge 3.4.’te verilmiştir. İlde yıllık toplam güneş radyasyonu 1610.77 kWh/m² olup ile ait güneş radyasyonu haritası Şekil 3.1’de verilmiştir (Anonim, 2022b).



Şekil 3.1. Konya ili ve ilçeleri toplam güneş radyasyonu miktarı

Çizelge 3.4. Konya iline ait uzun yıllar içerisinde gerçekleşen iklimsel veriler (Anonim, 2022a)

İklim özellikleri	Rasat Süresi (Yıl)	Aylar												Yıllık
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	92	-0.2	1.5	5.6	11.1	15.9	20.1	23.5	23.3	18.8	12.8	6.5	1.7	11.7
Aylık Ortalama Minimum Sıcaklık (°C)	92	-4.2	-3.3	-0.2	4.3	8.6	12.6	15.9	15.6	11.0	5.9	0.8	-2.3	5.4
Aylık Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)	92	4.6	7.0	11.8	17.5	22.4	26.7	30.2	30.2	26.0	20.0	13.0	6.6	18.0
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	17	81.4	74.13	64.5	59.5	56.0	50.3	40.5	41.2	46.4	58.3	71.7	81.7	60.5
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm)	92	38.1	28.5	29.3	32.0	43.1	26.1	7.5	6.4	13.5	29.5	32.2	43.2	329.4
Ortalama rüzgâr hızı (m/s)	86	1.9	2.3	2.6	2.4	2.2	2.5	2.8	2.6	2.1	1.8	1.6	1.9	2.2
Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	92	3.3	4.6	5.9	7.2	9.0	10.7	11.8	11.4	9.7	7.3	5.3	3.2	7.4

3.1.3. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin genel özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü 30 adet işletmenin lokasyonlarına göre dağılımları Şekil 3.2’de, işletmelerin toplam kapasiteleri, konumları, rakımları ve işletmelerde analiz edilen depo tipleri Çizelge 3.5’te ve işletmelerde bulunan depolama yapılarına (yatay beton silo, çelik silo ve konik tabanlı çelik silolara) ait görüntüler Şekil 3.3-Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Araştırmanın yürütüldüğü yatay betonarme depolara ait bir görüntü



Şekil 3.4. Araştırmanın yürütüldüğü çelik silolara ait bir görüntü



Şekil 3.2. Araştırmanın yürütüldüğü ilçeler ve işletmelerin harita üzerindeki görünüşleri

Çizelge 3.5. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin genel özellikleri

İşletme No	Toplam Depolama Kapasitesi (Ton)	Depo Tipi	İşletmenin Konumu		İşletmenin Rakımı (m)	İşletme No	Toplam Depolama Kapasitesi (Ton)	Depo Tipi	İşletmenin Konumu		İşletmenin Rakımı (m)
			Enlem (°)	Boylam (°)					Enlem (°)	Boylam (°)	
1	60 000	Yatay betonarme, çelik silo	37,85389°	32,6325°	1002	16	22 000	Yatay betonarme, çelik silo	37,96831°	32,58508°	1006
2	10 000	Yatay betonarme	39,02417°	31,76389°	860	17	20 000	Yatay betonarme, çelik silo	37,87474°	32,54533°	1008
3	20 000	Çelik silo	38,81694°	31,76389°	1028	18	20 800	Yatay betonarme, çelik silo	37,87357°	32,61546°	1001
4	53 600	Çelik silo	38,91°	32,08722°	921	19	24 800	Yatay betonarme, çelik silo	38,25271°	32,41775°	1074
5	49 200	Yatay betonarme, çelik silo	37,53806°	32,82972°	1016	20	41 000	Çelik silo	38,24911°	32,42378°	1077
6	20 900	Çelik silo	38,76099°	32,64119°	1040	21	26 000	Yatay betonarme	37,73764°	33,03846°	1003
7	100 000	Çelik silo	37,95014°	32,58°	1008	22	26 400	Yatay betonarme	37,71964°	33,59433°	992
8	69 050	Çelik silo	37,85667°	32,64472°	1002	23	74 400	Çelik silo	37,54987°	33,84372°	1011
9	25 200	Çelik silo	38,04806°	32,65639°	1005	24	32 000	Çelik silo	38,03056°	32,64558°	1002
10	13 000	Yatay betonarme, çelik silo	38,48674°	32,43583°	1022	25	36 950	Çelik silo	39,11639°	33,09074°	994
11	59 845	Betonarme silo	37,93301°	32,53141°	1009	26	35 650	Yatay betonarme, çelik silo	39,11734°	33,09237°	992
12	30 000	Beton ve çelik silo	38,84455°	32,96074°	942	27	51 700	Yatay betonarme, çelik silo	37,80554°	32,88617°	1003
13	10 000	Yatay betonarme	38,64417°	32,94056°	966	28	35 400	Yatay betonarme, çelik silo	37,86712°	32,80741°	962
14	86 800	Çelik silo	38,5893°	32,9061°	1006	29	25 900	Çelik silo	37,87377°	32,58642°	1008
15	44 500	Çelik silo	37,71671°	33,50146°	1001	30	27 900	Yatay betonarme, çelik silo	37,85389°	32,6325°	1002



Şekil 3.5. Araştırmanın yürütüldüğü konik tabanlı silolara ait bir görüntü



Şekil 3.6. Araştırmanın yürütüldüğü çelik siloların üstten görünüşü



Şekil 3.7. Araştırmanın yürütüldüğü yatay betonarme ve çelik siloya ait bir görüntü

3.2. Yöntem

Konya ilinde yürütülen tez çalışması kapsamında bölgeyi temsil edecek miktar ve özellikteki lisanslı ve ticari depoculuk işletmesi ve bu işletmelerde bulunan silolar Karar Örneklemesi yöntemi kullanılarak araştırmaya dahil edilmiştir. Depoculuk konusunda uzmanlaşan Ticaret Borsası'ndan alınan veriler neticesinde bölgedeki tarımsal kuruluşlar ve üreticilerle görüşülerek depolama faaliyetinin yoğun olduğu ilçeler belirlenmiştir. Araştırma, Ticaret bakanlığından elde edilen veriler neticesinde tarımsal üretim desenine göre en fazla depolama faaliyetinde bulunan Kulu, Karapınar, Karatay, İsmil, Çumra, Çeltik, Cihanbeyli, Selçuklu, Sarayönü, ve Yunak ilçelerinde faaliyet gösteren 30 işletmede yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin toplam depolama kapasitesi 1 147 995 ton olup, Konya ilindeki lisanslı depoların toplam depolama kapasitesi 1 912 550 ton'dur (Anonim, 2021a). Buna göre araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin yaklaşık %90'ının lisanslı depoculuk yapan işletmelerden oluştuğu göz önüne alınırsa, Konya ilindeki mevcut depolama kapasitesinin oldukça önemli bir kısmı (yaklaşık %80) araştırma kapsamına alınmıştır.

3.2.1. Anket verilerinin değerlendirilmesi

Karar örneklemesi yöntemiyle seçilen işletmelerde işletme sahipleri ve işletme yetkilileriyle yürütülen anket çalışmaları; İşletme, depolama yapıları, ürün ve işletim sistemi ve depo içi iklimlendirme ile ilgili bilgileri içeren dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, işletme sahiplerinin veya işletme yetkililerinin yaşı, öğrenim durumu, ilçesi ve köyü-kasabası gibi ile ilgili genel bilgiler, silo (depo) sayısı, depolanan ürün çeşidi, depolama zamanı ve süresi, depolama kapasitesi, depolama şekli, işletmenin ilçe merkezine uzaklığı, kalite analizi ve sınıflandırma için laboratuvar imkânı, kurutma ve eleme tesisi varlığı, işletme şekli (lisanslı, ticari, kuruluş, diğer), işletmenin yol durumu, işletmede faaliyet gösteren kişi sayısı ve işgücünün sağlanma şekli, işletmenin arazi varlığı ve depolamada karşılaşılan sorunlardan oluşmaktadır. İkinci bölümde, depolama yapılarının yapım yılı, mülkiyeti, depo (silo) tipleri, kullanılan malzemelerin termal özellikleri, depo tipine göre kapasitesi, depoların fiziksel, alansal ve hacimsel boyutları tespit edilmiştir. Üçüncü bölümde, ürünlerin depolara alınması sırasında karşılaşılan sorunlar, ürünlerde olması istenen asgari nitelikler, ürünün kurutulma şekli, silo başına depolanan ürün miktarı, siloların doluluk- boşluk oranı, depolama sonunda meydana gelen ürün kayıpları (fire), ürünlerde bozulma olması durumunda alınan önlemler ve ürün sınıfları ile ilgili bilgiler alınmıştır. Son bölümde ise kullanılan havalandırma sistemleri,

varsa fan sayıları ve kapasiteleri ve depo içi sıcaklık değerlerinin hangi aralıkta tutulması gerektiğiyle ilgili bilgiler alınmıştır. Formlardan alınan veriler MS-Excel programına aktarılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

3.2.2. Yapılarda kullanılan malzeme kalınlıklarının ve depoların (siloların) fiziksel, alansal ve hacimsel boyutlarının belirlenmesi

Arazide yürütülen çalışmalarda, depolama yapılarında sac ve duvar kalınlıkları kumpas ve çelik şeritmetre kullanılarak ölçülmüştür. Tahıl depolama yapılarının alan ve hacimsel boyutlarını hesaplamak amacıyla dijital lazermetre ile ölçüm yapılarak, yapıların genişlik (çap) ve yükseklikleri tespit edilmiştir.

İşletmelerdeki çelik silolarda ve beton depolarda bir depolama yapısının toplam hacmi ve içerisinde depolanabilecek hububat (arpa, buğday, mısır, yulaf) miktarları, Ticaret Bakanlığı, İç Ticaret genel müdürlüğü tarafından yayınlanan hububat, baklagiller ve yağlı tohumlar lisanslı depoları inceleme rehberindeki hesaplama yöntemlerine göre aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır. Silindirik ve üst konik kısımdan oluşan düz tabanlı çelik silolarda depolanabilecek hububat miktarı, üst konik kısmın ve silindirik kısmın kapasitelerinin toplanması ile elde edilmiştir. Alt ve üst konik kısım ve bu ikisi arasında kalan silindirik kısımdan oluşan konik tabanlı çelik siloda hububat depolama kapasitesi, bu üç kısmın kapasitelerinin toplamı ile elde edilmiştir. Konik tabanlı çelik siloda üst konik ve silindirik kısımların kapasiteleri düz tabanlı çelik silodaki yöntemle hesaplanırken alt konik kısmın kapasitesi aşağıdaki eşitlikle tespit edilmiştir (Anonim, 2019).

$$\text{Kapasite (düz tabanlı silo)} = \text{Kapasite}_{\text{üst konik}} + \text{Kapasite}_{\text{silindirik}} \quad [3.1]$$

$$\text{Kapasite}_{\text{Üst Konik}} (V) = \pi \times r^2 \times (h/3) \times (2/3) \times \text{hektolitire ağırlığı} \quad [3.2]$$

$$\text{Kapasite}_{\text{Silindirik}} = \pi \times r^2 \times h \times \text{hektolitire ağırlığı} \quad [3.3]$$

$$\text{Kapasite (konik tabanlı silo)} = \text{Kapasite}_{\text{üst konik}} + \text{Kapasite}_{\text{alt konik}} + \text{Kapasite}_{\text{silindirik kısım}} \quad [3.4]$$

$$\text{Kapasite}_{\text{alt konik}} (V) = (\pi \times r^2 \times h)/3 \times \text{hektolitire ağırlığı} \quad [3.5]$$

Burada;

h: Üst, alt konik kısım veya saçak yüksekliği, m

r: Silo yarıçapı, m

h/3: Kapasiteye dahil edilecek üst konik kısım yüksekliği, m

Betonarme yatay depoda depolanabilecek hububat depolama kapasitesi, deponun genişlik, yükseklik ve uzunluk değeri ile depolanacak hububatın hektolitreye ağırlığı çarpılarak tespit edilmiştir. Hububat depolama kapasitesi hesaplanırken yükseklik değeri olarak perde beton seviyesine kadar olan kısım dikkate alınmıştır. İşletmelerde silo veya depo başına depolanabilecek ürün miktarlarının tespiti için arpa, buğday, mısır, yulaf ve çeltikte hektolitreye ağırlıkları sırasıyla 0.67, 0.79, 0.71, 0.46 ve 0.64 ton/m³ iken çavdar ve tritikalenin hektolitreye ağırlıkları 0.74 ton/m³ olarak hesaplamalara dahil edilmiştir.

3.2.3. Yapı elemanlarının ısı iletim katsayılarının hesaplanması ve değerlendirilmesi

Yapı elemanlarının toplam ısı geçirme katsayıları ve yapı elemanlarından kaybolan ısı miktarının hesaplanmasında, Ekmekyapar (1991), Carvill (1998), Olgun (2011), Bhatia (2014), Kendirli (2016) ve Uğurlu (2021) tarafından bildirilen önerilen 3.6-3.8 eşitliklerinden yararlanılmıştır. Yapılan geniş literatür taramasına ve saha çalışmalarından elde edilen bilgilere göre, kış mevsiminde dolu olan hububat depolarında sıcaklık en fazla 6 °C'ye kadar düşmekte iken yaz mevsiminde depo içi sıcaklığın 25 °C'nin üzerine çıkmaması gerektiği için hesaplamalarda proje iç sıcaklığı olarak bu değerler kabul edilmiştir. Proje dış sıcaklığı ise Anonim (2022a) tarafından yayınlanan verilere göre, kış ayları için uzun yıllar minimum sıcaklıklar ortalaması ve yaz ayları için uzun yıllar maksimum sıcaklıklar ortalamaları alınmıştır.

Tek malzemedan oluşan yapı elemanlarında toplam ısı iletim katsayısı:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{l}{k} + \frac{1}{f_d}} \quad [3.6]$$

Birden fazla yapı malzemesinden oluşan yapı elemanlarının toplam ısı iletim katsayısı:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} + \frac{l_3}{k_3} \dots + \frac{l_n}{k_n} + \frac{1}{f_d}} \quad [3.7]$$

Yapı elemanlarından kaybolan ısı miktarı:

$$q = U * A * (t_i - t_d) \quad [3.8]$$

Burada;

U =Toplam ısı iletim katsayısı, kcal/m² °C h

A: Yapı elemanları yüzey alanı, m²

f_i, f_d: İç ve dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayıları, kcal/m² °C h

l₁, l₂, l₃..., l_n: Yapı elemanını oluşturan malzemelerin kalınlıkları, m

k₁, k₂, k₃...,k_n: Yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin ısı iletkenlikleri, kcal/m °C h

q: Yapı elemanlarından olan toplam ısı iletimi, kcal/h

t_i: İç ortam sıcaklığı, °C

t_d: Dış ortam sıcaklığı, °C

Silindirik yapı elemanlarından toplam ısı iletim katsayısı, Hsieh (1986), Kakaç (1998), Mills (1999), Altınışık (2004), Lienhard ve John (2005), Çakmak (2018) ve Üçüncü (2020) tarafından önerilen ikinci yöntemle göre 3.9-3.11 eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

$$Q = q * L \quad [3.9]$$

$$q = \frac{(T_i - T_0)}{R} = K * (T_i - T_0) \quad [3.10]$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{h_1 * d_1} + \sum \frac{1}{k_i} * \ln\left(\frac{d_i + 1}{d_i}\right) + \frac{1}{h_2 * d_2}} \quad [3.11]$$

Burada;

Q: silindirik bir yapı elemanından olan toplam ısı iletimi, kcal/h

q: silindirik bir yapı elemanının birim uzunluğundan olan ısı akısı, kcal/m⁰Ch

K: toplam ısı transfer katsayısı, kcal/m²⁰Ch

L: Silindirin yüksekliği (uzunluğu), m

T_i: İç ortam sıcaklığı, °C

T₀: Dış ortam sıcaklığı, °C

r_i, r₀: Silindirin dış ve iç yarıçapı, m

k_i: yapı elemanını oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı, kcal/m⁰Ch

h₁, h₂: İç ve dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayıları, kcal/m²⁰Ch

d₁ (d_i), d₂: Silindirin iç ve dış yarıçapı, m

Hububat depolarında, ürünün granüler (tanecikli) yapıda olması nedeniyle ısı iletim hızı bir miktar düşmekte ve bu granüler (tanecikli) yapı bir nevi yalıtım görevi de görmektedir. Bu nedenle çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen iç ve dış yüzeylerin yüzeysel ısı iletim katsayıları hububat depoları için uygun olmamaktadır. Silolarda ısı geçirme katsayısı hesaplamalarında, iç yüzeyler için yüzeysel ısı taşınım katsayısı olarak Lee (2012) tarafından önerilen $3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (yaklaşık $3 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$) değeri esas alınmış olup, dış yüzeylerin yüzeysel ısı taşınım katsayısı olarak da Yener ve ark. (2019) tarafından önerilen $25.32 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($21.77 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$) değeri hesaplamalarda esas alınmıştır.

Yapı elemanlarının ısı geçirgenliklerinin hesaplanmasında yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin ısı iletim katsayıları aşağıda verilmiştir.

Donatılı beton:	$1.80 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$	(Olgun, 2011)
Çelik:	$36.97 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$	(TSE, 2008; Sment ve ark., 2020)
Cam:	$0.65 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$	(Ekmekyapar, 1991)
Sandviç panel:	$0.03 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$	(Anonim, 2017)
Alüminyum:	$205.54 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$	(Carvill, 1998; ISO, 2007; Olgun, 2011)

Camın çift katlı ve arasındaki hava boşluğunun 1.9-10 cm olması durumunda, hava boşluğunun ısı geçirme direncinin $0.19 \text{ m}^2\text{Ch/kcal}$ olduğu Ekmekyapar (1991) tarafından bildirilmektedir.

3.2.4. Yatay, düşey ve eğimli yapı yüzeylerine etki eden güneş radyasyonunun miktarı ve değerlendirilmesi

Silolarda yapı elemanlarının güneş radyasyonu kazanımlarını daha iyi yorumlayabilmek için yatay, düşey ve eğimli yüzeylerde güneş radyasyonu miktarı, hem güneş radyasyonun düşük seviyelerde olduğu kış ayları (ocak, şubat, mart) hem de güneş radyasyonunun yoğun olduğu yaz ayları (haziran, temmuz, ağustos) için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapı elemanlarının güneş radyasyonu kazanımları, her bir ayın ortalaması için Klein (1977) tarafından önerilen karakteristik günlere göre değerlendirilmiştir ve hesaplamalar kış aylarında 17 Ocak, 16 Şubat ve 16 Mart günleri için, yaz aylarında ise 11 Haziran, 17 Temmuz ve 16 Ağustos günleri için yapılmıştır. Yapı elemanlarının güneş radyasyonu ile ısı kazanımlarının değerlendirilmesi

amacıyla günlük güneş radyasyonunun maksimum olduğu 11:00, 12:00, 13:00 ve 14:00 saatleri için ayrı ayrı hesaplanarak ortalamaları alınmıştır.

Yatay düzlem üzerine gelen günlük toplam ışıınım miktarı, Aksoy (1997) tarafından Konya, Samsun, İzmir, Şanlıurfa Ankara ve Antalya illeri için önerilen Ågnström tipi 3.13 denkleminde göre, S_0 değeri ise eşitlik 3.12'ye göre hesaplanmıştır (Ågnström, 1924).

$$S_0 = \left(\frac{2}{15}\right) * w_s \quad [3.12]$$

$$\frac{H}{H_0} = 0,148 + 0,668 * \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0,079 * \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 \quad [3.13]$$

Yatay düzleme gelen atmosfer dışı aylık ortalama günlük toplam ışıınım (H_0) miktarının hesaplanmasında Duffie ve Beckman (1980) tarafından önerilen 3.14-3.17 eşitliklerinden yararlanılmıştır.

$$H_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} * f * \left[\cos(e) * \cos(d) * \sin(w_s) + \frac{\pi}{180} w_s * \sin(e) * \sin(d) \right] \quad [3.14]$$

$$f = 1 + 0,033 \cos \left[360 * \frac{n}{365} \right] \quad [3.15]$$

$$d = 23,45 * \sin \left(\frac{360}{365} * (n + 284) \right) \quad [3.16]$$

$$w_s = \text{ArcCos}(-\tan(e) * \tan(d)) \quad [3.17]$$

Belirli bir zamandaki saat açısı ve gün batım saat açısı kullanılarak yatay düzleme gelen saatlik (anlık) toplam ışıınım (I , I_t) miktarı, Collares-Pereira ve Rabl (1979) tarafından önerilen 3.18-3.21 yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$r_t = \frac{I}{H} \quad [3.18]$$

$$r_t = \frac{\pi}{24} * \frac{(a + b * \cos w) * (\cos w - \cos w_s)}{(\sin w_s - \left(2\pi * \frac{w_s}{360}\right) * \cos w_s)} \quad [3.19]$$

$$a = 0,409 + 0,5016 * \sin(w_s - 60) \quad [3.20]$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 * \sin (w_s - 60) \quad [3.21]$$

Yatay düzleme gelen atmosfer dışı saatlik toplam (I_0) ve difüz ışıınım miktarları (I_d) hesaplanmasında ise Liu ve Jordan (1960) tarafından geliştirilen r_d katsayısına bağılı olarak 3.22-3.23 denklemlerden faydalanılmıştır. Yatay düzleme gelen günlük difüz ışıınım miktarı (H_d) ise Bulut ve ark. (1999), De Miguel ve ark. (2001) ve Wong ve Chow (2001) tarafından önerilen eşitlik 3.24 ile hesaplanmıştır.

$$r_d = \frac{I_0}{H_0} = \frac{I_d}{H_d} \quad [3.22]$$

$$r_d = \frac{\pi}{24} * \frac{(\cos w - \cos w_s)}{(\sin w_s - \left(2\pi * \frac{w_s}{360}\right) * \cos w_s} \quad [3.23]$$

$$H_d = H_0(0,384 - 0,416k_t) \quad [3.24]$$

Yatay düzleme gelen saatlik direkt ışıınım miktarı (I_b) Liu ve Jordan (1960) tarafından önerilen 3.22 eşitliğı ile ve difüz ışıınım miktarı (I_d) ve berraklık indeksi (k_t) ise Bulut ve ark. (1999), De Miguel ve ark. (2001) ve Wong ve Chow (2001) tarafından önerilen ise eşitlik 3.25 ve 3.26 eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

$$I_b = I - I_d \quad [3.25]$$

$$k_t = \frac{I_t}{I_0} \quad [3.26]$$

Eşitliklerde;

H : Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı, ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{gün}$)

I_t, I : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik toplam ışıınım miktarı, ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$)

H_0 : Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük atmosfer dışı güneş ışıınımı, ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{gün}$)

H_d : Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük difüz güneş ışıınımı, ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{gün}$)

I_0 : Yatay düzleme gelen atmosfer dışı aylık ortalama saatlik toplam güneş ışıınımı ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$)

I_b : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik direkt ışıınım miktarı, ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$)

I_d : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik difüz (yayılı) ışıınım miktarı, ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$)

I_{sc} : Güneş sabiti, ($1367 \text{ W}/\text{m}^2$)

f: Güneş sabiti düzeltme faktörü
S: Güneşlenme süresi, (h)
S₀: Maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresi, (h)
w: Saat açısı, (°)
e: enlem açısı, (°)
d: deklinasyon açısı, (°)
n: 1 Ocaktan itibaren gün sayısı
w_s: güneş batış saat açısı, (°)
Z: Rakım, m
r_t, r_d: Katsayı
k_t: Berraklık indeksi
a, b: regresyon katsayıları

Yatay düzlem üzerine gelen saatlik direkt ve difüz ışıınım miktarı tespit edildikten sonra, eğimli ve düşey yüzeyler üzerine gelen toplam güneş radyasyonu miktarları hesaplanmıştır. Eğimli ve düşey (dik) yüzeylerde saatlik toplam güneş ışıınımı, eğimli ve dik yüzeye gelen saatlik direkt (doğrudan), difüz (yayılı) ve yansıyan ışıınımların toplamından oluşmaktadır. Bu bileşenleri hesaplayabilmek öncelikle yatay yüzeye gelen toplam, difüz ve direkt güneş ışıınımlarının hesaplanması gerekmektedir. Eğimli ve düşey (dik) yüzeylere gelen saatlik toplam güneş radyasyonu (I_{TE}), Liu ve Jordan (1961), Duffie ve Beckman (1980), Hsieh (1986), Gueymard (2000), Diez-Mediavilla ve ark. (2005) ve Iqbal (2012) tarafından bildirilen 3.27 eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$I_{TE} = I_{be} + I_{de} + I_{re} \quad [3.27]$$

Eşitliklerde;

I_{TE}: Eğimli ve düşey yüzeylere gelen saatlik toplam güneş ışıınımı miktarı (W/m²h)

I_{be}: Eğimli ve dik yüzeylere gelen saatlik direkt güneş ışıınımı miktarı (W/m²h)

I_{de}: Eğimli ve dik yüzeylere gelen saatlik difüz (yayılı) güneş ışıınımı miktarı (W/m²h)

I_{re}: Eğimli ve dik yüzeylere gelen saatlik yansıyan güneş ışıınımı miktarı (W/m²h)

Eğik ve dik yüzeyler üzerine gelen direkt güneş ışıınım miktarının belirlenmesinde Liu ve Jordan modeli kullanılmış olup, Liu ve Jordan (1960), Liu ve Jordan (1963), Wong ve Chow (2001), Notton ve ark. (2006) ve Basunia ve ark. (2012) gibi birçok araştırmacı tarafından önerilen 3.28-3.31 eşitliklerinden yararlanılmıştır.

$$I_{be} = I_b * R_b \quad [3.28]$$

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad [3.29]$$

$$\cos\theta_z = \sin d * \sin e + \cos d * \cos e * \cos w \quad [3.30]$$

$$w = (t - 12) * 15 \quad [3.31]$$

Eşitliklerde;

I_{be} : Eğimli ve dik yüzeylere gelen saatlik direkt güneş ışıınımı miktarı (MJ/m²h, W/m²h)

I_b : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik direkt ışıınım miktarı, (MJ/m²h, W/m²h)

R_b : Dönüşüm katsayısı

θ_z : Zenit açısı, (°)

w : Saat açısı, (°)

e : Enlem açısı, (°)

d : Deklinasyon açısı, (°)

Kaynaklı ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada yıl boyunca güneş ışıınımı dikkate alındığında güney yönünün daha önemli olduğu tespit edilmiş olup, hesaplamalar bu yön dikkate alınarak yapılmıştır. Ancak çeliğin ısı iletimi çok yüksek olduğu ve ısınan noktadan itibaren diğer noktalara doğru bir ısı iletimi (akımı) söz konusu olduğu için çelik silolarda yapılan hesaplamalarda tüm yüzey alanı dikkate alınmıştır Lovell-Smith ve Baldwin (1992) tarafından önerilen 0,637 katsayısı ile düzeltilmiştir. Beton silolarda ise tüm hesaplamalar güney yönü dikkate alınarak yapılmıştır. Güneş yükseklik açısı, Liu ve Jordan (1960), Liu ve Jordan (1963), Duffie ve Beckman (1980), Wong ve Chow (2001), Notton ve ark. (2006), Yiğit ve Atmaca (2010) ve Basunia ve ark. (2012) tarafından önerilen eşitliklerden güney yönüne göre hesaplanmıştır (Denklem 3.32-3.33). Güneye bakan yüzeylerde azimut açısı (γ)= 0°, eğim açısı (β)= 90°'dir.

Güneye yöneltilmiş eğimli yüzeylerde:

$$\cos\theta = \sin d * \sin(e - \beta) + \cos d * \cos(e - \beta) * \cos w \quad [3.32]$$

Güneye bakan dik yüzeylerde:

$$\cos\theta = \cos d * \sin e * \cos w - \sin d * \cos e \quad [3.33]$$

Eğik ve dik yüzeylere gelen saatlik difüz (yayıllı) ve saatlik yansıyan güneş ışıını miktarları sırasıyla Duffie ve Beckman (1980), Hsieh (1986), Notton ve ark. (2006) ve Iqbal (2012) tarafından bildirilen 3.34 ve 3.35 eşitliklerine göre hesaplanmıştır. Dik yüzeyler için eğim açısı (β) 90°'dir. Yüzey yansıtma katsayısı beton zemin için 0.22 alınmıştır.

$$I_{de} = \frac{1}{2} * I_d * (1 + \cos\beta) \quad [3.34]$$

$$I_{re} = \frac{1}{2} * \rho * I * (1 - \cos\beta) \quad [3.35]$$

Eşitliklerde;

I_{de} : Eğimli ve dik yüzeylere gelen saatlik difüz (yayıllı) güneş ışıını miktarı (W/m²h)

I_{re} : Eğimli ve dik yüzeylere gelen saatlik yansıyan güneş ışıını miktarı (W/m²h)

I_d : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik difüz (yayıllı) ışıını miktarı, (MJ/m²h, W/m²h)

I : Yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışıını miktarı, (MJ/m²h, W/m²h)

ρ : Yüzey yansıtma oranı

β : Yüzey eğim açısı, (°)

3.2.5. Depolama yapılarında radyasyon ve ürününün solunumundan kaynaklı ısı kazanımı ve havalandırma miktarının değerlendirilmesi

Yapı elemanları yüzeyinden kondüksiyon ve radyasyonla ısı artışı Mutfak ve Sönmez (1984) tarafından önerilen 3.36-3.38 eşitliklerinden faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_{BR} = F * k * (t_s - t_i) \quad [3.36]$$

$$t_s = t_a + \frac{I * a}{a_a} \quad [3.37]$$

$$Q_R = F * I * D \quad [3.38]$$

Tahıl tanelerinin depo içerisinde yaydığı ısı miktarlarını tespit etmek amacıyla, farklı tahıl çeşitleri için Bailey ve Gurjar (1920) ve Bailey (1940) tarafından önerilen solunum ısıları işleme alınarak, Navarro ve Noyes (2001) tarafından önerilen eşitlik 3.39 ve 3.42'den yararlanılmıştır.

$$q = \frac{M * C}{24} \quad [3.39]$$

$$V_{hava} = \frac{Q}{\delta_{hava} * C_p * \Delta t} \quad [3.40]$$

$$Q = m_{hava} * C_p * \Delta t \quad [3.41]$$

$$m_{hava} = \delta_{hava} * V_{hava} \quad [3.42]$$

Eşitliklerde;

Q_{BR} : Yapı elemanı yüzeyinden radyasyonla ısı kazancı, (kcal/h)

F: Yapı elemanının yüzey alanı, (m²)

k: Yapı elemanlarının toplam ısı geçirme katsayısı, (kcal/m²°Ch)

t_s : Yapı elemanı yüzey sıcaklığı, (°C)

t_i : Depo içi sıcaklığı, (°C)

t_a : Dış hava sıcaklığı, (°C)

I: Toplam güneş radyasyonu, (kcal/m² h)

a: Yapı elemanı yüzeyi absorpsiyon (soğurma, emme) katsayısı

a_a : Yapı dış yüzeyinin yüzeysel ısı iletim katsayısı, (kcal/m²°Ch)

D: Pencere camının geçirme katsayısı

q: Depolanan tahılın saatte yaydığı toplam ısı miktarı, (kcal/h)

M: Toplam depolama kapasitesi, (ton)

C: Tahıl çeşitlerinin farklı nem içeriklerinde solunum ısıları, (kcal/24h-ton, mg/24h-g)

V_{hava} : Havalandırma kapasitesi, (m³/h)

Q: Toplam soğutulması gereken ısı miktarı (solunum + radyasyon), (kcal/h)

δ_{hava} : Havanın özgül ağırlığı, (1.225 kg/m³)

m_{hava} : Soğutulacak hava miktarı, (kg/h)

C_p : Kuru havanın sabit basınç altındaki özgül ısısı, (0.24 kcal/kg °C)

Δt : İç ve dış havanın sıcaklık farkı, (°C)

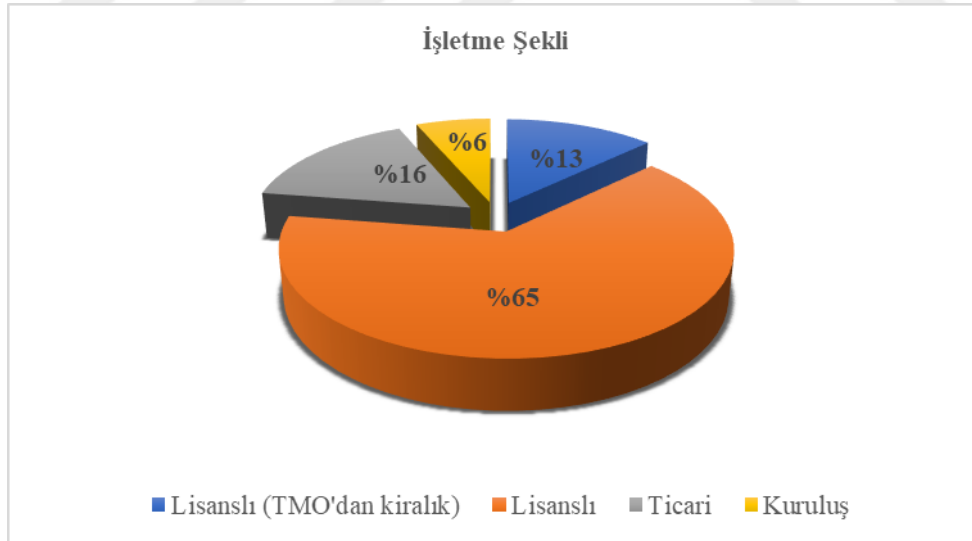
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çalışma, hububat depolama yapılarının yoğun olduğu Karapınar, Çeltik, Yunak (Merkez, Saray), Çumra, Cihanbeyli, Karatay, Selçuklu, Kulu, Sarayönü ve İsmil ilçelerinde olmak üzere toplam 30 işletmede ve 72 farklı tip siloda yürütülmüştür.

4.1. İşletmelerde Yürütülen Anket Çalışmalarının Değerlendirilmesi

4.1.1. İşletmelerin konumu, işletme şekli, ilçe merkezine uzaklıkları ve yol durumları

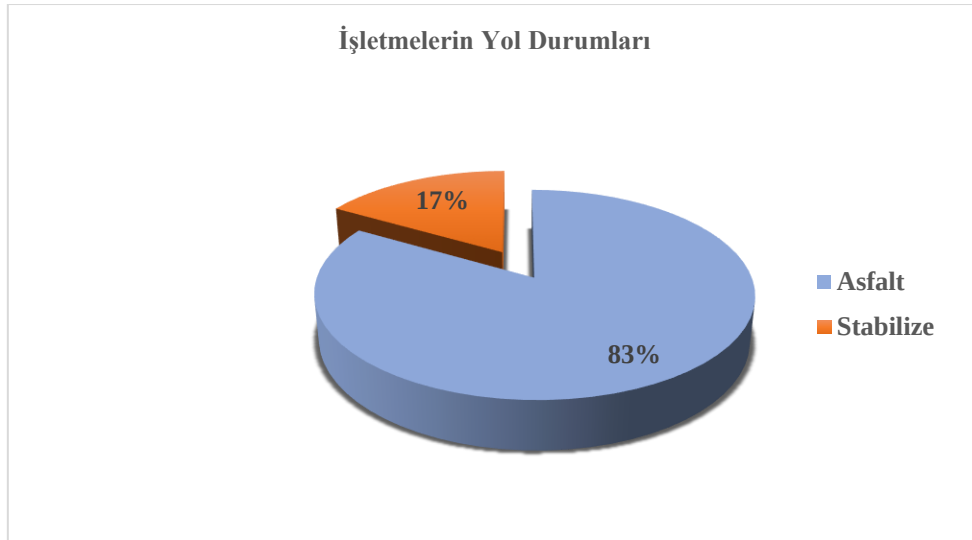
Araştırma sonuçlarına göre, depolama yapılarının 20 tanesi lisanslı (%65), 4 tanesi TMO'dan kiralık lisanslı (%13), 5 tanesi ticari (%16) ve 2 tanesi (%6) kuruluş işletmesidir. İşletmelerden 1 tanesi hem lisanslı hem de ticari depolama yapmaktadır (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). İşletmelerin 1'i ilçe merkezinde olmak üzere diğer işletmelerin ilçe merkezine uzaklıkları 2 km ile 55 km arasında değişmektedir ve işletme yerinin seçiminde bölgedeki tarım yoğunluğu dikkate alınarak projelendirme yapılmıştır (Çizelge 4.1). İşletmelerin 25 (%83) adetinin yolu asfalt olup 5 (%17) adetinin yolu stabilize'dir (Çizelge 4.1, Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin işletme şekilleri

Çizelge 4.1. İşletmelerin konumu, işletme şekli, ilçe merkezine uzaklıkları ve yol durumları

İşletme No	Deponun Bulunduğu Köy/Kasaba/İlçe	İşletme Şekli	İşletmenin İlçe Merkezine Uzaklığı (Km)	İşletmenin yol durumu
1	Karapınar	Lisanslı (TMO'dan kiralık)	2	Asfalt
2	Çeltik	Lisanslı (TMO'dan kiralık)	-	Asfalt
3	Yunak Merkez	Lisanslı (TMO'dan kiralık)	4	Asfalt
4	Yunak Saray	Lisanslı	35	Asfalt
5	Çumra	Lisanslı (TMO'dan kiralık)	4	Asfalt
6	Cihanbeyli	Lisanslı	30	Asfalt
7	Karatay	Lisanslı	6	Asfalt
8	Karatay	Lisanslı	30	Asfalt
9	Selçuklu	Lisanslı	20	Asfalt
10	Sarayönü	Kuruluş	30	Stabilize
11	Selçuklu	Kuruluş	9	Asfalt
12	Kulu	Lisanslı	30	Asfalt
13	Cihanbeyli	Lisanslı	2	Stabilize
14	Cihanbeyli	Lisanslı	8	Asfalt
15	Karapınar	Lisanslı	8	Asfalt
16	Selçuklu	Lisanslı	10	Asfalt
17	Karatay	Ticari	10	Asfalt
18	Karatay	Ticari	8	Stabilize
19	Sarayönü	Lisanslı, Ticari	10	Asfalt
20	Sarayönü	Lisanslı	15	Stabilize
21	İsmil	Lisanslı	55	Asfalt
22	Karapınar	Lisanslı	6	Asfalt
23	Çumra	Lisanslı	5	Stabilize
24	Selçuklu	Ticari	20	Asfalt
25	Kulu	Lisanslı	3	Asfalt
26	Kulu	Lisanslı	3	Asfalt
27	Selçuklu	Lisanslı	40	Asfalt
28	Cihanbeyli	Lisanslı	35	Asfalt
29	Selçuklu	Ticari	15	Asfalt
30	Karatay	Lisanslı	15	Asfalt



Şekil 4.2. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin işletme şekilleri

4.1.2. İşletmelerin faaliyete başladığı yıllar ve iş gücünün kullanımı

İşletmelerin ilk faaliyete başladıkları ve ek siloların (depoların) yapılmasıyla birlikte faaliyetlerine devam ettikleri yıllar, işletmede faaliyette bulunan kişi sayısı ve iş gücünün sağlanma şekli Çizelge 4.2’de verilmiştir. Depolama faaliyetleri 1950’lerde başlamasına rağmen son yıllarda çok hızlı bir artış göstermiştir. İşletmede faaliyette bulunan kişi sayısı kuruluş ve ticari işletmeler hariç ortalama 10-15 kişi olup işletme başına işçi sayısı yaklaşık 32 kişidir ve resmi kuruluş işletmelerinde iş gücü memurlar tarafından sağlanmaktayken, diğer işletmelerde sürekli işçi çalıştırılmaktadır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. İşletmelerin faaliyete başladığı yıllar, iş gücünün sağlanma şekli ve işçi sayıları

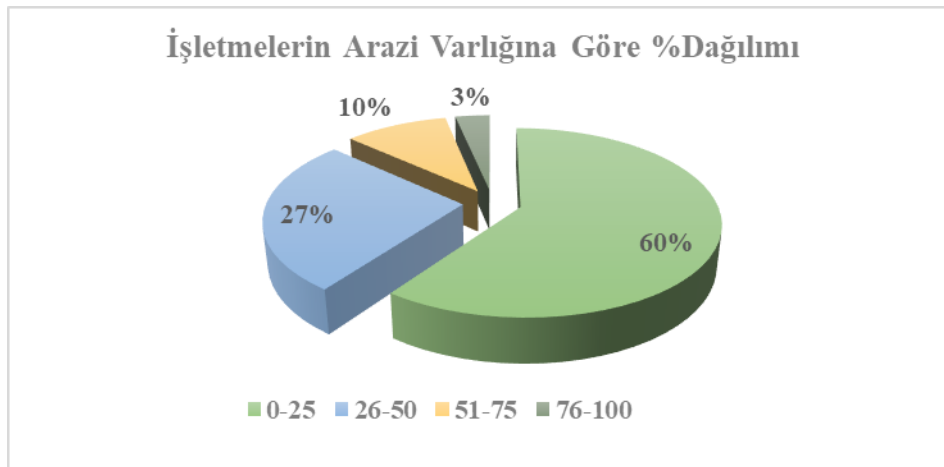
İşletme No	İşletmenin Faaliyete Başladığı Yıl	İşletmede Faaliyette bulunan Kişi sayısı	İş Gücünün Sağlanma Şekli	İşletme No	İşletmenin Faaliyete Başladığı Yıl	İşletmede Faaliyette bulunan Kişi sayısı	İş Gücünün Sağlanma Şekli
1	1992 2012 2019	10	Sürekli işçi	16	2017	7	Sürekli işçi
2	1980	1	Sürekli işçi	17	2001	50	Sürekli işçi
3	2014	6	Sürekli işçi	18	2010 2021	10	Sürekli işçi
4	2019	12	Sürekli işçi	19	2021	35	Sürekli işçi
5	1950-1960 2018	9	Sürekli işçi	20	2020	9	Sürekli işçi
6	2020	10	Sürekli işçi	21	2017	9	Sürekli işçi
7	2014	25	Sürekli işçi	22	2018	10	Sürekli işçi
8	2016 2019	70	Sürekli işçi	23	2015 2019	11	Sürekli işçi
9	2017	9	Sürekli işçi	24	2017	50	Sürekli işçi
10	2014 2020	406	Memur	25	2015	15	Sürekli işçi
11	1953	85	Memur	26	2016	20	Sürekli işçi
12	1960 2017	8	Sürekli işçi	27	2020	15	Sürekli işçi
13	1975	6	Sürekli işçi	28	2021 1989	7	Sürekli işçi
14	2017	9	Sürekli işçi	29	2016	10	Sürekli işçi
15	2018	9	Sürekli işçi	30	2016	13	Sürekli işçi

4.1.3. İşletmelerin arazi varlıkları, depolanan ürün çeşidi, depolama süresi ve depoların doluluk durumu

İşletmelerin %60'ının (18 adet) 297.3 dekar, %27'sinin (8 adet) 314.793 dekar, %10'unun (3 adet) 168 dekar arazi varlığı bulunmakta iken sadece 1 işletmenin arazi varlığı 100 dekardır ve işletme başına ortalama arazi varlığı 29.34 dekardır (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Şekil 4.3). İşletmelerde çoğunlukla buğday, arpa ve mısır depolanmasına rağmen, ürünlerin depolanma yoğunlukları ilçede yetiştirilen bitki desenine göre değişiklik göstermekte iken yüksek hasat nem içeriğine sahip olan mısırın depolanmasında kurutma tesisi bulunan işletmeler ön plana çıkmaktadır. Hububat ürünlerinin yanı sıra 6 işletmede ay çekirdeği de depolanmaktadır. Ürünlerin depolanma süresi 3 haftadan 36 aya kadar değişiklik göstermesine rağmen depolama süresi genellikle bir sezondur (6-9 ay) (Çizelge 4.4). 5300 sayılı Lisanslı depoculuk kanununa göre ürünler maksimum 24 aya kadar depolanabilmesine rağmen sonraki sezonda hasat edilen ürünlere depolama imkânı sağlayabilmek için sezonluk olarak ürünler depolardan çıkarılmaktadır.

Çizelge 4.3. İşletmelerin arazi varlıklarına göre dağılımı

Arazi Miktarı (da)	İşletme sayısı	Oran (%)	Toplam Alan (da)
5-25	18	60	297,3
26-50	8	27	314,79
51-75	3	10	168
76-100	1	3	100
Toplam	30	100	880,093



Şekil 4.3. İşletmelerin arazi varlıklarına göre yüzde (%) dağılımı

Çizelge 4.4. İşletmelerin arazi varlıkları, depolanan ürün çeşidi, depolama süresi ve depoların doluluk durumu

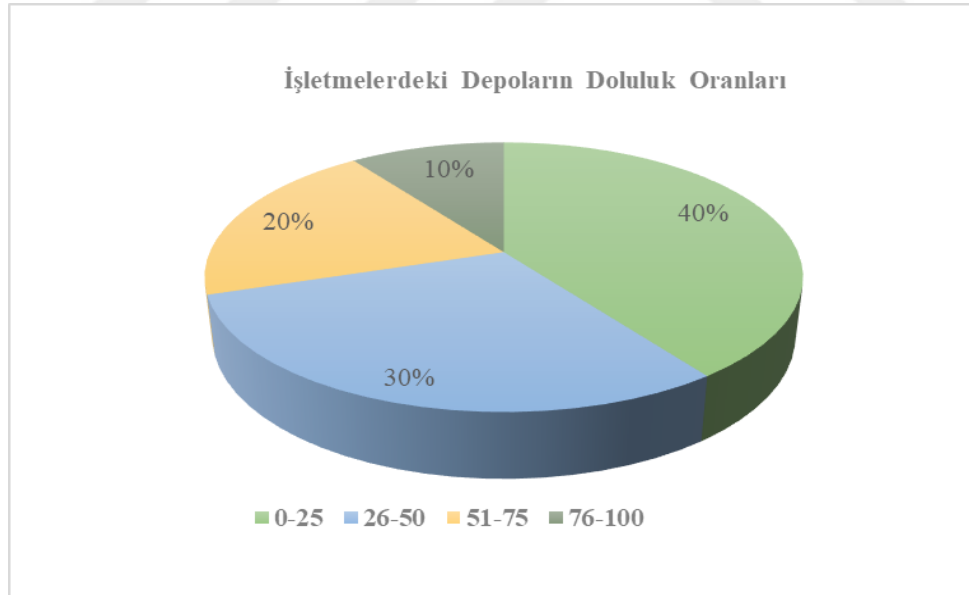
İşletme No	İşletmenin Arazi varlığı (da)	Depolanan Ürün Çeşidi	Depolama Süresi	İşletmedeki Depoların Doluluk Oranı (%)
1	52	Arpa, Buğday, Mısır	6-12 ay	40
2	8	Buğday, Çeltik	12 -15 ay	9
3	12	Arpa, Buğday, Mısır	6 ay	20
4	35	Arpa, Buğday, Mısır	6 ay	25
5	50	Mısır, Ayçekirdeği	24 ay	boş
6	20	Arpa, Buğday, Mısır	12-15 ay	60
7	100	Arpa, Buğday, Mısır	24 ay	60
8	25	Arpa, Buğday, Mısır	24 ay	35
9	5	Arpa, Buğday, Mısır	12-15 ay	26
10	10	Arpa, Buğday	3-4 ay	5
11	60	Arpa, Buğday, Mısır	1 hafta-36 ay	70
12	27,67	Arpa, Buğday, Mısır	24 ay	boş
13	50	Arpa, Buğday, Mısır, Ayçekirdeği	12 ay	boş
14	56	Arpa, Buğday, Mısır (çoğunlukla)	24 ay	25
15	10	Arpa, Buğday, Mısır	12 ay	30
16	20	Buğday, Mısır	12 ay	80
17	5,3	Arpa, Buğday, Mısır, ayçekirdeği	12 ay	80
18	20	Arpa, Mısır	1-2 ay	25
19	24	Arpa, Buğday, Mısır	6 ay	25
20	20	Arpa, Buğday, Mısır	7-8 ay	50
21	20	Mısır, arpa, Buğday, Ayçekirdeği	6-8 ay	100
22	32	Mısır, arpa, Buğday, Ayçekirdeği	12 ay	37
23	30	Mısır, arpa, Buğday	9 ay	60
24	50	Buğday (çoğunlukla), Arpa, Mısır	12 ay	70
25	25	Arpa, Buğday, Mısır	12 ay	30
26	18	Buğday, Mısır	12-15 ay	35
27	25	Mısır, arpa, Buğday, Ayçekirdeği	12 ay	40
28	40,13	Arpa, Buğday, Mısır, Yulaf	12 ay	70
29	18	Mısır, Buğday	6 ay	5
30	12	Arpa, Buğday Mısır	6 ay	10

Yapılan anket çalışmalarına göre 3 işletmede depolar tamamen boş olup, yeni hasat sezonuna denk geldiği için ürünler depolardan tamamen çıkarılmıştır. Depoların doluluk oranları sezon içerisinde %100'e kadar çıkmasına rağmen ortalama işletme başına doluluk oranı %37.4'tür (izelge 4.4).

Çizelge 4.5'e göre, işletmelerin %40'ının (12 adet) doluluk oranı %0-25, %30'unun (9 adet) doluluk oranı %26-51, %20'sinin (6 adet) doluluk oranı %51-75 iken %10'unun (3 adet) doluluk oranı %76-100 arasında değişmektedir (izelge 4.5, şekil 4.4). Hububatın tremilerden depolara alınması ve boşaltma bunkerlerinden araçlara yüklenmesi şekil 4.5 ve şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. İşletmelerdeki depoların doluluk oranları

Depoların Doluluk Oranı (%)	İşletme sayısı	Oran (%)
0-25	12	40
26-50	9	30
51-75	6	20
76-100	3	10
Toplam	30	100



şekil 4.4. İşletmelerdeki depolama yapılarının doluluk oranları



Şekil 4.5. Hububatın tremiden depolara alınması



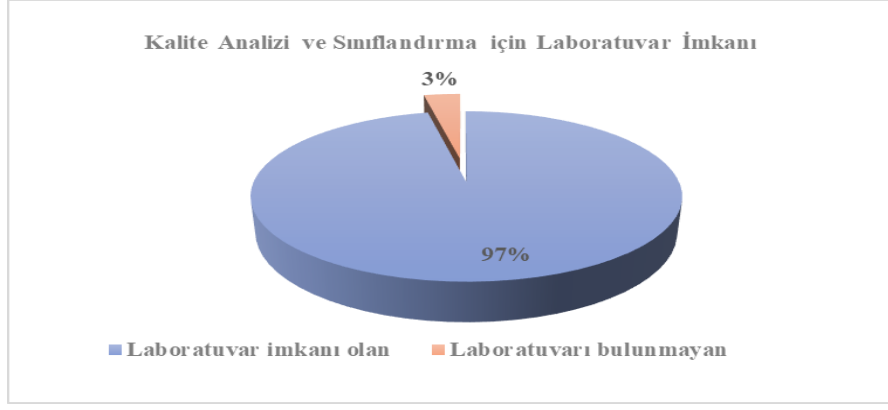
Şekil 4.6. Hububatın depodan çıkarılması

4.1.4. İşletmelerin eleme ve kurutma tesisi varlığı ve laboratuvar imkânına göre dağılımı

İşletmelerin eleme ve kurutma tesisi varlığı, kalite analizi ve sınıflandırma için laboratuvar imkânı Çizelge 4.6’da verilmiştir. Yapılan arazi çalışmalarına göre 29 (%97) işletmede laboratuvar imkânı varken sadece 1 (%3) işletmede laboratuvar bulunmamaktadır (Çizelge 4.6, Şekil 4.7).

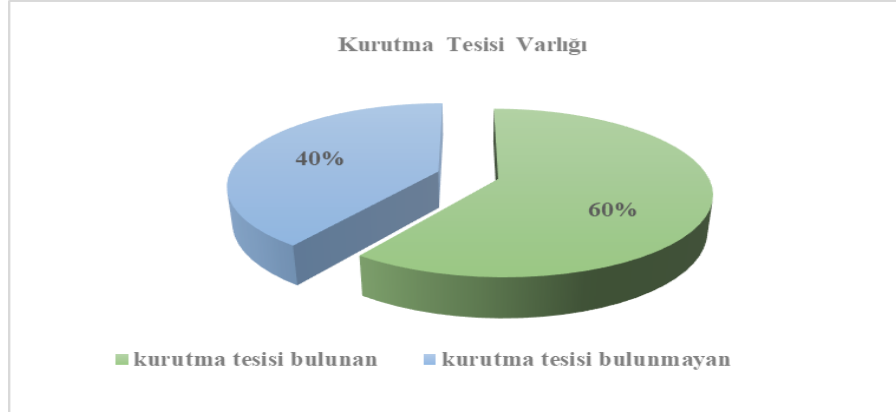
Çizelge 4.6. İşletmelerin kurutma- eleme tesisi varlığı ve kalite analizi-sınıflandırma için laboratuvar imkânı

	Kurutma Tesisi		Eleme Tesisi		Laboratuvar İmkânı	
	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
İşletme Sayısı	18	12	6	24	29	1
Oran (%)	60	40	20	80	97	3

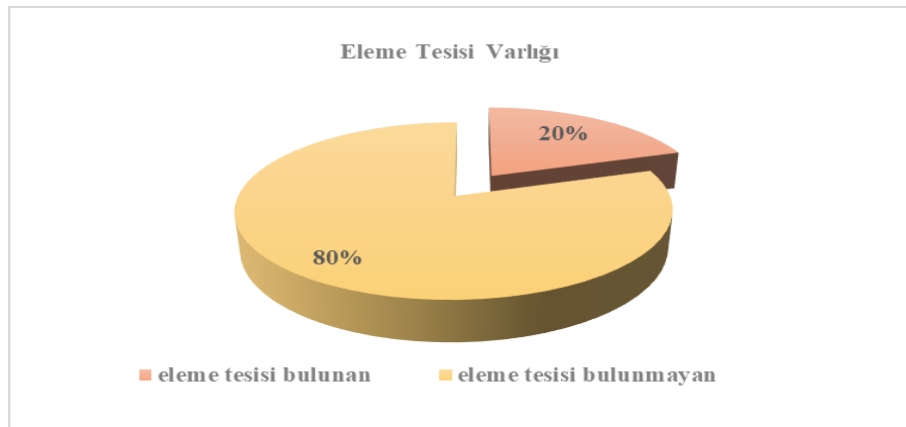


Şekil 4.7. İşletmelerde kalite analizi ve sınıflandırma için laboratuvar varlığı

İşletmelerin 12 (%40) adetinde kurutma tesisi bulunmazken, 18 (%60) işletmede kurutma tesisi vardır (Çizelge 4.6, Şekil 4.8). Ayrıca 6 (%20) işletmede eleme tesisi bulunup, 24 (%80) işletmede eleme tesisi yoktur (Çizelge 4.6, Şekil 4.9). Eleme işlemleri ürünün depolanması sırasında yapılmamakta olup, ürünün satışı sırasında alıcının isteğine göre eleme işlemine tabi tutulmaktadır.



Şekil 4.8. İşletmelerin kurutma tesisi varlığı



Şekil 4.9. İşletmelerin eleme tesisi varlığı

Numunelerin alınması, analizi ve saklanması ile ilgili görseller Şekil 4.10’da görülmektedir. Hasat nem içeriği yüksek olan tahılların depolara alınmadan önce, kurutma tesislerinde güvenli depolama nem içeriğine kadar kurutulması ürün hijyen ve sağlığı açısından oldukça önemlidir. Farklı tiplerde planlanan kurutma tesisleri (dairesel, dikdörtgen) ve dikdörtgen kurutma tesisine ait sistem detayları Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’te verilmiştir.



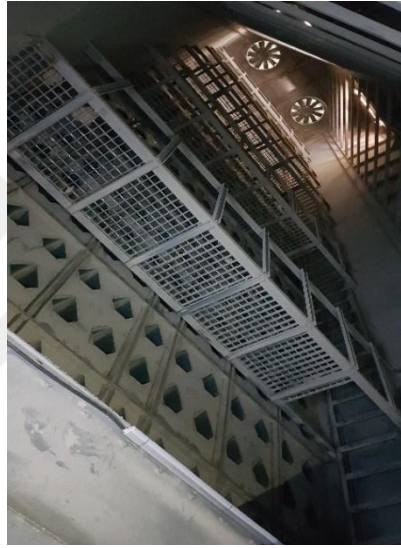
Şekil 4.10. Numunenin alınması, analizi ve saklanması



Şekil 4.11. Dairesel kesitli düşey kurutma tesisi



Şekil 4.12. Dikdörtgen kesitli kurutma tesisi

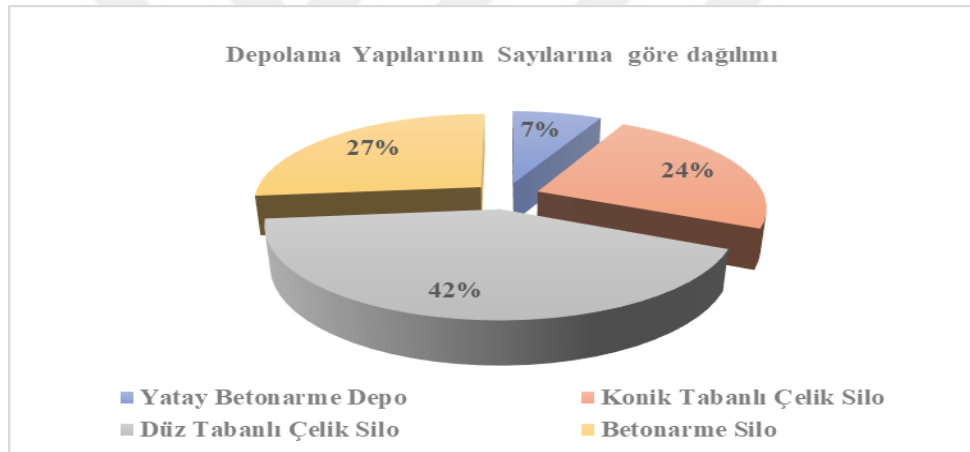


Şekil 4.13. Dikdörtgen kesitli düşey kurutma tesisi ve sistem detayları

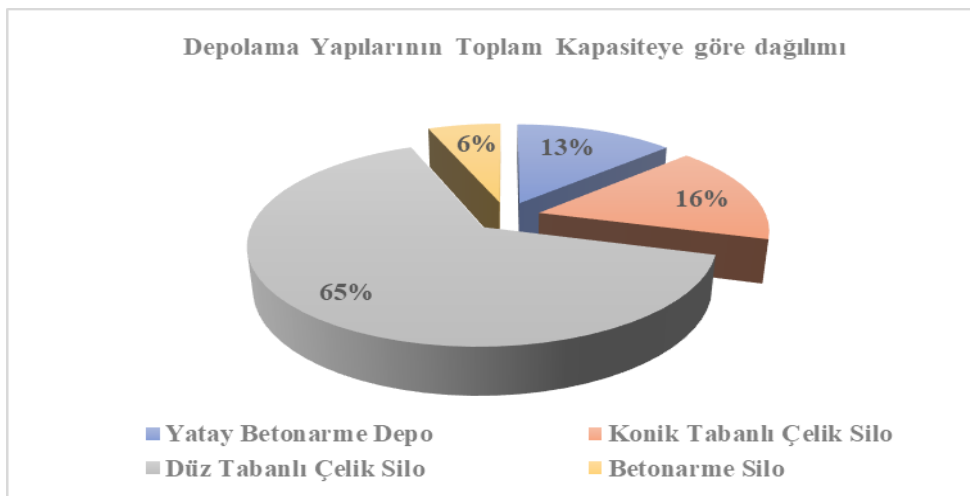
4.2. Depolama Yapılarının Değerlendirilmesi

4.2.1. Depolama yapılarının tipleri, sayıları ve kapasitelerine göre dağılımı

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde bulunan depo tipleri, sayıları, bireysel ve toplam kapasiteleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre depolama yapıların %7’si (45 adet) yatay betonarme depo, %24’ü konik tabanlı çelik silo (144 adet), %42’si düz tabanlı çelik silo (254 adet) ve %27’si (159 adet kuyu/silo) beton silodur (Çizelge 4.7, Şekil 4.14). Toplam depolama kapasitesi yatay betonarme depolarda 152 250 ton (%13), konik tabanlı çelik silolarda 184 050 ton (%16), düz tabanlı çelik silolarda 741 850 ton (%65) ve beton silolarda ve aralarındaki kuyularda 69845 ton (%6) olmak üzere toplam 1 147 995 tondur. İşletme başına ortalama depolama kapasitesi yaklaşık 38267 ton olup, işletme başına silo sayısı ise 20 adettir. (Çizelge 4.7, Şekil 4.15).



Şekil 4.14. Depolama yapılarının sayılarına göre dağılımı



Şekil 4.15. Depolama yapılarının toplam kapasitelerine göre dağılımı

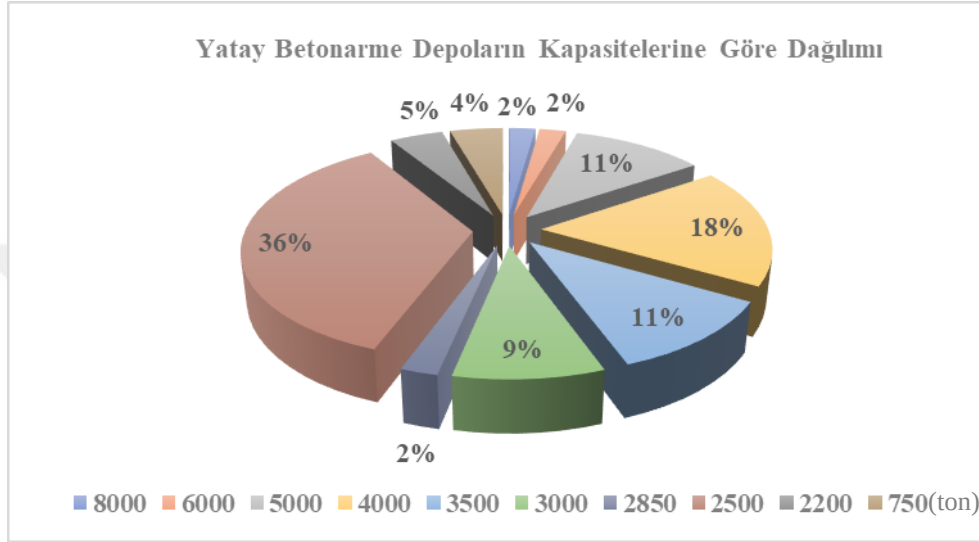
Çizelge 4.7. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde bulunan depo tipleri, sayıları ve kapasiteleri

İşletme No	Depo Tipi								Toplam Depolama Kapasitesi (Ton)
	Yatay Betonarme Depo		Çelik Silo				Betonarme Silo		
			Konik tabanlı		Düz tabanlı				
	Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	Kuyu Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	
1	4	2500	16 10	1250 2500	-	-	-	-	60 000
2	4	2500	-	-	-	-	-	-	10 000
3	-	-	16	1250	-	-	-	-	20 000
4	-	-	20 3	2500 1200	-	-	-	-	53 600
5	4	2500	8 16	2500 1200	-	-	-	-	49 200
6	-	-	3	300	8	2500	-	-	20 900
7	-	-	-	-	40	2500	-	-	100 000
8	-	-	6 3	500 350	8 10	5000 2500	-	-	69 050
9	-	-	-	-	12	2100	-	-	25 200
10	1	5000	-	-	4	2000	-	-	13 000
11	-	-	-		-	-	78 41 8 13 8 1	630 165 60 230 55 30	59 845
12	-	-			4	5000	10	1000	30 000
13	4	2500	-	-	-	-	-	-	10 000
14	-	-	-	-	4 24	8200 2250			86 800
15	-	-	5	500	12	3500	-	-	44 500
Toplam	17	45 000	106	165 250	126	367 000	159	69 845	652 095

Çizelge 4.7. devamı

İşletme No	Depo Tipi								Toplam Depolama Kapasitesi (Ton)
	Yatay Betonarme Depo		Çelik Silo				Betonarme Silo		
			Konik tabanlı		Düz tabanlı				
	Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	Kuyu Sayısı (Adet)	Kapasitesi (Ton)	
16	1	6000	4	1000	6	2000	-	-	22 000
17	1	4000	4	250	6	2500	-	-	20 000
18	4	4000	8	600	-	-	-	-	20 800
19	4	5000	-	-	4	1200	-	-	24 800
20	-	-	4	250	16	2500	-	-	41 000
21	1	8000	-	-	6	3000	-	-	26 000
22	3	5000	-	-	-	-	-	-	26 400
	2	3500							
	2	2200							
23	-	-	-	-	6 14	5400 3000	-	-	74 400
24	-	-	-	-	8 4	3000 2000	-	-	32 000
25	-	-	5	500	13	2650	-	-	36 950
26	1	2850	-	-	2 8	4400 3000	-	-	35 650
27	3	3500	2	100	4 4 1	6500 3500 1000	-	-	51 700
28	4	3000	4	750	6	3400	-	-	35 400
29	-	-	3	300	10	2500	-	-	25 900
30	2	750	4	350	10	2500	-	-	27 900
Toplam	28	107 250	38	18 800	129	374 850	-	-	493 400
Genel Toplam	45	152 250	144	184 050	254	741 850	159	69 845	1 147 995
Ortalama	1,5	5075	4,8	6135	8,5	24728	5,3	2328	38267

Şekil 4.17’de örnekleri verilen yatay betonarme silolarda depolama büyüklükleri, %36’sında 2500 ton, %18’inde 4000 ton, %11’inde 5000 ton, %11’inde 3500 ton, %9’unda 3000 ton, %5’inde 2200 ton, %4’ünde 750 ton, %2’sinde 6000 ton, %2’sinde 3500 ton ve %2’sinde 2850 tondur. Genel olarak, yatay betonarme siloların depolama büyüklükleri 2500-4000 ton arasında değişmekte olup, toplam kapasitenin %82’sine karşılık gelmektedir (Çizelge 4.7, Şekil 4.16).

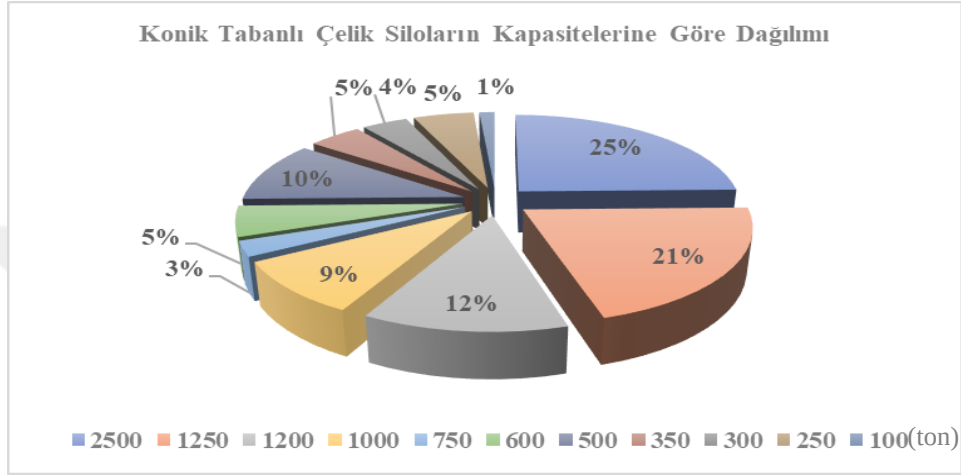


Şekil 4.16. Yatay beton depoların kapasitelerine göre dağılımları



Şekil 4.17. Yatay betonarme depolama yapılarına ait görüntüler

Konik tabanlı çelik siloların %25'i 2500 ton, %21'i 1250 ton, %12'si 1200 ton, %10'u 500 ton, %9'u 1000 ton, %5'i 600 ton, %5'i 350 ton, %5'i 250 ton, %4'ü 300 ton, %3'ü 750 ton ve %1'i 100 tonluk kapasiteye sahiptir. İşletmelerdeki konik tabanlı siloların kapasiteleri genellikle 1000-2500 ton arasında değişmektedir ve toplam kapasitenin %67'sini oluşturmaktadır (Çizelge 4.7, Şekil 4.18). Konik tabanlı çelik hububat silolarıyla ilgili görüntüler Şekil 4.19'da verilmiştir.

