



Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi

International Journal of Agriculture and Wildlife Science

2022, 8(2): 302 – 327, doi: 10.24180/ijaws.1089855



Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II*

The Design of Wheat Warehouse: Ventilation System Design and Unit Price Analysis-II

Kürşat Maman¹ , Hakan Kibar² 

Geliş Tarihi (Received): 18.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 04.05.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

Öz: Havalandırma, depolanan tahılın korunması için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknoloji, ürün depolama yapısının mikro iklimini değiştirmek; tahılda zararlı organizmaların gelişmesi için elverişsiz tahıl kalitesinin sürekli korunması için uygun koşullar yaratmak için kullanılır. Mevcut durumda yapılmış olan depoların eksiklikleri göz önünde bulundurularak buğday ürünü için 1500 ton depolama kapasitesine sahip yatay bir betonarme deponun teknik verilere uygun şekilde havalandırma sisteminin tasarlanması ve yaklaşık maliyetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda emniyetli ve güvenli bir depolama için depo ortam sıcaklığının optimum durumda sağlanabilmesi için 73164.99 W'lık toplam ısı ihtiyacı belirlenmiştir. Toplam soğutma ihtiyacı ise 105157.42 W olarak hesaplanmıştır. Projelenecek buğday deposunun 2022 yılına ait birim fiyatlarına göre KDV dahil yaklaşık Mekanik sistem (havalandırma, klima santrali ve otomasyon) maliyeti 586052.90 ₺, Elektrik tesisatı yaklaşık maliyeti 195145.39 ₺, İnşaat yapı elemanları yaklaşık maliyeti 2334272.79 ₺ olmak üzere toplam yaklaşık maliyeti 3115471.08 ₺ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Iğdır, buğday, depolama, havalandırma, yaklaşık maliyet

&

Abstract: Ventilation is a widely used method of preserving stored grain. This technology is used to change the microclimate of the product storage structure, to create unfavorable conditions for the development of harmful or harmful organisms in the grain, and to create favorable conditions for the constant preservation of grain quality. Considering the shortcomings of the existing warehouses, it is aimed to design the ventilation system and determine the approximate cost of a horizontal reinforced concrete warehouse with a storage capacity of 1500 tons for wheat grain in accordance with the technical data. As a result of the study, a total heat requirement of 73164.99 W was determined in order to ensure the optimum ambient temperature of the warehouse for safe and secure storage. The total cooling need is calculated as 105157.42 W. According to the unit prices of the designed wheat warehouse for 2022, the approximate cost of the Mechanical system (ventilation, air conditioning plant and automation) including VAT is 586052.90 ₺, the approximate cost of the electrical installation including VAT is 195145.39 ₺, the approximate cost of the construction elements including VAT is 2334272.79 ₺, and the total approximate cost including VAT is 3115471.08 ₺.

Keywords: Iğdır, wheat, storage, ventilation, approximate cost

Atıf/Cite as: Maman, K., & Kibar, H. (2022). Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 302-327. DOI: 10.24180/ijaws.1089855

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Kürşat Maman, Iğdır İl Özel İdaresi, kursat_mn@hotmail.com

² Prof. Dr. Hakan KİBAR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, hakan.kibar@ibu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

*Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

GİRİŞ

Dayanıklı tarım ürünlerinin (tahıl ve bakliyatlar) depolama sırasında korunmasını etkileyen birden fazla faktör etkili olup bu faktörler de birbiriyle ilişkilidir. İster yüksek teknolojiye yatay depolar ve silolar, ister jüt çuvallarda evde depolanmış tahıl olsun, tüm depolama koşulları ortaktır. Yapılacak depolamayı geliştirmek için etkili olan faktörlerin etkileşimlerini iyi anlamak için depolama yapısı bir ekosistem olarak kabul edilir. Ekosistemin bileşenleri: depolanmış tahıl — başlıca biyotik faktör; depolama yapısı — abiyotik faktör; sıcaklık — abiyotik dış ve iç faktör; nem — abiyotik dış ve iç faktör; depolama atmosferi — abiyotik dış ve iç faktör; havalandırma - abiyotik dış ve iç faktör; böcekler - biyotik dış ve iç faktör; mikroorganizmalar — biyotik dış ve iç faktör; yabancı madde — abiyotik iç faktördür (Calderon, 1981). Bu çalışma kapsamında depolamada etkili olan depo ekosistem bileşenlerinden havalandırma faktörü incelenmiştir.