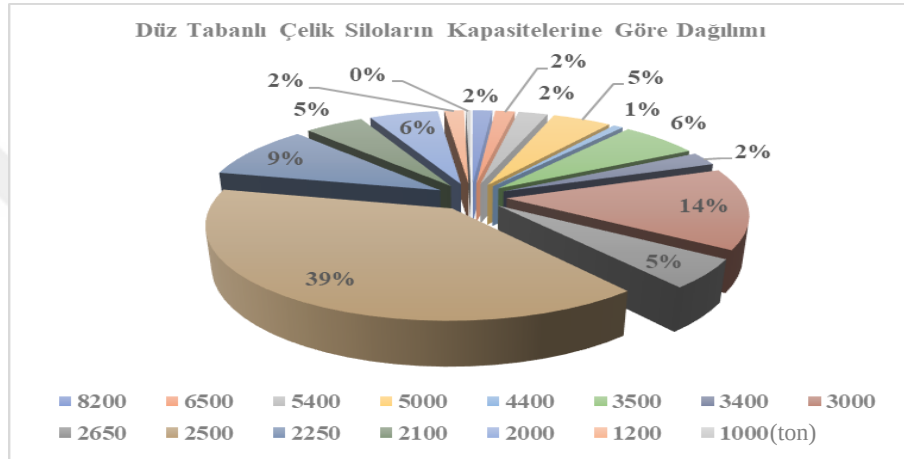


Şekil 4.18. Konik tabanlı çelik siloların kapasitelerine göre dağılımları



Şekil 4.19. Konik tabanlı çelik hububat silolarına ait görüntüler

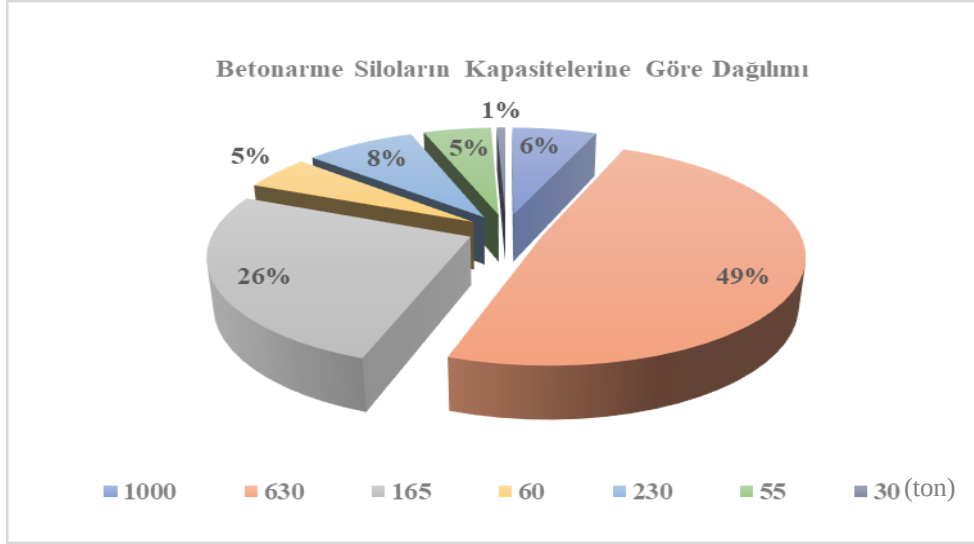
Şekil 4.21’de örnekleri verilmiş olan düz tabanlı çelik siloların %39’u 2500 ton, %14’ü 3000 ton, %9’u 2250 ton, %6’sı 3500 ton, %6’sı 2000 ton, %5’i 5000 ton, %5’i 2650 ton, %5’i 2100 ton, %2’si 8200 ton, %2’si 6500 ton, %2’si 5400 ton, %2’si 3400 ton, %2’si 1200 ton %1’i 4400 tonluk kapasiteye sahiptir (Çizelge 4.7, Şekil 4.20). Çizelge 4.7 ve Şekil 4.20’de görüldüğü gibi bölgedeki düz tabanlı çelik siloların kapasiteleri çoğunlukla 2000-3000 ton arasında olup, toplam kapasitenin %78’ini oluşturmaktadır. Şekil 4.23’te verilen betonarme silolarda bulunan kuyuların %49’u 630 ton, %26’sı 165 ton, %8’i 230 ton, %6’sı 1000ton, %5’i 60 ton, %5’i 55 ton, %1’i ise 30 ton kapasiteye sahiptir (Çizelge 4.7, Şekil 4.22).



Şekil 4.20. Düz tabanlı çelik siloların kapasitelerine göre dağılımları



Şekil 4.21. Düz tabanlı çelik hububat silolarına ait görüntüler



Şekil 4.22. Beton Siloların Kapasitelerine Göre Dağılımları



Şekil 4.23. Beton hububat silolarına ait görüntüler

4.2.2. Depolama yapılarında kullanılan havalandırma sistemleri ve kapasiteleri

İncelenen işletmelerin 28'inde (%93) ürünlerin kalite özelliklerini kaybetmeden depolanması için sıcaklık ve nem değişikliklerinden kaynaklı ürün kayıplarını önlemek ve uygun depolama ortamı oluşturmak amacıyla, uygun koşullarda ürün içerisinde emici ve basınçlı sistemler ile havalandırma yapılmaktadır. Basıncı sistemde, fanlar yardımıyla deponun tabanına inşa edilen havalandırma kanalları aracılığıyla depo içerisine temiz hava basılmaktadır. Depo çatısına yerleştirilen negatif basınçlı emici fanlarla ise ısınan hava dışarıya atılmaktadır. Bu şekilde, depo tabanından çatıya doğru sık bir hava akımı oluşturularak havalandırma sağlanmaktadır. Havalandırma sistemine sahip olan 28 adet işletmede depolama kapasitesine göre kullanılan havalandırma sistemleri, sayıları ve kapasiteleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Beton siloya ve yatay betonarme depoya sahip 2 (11 ve 18 nolu işletmeler) işletmede ise havalandırma sistemi bulunmamakta olup, ürün silodan siloya aktarılacak veya depo kapıları açılarak sıcaklığı düşürülmeye çalışılmaktadır. Düz tabanlı bir çelik siloda havalandırma kanallarının açılması, kanal içerisine çelik profillerin yerleştirilmesi işlemlerine ait görüntüler Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24. Havalandırma kanallarının açılması ile ilgili görüntüler

Çizelge 4.9. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde kullanılan havalandırma sistemleri, sayıları ve kapasiteleri

İşletme No	Kullanılan havalandırma Sistemleri ve Kapasiteleri													
	Yatay Betonarme Depo							Çelik/Beton Silo						
	Depolama Kapasitesi (Ton)	Havalandırma Fanı			Egzoz Fanı			Depolama Kapasitesi (Ton)	Havalandırma Fanı			Egzoz Fanı		
		Sayısı (Adet)	Kapasitesi		Sayısı (Adet)	Kapasitesi			Sayısı (Adet)	Kapasitesi		Sayısı (Adet)	Kapasitesi	
(KW)			(m³/h)	(KW)		(m³/h)	(KW)			(m³/h)	(KW)		(m³/h)	
1	2500	2	11	15000	2	2,5	7195	2500 1250	2	7,5	14611	1	2,5	7195
2	2500	2	11	15000	2	2,5	7195	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	1250	2	7,5	18348	1	2,5	7195
4	-	-	-	-	-	-	-	2500	2	7,5	14611	4	1	2500
								1200	1	2,5	6880	2	1	2500
5	2500	2	11	18349	2	1	2500	2500	2	7,5	14611	2	1	2500
								1200	2	7,5	14611	1	1	2500
6	-	-	-	-	-	-	-	2500	2	7,5	14611	2	2	7000
								300	1	5,5	10364	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	2500	2	7,5	14611	1	1	2500
8	-	-	-	-	-	-	-	5000	2	15	18500	2	0,25	800
								2500	2	7,5	13000	2	0,25	800
								350 500	1	4	7000	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	2100	2	7,5	13000	1	1	2500
10	5000	-	-	-	-	-	-	2000	2	7,5	14611	1	1	2500
11	59845	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	5000	2	22	31601	1	1,5	5500
								1000	1	11	11000	-	-	-
13	2500	2	11	7990	2	4	7500	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	8200	4	15	20388	2	2,5	7195
								2250	2	5	9800	1	0,25	800
15	-	-	-	-	-	-	-	3500	2	11	15300	1	0,5	1800
								500	1	4	7000	-	-	-
16	6000	4	7,5	14611	-	-	-	2000	2	4,6	8120	1	0,25	800
								1000	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.9 devamı

İşletme No	Kullanılan havalandırma Sistemleri ve Kapasiteleri													
	Yatay Betonarme Depo							Çelik Silo						
	Depolama Kapasitesi (Ton)	Havalandırma Fanı			Egzoz Fanı			Depolama Kapasitesi (Ton)	Havalandırma Fanı			Egzoz Fanı		
		Sayısı (Adet)	Kapasitesi		Sayısı (Adet)	Kapasitesi			Sayısı (Adet)	Kapasitesi		Sayısı (Adet)	Kapasitesi	
(KW)			(m³/h)	(KW)		(m³/h)	(KW)			(m³/h)	(KW)		(m³/h)	
17	4000	-	-	-	-	-	-	2500	2	7,5	13000	1	1	2500
								250	-	-	-	-	-	-
18	16000	-	-	-	-	-	-	600	-	-	-	-	-	-
19	5000	4	7,5	14611	-	-	-	1200	2	4	7000	1	0,25	800
20	-	-	-	-	-	-	-	2500	2	7,5	14611	2	1	2500
								250	1	4	7000	-	-	-
21	8000	3	7,5	13000	-	-	-	3000	2	7,5	13000	1	1,1	4000
22	5000 3500 2200	3	11	45900	2	1	2500	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	5400	2	15	20388	1	1,25	3500
								3000	2	7,5	14611	1	1,25	3500
24	-	-	-	-	-	-	-	3000 2000	2	7,5	14611 13000	1	1	2500
25	-	-	-	-	-	-	-	2650	2	7,5	13000	1	0,25	800
								500	1	5,5	9800	-	-	-
26	2850	-	-	-	-	-	-	4400 3000	2	11	18349	2	0,25	800
27	3500	2	7,5	13000	2	0,25	800	6500	2	15	18500	2	0,25	800
								3500	2	15	18500	2	0,25	800
								1000	2	7,5	13000	1	0,25	800
								100	-	-	-	-	-	-
28	3000	2	11	14611	2	2,5	7195	3400	2	15	20388	2	1,5	5500
								750	1	4	7000	1	1,5	5500
29	-	-	-	-	-	-	-	2500	2	7,5	14611	2	0,25	800
								300	1	5,5	9800	-	-	-
30	750	1	7	12200	-	-	-	2500	2	7,5	13000	2	0,25	800
								350	-	-	-	-	-	-

Çelik hububat silolarında kullanılan havalandırma fanlarının depo dışında yerleşim düzenlerine ait görüntüler Şekil 4.25'te ve çelik silolarda havalandırma kanallarının depo içerisinde dağılımına örnekler Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.25. Çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemlerine ait görüntüler

Havalandırma sitemine sahip yatay beton depolarda havalandırma kanalları veya portatif borular aracılığıyla havalandırmanın yapıldığı işletmelere ait görüntüler Şekil 4.27'de, havalandırma amacıyla ürünün depolardan tremi çukuruna oradan konveyörlerle tekrar depolara aktarılacak ısıyan ürünün soğutulması ve neminin düşürülmesine ait görüntüler Şekil 4.28'de, depo içerisinde ısıyan hava kütesinin dışarıya atılması için kullanılan egzoz fanları Şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.26. Çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemlerinin depo içerisinde yerleşimine ait görüntüler



Şekil 4.27. Yatay betonarme hububat depolarında kullanılan havalandırma sistemlerine ait görüntüler



Şekil 4.28. Depo içerisinde ısınan ürünün soğutulması ve neminin azaltılması amacıyla ürünün depolardan tremiye ve tekrar depolara aktarılması



Şekil 4.29. Egzoz fanlarına ait görüntüler

4.2.3. Depolama yapılarında çatı tipleri ve kapı şekilleri

Hububat depolarında bulunan çatı tipleri ve kapı şekilleri Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir. Depolama yapılarının %89.4’ünde konik çatı sistemi ve %10.1’inde beşik çatı sistemi bulunmasına rağmen %0.5’inde çatı bulunmamaktadır (Çizelge 4.10). Yatay depoların tamamı beşik çatı sistemine sahipken, çelik siloların tamamında konik çatı tipi kullanılmıştır. İki adet işletmede bulunan beton siloların hemen üzerinde çatı olmayıp, depo üzerinde farklı amaçlarla kullanılmak üzere ek kat oluşturulmuştur. Beşik çatılı, konik çatılı ve üzerinde ek kat bulunan depolara ait görüntüler Şekil 4.30-4.32’de verilmiştir. Beşik çatıya sahip depoların yaklaşık %80’inde çatı malzemesi olarak trapez galvanizli sac kullanılmakta iken yaklaşık %12’sinde ise sandviç panel (alüminyum levha+PUR/XPS (Poliüretan/Polistren)+alüminyum levha) kullanılmıştır. Konik çatılı siloların tamamında ise

trapez kesitli galvanizli sac kullanılmıştır (Çizelge 4.11). Sandviç panele sahip çatı sistemleri dışında çatılarda yalıtım malzemesi kullanılmamıştır.

Yatay silolarda bulunan farklı tip kapı şekillerine ait görüntüler Şekil 4.33-4.35'te verilmiştir. Genel olarak yatay silolarda kepenk ve sürgülü kapılar, çelik silolarda ise tek kanatlı kapılar kullanılmıştır. Depolama yapılarının %89.4'ü tek kanatlı, %6.1'i kepenk, %1.8'i sürgülü, %0.9'u çift kanatlı ve %1.3'ü endüstriyel seksiyonel kapıya sahiptir (Çizelge 4.12). Yatay beton depolar kepenk, sürgülü, çift kanatlı ve endüstriyel seksiyonel kapı şekillerine sahip olmalarına rağmen çelik siloların tamamında tek kanatlı kapı kullanılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre, kepenk kapıların genişlikleri 4.6-5.90 m ve yükseklikleri 5.5-6.30 m arasında olmasına rağmen sürgülü kapıların genişlikleri 4.6-5.85 m ve yükseklikleri 4.35-6.0 m arasında değişiklik göstermektedir. Ayrıca çift kanatlı kapıların yüksekliği 6 m ve genişliği 4.6 m iken endüstriyel seksiyonel kapıların genişlikleri 5.5-7.5 m ve yükseklikleri 5.40-8.40 m arasında değişmektedir. Beton silo tipine sahip iki işletmede ise girişler merkezi bir kapıdan yapılmaktadır ve depolara giriş için ayrıca bir kapı bulunmamaktadır.

Çizelge 4.10. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarındaki çatı tipleri

Depo Tipi	Çatı Tipi	Adet	Oran (%)
Yatay Depo	Beşik çatı	45	10,1
Düşey Depo (Silo ve kuyular)	-	2	0,5
Düşey Depo	Konik çatı	398	89,4
	Toplam	445	100

Çizelge 4.11. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde çatı tipine göre kullanılan malzemelerin dağılımı

Çatı Tipi	Kullanılan malzeme	Oran (%)
Beşik çatı	Trapez galvanizli sac	88,2
	Sandviç panel	11,8
	Toplam	100
Konik çatı	Trapez galvanizli sac	100
	Toplam	100

Çizelge 4.12. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarındaki kapı tipleri

Depo Tipi	Kapı tipi	Adet	Oran (%)
Yatay Depo	Kepenک	27	6,1
	Sürgülü	8	1,8
	Çift kanatlı	4	0,9
	Endüstriyel Seksiyonel	6	1,3
Düşey Depo (Silo ve kuyular)	-	2	0.5
Düşey Depo	Tek kanatlı	398	89.4
	Toplam	445	100



Şekil 4.30. Beşik çatılı depo



Şekil 4.31. Konik çatılı depo



Şekil 4.32. Üzerinde ilave kat bulunan beton silo



Şekil 4.33. Endüstriyel seksiyonel kapıya ait bir görüntü



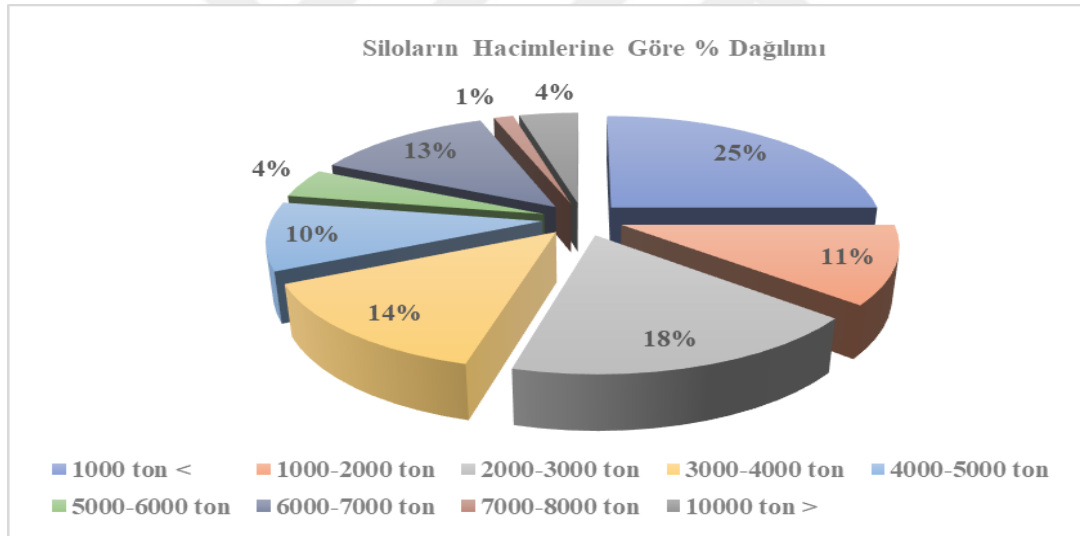
Şekil 4.34. Sürgülü kapıya ait bir görüntü



Şekil 4.35. Kepenk kapıya ait bir görüntü

4.2.4. Silo boyutları, fiziksel, alansal ve hacimsel büyüklükleri ve ürün depolama kapasiteleri

30 işletmede yürütülen çalışma sonuçlarına göre depolama yapılarının fiziksel, alansal ve hacimsel boyutları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Konya ilindeki silindirik siloların %19'u 15-20 m arasında, %40'ı 20-25 m arasında ve %15'i ise 25 m'den daha fazla depo yüksekliğine sahiptir. Yine düşey silolarda, depo çapları siloların %6'sında 10-12 m arasında, %38'inde 12-15 m arasında, %19'unda 15-20 m arasında, %8'inde 20-25 m arasında ve %2'sinde 25 m'den büyüktür (Çizelge 4.13). Siloların %25'i 1000 m³'ten küçük, %11'i 1000-2000 m³, %18'i 2000-3000 m³, %14'ü 3000-4000 m³, %10'u 4000-5000 m³, %4'ü 5000-6000 m³, %13'ü 6000-7000 m³, %1'i 7000-8000 m³ ve %4'ü 10000 m³'ten büyük depolama hacmine sahiptir. Konya ilindeki siloların depolama hacimleri oldukça farklılık göstermesine karşın, 1000 m³ ile 7000 m³ arasındaki depolama hacimleri bölgedeki siloların yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4.13, Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Siloların toplam depolama hacimlerine göre dağılımı

Yatay betonarme siloların %82'sinin kapasitesi 2500-4000 ton arasında, konik tabanlı siloların %67'sinin kapasitesi 1000-2500 ton arasında ve düz tabanlı siloların %78'inin kapasitesi ise 2000-300 ton arasında değişiklik göstermektedir. Depolarda sıcaklık ölçüm sayısı ise yatay beton depolarda 20-45 adet arasında, düz tabanlı çelik silolarda 5-19 adet arasında ve konik tabanlı silolarda 1-6 adet arasında değişiklik göstermektedir. Çelik siloların %88'inde sac kalınlıkları yaklaşık 2-3 mm arasında değişmekte olup yapımında oluklu trapez sac kullanılarak 80-90 cm'de bir cıvatarla birbirine tutturulmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarının fiziksel, alansal ve hacimsel boyutları

İşletme No	Kapasite (Ton)	Yükseklik (Toplam) (m)	Genişlik /Çap (m)	Uzunluk (m)	Saçak/Yan Duvar Yüksekliği (Toplam) (m)	Ayak/Beton Yüksekliği (m)	Üst konik Kısım/Çatı Yüksekliği (m)	Çatı Açısı (°)	Konik Açısı (°)	Silo Kapağının Yerden Yüksekliği (m)	Ring Sayısı (adet)	Ring Yüksekliği (m)	Sıcaklık Ölçüm Halatı Sayısı (adet)	Sac /Duvar Kalınlığı	Depolama Hacmi (m ³)
1	2500	27,64	13,0	-	24,64	6,0	3,0	30	37	1,85	21	0,90	6	2,5 mm	2745
	1250	23,395	11,0	-	21,1	6,0	2,84	30	45	0,90	18	0,90	3	2,0 mm	1656
	2500 (beton yatay)	14,0	16,0	36	9,70	-	4,3	28	-	-	-	-	26	30 cm	3400
2	2500 (beton yatay)	14,0	16,0	36	9,70	-	4,3	28	-	-	-	-	26	30 cm	3400
3	1250	23,31	11,0	-	20,21	6,0	3,1	30	37	0,80	18	0,90	3	2,0 mm	1852
4	2500	27,63	13,0	-	24,64	7,0	3,0	40	40	1,80	21	0,88	6	2,0 mm	2659
	1200	20,36	7,30	-	18,44	7,70	1,92	30	45	1,25	17	0,88	-	2,0 mm	1550
5	2500	27,63	13,0	-	24,64	7,0	3,0	40	30	1,80	21	0,84	6	3 mm	2659
	1200	24,11	13,0	-	21,12	6,0	3,0	40	37	1,25	18	0,84	5	2 mm	1663
	2500 (beton yatay)	14,0	16,0	36	9,0	-	5,0	28	-	-	-	-	26	30 cm	3400
6	2500	19,7	16,5	-	14,40	0,90	4,40	30	-	-	17	0,90	8	3 mm	3094
	300	15,98	6,40	-	14,2	4,0	1,78	40	45	1,25	12	0,85	1	2,2 mm	370
7	2500	21,33	14,60	-	16,85	0,60	3,88	30	-	-	20	0,84	6	2,5 mm	2863
8	2500	21,33	14,45	-	18,06	0,75	4,02	30	-	-	19	0,95	7	3,0 mm	2984
	5000	21,67	21,67	-	15,49	1,20	6,18	30	-	-	17	0,98	13	3,0 mm	6216
	500	20,01	6,32	-	18,33	3,85	1,68	30	40	0,80	16	0,96	1	2,0 mm	498
	350	16,36	6,32	-	14,68	3,85	1,68	30	41	0,80	12	0,96	1	2,0 mm	383
9	2100	25,10	13,0	-	21,6	2,10	3,5	30	-	-	17	1,20	5	2,0 mm	2690
10	2000	18,25	15,0	-	14,12	0,60	4,13	30	-	-	16	0,90	5	2,2 mm	2550
	5000 (beton yatay)	9,25	24,0	68	7,0	-	2,25	30	-	-	-	-	-	20 cm	5712

Çizelge 4.13. devamı

İşletme No	Kapasite (Ton)	Yükseklik (Toplam) (m)	Genişlik /Çap (m)	Uzunluk (m)	Saçak/Yan Duvar Yüksekliği (Toplam) (m)	Ayak/Beton Yüksekliği (m)	Üst konik Kısım/Çatı Yüksekliği (m)	Çatı Açısı (°)	Konik Açısı (°)	Silo Kapağının Yerden Yüksekliği (m)	Ring Sayısı (adet)	Ring Yüksekliği (m)	Sıcaklık Ölçüm Halatı Sayısı (adet)	Sac /Duvar Kalınlığı	Depolama Hacmi (m³)
11	630	30,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	18 cm	847,8
	165	20,0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	24 cm	180
	60	20,0	2	-									-	24 cm	80
	230	20,0	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	18 cm	240
	55	20,0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24 cm	80
	30	30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24 cm	30
12	5000	26,9	18,33	-	21,97	2,10	5,0	30	-	-	26	0,80	9	3 mm	6088
	1000	30	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	20 cm	1507
13	2500 (beton yatay)	14,0	16,0	36	9,0	-	5,0	32	-	-	-	-	26	30 cm	3400
14	8200	24,4	27,5	-	18,6	1,5	5,8	23	-	-	18	0,95	19	5 mm	10917
	2250	22,62	14,0	-	18,6	1,5	4,02	30	-	-	18	0,95	6	2,5 mm	2768
15	3500	25,25	16,25	-	20,8	0,80	4,45	30	-	-	22	0,90	6	3 mm	4351
	500	20,72	7,22	-	18,78	4,30	1,94	30	45	1,0	16	0,96	1	2 mm	496
16	2000	20,25	14,04	-	16,49	1,60	3,76	30	-	-	18	0,90	5	2,5 mm	2433
	1000	17,89	10,43	-	15,43	3,73	2,46	30	45	1,36	13	0,90	3	2,0 mm	1113
	6000 (beton yatay)	6,70	20,0	59	4,3	-	2,40	14	-	-	-	-	20	25 cm	6221
17	2500	17,6	14,40	-	14,4	1,10	3,2	25	-	-	14	0,95	4	2 mm	2281
	250	16,75	6,39	-	15,65	3,30	1,10	21	45	0,80	9	0,95	-	2 mm	430
	4000 (beton yatay)	12,0	13,7	30	8,70	-	3,30	22	-	-	-	-	-	35 cm	4560

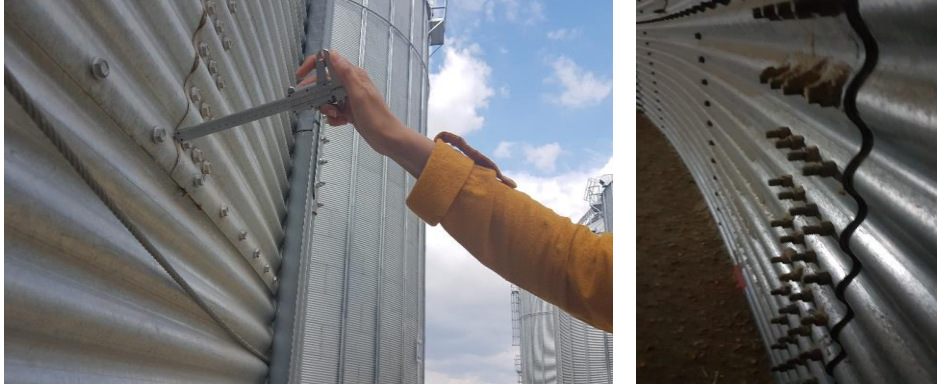
Çizelge 4.13. devamı

İşletme No	Kapasite (Ton)	Yükseklik (Toplam) (m)	Genişlik /Çap (m)	Uzunluk (m)	Saçak/Yan Duvar Yüksekliği (Toplam) (m)	Ayak/Beton Yüksekliği (m)	Üst konik Kısım/Çatı Yüksekliği (m)	Çatı Açısı (°)	Konik Açısı (°)	Silo Kapağının Yerden Yüksekliği (m)	Ring Sayısı (adet)	Ring Yüksekliği (m)	Sıcaklık Ölçüm Halatı Sayısı (adet)	Sac /Duvar Kalınlığı	Depolama Hacmi (m³)
18	600	20,61	6,60	-	18,95	4,70	1,66	30	45	0,80	15	0,95	-	2 mm	545
	4000 (beton yatay)	12,0	13,7	30	8,70	-	3,30	26	-	-	-	-	-	35 cm	4560
19	1200	13,70	12,83	-	10,2	-	3,5	30	-	-	12	0,90	2	2,0 mm	1419
	5000 (beton yatay)	11,40	23,7	33,4	8,40	-	3,0	7	-	-	-	-	22	30 cm	6300
20	2500	19,92	16,25	-	15,38	0,80	4,54	30	-	-	16	0,95	7	2,5 mm	3231
	250	13,63	6,32	-	11,95	3,40	1,68	30	45	0,75	9	0,95	3	2,0 mm	308
21	3000	18,97	18,06	-	13,9	1,15	5,07	30	-	-	14	0,90	7	3,0 mm	3553
	8000 (beton yatay)	9,40	25,0	50,0	8,60	-	0,80	14	-	-	-	-	45	30 cm	10750
22	5000 (beton yatay)	12,0	34,80	57,10	10,0	1,40	2,0	7	-	-	-	-	30	50 cm	10928
	3500 (beton yatay)	12,0	17,0	37,0	10,5	1,40	1,50	7	-	-	-	-	30	50 cm	7225
	2200 (beton yatay)	12,0	17,4	57,10	10,0	1,40	2,0	7	-	-	-	-	15	50 cm	5464
23	5400	22,63	21,60	-	17,33	0,80	5,3	27	-	-	19	0,87	16	3,5 mm	6485
	3000	26,61	15,21	-	22,48	1,0	4,13	30	-	-	24	0,90	8	2,5 mm	4067
24	3000	20,34	16,49	-	15,91	0,70	4,43	30	-	-	18	0,85	7	2,0 mm	3457
	2000	22,90	12,80	-	19,55	1,85	3,35	30	-	-	21	0,85	6	1,8 mm	2372
25	2650	23,94	14,45	-	19,97	0,84	3,97	30	-	-	21	0,90	5	1,8 mm	3308
	500	23,31	7,22	-	21,36	4,30	1,95	30	45	1,0	15	0,90	3	1,8 mm	761
26	4400	24,64	19,0	-	19,69	1,10	4,95	30	-	-	22	0,85	8	3,0 mm	5580
	3000	20,52	18,33	-	15,55	1,10	4,97	30	-	-	17	0,90	8	2,5 mm	4103
	2850 (beton yatay)	9,5	18,40	43,45	7,80	-	1,70	10	-	-	-	-	21	30 cm	6916

Çizelge 4.13. devamı

İşletme No	Kapasite (Ton)	Yükseklik (Toplam) (m)	Genişlik /Çap (m)	Uzunluk (m)	Saçak/Yan Duvar Yüksekliği (Toplam) (m)	Ayak/Beton Yüksekliği (m)	Üst konik Kısım/Çatı Yüksekliği (m)	Çatı Açısı (°)	Konik Açısı (°)	Silo Kapağının Yerden Yüksekliği (m)	Ring Sayısı (adet)	Ring Yüksekliği (m)	Sıcaklık Ölçüm Halatı Sayısı (adet)	Sac /Duvar Kalınlığı	Depolama Hacmi (m³)
27	6500	24,37	21,67	-	18,26	0,95	6,11	30	-	-	19	0,90	13	3,0 mm	6882
	3500	24,62	16,25	-	20,08	0,95	4,54	30	-	-	21	0,90	13	2,5 mm	4175
	1000	16,4	12,83	-	12,78	0,95	3,62	38	-	-	14	0,85	1	2,0 mm	1633
	100	10,26	4,51	-	9,09	1,0	1,17	30	40	0,50	7	0,91	-	2,0 mm	136
	3500 (beton yatay)	9,28	16,0	48	7,5	-	1,78	12	-	-	-	-	28	25 cm	6101
28	3400	24,4	16,44	-	21,17	2,35	4,23	30	-	-	23	0,84	7	2,5 mm	4306
	750	21,74	8,22	-	19,66	4,22	2,08	30	45	0,97	19	0,84	2	2,0 mm	901
	3000 (beton yatay)	13,70	16,6	36	9,70	-	4,0	26	-	-	-	-	20	30 cm	6992
29	2500	29,98	12,78	-	23,63	0,90	3,35	30	-	-	27	0,86	4	2,5 mm	3010
	300	23,08	5,48	-	21,68	4,10	1,4	30	45	0,90	22	0,84	-	2,0 mm	461
30	2500	20,60	14,45	-	16,58	2,0	4,02	30	-	-	16	0,90	4	3,0 mm	2864
	350	13,68	7,22	-	10,98	4,14	2,70	30	40	0,80	9	0,90	-	1,8 mm	350
	750 (beton yatay)	9,0	16,6	23,20	5,40	-	3,60	23	-	-	-	-	15	40 cm	2773

Hububat depolarında yapılan ölçümler, içerisinde sıcaklık sensörlerinin bulunduğu halatların ürün ve depo içerisindeki görünümü ve sensörlerin halat içerisindeki dağılımlarına ait görüntüler Şekil 4.37- 4.41’de verilmiştir.



Şekil 4.37. Sac kalınlıklarının ölçülmesi



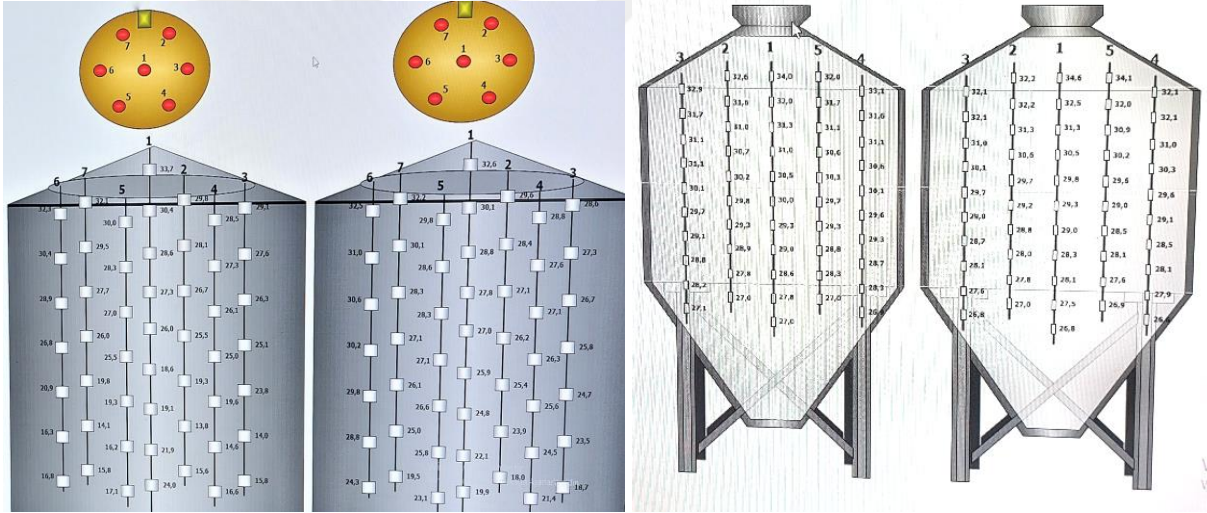
Şekil 4.38. Ring yüksekliklerinin ölçülmesi



Şekil 4.39. Sıcaklık ölçüm halatlarının ürün içerisindeki görünümü



Şekil 4.40. Sıcaklık ölçüm halatlarının depo içerisinde yerleşim düzeni



Şekil 4.41. Sıcaklık ölçüm halatları içerisindeki sensörlerin dağılımı

Bir depolama ünitesinde hububat çeşidine göre depolanabilecek ürün miktarları hektolitre ağırlıklarına göre değişmekte olup, depo başına depolanabilecek hububat miktarları Çizelge 4.14’te verilmiştir. Bölgedeki siloların %15’inin hacmi 300-1000 m³ arasında, %11’inin 1000-2000 m³ arasında, %18’inin 2000-3000 m³ arasında, %14’ünün 3000-4000 m³ arasında ve %32’sinin 4000 m³’ten daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bir siloda depolanabilecek hububat miktarı ise depolanan ürünlerin hektolitre ağırlıklarına bağlı olarak değişkenlik

göstermektedir. Silolarda buğdayın depolanma ağırlığı dikkate alındığında, aynı depoda buğday yerine %13 daha az arpa, %10 daha az mısır, %42 daha az yulaf, %19 daha az çeltik, %6 daha az çavdar ve triticales depolanabilmektedir. Başka bir ifadeyle, buğday depolanan siloların %14'ünde 1000-2000 ton arasında, %28'inde 2000-3000 ton, %10'unda 3000-4000 ton ve %22'sinde 4000 tondan daha fazla buğday depolanabilmektedir. Ayrıca mısır ağırlıklarına göre siloların %24'ünde 1000-2000 ton arasında, %22'sinde 2000-3000 ton, %8'inde 3000-4000 ton ve %19'unda 4000 tondan daha fazla mısır depolanabilmektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde birim depolama ünitesi başına depolanabilecek ürün miktarları

İşletme No	Toplam Depolama Hacmi (m ³)	Depo Başına Depolanabilecek Hububat Miktarı (Ton)						
		Arpa	Buğday	Mısır	Yulaf	Çavdar	Çeltik	Triticale
1	2745	1839	2169	1949	1263	2031	1757	2031
	1656	1110	1308	1176	762	1225	1060	1225
	3400	2278	2686	2414	1564	2516	2176	2516
2	3400	2278	2686	2414	1564	2516	2176	2516
3	1852	1241	1463	1315	852	1370	1185	1370
4	2659	1782	2101	1888	1223	1968	1702	1968
	1550	1039	1225	1101	713	1147	992	1147
5	2659	1782	2101	1888	1223	1968	1702	1968
	1663	1114	1314	1181	765	1231	1064	1231
	3400	2278	2686	2414	1564	2516	2176	2516
6	3094	2073	2444	2197	1423	2290	1980	2290
	370	247,9	292,3	263	170	273,8	237	274
7	2863	1918	2262	2033	1317	2119	1832	2119
8	6216	4165	4911	4413	2859	4600	3978	4600
	2984	1999	2357	2119	1373	2208	1910	2208
	498	333,7	393,4	354	229	368,5	319	369
	383	256,6	302,6	272	176	283,4	245	283
9	2690	1802	2125	1910	1237	1991	1722	1991
10	2550	1709	2015	1811	1173	1887	1632	1887
	5712	3827	4512	4056	2628	4227	3656	4227
11	847,8	568	669,8	602	390	627,4	543	627
	180	120,6	142,2	128	82,8	133,2	115	133
	80	53,6	63,2	56,8	36,8	59,2	51,2	59,2
	240	160,8	189,6	170	110	177,6	154	178
	80	53,6	63,2	56,8	36,8	59,2	51,2	59,2
	30	20,1	23,7	21,3	13,8	22,2	19,2	22,2
12	6088	4079	4810	4322	2800	4505	3896	4505
	1507	1010	1191	1070	693	1115	964	1115
13	3400	2278	2686	2414	1564	2516	2176	2516
14	10917	7314	8624	7751	5022	8079	6987	8079
	2768	1855	2187	1965	1273	2048	1772	2048
15	4351	2915	3437	3089	2001	3220	2785	3220
	496	332,3	391,8	352	228	367	317	367

Çizelge 4.14. devamı

İşletme No	Toplam Depolama Hacmi (m ³)	Depo Başına Depolanabilecek Hububat Miktarı (Ton)						
		Arpa	Buğday	Mısır	Yulaf	Çavdar	Çeltik	Triticale
16	2433	1630	1922	1727	1119	1800	1557	1800
	1113	745,7	879,3	790	512	823,6	712	824
	6221	4168	4915	4417	2862	4604	3981	4604
17	2281	1528	1802	1620	1049	1688	1460	1688
	430	288,1	339,7	305	198	318,2	275	318
	4560	3055	3602	3238	2098	3374	2918	3374
18	545	365,2	430,6	387	251	403,3	349	403
	4560	3055	3602	3238	2098	3374	2918	3374
19	1419	950,7	1121	1007	653	1050	908	1050
	6300	4221	4977	4473	2898	4662	4032	4662
20	3231	2165	2552	2294	1486	2391	2068	2391
	308	206,4	243,3	219	142	227,9	197	228
21	3553	2381	2807	2523	1634	2629	2274	2629
	10750	7203	8493	7633	4945	7955	6880	7955
22	10928	7322	8633	7759	5027	8087	6994	8087
	7225	4841	5708	5130	3324	5347	4624	5347
	5464	3661	4317	3879	2513	4043	3497	4043
23	6485	4345	5123	4604	2983	4799	4150	4799
	4067	2725	3213	2888	1871	3010	2603	3010
24	3457	2316	2731	2454	1590	2558	2212	2558
	2372	1589	1874	1684	1091	1755	1518	1755
25	3308	2216	2613	2349	1522	2448	2117	2448
	761	509,9	601,2	540	350	563,1	487	563
26	5580	3739	4408	3962	2567	4129	3571	4129
	4103	2749	3241	2913	1887	3036	2626	3036
	6916	4634	5464	4910	3181	5118	4426	5118
27	6882	4611	5437	4886	3166	5093	4404	5093
	4175	2797	3298	2964	1921	3090	2672	3090
	1633	1094	1290	1159	751	1208	1045	1208
	136	91,12	107,4	96,6	62,6	100,6	87	101
	6101	4088	4820	4332	2806	4515	3905	4515
28	4306	2885	3402	3057	1981	3186	2756	3186
	901	603,7	711,8	640	414	666,7	577	667
	6992	4685	5524	4964	3216	5174	4475	5174
29	3010	2017	2378	2137	1385	2227	1926	2227
	461	308,9	364,2	327	212	341,1	295	341
30	2864	1919	2263	2033	1317	2119	1833	2119
	350	234,5	276,5	249	161	259	224	259
	2773	1858	2191	1969	1276	2052	1775	2052

4.2.5. Çelik ve beton konstrüksiyonlu hububat silolarında yapı elemanlarının ısı geçirme katsayıları

Depolama yapılarını oluşturan malzemelerin ısı geçirgenlikleri depo içi sıcaklığını doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Çelik konstrüksiyona sahip hububat siloları galvanizli çelik sacdan beton silolar ise brüt beton olarak inşa edilmiştir ve her iki tip depolama yapısında da yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolarında yapı elemanlarının toplam ısı geçirme katsayıları ve yapının ortalama ısı geçirme katsayıları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Konya bölgesindeki hububat depolarında yapı elemanlarının ısı geçirme katsayıları tüm depoların ortalaması olarak duvarlarda $2.39 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$, çatılarda $2.31 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$, pencerelerde $1.72 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ ve kapılarda $2.39 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ 'tir. Depolama yapılarının tamamının ortalama ısı geçirme katsayısı ise $2.35 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ 'tir (Çizelge 4.15). Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi duvarlarda ısı geçirme katsayıları $1.5264 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ ile $2.6274 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ arasında değişiklik göstermektedir. Bu değişikliğin sebebi depo yapımında kullanılan konstrüksiyon malzemesi farklılığından kaynaklanmaktadır ve beton depolarda daha düşük değerler görülmesine rağmen çelik silolarda metalin yüksek ısıl iletkenliğinden dolayı daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolarında hem beton hem de çelik yapıların duvarlarında yalıtım malzemesi kullanılmadığı için duvarların ısı geçirgenlik katsayıları yüksektir. Çizelge 4.16'da beton ve çelik konstrüksiyonlu hububat silolarında yapı elemanların toplam ve ortalama ısı geçirme katsayıları verilmiştir. Konstrüksiyon malzemesine göre yapı elemanının ortalama ısı iletim katsayısı, çelik yapılarda $2.62 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ iken beton yapılarda $1.69 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ 'tir (Çizelge 4.16).

Çelik siloların çatıları tamamen yalıtımsız iken beton siloların bazılarında yalıtımlı sandviç panel kullanılmıştır. Sandviç paneller, son dönemlerde tarımsal yapıların birçoğunun çatısında oldukça sık kullanım alanı olan pratik ve yalıtımlı bir yapı malzemesidir. Sandviç paneller, iki alüminyum levha arasına 4-6 cm kalınlıkta preslenmiş poliüretan (PUR) veya polistren (XPS/EPS) yerleştirilmesiyle yapılmaktadır.

Çelik konstrüksiyonlu silolarda çatıların toplam ısı geçirme katsayısı $2.64 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ olmasına rağmen beton depolarda çatıların toplam ısı geçirme katsayısı $1.36 \text{ kcal/m}^{20}\text{Ch}$ 'tir (Çizelge 4.16). Çelik silolarda yaklaşık 50 - 60 cm genişliğinde biri çatıda diğeri de ikinci ringde olmak üzere iki adet tek kanatlı kapı bulunmasına rağmen çelik

silolarda pencere yoktur. Kullanılan konstrüksiyon malzemesine göre kapılarda toplam ısı geçirgenlik katsayısı 0.49-2.64 kcal/m²°C h arasında değişmekte olup sandviç panel kullanılan kapılarda en düşük değeri almaktadır.

Çizelge 4.15. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde birim depolama ünitesi için yapı elemanlarının toplam ve ortalama ısı geçirgenlik katsayıları

İşletme No	Konstrüksiyon	Yapı Elemanlarının Toplam Isı Geçirgenlik Katsayıları (kcal/m ² °C h)				Yapının Ort. Isı Geçirgenlik Katsayıları (kcal/m ² °C h)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı	
1	Çelik	2,6172	2,6436	-	-	2,6206
	Çelik	2,6127	2,6439	-	-	2,6169
	Beton	1,8370	2,6439	1,72	2,64	2,1660
2	Beton	1,8370	2,6439	1,72	2,64	2,1660
3	Çelik	2,6127	2,6439	-	-	2,6171
4	Çelik	2,6172	2,6436	-	-	2,6206
	Çelik	2,5990	2,6437	-	-	2,6037
5	Çelik	2,6172	2,6436	-	-	2,6206
	Çelik	2,6172	2,6436	-	-	2,6211
	Beton	1,8370	2,6439	1,72	2,64	2,1660
6	Çelik	2,6225	2,6434	-	-	2,6259
	Çelik	2,5935	2,6437	-	-	2,5996
7	Çelik	2,6199	2,6436	-	-	2,6247
8	Çelik	2,6197	2,6435	-	-	2,6244
	Çelik	2,6274	2,6434	-	-	2,632
	Çelik	2,5930	2,6437	-	-	2,5978
	Çelik	2,5930	2,6437	-	-	2,5988
9	Çelik	2,6172	2,6436	-	-	2,6212
10	Çelik	2,6205	2,6434	-	-	2,6278
	Beton	2,0451	2,6439	1,72	2,64	2,3920
11	Beton	2,1571	-	-	-	2,1571
	Beton	1,9564	-	-	-	1,9564
12	Çelik	2,6245	2,6434	-	-	2,6282
	Beton	2,5331	-	-	-	2,5331
13	Beton	1,8370	2,6439	1,72	2,64	2,1790
14	Çelik	2,6308	2,6434	-	-	2,6344
	Çelik	2,6190	2,6435	-	-	2,6235
15	Çelik	2,6222	2,6434	-	-	2,6262
	Çelik	2,5985	2,6437	-	-	2,605

Çizelge 4.15. devamı

İşletme No	Konstrüksiyon	Yapı Elemanlarının Toplam Isı Geçirgenlik Katsayıları (kcal/m ² °C h)				Yapı Elemanlarının Ort. Isı Geçirgenlik Katsayıları (kcal/m ² °C h)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı	
16	Çelik	2,6190	2,6435	-	-	2,6239
	Çelik	2,6112	2,6436	-	-	2,6165
	Beton	1,9355	2,6439	-	2,64	2,3994
17	Çelik	2,6196	2,6435	-	-	2,6249
	Çelik	2,5935	2,6437	-	-	2,5987
	Beton	1,7481	0,5843	-	2,64	1,3439
18	Çelik	2,5948	2,6437	-	-	2,5995
	Beton	1,7481	0,2694		2,64	1,2171
19	Çelik	2,6168	2,6435	-	-	2,6241
	Beton	1,8370	0,5843	-	0,49	1,2199
20	Çelik	2,6222	2,6434	-	-	2,6272
	Çelik	2,5930	2,6435	-	-	2,6
21	Çelik	2,6242	2,6434	-	-	2,6295
	Beton	1,8370	0,489	-	2,64	1,1714
22	Beton	1,5264	0,4205	1,72	2,64	0,9600
	Beton	1,5264	0,4205	1,72	2,64	1,027
	Beton	1,5264	0,4205	1,72	2,64	1,104
23	Çelik	2,6273	2,6434	-	-	2,6315
	Çelik	2,6208	2,6434	-	-	2,6246
24	Çelik	2,6225	2,6434	-	-	2,6274
	Çelik	2,6168	2,6436	-	-	2,6211
25	Çelik	2,6197	2,6435	-	-	2,6239
	Çelik	2,5985	2,6437	-	-	2,6027
26	Çelik	2,6252	2,6434	-	-	2,6291
	Çelik	2,6245	2,6434	-	-	2,6294
	Beton	1,8370	0,5843	-	2,64	1,2762
27	Çelik	2,6274	2,6434	-	-	2,6315
	Çelik	2,6222	2,6434	-	-	2,6263
	Çelik	2,6168	2,6436	-	-	2,623
	Çelik	2,5763	2,6437	-	-	2,5854
	Beton	1,9355	0,5843	-	2,64	1,3380
28	Çelik	2,6224	2,6434	-	-	2,6263
	Çelik	2,6034	2,6437	-	-	2,6079
	Beton	1,8370	2,6439	1,72	2,64	2,1670
29	Çelik	2,6168	2,6436	-	-	2,6204
	Çelik	2,5864	2,6437	-	-	2,5905
30	Çelik	2,6197	2,6435	-	-	2,6246
	Çelik	2,5985	2,6437	-	-	2,6066
	Beton	1,6674	0,2694	1,72	0,489	0,9480
	Ortalama	2,39	2,31	1,72	2,39	2,35

Çizelge 4.16. Depolama yapılarında kullanılan konstrüksiyon malzemesine göre yapı elemanlarının toplam ve ortalama ısı geçirirne katsayıları

Konstrüksiyon malzemesi	Yapı Malzemesine Göre Yapı Elemanlarında Toplam Isı Geçirgenlik Katsayısı (kcal/m ² °C h)				Yapının Ortalama Isı Geçirgenlik Katsayısı (kcal/m ² °C h)
	Duvar	Çatı	Pencere	Kapı	
Beton	1,85	1,36	1,72	2,39	1,69
Çelik	2,61	2,64	-	-	2,62

Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolarında hem beton hem de çelik yapıların duvarlarında yalıtım malzemesi kullanılmadığı için yapı elemanları aracılığıyla ısı iletimi oldukça yüksektir ve sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında siloların aşırı ısınmasına sebep olurken soğuk kış aylarında ise yapının belirli kısımlarında nem yoğunlaşması olduğu gözlemlenmiştir.

4.2.6. Hububat depolama yapılarının bulundukları konumlarda yatay düzlem üzerine gelen güneş radyasyonu miktarları

Silo yüzeylerinde meydana gelen toplam güneş radyasyonu miktarını belirleyebilmek için öncelikle siloların bulundukları konumlarda yatay düzlem üzerine ne kadar güneş radyasyonunun geldiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada öncelikle çeşitli modeller kullanılarak kış (ocak, şubat, mart) ve yaz (haziran, temmuz, ağustos) mevsimlerinde yatay düzlem üzerine gelen aylık ortalama günlük atmosfer dışına gelen güneş ışıınımı (H_0) ve aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı miktarları (H) hesaplanmıştır. İşletmelerin enlem derecesi, deklinasyon açıları ve hesaplama yapılan güne ait saat açıları dikkate alınarak hesaplanan aylık ortalama günlük atmosfer dışı ve toplam güneş ışıınım miktarları arasında çok büyük fark bulunmamaktadır. Bu durum, işletmelerin Konya ili içerisinde dağılım göstermelerinden ve enlem açıları arasında çok farklılık olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, Konya ilindeki hububat depolarında aylık ortalama günlük atmosfer dışı ve toplam güneş ışıınım miktarının ifade edilmesinde, tüm işletmelerin ortalamasının alınması bölgedeki tüm depolama yapılarını temsil etmesi bakımından daha doğru olacaktır. Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de, yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük atmosfer dışı güneş ışıınımı miktarı H_0 , yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı miktarı H , aylık ortalama günlük güneşlenme süresi S ve maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresi S_0 simgeleri ile ifade edilmiştir.

Ocak ayında, atmosfer dış yüzeyine gelen aylık ortalama olarak günlük güneş radyasyonu miktarları (H_0) 4375-4645 W/m² arasında değişiklik göstermekte olup, ortalama olarak 4545 W/m²'dir. Şubat ayında atmosfer dış yüzeyine gelen aylık ortalama olarak günlük güneş radyasyonu miktarı 6007 W/m² iken mart ayında 7860 W/m² olarak tespit edilmiştir. Aylık ortalama günlük toplam güneş radyasyonu miktarları ise ocak ayında 1922 W/m², şubat ayında 2844 W/m² ve mart ayında 4025 W/m² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Aylık ortalama günlük toplam güneş radyasyonu miktarı (H), ocak ayından mart ayına kadar %109 artarak 1922 W/m²'den 4025 W/m²'ye yükselmiştir. Bunun sebebi mart ayında, ocak ayına göre güneşin daha dik açıyla gelmesidir.

Anonim (2022b)'den alınan verilere göre uzun yıllar Konya ilinde aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri ocak, şubat ve mart aylarında sırasıyla 4.19 saat, 5.51 saat ve 6.88 saattir. Maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri (S_0) bakımından da işletmeler arasında önemli farklılıklar bulunmamaktadır ve Konya ilindeki hububat depolama yapılarının bulunduğu konumlarda ortalama olarak ocak, şubat ve mart ayları için sırasıyla 9.663 saat, 10.614 saat ve 11.747 saat olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17).

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, haziran, temmuz ve ağustosta, aylık ortalama günlük atmosfer dış yüzeyine gelen güneş ışınlamı (H_0), aylık ortalama toplam güneş ışınlamı (H) miktarları, aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri (S) ve aylık ortalama maksimum güneşlenme süreleri (S_0) Çizelge 4.18'de verilmiştir. Yıl içerisinde güneş ışınlarının en dik açıyla geldiği haziran ayında, atmosfer dış yüzeyine gelen aylık ortalama güneş radyasyonu miktarı (H_0) 11583-11596 W/m² arasında değişmekte olup, ortalama 11588 W/m² olarak tespit edilmiştir. Atmosfer dış yüzeyine gelen aylık ortalama olarak günlük güneş radyasyonu miktarı temmuz ayında ortalama 11308 W/m² iken ağustos ayında 9954 W/m²'dir. Aylık ortalama günlük toplam güneş radyasyonu miktarları ise haziranda 7156 W/m², temmuzda 6983 W/m² ve ağustosta 6536 W/m² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.18). Aylık ortalama günlük toplam güneş radyasyonu miktarı (H), haziran ayından ağustos ayına kadar yaklaşık %9 azalarak 7156 W/m²'den 6536 W/m²'ye düşmüştür. Bu düşüş, yıl içerisinde güneş ışınlarının yeryüzüne sadece haziran ayında 90°'ye yakın açılarla gelmesi ve sonraki aylarda güneş geliş açılarının küçülmesi olarak açıklanabilir. Konya ili için aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri ise haziran, temmuz ve ağustos aylarında sırasıyla 11.28 saat, 11.97 saat ve 11.36 saattir

(Anonim, 2022b). Maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri (S_0) bakımından işletmeler arasında farklılık bulunmamakta olup, haziran, temmuz ve ağustos ayları için sırasıyla yaklaşık 14.58 saat, 14.34 saat ve 13.43 saat olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.18).

Küçüktekin (2002) tarafından Konya-Beyşehir ilçesinde yapılan bir araştırmada, çeşitli modellerle hesaplanan aylık ortalama günlük güneş ışıını miktarları ocak, şubat ve mart aylarında sırasıyla yaklaşık olarak 1900 W/m^2 , 2750 W/m^2 ve 3968 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada haziran, temmuz ve ağustos aylarında aylık ortalama günlük güneş radyasyonu miktarları ise sırasıyla 7095 W/m^2 , 7340 W/m^2 ve 6787 W/m^2 dir.

Aydın (2020) tarafından Konya ilinde yapılan bir çalışmada, aylık ortalama günlük güneş radyasyonu miktarları ocak ayında 1980 W/m^2 , şubat ayında 2560 W/m^2 ve mart ayında 4230 W/m^2 olmasına rağmen haziran temmuz ve ağustos aylarında sırasıyla 6780 W/m^2 , 6810 W/m^2 ve 6050 W/m^2 olarak hesaplanmıştır.

Niğde ilinde yapılan bir çalışmada ise çeşitli modellerle hesaplanan aylık ortalama günlük güneş radyasyonu miktarları ocak, şubat ve mart ayları için sırasıyla ortalama olarak yaklaşık 2197 W/m^2 , 2960 W/m^2 ve 3930 W/m^2 olmasına rağmen haziran ayında 2197 W/m^2 , temmuz ayında 2960 W/m^2 ve ağustos ayında 3930 W/m^2 olarak belirlenmiştir (Kallioğlu, 2014).

Çizelge 4.17. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, işletme başına ocak, şubat ve mart aylarında ortalama H_0 , H , S ve S_0 değerleri

İşletme No	H_0 (W/m ²)			H (W/m ²)			S (h)			S_0 (h)		
	OCAK	ŞUBAT	MART	OCAK	ŞUBAT	MART	OCAK	ŞUBAT	MART	OCAK	ŞUBAT	MART
1	4591	6049	7893	1937	2861	4042	4,19	5,51	6,88	9,692	10,628	11,749
2	4391	5865	7748	1865	2785	3970	4,19	5,51	6,88	9,589	10,568	11,739
3	4427	5898	7774	1878	2799	3983	4,19	5,51	6,88	9,608	10,579	11,740
4	4411	5883	7763	1872	2793	3977	4,19	5,51	6,88	9,600	10,573	11,739
5	4645	6098	7931	1957	2882	4061	4,19	5,51	6,88	9,7187	10,643	11,752
6	4436	5907	7781	188	2802	3986	4,19	5,51	6,88	9,613	10,581	11,741
7	4574	6034	7881	1931	2855	4036	4,19	5,51	6,88	9,684	10,623	11,748
8	4590	6048	7892	1948	2862	4042	4,19	5,51	6,88	9,604	10,627	11,749
9	4558	6018	7869	1926	2849	4030	4,19	5,51	6,88	9,6747	10,617	11,747
10	4483	5950	7815	1898	2820	4003	4,19	5,51	6,88	9,637	10,596	11,743
11	4577	6036	7883	1932	2856	4037	4,19	5,51	6,88	9,685	10,624	11,748
12	4422	5894	7771	1876	2797	3981	4,19	5,51	6,88	9,605	10,577	11,740
13	4456	5925	7796	1889	2810	3994	4,19	5,51	6,88	9,623	10,588	11,741
14	4465	5934	7802	1892	2814	3997	4,19	5,51	6,88	9,628	10,591	11,743
15	4614	6070	7910	1945	2870	4050	4,19	5,51	6,88	9,704	10,635	11,751

H_0 ; Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük atmosfer dışı güneş ışınlamı, H ; Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı, S ; Aylık ortalama günlük güneşlenme süresi, S_0 ; Maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresi

Çizelge 4.17. devamı

İşletme No	Ho (W/m ²)			H (W/m ²)			S (h)			So (h)		
	OCAK	ŞUBAT	MART	OCAK	ŞUBAT	MART	OCAK	ŞUBAT	MART	OCAK	ŞUBAT	MART
16	4571	6031	7879	1930	2854	4035	4,19	5,51	6,88	9,683	10,621	11,748
17	4587	6045	7890	1936	2860	4040	4,19	5,51	6,88	9,691	10,623	11,749
18	4587	6046	7891	1936	2860	4040	4,19	5,51	6,88	9,691	10,627	11,749
19	4523	5986	7844	1913	2836	4017	4,19	5,51	6,88	9,657	10,607	11,745
20	4523	5987	7844	1913	2836	4018	4,19	5,51	6,88	9,657	10,608	11,745
21	4611	6067	7907	1945	2869	4048	4,19	5,51	6,88	9,701	10,635	11,753
22	4614	6070	7909	1946	2870	4050	4,19	5,51	6,88	9,703	10,633	11,749
23	4643	6096	7930	1956	2881	4060	4,19	5,51	6,88	9,717	10,643	11,752
24	4561	6021	7871	1926	2850	4031	4,19	5,51	6,88	9,676	10,619	11,748
25	4375	5851	7737	1860	2779	3964	4,19	5,51	6,88	9,581	10,563	11,737
26	4375	5851	7737	1859	2779	3964	4,19	5,51	6,88	9,581	10,563	11,737
27	4599	6056	7899	1940	2865	4045	4,19	5,51	6,88	9,696	10,629	11,749
28	4589	6047	7891	19367	2861	4041	4,19	5,51	6,88	9,691	10,627	11,749
29	4587	6046	7891	1936	2860	4040	4,19	5,51	6,88	9,691	10,627	11,749
30	4591	6049	7893	1937	2862	4042	4,19	5,51	6,88	9,692	10,627	11,749
Ortalama	4545	6007	7860	1922	2844	4025	4,19	5,51	6,88	9,663	10,614	11,747

Çizelge 4.18. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, işletme başına haziran, temmuz ve ağustos aylarında ortalama H_0 , H , S ve S_0 değerleri

İşletme No	H_0 (W/m ²)			H (W/m ²)			S (h)			S_0 (h)		
	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS
1	11586	11309	9966	7155	69834	6544	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
2	11596	11305	9914	7161	6981	6509	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
3	11594	11306	9923	7160	6982	6515	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
4	11595	11305	9919	7160	6981	6513	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
5	11583	11310	9979	7152	6984	6552	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
6	11594	11306	9926	7159	6982	6517	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
7	11587	11309	9962	7155	6983	6541	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
8	11586	11309	9966	7155	6984	6543	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
9	11588	11309	9958	7156	6983	6538	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
10	11591	11307	9938	7158	6982	6525	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
11	11587	11309	9963	7155	6984	6541	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
12	11595	11306	9922	7160	6981	6515	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
13	11593	11307	9931	7159	6982	6521	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
14	11593	1130	9934	7159	6982	6522	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
15	11585	11309	9972	7154	6984	6547	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428

H_0 ; Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük atmosfer dışı güneş ışınlamı, H ; Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınlamı, S ; Aylık ortalama günlük güneşlenme süresi, S_0 ; Maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresi

Çizelge 4.18. devamı

İşletme No	Ho (W/m ²)			H (W/m ²)			S (h)			So (h)		
	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS
16	11587	11309	9961	7155	6983	6540	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
17	11586	11309	9965	7155	6984	6543	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
18	11586	11309	9965	7155	6984	6543	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
19	11590	11308	9949	7157	6983	6532	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
20	11590	11308	9949	7157	6983	6532	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
21	11585	11309	9971	7154	6984	6547	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
22	11585	11309	9972	7154	6984	6547	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
23	11583	11310	9979	7153	6984	6552	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
24	11588	11309	9958	7156	6984	6539	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
25	11596	11304	9910	7161	6980	6506	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
26	11596	11304	9909	7161	6980	6506	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
27	11586	11309	9968	7154	6984	6545	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
28	11586	11309	9966	7155	6984	6543	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
29	11586	11309	9965	7155	6984	6543	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
30	11586	11309	9966	7155	6984	6544	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428
Ortalama	11588	11308	9954	7156	6983	6536	11,28	11,97	11,36	14,58	14,337	13,428

Ocak, şubat, mart, haziran, temmuz ve ağustos aylarında, Konya bölgesindeki hububat depolarında aylık ortalama saatlik güneş radyasyonu hesaplamaları Klein (1977) tarafından önerilen 17 Ocak, 16 Şubat, 16 Mart, 11 Haziran, 17 Temmuz ve 16 Ağustos günleri baz alınarak yapılmıştır. Bu günlerdeki ortalama saatlik güneş radyasyonunu daha iyi temsil etmesi açısından her ay için günlük radyasyon miktarının en yoğun olduğu 11.00-14.00 saat aralığındaki her bir saat diliminde ayrı ayrı hesaplanarak ortalamaları alınmıştır. Hububat depolarının bulunduğu lokasyonlarda söz konusu aylarda ve saat aralıklarında, yatay düzlem üzerine gelen atmosfer dışı aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu (I_0), aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu (I), aylık ortalama saatlik direkt radyasyon (I_b) ve difüz (yayıllı) radyasyon (I_d) miktarları ve berraklık indeksleri (k_t) Çizelge 4.19 ve 4.20’de verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü Konya bölgesindeki hububat depolama yapılarının bulunduğu konumlarda ortalama olarak, ocak, şubat ve mart aylarında yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik atmosfer dışı yüzeyine gelen güneş radyasyonu sırasıyla 676.14 W/m²h, 827.78 W/m²h ve 996.76 W/m²h olmasına rağmen aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları sırasıyla 300.44 W/m²h, 413.93 W/m²h ve 542.17 W/m²h olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.19).