Havalandırma, uygun kalitedeki ortam havasının veya uygun şekilde şartlandırılmış havanın, tahılın depolanabilirliğini iyileştirmek için bir tahıl yığını içerisinde cebri hareketi olarak tanımlanabilir (Calderon, 1972; 1974). Havalandırma, ortam havasını iletmek için fan gücü kullanıldığından aktif, mekanik, düşük hacimli veya zorunlu havalandırma olarak da adlandırılır.

Havalandırmanın amacı, depolanan yığın veya istif halindeki tahılın durumunu korumak, iyileştirmek ve sürdürmektir. Havalandırma, depolanan tahılın bozulmasını önleyecek yeni bir mikro iklim üretilene kadar arzu edilen veya seçilen özelliklerdeki havanın bir tahıl yığını içinde hareket ettirilmesiyle sağlanır. Havalandırma, depolama koşullarını iyileştirmeyi amaçlasa da, genellikle tahılın kalite özelliklerini iyileştirmeyi değil, tahılda zararlı veya zararlı organizmaların gelişmesi için elverişsiz koşullar yaratmak; ve tahıl kalitesinin sürekli korunması için uygun koşullar yaratmayı hedeflemektedir (Kibar vd., 2015).

Farklı özelliklerdeki hava ile havalandırmanın depolanan tahıl üzerinde farklı etkileri olduğundan, depolama koşulları çeşitli şekillerde iyileştirilebilir. İyileştirme, havalandırma için kullanılan havanın özelliklerine ve tahılın mevcut durumuna veya özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, bir havalandırma sistemini çalıştırmadan önce, havalandırmanın tahıl üzerindeki etkisini anlamak önemlidir. Süreç hakkında önceden bilgi sahibi olmadan, iyileştirilmiş depolama koşullarındaki faydalar tahmin edilemez. Herhangi bir havalandırma sistemini çalıştırmanın özel hedefleri, çalıştırmadan önce net olmalıdır. Bu hedefler, havalandırmanın tahıl yığını üzerindeki etkilerine göre tahıl yığınının soğutulması, tahıl yığını boyunca sıcaklığın dengelenmesi, nemli tahılda biyolojik ısınmanın önlenmesi, sınırlı kurutma, kokuların ve fumigant kalıntılarının giderilmesi gibi tanımlanabilir (Navarro ve Noyes, 2001; Golob vd., 2008).

Havalandırmanın depolanan tahıl üzerindeki etkileri, tahıl yığınının, tahıl, mikroflora ve böceklerin biyotik bileşenler olduğu bir ekosistem olarak görülmesiyle daha iyi gösterilebilir. Önemli depolama kayıplarına genellikle uygun nem koşulları nedeniyle mikroflora neden olur ve önleyici kontrol önlemleri alınmazsa böcek istilası yıkıcı etkiye neden olabilir. Depolanan tahılın ekonomik kayıplarının %1 - %50 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Sinha ve Muir, 1973). Bu kayıplar, tahıl ve ortam koşullarından etkilenen ekosistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerin bir sonucu olarak düşünülmelidir. Sistemin biyotik ve abiyotik bileşenleri arasındaki etkileşimler, her bileşenin sürekli olarak diğerlerini etkilediği dinamik bir durumdur. Bu ekosistemde havalandırmanın rolü, tahıl yığını boyunca uygun kalitede havayı hareket ettirerek tahıl yığınındaki mevcut koşulları iyileştirmek için depolanan tahılı şartlandırmaktır.