Yatay düzlem üzerine gelen günlük ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu, direkt ve difüz (yayıllı) ışıınım olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır ve Çizelge 4.19’a göre, Konya bölgesindeki hububat depolarında ortalama olarak, aylık ortalama saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları ocak, şubat ve mart aylarında sırasıyla 159.72 W/m²h 259.11 W/m²h ve 373.30 W/m²h iken aylık ortalama saatlik yayıllı güneş radyasyonu miktarları ocak ayında 140.72 W/m²h, şubat ayında 154.82 W/m²h ve mart ayında 168.86 W/m²h’dir. Yatay düzlem üzerine gelen aylık toplam saatlik güneş radyasyonunun aylık ortalama saatlik atmosfer dışı güneş radyasyonu miktarına oranının bir ölçütü olan berraklık indeksi değerleri Çizelge 4.19’da verilmiş olup depolama yapılarında ocak, şubat ve mart aylarında ortalama olarak sırasıyla 0.443, 0.499 ve 0.543 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Ocak, şubat ve mart aylarında depo konumuna göre, yatay düzleme gelen saatlik güneş radyasyonu miktarları (I_0 , I , I_d , I_b) ve berraklık indeksi (k_t) değerleri

İşletme No	OCAK					ŞUBAT					MART				
	I_0 (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k_t	I_d (W/m ² h)	I_b (W/m ² h)	I_0 (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k_t	I_d (W/m ² h)	I_b (W/m ² h)	I_0 (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k_t	I_d (W/m ² h)	I_b (W/m ² h)
1	681,30	302,19	0,443	142,01	160,18	832,63	416,00	0,499	155,86	260,14	1000,80	544,26	0,543	169,57	374,69
2	657,32	293,48	0,446	136,25	157,23	811,16	406,76	0,501	151,26	255,50	983,14	535,00	0,544	166,46	368,54
3	661,58	295,03	0,445	137,28	157,75	814,99	408,42	0,500	152,08	256,33	986,33	536,70	0,544	167,02	369,68
4	659,65	294,32	0,445	136,81	157,50	813,31	404,71	0,501	151,72	255,99	984,95	535,99	0,544	166,77	363,22
5	687,75	304,53	0,442	143,56	160,97	838,44	418,53	0,498	157,10	261,44	1005,4	546,73	0,543	170,40	376,33
6	662,71	295,43	0,445	137,55	157,88	616,04	408,88	0,500	152,31	256,57	987,12	537,09	0,544	167,17	369,92
7	679,32	301,47	0,443	141,54	159,93	830,90	415,28	0,499	155,49	259,79	999,35	543,54	0,543	169,32	374,22
8	686,21	306,09	0,445	142,35	163,73	832,65	416,05	0,499	155,86	260,19	1000,70	544,23	0,543	169,56	374,67
9	677,38	300,78	0,443	141,06	159,72	829,14	414,53	0,499	155,11	159,42	997,92	542,80	0,543	169,06	373,74
10	668,35	297,48	0,444	138,90	158,58	821,05	411,02	0,500	153,38	257,63	991,35	539,35	0,543	167,90	371,45
11	679,68	301,60	0,443	141,62	159,98	831,19	415,38	0,499	155,56	259,83	999,62	543,68	0,543	169,36	374,32
12	661,02	294,83	0,445	137,14	157,69	814,48	408,19	0,500	151,97	256,22	985,90	536,46	0,544	166,94	369,52
13	665,16	296,34	0,445	138,13	158,22	818,15	409,77	0,500	152,76	257,00	988,96	538,09	0,544	167,48	370,61
14	666,26	296,73	0,444	138,40	158,33	819,17	410,21	0,500	152,98	257,23	989,74	538,47	0,543	167,62	370,84
15	684,08	303,19	0,442	142,68	160,51	835,13	417,09	0,499	156,40	260,69	1002,80	545,32	0,543	169,93	375,39

I_0 : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik atmosfer dışı güneş ışınlamı, I : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik toplam güneş ışınlamı, I_b : Aylık ortalama saatlik direkt güneş radyasyonu, I_d : Aylık ortalama saatlik difüz (yayılı) güneş radyasyonu

Çizelge 4.19. devamı

İşletme No	OCAK					ŞUBAT					MART				
	I ₀ (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k _t	I _d (W/m ² h)	I _b (W/m ² h)	I ₀ (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k _t	I _d (W/m ² h)	I _b (W/m ² h)	I ₀ (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k _t	I _d (W/m ² h)	I _b (W/m ² h)
16	678,94	301,32	0,443	141,45	159,87	830,60	415,16	0,499	155,42	259,74	999,07	543,38	0,543	169,27	374,12
17	680,85	302,02	0,443	141,91	160,11	832,26	415,86	0,499	155,78	260,07	1000,4	544,08	0,543	169,52	374,57
18	680,88	302,03	0,443	141,91	160,12	832,29	415,87	0,499	155,79	260,08	1000,4	544,09	0,543	169,52	374,57
19	673,17	299,24	0,444	140,05	159,19	825,42	412,94	0,500	154,31	258,63	994,83	541,16	0,543	168,52	372,64
20	673,26	299,28	0,444	140,07	159,21	825,41	412,90	0,499	154,32	258,58	994,88	541,19	0,543	168,53	372,66
21	683,71	303,08	0,442	142,58	160,49	834,69	416,86	0,499	156,32	260,55	1002,3	544,96	0,543	169,88	375,09
22	684,09	303,22	0,442	142,67	160,55	835,16	417,13	0,499	156,39	260,74	1002,8	545,39	0,543	169,92	375,47
23	687,53	304,46	0,442	143,50	160,96	838,18	418,41	0,498	157,05	261,36	1005,3	546,63	0,543	170,37	376,26
24	677,74	300,92	0,443	141,15	159,77	829,43	414,64	0,499	155,17	259,47	998,10	542,86	0,543	169,11	373,75
25	655,41	292,78	0,446	135,80	156,98	809,49	406,06	0,501	150,90	255,15	981,77	534,30	0,544	166,21	368,08
26	655,38	292,77	0,446	135,79	156,98	809,47	406,05	0,501	150,90	255,15	981,76	534,29	0,544	166,21	368,08
27	682,30	302,55	0,443	142,25	160,31	833,58	416,44	0,501	156,06	260,39	1001,50	544,67	0,543	169,70	374,97
28	681,04	302,10	0,443	141,95	160,15	832,43	416,94	0,499	155,81	260,12	1000,50	544,15	0,543	169,54	374,61
29	680,88	302,03	0,443	141,91	160,12	832,29	415,87	0,499	155,79	260,08	1000,40	544,09	0,543	169,52	374,57
30	681,30	302,19	0,443	142,03	160,18	832,71	416,08	0,499	155,87	260,21	1000,80	544,26	0,543	169,57	374,69
Ortalama	676,14	300,44	0,443	140,72	159,72	827,78	413,93	0,499	154,82	259,11	996,76	542,17	0,543	168,86	373,30

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, yatay düzleme gelen toplam güneş ışıının fonksiyonları olan direkt ve difüz ışıınla güneş radyasyonu miktarları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelge 4.20 incelendiğinde, 1 m² yüzey alanına gelen aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu miktarı siloların konumlarına göre çok az değişkenlik göstermektedir. Çünkü yatay bir düzleme gelen güneş radyasyonu miktarı, o konuma güneşin geliş açısıyla ilgilidir ve silo konumları (enlem-boylam) birbirine yakın olduğu için m²’ye gelen güneş radyasyonu miktarları arasında çok az bir farklılık meydana gelmiştir. Örneğin, haziran ayında yatay düzlem üzerine gelen aylık ortalama saatlik güneş radyasyonu miktarı 819.83-820.79 W/m²h arasında değişiklik göstermekte olup, temmuz ayında aylık ortalama saatlik güneş radyasyonu miktarı 809.92-810.32 W/m²h arasındadır (Çizelge 4.20).

Konya bölgesindeki hububat depolama yapılarında haziran, temmuz ve ağustos aylarında ortalama olarak aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I) sırasıyla 820.23 W/m²h, 810.22 W/m²h ve 795.83 W/m²h olup, yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik atmosfer dışı güneş radyasyonu (I₀) ise aynı aylar için sırasıyla 1132.50 W/m²h, 1233.14 W/m²h ve 1221.45 W/m²h olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20’ye göre Konya ilinde faaliyet göstermekte olan hububat depolarında ortalama olarak aylık ortalama saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_b), haziran, temmuz ve ağustos aylarında sırasıyla 663.19 W/m²h, 654.96 W/m²h ve 672.51 W/m²h iken aylık ortalama saatlik yayılı güneş radyasyonu miktarları (I_d), haziranda 157.04 W/m²h, temmuzda 155.26 W/m²h ve ağustosta 123.32 W/m²h’dir. Buna göre, haziran ve temmuz aylarında aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu miktarının %19’unu difüz (yayılı) radyasyon, %81’ini direkt radyasyon oluşturmakta olup, ağustos ayında saatlik toplam radyasyonun %15’i difüz radyasyon ve %85’i direkt radyasyondan meydana gelmektedir. Yatay düzlem üzerine gelen aylık toplam saatlik güneş radyasyonunun aylık ortalama saatlik atmosfer dışı güneş radyasyonu miktarına oranının bir ölçütü olan berraklık indeksi (k_t) ise haziran, temmuz ve ağustos aylarında ortalama olarak sırasıyla 0.665, 0.663 ve 0.702’dir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında işletme başına yatay yüzey üzerine gelen ortalama saatlik güneş radyasyonu miktarları (I_0 , I , I_d , I_b) ve berraklık indeksi (k_t) değerleri

İşletme No	HAZİRAN					TEMMUZ					AĞUSTOS				
	I_0 (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k_t	I_d (W/m ² h)	I_b (W/m ² h)	I_0 (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k_t	I_d (W/m ² h)	I_b (W/m ² h)	I_0 (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k_t	I_d (W/m ² h)	I_b (W/m ² h)
1	1232,94	820,07	0,665	157,01	663,06	1221,56	810,29	0,663	155,27	655,02	1133,85	796,77	0,702	123,47	673,31
2	1233,96	820,75	0,665	157,14	663,61	1221,07	809,96	0,663	155,21	654,75	1127,91	792,60	0,702	122,82	669,78
3	1233,82	820,65	0,665	157,12	663,54	1221,19	810,05	0,663	155,23	654,82	1128,99	793,36	0,702	122,94	670,42
4	1233,88	820,70	0,665	157,13	663,57	1221,14	810,01	0,663	155,22	654,79	1128,51	793,02	0,702	122,89	670,13
5	1232,57	819,83	0,665	156,96	662,87	1221,60	810,32	0,663	155,28	655,04	1135,37	797,84	0,702	123,63	674,21
6	1233,77	820,63	0,665	157,11	663,51	1221,22	810,07	0,663	155,23	654,84	1129,28	793,56	0,702	122,97	670,59
7	1233,04	820,14	0,665	157,02	663,12	1221,54	810,28	0,663	155,27	655,00	1133,38	796,44	0,702	123,42	673,03
8	1232,94	820,07	0,665	157,01	663,07	1221,56	810,29	0,663	155,27	655,02	1133,84	796,76	0,702	123,47	63,30
9	1233,14	820,21	0,665	157,03	663,17	1221,51	810,26	0,663	155,27	654,99	1132,90	796,10	0,702	123,36	672,74
10	1233,55	820,48	0,665	157,09	663,40	1221,36	810,16	0,663	155,25	654,91	1130,69	794,56	0,702	123,12	671,43
11	1233,02	820,13	0,665	157,02	663,11	1221,54	810,28	0,663	155,27	655,01	1133,46	796,50	0,702	123,42	673,08
12	1233,84	820,67	0,665	157,12	663,55	1221,18	810,04	0,663	155,23	654,81	1128,85	793,26	0,702	122,92	670,34
13	1233,68	820,57	0,665	157,10	663,46	1221,28	810,11	0,663	155,24	654,87	1129,89	793,99	0,702	123,04	670,95
14	1233,64	820,54	0,665	157,10	663,44	1221,31	810,12	0,663	155,24	654,88	1130,17	794,19	0,702	123,07	671,12
15	1232,78	819,97	0,665	156,99	662,98	1221,58	810,31	0,663	155,28	655,03	1134,52	797,24	0,702	123,54	673,70

I_0 : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik atmosfer dışı güneş ışıınımı, I : Yatay düzleme gelen aylık ortalama saatlik toplam güneş ışıınımı, I_b : Aylık ortalama saatlik direkt güneş radyasyonu, I_d : Aylık ortalama saatlik difüz (yayılı) güneş radyasyonu

Çizelge 4.20. devamı

İşletme No	HAZİRAN					TEMMUZ					AĞUSTOS				
	I ₀ (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k _t	I _d (W/m ² h)	I _b (W/m ² h)	I ₀ (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k _t	I _d (W/m ² h)	I _b (W/m ² h)	I ₀ (W/m ² h)	I (W/m ² h)	k _t	I _d (W/m ² h)	I _b (W/m ² h)
16	1233,06	820,15	0,665	157,02	663,13	1221,53	810,27	0,663	155,27	655,00	1133,29	796,38	0,702	123,41	672,97
17	1232,96	820,09	0,665	157,01	663,08	1221,55	810,29	0,663	155,27	655,01	1133,75	796,70	0,702	123,46	673,25
18	1232,96	820,08	0,665	157,01	663,08	1221,5	810,29	0,663	155,27	655,01	1133,76	796,71	0,702	123,46	673,25
19	1233,34	820,34	0,665	157,06	663,28	1221,45	810,22	0,663	155,26	654,96	1131,88	795,39	0,702	123,25	672,13
20	1233,34	820,34	0,665	157,06	663,28	1221,45	810,22	0,663	155,26	654,96	1131,90	795,40	0,702	123,25	672,15
21	1232,81	819,98	0,665	156,99	662,99	1221,58	810,30	0,663	155,28	655,03	1134,42	797,17	0,702	123,53	673,64
22	1232,79	819,97	0,665	156,99	662,98	1221,58	810,30	0,663	155,28	655,03	1134,50	797,23	0,702	123,54	673,69
23	1232,59	819,84	0,665	156,96	662,88	1221,60	810,32	0,663	155,28	655,04	1135,32	797,80	0,702	123,63	64,18
24	1233,12	820,19	0,665	157,03	663,16	1221,52	810,26	0,663	155,27	654,99	1132,98	796,16	0,702	123,37	672,79
25	1234,02	820,79	0,665	157,14	663,64	1221,01	809,92	0,663	155,20	654,72	1127,42	792,25	0,702	122,77	669,49
26	1234,02	820,79	0,665	157,14	663,64	1221,01	809,92	0,663	155,20	654,72	1127,41	792,25	0,702	122,77	669,48
27	1232,88	820,03	0,665	157,00	663,04	1221,57	810,30	0,663	155,28	655,02	1134,09	796,94	0,702	123,49	673,45
28	1232,95	820,08	0,665	157,01	663,07	1221,56	810,29	0,663	155,27	655,01	1133,79	796,73	0,702	123,46	673,27
29	1232,96	820,08	0,665	157,01	663,08	1221,55	810,29	0,663	155,27	655,01	1133,75	796,71	0,702	123,46	673,25
30	1232,94	820,07	0,665	157,01	663,06	1221,56	810,29	0,663	155,27	655,02	1133,85	796,77	0,702	123,47	673,31
Ortalama	1233,14	820,23	0,665	157,04	663,19	1221,45	810,22	0,663	155,26	654,96	1132,50	795,83	0,702	123,32	672,51

4.2.7. Hububat depolama yapılarının düşey (yanal duvar) ve eğimli (çatı) yüzeylerine gelen güneş radyasyonu miktarları

4.2.7.1. Hububat depolama yapılarının düşey yüzeylerine (yanal duvar) gelen güneş radyasyonu miktarları

Düşey ve eğimli yüzeylerde toplam güneş radyasyonu miktarı; direkt (I_{be}), difüz (I_{de}) (yayılı) ve yansıyan ışınlam (I_{re}) olmak üzere üç fonksiyonun toplamından oluşmaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolama yapılarının düşey (yanal duvar) ve eğimli yüzeylerine gelen toplam güneş radyasyonu hesaplamaları da aylık ortalamayı temsil eden ve Klein (1977) tarafından önerilen günler için 11.00-14.00 saat aralığındaki her bir saat için ayrı ayrı yapılarak, aylık ortalama saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları saptanmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolarının bulundukları konumlarda depolama birimi başına ocak, şubat, mart, haziran, temmuz ve ağustos aylarında depoların düşey ve eğimli yüzeylerine gelen direkt, difüz, yansıyan ve toplam güneş radyasyonu miktarları Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de verilmiştir. Ocak, şubat ve mart aylarında, işletmelerde düşey depo yüzeylerine gelen, aylık ortalama saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları sırasıyla 276.32 W/m²h, 327.73 W/m²h, 320.60 W/m²h ve difüz güneş radyasyonu miktarları sırasıyla 70.36 W/m²h, 77.41 W/m²h, 84.43 W/m²h iken aynı aylarda aylık ortalama saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları ise sırasıyla 33.05 W/m²h, 45.53 W/m²h ve 59.64 W/m²h’tir (Çizelge 4.21). Buna göre söz konusu aylarda depolama yapılarının düşey yüzeyleri üzerine gelen ortalama aylık toplam saatlik güneş radyasyonu miktarları sırasıyla 384.08 W/m²h, 455.14 W/m²h ve 469.16 W/m²h olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Buna göre, ocak ve şubat aylarında saatlik toplam güneş radyasyonu miktarının %72’sini direkt radyasyon, %19’unu difüz (yayılı) radyasyon, %9’unu yansıyan radyasyon oluşturmaktadır. Mart ayında ise düşey yüzeyler üzerine etki eden saatlik toplam güneş radyasyonunun %68’i direkt, %19’u difüz ve %13’ü yansıyan radyasyondan meydana gelmektedir.

Çizelge 4.21. Ocak, şubat ve mart aylarında siloların düşey yüzeyleri (yanal duvar) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları

İşletme No	OCAK					ŞUBAT					MART				
	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)
	(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
1	382,75	329,11	274,13	71,00	33,24	454,07	390,43	325,88	77,963	45,76	467,93	402,35	318,78	84,79	59,87
2	386,86	332,64	282,16	68,13	32,28	458,62	394,34	333,83	75,63	44,74	473,27	406,94	326,76	83,23	58,85
3	386,10	331,99	280,71	68,64	32,45	457,82	393,66	332,43	76,04	44,93	472,37	409,17	323,39	83,51	59,04
4	386,41	332,26	281,33	68,41	32,37	458,22	394,00	333,10	75,86	44,85	472,82	406,56	326,05	83,38	58,96
5	381,71	328,21	272,04	71,78	33,50	452,93	389,45	323,83	78,55	46,04	466,48	401,10	316,62	85,20	60,14
6	385,87	331,79	280,29	68,77	32,50	457,62	393,48	332,06	76,15	44,98	472,07	405,90	324,96	83,58	59,08
7	383,06	329,37	274,76	70,77	33,16	454,48	390,78	326,57	77,74	45,68	468,41	402,76	319,47	84,66	59,79
8	389,55	334,95	280,24	71,18	33,67	454,17	390,52	325,98	77,93	45,76	467,94	402,36	318,80	84,78	59,87
9	383,46	329,72	275,48	70,53	33,09	454,89	391,13	327,26	77,55	45,60	468,89	403,17	320,16	84,53	59,71
10	384,92	330,97	278,41	69,45	32,72	456,51	392,53	330,16	76,69	45,21	470,90	404,90	323,16	83,95	59,33
11	383,00	329,33	274,66	70,81	33,18	454,37	390,69	326,42	77,78	45,69	468,34	402,70	319,36	84,68	59,80
12	386,22	332,09	280,91	68,57	32,43	457,92	393,74	332,61	75,99	44,90	472,48	406,26	325,56	83,47	59,01
13	385,53	331,50	279,55	69,06	32,60	457,12	393,05	331,22	76,38	45,07	471,61	405,51	324,23	83,74	59,19
14	385,30	331,30	279,14	69,20	32,64	456,92	392,88	330,86	76,49	45,12	471,30	405,25	323,80	83,81	59,23
15	382,27	328,69	273,19	71,34	33,35	453,55	389,98	324,97	78,20	45,88	467,29	401,80	317,83	84,97	59,98

I_{TE} : Düşey yüzeylere gelen saatlik toplam güneş radyasyonu, I_{be} : Düşey yüzeylere gelen saatlik direkt güneş radyasyonu, I_{de} : Düşey yüzeylere gelen saatlik difüz güneş radyasyonu ve I_{re} : Düşey yüzeylere gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu

Çizelge 4.21. devamı

İşletme No	OCAK					ŞUBAT					MART				
	I _{TE}		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	I _{TE}		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	I _{TE}		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)
	(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
16	383,10	329,41	274,87	70,72	33,15	454,58	390,87	326,72	77,71	45,67	468,48	402,82	319,58	84,63	59,77
17	382,79	329,14	274,24	70,95	33,22	454,17	390,52	326,04	77,89	45,74	468,02	402,42	318,91	84,76	59,85
18	382,79	329,14	274,24	70,96	33,22	454,17	390,52	326,04	77,89	45,75	468,01	402,42	318,90	84,76	59,85
19	384,13	330,30	276,85	70,03	32,92	455,70	391,83	328,66	77,15	45,42	469,80	403,95	321,53	84,26	59,53
20	384,15	330,31	276,84	70,04	32,92	455,60	391,75	328,56	77,16	45,42	469,78	403,94	321,51	84,26	59,53
21	382,40	328,81	273,39	71,29	33,34	453,55	389,98	325,04	78,16	45,85	467,20	401,72	317,81	84,94	59,95
22	382,36	328,77	273,29	71,34	33,35	453,65	390,07	325,07	78,20	45,88	467,39	401,88	317,93	84,96	59,99
23	381,77	328,27	272,14	71,75	33,49	452,93	389,45	323,87	78,53	46,02	466,52	401,14	316,69	85,18	60,13
24	383,41	329,68	275,38	70,57	33,10	454,78	391,04	327,11	77,59	45,61	468,73	403,04	319,97	84,55	59,71
25	387,18	332,91	282,79	67,90	32,21	459,02	394,69	334,50	75,45	44,67	473,71	407,32	327,41	83,11	58,77
26	387,17	332,91	282,79	67,90	32,20	459,02	394,69	334,50	75,45	44,67	473,72	407,32	327,42	83,11	58,77
27	382,60	328,97	273,82	71,12	33,28	453,96	390,34	325,63	78,03	45,81	467,74	402,18	318,47	84,85	59,91
28	382,81	329,16	274,23	70,97	33,23	454,17	390,52	326,02	77,91	45,75	467,99	402,40	318,86	84,77	59,86
29	382,79	329,14	274,24	70,96	33,22	454,17	390,52	326,04	77,89	45,74	468,01	402,42	318,90	84,76	59,85
30	382,75	329,11	274,13	71,00	33,24	454,17	390,52	325,98	77,93	45,77	467,93	402,35	318,78	84,79	59,87
Ort.	384,08	330,25	276,32	70,36	33,05	455,14	391,35	327,73	77,41	45,53	469,16	403,40	320,60	84,43	59,64

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, Konya bölgesindeki hububat depolarının güneşe bakan düşey yüzeylerinde depolama birimi için aylık ortalama olarak saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları sırasıyla 656.56 W/m²h, 655.21 W/m²h ve 729.91 W/m²h olmasına karşın, aynı aylarda difüz (yayıllı) güneş radyasyonu miktarının sırasıyla 78.49 W/m²h, 77.64 W/m²h, 61.77 W/m²h ve yansıyan güneş radyasyonu miktarının ise sırasıyla 90.22 W/m²h, 89.12 W/m²h ve 87.54 W/m²h olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22).

Düşey depo yüzeylerine gelen aylık ortalama direkt (I_{be}), difüz (I_{de}) ve yansıyan (I_{re}) radyasyonun toplamı olan saatlik güneş radyasyonu miktarları ise haziran, temmuz ve ağustos aylarında sırasıyla 829.18 W/m²h, 825.89 W/m²h ve 883.06 W/m²h olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Buna göre, haziran ve temmuz aylarında saatlik toplam güneş radyasyonu miktarının %80'ini direkt radyasyon, %9'unu difüz (yayıllı) radyasyon, %11'ini yansıyan radyasyon oluşturmaktadır. Ağustos ayında ise düşey yüzeyler üzerine etki eden saatlik toplam güneş radyasyonunun %83'ü direkt, %7'si difüz ve %10'ı yansıyan radyasyondan meydana gelmektedir.

Çizelge 4.22. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında siloların düşey yüzeyleri (yanal duvar) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınım (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları

İşletme No	HAZİRAN					TEMMUZ					AĞUSTOS				
	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)
	(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
1	828,01	711,96	655,42	78,50	90,21	825,24	709,58	654,54	77,64	89,13	884,72	760,73	731,39	61,73	87,65
2	841,74	723,77	669,01	78,57	90,28	837,19	719,86	666,56	77,61	89,10	890,15	765,39	737,62	61,41	87,19
3	834,53	717,57	661,82	78,56	90,27	830,95	714,49	660,30	77,61	89,11	887,71	763,30	735,04	61,47	87,27
4	793,87	682,61	621,15	78,56	90,28	794,18	682,88	623,54	77,61	89,10	865,26	743,99	712,65	61,44	87,23
5	782,18	672,55	609,64	78,48	90,18	783,60	673,77	612,89	77,64	89,14	858,06	737,80	704,52	61,82	87,76
6	834,16	717,25	661,45	78,56	90,27	830,63	714,21	659,97	77,62	89,11	887,54	763,15	734,83	61,48	87,29
7	828,67	712,53	656,06	78,51	90,22	825,82	710,08	655,12	77,64	89,13	885,03	760,99	731,76	61,71	87,61
8	828,03	711,97	655,43	78,50	90,21	825,26	709,60	654,56	77,64	89,13	884,73	760,73	731,40	61,73	87,64
9	829,34	713,10	656,72	78,52	90,22	826,41	710,58	655,71	77,63	89,13	885,34	761,26	732,14	61,68	87,57
10	832,32	715,66	659,64	78,54	90,25	829,02	712,83	658,34	77,62	89,12	886,71	762,43	733,80	61,56	87,40
11	831,96	715,35	659,35	78,51	90,21	829,14	712,93	658,44	77,64	89,13	888,88	764,30	735,60	61,71	87,62
12	834,72	717,73	662,00	78,56	90,27	831,12	714,63	660,47	77,61	89,10	887,79	763,37	735,14	61,46	87,26
13	826,60	710,75	653,91	78,55	90,26	823,96	708,48	653,30	77,62	89,11	884,30	760,36	731,51	61,52	87,34
14	850,41	731,22	677,72	78,55	90,26	844,27	725,94	673,60	77,62	89,11	890,15	765,39	737,32	61,53	87,36
15	827,06	711,15	654,49	78,49	90,20	824,42	708,87	653,71	77,64	89,13	884,28	760,34	730,86	61,77	87,70

I_{TE} : Düşey yüzeylere gelen saatlik toplam güneş radyasyonu, I_{be} : Düşey yüzeylere gelen saatlik direkt güneş radyasyonu, I_{de} : Düşey yüzeylere gelen saatlik difüz güneş radyasyonu ve I_{re} : Düşey yüzeylere gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu

Çizelge 4.22. devamı

İşletme No	HAZİRAN					TEMMUZ					AĞUSTOS				
	I _{TE}		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	I _{TE}		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	I _{TE}		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)
	(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
16	828,79	712,63	656,18	78,51	90,22	825,93	710,18	655,23	77,64	89,13	885,09	761,04	731,83	61,70	87,60
17	842,28	724,23	669,68	78,50	90,21	837,53	720,15	666,83	77,64	89,13	888,94	764,35	735,62	61,73	87,64
18	828,14	712,07	655,55	78,50	90,21	825,36	709,68	654,66	77,64	89,13	884,79	760,78	731,47	61,73	87,64
19	830,73	714,30	658,08	78,53	90,24	827,63	711,63	656,94	77,63	89,12	885,99	761,81	732,92	61,63	87,49
20	830,71	714,28	658,06	78,53	90,24	827,61	711,62	656,92	77,63	89,12	885,97	761,80	932,91	61,63	87,49
21	827,21	711,27	654,63	78,50	90,20	824,54	708,98	653,84	77,64	89,13	884,35	760,40	730,94	61,76	87,69
22	850,20	731,04	677,63	78,49	90,20	838,81	721,25	668,10	77,64	89,13	858,03	737,77	704,61	61,77	87,70
23	835,17	718,12	662,63	78,48	90,18	831,49	714,95	660,78	77,64	89,14	887,11	762,78	733,58	61,81	87,76
24	829,22	713,00	656,60	78,52	90,22	826,30	710,49	655,61	77,63	89,14	885,29	761,21	732,07	61,69	87,58
25	836,53	719,28	663,79	78,57	90,29	832,69	715,99	662,07	77,60	89,09	888,60	764,06	736,14	61,38	87,15
26	836,53	719,29	663,79	78,57	90,29	832,70	715,99	662,07	77,60	89,09	888,60	764,06	736,14	61,38	87,15
27	827,67	711,67	655,09	78,50	90,20	824,95	709,33	654,25	77,64	89,13	884,57	760,59	731,20	61,75	87,66
28	828,10	712,04	655,50	78,50	90,21	825,32	709,65	654,62	77,64	89,13	884,77	760,76	731,44	61,73	87,64
29	828,14	712,07	655,55	78,50	90,21	825,36	709,68	654,66	77,64	89,13	884,79	760,78	731,47	61,73	87,64
30	828,01	711,96	655,42	78,50	90,21	825,24	709,58	654,54	77,64	89,13	884,72	760,73	731,39	61,73	87,65
Ort.	829,18	712,97	656,56	78,52	90,22	825,89	710,14	655,21	77,63	89,12	883,06	759,30	729,91	61,66	87,54

4.2.7.2. Hububat depolama yapılarının eğimli (çatı) yüzeylerine gelen güneş radyasyonu miktarları

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde yatay yüzeylere gelen güneş radyasyonu miktarının ifade edilmesinde, Konya bölgesindeki hububat depolarını temsil etmesi açısından tüm işletmelerin genel ortalamasından yararlanılmıştır. Ancak eğimli (çatı) yüzeylere gelen güneş ışıınımı miktarları deponun konumu ve çatı eğim açısına bağlı olarak değiştiği için işletmelerde bulunan depolama yapılarının çatı eğim açıları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre ocak, şubat, mart, haziran, temmuz ve ağustos aylarında hububat depolarının eğimli (çatı) yüzeyleri üzerine etki eden direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan (I_{re}) ve toplam (I_{TE}) güneş radyasyonu miktarları Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24'te verilmiştir. Eğimli yüzeyler üzerine gelen toplam güneş radyasyonu miktarı içerisindeki en büyük kısmı direkt güneş ışıınımı oluşturmaktadır ve yansıyan güneş ışıınımının toplam güneş radyasyonu içerisindeki etkisi yok denecek kadar azdır. Çalışmanın yürütüldüğü iki adet işletmede depolama yapılarının üzerinde ek kat bulunduğu için üzeri döşeme zemindir ve bu yüzeylerde güneş radyasyonunun doğrudan etkisi olmadığı için hesaplamalarda çatı yüzeyleri ihmal edilmiştir.

Eğimli (çatı) yüzeylere gelen toplam güneş radyasyonu miktarları, çatı eğim açısına göre değişiklik göstermekte olup, kış mevsiminde (ocak, şubat, mart) 7°'lik çatı eğim açısına sahip depo yüzeylerinde en düşük iken 40°'lik çatı eğim açısına sahip depo yüzeylerinde en yüksektir (Çizelge 4.23). Toplam güneş radyasyonu miktarları, 7°'lik çatı eğim açısına sahip depolama yapılarında ocak, şubat ve mart aylarında sırasıyla 333.19 W/m²h, 449.84 W/m²h ve 579.37 W/m²h olmasına rağmen 40°'lik çatı eğim açısında aynı aylar için toplam güneş radyasyonu miktarı sırasıyla 452.14 W/m²h, 578.33 W/m²h ve 680.99 W/m²h olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Ocak, şubat ve mart aylarında siloların eğimli yüzeyleri (çatı) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	OCAK					ŞUBAT					MART				
		I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)
		(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
1	30	425,14	365,60	286,18	126,80	12,10	551,49	474,19	398,47	136,84	16,18	665,50	572,23	498,97	147,30	19,23
	28	418,88	360,20	280,32	127,96	10,60	545,44	468,99	392,75	138,09	14,60	663,22	570,20	495,47	148,64	19,10
2	28	414,82	356,30	281,42	122,70	10,30	540,52	464,77	392,30	133,95	14,28	658,41	566,13	493,73	145,90	18,78
3	30	421,70	362,60	287,32	122,52	11,90	547,72	470,96	398,38	133,47	15,87	661,89	569,13	497,90	145,07	18,93
4	40	448,95	386,00	312,73	115,56	20,70	574,76	494,21	421,10	126,01	27,66	677,85	582,85	507,77	137,09	33,00
	30	421,35	362,30	287,42	122,10	11,80	547,40	470,68	398,41	133,14	15,84	661,57	568,85	497,83	144,85	18,90
5	40	452,14	388,80	309,43	121,33	21,40	578,33	497,28	419,35	130,55	28,43	680,99	585,54	507,14	140,09	33,76
	28	420,11	361,20	280,05	129,37	10,7	546,84	470,20	392,95	139,20	14,69	664,49	571,35	495,93	149,37	19,19
6	30	421,87	362,70	287,23	122,77	11,90	547,96	471,16	398,41	133,67	15,89	662,04	569,25	497,89	145,20	18,94
	40	449,28	386,30	312,35	116,19	20,70	575,13	494,52	420,88	126,50	27,74	678,10	583,06	507,60	137,42	33,08
7	30	424,77	365,20	286,28	126,38	12,10	551,16	473,91	398,50	136,51	16,15	665,19	571,96	498,91	147,08	19,20
8	30	431,81	371,30	292,46	127,05	12,30	551,62	474,31	398,57	136,84	16,22	665,49	572,22	498,97	147,29	19,23
9	30	424,49	365,00	286,46	125,94	12,10	550,81	473,61	398,52	136,17	16,12	664,86	571,67	498,84	146,85	19,17
10	30	422,86	363,60	286,91	123,99	12,00	549,00	472,06	398,40	134,63	15,97	663,20	570,25	498,33	145,84	19,03
	30	422,86	363,60	286,91	123,99	12,00	549,55	472,53	398,40	134,63	16,52	665,85	572,23	498,33	145,84	21,68
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	421,62	362,50	287,37	122,39	11,90	547,60	470,84	398,37	133,37	15,86	661,76	569,01	497,84	145,00	18,92
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	428,50	368,40	291,88	122,10	13,50	555,30	477,47	403,83	132,79	18,69	669,87	575,98	501,27	144,07	24,54
14	23	398,61	342,70	264,38	127,11	7,12	523,25	449,91	375,57	138,16	9,52	643,63	553,42	482,47	149,81	11,34
	30	422,52	363,30	287,06	123,53	11,90	548,60	471,71	398,39	134,27	15,94	662,72	569,84	498,12	145,60	19,00
15	30	425,61	366,00	286,01	127,41	12,20	552,04	474,67	398,50	137,32	16,22	666,00	572,66	499,11	147,61	19,27

Çizelge 4.23. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	OCAK					ŞUBAT					MART				
		ITE		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	ITE		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	ITE		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)
		(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
16	30	424,69	365,20	286,28	126,29	12,10	551,12	473,88	398,53	138,45	16,14	665,10	571,89	498,87	147,04	19,20
	14	366,05	314,70	230,00	133,33	2,71	487,36	419,05	339,57	144,05	3,74	614,17	528,09	454,05	155,23	4,89
17	25	408,80	351,50	270,86	129,43	8,52	534,32	459,44	383,28	139,70	11,34	652,94	561,43	489,04	150,41	13,49
	21	394,42	339,10	257,11	131,33	5,98	518,72	446,02	369,00	141,76	7,96	640,54	550,76	478,45	152,62	9,47
	22	398,14	342,30	260,67	130,85	6,61	523,09	449,78	372,74	141,24	9,11	645,30	554,86	481,32	152,07	11,92
18	30	425,04	365,50	286,18	126,71	12,10	551,44	474,15	398,49	136,78	16,17	665,41	572,15	498,93	147,25	19,22
	26	403,96	347,30	274,10	128,96	0,91	527,00	453,14	386,56	139,19	1,25	642,82	552,72	491,32	149,86	1,63
19	30	423,73	364,30	286,67	125,03	12,00	550,03	472,94	398,53	135,45	16,05	664,04	570,98	498,56	146,38	19,11
	7	333,19	286,50	199,00	133,47	0,72	449,84	389,79	304,25	144,60	0,99	579,37	498,17	421,81	156,26	1,30
20	30	423,77	364,40	286,69	125,05	12,00	549,95	472,87	398,43	135,46	16,05	664,06	570,99	498,56	146,39	19,11
21	30	425,60	365,90	286,09	127,32	12,20	551,41	474,99	398,41	137,25	16,76	668,31	574,64	498,83	147,57	21,91
	14	367,42	315,90	230,27	134,42	2,73	488,62	420,14	339,97	144,90	3,75	615,29	529,05	454,59	155,80	4,90
22	7	336,71	389,50	199,98	136,00	0,73	453,57	390,00	305,98	146,58	1,00	583,13	501,40	424,25	157,57	1,31
23	27	416,89	358,50	277,06	129,87	9,96	542,89	466,80	389,90	138,75	13,24	659,67	567,21	493,97	149,98	15,72
	30	426,27	366,50	285,88	128,15	12,20	552,71	475,25	398,54	137,90	16,27	666,62	573,19	499,30	147,99	19,33
24	30	424,57	365,10	286,45	126,02	12,10	550,84	473,64	398,49	136,23	16,12	664,82	571,64	498,75	146,89	19,18
25	30	420,63	361,70	287,69	121,18	11,80	546,56	469,96	398,38	132,42	15,77	660,71	568,11	497,51	144,37	18,83
26	30	420,62	361,70	287,68	121,17	11,80	546,56	469,95	398,37	132,41	15,77	660,71	568,11	497,51	144,36	18,83
	10	341,55	293,70	211,33	128,90	1,32	459,86	395,41	317,17	140,86	1,83	588,39	505,93	432,42	153,57	2,40
27	30	425,32	365,70	286,14	127,02	12,20	551,77	474,44	398,56	137,01	16,19	665,72	572,42	499,06	147,41	19,25
	38	446,96	384,30	306,01	121,71	19,20	573,39	492,02	416,48	131,29	25,62	678,58	583,47	506,88	141,25	30,45
	12	358,47	308,20	286,14	134,64	2,00	478,65	411,56	330,66	145,24	2,75	606,35	521,37	446,50	156,26	3,59
28	30	425,10	365,50	286,21	126,75	12,10	551,49	474,20	398,52	136,80	16,17	665,44	572,18	498,95	147,27	19,23
	26	412,27	354,50	274,13	128,99	9,15	538,41	462,95	386,59	139,22	12,60	657,70	565,52	491,34	149,87	16,49
29	30	425,04	365,50	286,18	126,71	12,10	551,44	474,15	398,49	136,78	16,17	665,41	572,15	498,93	147,25	19,22
30	30	425,14	365,60	286,18	126,80	12,10	551,60	474,29	398,58	136,85	16,18	665,50	572,23	498,97	147,30	19,23
	23	401,90	345,60	264,17	130,47	7,25	527,26	453,37	376,47	140,81	9,99	648,73	557,80	484,10	151,56	13,06

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında deponun bulunduğu rakıma ve enlem derecesine göre değişmekle birlikte, eğimli çatı yüzeylerine gelen toplam güneş radyasyonu miktarı en yüksek 23°'lik çatı açısına sahip çatı yüzeylerinde meydana gelirken 40°'lik çatı eğim açısına sahip çatı yüzeylerinde en düşüktür (Çizelge 4.24). Çizelge 4.24 incelendiğinde araştırmanın yürütüldüğü hububat depolama yapılarında çatı eğim açılarının depo yüzeyine gelen toplam güneş radyasyonu açısından aşırı bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Ancak gelen güneş radyasyonu, depolama yapısı üzerinde kondüksiyon ve radyasyonla ısı artışı bakımından ele alınacak olursa bu çok az fark bile büyük yüzey alanına sahip yapılarda oldukça önemli farklar oluşturacaktır.

Haziran ayında çatı eğim açısı 23° olan bir depo yüzeyinde toplam saatlik güneş radyasyonu miktarı 848.22 W/m²h iken 40° çatı eğim açısına sahip depo yüzeyinde 805.79 W/m²h olarak gerçekleşmektedir. Ayrıca temmuz ve ağustos aylarında toplam güneş radyasyonu miktarı 23° çatı eğim açısına sahip depo yüzeylerinde sırasıyla 842.08 W/m²h ve 874.52 W/m²h olmasına rağmen, 40° çatı eğim açısına sahip depo yüzeylerinde sırasıyla 806.89 W/m²h ve 869.70 W/m²h'tir (Çizelge 4.24). Çizelge 4.24'ten elde edilen verilere göre, çelik konstrüksiyonlu hububat depolarının çatı yüzeylerinde meydana gelen güneş radyasyonundan kaynaklı ısınmanın düşük düzeylerde tutulabilmesi için optimum çatı eğim açısının 30°-40 ° arasında olması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Beton depolarda ise çatı yüzey alanlarının oldukça büyük olması nedeniyle bu açının solar güneş enerjisinden yararlanılacağı durumda optimum 14° ve güneş enerjisinde yararlanılmayacağı durumda 28°-32° olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Ayrıca yaz mevsiminde güneş ışınları dik açıyla geldiği için çatı eğim açısının artmasıyla birlikte eğimli yüzeye gelen toplam güneş radyasyonu miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Toplam güneş radyasyonun fonksiyonları olan direk ve difüz (yayılı) ışıınım miktarları çatı eğim açısının artmasıyla azalmakta iken yansıyan güneş ışıınımı miktarları çatı eğim açısının artmasıyla birlikte artış göstermektedir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında siloların eğimli yüzeyleri (çatı) üzerine gelen direkt (I_{be}), difüz (I_{de}), yansıyan ışınlam (I_{re}) ve toplam güneş radyasyonu (I_{TE}) miktarları

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	HAZİRAN					TEMMUZ					AĞUSTOS				
		I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)	I_{TE}		I_{be} (W/m ² h)	I_{de} (W/m ² h)	I_{re} (W/m ² h)
		(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
1	30	834,87	717,86	665,42	146,49	32,97	831,99	715,38	654,54	144,87	32,57	878,62	755,47	731,39	115,19	32,03
	28	838,28	720,80	661,68	147,82	28,78	834,65	717,67	660,02	146,19	28,44	877,94	754,89	733,73	116,24	27,97
2	28	845,76	727,22	669,01	147,94	28,81	841,12	723,24	666,56	146,13	28,43	881,08	757,59	737,62	115,63	27,82
3	30	841,40	723,48	661,82	146,59	32,99	837,69	720,29	660,03	144,83	32,56	881,63	758,07	735,04	114,70	31,89
4	40	817,51	702,93	621,15	138,74	57,61	817,046	702,89	623,54	137,06	56,86	876,83	753,94	712,65	108,51	55,67
	30	842,02	724,01	662,43	146,60	32,99	838,24	720,75	660,85	144,82	32,56	881,91	758,31	735,38	114,65	31,88
5	40	805,79	692,85	609,64	138,60	57,55	806,89	693,80	612,89	137,11	56,88	869,70	747,81	704,52	109,17	56,01
	28	836,22	719,02	659,67	147,78	28,78	832,86	716,13	658,22	146,20	28,44	877,04	754,12	732,65	116,40	28,00
6	30	841,03	723,15	661,45	146,59	32,99	837,37	720,01	659,97	144,83	32,56	881,46	757,92	734,83	114,73	31,90
	40	816,25	701,85	619,91	138,73	57,61	816,33	701,92	622,39	137,07	56,87	876,07	753,29	711,78	108,58	55,71
7	30	835,53	718,43	656,06	146,50	32,97	832,57	715,88	655,12	144,87	32,57	878,93	755,74	731,76	115,15	32,02
8	30	834,89	717,87	655,43	146,49	32,97	832,00	715,39	654,56	144,87	32,57	878,62	755,48	731,40	115,19	32,03
9	30	836,20	719,00	656,72	146,51	32,97	833,15	716,38	655,71	144,87	32,57	879,24	756,01	732,14	115,10	32,00
10	30	839,18	721,57	659,64	146,56	32,98	835,76	718,62	658,34	144,85	32,57	880,62	757,20	733,80	114,87	31,94
	30	839,18	721,57	659,64	146,56	32,98	835,76	718,62	658,34	144,85	32,57	880,62	757,20	733,80	114,87	31,94
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	841,59	723,63	662,00	146,59	32,99	837,86	720,43	660,47	144,83	32,56	881,71	758,14	735,14	114,69	31,89
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	836,48	719,25	653,91	145,16	37,42	833,68	716,83	653,30	143,44	36,94	881,40	757,87	731,51	113,68	36,21
14	23	848,22	729,34	677,72	150,81	19,69	842,08	724,06	673,60	149,03	19,44	874,52	751,95	737,32	118,14	19,06
	30	839,87	722,16	660,32	146,57	32,99	836,36	719,14	658,95	144,84	32,57	880,94	757,47	734,19	114,82	31,93
15	30	833,92	717,05	654,49	146,50	32,96	831,16	714,67	653,71	144,87	32,57	878,17	755,09	730,86	115,26	32,05

I_{TE} : Eğimli yüzeylere gelen saatlik toplam güneş radyasyonu, I_{be} : Eğimli yüzeylere gelen saatlik direkt güneş radyasyonu, I_{de} : Eğimli yüzeylere gelen saatlik difüz güneş radyasyonu ve I_{re} : Eğimli yüzeylere gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu

Çizelge 4.24. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	HAZİRAN					TEMMUZ					AĞUSTOS				
		ITE		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	ITE		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)	ITE		I _{be} (W/m ² h)	I _{de} (W/m ² h)	I _{re} (W/m ² h)
		(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)				(W/m ² h)	(kcal/m ² h)			
16	30	835,65	718,53	656,18	146,50	32,97	832,67	715,97	655,23	144,87	32,57	878,98	755,79	731,83	115,14	32,01
	14	845,10	726,66	683,06	154,67	7,38	836,16	718,97	675,92	152,94	7,29	853,81	734,14	725,09	121,55	7,17
17	25	842,44	724,37	669,68	149,63	23,13	837,66	720,26	666,83	147,98	22,85	875,74	753,00	735,62	117,65	22,47
	21	845,38	726,90	677,32	151,83	16,24	839,10	721,50	672,91	150,15	16,04	870,07	748,12	734,91	119,38	15,77
	22	844,95	726,53	675,72	151,28	17,96	839,05	721,45	671,70	149,61	17,75	871,82	749,63	735,42	118,95	17,45
18	30	835,00	717,97	655,55	146,49	32,97	832,10	715,48	654,66	144,87	32,57	878,68	755,53	731,47	115,18	32,03
	26	841,18	723,29	667,25	149,08	24,85	836,78	719,50	664,80	147,43	24,55	876,60	753,74	735,23	117,22	24,14
19	30	837,60	720,20	658,08	146,54	32,98	834,37	717,43	656,94	144,86	32,57	879,89	756,57	732,92	114,99	31,97
	7	837,13	719,80	678,73	156,43	1,97	825,43	709,74	668,85	154,64	1,94	828,56	712,43	703,89	122,76	1,91
20	30	837,57	720,18	658,06	146,53	32,98	834,35	717,41	656,92	144,86	32,57	879,88	756,56	732,91	115,00	31,98
21	30	834,07	717,17	654,63	146,47	32,96	831,29	714,78	653,84	144,87	32,57	878,24	755,15	730,94	115,25	32,05
	14	844,25	725,92	682,23	154,64	7,38	835,47	718,38	675,26	152,95	7,27	853,87	734,20	725,02	121,68	7,17
22	7	835,95	718,79	677,63	156,36	1,97	824,70	709,12	668,10	154,66	1,94	826,56	713,30	704,61	123,04	1,91
23	27	837,85	720,42	662,63	148,41	26,81	834,10	717,19	660,78	146,82	26,50	876,56	753,70	733,58	116,89	26,09
	30	832,77	716,05	653,37	146,45	32,96	830,15	713,80	652,70	144,88	32,57	877,62	754,62	730,21	115,34	32,07
24	30	836,08	718,90	656,60	146,51	32,97	833,05	716,29	655,61	144,87	32,57	879,18	755,96	732,07	115,11	32,01
25	30	843,40	725,19	663,79	146,62	33,00	839,43	721,78	662,07	144,81	32,56	882,53	758,84	736,14	114,54	31,85
26	30	843,40	725,20	663,79	146,62	33,00	839,44	721,79	662,07	144,81	32,56	882,53	758,84	736,14	114,54	31,85
	10	844,15	725,84	684,49	155,97	3,69	832,78	716,06	675,10	154,04	3,64	839,02	721,43	713,61	121,85	3,56
27	30	834,54	717,57	655,09	146,48	32,97	831,70	715,13	654,25	144,87	32,57	878,46	755,34	731,20	115,22	32,04
	38	814,59	700,42	622,07	140,36	52,15	814,73	700,54	624,38	138,82	51,53	873,98	751,49	712,90	110,40	50,69
	12	842,87	727,73	682,18	155,27	5,41	833,33	716,53	674,41	153,57	5,34	847,66	728,85	720,26	1122,13	5,26
28	30	834,96	717,94	655,50	146,49	32,97	832,07	715,45	654,62	144,87	32,57	878,66	755,51	731,44	115,19	32,03
	26	841,14	723,25	667,22	149,08	24,85	836,75	719,47	664,76	147,43	24,55	876,58	753,72	735,22	117,23	24,14
29	30	835,01	717,98	655,55	146,49	32,97	832,11	715,48	654,66	144,87	32,57	878,68	755,53	731,47	115,18	32,03
30	30	834,87	717,86	655,42	146,49	32,97	831,99	715,38	654,54	144,87	32,57	878,62	755,47	731,39	115,19	32,03
	23	844,20	725,89	673,80	150,73	19,68	838,69	721,15	670,18	149,06	19,45	873,32	750,92	735,66	118,53	19,12

4.2.8. Hububat depolarında işletme bazlı solunum ısıları

Hububat depolarında ısı dengesi analizleri yapılırken, depolanacak olan her bir ürün çeşidi için ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle ısı dengesi analizleri, işletmede bulunan farklı depolama kapasitesine sahip depolama yapılarında bölgede en çok depolanan tahıl çeşitlerine göre kış ve yaz mevsimi için ayrı ayrı değerlendirme yapılarak 2 başlık altında incelenmiştir.

Tahıl tanesinin solunum ısısı mevsimlere göre değişmemekle birlikte, tahılın depolanma koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ancak tahılın uygun depo içi çevre koşullarında uzun süreli ve sağlıklı bir şekilde depolanabilmesi için optimum nem içeriğinin %13 olması gerektiği Hoseney (1994), Kendirli (2007), McKenzie (2010) ve Bala (2016) tarafından yapılan çalışmalarda vurgulanmaktadır. Bu nedenle Konya Bölgesinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan ve depolanan bazı tahıl çeşitlerinin %13 tane nem içeriğinde solunum ısıları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Tahıllar içerisinde en yüksek solunum ısısına sahip ürün mısırdır ve %13 nem içeriğindeki tahıl tanesinin ton başına saatlik solunum ısısı 482.25 kcal'dir. Aynı koşullarda arpanın ton başına solunum ısısı 128.60 kcal/h iken buğdayın solunum ısısı 160.75 kcal/h'tir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Bazı tahıl çeşitlerinin solunum ısıları (Bailey ve Gurjar, 1920; Bailey, 1940)

Ürün Çeşidi	Solunum Isısı (mg/24h-g)	Solunum Isısı (kcal/h.ton)	Tane nem İçeriği (%)
Arpa	0,4	128,60	13
Buğday	0,5	160,75	13
Mısır	1,5	482,25	13
Yulaf	0,2	64,23	13
Çavdar	0,3	96,45	13
Çeltik	0,48	154,32	13

Araştırmanın yürütüldüğü depolama yapılarında depolama kapasitesi ve depolanan ürün çeşidine göre, tahılların depo içerisine verdikleri toplam solunum ısıları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelge 4.26'da görüldüğü gibi aynı depolama hacmine sahip bir depoda hektolitre ağırlıklarının farklılığından dolayı farklı miktarda depolanan ürünlerin solunum ısıları da farklılık göstermektedir.

Çizelge 4.26. Depolama kapasitesi ve ürün çeşidine göre bazı tahıl çeşitlerinin toplam solunum ısısı miktarları

İşletme No	Toplam Solunum Isısı Miktarı (kcal/h)					
	Arpa	Buğday	Mısır	Yulaf	Çavdar	Çeltik
1	236.514	348.594	939.881	81.191	195.918	271.109
	142.684	210.299	567.010	48.981	118.193	163.554
	292.950	431.774	1.164.152	100.565	242.668	335.800
2	292.950	431.774	1.164.152	100.565	242.668	335.800
3	159.572	235.190	634.120	54.778	132.182	182.912
4	229.104	337.673	910.435	78.647	189.780	262.615
	133.551	196.838	530.716	45.845	110.628	153.085
5	229.104	337.673	910.435	78.647	189.780	262.615
	143.287	211.188	569.407	49.188	118.693	164.245
	292.950	431.774	1.164.152	100.565	242.668	335.800
6	266.585	392.914	1.059.378	91.514	220.828	305.578
	31.879	46.987	126.687	10.943	26.408	36.542
7	246.681	363.579	980.284	84.681	204.340	282.763
8	257.107	378.945	1.021.714	88.260	212.977	294.714
	535.583	789.385	2.128.343	183.856	443.654	613.922
	42.908	63.242	170.514	14.729	35.543	49.184
	33.000	48.638	131.138	11.328	27.335	37.826
9	231.775	341.609	921.049	79.564	191.993	265.677
10	219.713	323.830	873.113	75.423	182.001	251.850
	492.157	725.381	1.955.775	168.949	407.682	564.144

Çizelge 4.26. devamı

İşletme No	Toplam Solunum Isısı Miktarı (kcal/h)					
	Arpa	Buğday	Mısır	Yulaf	Çavdar	Çeltik
11	73.048	107.664	290.284	25.076	60.510	83.732
	15.509	22.858	61.631	5.324	12.847	17.777
	6.892	10.159	27.391	2.366	5.709	7.901
	20.678	30.478	82.175	7.098	17.129	23.703
	6.892	10.159	27.391	2.366	5.709	7.901
	2.584	3.809	10.271	887	2.141	2.962
12	524.554	773.130	2.084.516	180.070	434.518	601.280
	129.846	191.377	515.993	44.574	107.559	148.838
13	292.950	431.774	1.164.152	100.565	24.266	335.800
14	238.496	351.515	947.756	81.871	197.560	273.381
	940.630	1.386.377	3.737.954	32.290	779.179	1.078.215
15	374.890	552.544	1.489.772	128.693	310.543	429.725
	42.736	62.988	169.829	14.670	35.401	48.987
16	209.632	308.972	833.053	71.963	173.650	240.294
	95.898	141.342	381.088	32.920	79.438	109.925
	53.6013	790.020	2.130.055	184.004	44.4011	614.415
17	196.535	289.669	781.008	67.467	162.801	225.282
	37.049	54.606	147.230	12.718	30.690	42.468
	392.898	579.085	1.561.333	134.875	325.460	450.367
18	46.958	69.210	186.606	16.120	38.898	53.826
	392.898	579.085	1.561.333	134.875	325.460	450.367
19	122.263	180.202	485.862	41.971	101.278	140.147
	542.820	800.052	2.157.104	186.341	449.649	622.218
20	278.389	410.312	1.1062.86	95.566	230.606	319.109
	26.537	39.113	105.458	9.110	21.982	30.419

Çizelge 4.26. devamı

İşletme No	Toplam Solunum Isısı Miktarı (kcal/h)					
	Arpa	Buğday	Mısır	Yulaf	Çavdar	Çeltik
21	306.133	451.204	12.16.538	105.090	253.588	350.911
	926.241	1.365.169	3.680.773	317.963	767.259	1.061.722
22	941.578	1.387.774	3.741.720	323.228	779.964	1.079.302
	622.520	917.520	2.473.822	213.701	515.669	713.575
	470.789	693.887	1.870.860	161.614	389.982	539.650
23	558.760	823.546	2.220.448	191.813	462.853	640.489
	350.420	516.478	1.392.531	120.293	290.274	401.676
24	297.862	439.013	1.183.668	102.251	246.736	341.429
	204.376	301.226	812.166	70.159	169.296	234.270
25	285.023	420.091	1.132.651	97.844	236.101	326.714
	65.569	966.41	260.564	22.508	54.314	75.160
26	480.784	708.618	1.910.578	165.045	398.261	551.107
	353.522	521.050	1.404.857	121.358	292.843	405.232
	595.896	878.280	2.368.021	204.561	493.615	683.057
27	592.966	873.962	2.356.380	203.555	491.189	679.699
	359.726	530.193	1.429.510	123.488	297.982	412.343
	140.702	207.378	559.135	48.300	116.552	161.282
	11.718	17.270	46.566	4.022	9.706	13.432
	525.674	774.781	2.088.967	180.455	435.446	602.564
28	371.013	546.829	1.474.364	127.362	307.332	425.281
	77.631	114.420	308.500	26.649	64.307	88.987
	602.444	887.931	2.394.043	206.809	499.040	690.563
29	259.347	382.247	1.030.616	89.029	214.832	297.282
	39.720	58.543	157.845	13.635	32.902	45.530
30	246.768	363.706	980.626	84.711	204.412	282.862
	30.156	44.447	119.839	10.352	24.980	34.567
	238.927	352.150	949.468	82.019	197.917	273.874

4.2.9. Hububat depolarında ısı dengesi analizleri

4.2.9.1. Kış mevsimi ısı dengesi analizleri

Stratejik öneme sahip olan hububat ve ürünlerinin depolanmasının giderek önem kazanmasıyla birlikte üzerinde en çok durulan konu, depolanacak ürünlerin kalitatif ve kantitatif özelliklerini kaybetmeden veya çok az bir kayıpla sağlıklı koşullarda tüketilinceye kadar muhafaza edilebilmesi için depo içi çevre koşullarının kontrol edilebilmesidir. Hububat depolama yapılarının tasarımı ve depo içi iklim koşulları, tahıl tanesinin bozulmaması ve kalite özelliklerini kaybetmemesi için en önemli faktörlerdir. Depo içi çevre koşullarının hububat depolamaya elverişli veya elverişsiz olması ise hububatın uygun koşullarda depolanma süresini ya artıracak ya da üründe ciddi kayıplara sebep olarak ürünün kısa sürede depolardan çıkarılmasına hatta ürün kaybına sebep olacaktır. Bu nedenle canlı bir materyal olan tarımsal ürünlerin hasattan sonra depolanmasında, depo içi çevre koşullarının sağlanması ne kadar önemliyse ürünü dış ortamdan ayıran yapı ile iklimsel çevre arasındaki ısı dengesi de o derece önemlidir. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde bulunan farklı kapasiteye, yapı tipine ve depolanan ürün çeşidine göre hububat depolarında kış mevsimi ısı dengesi analizleri (kayıp-kazanç) ve gerekli havalandırma miktarları; arpa, buğday, mısır, yulaf, çavdar ve çeltik depolanması durumlarına göre sırasıyla Çizelge 4.27, Çizelge 4.28, Çizelge 4.29, Çizelge 4.30, Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Yapı elemanları yoluyla kaybolan ısı miktarının belirlenmesinde duvar, çatı, kapı ve pencereden olan kayıplar hesaplanarak depoların büyük bir çoğunluğunun küçük taban alanına sahip olmasından dolayı zeminden olan kayıplar ihmal edilmiştir. Çelik silolarda pencere açıklığı bulunmamakta olup yaklaşık 50x50 cm olan kapı açıklıkları ise sızdırmazlığa karşı oldukça yüksek yalıtımlı olduğu için bu yapılarda kapılardan olan kayıplar da ihmal edilmiştir. Çizelge 4.27’ye göre depolarda arpa depolanması durumunda depoların ikisi dışında pozitif yönlü bir ısı dengesi mevcuttur. Başka bir ifadeyle depo içerisine arpa tarafından verilen ısı, minimum havalandırma şartlarında yapı elemanları ve havalandırma ile kaybolan ısı miktarından büyüktür. Bu durum gösteriyor ki kış mevsiminde arpa depolanması durumunda ürününü solunum ısısından kaynaklı fazla ısı havalandırma sistemleri ile dışarı atılamamakta ve depoların içerisinde ısı birikimine ve nem yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Isı dengesinin pozitif yönlü

olmasından dolayı minimum havalandırma miktarı depo içerisinde biriken ısıyı dışarı atmak için yetersiz kalmaktadır. Ancak hububat depolarında dış hava bağıl nemi %50 ve altında olduğu durumlarda havalandırma sistemleri çalıştırılmaktadır. Kış mevsiminde sıcaklığın düşmesiyle birlikte havanın nem tutma kapasitesi yükseldiği için depolarda bu mevsimde havalandırma çok tercih edilmemekle birlikte zaruri durumlarda daha çok aktarma işlemi yapılmaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde bulunan değişik depo tipi ve kapasitelerinde, arpa depolanması durumunda ısı dengesine göre kış mevsiminde mevcut havalandırma kapasitesi ile havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı 1, 8, 15 ve 27 nolu işletmelerde bulunan çelik konstrüksiyonlu silolarda %50-60 arasında iken 3, 5, 8, 20 ve 29 nolu işletmelerdeki yine çelik konstrüksiyonlu silolarda %60'tan fazladır. İki işletmede (6 ve 14 nolu işletmeler) bulunan çelik silolarda ise minimum havalandırma miktarı ile depo içerisinde iklimsel konforun sağlanması için gerekli havalandırma ihtiyacının tamamı karşılanmaktadır. Ancak etüt edilen işletmelerin geneline bakıldığında hem çelik hem de beton konstrüksiyona sahip hububat depolarında kış mevsiminde minimum havalandırma kapasitesi ile arpanın havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı ortalama olarak yaklaşık %35'tir (Çizelge 4.27). Havalandırma sistemine sahip olmayan 10, 11, 16, 17, 18, 26, 27 ve 30 nolu işletmelerde bulunan bazı depolarda ise ısı dengesine göre arpa için gerekli havalandırma miktarları m^3/h cinsinden Çizelge 4.27'de verilmiştir. Ayrıca ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre kış mevsiminde depolarda arpa depolanması halinde, Konya bölgesindeki arpa depolarında havalandırma kapasitesinin $14.61 m^3/h.ton$ ile $19.66 m^3/h.ton$ arasında değiştiği ve yine ton başına havalandırma kapasitesinin ortalama olarak yaklaşık $18 m^3/h$ olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Depolama yapılarında arpa depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elemanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
1	236.514	21360,95	3436,18	-	-	73.599	98.396	138.119	33.118	18,01	34,76
	142.684	15489,66	2531,32	-	-	73.357	91.378	51.306	19.501	17,58	58,84
	292.950	15441,18	14774,47	70,83	624,94	75.310	106.221	186.729	40.990	17,99	28,74
2	292.950	15441,18	14774,47	70,83	625,02	75.310	106.222	186.729	40.990	17,99	28,74
3	159.572	14836,31	2582,06	-	-	92.124	109.543	50.029	22.237	17,92	64,81
4	229.104	21360,85	3436,18	-	-	73.357	98.154	130.951	31.959	17,94	35,90
	133.551	9004,84	1143,70	-	-	17.271	27.420	106.131	19.303	18,59	13,99
5	229.104	21361,04	3436,18	-	-	73.357	98.154	130.951	31.959	17,94	35,90
	143.287	18309,3	3436,18	-	-	73.357	95.102	48.185	19.012	17,06	60,35
	292.950	15441,18	14774,47	70,83	624,94	92.124	123.036	169.915	40.990	17,99	35,16
6	266.585	15830,06	5651,08	-	-	73.357	94.838	171.747	38.341	18,5	29,93
	31.879	6085,055	898,43	-	-	26.017	33.001	-1.121	3.894	15,71	104,50
7	246.681	16397,72	4438,75	-	-	73.357	94.193	152.488	35.328	18,42	32,48
8	257.107	17395,45	4376,99	-	-	92.882	114.655	142.453	36.812	18,41	39,47
	535.583	22344,84	9805,31	-	-	65.269	97.419	438.164	78.750	18,91	12,96
	42.908	7757,326	860,60	-	-	17.572	26.190	16.718	5.364	16,08	51,24
	33.000	6212,632	860,60	-	-	17.572	24.646	8.354	4.055	15,8	67,78
9	231.775	18725,42	3543,53	-	-	65.269	87.538	144.238	32.772	18,18	31,15
10	219.713	14115,97	7080,43	-	-	73.357	94.553	125.160	31.053	18,18	36,95
	492.157	23994,54	42692,68	106,25	597,77	-	67.391	424.766	66.444	17,36	-
11	73.048	10795,58	-	-	-	-	10.796	62.253	9.737	17,14	-
	20.678	2011,211	-	-	-	-	2.011	18.668	2.920	18,16	-

Çizelge 4.27 devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
12	524.554	26821,05	6989,17	-	-	158.658	192.468	332.086	76.765	18,82	32,33
	129.846	14598,87	-	-	-	27.614	42.213	87.634	18.028	17,85	23,96
13	292.950	15013,13	15377,84	70,83	624,94	40.115	71.202	221.749	40.962	17,98	15,32
14	238.496	34029,77	14855,62	-	-	204.723	253.608	-15.112	29.660	15,99	107,97
	940.630	17359,76	4161,41	-	-	49.203	70.724	869.907	143.772	19,66	5,35
15	374.890	22520,41	5516,56	-	-	76.816	104.853	270.038	54.257	18,61	22,15
	42.736	9071,041	1617,48	-	-	17.572	28.261	14.475	5.013	15,09	54,83
16	209.632	15434,25	4116,79	-	-	40.768	60.319	149.313	29.734	18,24	21,45
	95.898	10743,17	2240,89	-	-	-	12.984	82.914	12.970	17,39	-
	536.013	10850,24	27554,46	-	566,24	146.714	185.685	350.329	77.750	18,65	29,52
17	196.535	13822,21	4174,09	-	-	65.269	83.265	113.271	27.928	18,27	36,56
	37.049	6695,955	827,77	-	-	-	7.523	29.526	4.618	16,03	-
	392.898	10892,72	2219,3	-	747,21	-	13.859	379.039	59.292	19,41	-
18	46.958	8372,373	932,62	-	-	-	9.305	37.653	5.889	16,13	-
	392.898	10892,72	1055,27	-	747,21	-	12.695	380.204	59.474	19,47	-
19	122.263	8727,421	3463,46	-	-	35.145	47.336	74.928	17.218	18,11	31,93
	542.820	14104,79	3992,11	-	263,93	146.714	165.075	377.746	82.039	19,44	27,97
20	278.389	16652,05	5542,61	-	-	73.357	95.552	182.838	40.075	18,51	28,63
	26.537	5057,286	867,79	-	-	17.572	23.497	3.040	3.224	15,63	85,25
21	306.133	16720,01	6833,38	-	-	65.269	88.822	21.7312	44.203	18,57	23,10
	926.241	19904,21	5395,83	-	570,59	97.903	123.774	80.2468	140.841	19,55	10,87

Çizelge 4.27 devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
22	941.578	23648,63	7211,20	147,57	667,96	115.224	146.900	794.679	142.332	19,44	12,66
	622.520	14470,32	3607,65	147,57	667,96	115.224	134.118	488.403	94.423	19,51	19,09
	470.789	11824,32	2281,73	147,57	667,96	115.224	130.146	340.643	71.309	19,48	25,28
23	558.760	24918,64	9452,50	-	-	102.361	136.732	422.028	82.028	18,88	19,52
	350.420	22787,07	4833,59	-	-	73.357	100.978	249.443	50.494	18,53	22,72
24	297.862	17479,34	5653,57	-	-	73.357	96.490	201.372	42.975	18,55	26,70
	204.376	16688,58	3416,03	-	-	65.269	85.373	119.003	28.825	18,14	35,42
25	28.502	19234,98	4381,98	-	-	65.269	88.886	196.138	40.891	18,45	24,97
	65.569	10317,19	1126,26	-	-	24.601	36.045	29.525	8.466	16,61	45,45
26	480.784	24913,43	7426,68	-	-	92.124	124.464	356.320	70.148	18,76	20,54
	353.522	18983,43	6979,66	-	-	92.124	118.087	235.435	51.239	18,64	28,12
	595.896	14783,56	4062,45	-	576,31	-	19.422	576.474	90.175	19,46	-
27	592.966	26340,66	9804,41	-	-	92.882	129.027	463.939	87.101	18,89	16,68
	359.726	21740,78	5542,61	-	-	92.882	120.166	239.561	52.003	18,59	27,94
	140.702	10934,94	3490,99	-	-	65.269	79.695	61.008	19.753	18,05	51,69
	11.718	2752,859	452,50	-	-	.	3.205	8.512	1.331	14,61	-
	525.674	15486,14	3930,48	-	588,83	65.269	85.274	440.400	79.100	19,35	12,91
28	371.013	23187,98	5567,74	-	-	102.361	131.117	239.896	53.538	18,56	29,91
	77.631	10802,33	1428,15	-	-	17.572	29.803	47.829	10.230	16,95	26,87
	602.444	15624,36	15051,70	70,83	625,06	73.357	104.729	497.716	89.331	19,07	12,84
29	259.347	20140,16	3406,74	-	-	73.357	96.904	162.444	36.885	18,29	31,11
	39.720	7964,391	654,29	-	-	24.601	33.220	6.500	4.865	15,75	79,10
30	246.768	15969,91	4421,15	-	-	65.269	85.660	161.108	35.411	18,45	28,83
	30.156	5303,499	1237,46	-	-	-	6.541	23.616	3.694	15,75	-
	238.927	5754,112	966,01	118,05	113,11	30.626	37.577	201.350	36.287	19,53	13,20

Depolama yapılarında buğday depolanması halinde, kış mevsiminde depolama yapısı ile dış ortam arasındaki ısı kayıp-kazançları, havalandırma sistemlerinin biriken ısıнын ne kadarını dışarıya atabildiği ve ısı dengesi analizlerine göre depolama birimi ve ürün başına gerekli havalandırma sistemi kapasiteleri Çizelge 4.28’de verilmiştir. Arpa ile buğdayın solunum ısıları arasında çok önemli bir farklılık olmamasına rağmen buğdayın hektolitre ağırlığının yüksek olması nedeniyle birim alanda daha fazla ürün depolanabildiği için depo içerisine ürün tarafından verilen ısı miktarı daha fazladır. Bu farklılıktan dolayı arpa yerine buğday depolanmak isteniyorsa kış mevsiminde depo içerisinde nerdeyse 1.5 kat daha fazla ısı birikimi olacağı ve havalandırma kapasitesinin de bu oranda artırılması gerektiği göz önüne alınmalıdır. Örneğin 1 nolu işletmede aynı kapasite ve tipe sahip bir depolama yapısında arpa depolanması durumunda, ısı dengesine göre 33118 m³/h havalandırma kapasitesi yeterli olmasına rağmen buğday depolanması düşünülüyorsa bu değerin 50650 m³/h olması gerekmektedir.

Çizelge 4.28’den de görüldüğü gibi buğday depolanan depoların tamamında ısı dengesi pozitif yönlü olarak gerçekleşmektedir ve buğday tarafından depo içerisine verilen ısı miktarı kaybolan ısı miktarından oldukça fazladır. En fazla pozitif yönlü ısı açığı 14 nolu işletmede bulunan depoda 1315653 kcal/h olarak gerçekleşmiş olup mevcut havalandırma sisteminin bu depoda buğdayın sağlıklı koşullarda depolanabilmesi için gerekli havalandırma miktarını karşılama oranı sadece yaklaşık %3’tür (Çizelge 4.28). Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerin sadece üçünde (6, 14, 20) bulunan farklı depo tiplerinde, kış mevsiminde buğdayın mevcut havalandırma kapasitesi ile havalandırma ihtiyacının karşılama oranı %50’den fazla iken diğer depolama yapılarında 3.605 (14 nolu işletme) ile %49.28 (29 nolu işletme) arasında değişmektedir.