Başlangıçta düşük tekdüze nem içeriğinde yığın halinde depolanan tahılın zamanla deponun bazı yerlerinde nem içeriğinde artışlar meydana gelmesi olası bir durumdur. Bu durumda, depo duvarlarının yakınındaki tahıl ile depoyu çevreleyen ortam havası arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan düşük hava akışı hızının ortaya çıkmasına neden olur. Ortaya çıkan bu doğal konveksiyonlu hava akımları, deponun üst merkezindeki 0.3 ila 0.5 m kalınlığındaki tane tabakasında tahılın yoğunlaşmasına ve kabuklanmasına yol açmaktadır. Doğal taşınımın zararlı etkileri, tahıl ve hava arasındaki sıcaklık farkı en aza indirilerek önlenir. Bu, ortam havasının depolanan tahıl boyunca düşük akış hızında aralıklı olarak hareket etmesi olan havalandırma işleminin amacıdır (Navarro ve Noyes, 2001). Bir havalandırma sistemi, fan, hava besleme kanalı, haznede (veya delikli bir zeminde) bulunan havalandırma kanallarından ve bir

havalandırma kontrolöründen oluşur. Fanların manuel kontrolü emek yoğun ve hatalı olduğundan havalandırma sistemi otomatik olarak kontrol edilmelidir. Gelişmiş kontrolör sistemleri bilgisayar tabanlıdır ve ortam sıcaklığını ve bağıl nemini ölçmektedir. Daha az karmaşık kontrolör sistemleri, fan çalıştırma kararlarını yalnızca hava ve tahıl sıcaklıklarına veya yalnızca ortam havasının bağıl nemine dayandırarak yapmaktadır (Moriera ve Bakker-Arkema, 1992; Driscoll, R. 1996; Montross vd., 1999).

Türkiye'nin farklı bölgelerinde depolama yapılarının koşulları, mevcut durumları ve sorunlarının çözümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır (Şişman, 2003; Tutar, 2010; Kibar, 2011; Kibar ve ark., 2015, Gençoğlu vd., 2018). Bu çalışmalarda anket çalışmaları yapılarak ildeki depolama yapılarının mevcut durumu ortaya konulmuş, tespit edilen sorunlara yönelik olarak yörenin ilişkin iklim koşulları dikkate alınarak projeler geliştirilmiş ve çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Ancak üretim miktarlarının artması ile depolama ihtiyaçları da artış göstermektedir. Bu nedenle zaman içerisinde ortaya çıkabilecek değişimlerin takip edilebilmesi ve ülkenin gıda arz güvenliğinin sağlanabilmesi için geleceğe yönelik planlamaların yapılması gerekmektedir. Yapılacak çalışma ile depolanan ürünlerde ortaya çıkabilecek olası kalite kayıpları da en aza indirilerek yıl boyunca piyasaya ürün arzı sağlanabilecektir.

Bu çalışmanın amacı, Iğdır ilinde yapılacak depolarda, ürünlerin sağlıklı şekilde korunarak kaliteli ve sağlıklı bir ürün devamlılığı için ikinci bölüm olarak iklim koşullarına uygun 1500 ton depolama kapasitesine sahip betonarme yatay bir depolama yapısının havalandırma sisteminin projelendirilmesi ve yaklaşık maliyetinin belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Doğu Anadolu Bölgesinin en doğusunda Erzurum-Kars bölümünde bulunan Iğdır ili 39° 38' - 44° 03' kuzey enlemleri ile 44° 49' - 45° 31' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlin yüzölçümü 3588 km²'dir. Kuzey ve kuzeydoğu sınırını Aras nehri ve bu nehrin yatağı boyunca geçen Ermenistan sınırı teşkil etmektedir. Iğdır ili çevresindeki yüksek alanlardan tamamen farklı olarak yarı kurak ve karasal bir iklime sahiptir. Bu farklılıklar sıcaklığın yüksek ve yağışların az oluşundan kaynaklanmaktadır. Aralık, Ocak ve Şubat aylarının sıcaklık ortalamasının fazla düşük olmaması nedeniyle kış mevsimi diğer Doğu Anadolu Bölgesi illerine göre fazla soğuk geçmemektedir. Bölgenin en önemli bitkisel üretim alanlarından biri olan Iğdır ovasının mikroklima özelliğinden dolayı turuncgiller hariç hemen hemen tüm tarla ve bahçe bitkileri ürünleri yetiştirilebilmektedir.

Çalışmada Iğdır ili ekolojisine uygun yaklaşık 1500 ton depolama kapasitesine sahip 12 m genişliğinde 36 m uzunluğunda ve 5 m yüksekliğe sahip betonarme yatay deponun ısı kaybı, havalandırma sisteminin tasarımı ve 2022 birim fiyatlarına göre yaklaşık maliyeti hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Isı Kaybının Hesaplanması

Isı Geçirme Katsayısının Hesaplanması

Bitkisel ürün deposu yapı elemanlarının ısı geçirme katsayıları hesaplamalarında TS 825 (2008) binalarda ısı yalıtım kuralları standardı çizelge değerleri kullanılmıştır.

• İklimsel veriler

a) Dış Ortam

Iğdır iline ait dış ortam sıcaklık değerleri TS 2164 (1983)' e göre $T_d = -18$ °C olarak alınmıştır.

b) İç Ortam

Bitkisel ürün deposunda depolanacak buğday ürününe ait ideal iç ortam sıcaklığı $T_i = 5$ °C olarak kabul edilmiştir.

Depolama yapısına ilişkin ısı kaybı aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_3}{\lambda_3} + \frac{L_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

Denklemden $\frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{7.7}$; $\frac{1}{\alpha_d} = \frac{1}{25}$ olarak alınmıştır.

1. Dış duvar ısı kaybı katsayısı:

Perde beton	L = 32 cm,	$\lambda = 2.5 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Isı yalıtımı (Extrude polistren köpük)	L = 10 cm,	$\lambda = 0.03 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Dış sıva	L = 3 cm,	$\lambda = 1.6 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
İç sıva	L = 3 cm,	$\lambda = 1.6 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	0.27 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

2. Kapı:

Metal kapı	L = 5 cm,	$\lambda = 4 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	5.48 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

3. Pencere:

Metal pencere	L = 0.03 cm,	$\lambda = 4 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	5.63 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

4. Çatı:

Poliüretan dolgulu sandviç panel	L = 6 cm,	$\lambda = 2.92 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	5.25 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

5. Temel ısı kaybı katsayısı:

$T_d = -18 \text{ }^\circ\text{C}$ dış ortam sıcaklığına göre döşeme altı toprak sıcaklığı $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ dir (TS 825, 2008).

Grobeton	L = 10 cm,	$\lambda = 1.65 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Tesviye betonu	L = 3 cm,	$\lambda = 0.70 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Astar bitümü	L = 2 cm,	$\lambda = 0.19 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
İki kat su yalıtımı membranı	L = 4 cm,	$\lambda = 0.19 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Tesviyeli koruma betonu	L = 5 cm,	$\lambda = 1.65 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Temel	L = 40 cm,	$\lambda = 2.50 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Ext. Pol Sert Köpük levha(XPS)	L = 4 cm,	$\lambda = 0.03 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Polivinil örtü	L = 1cm,	$\lambda = 0.23 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Grobeton	L = 5 cm,	$\lambda = 1.65 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Tesviye betonu	L = 3 cm,	$\lambda = 0.7 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Poliüretan esaslı malzeme (PU)	L = 0.5 cm,	$\lambda = 0.23 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	0.44 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