Genel olarak bakıldığında, kış mevsiminde hesaplanan minimum havalandırma miktarı buğday tanecikleri arasında meydana gelen fazla ısıyı ve nemi dışarı atmakta yetersiz kalmaktadır ve işletmelerin geneline bakıldığında Konya Bölgesindeki depolama yapılarının tamamında minimum havalandırma kapasitesinin buğdayın havalandırma ihtiyacını karşılama oranı havalandırma sistemine sahip yapılarda ortalama %22 civarındadır (Çizelge 4.28). Dış hava koşullarının havalandırma sistemlerinin çalıştırılması için elverişli olmadığı kış mevsiminde ya birim depolama alanında daha az ürün depolanmasına sebep olacak ya da ürünün havalandırma ihtiyacı aynı depo içerisinde veya depodan depoya aktararak karşılanmaya çalışılacaktır. Havalandırma

sistemine sahip olmayan depolama yapılarında ise ısı dengesi analizlerine göre buğday depolamak için gerekli havalandırma miktarları, Çizelge 4.28’de m³/h olarak verilmiştir. Örneğin 10 nolu işletmede bulunan ve havalandırma sistemine sahip olmayan ve ısı dengesi hesaplamalarında saatte 657990 kcal ısı fazlalığı bulunan depolama biriminde bu ısının dışarı atılabilmesi için saatte gerekli olan havalandırma kapasitesi 102927 m³ olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, kış mevsiminde buğday depolarında ton başına havalandırma kapasitesinin 20.88 m³/h ile 24.76 m³/h arasında değiştiği ve bu mevsimde Konya Bölgesindeki buğday depolarında ton başına saatte ortalama olarak yaklaşık 23 m³ havalandırma kapasitesinin olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.28).



Çizelge 4.28. Depolama yapılarında buğday depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
1	348.594	21360,95	3436,182	-	-	73.599	98.396	250.199	50.650	23,36	22,73
	210.299	15489,66	2531,329	-	-	73.357	91.378	118.922	30.077	22,99	38,15
	431.774	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	75.310	106.221	325.553	62.705	23,35	18,79
2	431.774	15441,18	14774,47	70,83205	625,0227	75.310	106.222	325.553	62.705	23,35	18,79
3	235.190	14836,31	2582,064	-	-	92.124	109.543	125.648	34.065	23,28	42,3
4	337.673	21360,85	3436,182	-	-	73.357	98.154	239.519	48.942	23,3	23,45
	196.838	9004,84	1143,699	-	-	17.271	27.420	169.419	29.203	23,85	9,251
5	337.673	21361,04	3436,182	-	-	73.357	98.154	239.519	48.942	23,3	23,45
	211.188	18309,3	3436,182	-	-	73.357	95.102	116.086	29.634	22,56	38,72
	431.774	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	92.124	123.036	308.739	62.705	23,35	22,98
6	392.914	15830,06	5651,077	-	-	73.357	94.838	298.077	58.102	23,77	19,75
	46.987	6085,055	898,4263	-	-	26.017	33.001	13.987	6.257	21,41	65,04
7	363.579	16397,72	4438,751	-	-	73.357	94.193	269.386	53.614	23,7	21,4
8	378.945	17395,45	4376,995	-	-	92.882	114.655	264.291	55.871	23,7	26
	789.385	22344,84	9805,315	-	-	65.269	97.419	691.967	118.451	24,12	8,619
	63.242	7757,326	860,6049	-	-	17.572	26.190	37.052	8.544	21,72	32,17
	48.638	6212,632	860,6049	-	-	17.572	24.646	23.993	6.501	21,49	42,28
9	341.609	18725,42	3543,527	-	-	65.269	87.538	254.072	49.953	23,51	20,44
10	323.830	14115,97	7080,434	-	-	73.357	94.553	229.278	47.340	23,5	24,24
	725.381	23994,54	42692,68	106,2481	597,7658	-	67.391	657.990	102.927	22,81	-
11	107.664	10795,58	-	-	-	-	10.796	96.869	15.153	22,62	-
	30.478	2011,211	-	-	-	-	2.011	28.467	4.453	23,49	-

Çizelge 4.28. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h)) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m3/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m3/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
12	773.130	26821,05	6989,174	-	-	158.658	192.468	580.662	115.649	24,05	21,46
	191.377	14598,87	-	-	-	27.614	42.213	149.165	27.653	23,23	15,62
13	431.774	15013,13	15377,84	70,83205	624,937	40.115	71.202	360.573	62.678	23,34	10,01
14	351.515	34029,77	14855,62	-	-	204.723	253.608	97.907	47.339	21,65	67,65
	1.386.377	17359,76	4161,407	-	-	49.203	70.724	1.315.653	213.499	24,76	3,605
15	552.544	22520,41	5516,565	-	-	76.816	104.853	447.691	82.046	23,87	14,65
	62.988	9071,041	1617,484	-	-	17.572	28.261	34.727	8.181	20,88	33,6
16	308.972	15434,25	4116,794	-	-	40.768	60.319	248.654	45.273	23,55	14,09
	141.342	10743,17	2240,89	-	-	-	12.984	128.359	20.079	22,84	-
	790.020	10850,24	27554,46		566,2387	146.714	185.685	604.335	117.484	23,91	19,53
17	289.669	13822,21	4174,088	-	-	65.269	83.265	206.405	42.497	23,58	24,02
	54.606	6695,955	827,7661	-	-	-	7.523	47.083	7.365	21,68	-
	579.085	10892,72	2219,305	-	747,2073	-	13.859	565.227	88.416	24,54	-
18	69.210	8372,373	932,624	-	-	-	9.305	59.905	9.370	21,76	-
	579.085	10892,72	1055,267	-	747,2073	-	12.695	566.391	88.598	24,59	-
19	180.202	8727,421	3463,461	-	-	35.145	47.336	132.867	26.281	23,44	20,92
	800.052	14104,79	3992,106		263,9265	146.714	165.075	634.978	122.277	24,57	18,77
20	410.312	16652,05	5542,607	-	-	73.357	95.552	314.761	60.712	23,79	18,9
	39.113	5057,286	867,7901	-	-	17.572	23.497	15.616	5.191	21,34	52,95
21	451.204	16720,01	6833,376	-	-	65.269	88.822	362.382	66.896	23,83	15,26
	1.365.169	19904,21	5395,832	-	570,5946	97.903	123.774	1.241.396	209.501	24,67	7,31

Çizelge 4.28. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h)) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m3/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m3/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
22	1.387.774	23648,63	7211,204	147,5668	667,958	115.224	146.900	1.240.874	212.129	24,57	8,497
	917.520	14470,32	3607,655	147,5668	667,958	115.224	134.118	783.403	140.569	24,63	12,82
	693.887	11824,32	2281,733	147,5668	667,958	115.224	130.146	563.741	106.208	24,6	16,97
23	823.546	24918,64	9452,505	-	-	102.361	136.732	686.814	123.447	24,1	12,97
	516.478	22787,07	4833,59	-	-	73.357	100.978	415.501	76.470	23,8	15,01
24	439.013	17479,34	5653,568	-	-	73.357	96.490	342.523	65.054	23,82	17,64
	301.226	16688,58	3416,026	-	-	65.269	85.373	215.853	43.975	23,47	23,22
25	420.091	19234,98	4381,978	-	-	65.269	88.886	331.206	62.019	23,73	16,46
	96.641	10317,19	1126,26	-	-	24.601	36.045	60.596	13.327	22,17	28,88
26	708.618	24913,43	7426,677	-	-	92.124	124.464	584.154	105.787	24	13,62
	521.050	18983,43	6979,663	-	-	92.124	118.087	402.963	77.444	23,89	18,61
	878.280	14783,56	4062,449	-	576,3132	-	19.422	858.858	134.348	24,59	-
27	873.962	26340,66	9804,409	-	-	92.882	129.027	744.935	131.056	24,11	11,09
	530.193	21740,78	5542,607	-	-	92.882	120.166	410.028	78.668	23,85	18,47
	207.378	10934,94	3490,987	-	-	65.269	79.695	127.684	30.183	23,4	33,83
	17.270	2752,859	452,497	-	-	.	3.205	14.065	2.200	20,48	-
	774.781	15486,14	3930,482	-	588,8257	65.269	85.274	689.507	1.180.66	24,5	8,647
28	546.829	23187,98	5567,743	-	-	102.361	131.117	415.713	81.040	23,82	19,76
	114.420	10802,33	1428,151	-	-	17.572	29.803	84.617	15.985	22,46	17,2
	887.931	15624,36	15051,7	70,83205	625,0611	73.357	104.729	783.203	133.988	24,26	8,564
29	382.247	20140,16	3406,741	-	-	73.357	96.904	285.344	56.110	23,6	20,45
	58.543	7964,391	654,2862	-	-	24.601	33.220	25.323	7.809	21,44	49,28
30	363.706	15969,91	4421,155	-	-	65.269	85.660	278.047	53.703	23,74	19,01
	44.447	5303,499	1237,459	-	-	-	6.541	37.906	5.929	21,44	-
	352.150	5754,112	966,008	118,0534	113,1114	30.626	37.577	314.573	53.998	24,65	8,872

Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolarında mısır depolanması durumunda, depo içi ve depoyu çevreleyen dış ortam arasında kış mevsiminde ısı dengesi analizleri, minimum havalandırma kapasitesi ile ihtiyacın ne kadarının karşılanıp karşılanmadığı ve ısı dengesine göre havalandırma sistemi kapasiteleri Çizelge 4.29’da verilmiştir. Depolanmış mısırın %13 tane nem içeriğinde solunum ısı, aynı nem içeriğindeki arpanın solunum ısından yaklaşık 4 kat ve buğdayın solunum ısından yaklaşık 3 kat daha fazladır. Bu nedenle kış mevsiminde buğday yerine mısır depolanacaksa ısı dengesine göre havalandırma kapasitesinin 3 kat artırılması gerekmektedir. Örneğin hem mısır hem de buğday depolanması durumunda pozitif yönlü en fazla ısı açığının meydana geldiği 14 nolu işletmede bulunan depolama yapısında, minimum havalandırma kapasitesine göre havalandırma sisteminin ihtiyacı karşılama oranı buğday depolanacaksa yaklaşık %3 iken mısır depolanması halinde %1’lere kadar düşmektedir (Çizelge 4.28, Çizelge 4.29).

Araştırmanın yürütüldüğü Konya Bölgesindeki depolama yapılarında mısır depolanması durumunda, kış mevsiminde minimum havalandırma kapasitesi ile havalandırma sistemlerinin ürünün toplam havalandırma ihtiyacını karşılamakta yetersiz kaldığı ve kış mevsiminde bu bölgede havalandırma sistemine sahip depolarda mısırın havalandırma gereksiniminin karşılanma oranının yaklaşık %8 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.29). Konya Bölgesindeki hububat depolarının yalıtımsız olmasına rağmen depo içerisinde birim alanda oldukça fazla ürün depolandığı için yapı elemanları ve havalandırma ile kaybedilen ısı miktarı kazanılan ısı miktarı yanında çok az kalmaktadır. Bu nedenle özellikle kış mevsiminde mısır depolanması düşünülüyorsa saçak altında biriken fazla su buharının uygun yöntemlerle uzaklaştırılması gerekmektedir. Mısır depolanan ve havalandırma sistemine sahip olmayan depolarda ısı dengesine göre olması gereken saatlik havalandırma kapasitesi Çizelge 4.29’da m^3 olarak verilmiştir. Havalandırma sistemine sahip olmayan 27 nolu işletmede bulunan bir depo tipinde ısı dengesine göre havalandırma kapasitesinin $6782 m^3/h$ olduğu ve daha büyük depolama kapasitesine sahip 26 nolu işletmede bulunan başka bir depolama yapısında bu değerin $367381 m^3/h$ olması gerektiği tespit edilmiştir. Ayrıca ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre kış mevsiminde mısır depolarında ton başına havalandırma kapasiteleri $70.29 m^3/h$ ile $75.0 m^3/h$ arasında değişmekte olup Konya Bölgesinde kış mevsiminde mısır için ton başına saatte ortalama olarak yaklaşık $73 m^3$ havalandırma kapasitesinin planlanması gerekmektedir (Çizelge 4.29)

Çizelge 4.29. Depolama yapılarında mısır depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h)) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
1	939.881	21360,95	3436,182	-	-	73.599	98.396	841.485	143.143	73,45	8,04
	567.010	15489,66	2531,329			73.357	91.378	475.632	85.876	73,04	13,4
	1.164.152	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	75.310	106.221	1.057.930	177.268	73,43	6,65
2	1.164.152	15441,18	14774,47	70,83205	625,0227	75.310	106.222	1.057.930	177.268	73,43	6,65
3	634.120	14836,31	2582,064	-	-	92.124	109.543	524.578	96.468	73,36	14,9
4	910.435	21360,85	3436,182	-	-	73.357	98.154	812.281	138.537	73,38	8,28
	530.716	9004,84	1143,699	-	-	17.271	27.420	503.296	81.430	73,99	3,32
5	910.435	21361,04	3436,182	-	-	73.357	98.154	812.281	138.537	73,38	8,28
	569.407	18309,3	3436,182	-	-	73.357	95.102	474.305	85.668	72,56	13,4
	1.164.152	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	92.124	123.036	1.041.116	177.268	73,43	8,13
6	1.059.378	15830,06	5651,077	-	-	73.357	94.838	964.540	162.354	73,91	7,07
	126.687	6085,055	898,4263	-	-	26.017	33.001	93.686	18.724	71,28	21,7
7	980.284	16397,72	4438,751	-	-	73.357	94.193	886.091	150.082	73,83	7,65
8	1.021.714	17395,45	4376,995	-	-	92.882	114.655	907.059	156.417	73,83	9,29
	2.128.343	22344,84	9805,315	-	-	65.269	97.419	2.030.924	327.899	74,3	3,11
	170.514	7757,326	860,6049	-	-	17.572	26.190	144.324	25.324	71,62	10,9
	131.138	6212,632	860,6049	-	-	17.572	24.646	106.493	19.407	71,37	14,2
9	921.049	18725,42	3543,527	-	-	65.269	87.538	833.512	140.592	73,61	7,26
10	873.113	14115,97	7080,434	-	-	73.357	94.553	778.560	133.262	73,6	8,61
	1.955.775	23994,54	42692,68	106,2481	597,7658	-	67.391	1.888.383	295.392	72,84	-
11	290.284	10795,58	-	-	-	-	10.796	279.489	43.719	72,63	-
	82.175	2011,211	-	-	-	-	2.011	80.164	12.539	73,59	-

Çizelge 4.29. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elemanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
12	2.084.516	26821,05	6989,174	-	-	158.658	192.468	1.892.048	320.783	74,21	7,74
	515.993	14598,87	-	-	-	27.614	42.213	473.781	78.431	73,3	5,51
13	1.164.152	15013,13	15377,84	70,83205	624,937	40.115	71.202	1.092.950	177.241	73,42	3,54
14	947.756	34029,77	14855,62	-	-	204.723	253.608	694.148	140.607	71,55	22,8
	3.737.954	17359,76	4161,407	-	-	49.203	70.724	3.667.230	581.346	75,0	1,32
15	1.489.772	22520,41	5516,565	-	-	76.816	104.853	1.384.918	228.653	74,02	5,26
	169.829	9071,041	1617,484	-	-	17.572	28.261	141.568	24.893	70,69	11
16	833.053	15434,25	4116,794	-	-	40.768	60.319	772.734	127.253	73,67	5,01
	381.088	10743,17	2240,89	-	-	-	12.984	368.104	57.581	72,87	-
	2.130.055	10850,24	27554,46		566,2387	146.714	185.685	1.944.370	327.100	74,06	7,02
17	781.008	13822,21	4174,088	-	-	65.269	83.265	697.744	119.355	73,7	8,55
	147.230	6695,955	827,7661	-	-	-	7.523	139.707	21.853	71,58	-
	1.561.333	10892,72	2219,305	-	747,2073	-	13.859	1.547.473	242.065	74,77	-
18	186.606	8372,373	932,624	-	-	-	9.305	177.302	27.734	71,67	-
	1.561.333	10892,72	1055,267	-	747,2073	-	12.695	1.548.637	242.247	74,82	-
19	485.862	8727,421	3463,461	-	-	35.145	47.336	438.527	74.094	73,54	7,42
	2.157.104	14104,79	3992,106	-	263,9265	146.714	165.075	1.992.030	334.555	74,79	6,86
20	1.106.286	16652,05	5542,607	-	-	73.357	95.552	1.010.735	169.580	73,92	6,77
	105.458	5057,286	867,7901	-	-	17.572	23.497	81.961	15.569	71,2	17,7
21	1.216.538	16720,01	6833,376	-	-	65.269	88.822	1.127.716	186.614	73,98	5,47
	3.680.773	19904,21	5395,832	-	570,5946	97.903	123.774	3.556.999	571.721	74,91	2,68

Çizelge 4.29. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
22	3.741.720	23648,63	7211,204	147,5668	667,958	115.224	146.900	3.594.820	580.347	74,8	3,11
	2.473.822	14470,32	3607,655	147,5668	667,958	115.224	134.118	2.339.704	384.014	74,86	4,69
	1.870.860	11824,32	2281,733	147,5668	667,958	115.224	130.146	1.740.714	290.317	74,83	6,21
23	2.220.448	24918,64	9452,505	-	-	102.361	136.732	2.083.715	341.959	74,27	4,68
	1.392.531	22787,07	4833,59	-	-	73.357	100.978	1.291.553	213.507	73,94	5,37
24	1.183.668	17479,34	5653,568	-	-	73.357	96.490	1.087.178	181.538	73,96	6,32
	812.166	16688,58	3416,026	-	-	65.269	85.373	726.794	123.899	73,57	8,24
25	1.132.651	19234,98	4381,978	-	-	65.269	88.886	1.043.765	173.482	73,86	5,89
	260.564	10317,19	1126,26	-	-	24.601	36.045	224.520	38.969	72,12	9,88
26	1.910.578	24913,43	7426,677	-	-	92.124	124.464	1.786.114	293.805	74,16	4,9
	1.404.857	18983,43	6979,663	-	-	92.124	118.087	1.286.770	215.695	74,04	6,68
	2.368.021	14783,56	4062,449	-	576,3132	-	19.422	2.348.599	367.381	74,82	-
27	2.356.380	26340,66	9804,409	-	-	92.882	129.027	2.227.352	362.945	74,28	4
	1.429.510	21740,78	5542,607	-	-	92.882	120.166	1.309.344	219.344	74,0	6,62
	559.135	10934,94	3490,987	-	-	65.269	79.695	479.441	85.206	73,49	12
	46.566	2752,859	452,497	-	-	-	3.205	43.360	6.782	70,24	-
	2.088.967	15486,14	3930,482	-	588,8257	65.269	85.274	2.003.693	323.639	74,71	3,15
28	1.474.364	23187,98	5567,743	-	-	102.361	131.117	1.343.247	226.130	73,97	7,08
	308.500	10802,33	1428,151	-	-	17.572	29.803	278.697	46.344	72,45	5,93
	2.394.043	15624,36	15051,7	70,83205	625,0611	73.357	104.729	2.289.314	369.583	74,45	3,1
29	1.030.616	20140,16	3406,741	-	-	73.357	96.904	933.713	157.532	73,71	7,28
	157.845	7964,391	654,2862	-	-	24.601	33.220	124.625	23.342	71,32	16,5
30	980.626	15969,91	4421,155	-	-	65.269	85.660	894.967	150.206	73,87	6,8
	119.839	5303,499	1237,459	-	-	-	6.541	113.298	17.722	71,32	-
	949.468	5754,112	966,008	118,0534	113,1114	30.626	37.577	911.891	147.434	74,88	3,25

Kış mevsiminde silolarda yulaf depolanması durumunda, depo iç ortamı ile depoyu çevreleyen iklimsel çevre arasında ısı kayıp-kazanç bilançoları, ısı dengesine göre depo birimi başına ve ton başına havalandırma sistemi kapasiteleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere yulaf depolanan depolama birimlerinin büyük çoğunluğunda ısı dengesi negatif yönlüdür ve minimum havalandırma oranı ile yapı elemanları ve havalandırma yoluyla kaybolan ısı miktarı, yulaf tarafından depo içerisine verilen ısı miktarından fazladır. Isı dengesi analizlerinin negatif çıktığı işletmelerde bulunan depolama yapılarında hesaplanan minimum havalandırma kapasitesi, yulafın havalandırma ihtiyacının tamamından çok daha fazlasını karşılayabilecek düzeydedir. Isı açığının negatif yönlü olmasından dolayı bu depolarda havalandırma oranı düşürülerek iç ortam sıcaklığının aşırı düşmesini önlemek mümkündür. Ancak havalandırma miktarının azaltılması, özellikle tahılın depolanmasında en büyük sorun olan bağıl nemin artmasına ve dolayısıyla taneciklerin de nem içeriğinin artarak üründe tutukluk, bozuşma ve çürüme kayıplarının artmasına sebep olacaktır. Yulaf için kış mevsimi ısı dengesi analizlerine, göre ısı dengesinin pozitif olduğu depolarda bile minimum havalandırma kapasitesinin havalandırma ihtiyacını karşılama oranı çoğunlukla %30'un üzerinde gerçekleşmektedir (Çizelge 4.30). Analizi yapılan ürünler içerisinde en düşük hektolitreye ve solunum ısıya sahip olan yulaf bitkisinin depolanma koşullarına göre ısı bilançosu açısından bölgedeki depolama yapılarının değerlendirilmesi gerçeği yansıtması açısından yetersiz kalabilir. Ancak yapılarda yalıtımın yetersiz olduğu yapılan saha çalışmalarının yanı sıra bu analizlerle de tekrar ortaya konulmuştur.

Ayrıca hem beton hem de çelik konstrüksiyonlu hububat depolarının büyük çoğunluğunda minimum havalandırma miktarı ile yulafın havalandırma ihtiyacının tamamından fazlası karşılanmasına rağmen, çelik konstrüksiyonlu silolarda bu oran beton depolara oranla daha fazladır. Etüt edilen bazı işletmelerde (10, 11, 16, 17, 18, 26, 27 ve 30 nolu işletmeler) bulunan ve havalandırma sistemi olmayan depolama birimlerinde ısı dengesi analizlerine yulafın uygun koşullarda depolanması için gerekli olan havalandırma miktarları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Sonuç olarak, yulaf depolanan hububat depolarında ton başına havalandırma kapasitesinin 2.73 m³/h ile 9.39 m³/h arasında değiştiği ve havalandırma kapasitesinin ton başına ortalama olarak yaklaşık 7 m³/h olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Depolama yapılarında yulaf depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h)) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
1	81.191	21360,95	3436,182	-	-	73.599	98.396	-17.204	22.304	6,99	130,51
	48.981	15489,66	2531,329	-	-	73.357	91.378	-42.397	12.245	6,36	236,94
	100.565	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	75.310	106.221	-5.656	27.549	6,97	108,12
2	100.565	15441,18	14774,47	70,83205	625,0227	75.310	106.222	-5.656	27.549	6,97	108,12
3	54.778	14836,31	2582,064	-	-	92.124	109.543	-54.764	14.776	6,86	246,58
4	78.647	21360,85	3436,182	-	-	73.357	98.154	-19.506	21.298	6,89	136,22
	45.845	9004,84	1143,699	-	-	17.271	27.420	18.426	14.119	7,83	48,382
5	78.647	21361,04	3436,182	-	-	73.357	98.154	-19.506	21.298	6,89	136,22
	49.188	18309,3	3436,182	-	-	73.357	95.102	-45.914	10.854	5,61	267,31
	100.565	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	92.124	123.036	-22.470	27.549	6,97	132,26
6	91.514	15830,06	5651,077	-	-	73.357	94.838	-3.324	27.699	7,7	104,75
	10.943	6085,055	898,4263	-	-	26.017	33.001	-22.057	1.566	3,64	656,93
7	84.681	16397,72	4438,751	-	-	73.357	94.193	-9.512	25.251	7,58	114,9
8	88.260	17395,45	4376,995	-	-	92.882	114.655	-26.394	26.297	7,58	139,7
	183.856	22344,84	9805,315	-	-	65.269	97.419	86.438	60.001	8,3	43,023
	14.729	7757,326	860,6049	-	-	17.572	26.190	-11.460	2.417	4,17	287,51
	11.328	6212,632	860,6049	-	-	17.572	24.646	-13.317	1.683	3,78	412,97
9	79.564	18725,42	3543,527	-	-	65.269	87.538	-7.973	22.661	7,24	113,92
10	75.423	14115,97	7080,434	-	-	73.357	94.553	-19.129	21.447	7,23	135,28
	168.949	23994,54	42692,68	106,2481	597,7658	-	67.391	101.558	40.167	6,05	-
11	25.076	10795,58	-	-	-	-	10.796	14.281	5.648	5,73	-
	7.098	2011,211	-	-	-	-	2.011	5.087	2.012	7,21	-

Çizelge 4.30. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
12	180.070	26821,05	6989,174	-	-	158.658	192.468	-12.397	57.847	8,17	108,48
	44.574	14598,87	-	-	-	27.614	42.213	2.361	11.855	6,76	92,12
13	100.565	15013,13	15377,84	70,83205	624,937	40.115	71.202	29.363	27.479	6,95	57,74
14	81.871	34029,77	14855,62	-	-	204.723	253.608	-171.736	13.046	4,05	620,63
	322.903	17359,76	4161,407	-	-	49.203	70.724	252.179	119.199	9,39	16,33
15	128.693	22520,41	5516,565	-	-	76.816	104.853	23.841	39.811	7,87	76,315
	14.670	9071,041	1617,484	-	-	17.572	28.261	-13.590	1.575	2,73	441,28
16	71.963	15434,25	4116,794	-	-	40.768	60.319	11.644	20.729	7,33	77,78
	32.920	10743,17	2240,89	-	-	-	12.984	19.936	7.884	6,09	-
	184.004	10850,24	27554,46	-	566,2387	146.714	185.685	-1.680	57.362	7,93	101,16
17	67.467	13822,21	4174,088	-	-	65.269	83.265	-15.798	19.566	7,38	131,93
	12.718	6695,955	827,7661	-	-	-	7.523	5.194	2.054	4,11	-
	134.875	10892,72	2219,305	-	747,2073	-	13.859	121.016	47.863	9,02	-
18	16.120	8372,373	932,624	-	-	-	9.305	6.815	2.695	4,25	-
	134.875	10892,72	1055,267	-	747,2073	-	12.695	122.180	48.323	9,11	-
19	41.971	8727,421	3463,461	-	-	35.145	47.336	-5.364	11.778	7,14	118,01
	186.341	14104,79	3992,106	-	263,9265	146.714	165.075	21.267	66.437	9,07	87,34
20	95.566	16652,05	5542,607	-	-	73.357	95.552	14.896	29.019	7,72	99,98
	9.110	5057,286	867,7901	-	-	17.572	23.497	-14.387	1.259	3,52	551,73
21	105.090	16720,01	6833,376	-	-	65.269	88.822	16.269	32.249	7,8	80,05
	317.963	19904,21	5395,832	-	570,5946	97.903	123.774	194.190	115.525	9,24	33,52

Çizelge 4.30. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elemanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
22	323.228	23648,63	7211,204	147,5668	667,958	115.224	146.900	176.329	115.311	9,07	39,521
	213.701	14470,32	3607,655	147,5668	667,958	115.224	134.118	79.583	77.048	9,17	59,15
	161.614	11824,32	2281,733	147,5668	667,958	115.224	130.146	31.468	58.018	9,13	78,55
23	191.813	24918,64	9452,505	-	-	102.361	136.732	55.081	62.269	8,26	65,01
	120.293	22787,07	4833,59	-	-	73.357	100.978	19.316	36.653	7,75	79,16
24	102.251	17479,34	5653,568	-	-	73.357	96.490	5.761	31.292	7,78	92,72
	70.159	16688,58	3416,026	-	-	65.269	85.373	-15.214	19.797	7,18	130,40
25	97.844	19234,98	4381,978	-	-	65.269	88.886	8.958	29.357	7,63	87,93
	22.508	10317,19	1126,26	-	-	24.601	36.045	-13.536	4.376	4,94	222,33
26	165.045	24913,43	7426,677	-	-	92.124	124.464	40.581	52.486	8,09	69,42
	121.358	18983,43	6979,663	-	-	92.124	118.087	3.271	37.730	7,91	96,57
	204.561	14783,56	4062,449	-	576,3132	-	19.422	185.139	73.224	9,1	-
27	203.555	26340,66	9804,409	-	-	92.882	129.027	74.528	66.212	8,27	55,48
	123.488	21740,78	5542,607	-	-	92.882	120.166	3.322	38.050	7,84	96,54
	48.300	10934,94	3490,987	-	-	65.269	79.695	-31.394	13.398	7,05	192,68
	4.022	2752,859	452,497	-	-	.	3.205	817	323	2,04	-
	180.455	15486,14	3930,482	-	588,8257	65.269	85.274	95.181	63.459	8,94	40,68
28	127.362	23187,98	5567,743	-	-	102.361	131.117	-3.754	39.000	7,79	103,81
	26.649	10802,33	1428,151	-	-	17.572	29.803	-3.153	5.702	5,44	121,87
	206.809	15624,36	15051,7	70,83205	625,0611	73.357	104.729	102.080	69.387	8,53	41,81
29	89.029	20140,16	3406,741	-	-	73.357	96.904	-7.874	25.899	7,4	112,02
	13.635	7964,391	654,2862	-	-	24.601	33.220	-19.584	1.984	3,7	490,38
30	84.711	15969,91	4421,155	-	-	65.269	85.660	-948	25.439	7,64	101,47
	10.352	5303,499	1237,459	-	-	-	6.541	3.811	1.507	3,7	-
	82.019	5754,112	966,008	118,0534	113,1114	30.626	37.577	44.442	29.690	9,21	40,80

Kış mevsiminde çavdar depolanan yapılarda, dış çevre ile depolama yapısı arasındaki ısı dengesi analizleri, ürün tarafından depo içerisine verilen ısıнын yapı elemanları ve havalandırma ile ne kadarının dışarı atılabildiği ve ısı dengesi bilançolarına göre her bir depolama birimi ve ton başına gerekli olan havalandırma sistemi kapasiteleri Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Depolama yapılarında çavdar depolanması durumunda, bazı işletmelerde bulunan depolama yapıları (6, 14, 20 ve 29 nolu işletmeler) dışında pozitif yönlü bir ısı dengesi mevcuttur ve negatif ısı dengesinin olduğu bu işletmelerde hesaplanan minimum havalandırma kapasitesi çavdarın havalandırma gereksiniminin %100’ünden fazlasına karşılık gelmektedir (fazla, aşırı havalandırma) (Çizelge 4.31). Diğer bir ifadeyle, depolarda çavdar muhafaza edilmesi durumunda yukarıdaki depolama birimleri dışındaki diğer yapılarda depo içerisine çavdar tarafından verilen ısı miktarı, minimum havalandırma kapasitesinde havalandırma ve yapı elemanları aracılığıyla kaybolan ısı miktarın büyük olduğu için pozitif yönlü bir ısı dengesi oluşmaktadır. Pozitif yönlü ısı dengesi demek, kış mevsimi için planlanan minimum havalandırma kapasitesinin depo içerisinde ürün tarafından verilen ısıнын tamamını dışarıya atmakta yetersiz olduğu anlamına gelmektedir.

Etüt edilen işletmelerde (4, 5, 7, 8, 10, 17, 24 ve 25 nolu işletmeler) bulunan değişik depo tipi ve kapasitelerdeki depolama birimlerinde kış mevsimi minimum havalandırma miktarı ile çavdarın havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı %40-60 arasında olmasına rağmen 1, 3, 5, 8, 15 ve 27 nolu işletmelerde bulunan bazı depo tiplerinde ise bu değer %60’tan fazladır (Çizelge 4.31). Çavdar depolanan yapıların geneline bakıldığında hem çelik hem de beton depolarda kış mevsiminde havalandırma sistemlerinin ihtiyacı karşılama oranı ortalama olarak yaklaşık %43 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Ayrıca ısı dengesi analizlerine göre, kış mevsiminde depolarda çavdar depolanmak isteniyorsa ton başına havalandırma kapasitesinin $10.53 \text{ m}^3/\text{h}$ ile $14.67 \text{ m}^3/\text{h}$ arasında olması gerekmektedir ve ton başına havalandırma kapasitesi ortalama olarak yaklaşık $13 \text{ m}^3/\text{h}$ ’tir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Depolama yapılarında çavdar depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h)) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
1	195.918	21360,95	3436,182	-	-	73.599	98.396	97.523	26.768	13,18	43
	118.193	15489,66	2531,329	-	-	73.357	91.378	26.816	15.670	12,79	73,2
	242.668	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	75.310	106.221	136.447	33.124	13,17	35,6
2	242.668	15441,18	14774,47	70,83205	625,0227	75.310	106.222	136.447	33.124	13,17	35,6
3	132.182	14836,31	2582,064	-	-	92.124	109.543	22.640	17.952	13,1	80,3
4	189.780	21360,85	3436,182	-	-	73.357	98.154	91.627	25.808	13,12	44,5
	110.628	9004,84	1143,699	-	-	17.271	27.420	83.209	15.718	13,7	17,2
5	189.780	21361,04	3436,182	-	-	73.357	98.154	91.627	25.808	13,12	44,5
	118.693	18309,3	3436,182	-	-	73.357	95.102	23.591	15.165	12,32	75,7
	242.668	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	92.124	123.036	119.633	33.124	13,17	43,5
6	220.828	15830,06	5651,077	-	-	73.357	94.838	125.990	31.183	13,62	36,8
	26.408	6085,055	898,4263	-	-	26.017	33.001	-6.593	3.038	11,1	134
7	204.340	16397,72	4438,751	-	-	73.357	94.193	110.147	28.705	13,55	40
8	212.977	17395,45	4376,995	-	-	92.882	114.655	98.322	29.909	13,54	48,6
	443.654	22344,84	9805,315	-	-	65.269	97.419	346.236	64.370	13,99	15,9
	35.543	7757,326	860,6049	-	-	17.572	26.190	9.353	4.212	11,43	65,3
	27.335	6212,632	860,6049	-	-	17.572	24.646	2.690	3.170	11,18	86,7
9	191.993	18725,42	3543,527	-	-	65.269	87.538	104.456	26.549	13,34	38,5
10	182.001	14115,97	7080,434	-	-	73.357	94.553	87.448	25.154	13,33	45,6
	407.682	23994,54	42692,68	106,2481	597,7658	-	67.391	340.291	53.230	12,59	-
11	60.510	10795,58	-	-	-	-	10.796	49.714	7.777	12,4	-
	17.129	2011,211	-	-	-	-	2.011	15.118	2.365	13,32	-

Çizelge 4.31. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
12	434.518	26821,05	6989,174	-	-	158.658	192.468	242.051	62.681	13,91	39,6
	107.559	14598,87	-	-	-	27.614	42.213	65.347	14.541	13,04	29,7
13	242.668	15013,13	15377,84	70,83205	624,937	40.115	71.202	171.466	33.096	13,15	19
14	197.560	34029,77	14855,62	-	-	204.723	253.608	-56.048	23.256	11,35	138
	779.179	17359,76	4161,407	-	-	49.203	70.724	708.455	118.517	14,67	6,49
15	310.543	22520,41	5516,565	-	-	76.816	104.853	205.691	44.191	13,73	27,2
	35.401	9071,041	1617,484	-	-	17.572	28.261	7.140	3.865	10,53	71,1
16	173.650	15434,25	4116,794	-	-	40.768	60.319	113.332	24.105	13,39	26,5
	79.438	10743,17	2240,89	-	-	-	12.984	66.454	10.395	12,62	-
	444.011	10850,24	27554,46	-	566,2387	146.714	185.685	258.327	63.358	13,76	36,2
17	162.801	13822,21	4174,088	-	-	65.269	83.265	79.537	22.651	13,42	45,1
	30.690	6695,955	827,7661	-	-	-	7.523	23.167	3.623	11,39	-
	325.460	10892,72	2219,305	-	747,2073	-	13.859	311.602	48.742	14,44	-
18	38.898	8372,373	932,624	-	-	-	9.305	29.593	4.629	11,48	-
	325.460	10892,72	1055,267	-	747,2073	-	12.695	312.766	48.924	14,5	-
19	101.278	8727,421	3463,461	-	-	35.145	47.336	53.943	13.935	13,27	39,4
	449.649	14104,79	3992,106	-	263,9265	146.714	165.075	284.575	67.464	14,47	34
20	230.606	16652,05	5542,607	-	-	73.357	95.552	135.055	32.600	13,64	35,2
	21.982	5057,286	867,7901	-	-	17.572	23.497	-1.515	2.511	11,02	109
21	253.588	16720,01	6833,376	-	-	65.269	88.822	164.766	35.983	13,69	28,4
	767.259	19904,21	5395,832	-	570,5946	97.903	123.774	643.486	115.972	14,58	13,2

Çizelge 4.31. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
22	779.964	23648,63	7211,204	147,5668	667,958	115.224	146.900	633.064	117.052	14,47	15,4
	515.669	14470,32	3607,655	147,5668	667,958	115.224	134.118	381.552	77.708	14,53	23,2
	389.982	11824,32	2281,733	147,5668	667,958	115.224	130.146	259.836	58.669	14,51	30,7
23	462.853	24918,64	9452,505	-	-	102.361	136.732	326.121	67.025	13,97	23,9
	290.274	22787,07	4833,59	-	-	73.357	100.978	189.296	41.085	13,65	27,9
24	246.736	17479,34	5653,568	-	-	73.357	96.490	150.247	34.977	13,67	32,8
	169.296	16688,58	3416,026	-	-	65.269	85.373	83.923	23.337	13,3	43,7
25	236.101	19234,98	4381,978	-	-	65.269	88.886	147.216	33.238	13,58	30,7
	54.314	10317,19	1126,26	-	-	24.601	36.045	18.270	6.706	11,91	57,4
26	398.261	24913,43	7426,677	-	-	92.124	124.464	273.797	57.239	13,86	25,2
	292.843	18983,43	6979,663	-	-	92.124	118.087	174.756	41.747	13,75	34,5
	493.615	14783,56	4062,449	-	576,3132	-	19.422	474.193	74.176	14,49	-
27	491.189	26340,66	9804,409	-	-	92.882	129.027	362.162	71.180	13,98	20,4
	297.982	21740,78	5542,607	-	-	92.882	120.166	177.817	42.344	13,71	34,3
	116.552	10934,94	3490,987	-	-	65.269	79.695	36.858	15.975	13,22	63,9
	9.706	2752,859	452,497	-	-	.	3.205	6.501	1.016	10,11	-
	435.446	15486,14	3930,482	-	588,8257	65.269	85.274	350.173	64.985	14,39	15,7
28	307.332	23187,98	5567,743	-	-	102.361	131.117	176.215	43.576	13,68	36,7
	64.307	10802,33	1428,151	-	-	17.572	29.803	34.504	8.146	12,22	33,7
	499.040	15624,36	15051,7	70,83205	625,0611	73.357	104.729	394.311	73.155	14,14	15,7
29	214.832	20140,16	3406,741	-	-	73.357	96.904	117.929	29.922	13,43	38,3
	32.902	7964,391	654,2862	-	-	24.601	33.220	-317	3.798	11,14	101
30	204.412	15969,91	4421,155	-	-	65.269	85.660	118.753	28.785	13,58	35,5
	24.980	5303,499	1237,459	-	-	-	6.541	18.440	2.884	11,14	-
	197.917	5754,112	966,008	118,0534	113,1114	30.626	37.577	160.340	29.872	14,56	16

Çeltik depolanan yapılarda kış mevsimi ısı dengesi analizleri, yapı elamanları ve havalandırma ile kaybolan ısı miktarları, ürün tarafından yapı içerisine verilen ısı miktarı ve ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre her bir depolama birimi ve ürün bazında ton başına gerekli havalandırma kapasiteleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çeltik ve buğdayın hem solunum ısıları hem de hektolitre ağırlıkları birbirine yakın olmasına rağmen büyük hacimli depolama yapılarında muhafaza edildikleri için bu farklılıklar daha belirgin hale gelmektedir. Örneğin depolama yapılarında buğday yerine çeltik depolanacaksa depo içerisine ürün tarafından verilen ısı miktarı daha az olacağı için buğday için planlanan minimum havalandırma kapasitesi çeltiğin de havalandırma gereksinimini fazlasıyla karşılayacaktır. Yapılan ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre depolama yapılarında çeltik muhafaza edilmesi durumunda işletmelerin tamamında pozitif yönlü bir ısı akışı gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Pozitif yönlü ısı açığının en fazla olduğu 14 nolu işletmede bulunan depo içerisinde saatte 165294.2 kcal ısı birikmesine karşın minimum havalandırma kapasitesi ile bu ısının sadece yaklaşık %5’inin depo ortamından uzaklaştırılabildiği ve ısı bilançosuna göre bu depoda çeltik için ton başına saatte 23.66 m³ havalandırma kapasitesinin planlanması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Kış mevsiminde çeltiğin minimum havalandırma kapasitesi ile havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı 1, 3, 5, 8 ve 29 nolu işletmelerde bulunan çelik konstrüksiyonlu silolarda %50-70 ve 6, 14 ve 20 nolu işletmelerde bulunan çelik konstrüksiyonlu silolarda %70’ten fazla olmasına rağmen depolama yapılarının genelinde havalandırma gereksiniminin karşılanma oranı %4.656 ile %91.19 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32).

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde havalandırma sistemine sahip olmayan depolarda çeltik depolanmak isteniyorsa, ısı dengesine göre saatlik havalandırma kapasiteleri m³ olarak Çizelge 4.32’de verilmiştir. Örneğin 26 nolu işletmede havalandırma sistemine sahip olmayan yatay betonarme depoda ısı dengesine göre saatte 657989.9 kcal ısı birikimi olduğu ve bu ısının depo içerisinde uzaklaştırılması için kış mevsiminde depolama biriminde havalandırma kapasitesinin toplam 103809.7 m³/h ve ton başına saatte 23.45 m³ olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Isı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre Konya Bölgesindeki hububat depolarında çeltik depolanması planlanıyorsa, ton başına saatlik havalandırma kapasitesinin 18.38 m³-23.55 m³ (ortalama yaklaşık 22 m³) arasında olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32).

Çeltik depolanan yapılarda kış mevsimi ısı dengesi analizleri, yapı elamanları ve havalandırma ile kaybolan ısı miktarları, ürün tarafından yapı içerisine verilen ısı miktarı ve ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre her bir depolama birimi ve ürün bazında ton başına gerekli havalandırma kapasiteleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çeltik ve buğdayın hem solunum ısıları hem de hektolitre ağırlıkları birbirine yakın olmasına rağmen büyük hacimli depolama yapılarında muhafaza edildikleri için bu farklılıklar daha belirgin hale gelmektedir. Örneğin depolama yapılarında buğday yerine çeltik depolanacaksa depo içerisine ürün tarafından verilen ısı miktarı daha az olacağı için buğday için planlanan minimum havalandırma kapasitesi çeltiğin de havalandırma gereksinimini fazlasıyla karşılayacaktır. Yapılan ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre depolama yapılarında çeltik muhafaza edilmesi durumunda işletmelerin tamamında pozitif yönlü bir ısı akışı gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Pozitif yönlü ısı açığının en fazla olduğu 14 nolu işletmede bulunan depo içerisinde saatte 165294.2 kcal ısı birikmesine karşın minimum havalandırma kapasitesi ile bu ısının sadece yaklaşık %5’inin depo ortamından uzaklaştırılabildiği ve ısı bilançosuna göre bu depoda çeltik için ton başına saatte 23.66 m³ havalandırma kapasitesinin planlanması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Kış mevsiminde çeltiğin minimum havalandırma kapasitesi ile havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı 1, 3, 5, 8 ve 29 nolu işletmelerde bulunan çelik konstrüksiyonlu silolarda %50-70 ve 6, 14 ve 20 nolu işletmelerde bulunan çelik konstrüksiyonlu silolarda %70’ten fazla olmasına rağmen depolama yapılarının genelinde havalandırma gereksiniminin karşılanma oranı %4.656 ile %91.19 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde havalandırma sistemine sahip olmayan depolarda çeltik depolanmak isteniyorsa, ısı dengesine göre saatlik havalandırma kapasiteleri m³ olarak Çizelge 4.32’de verilmiştir. Örneğin 26 nolu işletmede havalandırma sistemine sahip olmayan yatay betonarme depoda ısı dengesine göre saatte 657989.9 kcal ısı birikimi olduğu ve bu ısının depo içerisinde uzaklaştırılması için kış mevsiminde depolama biriminde havalandırma kapasitesinin toplam 103809.7 m³/h ve ton başına saatte 23.45 m³ olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32). Isı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre Konya Bölgesindeki hububat depolarında çeltik depolanması planlanıyorsa, ton başına saatlik havalandırma kapasitesinin 18.38 m³-23.55 m³ (ortalama yaklaşık 22 m³) arasında olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Depolama yapılarında çeltik depolanması durumunda kış mevsimi ısı kayıp-kazançları ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
1	271.109	21360,95	3436,182	-	-	73.599	98.396	172.714	38.530	21,93	29,88
	163.554	15489,66	2531,329	-	-	73.357	91.378	72.176	22.765	21,48	50,41
	335.800	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	75.310	106.221	229.579	47.692	21,92	24,7
2	335.800	15441,18	14774,47	70,83205	625,0227	75.310	106.222	229.579	47.692	21,92	24,7
3	182.912	14836,31	2582,064	-	-	92.124	109.543	73.369	25.888	21,84	55,67
4	262.615	21360,85	3436,182	-	-	73.357	98.154	164.462	37.201	21,86	30,85
	153.085	9004,84	1143,699	-	-	17.271	27.420	125.666	22.359	22,54	12,08
5	262.615	21361,04	3436,182	-	-	73.357	98.154	164.461	37.201	21,86	30,85
	164.245	18309,3	3436,182	-	-	73.357	95.102	69.143	22.291	20,94	51,48
	335.800	15441,18	14774,47	70,83205	624,937	92.124	123.036	212.765	47.692	21,92	30,22
6	305.578	15830,06	5651,077	-	-	73.357	94.838	210.740	44.440	22,44	25,82
	36.542	6085,055	898,4263	-	-	26.017	33.001	3.542	4.623	19,53	88,02
7	282.763	16397,72	4438,751	-	-	73.357	94.193	188.570	40.972	22,36	28,01
8	294.714	17395,45	4376,995	-	-	92.882	114.655	180.059	42.695	22,36	34,03
	613.922	22344,84	9805,315	-	-	65.269	97.419	516.503	91.004	22,88	11,22
	49.184	7757,326	860,6049	-	-	17.572	26.190	22.994	6.345	19,91	43,32
	37.826	6212,632	860,6049	-	-	17.572	24.646	13.181	4.810	19,63	57,14
9	265.677	18725,42	3543,527	-	-	65.269	87.538	178.140	38.075	22,12	26,81
10	251.850	14115,97	7080,434	-	-	73.357	94.553	157.297	36.080	22,11	31,8
	564.144	23994,54	42692,68	106,2481	597,7658	-	67.391	496.753	77.705	21,26	-
11	83.732	10795,58	-	-	-	-	10.796	72.937	11.409	21,03	-
	23.703	2011,211	-	-	-	-	2.011	21.692	3.393	22,09	-

Çizelge 4.32. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m³/h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
12	601.280	26821,05	6989,174	-	-	158.658	192.468	408.812	88.767	22,78	27,96
	148.838	14598,87	-	-	-	27.614	42.213	106.626	20.999	21,77	20,57
13	335.800	15013,13	15377,84	70,83205	624,937	40.115	71.202	264.598	47.665	21,9	13,16
14	273.381	34029,77	14855,62	-	-	204.723	253.608	19.772	35.117	19,82	91,19
	1.078.215	17359,76	4161,407	-	-	49.203	70.724	1.007.492	165.294	23,66	4,656
15	429.725	22520,41	5516,565	-	-	76.816	104.853	324.872	62.834	22,56	19,12
	48.987	9071,041	1617,484	-	-	17.572	28.261	20.726	5.990	18,87	45,88
16	240.294	15434,25	4116,794	-	-	40.768	60.319	179.976	34.530	22,18	18,47
	109.925	10743,17	2240,89	-	-	-	12.984	96.941	15.164	21,29	-
	614.415	10850,24	27554,46	-	566,2387	146.714	185.685	428.731	90.014	22,61	25,5
17	225.282	13822,21	4174,088	-	-	65.269	83.265	142.018	32.425	22,21	31,49
	42.468	6695,955	827,7661	-	-	-	7.523	34.945	5.466	19,86	-
	450.367	10892,72	2219,305	-	747,2073	-	13.859	436.508	68.281	23,4	-
18	53.826	8372,373	932,624	-	-	-	9.305	44.521	6.964	19,97	-
	450.367	10892,72	1055,267	-	747,2073	-	12.695	437.672	68.463	23,46	-
19	140.147	8727,421	3463,461	-	-	35.145	47.336	92.811	20.016	22,04	27,47
	622.218	14104,79	3992,106	-	263,9265	146.714	165.075	457.143	94.459	23,43	24,3
20	319.109	16652,05	5542,607	-	-	73.357	95.552	223.557	46.445	22,46	24,71
	30.419	5057,286	867,7901	-	-	17.572	23.497	6.922	3.831	19,44	71,74
21	350.911	16720,01	6833,376	-	-	65.269	88.822	262.089	51.207	22,52	19,94
	1.061.722	19904,21	5395,832	-	570,5946	97.903	123.774	937.948	162.034	23,55	9,451

Çizelge 4.32. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Yapı Elamanları Aracılığıyla Kaybolan Isı Miktarı (kcal/h)				Havalandırma ile Isı Kaybı (kcal/h)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Isı Dengesi (kcal/h) (+/-)	Isı Dengesine Göre Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Kapasitesi (m ³ /h.ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
		Duvar	Çatı	Pencere	Kapı						
22	1.079.302	23648,63	7211,204	147,5668	667,958	115.224	146.900	932.402	163.876	23,43	11
	713.575	14470,32	3607,655	147,5668	667,958	115.224	134.118	579.458	108.666	23,5	16,59
	539.650	11824,32	2281,733	147,5668	667,958	115.224	130.146	409.505	82.081	23,47	21,96
23	640.489	24918,64	9452,505	-	-	102.361	136.732	503.757	94.813	22,84	16,89
	401.676	22787,07	4833,59	-	-	73.357	100.978	300.699	58.512	22,48	19,61
24	341.429	17479,34	5653,568	-	-	73.357	96.490	244.940	49.790	22,5	23,05
	234.270	16688,58	3416,026	-	-	65.269	85.373	148.897	33.501	22,07	30,48
25	326.714	19234,98	4381,978	-	-	65.269	88.886	237.828	47.412	22,39	21,53
	75.160	10317,19	1126,26	-	-	24.601	36.045	39.115	9.966	20,46	38,61
26	551.107	24913,43	7426,677	-	-	92.124	124.464	426.643	81.149	22,72	17,76
	405.232	18983,43	6979,663	-	-	92.124	118.087	287.145	59.327	22,59	24,29
	683.057	14783,56	4062,449	-	576,3132	-	19.422	663.635	103.810	23,45	-
27	679.699	26340,66	9804,409	-	-	92.882	129.027	550.672	100.669	22,86	14,43
	412.343	21740,78	5542,607	-	-	92.882	120.166	292.177	60.233	22,54	24,12
	161.282	10934,94	3490,987	-	-	65.269	79.695	81.588	22.972	21,98	44,44
	13.432	2752,859	452,497	-	-	.	3.205	10.226	1.599	18,38	-
	602.564	15486,14	3930,482	-	588,8257	65.269	85.274	517.290	91.127	23,34	11,2
28	425.281	23187,98	5567,743	-	-	102.361	131.117	294.164	62.027	22,51	25,81
	88.987	10802,33	1428,151	-	-	17.572	29.803	59.184	12.007	20,82	22,89
	690.563	15624,36	15051,7	70,83205	625,0611	73.357	104.729	585.835	103.115	23,04	11,13
29	297.282	20140,16	3406,741	-	-	73.357	96.904	200.378	42.819	22,23	26,8
	45.530	7964,391	654,2862	-	-	24.601	33.220	12.310	5.774	19,57	66,65
30	282.862	15969,91	4421,155	-	-	65.269	85.660	197.203	41.057	22,4	24,87
	34.567	5303,499	1237,459	-	-	-	6.541	28.026	4.384	19,57	-
	273.874	5754,112	966,008	118,0534	113,1114	30.626	37.577	236.297	41.754	23,53	11,47

Bir yapının ısı dengesi açısından uygunluğu yapının yalıtım derecesiyle ilgili olup çelik siloların hiçbirinde yalıtım malzemesi kullanılmamış iken beton depoların bazılarında kapı ve çatılarda yalıtım malzemesi kullanılmış ancak duvarlarda yalıtım malzemesi kullanılmamıştır.

Araştırma sonuçlarından elde edilen verilere göre kış mevsiminde hangi ürün depolanırsa depolansın, bir depolama biriminde yapı elemanları ve havalandırma ile kaybolan ısı miktarları aynı olacağı için ısı dengesi hesaplamalarında ürünler arasındaki farklılıkların tespit edilmesinde, depolanan ürünlerin hektolitre ağırlıkları (depolanan ürün miktarının tayininde) ve solunum ısıları en önemli iki kriterdir. Ayrıca hububat depolarında birim alanda depolanan ürün miktarının fazla olması nedeniyle birim alanda ürün tarafından verilen ısı miktarı da oldukça yüksektir. Diğer tarımsal işletmelerin aksine hububat depolarında, kış mevsiminde yapı elemanları ve havalandırma ile ısı kayıpları depolama yapısı içerisinde biriken ısı yanında oldukça düşük gerçekleşmektedir. Bu nedenle ürün dolu olan hububat depolarında taneciklerin granüler yapıda olması nedeniyle bir nevi yalıtım görevi de görmesinden dolayı bu mevsimde aşırı derecede sıcaklık düşüşü gözlemlenmemiştir. Hububat depolarında termokupllar aracılığıyla taneler arasında ölçülen sıcaklığın 25-30 °C'ye kadar çıkmasına müsaade edilmekte olup kış aylarında tahıl tanecikleri arasındaki sıcaklıklar 5-6 °C'nin altına inmedikçe depolanan ürün açısından ısınma ile ilgili büyük bir sorun oluşturmamaktadır. Hububat depolarında sorunun ana kaynağını tahılların tane nem içeriğinin artması oluşturmaktadır.

Kış mevsiminde hububat depolarında en büyük sorunu saçak altında meydana gelen su buharının sebep olduğu damlamalar oluşturmaktadır. Bunun sebebi, Carter (1978), Jones ve Shelton (1994), McKenzie (2010), Bala (2017) ve Sharma (2021) tarafından da bildirildiği gibi, silo yan cidarlarında soğuk hava ile temas eden kısımlarda tanecikler arasındaki havanın soğuması ve daha sıcak olan silonun merkezinde ısınan havanın tanecikler arasından yükselerek saçak altında yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu kısımda oluşan su buharı uygun yöntemlerle uzaklaştırılmazsa ürün içerisine damlayarak üründe bozulmaya ve çürümeye sebep olmaktadır. Yürütülen saha çalışmaları sırasında bazı depolama birimlerinde bu sorunla karşılaşmış olup çürüyen ürünler bu kısımlardan alınarak uzaklaştırılmış ve özellikle de yüksek hasat nem içeriğine sahip mısırdaki çok ciddi ürün kayıpları meydana gelmiştir.

4.2.9.2. Yaz mevsimi ısı dengesi analizleri

Tahılların özellikle hasatlarının haziran ayında başlaması nedeniyle depolama faaliyetlerinin artış gösterdiği yaz mevsiminde depolama yapılarının tahıl depolamaya uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla yaz mevsimi ısı dengesi analizleri ve bu analizlerin sonuçlarına göre maksimum havalandırma kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde bulunan farklı kapasiteye, yapı tipine ve depolanan ürün çeşidine göre hububat depolarında yaz mevsimi ısı dengesi analizleri ve depolama birimi için toplam ve ürün bazında maksimum havalandırma miktarları; arpa, buğday, mısır, yulaf, çavdar ve çeltik depolanması durumlarına göre sırasıyla Çizelge 4.33, Çizelge 4.34, Çizelge 4.35, Çizelge 4.36, Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Yaz mevsiminde depolama yapıları için belirlenen havalandırma kapasiteleri; yapının konumu, kullanılan konstrüksiyon malzemeleri, yapının tipi, bölgenin iklim özellikleri, depolanan ürün çeşidi ve ürünlerin yetiştirme koşulları (özellikle hasat nem içeriği) vb. gibi parametrelere önemli ölçüde bağlıdır. Bu nedenle hububat depolarında yaz mevsimi maksimum havalandırma debisi aynı iklim koşullarında bile ürün çeşidine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle belirli bir iklim bölgesi için belirlenen havalandırma debisinin farklı iklim bölgeleri için genelleştirilmesi doğru olmamaktadır.

Yapılan literatür araştırmalarına göre, hububat depolarında depo iç-dış sıcaklık farkının 5-10 °C olması durumunda depo içerisinde biriken fazla ısıнын dışarı atılması için havalandırma sistemleri çalıştırılmaktadır. Ancak yaz mevsiminde ısı dengesinin sağlanmasında iç-dış sıcaklık farkının 1 °C veya 2 °C alınması gerektiği, sıcaklık farkının 1 °C alınmasının havalandırma kapasitesini artıracığı ve 2 °C alınmasının ise debiyi düşürerek yapı içerisinde ısı birikimine sebep olacağı Uğurlu (1998) tarafından bildirilmektedir. Ancak hububat depolarında ürünün solunum ısısının oldukça yüksek olmasından dolayı, yaz mevsimi ısı dengesi hesaplamalarında depo iç-dış sıcaklık farkı (Δt) 5 °C olarak alınmıştır. Hububat depolarında yaz mevsiminde ısı dengesi analizlerinde, depo içerisine ürün tarafından verilen ısı miktarı tek başına yeterli olmayıp yapı elemanlarının güneş ışıını soğurma katsayısına bağlı olarak güneş radyasyonu miktarının da dikkate alınması gerekmektedir. Güneş radyasyonu ile ısınan depo yüzeylerinden kullanılan konstrüksiyon malzemesinin geçirgenliğine bağlı olarak depo

içi ortamına ısı akışı gerçekleşmekte ve bu ısı depo içi ortamında birikerek sıcaklığın yükselmesine sebep olmaktadır. Bir depolama biriminde radyasyonla ısı artışı ve dolayısıyla maksimum havalandırma kapasitesinin belirlenmesinde, yapı elemanlarının ısı geçirgenliği, yapımında kullanılan konstrüksiyon malzemeleri, yalıtımın olup olması ve depolama ünitesinin boyutları etkili olmaktadır.

Çizelge 4.33, Çizelge 4.34, Çizelge 4.35, Çizelge 4.36, Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38'den de görüleceği gibi, Konya Bölgesindeki hububat depolarında radyasyonla ısı artışı saatte 1541 kcal ile 97359 kcal arasında değişmektedir. Aradaki farkın bu kadar büyük olmasının sebebi 11 nolu işletmede bulunan dairesel kesitli beton silolar arasındaki kuyularda da ürün depolandığı ve bu arada bulunan kuyuların kesitlerinin de küçük olmasından ve radyasyonla ısı akışının düşük kalmasından kaynaklanmaktadır. 11 nolu işletmede bulunan beton silolar arasındaki kuyuların yüzeyleri (sadece bir kuyunun tek duvarı hariç) doğrudan güneş radyasyonuna maruz kalmadığı için bu depolama birimlerinde radyasyonla olan ısı akışı ihmal edilmiştir.

Çizelge 4.33'e göre, araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde her bir depolama ünitesinde arpa için yaz mevsimi maksimum havalandırma oranı toplam 11371 m³/h (27 nolu işletme) ile 680375 m³/h (14 nolu işletme) arasında değişmektedir. Depolama yapıları içerisinde havalandırma kapasitesinin 14 nolu işletmede bulunan çelik silolarda en yüksek olmasının sebebi, bu silolarda yapı elemanlarının ısı geçirgenliği yüksek olduğu için radyasyonla ısı akış oranının yüksek olması ve bölgede bulunan en büyük kapasiteye sahip olduğu için depolama ünitesinde daha fazla ürün depolanması olarak açıklanabilir. Arpa depolanması düşünülen silolarda yaz mevsimi havalandırma miktarının en düşük olduğu 27 nolu işletmede bulunan çelik silolarda da yapı elemanlarının ısı iletim katsayıları yüksektir. Ancak bu siloların depolama kapasiteleri küçük olduğu için ürün tarafından depo içerisine verilen ısı miktarı da düşük olacağından yaz mevsimi havalandırma miktarı bu silolarda düşük gerçekleşmiştir. Çizelge 4.33'e göre, depolarda arpa depolanması durumunda güneş radyasyonundan kaynaklı ısı artışının ürün tarafından depo içerisine verilen ısı miktarına oranı ise %1.54 ile %42.7 arasında değişmektedir. Ayrıca ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre Konya bölgesindeki arpa depolarında ton başına yaz mevsimi havalandırma kapasitesinin 87.5 m³/h ile 125 m³/h arasında değiştiği ve yine ton başına ortalama olarak saatte yaklaşık 101 m³ olması gerektiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.33). Ancak yaz mevsiminde arpa

silolarında mevcut havalandırma sistemleri ile ihtiyacın karşılanma oranı %2.88 ile %35.7 arasında değişiklik göstermektedir.

Yaz mevsimi ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre, Konya bölgesindeki hububat depolarında en fazla depolanan ürünlerden biri olan buğday için ton başına maksimum havalandırma kapasitesinin $109.4 \text{ m}^3/\text{h}$ ile $141 \text{ m}^3/\text{h}$ arasında değişmektedir ve buğday için ton başına havalandırma kapasitesi saatte ortalama olarak yaklaşık 121 m^3 'tür (Çizelge 4.34). Başka bir ifadeyle Konya bölgesindeki hububat depolarında arpa yerine buğday depolanacaksa ton başına $20 \text{ m}^3/\text{h}$ daha fazla havalandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Buğday depolanan her bir depolama ünitesinde yaz mevsimi maksimum toplam havalandırma miktarının $15149 \text{ m}^3/\text{h}$ (27 nolu işletme) ile $983604 \text{ m}^3/\text{h}$ (14 nolu işletme) arasında olması gerekmedir. Buğday silolarında havalandırma ihtiyacının karşılanma oranı ise %1.99 ile %26.7 arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.34).

Buğdayın %13 nem içeriğinde solunum ısısının, aynı koşullarda arpanın solunum ısısına oranı 1.3 ve buğdayın hektolitre ağırlığının da arpadan daha yüksek olmasından dolayı birim depolama alanında daha fazla depolanan buğdayın yaz mevsimi toplam havalandırma debisi arpadan daha yüksek olacaktır. Örneğin hem arpa hem de buğday depolanmasında maksimum ısı birikimi ve havalandırma debisinin tespit edildiği 14 nolu işletmede, arpa yerine buğday depolanması durumunda depo iç ortamında 1.5 kat daha fazla olan ısıyı dışarı atabilmek için yaz mevsimi maksimum havalandırma debisi de bu oranda artırılmalıdır. Ayrıca, buğday depolarında güneş radyasyonundan kaynaklı ısı artışının ürün tarafından depo içerisine verilen ısı miktarına oranının %1.04 ile %28.9 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.33. Depolama yapılarında arpa depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
1	236.515	39.164	16,6	187.536	102	15,6
	142.684	28.491	20	116.445	105	25,1
	292.951	34.564	11,8	222.799	97,8	13,5
2	292.951	34.938	11,9	223.054	97,9	13,4
3	159.572	27.769	17,4	127.443	103	28,8
4	229.105	39.515	17,2	182.734	103	16
	133.551	9.842	7,37	97.546	93,9	7,05
5	229.105	38.496	16,8	182.042	102	16,1
	143.287	34.661	24,2	121.053	109	24,1
	292.951	32.842	11,2	221.628	97,3	16,6
6	266.585	55.175	20,7	218.884	106	13,4
	31.879	10.847	34	29.066	117	35,7
7	246.682	36.500	14,8	192.640	100	15,2
8	257.107	36.573	14,2	199.783	99,9	18,5
	535.583	63.021	11,8	407.213	97,8	6,38
	42.908	12.727	29,7	37.847	113	18,5
	33.000	10.797	32,7	29.793	116	23,5
9	231.776	36.329	15,7	182.384	101	14,3
10	219.713	43.226	19,7	178.870	105	16,3
	492.157	88.441	18	394.965	103	-
11	73.048	25.108	34,4	66.772	118	-
	15.509	-	-	10.550	87,5	-
	6.892	-	-	4.689	87,5	-
	20.678	1.541	7,45	15.115	94	-
	6.892	-	-	4.689	87,5	-
	2.584	-	-	1.758	87,5	-

Çizelge 4.33. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
12	524.554	59.689	11,4	397.444	97,4	15,9
	129.846	20.087	15,5	101.995	101	10,8
13	292.951	35.637	12,2	223.529	98,1	7,15
14	238.496	97.359	40,8	228.473	123	35,7
	940.631	59.521	6,33	680.375	93	2,88
15	374.891	47.926	12,8	287.631	98,7	10,6
	42.736	17.029	39,8	40.656	122	17,2
16	209.632	34.140	16,3	165.831	102	9,79
	95.898	35.100	36,6	89.114	120	-
	536.014	55.541	10,4	402.418	96,5	14,5
17	196.536	32.281	16,4	155.658	102	16,7
	37.049	11.332	30,6	32.912	114	-
	392.899	9.956	2,53	274.051	89,7	-
18	46.958	13.765	29,3	41.308	113	-
	392.899	9.239	2,35	273.564	89,5	-
19	122.264	23.391	19,1	99.085	104	14,1
	542.821	13.860	2,55	378.694	89,7	15,4
20	278.389	40.927	14,7	217.222	100	13,5
	26.537	9.444	35,6	24.478	119	28,6
21	306.134	45.267	14,8	239.048	100	10,9
	926.242	20.098	2,17	643.769	89,4	6,06
22	941.578	24.112	2,56	656.932	89,7	6,99
	622.520	17.758	2,85	435.563	90	10,5
	470.789	11.775	2,5	328.275	89,7	14
23	558.761	64.988	11,6	424.319	97,7	9,61
	350.421	45.712	13	269.478	98,9	10,8

Çizelge 4.33. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
24	297.862	42.242	14,2	231.364	99,9	12,6
	204.376	33.273	16,3	161.666	102	16,1
25	285.024	40.687	14,3	221.572	100	11,7
	65.569	17.322	26,4	56.388	111	17,4
26	480.784	59.014	12,3	367.209	98,2	9,99
	353.523	49.645	14	274.264	99,8	13,4
	595.896	19.944	3,35	418.939	90,4	-
27	592.967	68.055	11,5	449.675	97,5	8,23
	359.726	47.108	13,1	276.758	98,9	13,4
	140.703	25.799	18,3	113.266	104	23
	11.718	4.998	42,7	11.371	125	-
	525.674	11.742	2,23	365.589	89,4	7,11
28	371.014	49.087	13,2	285.782	99,1	14,3
	77.632	18.615	24	65.474	108	10,7
	602.445	39.595	6,57	436.762	93,2	6,69
29	259.348	37.521	14,5	201.952	100	14,5
	39.720	12.227	30,8	35.338	114	27,7
30	246.768	35.835	14,5	192.247	100	13,5
	30.156	11.009	36,5	28.003	119	-
	238.927	3.679	1,54	165.038	88,8	7,39

Çizelge 4.34. Depolama yapılarında buğday depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
1	348.594	39.164	11,2	263.781	121,6	11,1
	210.300	28.491	13,5	162.442	124,2	18
	431.775	34.564	8,01	317.237	118,1	9,46
2	431.775	34.938	8,09	317.492	118,2	9,45
3	235.190	27.769	11,8	178.884	122,3	20,5
4	337.673	39.515	11,7	256.590	122,2	11,4
	196.838	9.842	5	140.599	114,8	4,89
5	337.673	38.496	11,4	255.898	121,8	11,4
	211.189	34.661	16,4	167.245	127,3	17,5
	431.775	32.842	7,61	316.066	117,7	11,6
6	392.915	55.175	14	304.823	124,7	9,59
	46.987	10.847	23,1	39.343	134,6	26,3
7	363.580	36.500	10	272.163	120,3	10,7
8	378.946	36.573	9,65	282.666	119,9	13,1
	789.385	63.021	7,98	579.868	118,1	4,48
	63.242	12.727	20,1	51.680	131,4	13,5
	48.638	10.797	22,2	40.432	133,6	17,3
9	341.610	36.329	10,6	257.101	121	10,1
10	323.831	43.226	13,3	249.699	124	11,7
	725.381	88.441	12,2	553.621	122,7	-
11	107.664	25.108	23,3	90.321	134,9	-
	22.858	-	-	15.550	109,4	-
	10.159	-	-	6.911	109,4	-
	30.478	1.541	5,06	21.782	114,9	-
	10.159	-	-	6.911	109,4	-
	3.809	-	-	2.591	109,4	-

Çizelge 4.34. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
12	773.130	59.689	7,72	566.543	117,8	11,2
	191.378	20.087	10,5	143.853	120,8	7,65
13	431.775	35.637	8,25	317.967	118,4	5,03
14	351.515	97.359	27,7	305.356	139,6	26,7
	1.386.377	59.521	4,29	983.604	114	1,99
15	552.544	47.926	8,67	408.483	118,8	7,49
	62.988	17.029	27	54.433	138,9	12,9
16	308.973	34.140	11	233.410	121,4	6,96
	141.343	35.100	24,8	120.029	136,5	-
	790.020	55.541	7,03	575.212	117	10,2
17	289.670	32.281	11,1	219.014	121,5	11,9
	54.606	11.332	20,8	44.856	132	-
	579.086	9.956	1,72	400.709	111,2	-
18	69.210	13.765	19,9	56.446	131,1	-
	579.086	9.239	1,6	400.221	111,1	-
19	180.202	23.391	13	138.499	123,5	10,1
	800.053	13.860	1,73	553.682	111,2	10,6
20	410.313	40.927	9,97	306.966	120,3	9,52
	39.113	9.444	24,1	33.033	135,8	21,2
21	451.204	45.267	10	337.736	120,3	7,7
	1.365.169	20.098	1,47	942.359	111	4,14
22	1.387.774	24.112	1,74	960.467	111,3	4,78
	917.521	17.758	1,94	636.244	111,5	7,21
	693.887	11.775	1,7	480.042	111,2	9,56
23	823.546	64.988	7,89	604.445	118	6,75
	516.478	45.712	8,85	382.442	119	7,64

Çizelge 4.34. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
24	439.013	42.242	9,62	327.385	119,9	8,93
	301.226	33.273	11	227.550	121,4	11,4
25	420.091	40.687	9,69	313.455	119,9	8,29
	96.641	17.322	17,9	77.526	129	12,6
26	708.618	59.014	8,33	522.199	118,5	7,03
	521.050	49.645	9,53	388.228	119,8	9,45
	878.280	19.944	2,27	611.037	111,8	-
27	873.962	68.055	7,79	640.828	117,9	5,77
	530.194	47.108	8,89	392.722	119,1	9,42
	207.379	25.799	12,4	158.624	123	16,4
	17.271	4.998	28,9	15.149	141	-
	774.781	11.742	1,52	535.050	111	4,86
28	546.830	49.087	8,98	405.385	119,2	10,1
	114.420	18.615	16,3	90.500	127,1	7,73
	887.932	39.595	4,46	630.971	114,2	4,63
29	382.247	37.521	9,82	285.557	120,1	10,2
	58.543	12.227	20,9	48.143	132,2	20,4
30	363.707	35.835	9,85	271.797	120,1	9,57
	44.447	11.009	24,8	37.725	136,4	-
	352.150	3.679	1,04	242.061	110,5	5,04

Ülkemizdeki mısır tarımının önemli bir kısmının gerçekleştirildiği Konya ilinde üretilen toplam hububat içerisinde de en büyük paya sahip olan mısırın bu bölgede sağlıklı koşullarda depolanması konusunu daha önemli hale getirmektedir. Mısır ile arpanın hektolitreye ağırlıkları arasındaki fark fazla olmamasına rağmen hububat siloları büyük kapasitelere sahip olduğu için çok küçük farklılıklar bile depolanan ürün miktarı açısından büyük farklar oluşturmaktadır. Ancak arpa ve buğdayın yerine mısır depolanması durumunda depo içerisinde üründen kaynaklı ısı artışında en önemli farklılık hektolitreye ağırlıkları arasındaki farktan değil aynı şartlar altında mısırın solunum ısısının arpaninkinden 4 kat ve buğdayinkinden 3 kat daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle aynı depolama ünitesinde mısır depolanması durumunda depo içerisinde ısı birikimi arpanın yaklaşık 4 katı buğdayın yaklaşık 3 katı kadar olacaktır ve yaz mevsimi maksimum havalandırma miktarının da bu oranlarda artırılması gerekmektedir.