Mekanik Havalandırma Sisteminin Hesaplanması

Havalandırma Kanal Sayısı ve Aralığı

$$\text{Kanal sayısı} = \frac{\text{Depo uzunluğu (m)}}{\text{Tahıl derinliği (m)}} = \frac{36}{4.5} = 8$$

buradan 8 adet havalandırma kanalı seçilmiştir.

$$\text{Kanal aralığı (m)} = \text{Tahıl derinliği (m)} = \frac{\text{Depo uzunluğu (m)}}{\text{Kanal sayısı}} = \frac{36}{8} = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{Kenar duvardan kanal duvarına mesafe (m)} = \frac{\text{Kanal aralığı (m)}}{2} = \frac{4.5}{2}$$

Kenar duvardan kanal duvarına olan mesafe = $4.5/2 = 2.25 \text{ m}$ olarak hesaplanmıştır.

Hava Akımı Oranı

Yatay depolarda 6-12 (m³ h⁻¹) ton⁻¹ luk hava akımı oranı kullanılır. Daha fazla hava akımı oranları tahılı hızlı soğutacağından ekonomik olmadığı belirtilmiştir (Navarro ve Noyes, 2001).

Statik Basınç Gereksinimlerinin Hesaplanması

Hava akımı oranı 3-6 (m³ h⁻¹) ton⁻¹ ve 4.5 m yüksekliğindeki buğday tahılı için statik basınç 250-300 Pa olarak alınmıştır (Navarro ve Noyes, 2001).

Kanallardaki Hava Hızlarının Hesaplanması

Havalandırma kanalındaki sürtünme kaybını en aza indirmek için kanalın çapıyla hava hızı arasında bir ilişki sağlanmalıdır. Havalandırma kanalında en yüksek hızın 600 m min⁻¹ veya bu eşik değerin altında olması gerektiği Navarro ve Noyes, (2001) tarafından bildirilmiştir.

Hava Girişi ve Çıkışının Hesaplanması

Burada depo genişliği kolon aksından itibaren dıştan dışa ölçülmüştür. Depo net genişliği 1200 cm olduğuna göre;

$$\begin{aligned} \text{Kafa boşluğu} &= a \times b \times (H - h) + b \times \frac{a \times h_{\text{çatı}}}{2} \\ &= 12 \times 36 \times 0.5 + 36 \times 6 \times 2.89 = 216 + 645 = 861 \text{ m}^3 \text{ olarak hesaplanmıştır.} \end{aligned}$$

861 x 6 = 5166 m³ h⁻¹ ve 861 x 8 = 6888 m³ h⁻¹ (86.1 - 114.8 m³ min⁻¹) dağıtabilen uç duvar çıkış fanları kullanılmalıdır.

Havalandırılacak Tahıl Miktarının Hesaplanması

Buğday deposunda depolanacak ürünün yığın yüksekliği 4.5 m olduğuna göre;

Depolanacak buğday hacmi $V_d = 4.5 \times 12 \times 36 = 1944 \text{ m}^3$ dür.

Kanal Kesit Alanını Hesaplanması

İhtiyaç duyulan toplam hava akımı = 1500 ton x 3 (m³ h⁻¹) ton⁻¹ = 4500 m³ h⁻¹ = 75 m³ min⁻¹

İhtiyaç duyulan toplam hava akımı = 1500 ton x 6 (m³ h⁻¹) ton⁻¹ = 9000 m³ h⁻¹ = 150 m³ min⁻¹

Ortalama İhtiyaç duyulan toplam hava akımı = 112.5 m³ min⁻¹

Depoda 8 kanal kullanılacağından kanal başına 112.5/8=14.06 m³ min⁻¹ hava akımı düşer.