Çizelge 4.35'e göre mısır depolanan depolama yapılarında yaz mevsimi maksimum havalandırma miktarı ton başına saatlik 328.1 m^3 ile 363.3 m^3 arasında değişmektedir ve ortalama olarak ton başına saatlik yaklaşık 341 m^3 'e karşılık gelmektedir. Konya bölgesindeki hububat depolarında yaz mevsiminde arpa ve buğday yerine mısır depolanması durumunda, arpaya göre ton başına saatlik yaklaşık 240 m^3 daha fazla havalandırma kapasitesi planlanması gerekirken buğdaya göre ton başına saatlik yaklaşık 220 m^3 daha fazla havalandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Ayrıca mısır silolarında yaz mevsimi maksimum toplam havalandırma miktarı $35.078 \text{ m}^3/\text{h}$ (27 nolu işletme) ile $2.583.316 \text{ m}^3/\text{h}$ (14 nolu işletme) arasında değişmektedir. Mevcut havalandırma sistemleri ile ihtiyacın karşılanma oranı çok düşük düzeylerde kalmıştır ve genel olarak %0.76 ile %11.5 arasında değişmektedir. Depolama yapılarında radyasyonla ısı artışının ürün tarafından verilen ısıya oranı ise %0,39 ile %10.73 arasında değişmektedir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Depolama yapılarında mısır depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
1	939.881	39.164	4,17	666.017	341,7	4,39
	567.010	28.491	5,02	405.103	344,5	7,21
	1.164.152	34.564	2,97	815.453	337,8	3,68
2	1.164.152	34.938	3,0	815.707	337,9	3,68
3	634.120	27.769	4,38	450.265	342,4	8,15
4	910.435	39.515	4,34	646.224	342,3	4,52
	530.716	9.842	1,85	367.727	334,1	1,87
5	910.435	38.496	4,23	645.531	341,9	4,53
	569.407	34.661	6,09	410.931	348	7,11
	1.164.152	32.842	2,82	814.282	337,3	4,51
6	1.059.378	55.175	5,21	758.199	345,1	3,85
	126.687	10.847	8,56	93.560	356,2	11,1
7	980.284	36.500	3,72	691.690	340,3	4,22
8	1.021.714	36.573	3,58	719.923	339,8	5,14
	2.128.343	63.021	2,96	1.490.723	337,8	1,74
	170.514	12.727	7,46	124.654	352,5	5,62
	131.138	10.797	8,23	96.554	355,1	7,25
9	921.049	36.329	3,94	651.278	341	3,99
10	873.113	43.226	4,95	623.360	344,3	4,69
	1.955.775	88.441	4,52	1.390.623	342,9	-
11	290.284	25.108	8,65	214.553	356,4	-
	61.631	-	-	41.926	328,1	-
	27.391	-	-	18.633	328,1	-
	82.175	1.541	1,875813	56.950	334,2	-
	27.391	-	-	18.633	328,1	-
	10.271	-	-	6.987	328,1	-

Çizelge 4.35. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
12	2.084.516	59.689	2,86	1.458.643	337,5	4,33
	515.993	20.087	3,89	364.680	340,8	3,02
13	1.164.152	35.637	3,06	816.183	338,1	1,96
14	947.756	97.359	10,27	710.963	361,8	11,5
	3.737.954	59.521	1,59	2.583.316	333,3	0,76
15	1.489.772	47.926	3,22	1.046.053	338,6	2,93
	169.829	17.029	10,03	127.114	361	5,51
16	833.053	34.140	4,1	589.927	341,5	2,75
	381.088	35.100	9,21	283.121	358,3	-
	2.130.055	55.541	2,61	1.486.800	336,6	3,93
17	781.008	32.281	4,13	553.258	341,6	4,7
	147.230	11.332	7,7	107.866	353,3	-
	1.561.333	9.956	0,64	1.068.904	330,2	-
18	186.606	13.765	7,38	136.307	352,3	-
	1.561.333	9.239	0,59	1.068.417	330	-
19	485.862	23.391	4,81	346.431	343,9	4,04
	2.157.104	13.860	0,64	1.476.846	330,2	3,96
20	1.106.286	40.927	3,7	780.417	340,2	3,74
	105.458	9.444	8,96	78.165	357,4	8,96
21	1.216.538	45.267	3,72	858.371	340,3	3,03
	3.680.773	20.098	0,55	2.517.600	329,9	1,55
22	3.741.720	24.112	0,64	2.561.790	330,2	1,79
	2.473.822	17.758	0,72	1.694.952	330,4	2,71
	1.870.860	11.775	0,63	1.280.704	330,1	3,58
23	2.220.448	64.988	2,93	1.554.718	337,7	2,62
	1.392.531	45.712	3,28	978.396	338,8	2,99

Çizelge 4.35. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
24	1.183.668	42.242	3,57	833.953	339,8	3,5
	812.166	33.273	4,1	575.129	341,5	4,52
25	1.132.651	40.687	3,59	798.189	339,8	3,26
	260.564	17.322	6,65	189.038	349,9	5,18
26	1.910.578	59.014	3,09	1.339.858	338,2	2,74
	1.404.857	49.645	3,53	989.457	339,7	3,71
	2.368.021	19.944	0,84	1.624.466	330,8	-
27	2.356.380	68.055	2,89	1.649.276	337,5	2,24
	1.429.510	47.108	3,29	1.004.502	338,9	3,68
	55.9135	25.799	4,61	397.914	343,2	6,53
	46.566	4.998	10,73	35.078	363,3	-
	2.088.967	11.742	0,56	1.429.054	329,9	1,82
28	1.474.364	49.087	3,33	1.036.361	339	3,93
	308.500	18.615	6,03	222.527	347,9	3,15
	2.394.043	39.595	1,65	1.655.536	333,5	1,77
29	1.030.616	37.521	3,64	726.624	340	4,02
	157.845	12.227	7,75	115.695	353,5	8,47
30	980.626	35.835	3,65	691.471	340	3,76
	119.839	11.009	9,19	89.012	358,2	-
	949.468	3.679	0,39	648.400	329,3	1,88

Araştırmanın yürütüldüğü hububat depolarında güneş radyasyonundan kaynaklı ısı artışının hangi ürün depolanırsa depolansın aynı kalmaktadır. Ayrıca yulafın hektolitreye ağırlığının düşük olması nedeniyle hem bir depolama biriminde diğer ürünlere göre daha az kapasitede depolanabilmesi hem de solunum ısılarının düşük olmasından dolayı depo içerisinde üründen kaynaklı ısı artışı diğer ürünlere göre çok daha düşük gerçekleşecektir. Bu nedenle yulaf için yaz mevsimi havalandırma miktarı diğer ürünlere göre daha düşük düzeydedir. Çizelge 4.36'ya göre, yulaf için yaz mevsimi maksimum havalandırma kapasitesi ton başına saatlik 43.74 m³ ile 98.1 m³ arasında değişmekte olup, ortalama olarak yaklaşık 64 m³/h.ton'a karşılık gelmektedir. Yulaf depolarında yaz mevsimi maksimum havalandırma miktarı 6137 m³/h (27 nolu işletme) ile 260152 m³/h (14 nolu işletme) arasında değişmesine rağmen havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı en düşük %7.53 en yüksek %69.9 düzeyindedir. Ayrıca, güneş radyasyonundan kaynaklı ısı artışının ürün tarafından depo içerisine verilen ısı miktarına oranının en fazla olduğu yulaf depolarında bu oran %100'lere (ürün tarafından verilen ısı ile solunumla kazanılan ısıların eşit olması durumu) kadar çıkmasına rağmen en düşük %4.49'dur (Çizelge 4.36).

Isı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre çavdar için yaz mevsimi maksimum havalandırma miktarı en düşük 27 nolu işletmede ve radyasyonla ısı artışının üründen kaynaklı ısı artışına oranının %51.5 düzeyinde gerçekleştiği depolama ünitelerinde saatte 10004 m³ olmasına rağmen en yüksek havalandırma miktarı 570544 m³/h (14 nolu işletme)'tir. Ayrıca Konya bölgesindeki depolama yapılarında yaz mevsimi boyunca çavdar depolanmak isteniyorsa ton başına saatte minimum 65.61 m³, maksimum 99.4 m³ ve ortalama yaklaşık 78 m³ havalandırma kapasitesinin planlanması gerektiği tespit edilmiştir. Çavdar depolarında mevcut havalandırma sistemlerinin ihtiyacı karşılama oranı ise %3.43 ile %40.89 arasında değişmektedir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.36. Depolama yapılarında yulaf depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
1	81.192	39.164	48,2	81.874	64,84	35,7
	48.981	28.491	58,2	52.702	69,18	55,4
	100.565	34.564	34,4	91.924	58,78	32,6
2	100.565	34.938	34,7	92.179	58,94	32,5
3	54.778	27.769	50,7	56.155	65,92	65,4
4	78.648	39.515	50,2	80.383	65,72	36,4
	45.846	9.842	21,5	37.883	53,13	18,2
5	78.648	38.496	48,9	79.690	65,15	36,7
	49.188	34.661	70,5	57.040	74,56	51,2
	100.565	32.842	32,7	90.754	58,03	40,4
6	91.514	55.175	60,3	99.789	70,11	29,3
	10.944	10.847	99,1	14.824	87,1	69,9
7	84.682	36.500	43,1	82.436	62,59	35,4
8	88.261	36.573	41,4	84.921	61,87	43,6
	183.857	63.021	34,3	167.944	58,73	15,5
	14.730	12.727	86,4	18.678	81,54	37,5
	11.328	10.797	95,3	15.051	85,43	46,5
9	79.565	36.329	45,7	78.839	63,71	33
10	75.424	43.226	57,3	80.714	68,81	36,2
	168.950	88.441	52,3	175.096	66,64	-
11	25.076	25.108	100	34.139	87,54	-
	5.324	-	-	3.621	43,74	-
	2.366	-	-	1.609	43,74	-
	7.098	1.541	21,7	5.877	53,24	-
	2.366	-	-	1.609	43,74	-
	887	-	-	603	43,74	-

Çizelge 4.36. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
12	180.071	59.689	33,1	163.102	58,24	38,8
	44.574	20.087	45,1	43.987	63,45	25
13	100.565	35.637	35,4	92.655	59,24	17,2
14	81.872	97.359	119	121.926	95,76	66,9
	322.903	59.521	18,4	260.152	51,8	7,53
15	128.694	47.926	37,2	120.150	60,03	25,5
	14.671	17.029	116	21.564	94,51	32,5
16	71.963	34.140	47,4	72.179	64,49	22,5
	32.920	35.100	107	46.272	90,38	-
	184.005	55.541	30,2	162.956	56,94	35,9
17	67.467	32.281	47,8	67.856	64,67	38,3
	12.719	11.332	89,1	16.361	82,71	-
	134.876	9.956	7,38	98.525	46,97	-
18	16.120	13.765	85,4	20.330	81,09	-
	134.876	9.239	6,85	98.038	46,74	-
19	41.971	23.391	55,7	44.464	68,12	31,5
	186.341	13.860	7,44	136.191	46,99	42,9
20	95.567	40.927	42,8	92.853	62,47	31,5
	9.110	9.444	104	12.622	89,09	55,5
21	105.091	45.267	43,1	102.284	62,58	25,4
	317.964	20.098	6,32	229.974	46,51	17
22	323.228	24.112	7,46	236.286	47	19,4
	213.701	17.758	8,31	157.455	47,38	29,2
	161.614	11.775	7,29	117.952	46,93	38,9
23	191.813	64.988	33,9	174.695	58,56	23,3
	120.294	45.712	38	112.929	60,36	25,9

Çizelge 4.36. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
24	102.251	42.242	41,3	98.295	61,81	29,7
	70.159	33.273	47,4	70.362	64,49	37
25	97.844	40.687	41,6	94.239	61,93	27,6
	22.509	17.322	77	27.096	77,4	36,2
26	165.045	59.014	35,8	152.421	59,38	24,1
	121.359	49.645	40,9	116.329	61,64	31,5
	204.561	19.944	9,75	152.725	48,01	-
27	203.556	68.055	33,4	184.770	58,37	20
	123.488	47.108	38,1	116.052	60,43	31,9
	48.301	25.799	53,4	50.408	67,1	51,6
	4.022	4.998	124	6.137	98,1	-
	180.455	11.742	6,51	130.746	46,59	19,9
28	127.363	49.087	38,5	120.034	60,6	34
	26.650	18.615	69,9	30.792	74,29	22,7
	206.809	39.595	19,1	167.622	52,12	17,4
29	89.030	37.521	42,1	86.089	62,18	33,9
	13.635	12.227	89,7	17.593	82,96	55,7
30	84.711	35.835	42,3	82.005	62,25	31,7
	10.352	11.009	106	14.531	90,26	-
	82.020	3.679	4,49	58.299	45,7	20,9

Çizelge 4.37. Depolama yapılarında çavdar depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
1	195.919	39.164	20	159.920	78,73	18,27
	118.194	28.491	24,1	99.785	81,43	29,28
	242.668	34.564	14,2	188.593	74,96	15,91
2	242.668	34.938	14,4	188.848	75,06	15,89
3	132.183	27.769	21	108.811	79,4	33,73
4	189.781	39.515	20,8	155.983	79,27	18,73
	110.628	9.842	8,9	81.953	71,45	8,39
5	189.781	38.496	20,3	155.291	78,92	18,82
	118.693	34.661	29,2	104.323	84,77	28,01
	242.668	32.842	13,5	187.422	74,49	19,58
6	220.828	55.175	25	187.757	82,01	15,56
	26.408	10.847	41,1	25.344	92,56	40,89
7	204.341	36.500	17,9	163.837	77,33	17,84
8	212.977	36.573	17,2	169.762	76,88	21,8
	443.655	63.021	14,2	344.677	74,93	7,543
	35.543	12.727	35,8	32.837	89,11	21,32
	27.335	10.797	39,5	25.941	91,53	26,98
9	191.993	36.329	18,9	155.321	78,03	16,74
10	182.001	43.226	23,8	153.216	81,2	19,07
	407.683	88.441	21,7	337.499	79,85	-
11	60.510	25.108	41,5	58.243	92,84	-
	12.847	-	-	8.739	65,61	-
	5.709	-	-	3.884	65,61	-
	17.129	1.541	9	12.701	71,52	-
	5.709	-	-	3.884	65,61	-
	2.141	-	-	1.456	65,61	-

Çizelge 4.37. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
12	434.519	59.689	13,7	336.195	74,63	18,8
	107.559	20.087	18,7	86.834	77,87	12,67
13	242.668	35.637	14,7	189.323	75,25	8,44
14	197.560	97.359	49,3	200.625	97,95	40,65
	779.179	59.521	7,64	570.544	70,62	3,43
15	310.544	47.926	15,4	243.857	75,74	12,55
	35.401	17.029	48,1	35.666	97,17	19,63
16	173.651	34.140	19,7	141.354	78,51	11,49
	79.438	35.100	44,2	77.917	94,6	-
	444.011	55.541	12,5	339.832	73,82	17,2
17	162.802	32.281	19,8	132.709	78,62	19,59
	30.690	11.332	36,9	28.587	89,84	-
	325.461	9.956	3,06	228.175	67,62	-
18	38.898	13.765	35,4	35.825	88,83	-
	325.461	9.239	2,84	227.688	67,47	-
19	101.278	23.391	23,1	84.809	80,77	16,51
	449.650	13.860	3,08	315.313	67,63	18,54
20	230.606	40.927	17,7	184.717	77,26	15,82
	21.982	9.444	43	21.379	93,8	32,74
21	253.588	45.267	17,9	203.303	77,32	12,79
	767.260	20.098	2,62	535.618	67,33	7,281
22	779.964	24.112	3,09	546.991	67,64	8,391
	515.670	17.758	3,44	362.876	67,87	12,65
	389.982	11.775	3,02	273.304	67,59	16,79
23	462.854	64.988	14	359.076	74,82	11,36
	290.274	45.712	15,7	228.562	75,94	12,79

Çizelge 4.37. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
24	246.736	42.242	17,1	196584	76,85	14,86
	169.297	33.273	19,7	137802	78,51	18,87
25	236.102	40.687	17,2	188292	76,92	13,81
	54.314	17.322	31,9	48733	86,54	20,11
26	398.261	59.014	14,8	311071	75,33	11,8
	292.843	49.645	17	232986	76,74	15,75
	493.616	19.944	4,04	349360	68,26	-
27	491.189	68.055	13,9	380438	74,7	9,73
	297.982	47.108	15,8	234755	75,98	15,76
	116.552	25.799	22,1	96837	80,14	26,85
	9.706	4.998	51,5	10004	99,4	-
	435.447	11.742	2,7	304210	67,38	8,55
28	307.332	49.087	16	242462	76,09	16,82
	64.307	18.615	28,9	56410	84,6	12,41
	499.040	39.595	7,93	366418	70,82	7,97
29	214.833	37.521	17,5	171669	77,07	17,02
	32.903	12.227	37,2	30701	89,99	31,92
30	204.412	35.835	17,5	163434	77,11	15,91
	24.980	11.009	44,1	24483	94,53	-
	197.917	3.679	1,86	137140	66,83	8,90

Çeltik ile buğdayın solunum ısıları ve hektolitre ağırlıkları açısından aralarında büyük fark bulunmamakta olup buğday depolarında ton başına tespit edilen havalandırma debisi saatlik ortalama yaklaşık 121 m³ iken çeltik depolarında bu değer yaklaşık 119 m³ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Başka bir ifadeyle aynı depolama ünitesinde buğday yerine çeltik depolanacaksa, üründen kaynaklı ısı artışı daha düşük düzeyde kalacağı için buğday deposu için planlanan maksimum havalandırma debisi ile çeltiğin havalandırma ihtiyacı fazlasıyla karşılanacaktır.

Yaz mevsimi ısı dengesine göre çeltik depolarında maksimum havalandırma kapasitesi toplam 12537 m³/h ile 773970 m³/h arasında değişmektedir ve bu havalandırma miktarlarında ton başına çeltik için sırasıyla saatte 144 m³ ve 110.8 m³'lük havalandırma debisi tespit edilmiştir. Mevcut havalandırma sistemleriyle yaz mevsiminde çeltiğin havalandırma ihtiyacının minimum %2.53'ü maksimum %32.3'ü karşılanabilmektedir. Ayrıca radyasyonla ısı artışı üründen kaynaklı ısı artışının %1.34-%37.2'sine karşılık gelmektedir (Çizelge 4.38).

Ton başına saatlik havalandırma debisinin küçük kapasiteli silolarda büyük kapasiteli silolara göre daha yüksek olmasının sebebi, Bala (2017) tarafından da bildirildiği gibi yaz mevsiminde hem büyük kapasiteli tahıl silolarında küçük kapasiteli silolara göre daha düşük ortalama sıcaklıkların görülmesi hem de küçük depoların sıcaklığının büyük depolara göre daha hızlı artış eğiliminde olması ile açıklanabilir.

Hububat depolarının tamamında aynı ürün depolanması durumlarında bile ton başına saatlik havalandırma kapasiteleri arasında meydana gelen farklılıkların sebebi, iklim koşulları aynı olsa bile depolama kapasiteleri, konstrüksiyon ve yapı elemanlarının yalıtım düzeyleridir. Sonuç olarak, hububat depolarında yaz mevsimi için maksimum havalandırma kapasitesinin tespit edilmesinde; depolanacak ürün çeşidi, toplam depolama kapasitesi ve ürün başına depolama kapasitesi, depo iç-dış sıcaklık farklılığı, kullanılan konstrüksiyon malzemesine bağlı olarak yapı elemanlarının güneş ışınlarını emme katsayıları, depolama yapılarının konumları, yapı tipleri, boyutları, bölgedeki radyasyon yoğunluğu ve yapıların yalıtım düzeyleri etkili olmaktadır.

Çizelge 4.38. Depolama yapılarında çeltik depolanması durumunda yaz mevsimi ısı dengesi analizi ve gerekli havalandırma miktarı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
1	271.109	39.164	14,4	211.070	120,1	13,8
	163.555	28.491	17,4	130.643	123,3	22,4
	335.800	34.564	10,3	251.948	115,8	11,9
2	335.800	34.938	10,4	252.203	115,9	11,9
3	182.912	27.769	15,2	143.321	120,9	25,6
4	262.616	39.515	15	205.531	120,8	14,2
	153.085	9.842	6,43	110.836	111,7	6,21
5	262.616	38.496	14,7	204.838	120,4	14,3
	164.246	34.661	21,1	135.311	127,1	21,6
	335.800	32.842	9,78	250.777	115,2	14,6
6	305.578	55.175	18,1	245.410	123,9	11,9
	36.543	10.847	29,7	32.238	136,1	32,1
7	282.764	36.500	12,9	217.186	118,5	13,5
8	294.714	36.573	12,4	225.366	118	16,4
	613.922	63.021	10,3	460.505	115,8	5,65
	49.184	12.727	25,9	42.117	132,1	16,6
	37.826	10.797	28,5	33.077	134,9	21,2
9	265.677	36.329	13,7	205.446	119,3	12,7
10	251.850	43.226	17,2	200.732	123	14,6
	564.145	88.441	15,7	443.936	121,4	-
11	83.732	25.108	30	74.041	136,5	-
	17.777	-	-	12.093	105	-
	7.901	-	-	5.374	105	-
	23.703	1.541	6,5	17.173	111,8	-
	7.901	-	-	5.374	105	-
	2.962	-	-	2.015	105	-

Çizelge 4.38. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m³/h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m³/h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
12	601.280	59.689	9,93	449.639	115,4	14,1
	148.839	20.087	13,5	114.915	119,1	9,57
13	335.800	35.637	10,6	252.678	116,1	6,32
14	273.381	97.359	35,6	252.204	142,4	32,3
	1.078.215	59.521	5,52	773.970	110,8	2,53
15	429.726	47.926	11,2	324.933	116,7	9,42
	48.987	17.029	34,8	44.908	141,5	15,6
16	240.295	34.140	14,2	186.690	119,9	8,7
	109.925	35.100	31,9	98.656	138,5	-
	614.416	55.541	9,04	455.753	114,5	12,8
17	225.283	32.281	14,3	175.213	120	14,8
	42.468	11.332	26,7	36.599	133	-
	450.367	9.956	2,21	313.146	107,3	-
18	53.826	13.765	25,6	45.980	131,8	-
	450.367	9.239	2,05	312.658	107,1	-
19	140.147	23.391	16,7	111.251	122,5	12,6
	622.218	13.860	2,23	432.706	107,3	13,5
20	319.109	40.927	12,8	244.923	118,4	11,9
	30.419	9.444	31	27.118	137,6	25,8
21	350.911	45.267	12,9	269.509	118,5	9,65
	1.061.722	20.098	1,89	735.932	107	5,3
22	1.079.302	24.112	2,23	750.622	107,3	6,11
	713.576	17.758	2,49	497.506	107,6	9,23
	539.651	11.775	2,18	375.120	107,3	12,2
23	640.490	64.988	10,1	479.917	115,6	8,5
	401.676	45.712	11,4	304.346	116,9	9,6

Çizelge 4.38. devamı

İşletme No	Solunum Isısı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Radyasyonla Isı Artışının Solunum Isısına Oranı (%)	Toplam Havalandırma Miktarı (m ³ /h)	Ton Başına Havalandırma Miktarı (m ³ /h. ton)	Havalandırmanın ihtiyacı karşılama oranı (%)
24	341.430	42.242	12,4	261.002	118	11,2
	234.270	33.273	14,2	182.002	119,9	14,3
25	326.714	40.687	12,5	249.933	118,1	10,4
	75.160	17.322	23	62.912	129,2	15,6
26	551.108	59.014	10,7	415.049	116,2	8,84
	405.232	49.645	12,3	309.440	117,8	11,9
	683.057	19.944	2,92	478.232	108	-
27	679.699	68.055	10	508.677	115,5	7,27
	412.343	47.108	11,4	312.552	117	11,8
	161.283	25.799	16	127.266	121,8	20,4
	13.432	4.998	37,2	12.537	144	-
	602.564	11.742	1,95	417.895	107	6,22
28	425.281	49.087	11,5	322.699	117,1	12,6
	88.987	18.615	20,9	73.198	126,9	9,56
	690.563	39.595	5,73	496.707	111	5,88
29	297.282	37.521	12,6	227.757	118,2	12,8
	45.530	12.227	26,9	39.290	133,2	24,9
30	282.862	35.835	12,7	216.801	118,3	12
	34.567	11.009	31,8	31.004	138,4	-
	273.875	3.679	1,34	188.812	106,4	6,46

4.2.10. Hububat depolarının duvar ve çatılarında kullanılan konstrüksiyon malzemelerine göre güneş radyasyonu kaynaklı ısınma miktarları

Hububat depolarında radyasyonla ısı kazanımı açısından en önemli yapı elemanları duvar ve çatıdır. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde hem duvar hem de çatı elemanları üzerine gelen güneş radyasyonu miktarları daha önce açıklanmıştır. Ancak depolama yapılarında ısınmaya sebep olan güneş radyasyonunun ne kadarının yapı içerisine aktarıldığı daha fazla önem arz etmektedir. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında belirtilen konumlarda bulunan siloların düşey ve eğimli yüzeylerinin birim alanına gelen güneş radyasyonu miktarları Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.24'te ve silolarda güneş radyasyonundan kaynaklı depo içerisinde radyasyonla toplam ısı artış miktarı ise Çizelge 4.33-4.38'de daha önce açıklanmıştır. Yaz mevsiminde yapı yüzeyleri üzerinde etkili olan güneş radyasyonu miktarları açısından depoların bulunduğu yerler arasında enlem dereceleri arasındaki farklılık az olduğu için yüzeyler üzerine gelen güneş radyasyonu miktarları arasında da belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Depolarda özellikle yaz mevsimi ısı dengesi analizlerinde bir depolama ünitesinde maksimum havalandırma kapasitesinin belirlenmesinde, yapı elemanları aracılığıyla toplam kondüksiyon ve radyasyonla ısı kazanımı etkili olmaktadır. Ancak araştırmanın yürütüldüğü depolarda hem yapı elemanları farklı konstrüksiyon malzemeleriyle inşa edildiği için farklı termal özelliklerine sahip olması hem de yapı tipleri arasındaki farklılıklar nedeniyle bir depolama ünitesinde radyasyonla ısı artışının her bir yapı elemanı açısından (özellikle büyük alanlara sahip duvar ve çatılar) ayrı ayrı değerlendirilmesi daha faydalı olacaktır.

Çeliğin, betona kıyasla termal iletkenlik katsayısının oldukça yüksek olması nedeniyle siloda ısı bir noktadan diğer bir noktaya hızlıca yayılmaktadır. Bu nedenle çelik konstrüksiyona sahip silolarda yapı elemanları beton silolara göre güneş radyasyonunu daha fazla absorbe ettikleri için yapı içerisinde daha kısa sürede ve daha fazla ısınmaya sebep olurlar. Çelik ve beton siloların duvar ve çatılarından kaynaklı radyasyonla ısı artış miktarları Çizelge 4.39'da verilmiştir. Beton depolarda güneş radyasyonundan kaynaklı ısınma güney yönünde daha önemlidir ve ısınan duvar yüzeyinden deponun yapı elemanlarına ısı iletimi önemsiz kabul edilir. Çizelge 4.39 incelendiğinde beton depoların çatılarında meydana gelen radyasyonla ısı artışı duvarda meydana gelen artıştan neredeyse üç kat daha fazladır ve hatta çatı ve duvar yüzey alanları arasında çok az bir

farklılık olması durumunda bile bu fark yine aynı düzeyde kalmaktadır. Çelik siloların duvar ve çatı elemanlarında ise radyasyon kaynaklı ısı artışı beton siloların aksine bu yüzeylerin alanlarıyla orantılı olarak değişiklik göstermektedir. Beton silolarda duvar ve çatıdan kaynaklı ısı artışının bu kadar farklılık göstermesinin sebebi ise beton siloların büyük bir çoğunluğunda çatı malzemesi olarak galvanizli çelik sac kullanılmasından ileri gelmektedir. Yürütülen araştırmaların sonuçlarına göre, daha önce açıklanan ve depolama kapasiteleri arasında az bir fark bulunan beton ve çelik silolar karşılaştırıldığında, çelik siloların duvarlarında güneş radyasyonundan kaynaklı ısı artışının beton silolardan oldukça yüksek olduğu ancak çatıdan kaynaklı radyasyonla ısı artışının beton silolarda çelik silolardan oldukça yüksek gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.39).

Bu nedenle bir depolama ünitesinde radyasyonla meydana gelen toplam ısı artış miktarına bakıldığında, depolama kapasiteleri arasında büyük bir farklılık olmayan beton ve çelik silolarda yapı içerisinde radyasyondan kaynaklı ısı artış miktarları arasında da çok büyük bir fark meydana gelmemektedir. Bunun sebebi özellikle bölgede planlanan yatay beton depoların büyük bir çoğunluğunun çatılarında hem yalıtımsız galvanizli çelik sac kullanılması hem de bu depoların çatı yüzey alanlarının büyük olması nedeniyle aslında bir güneş kolektörü görevi görmesi, bu yapılar üzerinde solar radyasyondan kaynaklı ısı artışını daha önemli hale getirmektedir.

Bir örnekle ifade etmek gerekirse, 8 nolu işletmede bulunan çelik silo ile 10 nolu işletmede bulunan yatay beton silonun toplam hacimleri Çizelge 4.14'e göre sırasıyla 6216 m³ ve 5712 m³'tür. Duvar yüzey alanları sırasıyla 785.41 m² ve 476 m² olan bu yapılarda duvardan kaynaklı radyasyonla ısı artış miktarları saatte 21147 kcal ve 12940 kcal olarak gerçekleşmesine rağmen aynı yapılarda çatı yüzey alanları sırasıyla 193.28 m² ve 942.5 m² olan aynı yapılarda çatıdan kaynaklı radyasyon miktarları saatte 15427 kcal ve 75501 kcal olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu yapılarda duvar ve çatı yüzeylerinden radyasyonla toplam ısı artışı ise sırasıyla 36573 kcal/h ve 88441 kcal/h'tir (Çizelge 4.39). Elde edilen bu sonuçlara göre, özellikle yaz mevsiminde yapının ısınması açısından beton silolara göre dezavantajlı gibi görünen çelik silolarda radyasyon miktarı çatısında yalıtım malzemesi kullanılmayan beton silolara oranla toplamda oldukça düşük kalmaktadır.

Çizelge 4.39. Hububat depolarında kullanılan konstrüksiyon malzemelerine göre duvar ve çatı elamanlarından kaynaklı güneş radyasyonu miktarları

İşletme No	Yapı Elemanı (Duvar)				Yapı Elemanı (Çatı)				Duvar ve Çatıya Gelen Toplam Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)
	Konstrüksiyon Malzemesi	U _{DUVAR} (kcal/m ² °Ch)	A _{DUVAR} (m ²)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Konstrüksiyon Malzemesi	U _{ÇATI} (kcal/m ² °Ch)	A _{ÇATI} (m ²)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	
1	Galvanizli Çelik Sac	2,617	1005,8	27053	Trapez galvanizli sac	2,644	151,73	12111	39164
	Galvanizli Çelik Sac	2,613	728,79	19569	Trapez galvanizli sac	2,644	111,76	8921,4	28491
	Beton	1,837	349,2	8409	Trapez galvanizli sac	2,644	326,15	26155	34564
2	Beton	1,837	349,2	8628	Trapez galvanizli sac	2,644	326,15	26311	34938
3	Galvanizli Çelik Sac	2,613	698,05	19178	Trapez galvanizli sac	2,644	114	8590,7	27769
4	Galvanizli Çelik Sac	2,617	1005,8	27741	Trapez galvanizli sac	2,644	151,73	11774	39515
	Galvanizli Çelik Sac	2,599	211,34	5788	Trapez galvanizli sac	2,644	50,5	4054,5	9842,8
5	Galvanizli Çelik Sac	2,617	1005,8	26847	Trapez galvanizli sac	2,644	151,73	11649	38496
	Galvanizli Çelik Sac	2,617	862,12	23012	Trapez galvanizli sac	2,644	151,73	11649	34661
	Beton	1,837	349,2	8350	Trapez galvanizli sac	2,644	326,15	24493	32842
6	Galvanizli Çelik Sac	2,623	1276,6	35158	Trapez galvanizli sac	2,643	249,55	20017	55175
	Galvanizli Çelik Sac	2,594	285,36	7772	Trapez galvanizli sac	2,644	39,67	3075	10847
7	Galvanizli Çelik Sac	2,62	772,47	20847	Trapez galvanizli sac	2,644	196	15653	36500
8	Galvanizli Çelik Sac	2,62	785,41	21147	Trapez galvanizli sac	2,643	193,28	15427	36573
	Galvanizli Çelik Sac	2,627	1054	28462	Trapez galvanizli sac	2,643	433	34559	63021
	Galvanizli Çelik Sac	2,593	363,76	9694	Trapez galvanizli sac	2,644	38	3033,2	12727
	Galvanizli Çelik Sac	2,593	291,32	7764	Trapez galvanizli sac	2,644	38	3033,2	10797
9	Galvanizli Çelik Sac	2,617	881,71	23826	Trapez galvanizli sac	2,644	156,47	12503	36329
10	Galvanizli Çelik Sac	2,621	665,05	18183	Trapez galvanizli sac	2,643	312,67	25043	43226
	Beton	2,045	476	12940	Trapez galvanizli sac	2,644	942,5	75501	88441
11	Beton	2,157	1130,4	25108	-	-	-	-	25108
	Beton	1,956	60	1541	-	-	-	-	1541

Çizelge 4.39. devamı

İşletme No	Yapı Elemanı (Duvar)				Yapı Elemanı (Çatı)				Duvar ve Çatıya Gelen Toplam Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)
	Konstrüksiyon Malzemesi	U _{DUVAR} (kcal/m ² °Ch)	A _{DUVAR} (m ²)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Konstrüksiyon Malzemesi	U _{ÇATI} (kcal/m ² °Ch)	A _{ÇATI} (m ²)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	
12	Galvanizli Çelik Sac	2,625	1264,5	34920	Trapez galvanizli sac	2,643	308,64	24768	59689
	Beton	2,533	753,6	20087	-	-	-	-	20087
13	Beton	1,837	349,2	8557	Trapez galvanizli sac	2,644	339,5	27080	35637
14	Galvanizli Çelik Sac	2,631	1606,1	44192	Trapez galvanizli sac	2,643	656,02	53167	97359
	Galvanizli Çelik Sac	2,619	1635,3	44794	Trapez galvanizli sac	2,643	183,76	14727	59521
15	Galvanizli Çelik Sac	2,622	1061,3	28506	Trapez galvanizli sac	2,643	243,51	19420	47926
	Galvanizli Çelik Sac	2,599	425,76	11332	Trapez galvanizli sac	2,644	71,42	5696,3	17029
16	Galvanizli Çelik Sac	2,619	726,97	19621	Trapez galvanizli sac	2,643	181,79	14519	34140
	Galvanizli Çelik Sac	2,611	1010,7	27197	Trapez galvanizli sac	2,644	98,95	7903	35100
	Beton	1,935	253,7	6453	Trapez galvanizli sac	2,644	608,5	49088	55541
17	Galvanizli Çelik Sac	2,62	651,11	17538	Trapez galvanizli sac	2,643	184,32	14743	32281
	Galvanizli Çelik Sac	2,593	314,01	8374	Trapez galvanizli sac	2,644	36,55	2958,6	11332
	Beton	1,748	261	5984	Sandviç panel	0,584	221,7	3973,1	9956,6
18	Galvanizli Çelik Sac	2,595	392,72	10478	Trapez galvanizli sac	2,644	41,18	3287,3	13765
	Beton	1,748	261	7364	Sandviç panel	0,269	228,6	1875,4	9239,8
19	Galvanizli Çelik Sac	2,617	410,92	11157	Trapez galvanizli sac	2,643	152,94	12234	23391
	Beton	1,837	280,56	6816	Sandviç panel	0,584	398,8	7044,2	13860
20	Galvanizli Çelik Sac	2,622	784,76	21349	Trapez galvanizli sac	2,643	244,76	19578	40927
	Galvanizli Çelik Sac	2,593	237,15	6380	Trapez galvanizli sac	2,643	38,32	3065,2	9444,9
21	Galvanizli Çelik Sac	2,624	788,25	21199	Trapez galvanizli sac	2,643	301,76	24068	45267
	Beton	1,837	430	10328	Sandviç panel	0,489	644	9770,6	20098

Çizelge 4.39. devamı

İşletme No	Yapı Elemanı (Duvar)				Yapı Elemanı (Çatı)				Duvar ve Çatıya Gelen Toplam Radyasyon Miktarı (kcal/h)
	Konstrüksiyon Malzemesi	U _{DUVAR} (kcal/m ² °Ch)	A _{DUVAR} (m ²)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	Konstrüksiyon Malzemesi	U _{ÇATI} (kcal/m ² °Ch)	A _{ÇATI} (m ²)	Radyasyonla Isı Artışı (kcal/h)	
22	Beton	1,526	571	11391	Sandviç panel	0,42	1001	12721	24112
	Beton	1,526	571	11391	Sandviç panel	0,42	501	6366,8	17758
	Beton	1,526	388,5	7750	Sandviç panel	0,42	316,7	4024,7	11775
23	Galvanizli Çelik Sac	2,627	1175,4	31505	Trapez galvanizli sac	2,643	417,42	33484	64988
	Galvanizli Çelik Sac	2,621	1073,6	28706	Trapez galvanizli sac	2,643	213,45	17006	45712
24	Galvanizli Çelik Sac	2,622	823,8	22297	Trapez galvanizli sac	2,643	249,66	19945	42242
	Galvanizli Çelik Sac	2,617	785,75	21221	Trapez galvanizli sac	2,644	150,84	12052	33273
25	Galvanizli Çelik Sac	2,62	906,1	25136	Trapez galvanizli sac	2,643	193,5	15552	40687
	Galvanizli Çelik Sac	2,599	484,25	13325	Trapez galvanizli sac	2,644	49,73	3997,1	17322
26	Galvanizli Çelik Sac	2,625	1174,7	32656	Trapez galvanizli sac	2,643	327,96	26357	59014
	Galvanizli Çelik Sac	2,625	895	24874	Trapez galvanizli sac	2,643	308,22	24771	49645
	Beton	2,786	338,91	12722	Sandviç panel	0,584	405,8	7221,9	19944
27	Galvanizli Çelik Sac	2,627	1242,5	33510	Trapez galvanizli sac	2,643	432,96	34545	68055
	Galvanizli Çelik Sac	2,622	1024,6	27579	Trapez galvanizli sac	2,643	244,76	19529	47108
	Galvanizli Çelik Sac	2,617	514,86	13830	Trapez galvanizli sac	2,644	154,15	11968	25799
	Galvanizli Çelik Sac	2,576	128,73	3404	Trapez galvanizli sac	2,644	19,98	1594,4	4998,7
	Beton	3,018	120	4743	Sandviç panel	0,584	392,65	6999,1	11742
28	Galvanizli Çelik Sac	2,622	1092,8	29462	Trapez galvanizli sac	2,643	245,87	19625	49087
	Galvanizli Çelik Sac	2,603	507,44	13581	Trapez galvanizli sac	2,644	63,06	5033,8	18615
	Beton	2,786	349,2	12754	Trapez galvanizli sac	2,644	332,3	26841	39595
29	Galvanizli Çelik Sac	2,617	948,25	25513	Trapez galvanizli sac	2,644	150,43	12008	37521
	Galvanizli Çelik Sac	2,586	373,05	9921	Trapez galvanizli sac	2,644	28,89	2306,2	12227
30	Galvanizli Çelik Sac	2,62	752,28	20253	Trapez galvanizli sac	2,643	195,23	15582	35835
	Galvanizli Çelik Sac	2,599	248,93	6648	Trapez galvanizli sac	2,644	54,64	4361,3	11009
	Beton	1,664	89,64	1956	Sandviç panel	0,269	209,25	1723,4	3679,2

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmanın ana materyalini Konya bölgesinde hububat depolama konusunda faaliyet gösteren işletmeler oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında öncelikle yürütülen anket ve saha çalışmalarından elde edilen verilere göre bölgedeki hububat depoları çeşitli kategorilerde değerlendirilmiştir. Daha sonra yapısal dökümleri çıkarılan hububat depolarında yapı elamanlarının ısı geçirgenlikleri tespit edilerek hububat silolarının inşa edildiği konumlarda siloların yatay, düşey ve eğimli yüzeylerine gelen radyasyon miktarları kış (ocak, şubat, mart) ve yaz mevsimi (haziran, temmuz, ağustos) için ayrı ayrı hesaplanarak depolanan ürün çeşidine göre kış ve yaz mevsimi ısı dengesi analizleri yapılmıştır.

Yetiştirilen bitki desenine göre Konya bölgesindeki hububat depolarında çoğunlukla arpa, buğday ve mısır depolanmasına rağmen son yıllarda depolanması önem kazanan yulaf, çeltik ve ayçekirdeği de depolanmaya başlanmıştır. Depoların doluluk oranları hasat sezonunda %100'e kadar çıkabilirken ticari işletmelerde bu durum sürekli değişiklik göstermektedir. Ürünlerin sağlıklı koşullarda ve kalitatif- kantitatif olarak kayba uğramadan depolanabilmesi için depolara alınmadan önce kalite analizlerinin yapılması oldukça önemlidir ve işletmelerin %97'sinde kalite analizi için laboratuvar imkânı bulunmaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde depolama yapılarının %42'sini düz tabanlı çelik silo, %24'ünü konik tabanlı çelik silo, %27'sini beton silo (ara kuyular dahil) ve %7'sinin yatay beton silolardan meydana geldiği ve toplam depolama kapasitelerinin de sırasıyla 741850 ton, 184050 ton, 69845 ton ve 152250 ton olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hangi depo tipi olursa olsun bölgedeki depolama kapasitelerinin büyük çoğunluğunun 2500 tonluk kapasiteye sahip olduğu ve yatay beton, düz ve konik tabanlı çelik silolarda depolama kapasitesinin maksimum 6000 ton, 8200 ton ve 2500 ton'a ulaştığı tespit edilmiştir.

Yapı elamanlarının ısı geçirgenlikleri, yapı içerisinde ısınmaya sebep olan en önemli parametredir ve yapı malzemesi ve tipi fark etmeksizin bölgedeki siloların ısı iletim katsayıları duvar, çatı, pencere ve kapılarda sırasıyla ortalama 2.39, 2.31, 1.72 ve 2.39 kcal/m²Ch iken bir yapının ortalama ısı iletim katsayısı 2.64 kcal/m²Ch'tir. Depolama yapılarında kullanılan malzemelerin boyutları ve termal iletkenlikleri göz

önüne alınarak yapılan ısı iletim katsayısı hesaplamalarına göre depo duvarlarında ısı iletim katsayısının $1.53 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$ ile $2.63 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$ arasında değişiklik gösterdiği ve bu farklılığın kullanılan konstrüksiyon malzemelerinden kaynaklandığı saptanmıştır. Çelik silolarda metalin ısıl iletkenliğinin yüksek olmasından dolayı daha büyük değerler gözlemlenmesine rağmen beton silolarda bu değerler daha düşük gerçekleşmiştir. Ayrıca çelik ve beton silo duvarlarının ortalama ısı iletim katsayıları arasındaki fark önemli olup sırasıyla $2.62 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$ ve $1.69 \text{ kcal/m}^2\text{°C}$ olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü işletmeler aynı bölge içerisinde dağılım gösterdikleri için enlem dereceleri arasındaki fark yok denecek kadar azdır ve bu nedenle hububat depolarının bulundukları konumlarda yatay düzlem üzerine gelen güneş radyasyonu açısından da büyük farklar görülmemiştir. Bu nedenle yatay düzlem üzerine gelen güneş radyasyonu miktarları tüm işletmelerin ortalaması alınarak ifade edilmiştir. Hububat depolarının bulundukları lokasyonlarda yatay düzlem üzerine gelen ortalama saatlik direkt güneş radyasyonu miktarı kış mevsiminde (ocak, şubat, mart) ortalama yaklaşık $264 \text{ W/m}^2\text{h}$ ve yaz mevsiminde (haziran, temmuz, ağustos) ortalama yaklaşık $664 \text{ W/m}^2\text{h}$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca aylık ortalama saatlik yayılı güneş radyasyonu miktarının ise kış ve yaz mevsimleri için ortalama olarak sırasıyla yaklaşık $232 \text{ W/m}^2\text{h}$ ve $218 \text{ W/m}^2\text{h}$ olduğu tespit edilmiştir.

Depoların düşey yüzeyleri (duvar) ve eğimli yüzeyleri (çatı) üzerine gelen toplam güneş radyasyonu miktarı içerisinde direkt, difüz (yayılı) ve yansıyan güneş radyasyonunu olmak üzere üç kısımdan meydana gelmektedir. Siloların duvarları üzerine gelen aylık ortalama toplam güneş radyasyonu miktarları, kış mevsimi için ortalama olarak yaklaşık $436 \text{ W/m}^2\text{h}$ ($375 \text{ kcal/m}^2\text{h}$) ve yaz mevsimi için $846 \text{ W/m}^2\text{h}$ ($727 \text{ kcal/m}^2\text{h}$) olarak saptanmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü işletmelerde, bölgedeki tüm hububat depoları temsil etmesi açısından yatay ve düşey yüzeyler üzerine gelen güneş radyasyonunun ifade edilmesinde tüm işletmelerin genel ortalamasından faydalanılmıştır. Ancak depoların eğimli çatı yüzeylerine gelen güneş ısıtım miktarları deponun lokasyonu ve çatı eğim açısına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği için her bir işletmede bulunan farklı çatı eğim açıları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Güneş radyasyonu hesaplamalarına bağlı olarak kış mevsiminde güneş radyasyonu miktarının çatı eğim açısı 7° olan silolarda en düşük ve 40° olan silolarda en yüksektir ve aynı mevsimde 7° ve 40° 'lik eğim açısına

sahip çatı yüzeylerinin birim alanlarında meydana gelen toplam güneş radyasyonu miktarları ise sırasıyla ortalama olarak yaklaşık 454 W/m²h (391 kcal/m²h) ve 570 W/m²h (491 kcal/m²h) olarak tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde çatı yüzeylerinde toplam güneş radyasyonu miktarı 23°'lik eğim açısına sahip silolarda en yüksek iken 40°'lik çatı eğim açısına sahip silolarda en düşüktür. Bu mevsimde 23° ve 40°'lik eğim açılarında çatı yüzeylerine gelen toplam güneş ışıınımı miktarları sırasıyla 855 W/m²h (735 kcal/m²h) ve 827 W/m²h (711 kcal/m²h)'tir. Çatı eğim açısının artmasıyla bu yüzeylerde güneş radyasyonu miktarının azalmasının sebebini yaz mevsiminde güneş ışıınlarının dik açıyla gelmesi olarak açıklayabiliriz.

Kış mevsimi ısı dengesi analizlerinin sonuçlarına göre; arpa, buğday, mısır, çavdar ve çeltik depolanması düşünülen siloların büyük çoğunluğunda pozitif yönlü ısı dengesi mevcut olup minimum havalandırma miktarı depo içerisinde biriken ısıyı dışarı atmakta yetersiz kalmaktadır. Bölgedeki silolarda kış mevsiminde arpa için ton başına minimum havalandırma miktarı ortalama 18 m³/h ve buğday için minimum havalandırma miktarı ton başına ortalama 23 m³/h olarak tespit edilmiştir. Arpa ve buğday yerine mısır depolanması durumunda ise kış mevsimi minimum havalandırma miktarının ton başına saatte 73 m³'e çıkarılması gerekirken çavdar depolanması durumunda ton başına minimum havalandırma miktarının saatte 13 m³ olması gerekmektedir. Ayrıca çeltik depoları için ton başına saatlik minimum havalandırma miktarı ortalama 22 m³ olup buğday depoları için tespit edilen minimum havalandırma kapasitesinin çeltik depoları için de uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak bu mevsimde yulaf depolarında kış mevsimi ısı dengesinin negatif yönlü olduğu yani minimum havalandırma oranı ile yapı elemanları ve havalandırma yoluyla kaybolan ısı miktarının yulaf tarafından yapı içerisine verilen ısı miktarından fazla olduğu ve sonuç olarak havalandırma kapasitesinin ton başına ortalama yaklaşık 7 m³/h olması gerektiği tespit edilmiştir.

Yaz mevsimi maksimum havalandırma kapasitesi, bölgede en çok depolanan arpa, buğday ve mısır için ton başına sırasıyla ortalama 101 m³/h, 121 m³/h ve 341 m³/h'tür. Bu da arpa ve buğday yerine mısır depolanacaksa ton başına sırasıyla 240 m³/h ve 220 m³/h daha fazla havalandırma kapasitesine ihtiyaç olduğu anlamına gelmektedir. Yulaf ve çavdar depolarında ise ton başına saatlik maksimum havalandırma kapasitesi sırasıyla 64 m³ ve 78 m³ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca buğday yerine çeltik depolanması durumunda depo içerisinde üründen kaynaklı ısı artışının daha az düzeyde olacağı ve bir

buğday silosu için tespit edilen maksimum havalandırma debisinin çeltiğin havalandırma ihtiyacını da fazlasıyla karşılayacağı gözlemlenmiştir. Ayrıca taban alanlarının büyük olması nedeniyle havalandırma sistemlerinin farklı şekillerde tasarlanması açısından beton siloları çelik silolara göre avantajlı duruma getirmesine rağmen yapılan analiz sonuçlarına göre beton silolarda fan kapasiteleri ürünlerin havalandırma ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmıştır.

Sonuç olarak, hububat depolarında yaz mevsimi için maksimum havalandırma kapasitesi üzerine etkili olan en önemli faktörlerin depolanacak ürün çeşidi, toplam depolama kapasitesi ve ürün başına depolama kapasitesi, depo iç-dış sıcaklık farklılığı, kullanılan malzemelerin termal özellikleri, yapı elemanlarının güneş ışınlarını emme katsayıları, depolama yapılarının konumları, yapı tipleri, boyutları, bölgedeki radyasyon yoğunluğu ve yapıların yalıtım düzeyleri vb. olduğu ve aynı iklim koşullarına sahip bir bölgede bile maksimum havalandırma debisinin depolanacak ürün çeşidine göre farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle belirli bir bölge için belirlenen havalandırma debisinin tüm iklim bölgeleri için genelleştirilmesi doğru olmayacaktır.

Farklı şekillerde tasarlanmış hububat depolarının inşasında kullanılan malzemeler arasında termal farklılıklardan dolayı yapıda radyasyondan kaynaklı ısınma miktarları da yapı elemanlarına göre farklılık gösterecektir. Bu nedenle, güneş radyasyonunun depolama ünitesi üzerine etkisini daha iyi ortaya koyabilmek için her bir yapı elemanında kullanılan malzemelere göre ayrı ayrı değerlendirmek daha doğru sonuçlar verecektir. Konya bölgesindeki hububat siloları çelik veya beton malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Çelik kontrüksiyona sahip silo yüzeylerinde, çeliğin ısı iletim katsayısı yüksek olduğu için hem ısı bir noktadan diğer noktaya hızı bir şekilde yayılacak hem de daha fazla güneş ışınımı absorbe edildiği için çelik silolar beton silolara kıyasla daha kısa sürede hızlı bir şekilde ısınacaktır. Solar radyasyon analizlerinin sonuçlarına göre, depolama kapasiteleri arasında çok az bir fark bulunan çelik siloların duvarlarında kondüksiyon ve radyasyondan kaynaklı ısı artışının beton silolara kıyasla oldukça yüksek olduğu ancak çatıda meydana gelen kondüksiyon ve radyasyonla ısı artışının beton silolarda çelik silolara oranla çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hatta aynı kapasitede ürün depolanan, çatı eğim açısı aynı olan ve yalıtım yapılmayan beton ve çelik silolarda yapı elemanları aracılığıyla toplam güneş radyasyonu kazanımı çelik silolarda beton silolara göre 1.5 kat daha fazla gerçekleşmektedir. Bölgedeki beton siloların çatı

yüzeylerinin hem büyük olması hem de yapımında çoğunlukla yalıtımsız galvanizli çelik sac kullanılması nedeniyle ısınma açısından çelik silolara göre avantajlı durumda olan beton siloları dezavantajlı konuma getirdiği sonucuna varılmıştır.

Aynı depolama kapasitesi ve aynı çatı eğim açısına sahip olan yalıtımsız çelik silolarda silo çapının artmasıyla birlikte çatı yüzeylerinde radyasyonla ısı kazanımının yaklaşık 2 kat arttığı tespit edilmiştir. Başka bir deyişle, aynı depolama kapasitesine sahip farklı boyutlardaki çelik silolarda yükseklik/genişlik oranı aynı olmasına rağmen silo yüksekliği ve genişliği arttıkça çatı ve duvarlarda radyasyonla ısı kazanımı da artış gösterme eğilimindedir.

5.2 Öneriler

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, Konya ilinde hububat depolama faaliyeti gösteren işletmelerde karşılaşılan sorunlar ve bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri ve bölgede hububat siloların planlanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Konya Bölgesi güneş radyasyonunun oldukça yoğun gerçekleştiği bir bölge olduğu için bu bölgede yatay beton silolarda depolama yapılacaksa, çatıda mutlaka yalıtım malzemesi veya sandviç panel kullanılmalıdır.
- Konya Bölgesi hem havadaki nem içeriğinin düşük olması hem de sıcaklık ortalaması olarak Türkiye’de hububat depolama açısından optimum koşullara en yakın konumda olmasından dolayı tahıl ambarı olarak da bilinen bu ili önemli bir konuma getirmektedir ve hatta hububat depolamaya en uygun bölgedir.
- Tarımsal yapıların planlanmasında yalıtım düzeyi genellikle kış mevsiminde yapı elemanlarıyla ısı kaybının önlenmesi için önemli bir kriter olmasına rağmen, hububat silolarında yapı elemanları kış mevsiminde ve geceleri yapı elemanları (özellikle çatı, duvar) ürünün solunum ısısı nedeniyle tanecikler arasında oluşan fazla ısıнын dışarı atılmasına olanak sağlamalıdır.

- Hububat silolarında kullanılan yapı ve yalıtım malzemeleri öncelikle silo içerisinde ani sıcaklık dalgalanmalarını önleyebilmeli, yapıyı kış mevsiminde nem geçişinden yaz mevsiminde ise güneş radyasyonundan ve yüksek dış hava sıcaklıklarından koruyabilecek nitelikte olmalıdır.
- Havalandırma sistemlerinin planlanmasında, ısı kayıp ve kazançları ne kadar önemliyse depolanan ürün çeşidi ve miktarı da o derece önemlidir. Bu nedenle silolarda havalandırma sistemlerinin depolanacak ürün çeşidine göre ayrı ayrı planlanmaları hem iş gücü hem de ekonomik açıdan önem arz etmektedir.
- Havalandırma sistemlerinin debisinin artırılmasının ekonomik olmadığı ve aynı hacme sahip silolarda farklı ürün depolanması durumunda ise ortalama bir havalandırma debisi belirlenerek bu debiyle havalandırma ihtiyacının karşılanacağı miktarda ve çeşitte ürün depolanmalıdır.
- Doldurma-boşaltma işlemlerinin tamamen otomatik sistemlerle yapılması nedeniyle daha az işgücü ve zaman gerektirmesi, çelik siloları beton silolara göre daha avantajlı duruma getirmektedir.
- Konya bölgesindeki çelik ve beton siloların çatı yüzeylerinde güneş radyasyonundan kaynaklı ısınmayı minimum düzeyde tutabilmek için çatı eğim açısı optimum 30° olmalıdır.
- Silo tasarımı yapılırken aynı depolama kapasitesine sahip çelik silolarda çapın 1.5 kat artırılmasıyla çatıdan radyasyonla ısı kazanımının yaklaşık 1.5 kat artacağı ve genişliğin iki kat artırılmasıyla bu kazanımın 4 katına çıkacağı göz önünde alınarak planlama yapılmalıdır.
- Çelik silolarda yükseklik/çap oranı arttıkça radyasyonla ısı kazanımı azalmasına rağmen bu oran 1'e yaklaştıkça radyasyonla ısı kazanımı maksimum değere ulaşmaktadır. Ancak yüksekliği fazla çapı küçük olarak planlanan çelik silolarda akışkan özelliğe sahip hububat depolanması durumunda silo yan cidarları üzerine gelen yanal basıncı artıracığı için siloda devrilme, burkulma ve hatta patlamaya sebep olacağından bu tip siloların tasarlanması önerilmemektedir.

- Çelik silolarda yalıtım malzemesi kullanmak demek kullanılan malzeme miktarının en az iki katı kadar artması anlamına geleceği için bu silolarda yalıtım malzemesi kullanmak ekonomik olmayacaktır. Bu nedenle çelik silolarda, güneş ışınının nerdeyse %90'ını yansıtabilen hem iç hem de dış yüzeyler üzerine püskürtme yöntemiyle uygulanabilen ve diğer izolasyon malzemelerine göre daha ince katman halinde uygulandığı için daha az iş gücü gerektiren sıvı ısı yalıtım kaplaması (termal ısı yalıtım) önerilmektedir.
- Birim alanda daha fazla ürün depolamaya olanak sağlamaları, otomasyon sistemlerinin verimliliği, düşük işgücü gereksinimi, noktasal olarak ürüne müdahale imkânı sağlaması, inşa kolaylığı vb. sebeplerden dolayı yoğun depolama faaliyetlerinin sürdürüldüğü bölgede, çelik silolar hububat depolamaya daha uygun olacaktır.
- Konya ili sadece tahıl üretiminin en fazla olduğu il olmayıp aynı zamanda Akdeniz liman kentlerine yakın konumda olması, ulaşım ağının oldukça gelişmiş olması ve coğrafik olarak da Türkiye'nin merkezi konumunda bulunması nedeniyle bu bölgede hububat depolama yapılarının artırılması ayrıca lojistik açısından da avantaj sağlayacaktır.
- Araştırma sonuçlarına göre, Konya ilinde tahılların sağlıklı koşullarda muhafaza edilebilmesi, havalandırma sistemlerinin etkin bir şekilde çalışabilmesi ve silolar üzerinde radyasyonla ısı kazancının minimize edilebilmesi için bu bölgede düz tabanlı çelik silolarda ortalama depolama kapasitesinin 2500 ton olmasının uygun olacağı ön görülmektedir. Bu kapasitede, silo çapının 11-13 m (max. 13 m), saçak yüksekliğinin 22-25 m, çatı yüksekliğinin 3-4 m ve çatı açısının 30° olacak şekilde siloların tasarlanması önerilmektedir. Bölgeye uygun 2500 ton kapasiteli 10 bataryadan oluşan hububat siloları ile ilgili çizimler Ek Şekil 21-27'de verilmiştir.
- Konya ilinde konik tabanlı çelik silo kapasitesi 1200-1250 ton olarak önerilmektedir. Bu siloların genişliklerinin 7.0-7.5 m, saçak yüksekliklerinin 18.0-19.0 m (max. 20 m), çatı (tepe noktası) yüksekliklerinin 2.0-3.m ve çatı açısının optimum 30° olacak şekilde planlanması, bölgede uygun koşullarda hububat depolanması açısından önem arz etmektedir. Bölgeye uygun 1200-

1250 ton kapasiteli 4 bataryadan oluşan hububat siloları ile ilgili çizimler Ek Şekil 28 ve Ek Şekil 29’da verilmiştir.

- Araştırma sonuçlarına göre radyasyonla ısı kazancı ve havalandırma miktarının ihtiyacı karşılama oranları göz önüne alındığında, bölgede yatay beton silolar için yan duvar yüksekliği 7-9 m (ort. 8m) ve çatı yüksekliği 12-14 m olarak önerilmektedir. Ayrıca özellikle yüzey alanlarının büyüklüğünden dolayı, çatıdan radyasyonla ısı kazancının problem olduğu yatay betonarme silolarda çatıda yalıtım (sandviç panel) yapılacaksa depo genişliğinin 20-25 m’yi ve uzunluğunun ise 60 m’yi geçmemesi gerekmekte iken yalıtım yapılmayacaksa depo genişliğinin 12-14 m ve depo uzunluğunun 30 m’yi aşmayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca yatay depolar geniş bir taban alanına yayıldığı için çok farklı şekillerde havalandırma sistemlerinin tasarlanmasına imkân sağlayacaktır. Konya bölgesi için yatay betonarme depoları ile ilgili örnek çizimler Ek Şekil 30-32’de verilmiştir.

KAYNAKLAR

- ACI313, 1977, Recommended practice for design and construction bins, silos, and bunkers for storing granüler. American Concrete Institue.
- Ågnström, A., 1924, Solar and Terrestrial Radiation. 19., *Monthly Weather Review*, 52 (8), 397-397.
- Akay, H., 2022, Depolama ve muhafaza. TMO, Alım ve Muhafaza Dairesi Başkanlığı, [https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/hasan.akay/110093/adem_depolama_muhafaza_\[1\]\[1\].pdf](https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/hasan.akay/110093/adem_depolama_muhafaza_[1][1].pdf) [Erişim: 20.01.2022].
- Akın, V., 2017, Tahıl teknolojisi I, Ders Notları, 120s, <https://akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Tahil%20Teknolojisi%20I.pdf> [Erişim: 20.01.2022].
- Aksoy, B., 1997, Estimated monthly average global radiation for Turkey and its comparison with observations, *Renewable Energy*, 10 (4), 625-633.
- Al-Yahya, S. A., 2001, Effect of storage conditions on germination in wheat, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 (4), 273-279.
- Altan, A. (1986). Tahıl işleme teknolojisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları*, 13, 50-75.
- Altınışik, K., 2004, Uygulamalarla ısı transferi. Nobel Basımevi, Yayın No.587, ISBN: 975-591-567-2., p.
- Anonim, 2007, Malzemelerin ışığı yansıtma katsayıları nelerdir? <http://www.elektroteknoloji.com/blog/malzemelerin-is-g-yans-tma-katsay-lar-nelerdir/> [Erişim: 17.11.2022].
- Anonim, 2014, Güneş Enerjisi-Bölüm II, Güneş Enerjisi Sistemleri, <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/ozcanh/71124/GUNES%20ENERJISI-II.pdf> [Erişim: 14.10.2022].

Anonim, 2015, T. C. Millî Eğitim Bakanlığı. Tarım, Tarımsal Yapılar, <http://meslek.eba.gov.tr/moduller/Tarimsal%20Yapilar.pdf> [Erişim: 27.11.2021].

Anonim, 2017. Sandviç panel iç dolgu malzemeleri, <https://www.assanpanel.com/-/media/files/pdf/kutuphane/teknik-bilgiler/sandvic-panel-ic-dolgu-malzemeleri-150217.ashx?la=trtr&hash=C82FE3814E0F1BF1D5186A46376E663EE4D5013F> [Erişim: 29.08.2022].

Anonim, 2019, Hububat, Baklagiller ve Yağlı Tohumlar Lisanslı Depoları İnceleme Rehberi. T.C. Ticaret Bakanlığı İç Ticaret genel Müdürlüğü, [https://ticaret.gov.tr/data/6148975f13b87689cc1df761/HububatBaklagiller%20ve%20Ya%C4%9Fl%C4%B1%20Tohumlar%20Lisansl%C4%B1%20Depolar%C4%B1%20%C4%B0nceleme%20Rehberi%20\(002\).pdf](https://ticaret.gov.tr/data/6148975f13b87689cc1df761/HububatBaklagiller%20ve%20Ya%C4%9Fl%C4%B1%20Tohumlar%20Lisansl%C4%B1%20Depolar%C4%B1%20%C4%B0nceleme%20Rehberi%20(002).pdf) [Erişim: 19.08.2022].

Anonim, 2020a, Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, 2020 Hububat Sektör Raporu, Ankara, <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2020.pdf> [Erişim: 15.12.2021].

Anonim, 2020b, Lisanslı depoculuk ve ürün ihtisas borsası, Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı İç Ticaret Genel Müdürlüğü, <https://www.ticaret.gov.tr/ic-ticaret/sikca-sorulan-sorular/lisansli-depoculuk-ve-urun-ihtisas-borsasi> [Erişim:28.12.2021].

Anonim, 2020c, Malzemelerin Işığ Yansıtma Faktörü, <https://argevetasarim.com/malzemelerin-isigi-yansitma-faktoru/> [Erişim:17.11.2022].

Anonim, 2021a, Kuruluş izni ve lisans alan lisanslı depo işletmeleri, Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı İç Ticaret Genel Müdürlüğü, <https://www.ticaret.gov.tr/ic-ticaret/lisansli-depoculuk/kurulus-ve-faaliyet-izinleri/lisansli-depo-isletmeleri/kurulus-izni-ve-lisans-alan-lisansli-depo-isletmeleri> [Erişim: 28.12.2021].

Anonim, 2021b, Konya tarımı 2021. Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü Enformasyon Birimi, <https://konya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liflet/KonyaTar%C4%B1m%C4%B12021kitab%C4%B1son.pd> [Erişim: 28.09.2021].

- Anonim, 2022a, Meteoroloji genel Müdürlüğü (MGM), Meteorolojik parametrelerin Türkiye Analizi, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=parametrelerinTürkiyeAnalizi> [Erişim: 10.10.2022].
- Anonim, 2022b, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/eigm-diger> [Erişim: 10.10.2022].
- Anonim, 2022c, Konya ili 2021 yılı çevre durum raporu. Türkiye Cumhuriyeti Konya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/konya-ilcdr-202120220811104238.pdf> [Erişim: 29.09.2022].
- Anonim, 2022d, Konya nüfusu 2021-2022, <https://nufusukac.com/konya-nufusu/> [Erişim: 29.09.2022].
- Anonim, 2023, Kuruluş izni ve lisans alan lisanslı depo işletmeleri, Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı İç Ticaret Genel Müdürlüğü, <https://ticaret.gov.tr/ic-ticaret/lisansli-depoculuk/kurulus-ve-faaliyet-izinleri/lisansli-depo-isletmeleri> [Erişim: 23.06.2023].
- Anonymous, 2015, Equilibrium moisture content charts for grain storage management. Humboldt, Saskatchewan: Prairie Agricultural Machinery Institute (PAMI), <https://storedgrain.com.au/wp-content/uploads/2020/09/Guide-ERH-Equilibrium-MC-Charts-Canada-grains-2015.pdf> [Erişim: 25.11.2021].
- Anonymous, 2020, Agricultural Structures and Environmental Control BTAP3105. Food Grain Storage Structures, <https://courseware.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2020/05/8-Grain-Storage.pdf> [Erişim: 25.07.2022].
- Anonymous, 2022, Equilibrium Moisture Content (EMC) calculator, <https://advancedgrainmanagement.com/learn-grain-management-emc-calculator/> [Erişim: 10.07.2022].
- Apan, M., Demir, Y., Öztürk, T. ve Kara, T., 2005, Kültürteknik, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 12, Samsun., p. 260.

- Aras, H., Balli, O. ve Hepbasli, A., 2006, Estimating the horizontal diffuse solar radiation over the Central Anatolia Region of Turkey, *Energy conversion and management*, 47 (15-16), 2240-2249.
- ASAE, 2001, ASAE Standards. 48th ed. 2001. D245.5 JAN01. Moisture relationships of plant-based agricultural products, *American Society of Agricultural Engineers*, 522-538.
- ASHRAE, 1985, Handbook of Fundamentals, *American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers*, Atlanta, Georgia, <https://dokumen.tips/documents/ashrae-handbook-1985-fundamentals-chapter-33-duct-design.html?page=1>
- ASHRAE, 2001, Fundamentals-handbook, In: Physical Properties of Materials, Atlanta, Georgia, [https://www.academia.edu/26602849/ASHRAE HVAC 2001 Fundamentals Handbook pdf](https://www.academia.edu/26602849/ASHRAE_HVAC_2001_Fundamentals_Handbook_pdf)
- Ayazoglu, Ü., 1987, Betonarme Siloların Projelendirilmesinde Kullanılan Yöntem ve Yönetmeliklerin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- Aydın, M., 2020, Türkiye Koşullarında Güneş Panelleri İçin Optimum Sabit ve Ayarlanabilir Eğim Açılarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa*.
- Bailey, C. ve Gurjar, A., 1920, Respiration of cereal plants and grains. II. Respiration of sprouted wheat, *The Journal of Biological Chemistry*, 44 (1), 5-7.
- Bailey, C. H., 1940, Respiration of cereal grains and flaxseed, *Plant Physiology*, 15 (2), 257.
- Bakırcı, K., 2007, Estimation of global solar radiation on horizontal surface (yatay yüzeye gelen global güneş ışıının tahmini), *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 27, 7-11.
- Bala, B. K., 2016, Drying and storage of cereal grains, John Wiley & Sons, p.

- Basunia, M., Yoshio, H. ve Abe, T., 2012, Simulation of solar radiation incident on horizontal and inclined surfaces, *The Journal of Engineering Research [TJER]*, 9 (2), 27-35.
- Beaubois, G., 1980, Grain storage: steel or concrete silo? *Revue agricole et sucriere de l'Ile Maurice.*, p.
- Benavides L, C. M., 1987, Design of grain handling and storage facilities for tropical countries. Kansas State University, Department of Agricultural Engineering, Master of Science Manhattan, Kansas.
- Benson, R. B., Paris, M. V., Sherry, J. E. ve Justus, C. G., 1984, Estimation of daily and monthly direct, diffuse and global solar radiation from sunshine duration measurements, *Solar energy*, 32 (4), 523-535.
- Berdahl, P. ve Bretz, S. E., 1997, Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials, *Energy and Buildings*, 25 (2), 149-158.
- Bern, C. J., Steele, J. L. ve Morey, R. V., 2002, Shelled corn CO₂ evolution and storage time for 0.5% dry matter loss, *Applied Engineering in Agriculture*, 18 (6), 703.
- Bhatia, A., 2014, Heat Loss Calculations and Principles, *M04-003 Continuing Education and Devekopment, NY*.
- Bhole, N. G., Ojha, T. P. ve Pandya, A. C., 1985, Harvesting and drying machinery and storage structures, *Rice research in India*, 658-691.
- Boumans, G., 2012, Grain handling and storage, Elsevier.
- Bradna, J., Šimon, J., Hájek, D. ve Vejchar, D., 2018, The impact of weather conditions on microclimate in storage facilities.
- Bulut, H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., 1999, Bazı iller için güneş ışıınımı, güneşlenme süresi ve berraklık indeksinin yeni ölçümler ışığında analizi, *Güneş Günü Sempozyumu Bildiler Kitabı*, 22-29.

- Carson, J. W., Jenkyn, R. T. ve Eng, P., 1993, Load development and structural considerations in silo design, *Reliable Flow of Particulate Solids II*, Oslo, Norway.
- Carter, J. F., 1978, Sunflower science and technology. American Society of Agronomy, *Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison Wisconsin, USA*.
- Carvill, J. 1998. 3 - Thermodynamics and heat transfer. *Mechanical Engineer's Data Handbook*, Pages 102-145, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-051135-1.50008-X>
- Cengel, Y. A. ve Cengel, Y., 2002, Heat Transfer: A Practical Approach. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York.
- Chi, Y. H., Ahn, J., Yun, D., Lee, S. Y., Liu, T. ve Zhu-Salzman, K., 2011, Changes in oxygen and carbon dioxide environment alter gene expression of cowpea bruchids, *Journal of Insect Physiology*, 57 (1), 220-230.
- Cho, K., Hong, Y. ve Seo, J., 2014, Assessment of the economic performance of vacuum insulation panels for housing projects, *Energy and Buildings*, 70, 45-51.
- Ciesielski, M. S. ve Suwalski, Z., 1967, Bunker, silos. Schornsteine, Fernsehtürme und Freileitungsmaste, Verlag Von Wilhwm Ernst & Sohn, Berlin, München, Düsseldorf., p.
- Cloud, H. A. ve Morey, R. V., 1991, Management of stored grain with aeration. University of Minnesota Extension Service Bulletin No, *AG-FO-01327*. University of Minnesota, St. Paul, MN.
- Collares-Pereira, M. ve Rabl, A., 1979, The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values, *Solar energy*, 22 (2), 155-164.
- Coulter, J. ve Onumah, G., 2002, The role of warehouse receipt systems in enhanced commodity marketing and rural livelihoods in Africa, *Food policy*, 27 (4), 319-337.

- Cruz, J.-F. ve Diop, A., 1989, Agricultural engineering in development: warehouse technique, 74, *Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.*, p.
- Çakmak, H., 2018, Kararlı hal ısı üretimi. Hitit Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, http://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/hulyacakmak_05.10.2018_8N5Z.pdf [Erişim: 11.10.2022].
- Çolak, A. ve Ayık, M., 2022, 8. ısı tekniği, 8.1 ısı geçişi. Ders notları, <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=45237>:
- De Miguel, A., Bilbao, J., Aguiar, R., Kambezidis, H. ve Negro, E., 2001, Diffuse solar irradiation model evaluation in the north Mediterranean belt area, *Solar energy*, 70 (2), 143-153.
- Diez-Mediavilla, M., De Miguel, A. ve Bilbao, J., 2005, Measurement and comparison of diffuse solar irradiance models on inclined surfaces in Valladolid (Spain), *Energy conversion and management*, 46 (13-14), 2075-2092.
- Dizlek, H., 2011, Tahılları Depolama Yöntemleri (Storage Methods of Cereals), *Standard Dergisi*, 595, 79-87.
- Dizlek, H., 2012, Tahılların depolanmasında etkili olan başlıca etmenler, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (2), 48-59.
- Dogangun, A., Karaca, Z., Durmus, A. ve Sezen, H., 2009, Cause of damage and failures in silo structures, *Journal of performance of constructed facilities*, 23 (2), 65-71.
- Duffie, J. A. ve Beckman, W. A., 1980, Solar engineering of thermal processes, Wiley New York, p.
- Duffie, J. A. ve Beckman, W. A., 2013, Solar engineering of thermal processes, John Wiley & Sons, p.

- Durmuş, A., 2007, Silolar Konusunda Bazı Teoriler ve Stok Yapılarının Tasarımına İlişkin Genel Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans tezi (Yayımlanmış), *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Eeckhout, M., Landschoot, S., Deschuyffeleer, N., De Laethauwer, S. ve Haesaert, G., 2013, Guidelines for prevention and control of mould growth and mycotoxin production in cereals, *Mycobunt, synagra. be/Download. ashx*.
- Ekmekyapar, T., 1991, Hayvan barınaklarında çevre koşullarının düzenlenmesi, *Erzurum*, p.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., 1997, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi, p. 376.
- ESDEP, 2006, Lecture 15C.2. Structural design of Bins. Programme, T. E. S. D. E.
- Fabrizius, E., TeKrony, D., Egli, D. B. ve Rucker, M., 1999, Evaluation of a viability model for predicting soybean seed germination during warehouse storage, *Crop Science*, 39 (1), 194-201.
- Fields, P. G., 1992, The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures, *Journal of Stored Products Research*, 28 (2), 89-118.
- Foster, G. H. ve Mayes, H. F., 1962, Temperature effects of an artificial hotspot embedded in stored grain.
- Foster, G. H. ve Tuite, J., 1982, Aeration and stored grain management, in Storage of Cereal Grains and their Products, 3th ed., (Christensen, C.M., Ed.), Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, 117–143.
- Gilmore, C., Asefi, M., Paliwal, J. ve LoVetri, J., 2017, Industrial scale electromagnetic grain bin monitoring, *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 210-220.
- Gonzales, H. B., Armstrong, P. R. ve Maghirang, R. G., 2009, Simultaneous monitoring of stored grain with relative humidity, temperature, and carbon dioxide sensors, *Applied Engineering in Agriculture*, 25 (4), 595-604.

- Gough, M. C. ve McFarlane, J. A., 1984, Aeration of stored grains: some psychrometric consideration, *Tropical Stored Products Information*, 50, 32-35.
- Gueymard, C., 2000, Prediction and performance assessment of mean hourly global radiation, *Solar energy*, 68 (3), 285-303.
- Hacıoğlu Deniz, M., Özçelebi, O. ve Haykır Hobikoğlu, E., 2011, Küresel Rekabet Koşullarında Türkiye'de Lisanslı Depoculuğun Gelişmesinin Türk Tarım Ürünlerinin Rekabet Gücüne Etkisi, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 61 (2), 165-186, dergipark.gov.tr/download/article-file/8552.
- Hall, C. W., 1980, Drying and storage of agricultural crops, USA AVI Publishing Company Inc., p.
- Hammami, F., Ben Mabrouk, S. ve Mami, A., 2017, Numerical investigation of low relative humidity aeration impact on the moisture content of stored wheat, *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*, 8 (02), 1740002.
- Harner, J. P. ve Higgins, R. A., 1987, Storing Wheat, *Kansas State Univ. Cooperative Extension Service Agricultural Engineering 1-8, MF 855, Kansas.*, p.
- Harner, J. P., 1989, Peaking Grain in Round Storage Structures, Cooperative Extension Service, Kansas State University, Cooperative Extension Service, MF 933, Kansas., p.
- Heatherly, L. G. ve Elmore, R. W., 2004, Managing inputs for peak production in Soybeans: improvement production and uses, In: By Boerma, H.R. and Specht, J.E.. 3rd Edition, Agronomy N-16, Eds, ASA, CSSA, SSSA, *Madison, Wisconsin, USA*, p. 451-536.
- Hellevang, K. J., 1983, Natural air/low temperature crop drying, *Extension bulletin-North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, Cooperative Extension Service (USA)*.
- Hellevang, K. J., 1990, Crop Storage Management. NDSU. Extension Service, *ND 58105-AE-791, North Dakota, USA*.

- Hellevang, K. J., 2005, Natural air-low temperature crop drying. North Dakota State University (NDSU) extension service. Extension bulletin 35 (revised).
- Hellevang, K. J., 2013, Grain drying. NDSU Extension Service, North Dakota, USA. Report AE701 (Revised).
- Henderson, S. M. ve Perry, R. L., 1997, Principles of process engineering, Ed. 4, ASAE Textbook, 801M0297, USA, Kenya Agricultural Research Institute (KARI), p. 273-284.
- Hoseney, R. C., 1994, Principles of cereal science and technology, Ed. 2, *Inc. St. Paul, Minnesota, USA*, American Association of Cereal Chemists (AACC), p.
- Hsieh, J.S.(1986). Solar energy engineering. Prentice Hall Inc., New York.
- Hüner, İ., 2006, Çimento Silosunun Statik ve Dinamik Analizleri, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 103.
- Ibrahim, D., 1995, Optimum tilt angle for solar collectors used in Cyprus, *Renewable Energy*, 6 (7), 813-819.
- IGC, 2021, International Grains Council, Supply and Demand, Grains, [https://www.igc.int/\[en/markets/marketinfo-sd.aspx](https://www.igc.int/[en/markets/marketinfo-sd.aspx) [Erişim:10.11.2021].
- Iqbal, M., 2012, An introduction to solar radiation, *Canada: Academic Press., Elsevier*, p.
- ISO, 2007, ISO 10456: 2007 Building Materials and Products-Hygrothermal Properties-Tabulated Design Values and Procedures for Determining Declared and Design Thermal Values, International Organization for Standardization Geneva, Switzerland, <https://www.iso.org/standard/40966.html> [Erişim:13.09.2022).
- Jayas, D. ve Mazza, G., 1993, Comparison of five, three-parameter equations for the description of adsorption data of oats, *Transactions of the ASAE*, 36 (1), 119-125.

- Jones, D. ve Shelton, P., 1994, Management to Maintain Stored Grain Quality. Nebraska State Univ. Cooperative Extension Service, Institute of Agriculture and Natural Researces, G 94-1199-A, USA.
- Kakaç, S., 1998, Isı Transferine Giriş–I Isı İletimi. *Tıp&Teknik yayıncılık*, 6.
- Kallioğlu, M. A., 2014, Niğde İli İçin Yatay Düzenleme Gelen Günlük Tüm, Yayılı Ve Direkt Güneş Işınımını Hesaplama Modeli Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Niğde.
- Kara, Y., 2013, Güneş Enerjisi-Vize, Ders Notları, http://w3.balikesir.edu.tr/~akyol/gunes_enerjisi_vize.pdf [Erişim: 14.10.2022].
- Karaçalı, İ., 2004, Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması (4. Baskı), *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 494, İzmir*, p. 472.
- Karaçalı, İ., 2009, Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması (6. Baskı), *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, İzmir*, p. 469
- Karaman, S., Okuroğlu, M., Kızıloğlu, F. M., Memiş, S. ve Cemek, B., 2009, Karaman ili iklim koşullarına uygun elma depolama yapılarının planlanması, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* (1), 145-154.
- Kaya, M., 2017, Tarımda Lisanslı Depoculuk Sistemi: Hububat Piyasası Örneği. Kalkınma Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Kalkınma Bakanlığı, Yıllık Programlar Ve Konjonktür Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara, Yayın No: 2971.
- Kaynaklı, O., Özdemir, S. ve Karamangil, İ., 2012, Güneş ışıını ve duvar yönü dikkate alınarak optimum ısı yalıtım kalınlığının belirlenmesi, *Journal of Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27 (2), 367-374.
- Ken, B., 2005, Grain storage basic design principles. Toowoomba, DPI & F, Plant Science, Client Service Center.

- Kendirli, B., 2007, Tarımsal Yapılarda Koruma ve Depolama Yapılarının Planlanması, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ANKARA.*, p.
- Kendirli, B., 2016, Tarımsal yapılarda çevre koşullarının denetimi (Ders notları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.
- Kent, N. L., 1982, Technology of Cereals, *Pergamon Press, USA.*, p.
- Kıbar, H. ve Öztürk, T., 2010, Depolamada Ortaya Çıkan Ürün Kayıplarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri, *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 806-815.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., 1983, Güneş enerjisi, *Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul*, p.
- Klein, S. A., 1977, Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces, *Solar energy*, 19 (4), 325-329.
- Küçüktekin, M., 2022, Konya-Beyşehir'de yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışıınımı tahmini için uygun model belirleme ve yeni model çalışması, *Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi.*
- Lawrence, J. ve Maier, D. E., 2011, Aeration strategy simulations for wheat storage in the sub-tropical region of North India, *Transactions of the ASABE*, 54 (4), 1395-1405.
- Lee, J. H., 2012, Investigation of extreme environmental conditions and design thermal gradients during construction for prestressed concrete bridge girders, *Journal of Bridge Engineering*, 17 (3), 547-556.
- Lienhard, I.V ve John, H., 2005, A heat transfer textbook, Phlogiston Press.
- Lindblad, C. ve Druben, L., 1976, Small Farm Grain Storage. Appropriate Technologies for Development. Manual M-2.
- Liu, B. ve Jordan, R., 1961, Daily insolation on surfaces tilted towards equator, *ASHRAE J.:(United States)*, 10.

- Liu, B. Y. ve Jordan, R. C., 1960, The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation, *Solar energy*, 4 (3), 1-19.
- Liu, B. Y. ve Jordan, R. C., 1963, The long-term average performance of flat-plate solar-energy collectors: with design data for the US, its outlying possessions and Canada, *Solar energy*, 7 (2), 53-74.
- Lopes, D. C., Martins, J. H., Castro Melo, E. ve Barros Monteiro, P. M., 2006, Aeration simulation of stored grain under variable air ambient conditions, *Postharvest Biology and Technology*, 42 (1), 115-120.
- Lopes, D. C. ve Neto, A. J., 2019, Effects of climate change on the aeration of stored beans in Minas Gerais State, Brazil, *Biosystems Engineering*, 188, 155-164.
- Lovell-Smith, J. E. R. ve Baldwin, A. J., 1992, Heat transfer to silos in sunlight, *Journal of food engineering*, 17 (4), 259-279.
- Măgurean, A. M., 2019, Evaluation of the thermal performance of composite insulated panels with metallic skin through steady-state numerical analysis–Part 1, *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 012032.
- Manioğlu, G., 1995, İklimsel Konfor ve Enerji Ekonomisi Açısından Isıtma Sisteminin İşletme Şekline Bağlı Olarak Bina Kabuğunun Isıl Performansının Değerlendirilmesi, *Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Mazreku, T., 2019, Vadeli piyasalar ve lisanslı depoculuk: Türkiye örneği, *Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bankacılık Anabilim Dalı, Edirne*.
- McKenzie, B. A., 2010, Managing Dry Grain In Storage, *Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN 47907.*, p.
- McKevith, B., 2004, Nutritional aspects of cereals, *Nutrition Bulletin*, 29 (2), 111-142.
- Mengeş, H. O. ve Sonmete, M. H., 2005, Konya’da Aylık Ortalama Toplam Güneş Işınımının Tahmini için Mevcut Bazı Modellerin Karşılaştırılması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1 (3), 237-244.

- Mills, A. F., 1999, Heat Transfer (Second Edition), *University of California at Los Angeles, Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, NJ 07458.*, p.
- Mutaf, S. ve Sönmez, R., 1984, Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre ve Denetimi, Ege Üniv. Araştırma Projesi No: ZF-88/079, Konya.
- Navarro, S. ve Noyes, R. T., 2001, The mechanics and physics of modern grain aeration management, CRC press, p.672.
- Navarro, S., Noyes, R. ve Jayas, D. S., 2002, Stored grain ecosystem and heat, and moisture transfer in grain bulks, *The mechanics and physics of modern grain aeration management*, 35-78.
- Navarro, S., 2006, Modified atmospheres for the control of stored-product insects and mites, *Insect management for food storage and processing*, 105-146.
- Nijmeh, S. ve Mamlook, R., 2000, Testing of two models for computing global solar radiation on tilted surfaces, *Renewable Energy*, 20 (1), 75-81.
- Noberhaus, E. P. 1965. Structural Designs of Bins, *Chemical Engineering*, 183-186.
- Notton, G., Poggi, P. ve Cristofari, C., 2006, Predicting hourly solar irradiations on inclined surfaces based on the horizontal measurements: Performances of the association of well-known mathematical models, *Energy conversion and management*, 47 (13-14), 1816-1829.
- Oates, M. J., Ruiz-Canales, A., Ferrández-Villena, M. ve López, A. F., 2017, A low cost sunlight analyser and data logger measuring radiation, *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 38-48.
- Olgun, M., 2011, Tarımsal Yapılar, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 244, Ankara*, p.
- Osczevski, R. J. ve Bluestein, M., 2005, The new wind chill equivalent temperature chart, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86 (10), 1453-1458.

- Özel, K., 2007, Çelik hububat silolarının tasarım esasları. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.*
- Özkaya, H. ve Özkaya, B., 2005, Öğütme Teknolojisi, *Sim Matbaacılık Limited Şirketi, Ankara, TÜRKİYE*, p.
- Page, J. K., 1961, The calculation of monthly mean solar radiation for horizontal and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40N-40S, *UN conference on new sources of energy*, 378-390.
- Perry, R. H. ve Chilton, C. H., 1973, Heat generation, transport and storage. Section 9 in: *Chemical Engineer's Handbook*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Philips, T. W. ve Throne, J. E., 2010, Biorational approaches to managing stored-product insects, *Annual review of entomology*, 55, 375-397.
- Polat, H., 2015, Effects of different storage conditions on the nutritional qualities of barley and maize, *Journal of Agricultural Sciences*, 21 (2), 246-255.
- Pomeranz, Y., 1987, Modern cereal science and technology, *Inc., Washington, U.S.A., VCH*, p.
- Proctor, D. L. E. d., 1994, Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries, *FAO Agricultural Services Bulletin No. 109*, p. 224.
- Raudienė, E., Rušinskas, D., Balčiūnas, G., Juodeikienė, G. ve Gailius, D., 2017, Carbon dioxide respiration rates in wheat at various temperatures and moisture contents, *Mapan*, 32, 51-58.
- Sadaka, S. ve Bautista, R., 2014, Grain Drying Tools: Equilibrium Moisture Content Tables and Psychrometric Charts. Cooperative Extension Service], University of Arkansas, *US Department of Agriculture and county governments cooperating.*
- Sadowski, A. J. ve Rotter, J. M., 2011, Buckling of very slender metal silos under eccentric discharge, *Engineering Structures*, 33 (4), 1187-1194.

- Said, P. P. ve Pradhan, C. R., 2014, Food grain storage practices: A review, *Journal of Grain Processing and Storage*, 1 (1), 1-5.
- Samuel, T. D. M. A., 1991, Estimation of global radiation for Sri Lanka, *Solar energy*, 47 (5), 333-337.
- Sanver, M., 1983, Yerkürenin ısı evrimi ve günümüzde yerinin sıcaklığı, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi*, p. 798.
- Sargın, S. ve Okudum, R., 2014, Isparta İlinde soğuk hava depolarının kuruluşu, gelişimi ve gelişime etki eden faktörler, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2014 (31), 111-132.
- Scheepens, P., Hoevers, R., Arulappan, F. X. ve Pesch, G., 2011, Storage of agricultural products., *Agrodok Series No.31*, p.80.
- SDC, 2008, Latin America Section: Fighting Poverty with Metal Silo and Job Creation. . Swiss Agency for Development and Cooperation, Berne. Switzerland.
- Semple, R. L., Hicks, P. A., Lozare, J. V. ve Castermans, A., 1992, Towards integrated commodity and pest management in grain storage. A training manual for application in humid tropical storage systems. . Proceedings and selected papers from the Regional Training Course on Integrated Pest Management Strategies in Grain Storage Systems, conducted by the National Post Harvest Institute for Research and Extension (NAPHIRE), Department of Agriculture, Philippines: 6-18.
- Sever, Ü., 2010, Hafif çelik karkas sistem duvarlarında ısı-buhar geçişi analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, Edirne.
- Sharma, N., 2021, Poultry Trends, Magazine and News Portal. , Grain storage challenges in hot weather conditions: part 1, <https://www.poultrytrends.in/grain-storage-challenges-in-tropical-weather-part>.
- Sment, J., Albrecht, K., Martinez, M. ve Ho, C. K., 2020, Design considerations for a high-temperature particle storage bin, *AIP Conference Proceedings*, 190029.

- Şanlıer, N., 2013, Tam tahıllar ve sağlık= Ekmek, *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi*, 70-75.
- Şişman, C. B. ve Albut, S., 2010, Grain storage management, *Proceedings of 3rd Annual International Symposium on Agriculture Research*, 15-18.
- Tefera, T., Kanampiu, F., De Groote, H., Hellin, J., Mugo, S., Kimenju, S., Beyene, Y., Boddupalli, P. M., Shiferaw, B. ve Banziger, M., 2011, The metal silo: An effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries, *Crop protection*, 30 (3), 240-245.
- Tektaş, N. S., 2008, Lisanslı depoculuğun Türkiye tarım ürünleri piyasalarına olası etkileri: Trakya bölgesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı*, Tekirdağ.
- Thamaga-Chitja, J. M., Hendriks, S. L., Ortmann, G. F. ve Green, M., 2004, Impact of maize storage on rural household food security in Northern Kwazulu-Natal, *Journal of Consumer Sciences*, 32.
- Tiris, M., Tiris, C. ve Türe, I. E., 1996, Correlations of monthly-average daily global, diffuse and beam radiations with hours of bright sunshine in Gebze, Turkey, *Energy conversion and management*, 37 (9), 1417-1421.
- Toğrul, I. T. ve Toğrul, H., 2002, Global solar radiation over Turkey: comparison of predicted and measured data, *Renewable Energy*, 25 (1), 55-67.
- TSE, 2002, Tahıllar ve Baklagillerin Depolanması. Bölüm 1: Tahılların Muhafazası ile İlgili Genel Kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, TS 4353 ISO 6322-1, Ankara.
- TSE, 2008, Binalarda ısı yalıtım kuralları (Thermal insulation requirements for buildings). Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA.
- TÜİK, 2021, Bitkisel Üretim İstatistikleri, Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> [Erişim:10.11.2021].

- TÜİK, 2023, Bitkisel üretim istatistikleri. Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> [Erişim: 22.06.2023].
- Uğurlu, N., 2021, Hayvan Barınaklarının Planlanması Ders notları. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya.
- Ulusoy, E. G., 2021, Lisanslı Tahıl Depolarında İşletmecilik Sisteminin Ekonomik Analizi ve Kapasite Yönetimi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Samsun.*
- UN, 2013, World population projected to reach 9.6 billion by 2050. United Nations Department of Economic and Social Affairs, <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050.html>.
- USAID, 2011, Staple Crops Storage Handbook, United State Agency for International Development, Washington.
- Üçüncü, K., 2020, Teknik Fizik, Bölüm 3. Isı Transferi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ders notları.
- Ünal, S. S., 1991, Hububat teknolojisi, *Ege Üniv. Mühendislik Fak. No:29, İzmir*, p.216.
- Ünsal, H., 2017, Güneş enerjisi destekli su damıtma sistemi performansının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.*
- Wang, Z., Tian, Q. ve Jia, J., 2022, The Convective Heat Transfer Performance and Structural Optimization of the Cavity in Energy-Saving Thermal Insulation Windows under Cold Air Penetration Condition, *Energies*, 15 (7), 2481.
- Wong, L. T. ve Chow, W. K., 2001, Solar radiation model, *Applied energy*, 69 (3), 191-224.
- Xihong, R., Zhanggui, Q., Yongjian, F., Shuzhong, F., Quan, L., Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X. ve Guan, L., 1998, Effects of oxygen concentration on the mortality of four adult stored-product insects in low dosage phosphine fumigation,

Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, 14-19.

Yang, W., Jia, C. C., Siebenmorgen, T. J., Howell, T. A. ve Cnossen, A. G., 2002, Intra-kernel moisture responses of rice to drying and tempering treatments by finite element simulation, *Transactions of the ASAE*, 45 (4), 1038.

Yener, T., Yener, Ş. Ç. ve Mutlu, R., 2019, Convection Coefficient Estimation of Still Air Using an Infrared Thermometer and Curve-Fitting, *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 4 (2), 95-103.

Yenisey, D., 2015, İç Anadolu bölgesi için güneye bakan eğimli yüzeye gelen günlük global, direkt ve difüz radyasyonun hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul.

Yeşilata, B., 2019, Mühendislikte Temel Isı Transferi, Termo-akışkan sistemler ders kitapları serisi-2 (uploaded), https://www.researchgate.net/profile/Buelent-Yesilata/publication/337367573_Heat_Transfer_Isi_Transferi/links/5dd4670da6fdcc37897a4e07/Heat-Transfer-Isi-Transferi.pdf [Erişim: 12.09.2022].

Yiğit, A. ve Atmaca, D., 2010, Güneş Enerjisi, *Alfa Aktuel Yayınları, Bursa*, p. 216.

EKLER

EK ÇİZELGELER

Ek Çizelge 1. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen atmosfer dışı toplam güneş radyasyonu miktarları (I_0)

İşletme No	Ocak (I_0 , Wm ² /h)					Şubat (I_0 , Wm ² /h)					Mart (I_0 , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	699,51	730,71	699,51	595,48	681,3	851,45	883,73	851,45	743,86	832,63	1019,8	1052,4	1019,8	910,98	1000,8
2	675,24	705,95	675,24	572,87	657,32	829,69	861,45	829,69	723,81	811,16	1001,9	1034	1001,9	894,82	983,14
3	679,54	710,34	679,54	576,89	661,58	833,58	865,43	833,58	727,39	814,99	1005,1	1037,3	1005,1	897,74	986,33
4	677,59	708,34	677,59	575,08	659,65	831,87	863,69	831,87	725,81	813,31	1003,7	1035,9	1003,7	896,46	984,95
5	706,03	737,37	706,03	601,56	687,75	857,35	889,77	857,35	749,27	838,44	1024,6	1057,4	1024,6	915,28	1005,4
6	680,68	711,5	680,68	577,96	662,71	834,64	866,52	834,64	728,36	816,04	1005,9	1038,2	1005,9	898,47	987,12
7	697,5	728,67	697,5	593,62	679,32	849,71	881,95	849,71	742,25	830,9	1018,4	1051	1018,4	909,69	999,35
8	704,86	736,82	704,86	598,3	686,21	851,49	883,77	851,49	743,87	832,65	1019,7	1052,4	1019,7	910,94	1000,7
9	695,53	726,66	695,53	591,77	677,38	847,93	880,13	847,93	740,59	829,14	1016,9	1049,5	1016,9	908,37	997,92
10	686,39	717,33	686,39	583,28	668,35	839,72	871,72	839,72	733,05	821,05	1010,2	1042,6	1010,2	902,33	991,35
11	697,87	729,04	697,87	593,96	679,68	850	882,24	850	742,52	831,19	1018,6	1051,3	1018,6	909,93	999,62
12	678,98	709,77	678,98	576,36	661,02	833,05	864,9	833,05	726,91	814,48	1004,7	1036,9	1004,7	897,34	985,9
13	683,17	714,05	683,17	580,26	665,16	836,78	868,7	836,78	730,35	818,15	1007,8	1040,1	1007,8	900,15	988,96
14	684,28	715,18	684,28	581,3	666,26	837,81	869,76	837,81	731,29	819,17	1008,6	1040,9	1008,6	900,87	989,74
15	702,32	733,58	702,32	598,11	684,08	854	886,34	854	746,2	835,13	1021,9	1054,6	1021,9	912,84	1002,8
16	697,11	728,27	697,11	593,27	678,94	849,4	881,64	849,4	741,95	830,6	1018,1	1050,7	1018,1	909,43	999,07
17	699,05	730,24	699,05	595,07	680,85	851,09	883,36	851,09	743,52	832,26	1019,5	1052,1	1019,5	910,69	1000,4
18	699,08	730,27	699,08	595,09	680,88	851,12	883,39	851,12	743,54	832,29	1019,5	1052,1	1019,5	910,7	1000,4
19	691,27	722,31	691,27	587,81	673,17	844,15	876,27	844,15	737,11	825,42	1013,8	1046,2	1013,8	905,53	994,83
20	691,37	722,41	691,37	587,89	673,26	844,14	876,25	844,14	737,12	825,41	1013,8	1046,3	1013,8	905,59	994,88
21	701,94	733,2	701,94	597,74	683,71	853,54	885,86	853,54	745,8	834,69	1021,3	1054	1021,3	912,41	1002,3
22	702,33	733,6	702,33	598,09	684,09	854,03	886,37	854,03	746,2	835,16	1021,9	1054,6	1021,9	912,87	1002,8
23	705,81	737,15	705,81	601,34	687,53	857,09	889,51	857,09	749,05	838,18	1024,4	1057,2	1024,4	915,12	1005,3
24	695,91	727,05	695,91	592,11	677,74	848,22	880,42	848,22	740,87	829,43	1017,1	1049,7	1017,1	908,55	998,1
25	673,3	703,96	673,3	571,07	655,41	828	859,72	828	722,24	809,49	1000,5	1032,6	1000,5	893,55	981,77
26	673,27	703,94	673,27	571,05	655,38	827,97	859,7	827,97	722,22	809,47	1000,5	1032,5	1000,5	893,54	981,76
27	700,51	731,74	700,51	596,42	682,3	852,42	884,73	852,42	744,73	833,58	1020,6	1053,2	1020,6	911,66	1001,5
28	699,25	730,45	699,25	595,24	681,04	851,26	883,53	851,26	743,67	832,43	1019,6	1052,2	1019,6	910,79	1000,5
29	699,07	730,27	699,07	595,09	680,88	851,11	883,38	851,11	743,54	832,29	1019,5	1052,1	1019,5	910,7	1000,4
30	699,51	730,71	699,51	595,48	681,3	851,55	883,83	851,55	743,92	832,71	1019,8	1052,4	1019,8	910,98	1000,8

Ek Çizelge 2. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonu miktarları (I)

İşletme No	Ocak (I, Wm ² /h)					Şubat (I, Wm ² /h)					Mart (I, Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	312,53	331,62	312,53	252,08	302,19	428,31	450,82	428,31	356,58	416	558	582,92	558	478,11	544,26
2	303,67	322,48	303,67	244,1	293,48	418,88	441,05	418,88	348,24	406,76	548,53	573,05	548,53	469,91	535
3	305,24	324,1	305,24	245,52	295,03	420,57	442,8	420,57	349,73	408,42	550,26	574,86	550,26	471,41	536,7
4	304,52	323,36	304,52	244,87	294,32	419,84	442,05	419,84	349,09	407,71	549,54	574,1	549,54	470,78	535,99
5	314,91	334,08	314,91	254,22	304,53	430,89	453,5	430,89	358,86	418,53	560,53	585,55	560,53	480,3	546,73
6	305,65	324,52	305,65	245,89	295,43	421,04	443,29	421,04	350,14	408,88	550,66	575,27	550,66	471,76	537,09
7	311,79	330,86	311,79	251,42	301,47	427,57	450,05	427,57	355,92	415,28	557,26	582,15	557,26	477,47	543,54
8	316,69	336,27	316,69	254,69	306,09	428,36	450,87	428,36	356,61	416,05	557,98	582,89	557,98	478,09	544,23
9	311,1	330,14	311,1	250,78	300,78	426,81	449,27	426,81	355,25	414,53	556,51	581,37	556,51	476,82	542,8
10	307,74	326,68	307,74	247,77	297,48	423,22	445,55	423,22	352,08	411,02	552,97	577,68	552,97	473,75	539,35
11	311,93	331	311,93	251,54	301,6	427,68	450,16	427,68	356,03	415,38	557,41	582,3	557,41	477,6	543,68
12	305,04	323,9	305,04	245,33	294,83	420,34	442,56	420,34	349,53	408,19	550,02	574,6	550,02	471,2	536,46
13	306,58	325,49	306,58	246,72	296,34	421,94	444,22	421,94	350,95	409,77	551,69	576,34	551,69	472,64	538,09
14	306,98	325,89	306,98	247,08	296,73	422,4	444,69	422,4	351,35	410,21	552,08	576,74	552,08	472,98	538,47
15	313,55	332,67	313,55	253	303,19	429,41	451,96	429,41	357,56	417,09	559,09	584,05	559,09	479,06	545,32
16	311,65	330,7	311,65	251,29	301,32	427,45	449,93	427,45	355,81	415,16	557,11	581,99	557,11	477,34	543,38
17	312,35	331,43	312,35	251,92	302,02	428,16	450,66	428,16	356,45	415,86	557,82	582,73	557,82	477,96	544,08
18	312,37	331,45	312,37	251,93	302,03	428,17	450,68	428,17	356,46	415,87	557,83	582,74	557,83	477,97	544,09
19	309,53	328,53	309,53	249,38	299,24	425,18	447,58	425,18	353,8	412,94	554,83	579,61	554,83	475,36	541,16
20	309,58	328,57	309,58	249,41	299,28	425,14	447,54	425,14	353,78	412,9	554,86	579,64	554,86	475,39	541,19
21	313,43	332,55	313,43	252,88	303,08	429,18	451,72	429,18	357,37	416,86	558,72	583,65	558,72	478,76	544,96
22	313,58	332,7	313,58	253,01	303,22	429,46	452,02	429,46	357,59	417,13	559,16	584,13	559,16	479,11	545,39
23	314,84	334	314,84	254,15	304,46	430,76	453,36	430,76	358,75	418,41	560,43	585,44	560,43	480,21	546,63
24	311,24	330,29	311,24	250,9	300,92	426,92	449,38	426,92	355,35	414,64	556,57	581,42	556,57	476,87	542,86
25	302,95	321,74	302,95	243,46	292,78	418,16	440,31	418,16	347,6	406,06	547,81	572,29	547,81	469,28	534,3
26	302,94	321,73	302,94	243,45	292,77	418,15	440,3	418,15	347,59	406,05	547,8	572,29	547,8	469,28	534,29
27	312,9	332	312,9	252,41	302,55	428,76	451,29	428,76	356,97	416,44	558,42	583,35	558,42	478,47	544,67
28	312,44	331,53	312,44	251,99	302,1	428,24	450,75	428,24	356,52	415,94	557,89	582,8	557,89	478,02	544,15
29	312,36	331,45	312,36	251,93	302,03	428,17	450,67	428,17	356,46	415,87	557,83	582,74	557,83	477,97	544,09
30	312,53	331,62	312,53	252,08	302,19	428,39	450,9	428,39	356,64	416,08	558	582,92	558	478,11	544,26

Ek Çizelge 3. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_d)

İşletme No	Ocak (I_d , Wm ² /h)					Şubat (I_d , Wm ² /h)					Mart (I_d , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	145,8	152,31	145,8	124,12	142,01	159,39	165,43	159,39	139,25	155,86	172,797	178,33	172,8	154,36	169,57
2	139,97	146,33	139,97	118,75	136,25	154,72	160,64	154,72	134,98	151,26	169,633	175,07	169,63	151,51	166,46
3	141	147,39	141	119,7	137,28	155,55	161,5	155,55	135,74	152,08	170,198	175,65	170,2	152,01	167,02
4	140,54	146,91	140,54	119,27	136,81	155,18	161,12	155,18	135,39	151,72	169,945	175,39	169,94	151,78	166,77
5	147,37	153,92	147,37	125,57	143,56	160,64	166,72	160,64	140,39	157,1	173,638	179,19	173,64	155,12	170,4
6	141,28	147,68	141,28	119,96	137,55	155,78	161,73	155,78	135,94	152,31	170,351	175,81	170,35	152,15	167,17
7	145,32	151,82	145,32	123,68	141,54	159,01	165,04	159,01	138,9	155,49	172,539	178,06	172,54	154,13	169,32
8	146,22	152,86	146,22	124,12	142,35	159,38	165,42	159,38	139,24	155,86	172,789	178,32	172,79	154,35	169,56
9	144,84	151,32	144,84	123,23	141,06	158,62	164,64	158,62	138,54	155,11	172,277	177,79	172,28	153,89	169,06
10	142,65	149,08	142,65	121,22	138,9	156,87	162,85	156,87	136,94	153,38	171,095	176,58	171,09	152,82	167,9
11	145,41	151,91	145,41	123,76	141,62	159,08	165,11	159,08	138,96	155,56	172,585	178,11	172,59	154,17	169,36
12	140,87	147,25	140,87	119,58	137,14	155,44	161,38	155,44	135,64	151,97	170,123	175,58	170,12	151,95	166,94
13	141,87	148,28	141,87	120,5	138,13	156,24	162,2	156,24	136,37	152,76	170,668	176,14	170,67	152,44	167,48
14	142,14	148,56	142,14	120,75	138,4	156,46	162,43	156,46	136,57	152,98	170,817	176,29	170,82	152,57	167,62
15	146,48	153	146,48	124,75	142,68	159,93	165,99	159,93	139,75	156,4	173,163	178,7	173,16	154,69	169,93
16	145,23	151,72	145,23	123,6	141,45	158,94	164,97	158,94	138,83	155,42	172,491	178,01	172,49	154,08	169,27
17	145,7	152,2	145,7	124,03	141,91	159,31	165,35	159,31	139,17	155,78	172,741	178,27	172,74	154,31	169,52
18	145,7	152,21	145,7	124,03	141,91	159,31	165,35	159,31	139,18	155,79	172,744	178,27	172,74	154,31	169,52
19	143,82	150,28	143,82	122,29	140,05	157,81	163,81	157,81	137,8	154,31	171,727	177,23	171,73	153,39	168,52
20	143,84	150,3	143,84	122,31	140,07	157,82	163,82	157,82	137,81	154,32	171,736	177,24	171,74	153,4	168,53
21	146,39	152,9	146,39	124,65	142,58	159,85	165,9	159,85	139,67	156,32	173,106	178,64	173,11	154,65	169,88
22	146,48	153	146,48	124,74	142,67	159,93	165,98	159,93	139,73	156,39	173,155	178,7	173,16	154,68	169,92
23	147,32	153,86	147,32	125,51	143,5	160,59	166,67	160,59	140,35	157,05	173,607	179,16	173,61	155,09	170,37
24	144,93	151,41	144,93	123,31	141,15	158,69	164,71	158,69	138,61	155,17	172,324	177,84	172,32	153,93	169,11
25	139,5	145,86	139,5	118,32	135,8	154,35	160,26	154,35	134,64	150,9	169,381	174,81	169,38	151,28	166,21
26	139,5	145,85	139,5	118,32	135,79	154,35	160,26	154,35	134,63	150,9	169,378	174,81	169,38	151,27	166,21
27	146,05	152,56	146,05	124,34	142,25	159,58	165,63	159,58	139,42	156,06	172,926	178,46	172,93	154,47	169,7
28	145,74	152,24	145,74	124,06	141,95	159,34	165,38	159,34	139,2	155,81	172,761	178,29	172,76	154,33	169,54
29	145,7	152,21	145,7	124,03	141,91	159,31	165,35	159,31	139,18	155,79	172,744	178,27	172,74	154,31	169,52
30	145,8	152,31	145,8	124,12	142,01	159,39	165,44	159,39	139,25	155,87	172,797	178,33	172,8	154,36	169,57

Ek Çizelge 4. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_b)

İşletme No	Ocak (I_b , Wm ² /h)					Şubat (I_b , Wm ² /h)					Mart (I_b , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	166,727	179,31	166,73	127,96	160,18	268,92	285,38	268,92	217,34	260,14	385,20	404,59	385,20	323,75	374,69
2	163,704	176,15	163,7	125,35	157,23	264,16	280,41	264,16	213,26	255,5	378,90	397,97	378,90	318,41	368,54
3	164,239	176,71	164,24	125,81	157,75	265,02	281,31	265,02	214	256,33	380,06	399,2	380,06	319,39	369,68
4	163,984	176,44	163,98	125,6	157,5	264,66	280,94	264,66	213,69	255,99	379,59	398,71	379,59	318,99	369,22
5	167,541	180,16	167,54	128,65	160,97	270,25	286,78	270,25	218,47	261,44	386,89	406,36	386,89	325,18	376,33
6	164,369	176,85	164,37	125,93	157,88	265,26	281,56	265,26	214,2	256,57	380,31	399,46	380,31	319,61	369,92
7	166,469	179,04	166,47	127,74	159,93	268,56	285,01	268,56	217,03	259,79	384,73	404,09	384,73	323,35	374,22
8	170,47	183,42	170,47	130,58	163,73	268,97	285,45	268,97	217,38	260,19	385,19	404,57	385,19	323,74	374,67
9	166,256	178,82	166,26	127,55	159,72	268,19	284,62	268,19	216,7	259,42	384,23	403,57	384,23	322,93	373,74
10	165,09	177,6	165,09	126,55	158,58	266,35	282,7	266,35	215,14	257,63	381,88	401,1	381,88	320,93	371,45
11	166,519	179,09	166,52	127,78	159,98	268,6	285,05	268,6	217,06	259,83	384,83	404,19	384,83	323,43	374,32
12	164,175	176,64	164,18	125,76	157,69	264,9	281,18	264,9	213,9	256,22	379,90	399,03	379,90	319,25	369,52
13	164,715	177,21	164,72	126,22	158,22	265,7	282,02	265,7	214,58	257	381,02	400,2	381,02	320,2	370,61
14	164,837	177,34	164,84	126,33	158,33	265,93	282,27	265,93	214,78	257,23	381,26	400,45	381,26	320,41	370,84
15	167,065	179,66	167,07	128,25	160,51	269,48	285,97	269,48	217,82	260,69	385,93	405,34	385,93	324,37	375,39
16	166,413	178,98	166,41	127,69	159,87	268,51	284,96	268,51	216,98	259,74	384,62	403,97	384,62	323,25	374,12
17	166,654	179,23	166,65	127,9	160,11	268,85	285,31	268,85	217,28	260,07	385,08	404,46	385,08	323,65	374,57
18	166,661	179,24	166,66	127,9	160,12	268,86	285,32	268,86	217,28	260,08	385,09	404,46	385,09	323,66	374,57
19	165,713	178,25	165,71	127,08	159,19	267,37	283,77	267,37	216,01	258,63	383,10	402,38	383,10	321,97	372,64
20	165,736	178,28	165,74	127,1	159,21	267,32	283,72	267,32	215,97	258,58	383,12	402,41	383,12	321,99	372,66
21	167,049	179,65	167,05	128,23	160,49	269,34	285,82	269,34	217,7	260,55	385,61	405,01	385,61	324,11	375,09
22	167,104	179,71	167,1	128,27	160,55	269,54	286,04	269,54	217,86	260,74	386,00	405,43	386,00	324,43	375,47
23	167,525	180,15	167,53	128,64	160,96	270,17	286,69	270,17	218,4	261,36	386,82	406,28	386,82	325,12	376,26
24	166,309	178,87	166,31	127,59	159,77	268,23	284,67	268,23	216,75	259,47	384,24	403,58	384,24	322,94	373,75
25	163,451	175,89	163,45	125,14	156,98	263,81	280,04	263,81	212,96	255,15	378,42	397,48	378,42	318,01	368,08
26	163,445	175,88	163,44	125,13	156,98	263,8	280,04	263,8	212,95	255,15	378,42	397,48	378,42	318	368,08
27	166,856	179,45	166,86	128,07	160,31	269,17	285,66	269,17	217,55	260,39	385,49	404,89	385,49	324	374,97
28	166,701	179,28	166,7	127,93	160,15	268,9	285,37	268,9	217,32	260,12	385,13	404,51	385,13	323,69	374,61
29	166,66	179,24	166,66	127,9	160,12	268,86	285,32	268,86	217,28	260,08	385,09	404,46	385,09	323,65	374,57
30	166,727	179,31	166,73	127,96	160,18	268,99	285,47	268,99	217,39	260,21	385,20	404,59	385,20	323,75	374,69

Ek Çizelge 5. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE})

İşletme No	Ocak (I_{TE} , Wm ² /h)					Şubat (I_{TE} , Wm ² /h)					Mart (I_{TE} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	389,12	403,4	394,48	344	382,75	461,16	476,77	466,65	411,68	454,07	475,02	490,58	480,53	425,61	467,93
2	393,48	408,18	398,74	347,06	386,86	465,97	482,01	471,37	415,14	458,62	480,6	496,56	486,01	429,89	473,27
3	392,68	407,29	397,95	346,49	386,1	465,12	481,09	470,54	414,53	457,82	479,66	495,56	485,09	429,18	472,37
4	393,01	407,66	398,27	346,72	386,41	465,55	481,55	470,96	414,84	458,22	480,13	496,06	485,56	429,54	472,82
5	388,02	402,19	393,4	343,23	381,71	459,96	475,46	465,48	410,82	452,93	473,5	488,94	479,03	424,44	466,48
6	392,44	407,03	397,71	346,31	385,87	464,91	480,86	470,33	414,38	457,62	479,34	495,21	484,78	428,93	472,07
7	392,44	407,03	397,71	346,31	385,87	464,91	480,86	470,33	414,38	457,62	479,34	495,21	484,78	428,93	472,07
8	389,45	403,76	394,79	344,22	383,06	461,59	477,24	467,08	412	454,48	475,52	491,11	481,02	426	468,41
9	396,15	410,89	401,62	349,54	389,55	461,26	476,89	466,76	411,77	454,17	475,03	490,59	480,54	425,62	467,94
10	389,88	404,23	395,21	344,53	383,46	462,02	477,71	467,51	412,31	454,89	476,02	491,65	481,51	426,38	468,89
11	391,42	405,92	396,72	345,6	384,92	463,74	479,59	469,19	413,54	456,51	478,12	493,9	483,58	428	470,9
12	389,4	403,7	394,74	344,19	383,01	461,48	477,13	466,97	411,91	454,37	475,44	491,03	480,94	425,94	468,34
13	392,8	407,43	398,07	346,58	386,22	465,23	481,21	470,64	414,61	457,92	479,77	495,68	485,2	429,27	472,48
14	392,08	406,63	397,36	346,07	385,54	464,38	480,28	469,81	413,99	457,12	478,86	494,7	484,31	428,57	471,61
15	391,83	406,37	397,12	345,89	385,3	464,17	480,05	469,6	413,84	456,92	478,54	494,36	483,99	428,32	471,3
16	388,61	402,84	393,97	343,64	382,27	460,61	476,18	466,12	411,29	453,55	474,35	489,86	479,86	425,09	467,29
17	389,5	403,81	394,84	344,25	383,1	461,7	477,36	467,19	412,08	454,58	475,59	491,19	481,09	426,05	468,48
18	389,16	403,45	394,51	344,02	382,79	461,27	476,89	466,76	411,76	454,17	475,11	490,67	480,61	425,68	468,02
19	389,17	403,45	394,52	344,02	382,79	461,27	476,89	466,76	411,76	454,17	475,1	490,67	480,61	425,68	468,01
20	390,59	405,01	395,91	345,02	384,13	462,88	478,65	468,35	412,93	455,7	476,97	492,67	482,44	427,11	469,8
21	390,6	405,02	395,92	345,04	384,15	462,78	478,54	468,24	412,84	455,6	476,95	492,65	482,43	427,1	469,78
22	388,76	403	394,12	343,75	382,4	460,62	476,18	466,12	411,29	453,55	474,25	489,76	479,77	425,01	467,2
23	388,71	402,94	394,07	343,71	382,36	460,72	476,29	466,23	411,38	453,65	474,45	489,97	479,97	425,18	467,39
24	388,09	402,26	393,46	343,28	381,77	459,96	475,46	465,48	410,82	452,93	473,55	489	479,08	424,48	466,52
25	389,83	404,17	395,16	344,49	383,41	461,92	477,6	467,4	412,23	454,78	475,85	491,47	481,35	426,25	468,73
26	393,82	408,54	399,06	347,29	387,18	466,39	482,47	471,78	415,44	459,02	481,06	497,06	486,47	430,25	473,71
27	393,81	408,54	399,06	347,29	387,17	466,39	482,47	471,78	415,44	459,02	481,07	497,07	486,47	430,26	473,72
28	388,96	403,22	394,32	343,89	382,6	461,05	476,65	466,55	411,61	453,96	474,81	490,36	480,32	425,46	467,74
29	389,19	403,47	394,54	344,04	382,81	461,27	476,89	466,76	411,76	454,17	475,07	490,64	480,58	425,65	467,99
30	389,17	403,45	394,52	344,02	382,79	461,27	476,89	466,76	411,76	454,17	475,1	490,67	480,61	425,68	468,01

Ek Çizelge 6. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be})

İşletme No	Ocak (I_{be} , Wm ² /h)					Şubat (I_{be} , Wm ² /h)					Mart (I_{be} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	281,84	296,12	281,844	236,72	274,13	334,35	349,964	334,35	284,872	325,884	327,24	342,8	327,24	277,83	318,78
2	290,1	304,79	290,096	243,67	282,16	342,53	358,574	342,53	291,7	333,834	335,44	351,41	335,44	284,74	326,76
3	288,6	303,22	288,599	242,41	280,71	341,08	357,053	341,08	290,493	332,429	334,03	349,93	334,03	283,55	325,39
4	289,24	303,89	289,243	242,95	281,33	341,77	357,779	341,77	291,066	333,098	334,71	350,64	334,71	284,12	326,05
5	279,69	293,86	279,691	234,9	272,04	332,24	347,742	332,24	283,106	323,831	325,02	340,47	325,02	275,96	316,62
6	288,17	302,77	288,174	242,05	280,29	340,71	356,658	340,71	290,179	332,064	333,59	349,47	333,59	283,18	324,96
7	282,49	296,8	282,49	237,26	274,76	335,05	350,706	335,05	285,458	326,568	327,95	343,54	327,95	278,43	319,47
8	288,2	302,94	288,203	241,59	280,24	334,45	350,076	334,45	284,955	325,985	327,26	342,82	327,26	277,85	318,8
9	283,23	297,58	283,234	237,89	275,48	335,76	351,453	335,76	286,049	327,257	328,66	344,29	328,66	279,03	320,16
10	286,24	300,74	286,244	240,43	278,41	338,75	354,596	338,75	288,546	330,161	331,75	347,53	331,75	281,63	323,16
11	282,38	296,69	282,382	237,17	274,66	334,9	350,545	334,9	285,332	326,42	327,84	343,42	327,84	278,33	319,36
12	288,81	303,44	288,812	242,59	280,91	341,27	357,249	341,27	290,649	332,61	334,21	350,12	334,21	283,7	325,56
13	287,42	301,98	287,417	241,41	279,55	339,84	355,748	339,84	289,46	331,224	332,84	348,68	332,84	282,55	324,23
14	286,99	301,53	286,992	241,05	279,14	339,47	355,356	339,47	289,148	330,862	332,41	348,22	332,41	282,18	323,8
15	280,88	295,11	280,879	235,91	273,19	333,41	348,977	333,41	284,089	324,972	326,27	341,78	326,27	277,01	317,83
16	282,6	296,92	282,6	237,36	274,87	335,21	350,871	335,21	285,587	326,72	328,07	343,67	328,07	278,53	319,58
17	281,96	296,24	281,955	236,81	274,24	334,51	350,138	334,51	285,009	326,044	327,38	342,94	327,38	277,95	318,91
18	281,95	296,24	281,954	236,81	274,24	334,51	350,134	334,51	285,006	326,04	327,37	342,93	327,37	277,94	318,9
19	284,63	299,05	284,633	239,07	276,85	337,21	352,977	337,21	287,255	328,663	330,07	345,77	330,07	280,22	321,53
20	284,63	299,05	284,63	239,06	276,84	337,1	352,861	337,1	287,169	328,559	330,05	345,75	330,05	280,2	321,51
21	281,09	295,33	281,086	236,08	273,39	333,48	349,05	333,48	284,152	325,041	326,24	341,75	326,24	277	317,81
22	280,98	295,21	280,976	235,98	273,29	333,52	349,089	333,52	284,172	325,074	326,37	341,88	326,37	277,09	317,93
23	279,8	293,97	279,795	234,99	272,14	332,28	347,784	332,28	283,141	323,87	325,1	340,55	325,1	276,03	316,69
24	283,13	297,47	283,126	237,79	275,38	335,61	351,291	335,61	285,922	327,108	328,47	344,09	328,47	278,87	319,97
25	290,74	305,46	290,74	244,21	282,79	343,22	359,297	343,22	292,271	334,5	336,11	352,11	336,11	285,3	327,41
26	290,74	305,46	290,74	244,22	282,79	343,22	359,3	343,22	292,274	334,503	336,12	352,12	336,12	285,31	327,42
27	281,52	295,78	281,52	236,44	273,82	334,09	349,694	334,09	284,653	325,633	326,93	342,47	326,93	277,57	318,47
28	281,95	296,23	281,949	236,81	274,23	334,49	350,112	334,49	284,987	326,019	327,33	342,89	327,33	277,91	318,86
29	281,95	296,24	281,954	236,81	274,24	334,51	350,135	334,51	285,006	326,041	327,37	342,93	327,37	277,94	318,9
30	281,84	296,12	281,844	236,72	274,13	334,45	350,066	334,45	284,947	325,976	327,24	342,8	327,24	277,83	318,78

Ek Çizelge 7. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de})

İşletme No	Ocak (I_{de} , Wm ² /h)					Şubat (I_{de} , Wm ² /h)					Mart (I_{de} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	72,90	76,15	72,90	62,06	71	79,695	82,72	79,69	69,62	77,93	86,40	89,16	86,40	77,18	84,79
2	69,98	73,17	69,98	59,37	68,13	77,36	80,32	77,36	67,49	75,63	84,82	87,54	84,82	75,753	83,23
3	70,50	73,7	70,50	59,85	68,64	77,776	80,75	77,78	67,87	76,04	85,10	87,83	85,10	76,007	83,51
4	70,27	73,46	70,27	59,64	68,41	77,59	80,56	77,59	67,7	75,86	84,97	87,7	84,97	75,892	83,38
5	73,69	76,96	73,69	62,78	71,78	80,321	83,36	80,32	70,2	78,55	86,82	89,6	86,82	77,559	85,2
6	70,64	73,84	70,64	59,98	68,77	77,888	80,86	77,89	67,97	76,15	85,18	87,9	85,18	76,077	83,58
7	72,66	75,91	72,66	61,84	70,77	79,504	82,52	79,5	69,45	77,74	86,27	89,03	86,27	77,063	84,66
8	73,11	76,43	73,11	62,06	71,18	79,691	82,71	79,69	69,62	77,93	86,39	89,16	86,39	77,176	84,78
9	72,42	75,66	72,42	61,62	70,53	79,311	82,32	79,31	69,27	77,55	86,14	88,9	86,14	76,944	84,53
10	71,33	74,54	71,33	60,61	69,45	78,436	81,42	78,44	68,47	76,69	85,55	88,29	85,55	76,411	83,95
11	72,71	75,95	72,71	61,88	70,81	79,538	82,55	79,54	69,48	77,78	86,29	89,06	86,29	77,083	84,68
12	70,43	73,63	70,43	59,79	68,57	77,72	80,69	77,72	67,82	75,99	85,06	87,79	85,06	75,974	83,47
13	70,93	74,14	70,93	60,25	69,06	78,121	81,1	78,12	68,18	76,38	85,33	88,07	85,33	76,219	83,74
14	71,07	74,28	71,07	60,37	69,2	78,231	81,21	78,23	68,28	76,49	85,41	88,14	85,41	76,287	83,81
15	73,24	76,5	73,24	62,37	71,34	79,967	82,99	79,97	69,87	78,2	86,58	89,35	86,58	77,345	84,97
16	72,62	75,86	72,62	61,8	70,72	79,469	82,48	79,47	69,42	77,71	86,25	89,01	86,25	77,041	84,63
17	72,85	76,1	72,85	62,01	70,95	79,654	82,67	79,65	69,59	77,89	86,37	89,14	86,37	77,155	84,76
18	72,85	76,1	72,85	62,02	70,96	79,656	82,68	79,66	69,59	77,89	86,37	89,14	86,37	77,156	84,76
19	71,91	75,14	71,91	61,15	70,03	78,904	81,91	78,9	68,9	77,15	85,86	88,61	85,86	76,696	84,26
20	71,92	75,15	71,92	61,16	70,04	78,91	81,91	78,91	68,91	77,16	85,87	88,62	85,87	76,701	84,26
21	73,19	76,45	73,19	62,33	71,29	79,924	82,95	79,92	69,84	78,16	86,55	89,32	86,55	77,323	84,94
22	73,24	76,5	73,24	62,37	71,34	79,963	82,99	79,96	69,87	78,2	86,58	89,35	86,58	77,34	84,96
23	73,66	76,93	73,66	62,76	71,75	80,297	83,33	80,3	70,17	78,53	86,80	89,58	86,80	77,545	85,18
24	72,46	75,71	72,46	61,66	70,57	79,345	82,36	79,34	69,3	77,59	86,16	88,92	86,16	76,966	84,55
25	69,75	72,93	69,75	59,16	67,9	77,175	80,13	77,18	67,32	75,45	84,69	87,41	84,69	75,639	83,11
26	69,75	72,93	69,75	59,16	67,9	77,173	80,13	77,17	67,32	75,45	84,69	87,4	84,69	75,637	83,11
27	73,02	76,28	73,02	62,17	71,12	79,792	82,82	79,79	69,71	78,03	86,46	89,23	86,46	77,237	84,85
28	72,87	76,12	72,87	62,03	70,97	79,669	82,69	79,67	69,6	77,91	86,38	89,15	86,38	77,164	84,77
29	72,85	76,1	72,85	62,02	70,96	79,656	82,68	79,66	69,59	77,89	86,37	89,14	86,37	77,156	84,76
30	72,90	76,15	72,90	62,06	71	79,697	82,72	79,7	69,62	77,93	86,40	89,16	86,40	77,18	84,79

Ek Çizelge 8. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re})

İşletme No	Ocak (I_{re} , Wm ² /h)					Şubat (I_{re} , Wm ² /h)					Mart (I_{re} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	34,38	36,48	34,38	27,73	33,24	47,11	49,59	47,11	39,224	45,7603	61,38	64,12	61,38	52,592	59,87
2	33,4	35,47	33,4	26,85	32,28	46,08	48,516	46,08	38,306	44,7439	60,338	63,04	60,338	51,69	58,85
3	33,58	35,65	33,58	27,01	32,45	46,26	48,708	46,26	38,471	44,926	60,529	63,23	60,529	51,855	59,04
4	33,5	35,57	33,5	26,94	32,37	46,18	48,626	46,18	38,399	44,8477	60,449	63,15	60,449	51,785	58,96
5	34,64	36,75	34,64	27,96	33,5	47,4	49,885	47,4	39,474	46,0387	61,658	64,41	61,658	52,833	60,14
6	33,62	35,7	33,62	27,05	32,5	46,31	48,762	46,31	38,516	44,9763	60,573	63,28	60,573	51,894	59,08
7	34,3	36,39	34,3	27,66	33,16	47,03	49,506	47,03	39,152	45,6805	61,299	64,04	61,299	52,522	59,79
8	34,84	36,99	34,84	28,02	33,67	47,12	49,596	47,12	39,228	45,7655	61,378	64,12	61,378	52,59	59,87
9	34,22	36,32	34,22	27,59	33,09	46,95	49,419	46,95	39,077	45,5984	61,216	63,95	61,216	52,45	59,71
10	33,85	35,93	33,85	27,25	32,72	46,55	49,01	46,55	38,729	45,212	60,827	63,54	60,827	52,113	59,33
11	34,31	36,41	34,31	27,67	33,18	47,04	49,518	47,04	39,163	45,6923	61,315	64,05	61,315	52,536	59,81
12	33,55	35,63	33,55	26,99	32,43	46,24	48,682	46,24	38,448	44,9012	60,502	63,21	60,502	51,832	59,01
13	33,72	35,8	33,72	27,14	32,6	46,41	48,865	46,41	38,605	45,0743	60,686	63,4	60,686	51,99	59,19
14	33,77	35,85	33,77	27,18	32,64	46,46	48,916	46,46	38,649	45,1231	60,728	63,44	60,728	52,028	59,23
15	34,49	36,59	34,49	27,83	33,35	47,24	49,716	47,24	39,332	45,8797	61,5	64,25	61,5	52,696	59,99
16	34,28	36,38	34,28	27,64	33,15	47,02	49,492	47,02	39,139	45,6675	61,282	64,02	61,282	52,507	59,77
17	34,36	36,46	34,36	27,71	33,22	47,1	49,573	47,1	39,209	45,7442	61,36	64,1	61,36	52,575	59,85
18	34,36	36,46	34,36	27,71	33,22	47,1	49,574	47,1	39,211	45,7456	61,361	64,1	61,361	52,576	59,85
19	34,05	36,14	34,05	27,43	32,92	46,77	49,234	46,77	38,918	45,4232	61,031	63,76	61,031	52,29	59,53
20	34,05	36,14	34,05	27,44	32,92	46,77	49,229	46,77	38,916	45,4191	61,035	63,76	61,035	52,293	59,53
21	34,48	36,58	34,48	27,82	33,34	47,21	49,689	47,21	39,311	45,8551	61,459	64,2	61,459	52,663	59,95
22	34,49	36,6	34,49	27,83	33,35	47,24	49,722	47,24	39,335	45,8846	61,508	64,25	61,508	52,702	59,99
23	34,63	36,74	34,63	27,96	33,49	47,38	49,87	47,38	39,463	46,0249	61,647	64,4	61,647	52,823	60,13
24	34,24	36,33	34,24	27,6	33,1	46,96	49,432	46,96	39,089	45,6107	61,222	63,96	61,222	52,456	59,71
25	33,32	35,39	33,32	26,78	32,21	46	48,434	46	38,236	44,6661	60,259	62,95	60,259	51,621	58,77
26	33,32	35,39	33,32	26,78	32,2	46	48,433	46	38,235	44,665	60,258	62,95	60,258	51,62	58,77
27	34,42	36,52	34,42	27,77	33,28	47,16	49,642	47,16	39,267	45,8089	61,426	64,17	61,426	52,632	59,91
28	34,37	36,47	34,37	27,72	33,23	47,11	49,583	47,11	39,217	45,7532	61,368	64,11	61,368	52,582	59,86
29	34,36	36,46	34,36	27,71	33,22	47,1	49,574	47,1	39,21	45,7453	61,361	64,1	61,361	52,576	59,85
30	34,38	36,48	34,38	27,73	33,24	47,12	49,599	47,12	39,23	45,7688	61,38	64,12	61,38	52,592	59,87

Ek Çizelge 9. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I_{TE} , Wm^2/h)					Şubat (I_{TE} , Wm^2/h)					Mart (I_{TE} , Wm^2/h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	439,519	466,12	439,519	355,39	425,14	566,805	587,432	572,78	478,935	551,49	677,54	710,84	685,636	587,991	665,50
	28	433,071	459,311	433,071	350,08	418,88	565,076	581,269	565,08	470,337	545,44	680,55	712,18	680,554	579,587	663,22
2	28	428,587	454,801	428,587	345,71	414,42	560,126	576,188	560,13	465,656	540,52	675,66	707,15	675,664	575,171	658,41
3	30	436,073	462,665	436,073	352	421,70	563,048	583,563	568,99	475,288	547,72	673,91	707,1	681,972	584,596	661,89
4	40	464,151	492,261	464,151	375,24	448,95	587,531	612,364	597,9	501,261	574,76	686,4	721,68	700,474	602,862	677,85
	30	435,72	462,308	435,72	351,65	421,35	562,723	583,232	568,66	474,964	547,39	673,59	706,77	681,649	584,291	661,57
5	40	467,307	495,336	467,307	378,61	452,14	590,989	615,949	601,45	504,948	578,33	689,47	724,81	703,628	606,044	680,99
	28	434,309	460,56	434,309	351,28	420,11	566,493	582,727	566,49	471,656	546,84	681,84	713,51	681,842	580,751	664,48
6	30	436,243	462,832	436,243	352,17	421,87	563,289	583,813	569,23	475,518	547,96	674,05	707,24	682,115	584,74	662,04
	40	464,474	492,574	464,474	375,59	449,28	587,882	612,727	598,26	501,644	575,13	686,64	721,91	700,716	603,131	678,10
7	30	439,153	465,75	439,153	355,03	424,77	566,475	587,095	572,45	478,605	551,16	677,22	710,51	685,317	587,689	665,19
8	30	446,574	473,887	446,574	360,2	431,81	567,058	587,537	572,88	479,004	551,62	677,53	710,83	685,623	587,979	665,49
9	30	438,873	465,477	438,873	354,74	424,49	566,13	586,74	572,1	478,262	550,81	676,9	710,18	684,989	587,378	664,86
10	30	437,236	463,828	437,236	353,15	422,86	564,323	584,875	570,27	476,53	549	675,23	708,46	683,303	585,819	663,20
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	435,992	462,585	435,992	351,91	421,62	562,93	583,441	568,87	475,176	547,60	673,78	706,96	681,839	584,477	661,76
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	443,062	470,008	443,062	357,85	428,50	575,315	591,957	575,31	478,6	555,30	687,45	719,56	687,455	585,011	669,87
14	23	412,229	437,43	412,229	332,55	398,61	539,565	557,434	543,12	452,865	523,24	657,22	688,72	662,036	566,545	643,63
	30	436,895	463,489	436,895	352,8	422,52	563,925	584,466	569,87	476,143	548,60	674,74	707,95	682,813	585,381	662,72
15	30	439,991	466,59	439,991	355,86	425,61	567,354	588	573,33	479,465	552,04	678,04	711,35	686,141	588,46	666
16	30	439,069	465,664	439,069	354,96	424,69	566,441	587,063	572,41	478,565	551,12	677,14	710,43	685,233	587,613	665,10
	14	378,543	401,647	378,543	305,46	366,05	505,07	519,119	505,07	420,166	487,36	630,03	658,88	630,025	537,766	614,17

Ek Çizelge 9. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I _{TE} , Wm ² /h)					Şubat (I _{TE} , Wm ² /h)					Mart (I _{TE} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	422,672	448,328	422,672	341,53	408,80	550,45	569,145	554,64	463,061	534,32	666,19	698,31	671,873	575,369	652,93
	21	407,83	432,632	407,83	329,39	394,42	535,276	552,504	538,22	448,889	518,72	654,54	685,63	658,523	563,458	640,54
	22	411,666	436,69	411,666	332,52	398,14	542,011	557,341	542,01	451,005	523,09	662,09	692,69	662,088	564,329	645,30
18	30	439,42	466,018	439,42	355,3	425,04	566,759	587,387	572,73	478,884	551,44	677,45	710,74	685,545	587,909	665,41
	26	417,655	442,989	417,655	337,54	403,96	546,084	561,384	546,08	454,467	527	659,61	690,24	659,606	561,814	642,81
19	30	438,108	464,706	438,108	353,99	423,729	565,356	585,945	571,32	477,506	550,032	676,08	709,33	684,156	586,616	664,045
	7	344,624	365,759	344,624	277,75	333,188	466,256	479,048	466,26	387,806	449,841	594,19	621,11	594,188	507,99	579,37
20	30	438,146	464,747	438,146	354,02	423,766	565,268	585,849	571,23	477,443	549,947	676,09	709,35	684,173	586,631	664,06
21	30	439,986	466,592	439,986	355,83	425,598	572,251	588,721	572,25	476,429	552,413	685,79	717,69	685,789	583,962	668,307
	14	379,934	403,076	379,934	306,73	367,418	506,351	520,431	506,35	421,354	488,622	631,15	660,04	631,155	538,794	615,285
22	7	348,199	369,436	348,199	280,99	336,707	470,056	482,949	470,06	391,202	453,566	598,04	625,12	598,036	511,334	583,131
23	27	430,983	457,05	430,983	348,53	416,888	558,743	578,227	563,61	470,972	542,888	672,5	705,15	679,099	581,925	659,669
	30	440,659	467,267	440,659	356,49	426,269	568,028	588,694	574,01	480,111	552,712	678,67	712	686,777	589,047	666,624
24	30	438,95	465,555	438,95	354,81	424,566	566,159	586,767	572,13	478,298	550,838	676,85	710,13	684,943	587,354	664,82
25	30	435,003	461,591	435,003	350,94	420,635	561,894	582,376	567,83	474,163	546,565	672,72	705,87	680,769	583,488	660,711
26	30	434,993	461,58	434,993	350,93	420,625	561,886	582,368	567,82	474,156	546,557	672,72	705,86	680,764	583,484	660,707
	10	353,367	375,215	353,367	284,27	341,554	476,724	489,886	476,72	396,096	459,858	603,53	631,05	603,526	515,464	588,392
27	30	439,704	466,306	439,704	355,56	425,32	567,09	587,731	573,07	479,19	551,77	677,76	711,07	685,859	588,191	665,72
	38	462,001	489,804	462,001	374,03	446,96	586,698	610,735	596,16	499,956	573,387	687,9	722,86	700,709	602,851	678,579
	12	370,698	393,302	370,698	299,19	358,472	496,037	509,777	496,04	412,731	478,646	621,96	650,35	621,957	531,134	606,349
28	30	439,488	466,09	439,488	355,35	425,104	566,814	587,444	572,79	478,93	551,494	677,48	710,78	685,575	587,936	665,442
	26	426,252	452,111	426,252	344,47	412,271	557,831	573,747	557,83	464,246	538,414	674,87	706,18	674,868	574,892	657,702
29	30	439,418	466,015	439,418	355,3	425,037	566,757	587,385	572,73	478,883	551,439	677,45	710,74	685,544	587,909	665,411
30	30	439,519	466,12	439,519	355,39	425,136	566,924	587,561	572,9	479,024	551,603	677,54	710,84	685,636	587,991	665,502
	23	415,546	440,793	415,546	335,7	401,897	546,321	561,811	546,32	454,605	527,265	665,62	696,42	665,62	567,252	648,727

Ek Çizelge 10. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I_{be} , Wm^2/h)					Şubat (I_{be} , Wm^2/h)					Mart (I_{be} , Wm^2/h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	297,64	319,71	297,64	229,75	286,185	415,84	428,57	415,84	333,61	398,47	514,42	543,30	514,42	423,75	498,97
	28	291,61	313,38	291,61	224,67	280,317	409,96	422,51	409,96	328,55	392,75	510,83	539,53	510,83	420,71	495,47
2	28	292,74	314,56	292,74	225,63	281,421	409,52	422,00	409,52	328,14	392,3	509,03	537,65	509,03	419,22	493,73
3	30	298,81	320,93	298,81	230,73	287,325	415,78	428,46	415,78	333,52	398,38	513,32	542,15	513,32	422,82	497,9
4	40	324,88	348,16	324,88	253,01	312,733	439,03	452,42	439,03	353,91	421,1	523,42	552,69	523,42	431,52	507,77
	30	298,91	321,03	298,91	230,82	287,418	415,81	428,49	415,81	333,54	398,41	513,24	542,07	513,24	422,76	497,83
5	40	321,48	344,58	321,48	250,17	309,428	437,19	450,59	437,19	352,46	419,35	522,78	552,00	522,78	431,02	507,14
	28	291,34	313,09	291,34	224,44	280,053	410,17	422,74	410,17	328,72	392,95	511,29	540,02	511,29	421,10	495,93
6	30	298,72	320,83	298,72	230,66	287,23	415,80	428,49	415,80	333,54	398,41	513,31	542,14	513,31	422,82	497,89
	40	324,49	347,75	324,49	252,68	312,353	438,80	452,19	438,80	353,74	420,88	523,25	552,51	523,25	431,39	507,6
7	30	297,74	319,80	297,74	229,83	286,278	415,88	428,61	415,88	333,64	398,5	514,35	543,23	514,35	423,69	498,91
8	30	304,23	326,90	304,23	234,46	292,456	415,95	428,68	415,95	333,69	398,57	514,41	543,30	514,41	423,74	498,97
9	30	297,92	320,00	297,92	229,98	286,455	415,91	428,63	415,91	333,65	398,52	514,28	543,16	514,28	423,63	498,84
10	30	298,39	320,49	298,39	230,38	286,913	415,78	428,48	415,78	333,54	398,4	513,76	542,61	513,76	423,19	498,33
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	298,86	320,99	298,86	230,78	287,373	415,76	428,45	415,76	333,51	398,37	513,26	542,08	513,26	422,77	497,84
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	304,53	326,92	304,53	235,55	292,882	421,36	434,22	421,36	338,36	403,83	516,77	545,77	516,77	425,75	501,27
14	23	275,20	296,11	275,20	211,00	264,379	392,28	404,26	392,28	313,46	375,57	497,46	525,48	497,46	409,50	482,47
	30	298,54	320,65	298,54	230,50	287,059	415,78	428,47	415,78	333,53	398,39	513,55	542,39	513,55	423,02	498,12
15	30	297,46	319,51	297,46	229,59	286,008	415,87	428,61	415,87	333,64	398,5	514,56	543,45	514,56	423,87	499,11
16	30	297,74	319,81	297,74	229,83	286,282	415,91	428,64	415,91	333,66	398,53	514,32	543,20	514,32	423,66	498,87
	14	239,76	258,72	239,76	181,77	230,004	355,09	365,96	355,09	282,13	339,57	468,21	494,71	468,21	385,08	454,05

Ek Çizelge 10. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (Ibe, Wm ² /h)					Şubat (Ibe, Wm ² /h)					Mart (Ibe, Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	281,88	303,14	281,88	216,54	270,859	400,22	412,47	400,22	320,21	383,28	504,22	532,59	504,22	415,15	489,04
	21	267,72	288,24	267,72	204,78	257,114	385,50	397,30	385,50	307,71	369	493,32	521,13	493,32	406,03	478,45
	22	271,38	292,10	271,38	207,81	260,67	389,36	401,28	389,36	310,98	372,74	496,27	524,24	496,27	408,50	481,32
18	30	297,64	319,70	297,64	229,75	286,182	415,87	428,60	415,87	333,63	398,49	514,38	543,26	514,38	423,72	498,93
	26	285,21	306,65	285,21	219,32	274,097	403,60	415,95	403,60	323,10	386,56	506,56	535,05	506,56	417,12	491,32
19	30	298,14	320,23	298,14	230,16	286,667	415,92	428,63	415,92	333,65	398,53	513,99	542,86	513,99	423,39	498,56
	7	207,74	224,83	207,74	155,66	198,995	318,55	328,28	318,55	251,63	304,25	435,01	459,73	435,01	357,47	421,81
20	30	298,16	320,25	298,16	230,18	286,685	415,81	428,53	415,81	333,57	398,43	514,00	542,86	514,00	423,40	498,56
21	30	297,55	319,61	297,55	229,66	286,094	415,78	428,51	415,78	333,57	398,41	514,27	543,14	514,27	423,64	498,83
	14	240,04	259,02	240,04	181,99	230,274	355,51	366,39	355,51	282,48	339,97	468,76	495,28	468,76	385,55	454,59
22	7	208,76	225,91	208,76	156,47	199,975	320,33	330,14	320,33	253,11	305,98	437,53	462,38	437,53	359,55	424,25
23	27	288,26	309,86	288,26	221,86	277,062	407,03	419,51	407,03	326,04	389,9	509,28	537,91	509,28	419,41	493,97
	30	297,33	319,38	297,33	229,47	285,877	415,91	428,65	415,91	333,67	398,54	514,76	543,66	514,76	424,04	499,3
24	30	297,91	319,99	297,91	229,97	286,447	415,87	428,59	415,87	333,62	398,49	514,19	543,06	514,19	423,56	498,75
25	30	299,19	321,32	299,19	231,05	287,686	415,78	428,45	415,78	333,50	398,38	512,92	541,73	512,92	422,49	497,51
26	30	299,18	321,32	299,18	231,05	287,681	415,77	428,44	415,77	333,50	398,37	512,92	541,73	512,92	422,49	497,51
	10	220,49	238,32	220,49	166,05	211,335	331,93	342,05	331,93	262,79	317,17	445,94	471,23	445,94	366,56	432,42
27	30	297,60	319,66	297,60	229,70	286,139	415,94	428,68	415,94	333,69	398,56	514,51	543,40	514,51	423,83	499,06
	38	317,99	340,96	317,99	247,10	306,009	434,28	447,58	434,28	349,78	416,48	522,52	551,76	522,52	430,73	506,88
	12	231,33	249,81	231,33	174,86	221,833	345,88	356,47	345,88	274,41	330,66	460,44	486,52	460,44	378,60	446,5
28	30	297,67	319,74	297,67	229,77	286,214	415,90	428,63	415,90	333,65	398,52	514,39	543,27	514,39	423,73	498,95
	26	285,25	306,69	285,25	219,34	274,131	403,63	415,99	403,63	323,12	386,59	506,58	535,07	506,58	417,14	491,34
29	30	297,64	319,70	297,64	229,75	286,181	415,87	428,60	415,87	333,63	398,49	514,38	543,26	514,38	423,72	498,93
30	30	297,64	319,71	297,64	229,75	286,185	415,96	428,70	415,96	333,70	398,58	514,42	543,30	514,42	423,75	498,97
	23	274,99	295,90	274,99	210,80	264,172	393,21	405,25	393,21	314,23	376,47	499,13	527,25	499,13	410,89	484,1

Ek Çizelge 11. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I_{de} , Wm ² /h)					Şubat (I_{de} , Wm ² /h)					Mart (I_{de} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	129,31	133,08	129,31	115,51	126,80	138,81	141,64	138,81	128,10	136,84	148,79	150,81	148,79	140,81	147,30
	28	130,49	134,30	130,49	116,56	127,96	140,08	142,93	140,08	129,27	138,09	150,14	152,19	150,14	142,09	148,64
2	28	125,19	128,92	125,19	111,51	122,70	135,90	138,70	135,90	125,29	133,95	147,38	149,39	147,38	139,46	145,90
3	30	124,99	128,70	124,99	111,39	122,52	135,41	138,20	135,41	124,86	133,47	146,54	148,53	146,54	138,67	145,07
4	40	117,89	121,40	117,89	105,04	115,56	127,84	130,47	127,84	117,87	126,01	138,47	140,36	138,47	131,04	137,09
	30	124,57	128,27	124,57	110,99	122,10	135,08	137,86	135,08	124,55	133,14	146,32	148,31	146,32	138,46	144,85
5	40	123,72	127,31	123,72	110,59	121,33	132,43	135,12	132,43	122,24	130,55	141,50	143,43	141,50	133,92	140,09
	28	131,92	135,74	131,92	117,92	129,37	141,20	144,07	141,20	130,34	139,20	150,88	152,93	150,88	142,79	149,37
6	30	125,24	128,95	125,24	111,63	122,77	135,61	138,40	135,61	125,05	133,67	146,67	148,67	146,67	138,79	145,20
	40	118,53	122,04	118,53	105,65	116,19	128,34	130,98	128,34	118,35	126,50	138,81	140,70	138,81	131,36	137,42
7	30	128,88	132,65	128,88	115,10	126,38	138,48	141,30	138,48	127,78	136,51	148,56	150,59	148,56	140,60	147,08
8	30	129,61	133,47	129,61	115,50	127,05	138,81	141,63	138,81	128,09	136,84	148,78	150,81	148,78	140,80	147,29
9	30	128,44	132,20	128,44	114,68	125,94	138,13	140,95	138,13	127,45	136,17	148,34	150,36	148,34	140,38	146,85
10	30	126,47	130,21	126,47	112,80	123,99	136,58	139,38	136,58	125,98	134,63	147,31	149,32	147,31	139,40	145,84
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	124,86	128,58	124,86	111,27	122,39	135,31	138,10	135,31	124,77	133,37	146,47	148,47	146,47	138,61	145,00
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	124,55	128,24	124,55	111,05	122,10	134,71	137,48	134,71	124,24	132,79	145,52	147,51	145,52	137,71	144,07
14	23	129,66	133,49	129,66	115,62	127,11	140,16	143,04	140,16	129,27	138,16	151,33	153,39	151,33	143,21	149,81
	30	126,01	129,74	126,01	112,37	123,53	136,22	139,01	136,22	125,63	134,27	147,07	149,08	147,07	139,18	145,60
15	30	129,92	133,70	129,92	116,09	127,41	139,30	142,13	139,30	128,56	137,32	149,10	151,13	149,10	141,11	147,61
16	30	128,80	132,56	128,80	115,02	126,29	138,41	141,24	138,41	127,72	136,45	148,52	150,54	148,52	140,56	147,04
	14	135,98	139,95	135,98	121,43	133,33	146,13	149,11	146,13	134,84	144,05	156,80	158,93	156,80	148,39	155,23

Ek Çizelge 11. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I _{be} , Wm ² /h)					Şubat (I _{be} , Wm ² /h)					Ocak (I _{de} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	131,99	135,84	131,99	117,89	129,43	141,72	144,60	141,72	130,78	139,70	151,93	154,00	151,93	143,78	150,41
	21	133,93	137,83	133,93	119,62	131,33	143,80	146,73	143,80	132,70	141,76	154,16	156,26	154,16	145,89	152,62
	22	133,44	137,33	133,44	119,19	130,85	143,28	146,20	143,28	132,22	141,24	153,60	155,69	153,60	145,37	152,07
18	30	129,22	132,99	129,22	115,42	126,71	138,75	141,57	138,75	128,04	136,78	148,74	150,77	148,74	140,77	147,25
	26	131,51	135,34	131,51	117,46	128,96	141,20	144,08	141,20	130,30	139,19	151,37	153,43	151,37	143,26	149,86
19	30	127,53	131,27	127,53	113,81	125,03	137,41	140,22	137,41	126,77	135,45	147,86	149,87	147,86	139,93	146,38
	7	136,14	140,14	136,14	121,49	133,47	146,69	149,69	146,69	135,32	144,60	157,84	159,99	157,84	149,37	156,26
20	30	127,54	131,29	127,54	113,82	125,05	137,42	140,23	137,42	126,78	135,46	147,87	149,88	147,87	139,93	146,39
21	30	129,83	133,61	129,83	116,00	127,32	139,22	142,05	139,22	128,49	137,25	149,06	151,09	149,06	141,07	147,57
	14	137,07	141,06	137,07	122,47	134,42	146,98	149,97	146,98	135,66	144,90	157,37	159,51	157,37	148,94	155,80
22	7	138,69	142,72	138,69	123,92	136,00	148,69	151,72	148,69	137,23	146,58	159,16	161,33	159,16	150,63	157,57
23	27	132,42	136,27	132,42	118,37	129,87	141,76	144,64	141,76	130,85	139,75	151,49	153,55	151,49	143,37	149,98
	30	130,67	134,46	130,67	116,80	128,15	139,88	142,72	139,88	129,12	137,90	149,49	151,52	149,49	141,48	147,99
24	30	128,52	132,29	128,52	114,75	126,02	138,19	141,01	138,19	127,51	136,23	148,38	150,40	148,38	140,42	146,89
25	30	123,64	127,33	123,64	110,11	121,18	134,35	137,12	134,35	123,85	132,42	145,83	147,82	145,83	137,99	144,37
26	30	123,63	127,33	123,63	110,10	121,17	134,34	137,11	134,34	123,84	132,41	145,83	147,81	145,83	137,99	144,36
	10	131,52	135,45	131,52	117,12	128,90	142,91	145,86	142,91	131,74	140,86	155,12	157,24	155,12	146,79	153,57
27	30	129,53	133,30	129,53	115,71	127,02	138,99	141,82	138,99	128,27	137,01	148,90	150,93	148,90	140,91	147,41
	38	124,11	127,73	124,11	110,88	121,71	133,18	135,89	133,18	122,90	131,29	142,67	144,62	142,67	135,02	141,25
	12	137,30	141,30	137,30	122,66	134,64	147,33	150,33	147,33	135,96	145,24	157,84	159,98	157,84	149,37	156,26
28	30	129,25	133,02	129,25	115,45	126,75	138,77	141,60	138,77	128,06	136,80	148,76	150,78	148,76	140,78	147,27
	26	131,54	135,38	131,54	117,49	128,99	141,22	144,10	141,22	130,32	139,22	151,39	153,45	151,39	143,27	149,87
29	30	129,22	132,99	129,22	115,42	126,71	138,75	141,57	138,75	128,04	136,78	148,74	150,77	148,74	140,77	147,25
30	30	129,31	133,08	129,31	115,51	126,80	138,82	141,64	138,82	128,10	136,85	148,79	150,81	148,79	140,81	147,30
	23	133,05	136,93	133,05	118,85	130,47	142,83	145,74	142,83	131,81	140,81	153,09	155,18	153,09	144,88	151,56

Ek Çizelge 12. Ocak, şubat ve mart aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I_{re} , Wm ² /h)					Şubat (I_{re} , Wm ² /h)					Mart (I_{re} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	12,56	13,33	12,56	10,13	12,15	12,15	17,22	18,12	17,22	16,18	14,33	16,72	22,43	23,43	19,23
	28	10,97	11,64	10,97	8,85	10,61	15,03	15,82	15,03	12,52	14,60	19,59	20,46	19,59	16,78	19,10
2	28	10,66	11,32	10,66	8,57	10,30	14,70	15,48	14,70	12,22	14,28	19,25	20,11	19,25	16,49	18,78
3	30	12,27	13,03	12,27	9,87	11,86	11,86	16,91	17,80	16,91	15,87	14,06	16,42	22,12	23,11	18,93
4	40	21,38	22,70	21,38	17,19	20,66	20,66	29,47	31,03	29,47	27,66	24,51	28,62	38,58	40,30	33,00
	30	12,24	13,00	12,24	9,84	11,83	11,83	16,88	17,77	16,88	15,84	14,03	16,39	22,09	23,08	18,90
5	40	22,11	23,45	22,11	17,85	21,38	21,38	30,25	31,84	30,25	28,43	25,19	29,38	39,35	41,11	33,76
	28	11,05	11,73	11,05	8,92	10,69	15,12	15,92	15,12	12,60	14,69	19,67	20,55	19,67	16,86	19,19
6	30	12,29	13,05	12,29	9,88	11,88	11,88	16,93	17,82	16,93	15,89	14,08	16,44	22,14	23,13	18,94
	40	21,46	22,78	21,46	17,26	20,74	20,74	29,56	31,12	29,56	27,74	24,58	28,70	38,66	40,38	33,08
7	30	12,53	13,30	12,53	10,11	12,12	12,12	17,19	18,09	17,19	16,15	14,31	16,69	22,40	23,40	19,20
8	30	12,73	13,52	12,73	10,24	12,30	12,30	17,22	18,13	17,22	16,22	14,34	16,73	22,43	23,43	19,23
9	30	12,51	13,27	12,51	10,08	12,09	12,09	17,16	18,06	17,16	16,12	14,28	16,66	22,37	23,37	19,17
10	30	12,37	13,13	12,37	9,96	11,96	11,96	17,01	17,91	17,01	15,97	14,15	16,52	22,23	23,22	19,03
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	12,26	13,02	12,26	9,86	11,85	11,85	16,90	17,79	16,90	15,86	14,05	16,41	22,11	23,10	18,92
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	13,98	14,84	13,98	11,25	13,51	19,24	20,26	19,24	16,00	18,69	25,16	26,28	25,16	21,55	24,54
14	23	7,37	7,82	7,37	5,93	7,12	7,12	10,14	10,67	10,14	9,52	8,43	9,85	13,25	13,84	11,34
	30	12,34	13,10	12,34	9,93	11,93	11,93	16,98	17,88	16,98	15,94	14,12	16,49	22,19	23,19	19,00
15	30	12,60	13,37	12,60	10,17	12,19	12,19	17,26	18,17	17,26	16,22	14,37	16,77	22,48	23,48	19,27
16	30	12,53	13,29	12,53	10,10	12,11	12,11	17,18	18,09	17,18	16,14	14,30	16,69	22,40	23,40	19,20
	14	2,80	2,98	2,80	2,26	2,71	3,85	4,05	3,85	3,20	3,74	5,01	5,24	5,01	4,30	4,89

Ek Çizelge 12. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Ocak (I _{re} , Wm ² /h)					Şubat (I _{re} , Wm ² /h)					Mart (I _{re} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	8,81	9,35	8,81	7,10	8,52	8,52	12,07	12,71	12,07	11,34	10,05	11,73	15,73	16,43	13,49
	21	6,18	6,56	6,18	4,99	5,98	5,98	8,48	8,92	8,48	7,96	7,06	8,23	11,04	11,54	9,47
	22	6,84	7,26	6,84	5,52	6,61	9,38	9,87	9,38	7,81	9,11	12,22	12,76	12,22	10,47	11,92
18	30	12,56	13,32	12,56	10,13	12,14	12,14	17,21	18,12	17,21	16,17	14,33	16,72	22,42	23,43	19,22
	26	0,94	0,99	0,94	0,76	0,91	1,28	1,35	1,28	1,07	1,25	1,67	1,75	1,67	1,43	1,63
19	30	12,44	13,21	12,44	10,02	12,03	12,03	17,09	17,99	17,09	16,05	14,22	16,60	22,30	23,30	19,11
	7	0,74	0,79	0,74	0,60	0,72	1,02	1,07	1,02	0,85	0,99	1,33	1,39	1,33	1,14	1,30
20	30	12,44	13,21	12,44	10,03	12,03	12,03	17,09	17,99	17,09	16,05	14,22	16,60	22,31	23,30	19,11
21	30	12,60	13,37	12,60	10,17	12,18	17,25	18,16	17,25	14,37	16,76	22,46	23,46	22,46	19,25	21,91
	14	2,82	2,99	2,82	2,28	2,73	3,86	4,07	3,86	3,22	3,75	5,03	5,25	5,03	4,31	4,90
22	7	0,75	0,80	0,75	0,61	0,73	1,03	1,08	1,03	0,86	1,00	1,34	1,40	1,34	1,15	1,31
23	27	10,30	10,92	10,30	8,31	9,96	9,96	14,09	14,82	14,09	13,24	11,73	13,68	18,33	19,14	15,72
	30	12,66	13,43	12,66	10,22	12,24	12,24	17,32	18,23	17,32	16,27	14,42	16,82	22,53	23,53	19,33
24	30	12,51	13,28	12,51	10,09	12,10	12,10	17,16	18,07	17,16	16,12	14,29	16,67	22,37	23,37	19,18
25	30	12,18	12,93	12,18	9,79	11,77	11,77	16,81	17,70	16,81	15,77	13,97	16,32	22,02	23,01	18,83
26	30	12,18	12,93	12,18	9,79	11,77	11,77	16,81	17,70	16,81	15,77	13,97	16,32	22,02	23,01	18,83
	10	1,36	1,45	1,36	1,10	1,32	1,88	1,98	1,88	1,56	1,83	2,47	2,58	2,47	2,11	2,40
27	30	12,58	13,35	12,58	10,15	12,16	12,16	17,24	18,14	17,24	16,19	14,35	16,74	22,45	23,45	19,25
	38	19,90	21,12	19,90	16,05	19,24	19,24	27,27	28,70	27,27	25,62	22,70	26,49	35,52	37,10	30,45
	12	2,07	2,19	2,07	1,67	2,00	2,83	2,98	2,83	2,36	2,75	3,69	3,85	3,69	3,16	3,59
28	30	12,56	13,33	12,56	10,13	12,14	12,14	17,22	18,12	17,22	16,17	14,33	16,72	22,43	23,43	19,23
	26	9,47	10,05	9,47	7,64	9,15	12,98	13,66	12,98	10,80	12,60	16,90	17,66	16,90	14,48	16,49
29	30	12,56	13,32	12,56	10,13	12,14	12,14	17,21	18,12	17,21	16,17	14,33	16,72	22,42	23,43	19,22
30	30	12,56	13,33	12,56	10,13	12,15	12,15	17,22	18,13	17,22	16,18	14,34	16,73	22,43	23,43	19,23
	23	7,50	7,96	7,50	6,05	7,25	10,28	10,82	10,28	8,56	9,99	13,39	13,99	13,39	11,47	13,06

Ek Çizelge 13. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen atmosfer dışı toplam güneş radyasyonu miktarları (I_0)

İşletme No	Haziran (I_0 , Wm ² /h)					Temmuz (I_0 , Wm ² /h)					Ağustos (I_0 , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	1252,03	1280,89	1243,02	1155,82	1232,94	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,56	1151,28	1181,16	1151,28	1051,68	1133,85
2	1253,06	1281,95	1244,05	1156,77	1233,96	1238,11	1267,33	1238,11	1140,72	1221,07	1145,24	1174,97	1145,24	1046,16	1127,91
3	1252,92	1281,80	1243,90	1156,64	1233,82	1238,24	1267,46	1238,24	1140,83	1221,19	1146,35	1176,10	1146,35	1047,17	1128,99
4	1252,98	1281,87	1243,97	1156,70	1233,88	1238,18	1267,41	1238,18	1140,78	1221,14	1145,85	1175,60	1145,85	1046,72	1128,51
5	1251,66	1280,51	1242,65	1155,47	1232,57	1238,65	1267,89	1238,65	1141,22	1221,60	1152,83	1182,75	1152,83	1053,09	1135,37
6	1252,88	1281,76	1243,86	1156,60	1233,77	1238,27	1267,49	1238,27	1140,86	1221,22	1146,64	1176,41	1146,64	1047,44	1129,28
7	1252,13	1281,00	1243,12	1155,91	1233,04	1238,59	1267,82	1238,59	1141,15	1221,54	1150,80	1180,67	1150,80	1051,24	1133,38
8	1252,03	1280,89	1243,02	1155,82	1232,94	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,56	1151,27	1181,15	1151,27	1051,66	1133,84
9	1252,23	1281,10	1243,23	1156,01	1233,14	1238,56	1267,79	1238,56	1141,13	1221,51	1150,31	1180,17	1150,31	1050,79	1132,90
10	1252,65	1281,53	1243,64	1156,39	1233,55	1238,41	1267,63	1238,41	1140,99	1221,36	1148,08	1177,88	1148,08	1048,75	1130,69
11	1252,11	1280,98	1243,10	1155,90	1233,02	1238,59	1267,82	1238,59	1141,16	1221,54	1150,89	1180,76	1150,89	1051,32	1133,46
12	1252,94	1281,82	1243,92	1156,66	1233,84	1238,22	1267,44	1238,22	1140,82	1221,18	1146,20	1175,95	1146,20	1047,04	1128,85
13	1252,78	1281,66	1243,77	1156,51	1233,68	1238,33	1267,56	1238,33	1140,92	1221,28	1147,26	1177,04	1147,26	1048,00	1129,89
14	1252,74	1281,62	1243,73	1156,47	1233,64	1238,36	1267,58	1238,36	1140,94	1221,31	1147,54	1177,33	1147,54	1048,26	1130,17
15	1251,87	1280,73	1242,86	1155,67	1232,78	1238,63	1267,87	1238,63	1141,20	1221,58	1151,96	1181,86	1151,96	1052,29	1134,52
16	1252,15	1281,02	1243,14	1155,93	1233,06	1238,58	1267,81	1238,58	1141,15	1221,53	1150,71	1180,58	1150,71	1051,16	1133,29
17	1252,05	1280,91	1243,04	1155,84	1232,96	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,55	1151,18	1181,06	1151,18	1051,58	1133,75
18	1252,05	1280,91	1243,04	1155,84	1232,96	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,55	1151,18	1181,06	1151,18	1051,59	1133,76
19	1252,44	1281,31	1243,43	1156,20	1233,34	1238,50	1267,73	1238,50	1141,07	1221,45	1149,28	1179,11	1149,28	1049,85	1131,88
20	1252,43	1281,31	1243,42	1156,19	1233,34	1238,50	1267,73	1238,50	1141,07	1221,45	1149,30	1179,13	1149,30	1049,86	1131,90
21	1251,89	1280,76	1242,89	1155,69	1232,81	1238,63	1267,86	1238,63	1141,19	1221,58	1151,86	1181,75	1151,86	1052,20	1134,42
22	1251,87	1280,73	1242,87	1155,68	1232,79	1238,63	1267,86	1238,63	1141,20	1221,58	1151,94	1181,84	1151,94	1052,28	1134,50
23	1251,67	1280,53	1242,67	1155,49	1232,59	1238,65	1267,89	1238,65	1141,21	1221,60	1152,77	1182,69	1152,77	1053,04	1135,32
24	1252,22	1281,08	1243,21	1155,99	1233,12	1238,57	1267,80	1238,57	1141,14	1221,52	1150,40	1180,26	1150,40	1050,87	1132,98
25	1253,12	1282,01	1244,11	1156,83	1234,02	1238,05	1267,27	1238,05	1140,66	1221,01	1144,75	1174,46	1144,75	1045,71	1127,42
26	1253,12	1282,01	1244,11	1156,83	1234,02	1238,05	1267,27	1238,05	1140,66	1221,01	1144,74	1174,46	1144,74	1045,70	1127,41
27	1251,97	1280,83	1242,97	1155,77	1232,88	1238,62	1267,85	1238,62	1141,18	1221,57	1151,52	1181,41	1151,52	1051,89	1134,09
28	1252,04	1280,90	1243,03	1155,83	1232,95	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,56	1151,22	1181,10	1151,22	1051,62	1133,79
29	1252,05	1280,91	1243,04	1155,84	1232,96	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,55	1151,18	1181,06	1151,18	1051,59	1133,75
30	1252,03	1280,89	1243,02	1155,82	1232,94	1238,61	1267,84	1238,61	1141,17	1221,56	1151,28	1181,16	1151,28	1051,68	1133,85

Ek Çizelge 14. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen toplam güneş radyasyonu miktarları (I)

İşletme No	Haziran (I, Wm ² /h)					Temmuz (I, Wm ² /h)					Ağustos (I, Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	834,86	861,21	834,86	749,35	820,07	825,28	852,02	825,28	738,57	810,29	813,09	842,34	813,09	718,58	796,77
2	835,55	861,92	835,55	749,97	820,75	824,95	851,68	824,95	738,27	809,96	808,83	837,92	808,83	714,81	792,60
3	835,46	861,82	835,46	749,88	820,65	825,04	851,77	825,04	738,35	810,05	809,61	838,73	809,61	715,50	793,36
4	835,50	861,87	835,50	749,92	820,70	825,00	851,73	825,00	738,31	810,01	809,26	838,37	809,26	715,19	793,02
5	834,62	860,95	834,62	749,13	819,83	825,31	852,05	825,31	738,59	810,32	814,18	843,47	814,18	719,54	797,84
6	835,43	861,79	835,43	749,86	820,63	825,06	851,79	825,06	738,37	810,07	809,81	838,94	809,81	715,68	793,56
7	834,93	861,28	834,93	749,41	820,14	825,27	852,01	825,27	738,55	810,28	812,75	841,99	812,75	718,28	796,44
8	834,86	861,21	834,86	749,35	820,07	825,28	852,02	825,28	738,57	810,29	813,08	842,33	813,08	718,57	796,76
9	835,00	861,35	835,00	749,47	820,21	825,25	851,99	825,25	738,54	810,26	812,41	841,63	812,41	717,97	796,10
10	835,28	861,64	835,28	749,72	820,48	825,15	851,88	825,15	738,45	810,16	810,83	839,99	810,83	716,58	794,56
11	834,92	861,27	834,92	749,40	820,13	825,27	852,01	825,27	738,56	810,28	812,81	842,05	812,81	718,33	796,50
12	835,47	861,84	835,47	749,90	820,67	825,03	851,76	825,03	738,34	810,04	809,50	838,62	809,50	715,41	793,26
13	835,37	861,73	835,37	749,80	820,57	825,10	851,83	825,10	738,40	810,11	810,25	839,39	810,25	716,07	793,99
14	835,34	861,70	835,34	749,78	820,54	825,12	851,85	825,12	738,42	810,12	810,45	839,60	810,45	716,24	794,19
15	834,76	861,10	834,76	749,26	819,97	825,30	852,04	825,30	738,58	810,31	813,57	842,83	813,57	719,00	797,24
16	834,94	861,29	834,94	749,42	820,15	825,27	852,01	825,27	738,55	810,27	812,69	841,92	812,69	718,22	796,38
17	834,88	861,22	834,88	749,36	820,09	825,28	852,02	825,28	738,56	810,29	813,02	842,26	813,02	718,51	796,70
18	834,88	861,22	834,88	749,36	820,08	825,28	852,02	825,28	738,57	810,29	813,02	842,27	813,02	718,52	796,71
19	835,14	861,49	835,14	749,60	820,34	825,21	851,95	825,21	738,50	810,22	811,68	840,87	811,68	717,33	795,39
20	835,13	861,49	835,13	749,59	820,34	825,21	851,95	825,21	738,50	810,22	811,69	840,88	811,69	717,34	795,40
21	834,77	861,12	834,77	749,27	819,98	825,30	852,04	825,30	738,58	810,30	813,50	842,76	813,50	718,94	797,17
22	834,76	861,10	834,76	749,26	819,97	825,30	852,04	825,30	738,58	810,30	813,56	842,82	813,56	718,99	797,23
23	834,62	860,96	834,62	749,14	819,84	825,31	852,05	825,31	738,59	810,32	814,14	843,43	814,14	719,51	797,80
24	834,99	861,34	834,99	749,46	820,19	825,26	851,99	825,26	738,54	810,26	812,47	841,69	812,47	718,03	796,16
25	835,59	861,96	835,59	750,01	820,79	824,91	851,64	824,91	738,24	809,92	808,48	837,56	808,48	714,50	792,25
26	835,59	861,96	835,59	750,01	820,79	824,91	851,64	824,91	738,23	809,92	808,47	837,55	808,47	714,50	792,25
27	834,83	861,17	834,83	749,32	820,03	825,29	852,03	825,29	738,57	810,30	813,26	842,51	813,26	718,73	796,94
28	834,87	861,22	834,87	749,36	820,08	825,28	852,02	825,28	738,57	810,29	813,04	842,29	813,04	718,54	796,73
29	834,88	861,22	834,88	749,36	820,08	825,28	852,02	825,28	738,57	810,29	813,02	842,26	813,02	718,52	796,71
30	834,86	861,21	834,86	749,35	820,07	825,28	852,02	825,28	738,57	810,29	813,09	842,34	813,09	718,58	796,77

Ek Çizelge 15. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_d)

İşletme No	Haziran (I_d , Wm ² /h)					Temmuz (I_d , Wm ² /h)					Ağustos (I_d , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,37	128,62	125,37	114,52	123,47
2	159,28	162,95	159,28	147,04	157,14	157,38	161,09	157,38	145,00	155,21	124,71	127,94	124,71	113,92	122,82
3	159,26	162,93	159,26	147,02	157,12	157,39	161,11	157,39	145,01	155,23	124,83	128,07	124,83	114,03	122,94
4	159,27	162,94	159,27	147,03	157,13	157,39	161,10	157,39	145,01	155,22	124,77	128,01	124,77	113,98	122,89
5	159,10	162,77	159,10	146,87	156,96	157,45	161,16	157,45	145,06	155,28	125,53	128,79	125,53	114,67	123,63
6	159,25	162,93	159,25	147,02	157,11	157,40	161,11	157,40	145,02	155,23	124,86	128,10	124,86	114,06	122,97
7	159,16	162,83	159,16	146,93	157,02	157,44	161,15	157,44	145,05	155,27	125,31	128,57	125,31	114,47	123,42
8	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,36	128,62	125,36	114,52	123,47
9	159,17	162,84	159,17	146,94	157,03	157,44	161,15	157,44	145,05	155,27	125,26	128,51	125,26	114,42	123,36
10	159,23	162,90	159,23	146,99	157,09	157,42	161,13	157,42	145,03	155,25	125,02	128,26	125,02	114,20	123,12
11	159,16	162,83	159,16	146,93	157,02	157,44	161,15	157,44	145,05	155,27	125,32	128,58	125,32	114,48	123,42
12	159,26	162,93	159,26	147,02	157,12	157,39	161,11	157,39	145,01	155,23	124,81	128,05	124,81	114,01	122,92
13	159,24	162,91	159,24	147,01	157,10	157,41	161,12	157,41	145,02	155,24	124,93	128,17	124,93	114,12	123,04
14	159,24	162,91	159,24	147,00	157,10	157,41	161,12	157,41	145,03	155,24	124,96	128,20	124,96	114,15	123,07
15	159,13	162,80	159,13	146,90	156,99	157,44	161,16	157,44	145,06	155,28	125,44	128,69	125,44	114,59	123,54
16	159,16	162,83	159,16	146,93	157,02	157,44	161,15	157,44	145,05	155,27	125,30	128,56	125,30	114,46	123,41
17	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,35	128,61	125,35	114,51	123,46
18	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,35	128,61	125,35	114,51	123,46
19	159,20	162,87	159,20	146,97	157,06	157,43	161,14	157,43	145,04	155,26	125,15	128,40	125,15	114,32	123,25
20	159,20	162,87	159,20	146,97	157,06	157,43	161,14	157,43	145,04	155,26	125,15	128,40	125,15	114,32	123,25
21	159,13	162,80	159,13	146,90	156,99	157,44	161,16	157,44	145,06	155,28	125,43	128,68	125,43	114,58	123,53
22	159,13	162,80	159,13	146,90	156,99	157,44	161,16	157,44	145,06	155,28	125,44	128,69	125,44	114,58	123,54
23	159,10	162,77	159,10	146,88	156,96	157,45	161,16	157,45	145,06	155,28	125,53	128,79	125,53	114,67	123,63
24	159,17	162,84	159,17	146,94	157,03	157,44	161,15	157,44	145,05	155,27	125,27	128,52	125,27	114,43	123,37
25	159,29	162,96	159,29	147,05	157,14	157,37	161,08	157,37	144,99	155,20	124,65	127,89	124,65	113,87	122,77
26	159,29	162,96	159,29	147,05	157,14	157,37	161,08	157,37	144,99	155,20	124,65	127,89	124,65	113,87	122,77
27	159,14	162,81	159,14	146,91	157,00	157,44	161,16	157,44	145,06	155,28	125,39	128,65	125,39	114,54	123,49
28	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,36	128,61	125,36	114,51	123,46
29	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,35	128,61	125,35	114,51	123,46
30	159,15	162,82	159,15	146,92	157,01	157,44	161,16	157,44	145,06	155,27	125,37	128,62	125,37	114,52	123,47

Ek Çizelge 16. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_b)

İşletme No	Haziran (I_b , Wm ² /h)					Temmuz (I_b , Wm ² /h)					Ağustos (I_b , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	675,71	698,39	675,71	602,43	663,06	667,84	690,87	667,84	593,51	655,02	687,73	713,72	687,73	604,06	673,31
2	676,27	698,97	676,27	602,93	663,61	667,57	690,59	667,57	593,27	654,75	684,12	709,98	684,12	600,89	669,78
3	676,20	698,89	676,20	602,86	663,54	667,64	690,66	667,64	593,33	654,82	684,78	710,66	684,78	601,47	670,42
4	676,23	698,93	676,23	602,89	663,57	667,61	690,63	667,61	593,31	654,79	684,48	710,35	684,48	601,21	670,13
5	675,52	698,19	675,52	602,26	662,87	667,87	690,89	667,87	593,53	655,04	688,65	714,68	688,65	604,87	674,21
6	676,17	698,87	676,17	602,84	663,51	667,66	690,68	667,66	593,35	654,84	684,95	710,84	684,95	601,62	670,59
7	675,77	698,45	675,77	602,48	663,12	667,83	690,85	667,83	593,50	655,00	687,44	713,42	687,44	603,81	673,03
8	675,72	698,39	675,72	602,43	663,07	667,84	690,87	667,84	593,51	655,02	687,72	713,71	687,72	604,05	673,30
9	675,83	698,51	675,83	602,53	663,17	667,82	690,84	667,82	593,49	654,99	687,15	713,12	687,15	603,55	672,74
10	676,05	698,74	676,05	602,73	663,40	667,73	690,75	667,73	593,41	654,91	685,81	711,73	685,81	602,38	671,43
11	675,76	698,44	675,76	602,47	663,11	667,83	690,86	667,83	593,50	655,01	687,49	713,47	687,49	603,85	673,08
12	676,21	698,90	676,21	602,87	663,55	667,63	690,65	667,63	593,33	654,81	684,69	710,57	684,69	601,39	670,34
13	676,12	698,81	676,12	602,80	663,46	667,69	690,71	667,69	593,38	654,87	685,32	711,22	685,32	601,95	670,95
14	676,10	698,79	676,10	602,78	663,44	667,71	690,73	667,71	593,39	654,88	685,49	711,40	685,49	602,10	671,12
15	675,63	698,31	675,63	602,36	662,98	667,85	690,88	667,85	593,52	655,03	688,13	714,14	688,13	604,41	673,70
16	675,78	698,46	675,78	602,49	663,13	667,83	690,85	667,83	593,50	655,00	687,39	713,37	687,39	603,76	672,97
17	675,73	698,41	675,73	602,44	663,08	667,84	690,86	667,84	593,51	655,01	687,66	713,65	687,66	604,00	673,25
18	675,73	698,40	675,73	602,44	663,08	667,84	690,86	667,84	593,51	655,01	687,67	713,66	687,67	604,01	673,25
19	675,94	698,62	675,94	602,63	663,28	667,78	690,80	667,78	593,46	654,96	686,53	712,48	686,53	603,01	672,13
20	675,94	698,62	675,94	602,63	663,28	667,78	690,81	667,78	593,46	654,96	686,54	712,49	686,54	603,02	672,15
21	675,64	698,32	675,64	602,37	662,99	667,85	690,88	667,85	593,52	655,03	688,07	714,07	688,07	604,36	673,64
22	675,63	698,31	675,63	602,36	662,98	667,85	690,88	667,85	593,52	655,03	688,12	714,13	688,12	604,41	673,69
23	675,52	698,19	675,52	602,26	662,88	667,87	690,89	667,87	593,53	655,04	688,62	714,64	688,62	604,84	674,18
24	675,82	698,50	675,82	602,52	663,16	667,82	690,84	667,82	593,49	654,99	687,20	713,17	687,20	603,60	672,79
25	676,31	699,00	676,31	602,96	663,64	667,54	690,56	667,54	593,24	654,72	683,82	709,67	683,82	600,63	669,49
26	676,31	699,00	676,31	602,96	663,64	667,54	690,56	667,54	593,24	654,72	683,82	709,66	683,82	600,63	669,48
27	675,69	698,36	675,69	602,41	663,04	667,85	690,87	667,85	593,52	655,02	687,87	713,87	687,87	604,18	673,45
28	675,72	698,40	675,72	602,44	663,07	667,84	690,87	667,84	593,51	655,01	687,69	713,68	687,69	604,02	673,27
29	675,73	698,40	675,73	602,44	663,08	667,84	690,86	667,84	593,51	655,01	687,67	713,66	687,67	604,01	673,25
30	675,71	698,39	675,71	602,43	663,06	667,84	690,87	667,84	593,51	655,02	687,73	713,72	687,73	604,06	673,31

Ek Çizelge 17. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE})

İşletme No	Haziran (I_{TE} , Wm ² /h)					Temmuz (I_{TE} , Wm ² /h)					Ağustos (I_{TE} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	723,67	746,57	727,74	649,84	711,96	725,81	731,98	729,94	650,60	709,58	774,58	801,49	778,74	688,09	760,73
2	735,60	758,72	739,68	661,07	723,77	736,18	742,59	740,31	660,35	719,86	779,30	806,28	783,44	692,56	765,39
3	729,41	752,53	733,48	654,87	717,57	730,85	737,18	734,97	654,97	714,49	777,23	804,29	781,38	690,27	763,30
4	694,35	717,32	698,42	620,34	682,61	699,20	705,20	703,33	623,77	682,88	757,93	785,01	762,08	670,95	743,99
5	684,08	706,65	688,14	611,34	672,55	689,86	695,61	693,99	615,64	673,77	751,56	778,31	755,73	665,60	737,80
6	729,08	752,18	733,15	654,58	717,25	730,56	736,88	734,68	654,72	714,21	777,08	804,13	781,23	690,15	763,15
7	724,25	747,17	728,32	650,35	712,53	726,32	732,50	730,45	651,04	710,08	774,85	801,77	779,01	688,32	760,99
8	723,69	746,59	727,76	649,86	711,97	725,83	731,99	729,95	650,61	709,60	774,59	801,49	778,75	688,10	760,73
9	724,84	747,78	728,91	650,87	713,10	726,84	733,04	730,97	651,49	710,58	775,13	802,07	779,29	688,55	761,26
10	727,46	750,50	731,53	653,16	715,66	729,14	735,41	733,26	653,49	712,83	776,34	803,35	780,50	689,55	762,43
11	727,14	750,18	731,21	652,88	715,35	729,25	735,52	733,38	653,59	712,93	778,24	805,32	782,41	691,23	764,30
12	729,57	752,69	733,64	655,01	717,73	730,99	737,32	735,11	655,09	714,63	777,31	804,37	781,45	690,33	763,37
13	722,57	745,67	726,64	648,11	710,75	724,84	731,09	728,97	649,01	708,48	774,32	801,42	778,47	687,25	760,36
14	742,88	765,66	746,95	669,39	731,22	741,99	748,41	746,12	667,24	725,94	779,06	805,60	783,21	693,71	765,39
15	722,84	745,71	726,91	649,12	711,15	725,08	731,22	729,21	649,96	708,87	774,19	801,07	778,35	687,77	760,34
16	724,36	747,29	728,43	650,45	712,63	726,42	732,60	730,55	651,13	710,17	774,90	801,83	779,07	688,36	761,04
17	735,87	758,63	739,94	662,47	724,23	736,23	742,51	740,36	661,50	720,15	778,06	804,70	782,23	692,41	764,35
18	723,79	746,69	727,86	649,95	712,07	725,92	732,08	730,04	650,69	709,68	774,63	801,54	778,80	688,14	760,78
19	726,07	749,05	730,14	651,94	714,30	727,92	734,15	732,04	652,43	711,63	775,70	802,67	779,86	689,02	761,81
20	726,04	749,03	730,11	651,92	714,28	727,90	734,13	732,02	652,41	711,62	775,69	802,66	779,85	689,01	761,80
21	722,97	745,84	727,04	649,23	711,27	725,19	731,34	729,32	650,06	708,98	774,25	801,13	778,41	687,82	760,40
22	741,62	762,43	745,69	674,41	731,04	735,71	741,97	739,84	667,46	721,25	750,05	774,08	754,22	672,74	737,77
23	729,77	752,53	733,83	656,34	718,12	731,07	737,26	735,20	656,28	714,95	776,54	803,27	780,71	690,61	762,78
24	724,74	747,67	728,81	650,78	713,00	726,75	732,94	730,87	651,41	710,49	775,08	802,01	779,24	688,51	761,21
25	731,16	754,35	735,23	656,40	719,28	732,38	738,76	736,51	656,30	715,99	778,02	805,13	782,16	690,92	764,06
26	731,16	754,35	735,24	656,41	719,29	732,39	738,77	736,51	656,31	715,99	778,03	805,13	782,17	690,92	764,06
27	723,38	746,27	727,45	649,59	711,67	725,56	731,71	729,68	650,38	709,33	774,44	801,34	778,61	687,98	760,59
28	723,75	746,65	727,82	649,91	712,04	725,88	732,05	730,01	650,66	709,65	774,62	801,53	778,78	688,13	760,76
29	723,79	746,69	727,86	649,95	712,07	725,92	732,09	730,05	650,69	709,68	774,63	801,55	778,80	688,14	760,78
30	723,67	746,57	727,74	649,84	711,96	725,81	731,98	729,94	650,60	709,58	774,58	801,49	778,74	688,09	760,73

Ek Çizelge 18. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be})

İşletme No	Haziran (I_{be} , Wm^2/h)					Temmuz (I_{be} , Wm^2/h)					Ağustos (I_{be} , Wm^2/h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	670,22	696,85	670,22	584,36	655,42	674,62	681,79	674,62	587,14	654,54	748,71	780,01	748,71	648,13	731,39
2	683,96	710,84	683,96	597,28	669,01	686,75	694,20	686,75	598,55	666,56	755,00	786,38	755,00	654,12	737,62
3	676,77	703,66	676,77	590,08	661,82	680,52	687,89	680,52	592,28	660,30	752,45	783,92	752,45	651,32	735,04
4	635,99	662,71	635,99	549,91	621,15	643,73	650,71	643,73	556,00	623,54	730,07	761,56	730,07	628,90	712,65
5	624,22	650,47	624,22	539,63	609,64	632,80	639,48	632,80	546,49	612,89	721,74	752,85	721,74	621,77	704,52
6	676,39	703,27	676,39	589,75	661,45	680,18	687,54	680,18	591,99	659,97	752,24	783,70	752,24	651,14	734,83
7	670,88	697,54	670,88	584,94	656,06	675,22	682,40	675,22	587,66	655,12	749,09	780,40	749,09	648,46	731,76
8	670,24	696,87	670,24	584,38	655,43	674,64	681,80	674,64	587,16	654,56	748,72	780,02	748,72	648,14	731,40
9	671,55	698,23	671,55	585,52	656,72	675,82	683,03	675,82	588,19	655,71	749,48	780,81	749,48	648,79	732,14
10	674,54	701,34	674,54	588,13	659,64	678,51	685,81	678,51	590,53	658,34	751,19	782,60	751,19	650,24	733,80
11	674,25	701,04	674,25	587,88	659,35	678,62	685,91	678,62	590,62	658,44	753,03	784,51	753,03	651,83	735,60
12	676,96	703,85	676,96	590,24	662,00	680,69	688,06	680,69	592,43	660,47	752,56	784,03	752,56	651,41	735,14
13	668,84	695,70	668,84	582,24	653,91	673,53	680,79	673,53	585,34	653,30	748,94	780,46	748,94	647,68	731,51
14	692,46	718,96	692,46	607,00	677,72	693,47	700,94	693,47	606,54	673,60	754,41	785,29	754,41	655,16	737,32
15	669,28	695,87	669,28	583,54	654,49	673,77	680,91	673,77	586,40	653,71	748,17	779,43	748,17	647,67	730,86
16	671,01	697,67	671,01	585,05	656,18	675,33	682,52	675,33	587,76	655,23	749,16	780,48	749,16	648,52	731,83
17	684,41	710,87	684,41	599,04	669,68	686,73	694,03	686,73	599,83	666,83	752,78	783,76	752,78	653,17	735,62
18	670,36	696,99	670,36	584,48	655,55	674,74	681,91	674,74	587,25	654,66	748,79	780,09	748,79	648,20	731,47
19	672,95	699,69	672,95	586,75	658,08	677,08	684,33	677,08	589,29	656,94	750,28	781,65	750,28	649,47	732,92
20	672,93	699,66	672,93	586,72	658,06	677,06	684,31	677,06	589,27	656,92	750,27	781,63	750,27	649,46	732,91
21	669,42	696,02	669,42	583,66	654,63	673,90	681,04	673,90	586,52	653,84	748,25	779,52	748,25	647,74	730,94
22	691,12	715,32	691,12	612,96	677,63	686,13	693,40	686,13	606,75	668,10	720,10	748,05	720,10	630,18	704,61
23	677,36	703,83	677,36	591,97	662,63	680,73	687,92	680,73	593,75	660,78	750,79	781,88	750,79	650,86	733,58
24	671,43	698,11	671,43	585,42	656,60	675,71	682,92	675,71	588,10	655,61	749,41	780,74	749,41	648,73	732,07
25	678,78	705,75	678,78	591,84	663,79	682,33	689,76	682,33	593,85	662,07	753,58	785,10	753,58	652,28	736,14
26	678,79	705,75	678,79	591,84	663,79	682,34	689,76	682,34	593,86	662,07	753,59	785,11	753,59	652,28	736,14
27	669,89	696,51	669,89	584,07	655,09	674,32	681,48	674,32	586,88	654,25	748,52	779,80	748,52	647,97	731,20
28	670,31	696,95	670,31	584,44	655,50	674,70	681,87	674,70	587,22	654,62	748,76	780,06	748,76	648,18	731,44
29	670,36	696,99	670,36	584,48	655,55	674,74	681,91	674,74	587,25	654,66	748,79	780,09	748,79	648,20	731,47
30	670,22	696,85	670,22	584,36	655,42	674,62	681,79	674,62	587,14	654,54	748,71	780,01	748,71	648,13	731,39

Ek Çizelge 19. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de})

İşletme No	Haziran (I_{de} , Wm ² /h)					Temmuz (I_{de} , Wm ² /h)					Ağustos (I_{de} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,31	62,68	57,26	61,73
2	79,64	81,48	79,64	73,52	78,57	78,69	80,55	78,69	72,50	77,61	62,35	63,97	62,35	56,96	61,41
3	79,63	81,47	79,63	73,51	78,56	78,70	80,55	78,70	72,51	77,61	62,41	64,03	62,41	57,01	61,47
4	79,63	81,47	79,63	73,51	78,56	78,69	80,55	78,69	72,50	77,61	62,39	64,01	62,39	56,99	61,44
5	79,55	81,38	79,55	73,44	78,48	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,77	64,40	62,77	57,34	61,82
6	79,63	81,46	79,63	73,51	78,56	78,70	80,56	78,70	72,51	77,62	62,43	64,05	62,43	57,03	61,48
7	79,58	81,41	79,58	73,46	78,51	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,66	64,28	62,66	57,24	61,71
8	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,31	62,68	57,26	61,73
9	79,59	81,42	79,59	73,47	78,52	78,72	80,58	78,72	72,53	77,63	62,63	64,26	62,63	57,21	61,68
10	79,61	81,45	79,61	73,50	78,54	78,71	80,57	78,71	72,52	77,62	62,51	64,13	62,51	57,10	61,56
11	79,58	81,41	79,58	73,46	78,51	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,66	64,29	62,66	57,24	61,71
12	79,63	81,47	79,63	73,51	78,56	78,70	80,55	78,70	72,51	77,61	62,41	64,03	62,41	57,01	61,46
13	79,62	81,46	79,62	73,50	78,55	78,70	80,56	78,70	72,51	77,62	62,46	64,08	62,46	57,06	61,52
14	79,62	81,45	79,62	73,50	78,55	78,70	80,56	78,70	72,51	77,62	62,48	64,10	62,48	57,07	61,53
15	79,56	81,40	79,56	73,45	78,49	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,72	64,35	62,72	57,29	61,77
16	79,58	81,42	79,58	73,47	78,51	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,65	64,28	62,65	57,23	61,70
17	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,30	62,68	57,25	61,73
18	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,30	62,68	57,25	61,73
19	79,60	81,43	79,60	73,48	78,53	78,71	80,57	78,71	72,52	77,63	62,57	64,20	62,57	57,16	61,63
20	79,60	81,43	79,60	73,48	78,53	78,71	80,57	78,71	72,52	77,63	62,57	64,20	62,57	57,16	61,63
21	79,57	81,40	79,57	73,45	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,71	64,34	62,71	57,29	61,76
22	79,56	81,40	79,56	73,45	78,49	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,72	64,35	62,72	57,29	61,77
23	79,55	81,38	79,55	73,44	78,48	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,76	64,39	62,76	57,33	61,81
24	79,59	81,42	79,59	73,47	78,52	78,72	80,58	78,72	72,53	77,63	62,63	64,26	62,63	57,22	61,69
25	79,64	81,48	79,64	73,52	78,57	78,69	80,54	78,69	72,50	77,60	62,33	63,94	62,33	56,93	61,38
26	79,64	81,48	79,64	73,52	78,57	78,69	80,54	78,69	72,50	77,60	62,33	63,94	62,33	56,93	61,38
27	79,57	81,40	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,70	64,32	62,70	57,27	61,75
28	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,31	62,68	57,26	61,73
29	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,30	62,68	57,25	61,73
30	79,57	81,41	79,57	73,46	78,50	78,72	80,58	78,72	72,53	77,64	62,68	64,31	62,68	57,26	61,73

Ek Çizelge 20. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında düşey (duvar) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re})

İşletme No	Haziran (I_{re} , Wm ² /h)					Temmuz (I_{re} , Wm ² /h)					Ağustos (I_{re} , Wm ² /h)				
	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	91,83	94,73	91,83	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,44	92,66	89,44	79,04	87,65
2	91,91	94,81	91,91	82,50	90,28	90,74	93,69	90,74	81,21	89,10	88,97	92,17	88,97	78,63	87,19
3	91,90	94,80	91,90	82,49	90,27	90,75	93,69	90,75	81,22	89,11	89,06	92,26	89,06	78,70	87,27
4	91,91	94,81	91,91	82,49	90,28	90,75	93,69	90,75	81,21	89,10	89,02	92,22	89,02	78,67	87,23
5	91,81	94,70	91,81	82,40	90,18	90,78	93,73	90,78	81,25	89,14	89,56	92,78	89,56	79,15	87,76
6	91,90	94,80	91,90	82,48	90,27	90,76	93,70	90,76	81,22	89,11	89,08	92,28	89,08	78,73	87,29
7	91,84	94,74	91,84	82,44	90,22	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,40	92,62	89,40	79,01	87,61
8	91,83	94,73	91,83	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,44	92,66	89,44	79,04	87,64
9	91,85	94,75	91,85	82,44	90,22	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,36	92,58	89,36	78,98	87,57
10	91,88	94,78	91,88	82,47	90,25	90,77	93,71	90,77	81,23	89,12	89,19	92,40	89,19	78,82	87,40
11	91,84	94,74	91,84	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,41	92,63	89,41	79,02	87,62
12	91,90	94,80	91,90	82,49	90,27	90,75	93,69	90,75	81,22	89,10	89,05	92,25	89,05	78,69	87,26
13	91,89	94,79	91,89	82,48	90,26	90,76	93,70	90,76	81,22	89,11	89,13	92,33	89,13	78,77	87,34
14	91,89	94,79	91,89	82,48	90,26	90,76	93,70	90,76	81,23	89,11	89,15	92,36	89,15	78,79	87,36
15	91,82	94,72	91,82	82,42	90,20	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,49	92,71	89,49	79,09	87,70
16	91,84	94,74	91,84	82,44	90,22	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,40	92,61	89,40	79,00	87,60
17	91,84	94,73	91,84	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,43	92,65	89,43	79,04	87,64
18	91,84	94,73	91,84	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,43	92,65	89,43	79,04	87,64
19	91,86	94,76	91,86	82,46	90,24	90,77	93,71	90,77	81,24	89,12	89,28	92,50	89,28	78,91	87,49
20	91,86	94,76	91,86	82,46	90,24	90,77	93,71	90,77	81,24	89,12	89,29	92,50	89,29	78,91	87,49
21	91,83	94,72	91,83	82,42	90,20	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,48	92,70	89,48	79,08	87,69
22	91,82	94,72	91,82	82,42	90,20	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,49	92,71	89,49	79,09	87,70
23	91,81	94,71	91,81	82,41	90,18	90,78	93,73	90,78	81,25	89,14	89,56	92,78	89,56	79,15	87,76
24	91,85	94,75	91,85	82,44	90,22	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,37	92,59	89,37	78,98	87,58
25	91,92	94,82	91,92	82,50	90,29	90,74	93,68	90,74	81,21	89,09	88,93	92,13	88,93	78,59	87,15
26	91,92	94,82	91,92	82,50	90,29	90,74	93,68	90,74	81,21	89,09	88,93	92,13	88,93	78,59	87,15
27	91,83	94,73	91,83	82,42	90,20	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,46	92,68	89,46	79,06	87,66
28	91,84	94,73	91,84	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,43	92,65	89,43	79,04	87,64
29	91,84	94,73	91,84	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,43	92,65	89,43	79,04	87,64
30	91,83	94,73	91,83	82,43	90,21	90,78	93,72	90,78	81,24	89,13	89,44	92,66	89,44	79,04	87,65

Ek Çizelge 21. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik toplam güneş radyasyonu miktarları (I_{TE})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I_{TE} , Wm^2/h)					Temmuz (I_{TE} , Wm^2/h)					Ağustos (I_{TE} , Wm^2/h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	852,27	883,38	852,27	751,56	834,87	854,69	866,40	854,69	752,17	831,99	898,36	933,87	898,36	783,86	878,62
	28	855,61	886,57	855,61	755,36	838,28	857,24	868,90	857,24	755,22	834,65	897,57	932,86	897,57	783,76	877,94
2	28	863,25	894,51	863,25	762,04	845,76	863,87	875,77	863,87	760,98	841,12	900,80	936,25	900,80	786,46	881,08
3	30	858,94	890,32	858,94	757,40	841,40	860,54	872,44	860,54	757,26	837,69	901,46	937,13	901,46	786,47	881,63
4	40	835,28	867,09	835,28	732,39	817,51	840,62	852,75	840,62	735,87	817,46	897,05	933,45	897,05	779,75	876,83
	30	859,58	890,98	859,58	757,95	842,02	861,10	873,02	861,10	757,74	838,24	901,75	937,43	901,75	786,71	881,91
5	40	823,30	854,63	823,30	721,91	805,79	829,76	841,60	829,76	726,43	806,89	889,74	925,79	889,74	773,54	869,70
	28	853,50	884,38	853,50	753,51	836,22	855,40	867,00	855,40	753,62	832,86	896,65	931,89	896,65	782,99	877,04
6	30	858,56	889,92	858,56	757,06	841,03	860,20	872,10	860,20	756,97	837,37	901,29	936,94	901,29	786,32	881,46
	40	833,99	865,75	833,99	731,26	816,25	839,45	851,56	839,45	734,86	816,33	896,28	932,64	896,28	779,10	876,07
7	30	852,94	884,08	852,94	752,15	835,53	855,28	867,01	855,28	752,69	832,57	898,68	934,20	898,68	784,13	878,93
8	30	852,29	883,40	852,29	751,58	834,89	854,71	866,41	854,71	752,19	832,00	898,37	933,88	898,37	783,87	878,62
9	30	853,63	884,79	853,63	752,75	836,20	855,88	867,63	855,88	753,21	833,15	899,01	934,54	899,01	784,40	879,24
10	30	856,68	887,96	856,68	755,42	839,18	858,55	870,39	858,55	755,53	835,76	900,42	936,03	900,42	785,60	880,62
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	859,13	890,51	859,13	757,56	841,59	860,70	872,61	860,70	757,40	837,86	901,55	937,22	901,55	786,54	881,71
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	854,07	885,53	854,07	752,26	836,48	856,60	868,51	856,60	753,01	833,68	901,32	937,16	901,32	785,78	881,40
14	23	865,38	896,03	865,38	766,11	848,22	864,38	876,06	864,38	763,49	842,08	893,83	928,51	893,83	781,93	874,52
	30	857,38	888,69	857,38	756,03	839,87	859,17	871,03	859,17	756,07	836,36	900,75	936,37	900,75	785,87	880,94
15	30	851,30	882,38	851,30	750,71	833,92	853,84	865,52	853,84	751,43	831,16	897,91	933,39	897,91	783,48	878,17
16	30	853,07	884,21	853,07	752,26	835,65	855,39	867,12	855,39	752,79	832,67	898,74	934,27	898,74	784,18	878,98
	14	861,49	890,75	861,49	766,68	845,10	857,41	868,71	857,41	761,09	836,16	872,15	905,09	872,15	765,83	853,81

Ek Çizelge 21. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I _{TE} , Wm ² /h)					Temmuz (I _{TE} , Wm ² /h)					Ağustos (I _{TE} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	859,62	890,32	859,62	760,19	842,44	860,05	871,64	860,05	758,89	837,66	895,17	930,07	895,17	782,56	875,74
	21	862,32	892,57	862,32	764,32	845,38	861,15	872,63	861,15	761,49	839,10	889,15	923,44	889,15	778,52	870,07
	22	861,96	892,34	861,96	763,56	844,95	861,19	872,70	861,19	761,12	839,05	891,00	925,46	891,00	779,83	871,82
18	30	852,41	883,52	852,41	751,68	835,00	854,81	866,52	854,81	752,28	832,10	898,43	933,94	898,43	783,92	878,68
	26	858,41	889,21	858,41	758,69	841,18	859,24	870,86	859,24	757,78	836,78	896,09	931,13	896,09	783,07	876,60
19	30	855,06	886,28	855,06	754,00	837,60	857,13	868,92	857,13	754,30	834,37	899,67	935,24	899,67	784,97	879,89
	7	852,81	880,77	852,81	762,12	837,13	845,66	856,77	845,66	753,63	825,43	845,96	877,19	845,96	745,11	828,56
20	30	855,03	886,25	855,03	753,98	837,57	857,11	868,90	857,11	754,28	834,35	899,66	935,23	899,66	784,96	879,88
21	30	851,45	882,53	851,45	750,84	834,07	853,97	865,66	853,97	751,55	831,29	897,98	933,46	897,98	783,54	878,24
	14	860,62	889,84	860,62	765,91	844,25	856,98	867,76	855,96	761,18	835,47	872,22	905,15	872,22	765,90	853,87
22	7	851,61	879,53	851,61	761,07	835,95	844,93	855,96	844,93	753,00	824,70	846,99	878,25	846,99	746,04	829,56
23	27	855,08	885,89	855,08	755,33	837,85	856,58	868,16	856,58	755,05	834,10	896,10	931,23	896,10	782,81	876,56
	30	850,12	881,15	850,12	749,68	832,77	852,80	864,45	852,80	750,53	830,15	897,34	932,80	897,34	783,00	877,62
24	30	853,51	884,67	853,51	752,64	836,08	855,78	867,52	855,78	753,12	833,05	898,95	934,48	898,95	784,36	879,18
25	30	860,98	892,44	860,98	759,18	843,40	862,32	874,28	862,32	758,81	839,43	902,38	938,09	902,38	787,24	882,53
26	30	860,99	892,44	860,99	759,19	843,40	862,33	874,29	862,33	758,81	839,44	902,39	938,10	902,39	787,24	882,53
	10	860,21	888,87	860,21	767,31	844,15	853,50	864,85	853,50	759,27	832,78	856,83	888,80	856,83	753,62	839,02
27	30	851,93	883,03	851,93	751,26	834,54	854,39	866,09	854,39	751,91	831,70	898,20	933,70	898,20	783,73	878,46
	38	832,14	863,56	832,14	730,50	814,59	837,65	849,52	837,65	734,09	814,73	894,03	930,08	894,03	777,80	873,98
	12	859,05	887,94	859,05	765,42	842,87	854,31	865,52	854,31	759,19	833,33	865,76	898,25	865,76	760,87	847,66
28	30	852,36	883,48	852,36	751,64	834,96	854,77	866,48	854,77	752,24	832,07	898,41	933,92	898,41	783,90	878,66
	26	858,37	889,17	858,37	758,66	841,14	859,21	870,82	859,21	757,75	836,75	896,08	931,12	896,08	783,05	876,58
29	30	852,41	883,52	852,41	751,68	835,01	854,81	866,52	854,81	752,28	832,11	898,43	933,94	898,43	783,92	878,68
30	30	852,27	883,38	852,27	751,56	834,87	854,69	866,40	854,69	752,17	831,99	898,36	933,87	898,36	783,86	878,62
	23	861,27	891,76	861,27	762,52	844,20	860,92	872,46	860,92	760,47	838,69	892,58	927,20	892,58	780,91	873,32

Ek Çizelge 22. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik direkt güneş radyasyonu miktarları (I_{be})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I_{be} , Wm^2/h)					Temmuz (I_{be} , Wm^2/h)					Ağustos (I_{be} , Wm^2/h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	670,22	696,85	670,22	584,36	655,42	674,62	681,79	674,62	587,14	654,54	748,71	780,01	748,71	648,13	731,39
	28	676,47	703,05	676,47	590,73	661,68	680,04	687,27	680,04	592,72	660,02	751,00	782,20	751,00	650,72	733,73
2	28	683,96	710,84	683,96	597,28	669,01	686,75	694,20	686,75	598,55	666,56	755,00	786,38	755,00	654,12	737,62
3	30	676,77	703,66	676,77	590,08	661,82	680,52	687,89	680,52	592,28	660,30	752,45	783,92	752,45	651,32	735,04
4	40	635,99	662,71	635,99	549,91	621,15	643,73	650,71	643,73	556,00	623,54	730,07	761,56	730,07	628,90	712,65
	30	677,40	704,31	677,40	590,63	662,43	681,09	688,47	681,09	592,77	660,85	752,80	784,29	752,80	651,62	735,38
5	40	624,22	650,47	624,22	539,63	609,64	632,80	639,48	632,80	546,49	612,89	721,74	752,85	721,74	621,77	704,52
	28	674,41	700,91	674,41	588,93	659,67	678,20	685,36	678,20	591,12	658,22	749,88	781,02	749,88	649,77	732,64
6	30	676,39	703,27	676,39	589,75	661,45	680,18	687,54	680,18	591,99	659,97	752,24	783,70	752,24	651,14	734,83
	40	634,72	661,39	634,72	548,81	619,91	642,55	649,50	642,55	554,97	622,39	729,18	760,63	729,18	628,14	711,78
7	30	670,88	697,54	670,88	584,94	656,06	675,22	682,40	675,22	587,66	655,12	749,09	780,40	749,09	648,46	731,76
8	30	670,24	696,87	670,24	584,38	655,43	674,64	681,80	674,64	587,16	654,56	748,72	780,02	748,72	648,14	731,40
9	30	671,55	698,23	671,55	585,52	656,72	675,82	683,03	675,82	588,19	655,71	749,48	780,81	749,48	648,79	732,14
10	30	674,54	701,34	674,54	588,13	659,64	678,51	685,81	678,51	590,53	658,34	751,19	782,60	751,19	650,24	733,80
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	676,96	703,85	676,96	590,24	662,00	680,69	688,06	680,69	592,43	660,47	752,56	784,03	752,56	651,41	735,14
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	668,84	695,70	668,84	582,24	653,91	673,53	680,79	673,53	585,34	653,30	748,94	780,46	748,94	647,68	731,51
14	23	692,46	718,96	692,46	607,00	677,72	693,47	700,94	693,47	606,54	673,60	754,41	785,29	754,41	655,16	737,32
	30	675,23	702,06	675,23	588,74	660,32	679,14	686,46	679,14	591,08	658,95	751,58	783,01	751,58	650,58	734,19
15	30	669,28	695,87	669,28	583,54	654,49	673,77	680,91	673,77	586,40	653,71	748,17	779,43	748,17	647,67	730,86
16	30	671,01	697,67	671,01	585,05	656,18	675,33	682,52	675,33	587,76	655,23	749,16	780,48	749,16	648,52	731,83
	14	697,20	722,61	697,20	615,21	683,06	694,91	702,31	694,91	611,57	675,92	741,42	770,89	741,42	646,62	725,09

Ek Çizelge 22. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (Ibe, Wm ² /h)					Temmuz (Ibe, Wm ² /h)					Ağustos (Ibe, Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	684,41	710,87	684,41	599,04	669,68	686,73	694,03	686,73	599,83	666,83	752,78	783,76	752,78	653,17	735,62
	21	691,89	718,07	691,89	607,41	677,32	692,56	699,92	692,56	606,60	672,91	751,84	782,40	751,84	653,56	734,91
	22	690,33	716,60	690,33	605,59	675,72	691,42	698,77	691,42	605,18	671,70	752,42	783,10	752,42	653,76	735,42
18	30	670,36	696,99	670,36	584,48	655,55	674,74	681,91	674,74	587,25	654,66	748,79	780,09	748,79	648,20	731,47
	26	682,00	708,52	682,00	596,49	667,25	684,75	692,02	684,75	597,67	664,80	752,43	783,50	752,43	652,57	735,23
19	30	672,95	699,69	672,95	586,75	658,08	677,08	684,33	677,08	589,29	656,94	750,28	781,65	750,28	649,47	732,92
	7	692,24	716,49	692,24	613,95	678,73	686,88	694,23	686,88	607,40	668,85	719,37	747,29	719,37	629,53	703,89
20	30	672,93	699,66	672,93	586,72	658,06	677,06	684,31	677,06	589,27	656,92	750,27	781,63	750,27	649,46	732,91
21	30	669,42	696,02	669,42	583,66	654,63	673,90	681,04	673,90	586,52	653,84	748,25	779,52	748,25	647,74	730,94
	14	696,36	721,73	696,36	614,47	682,23	694,23	701,59	694,23	610,98	675,26	741,35	770,82	741,35	646,57	725,02
22	7	691,12	715,32	691,12	612,96	677,63	686,13	693,40	686,13	606,75	668,10	720,10	748,05	720,10	630,18	704,61
23	27	677,36	703,83	677,36	591,97	662,63	680,73	687,92	680,73	593,75	660,78	750,79	781,88	750,79	650,86	733,58
	30	668,13	694,68	668,13	582,53	653,37	672,73	679,83	672,73	585,50	652,70	747,50	778,73	747,50	647,10	730,21
24	30	671,43	698,11	671,43	585,42	656,60	675,71	682,92	675,71	588,10	655,61	749,41	780,74	749,41	648,73	732,07
25	30	678,78	705,75	678,78	591,84	663,79	682,33	689,76	682,33	593,85	662,07	753,58	785,10	753,58	652,28	736,14
26	30	678,79	705,75	678,79	591,84	663,79	682,34	689,76	682,34	593,86	662,07	753,59	785,11	753,59	652,28	736,14
	10	698,36	723,25	698,36	617,99	684,49	693,60	701,14	693,60	612,05	675,10	729,48	758,10	729,48	637,39	713,61
27	30	669,89	696,51	669,89	584,07	655,09	674,32	681,48	674,32	586,88	654,25	748,52	779,80	748,52	647,97	731,20
	38	636,78	663,24	636,78	551,50	622,07	644,41	651,25	644,41	557,44	624,38	730,20	761,49	730,20	629,69	712,90
	12	696,15	721,24	696,15	615,18	682,18	693,15	700,51	693,15	610,85	674,41	736,38	765,45	736,38	642,85	720,26
28	30	670,31	696,95	670,31	584,44	655,50	674,70	681,87	674,70	587,22	654,62	748,76	780,06	748,76	648,18	731,44
	26	681,96	708,48	681,96	596,45	667,22	684,71	691,99	684,71	597,64	664,76	752,41	783,48	752,41	652,55	735,22
29	30	670,36	696,99	670,36	584,48	655,55	674,74	681,91	674,74	587,25	654,66	748,79	780,09	748,79	648,20	731,47
30	30	670,22	696,85	670,22	584,36	655,42	674,62	681,79	674,62	587,14	654,54	748,71	780,01	748,71	648,13	731,39
	23	688,45	714,79	688,45	603,49	673,80	689,97	697,30	689,97	603,49	670,18	752,72	783,51	752,72	653,72	735,66

Ek Çizelge 23. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik difüz güneş radyasyonu miktarları (I_{de})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I_{de} , Wm ² /h)					Temmuz (I_{de} , Wm ² /h)					Ağustos (I_{de} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	148,48	151,91	148,48	137,07	146,49	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,97	120,00	116,97	106,85	115,19
	28	149,84	153,29	149,84	138,32	147,82	148,23	151,73	148,23	136,57	146,19	118,03	121,09	118,03	107,82	116,24
2	28	149,96	153,42	149,96	138,44	147,94	148,17	151,67	148,17	136,52	146,13	117,41	120,46	117,41	107,25	115,63
3	30	148,59	152,02	148,59	137,17	146,59	146,85	150,31	146,85	135,30	144,83	116,46	119,49	116,46	106,39	114,70
4	40	140,63	143,88	140,63	129,83	138,74	138,97	142,25	138,97	128,04	137,06	110,18	113,04	110,18	100,64	108,51
	30	148,60	152,02	148,60	137,18	146,60	146,84	150,31	146,84	135,29	144,82	116,41	119,44	116,41	106,34	114,65
5	40	140,49	143,72	140,49	129,69	138,60	139,03	142,31	139,03	128,09	137,11	110,85	113,72	110,85	101,26	109,17
	28	149,79	153,25	149,79	138,28	147,78	148,24	151,73	148,24	136,58	146,20	118,19	121,26	118,19	107,96	116,40
6	30	148,58	152,01	148,58	137,17	146,59	146,85	150,32	146,85	135,30	144,83	116,49	119,52	116,49	106,42	114,73
	40	140,62	143,86	140,62	129,82	138,73	138,98	142,26	138,98	128,05	137,07	110,25	113,11	110,25	100,71	108,58
7	30	148,50	151,92	148,50	137,09	146,50	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,92	119,95	116,92	106,80	115,15
8	30	148,48	151,91	148,48	137,07	146,49	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,96	120,00	116,96	106,84	115,19
9	30	148,51	151,93	148,51	137,10	146,51	146,89	150,35	146,89	135,33	144,87	116,87	119,90	116,87	106,76	115,10
10	30	148,56	151,98	148,56	137,14	146,56	146,87	150,33	146,87	135,32	144,85	116,64	119,67	116,64	106,55	114,87
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	148,59	152,02	148,59	137,17	146,59	146,85	150,31	146,85	135,30	144,83	116,45	119,47	116,45	106,37	114,69
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	147,14	150,53	147,14	135,83	145,16	145,44	148,88	145,44	134,00	143,44	115,43	118,43	115,43	105,45	113,68
14	23	152,87	156,39	152,87	141,12	150,81	151,11	154,68	151,11	139,23	149,03	119,96	123,07	119,96	109,58	118,14
	30	148,57	151,99	148,57	137,15	146,57	146,86	150,33	146,86	135,31	144,84	116,59	119,61	116,59	106,50	114,82
15	30	148,47	151,89	148,47	137,06	146,47	146,90	150,36	146,90	135,34	144,87	117,03	120,07	117,03	106,91	115,26
16	30	148,50	151,92	148,50	137,09	146,50	146,89	150,36	146,89	135,33	144,87	116,91	119,94	116,91	106,79	115,14
	14	156,78	160,39	156,78	144,73	154,67	155,08	158,74	155,08	142,88	152,94	123,42	126,63	123,42	112,75	121,55

Ek Çizelge 23. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I _{de} , Wm ² /h)					Temmuz (I _{de} , Wm ² /h)					Ağustos (I _{de} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	151,67	155,17	151,67	140,01	149,63	150,04	153,58	150,04	138,24	147,98	119,46	122,56	119,46	109,13	117,65
	21	153,90	157,45	153,90	142,07	151,83	152,25	155,84	152,25	140,27	150,15	121,22	124,36	121,22	110,73	119,38
	22	153,34	156,88	153,34	141,56	151,28	151,69	155,27	151,69	139,76	149,61	120,78	123,91	120,78	110,33	118,95
18	30	148,49	151,91	148,49	137,08	146,49	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,96	119,99	116,96	106,84	115,18
	26	151,11	154,60	151,11	139,50	149,08	149,49	153,02	149,49	137,73	147,43	119,02	122,11	119,02	108,73	117,22
19	30	148,53	151,96	148,53	137,12	146,54	146,88	150,35	146,88	135,33	144,86	116,76	119,79	116,76	106,66	114,99
	7	158,56	162,22	158,56	146,38	156,43	156,80	160,50	156,80	144,46	154,64	124,65	127,88	124,65	113,86	122,76
20	30	148,53	151,96	148,53	137,12	146,53	146,88	150,35	146,88	135,33	144,86	116,76	119,79	116,76	106,66	115,00
21	30	148,47	151,89	148,47	137,06	146,47	146,90	150,36	146,90	135,34	144,87	117,02	120,06	117,02	106,90	115,25
	14	156,74	160,36	156,74	144,70	154,64	155,08	158,74	155,08	142,88	152,95	123,55	126,75	123,55	112,86	121,68
22	7	158,49	162,14	158,49	146,31	156,36	156,81	160,52	156,81	144,48	154,66	124,94	128,18	124,94	114,13	123,04
23	27	150,43	153,90	150,43	138,87	148,41	148,87	152,38	148,87	137,16	146,82	118,69	121,77	118,69	108,42	116,89
	30	148,44	151,86	148,44	137,03	146,45	146,90	150,36	146,90	135,34	144,88	117,12	120,16	117,12	106,98	115,34
24	30	148,51	151,93	148,51	137,09	146,51	146,89	150,35	146,89	135,33	144,87	116,88	119,91	116,88	106,76	115,11
25	30	148,61	152,04	148,61	137,19	146,62	146,83	150,29	146,83	135,28	144,81	116,30	119,32	116,30	106,24	114,54
26	30	148,61	152,04	148,61	137,19	146,62	146,83	150,29	146,83	135,28	144,81	116,30	119,32	116,30	106,24	114,54
	10	158,09	161,74	158,09	145,94	155,97	156,19	159,88	156,19	143,90	154,04	123,72	126,93	123,72	113,01	121,85
27	30	148,48	151,90	148,48	137,07	146,48	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,99	120,03	116,99	106,87	115,22
	38	142,27	145,55	142,27	131,34	140,36	140,75	144,08	140,75	129,68	138,82	112,10	115,01	112,10	102,40	110,40
	12	157,39	161,02	157,39	145,29	155,27	155,71	159,39	155,71	143,46	153,57	124,01	127,23	124,01	113,28	122,13
28	30	148,49	151,91	148,49	137,08	146,49	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,96	119,99	116,96	106,84	115,19
	26	151,11	154,60	151,11	139,50	149,08	149,49	153,02	149,49	137,73	147,43	119,03	122,12	119,03	108,73	117,23
29	30	148,49	151,91	148,49	137,08	146,49	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,96	119,99	116,96	106,84	115,18
30	30	148,48	151,91	148,48	137,07	146,49	146,89	150,36	146,89	135,34	144,87	116,97	120,00	116,97	106,85	115,19
	23	152,78	156,30	152,78	141,04	150,73	151,14	154,71	151,14	139,25	149,06	120,35	123,47	120,35	109,94	118,53

Ek Çizelge 24. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında, 11:00-14:00 saat aralığında eğimli (çatı) düzleme gelen saatlik yansıyan güneş radyasyonu miktarları (I_{re})

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I_{re} , Wm^2/h)					Temmuz (I_{re} , Wm^2/h)					Ağustos (I_{re} , Wm^2/h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
1	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,69	33,86	32,69	28,89	32,03
	28	29,30	30,23	29,30	26,30	28,78	28,97	29,91	28,97	25,92	28,44	28,54	29,57	28,54	25,22	27,97
2	28	29,33	30,25	29,33	26,32	28,81	28,96	29,89	28,96	25,91	28,43	28,39	29,41	28,39	25,09	27,82
3	30	33,59	34,65	33,59	30,15	32,99	33,17	34,24	33,17	29,68	32,56	32,55	33,72	32,55	28,76	31,89
4	40	58,65	60,50	58,65	52,64	57,61	57,92	59,79	57,92	51,83	56,86	56,81	58,85	56,81	50,21	55,67
	30	33,59	34,65	33,59	30,15	32,99	33,17	34,24	33,17	29,68	32,56	32,53	33,70	32,53	28,75	31,88
5	40	58,59	60,44	58,59	52,59	57,55	57,94	59,81	57,94	51,85	56,88	57,16	59,21	57,16	50,51	56,01
	28	29,29	30,22	29,29	26,29	28,78	28,97	29,91	28,97	25,92	28,44	28,58	29,61	28,58	25,26	28
6	30	33,58	34,64	33,58	30,14	32,99	33,17	34,24	33,17	29,68	32,56	32,55	33,73	32,55	28,77	31,9
	40	58,65	60,50	58,65	52,64	57,61	57,92	59,80	57,92	51,83	56,87	56,85	58,89	56,85	50,24	55,71
7	30	33,56	34,62	33,56	30,13	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,67	33,85	32,67	28,87	32,02
8	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,69	33,86	32,69	28,89	32,03
9	30	33,57	34,63	33,57	30,13	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,66	33,83	32,66	28,86	32
10	30	33,58	34,64	33,58	30,14	32,98	33,17	34,25	33,17	29,69	32,57	32,60	33,77	32,60	28,81	31,94
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	30	33,59	34,65	33,59	30,15	32,99	33,17	34,24	33,17	29,68	32,56	32,54	33,71	32,54	28,76	31,89
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	32	38,09	39,29	38,09	34,19	37,42	37,62	38,84	37,62	33,67	36,94	36,95	38,28	36,95	32,65	36,21
14	23	20,05	20,68	20,05	17,99	19,69	19,80	20,44	19,80	17,72	19,44	19,45	20,15	19,45	17,19	19,06
	30	33,58	34,64	33,58	30,14	32,99	33,17	34,24	33,17	29,68	32,57	32,58	33,75	32,58	28,79	31,93
15	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,96	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,71	33,88	32,71	28,90	32,05
16	30	33,56	34,62	33,56	30,13	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,67	33,85	32,67	28,87	32,01
	14	7,51	7,75	7,51	6,74	7,38	7,43	7,67	7,43	6,65	7,29	7,31	7,58	7,31	6,46	7,167

Ek Çizelge 24. devamı

İşletme No	Çatı Eğim Açısı (°)	Haziran (I _{re} , Wm ² /h)					Temmuz (I _{re} , Wm ² /h)					Ağustos (I _{re} , Wm ² /h)				
		11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.	11:00	12:00	13:00	14:00	Ort.
17	25	23,54	24,29	23,54	21,13	23,13	23,27	24,03	23,27	20,83	22,85	22,93	23,75	22,93	20,26	22,47
	21	16,53	17,05	16,53	14,84	16,24	16,34	16,87	16,34	14,62	16,04	16,10	16,68	16,10	14,23	15,77
	22	18,28	18,86	18,28	16,41	17,96	18,07	18,66	18,07	16,17	17,75	17,81	18,45	17,81	15,74	17,45
18	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,68	33,86	32,68	28,88	32,03
	26	25,30	26,10	25,30	22,71	24,85	25,01	25,82	25,01	22,38	24,55	24,63	25,52	24,63	21,77	24,14
19	30	33,57	34,63	33,57	30,13	32,98	33,17	34,25	33,17	29,69	32,57	32,63	33,80	32,63	28,84	31,97
	7	2,00	2,07	2,00	1,80	1,97	1,98	2,04	1,98	1,77	1,94	1,95	2,02	1,95	1,72	1,909
20	30	33,57	34,63	33,57	30,13	32,98	33,17	34,25	33,17	29,69	32,57	32,63	33,80	32,63	28,84	31,98
21	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,96	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,70	33,88	32,70	28,90	32,05
	14	7,51	7,75	7,51	6,74	7,38	7,67	7,43	6,65	7,32	7,27	7,32	7,58	7,32	6,47	7,175
22	7	2,00	2,07	2,00	1,80	1,97	1,98	2,04	1,98	1,77	1,94	1,95	2,02	1,95	1,73	1,913
23	27	27,29	28,15	27,29	24,50	26,81	26,99	27,86	26,99	24,15	26,50	26,62	27,58	26,62	23,53	26,09
	30	33,55	34,61	33,55	30,12	32,96	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,73	33,91	32,73	28,92	32,07
24	30	33,57	34,63	33,57	30,13	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,66	33,84	32,66	28,86	32,01
25	30	33,59	34,65	33,59	30,15	33,00	33,16	34,24	33,16	29,68	32,56	32,50	33,67	32,50	28,72	31,85
26	30	33,59	34,65	33,59	30,15	33,00	33,16	34,24	33,16	29,68	32,56	32,50	33,67	32,50	28,72	31,85
	10	3,76	3,88	3,76	3,38	3,69	3,71	3,83	3,71	3,32	3,64	3,64	3,77	3,64	3,22	3,565
27	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,69	33,87	32,69	28,89	32,04
	38	53,09	54,77	53,09	47,66	52,15	52,49	54,19	52,49	46,97	51,53	51,72	53,58	51,72	45,71	50,69
	12	5,51	5,68	5,51	4,95	5,41	5,45	5,62	5,45	4,87	5,35	5,37	5,56	5,37	4,74	5,26
28	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,68	33,86	32,68	28,89	32,03
	26	25,30	26,09	25,30	22,71	24,85	25,01	25,82	25,01	22,38	24,55	24,64	25,52	24,64	21,77	24,14
29	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,68	33,86	32,68	28,88	32,03
30	30	33,56	34,62	33,56	30,12	32,97	33,18	34,25	33,18	29,69	32,57	32,69	33,86	32,69	28,89	32,03
	23	20,04	20,67	20,04	17,98	19,68	19,81	20,45	19,81	17,73	19,45	19,51	20,22	19,51	17,25	19,12

EK ŞEKİLLER



Ek Şekil 1. Ürünlerin tremiden depolara alınması



Ek Şekil 2. Tremilerden alınan ürünün elevatörlere yükseltilmesi



Ek Şekil 3. Zincirli konveyörlere ait görüntüler



Ek Şekil 4. Bant sistemli konveyörlere ait görüntüler



Ek Şekil 5. Elevatörle yükseltlen ürünlerin konveyörlerle silolara alınması



Ek Şekil 6. Toz toplama üniteleri



Ek Şekil 7. Yatay silolarda ürünün depolara alınma şekli



Ek Şekil 8. Dip sıyrıcı ile ilgili görüntüler



Ek Şekil 9. Silolarda ürünlerin boşlatılmasını sağlayan boşaltım kapakları



Ek Şekil 10. Depolardan ürünlerin boşaltılması ve konveyörlerle iletimi



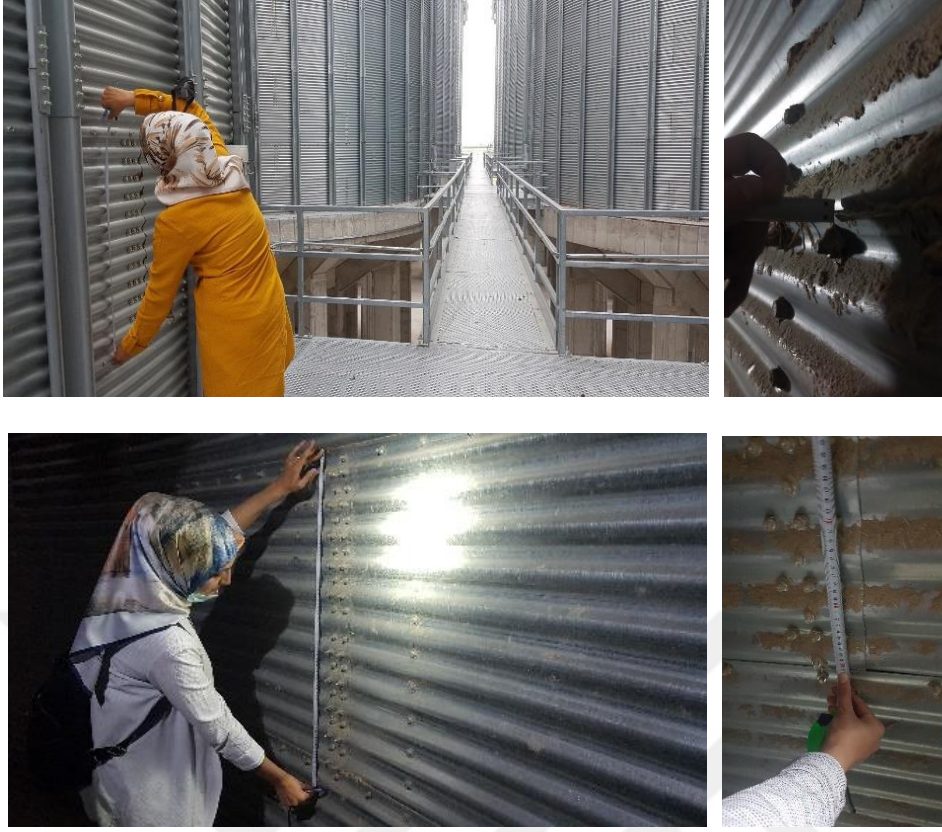
Ek Şekil 11. Ürün yükleme bunkerleri



Ek Şekil 12. Ürünlerin depolardan boşaltılması



Ek Şekil 13. Sıcaklık ölçüm halatlarının çatı kirişine aplikasyonu



Ek Şekil 14. Siloların boyutlarının belirlenmesi



Ek Şekil 15. İnfraro termometre ile yapı elemanlarının yüzey sıcaklıklarının ölçülmesi



Ek Şekil 16. Çelik silolarda gövde saclarının cıvatayla birbirine bağlanması



Ek Şekil 17. Silolarda doluluk sensörleri



Ek Şekil 18. Havalandırma kanalı bulunmayan yatay depolarda portatif borularla havalandırmanın sağlanması



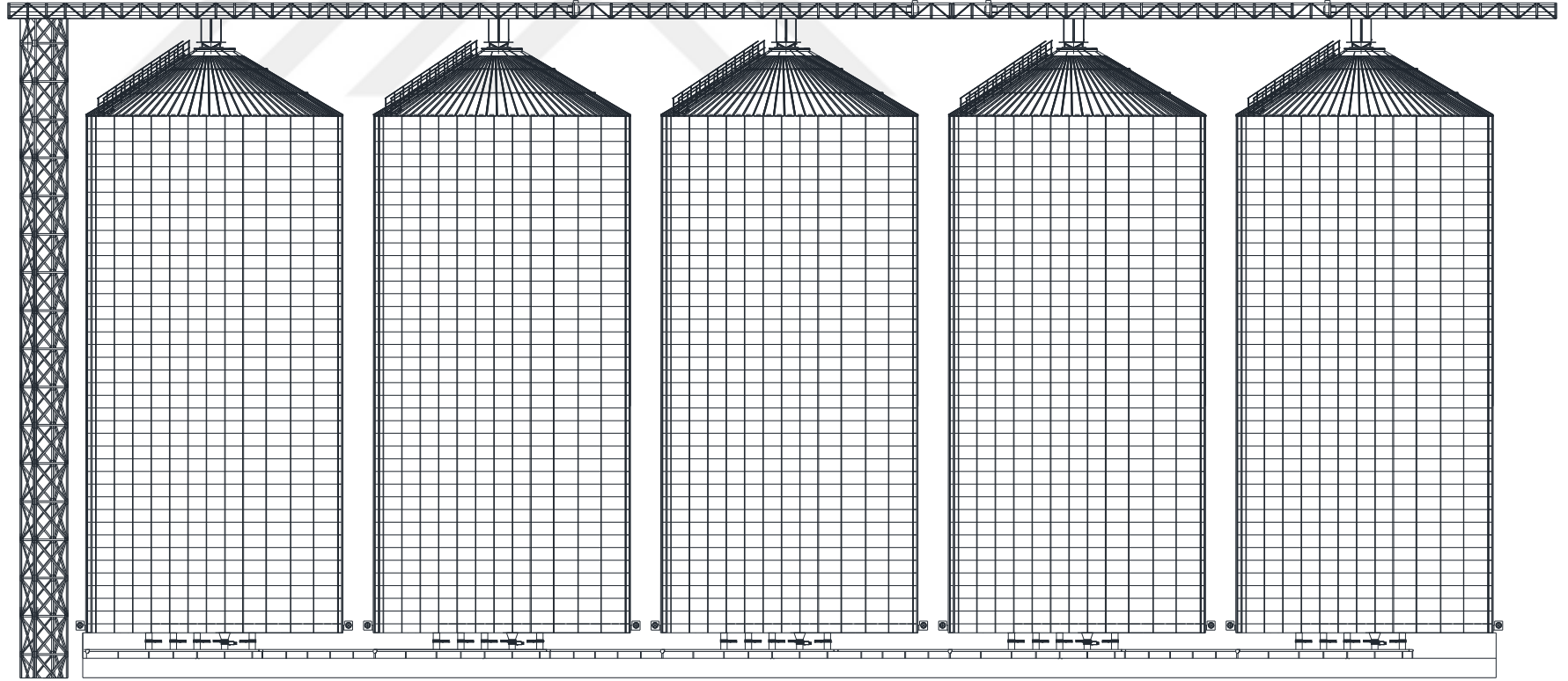
Ek Şekil 18. Düz tabanlı çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemleri



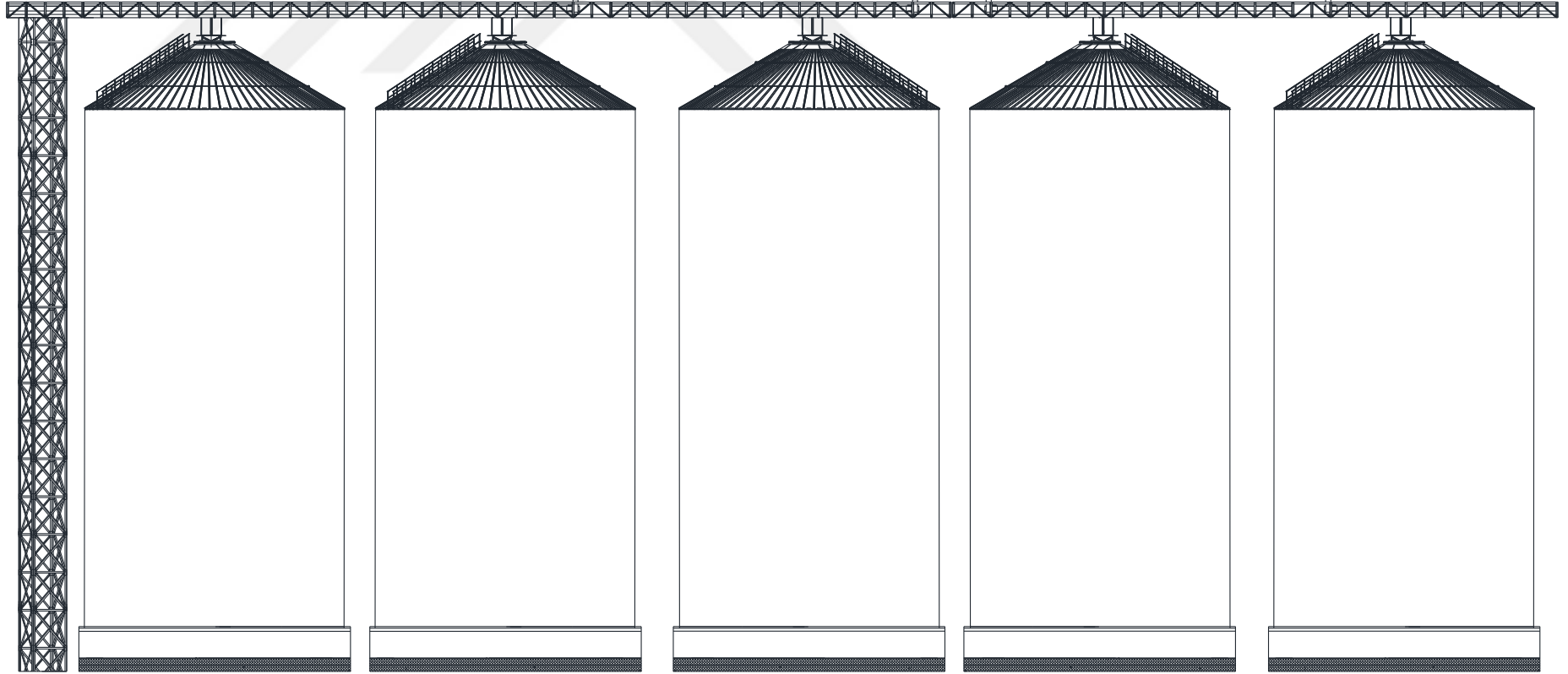
Ek Şekil 19. Konik tabanlı çelik silolarda kullanılan havalandırma sistemleri



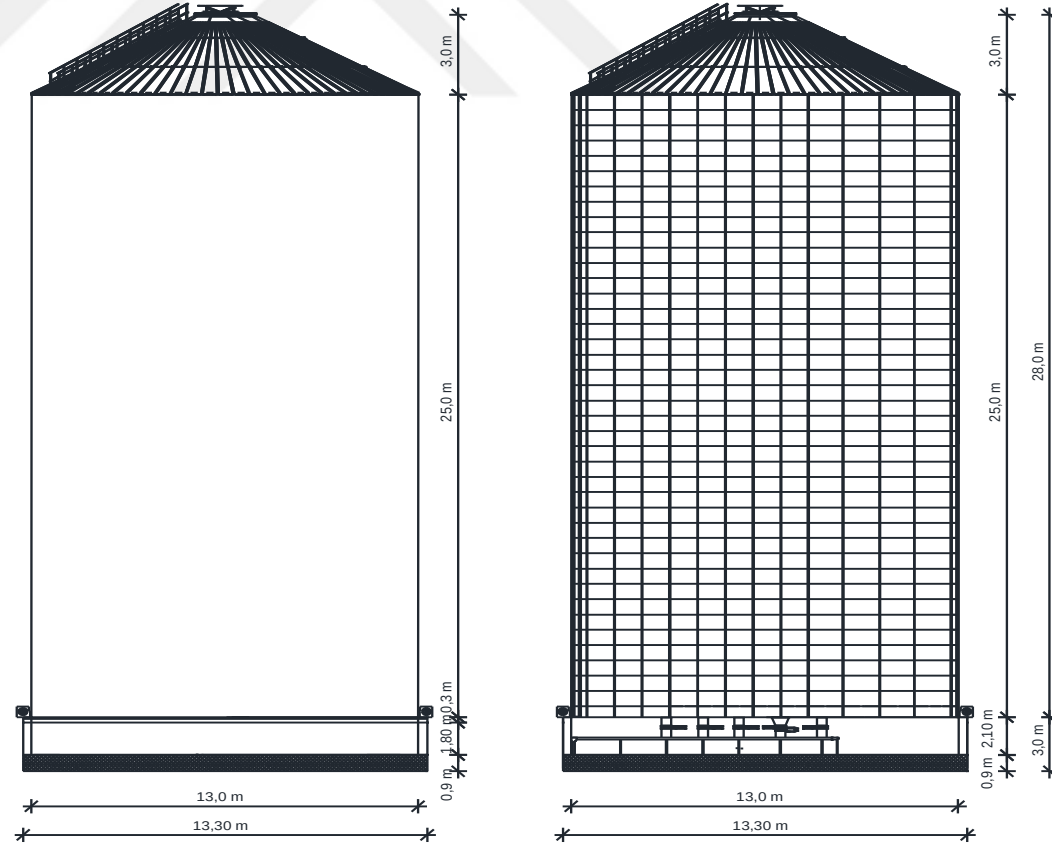
Ek Şekil 20. Üzerinde ek kat bulunan beton silolarda sistem detayları



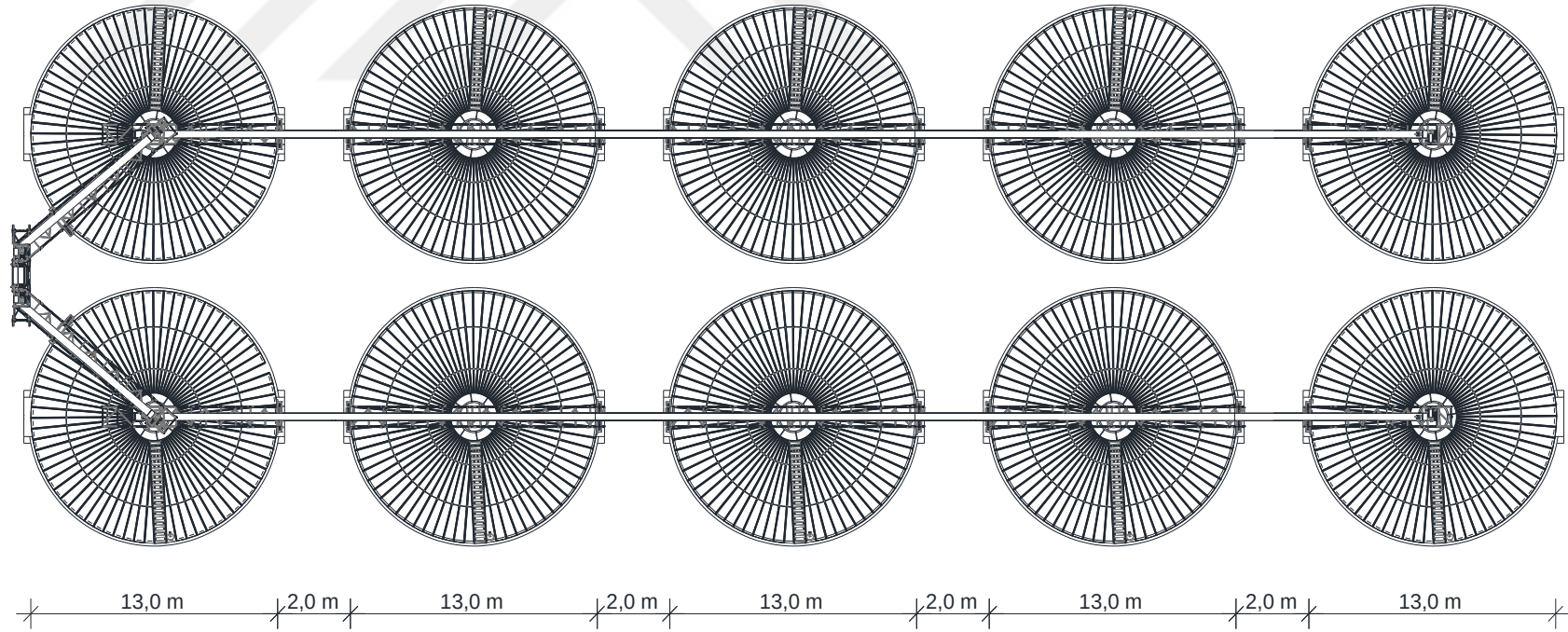
Ek Şekil 21. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo



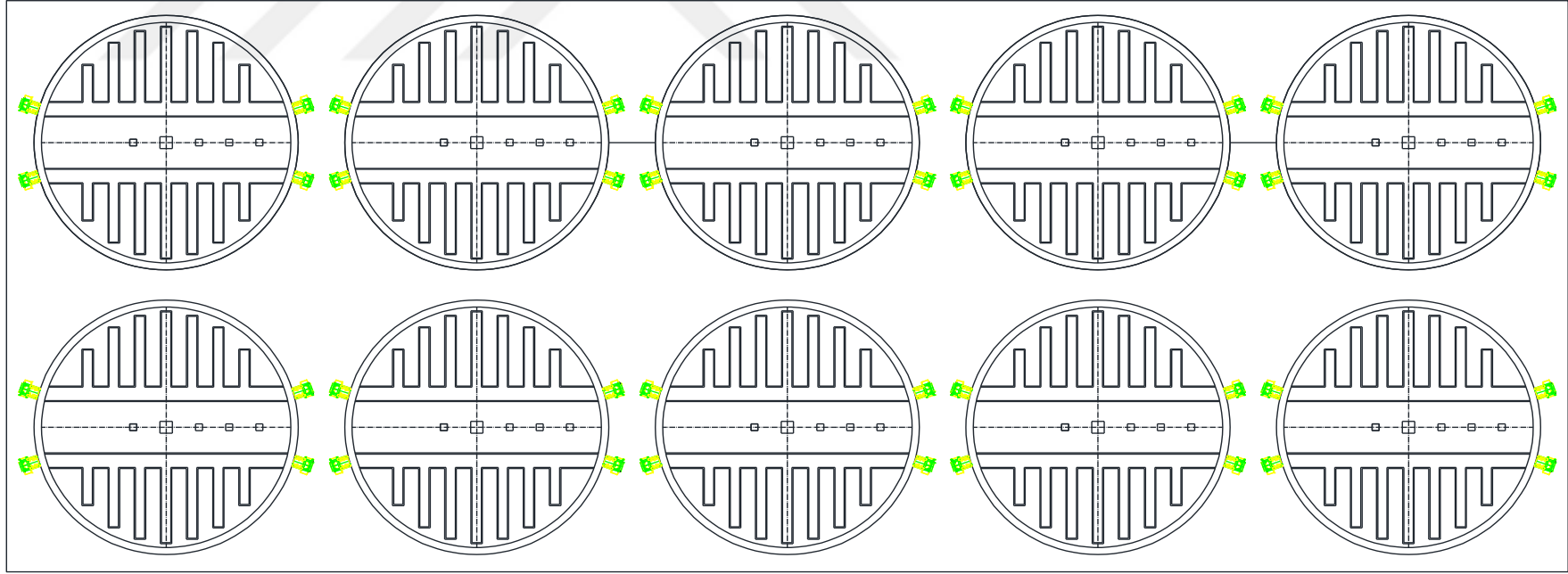
Ek Şekil 22. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo



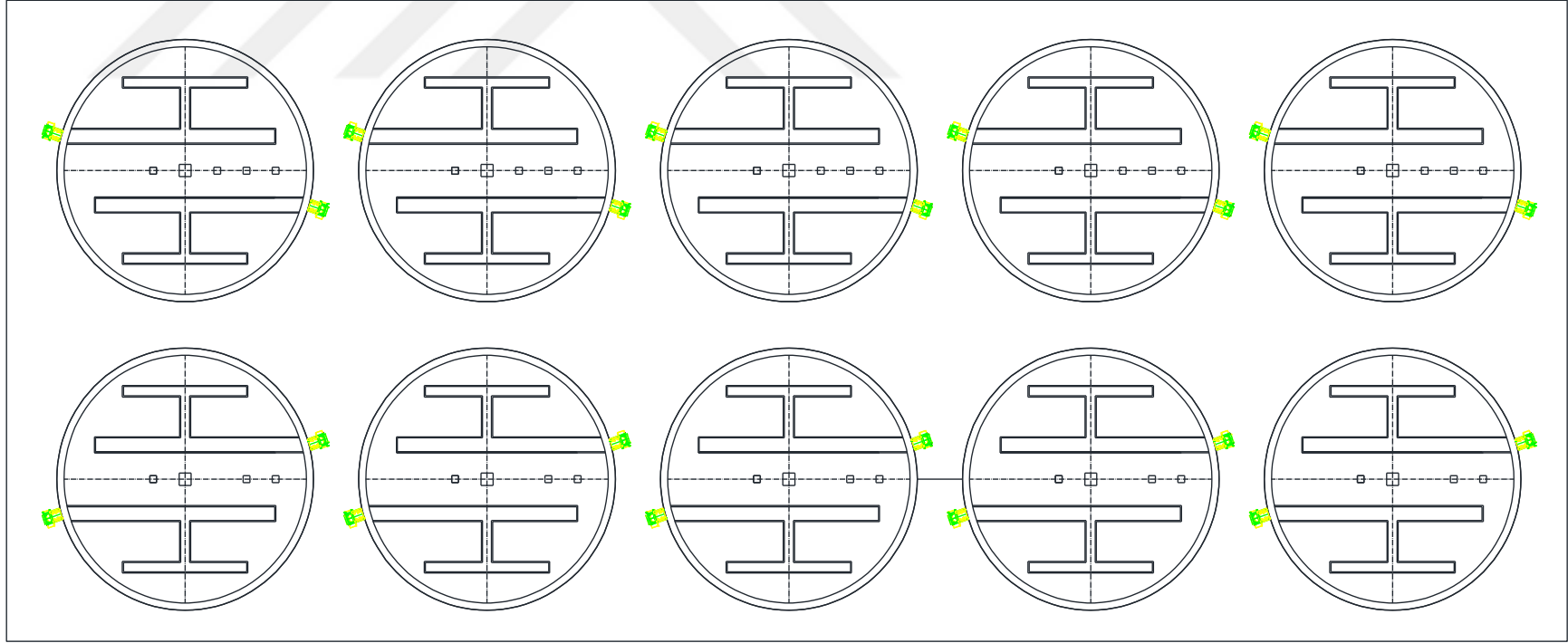
Ek Şekil 23. Konya bölgesi için 2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo boyutları



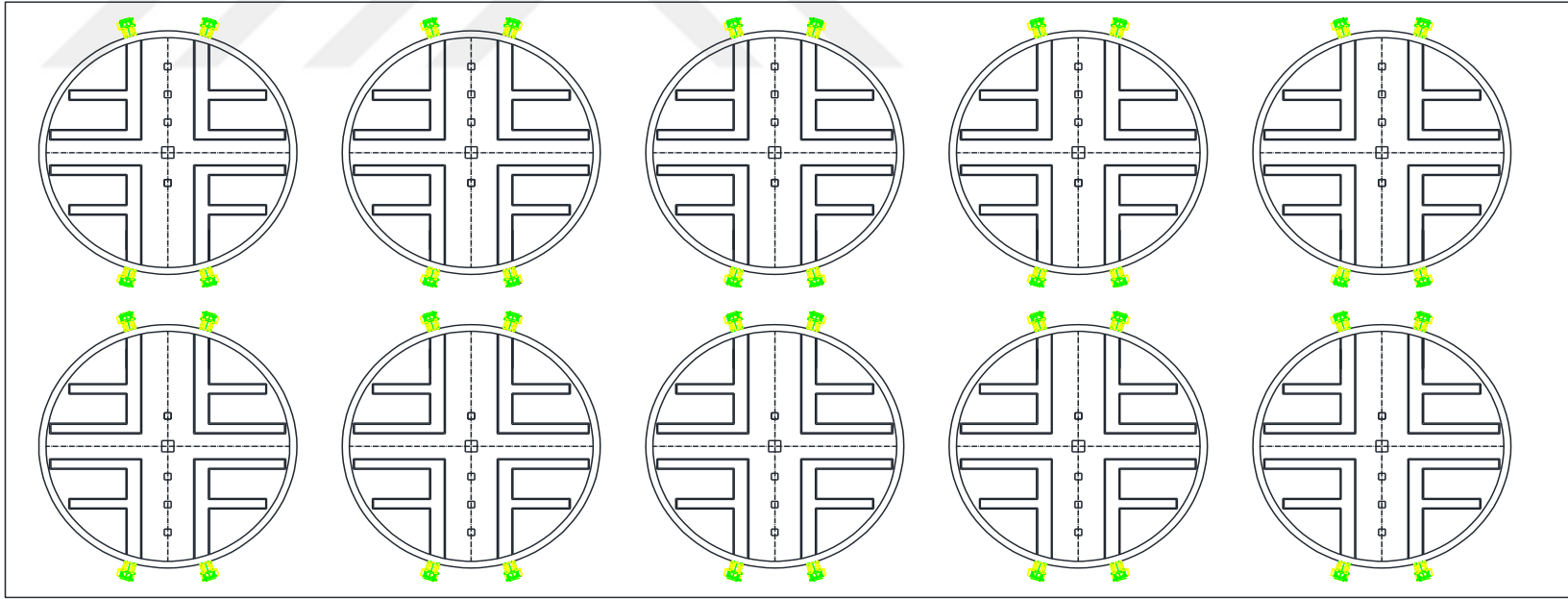
Ek Şekil 24. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silo üstten görünüşü



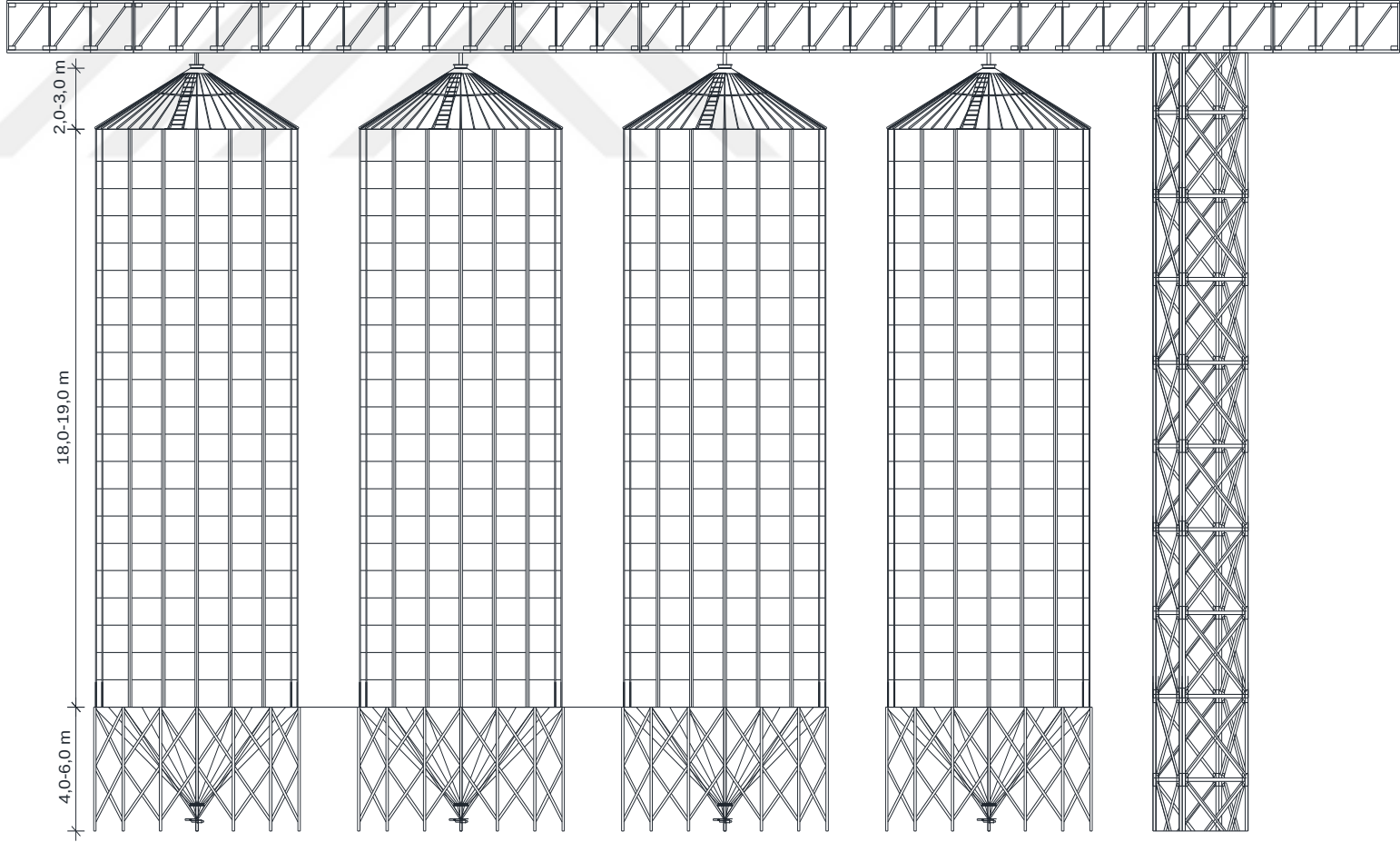
Ek Şekil 25. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silolarda tasarlanabilecek E tipi havalandırma sistemi detayları



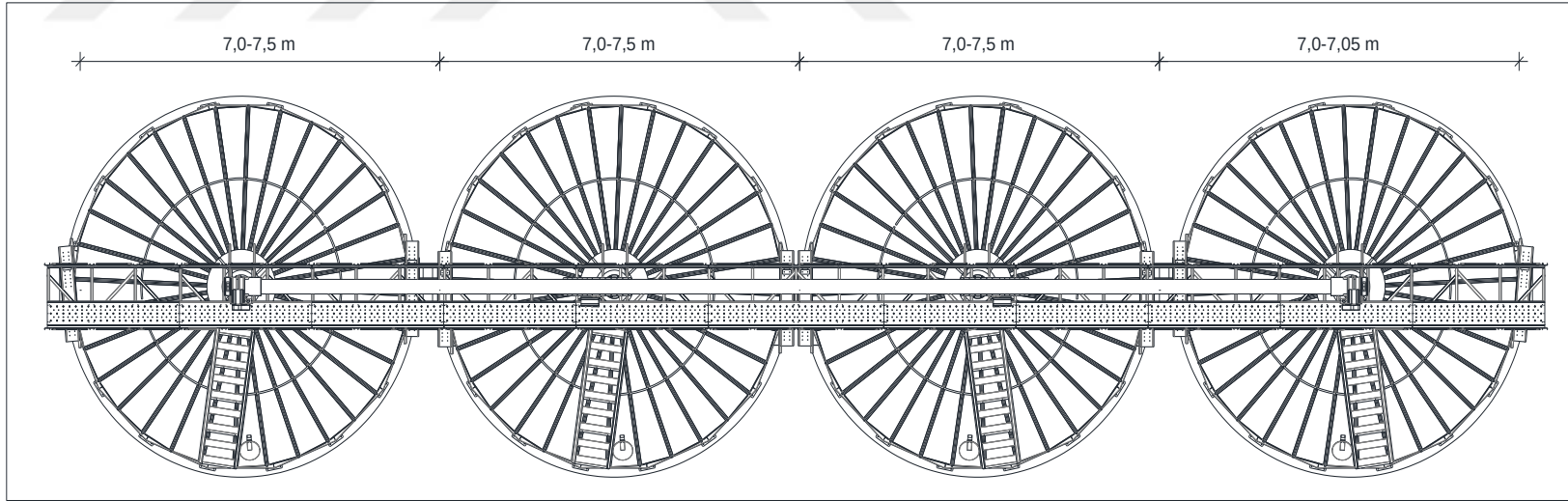
Ek Şekil 26. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silolarda tasarlanabilecek H tipi havalandırma sistemi detayları



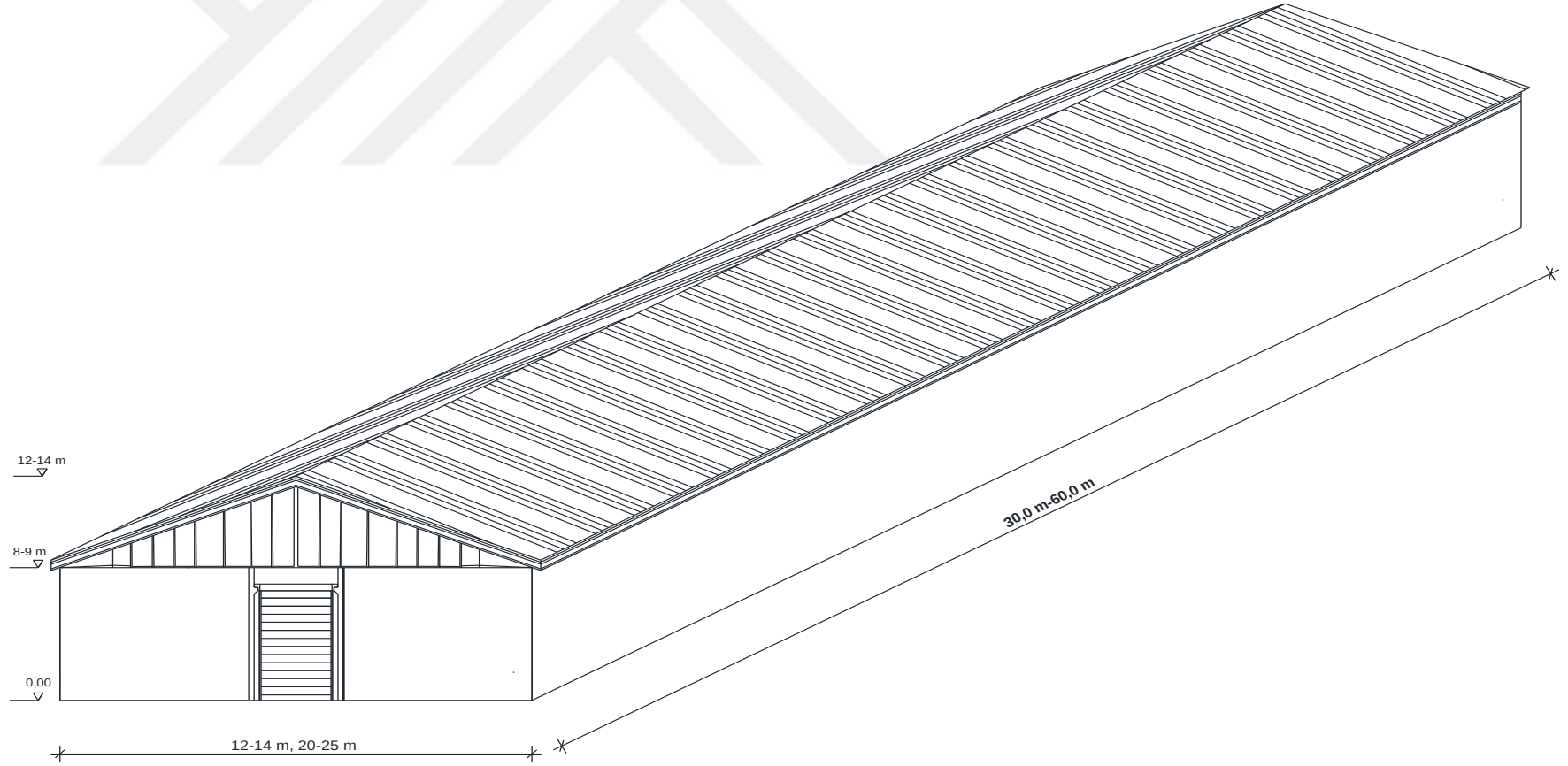
Ek Şekil 27. 10x2500 ton kapasiteli düz tabanlı çelik silolarda tasarlanabilecek F tipi havalandırma sistemi



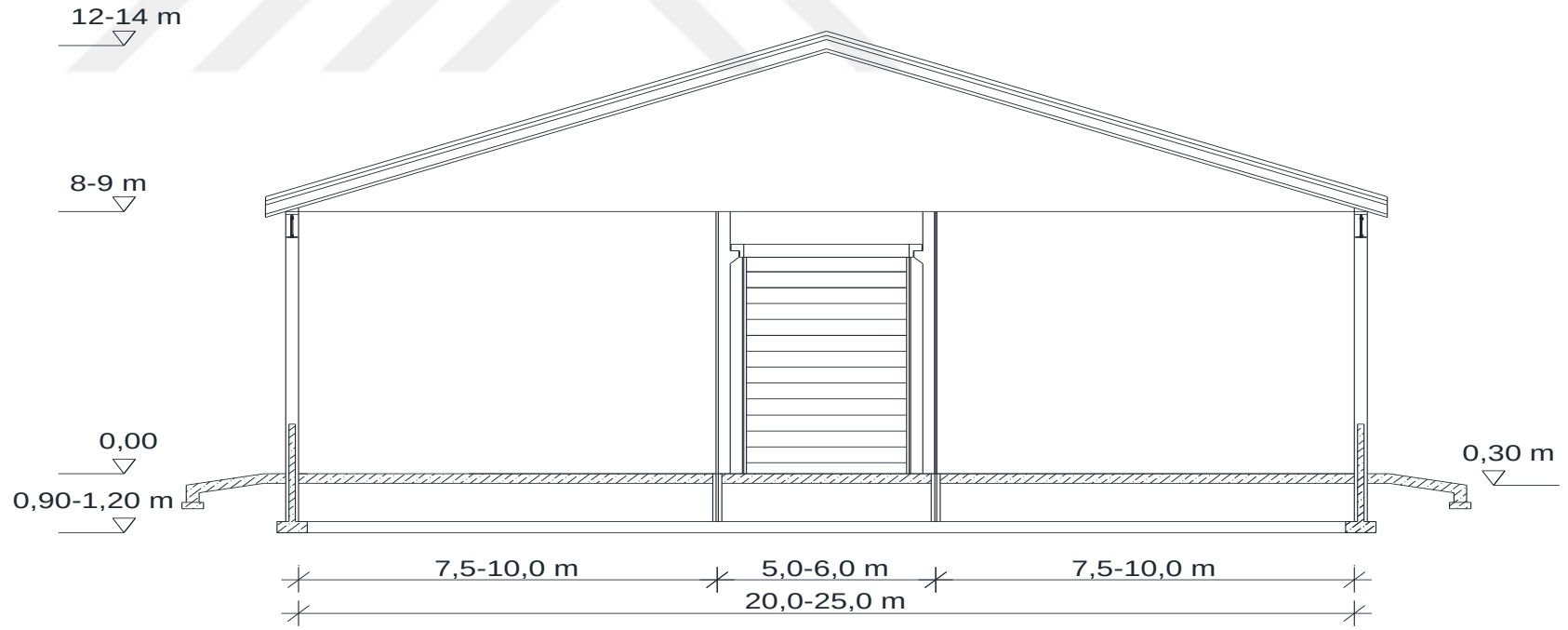
Ek Şekil 28. 1200-1250 ton kapasiteye sahip konik tabanlı çelik silo



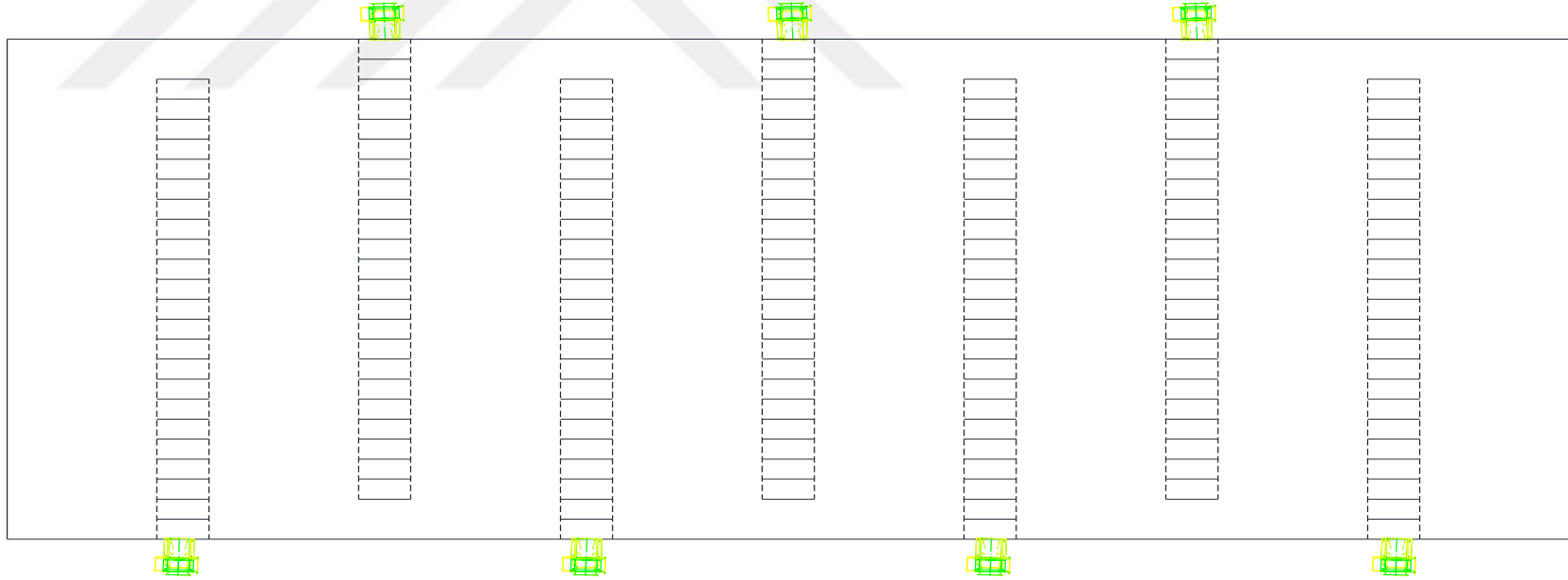
Ek Şekil 29. 1200-1250 ton kapasiteye sahip konik tabanlı çelik silo üstten görünüşü



Ek Şekil 30. 2500-3000 ton kapasiteye sahip beton silo



Ek Şekil 31. 2500-3000 ton kapasiteye sahip beton silo kesit görünüşü



Ek Şekil 32. 2500-3000 ton kapasiteye sahip beton silo havalandırma sistemi tasarımı