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/min)}}{V \text{ (m/min)}} = \frac{14.06}{600} = 0.0234 \text{ m}^2 = 234 \text{ cm}^2$$

Yarım daire kanalların kullanılması durumunda, tam daire alanı 234 x 2= 468 cm² olur. Tam daire alanı $A = \pi r^2$ olduğundan;

$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{468}{3.14}} = 12.205 \text{ cm}$ bulunur. Buna en yakın kesit alanı piyasada satışı yapılan 250 cm² hijyenik dikdörtgen kesitli kanallar seçilmiştir.

Fan Gücü Gereksiniminin Hesaplanması

Şekil 1' de buğday için hava akım oranı 3 (m³ h⁻¹) ton⁻¹ ve yığın yüksekliği 4.5 m olduğunda 100 ton başına 0.05 kW bulunur. 1500 ton için 0.75 kW veya 750 W.

6 (m³ h⁻¹) ton⁻¹ hava akım oranı ve 4.5 m yığın yüksekliği için 100 ton başına 0.1 kW bulunur. 1500 ton için 1.5 kW veya 1500 W.

Seçilecek fanların toplam gücü 750-1500 W arasında olmalıdır.

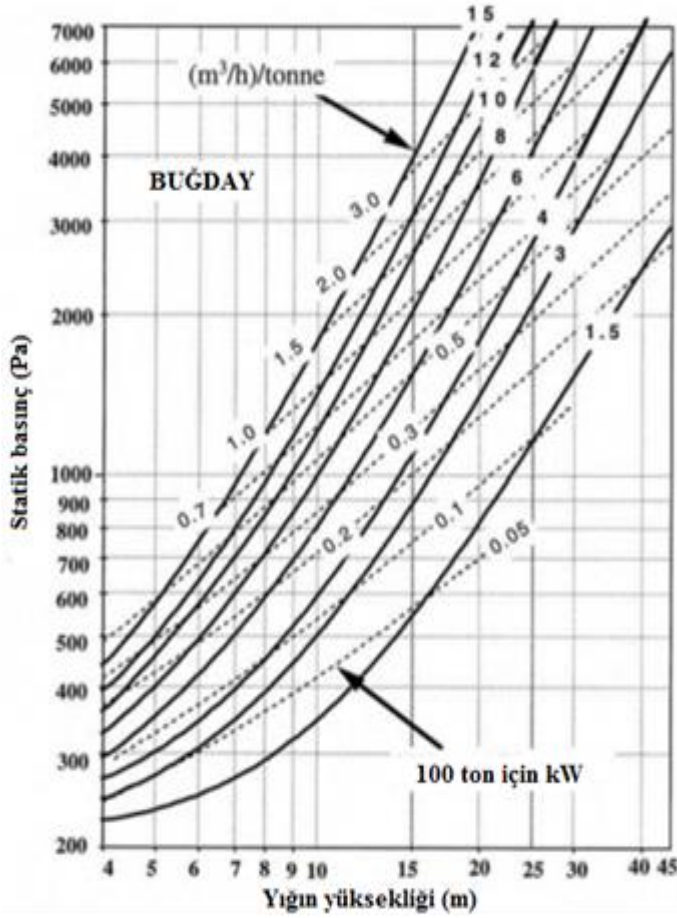
Formüllerden kafa boşluğundaki havayı atmak için

Hava hacmi = 5166 - 6888 m³ h⁻¹ ≈ 1.43 - 1.9 m³ s⁻¹

Basınç = 250 - 300 Pa

Fan gücü için hesaplamalarda %50 statik etkinlikli bir fan kabul edilirse Fan Statik etkinliği = 0.5 olarak alınmıştır (Navarro ve Calderon, 1982).

$$\text{Fan gücü (W)} = \frac{\text{Hava Hacmi (m}^3 \text{ s}^{-1}) \times \text{basınç (Pa)}}{\text{Fan statik etkinliği}} = \frac{1.9 \times 300}{0.5} = 1140 \text{ W}$$



Şekil 1. Hava akımı oranlarına bağlı olarak buğday tahılı statik basınç değerleri (Navarro ve Noyes, 2001).
Figure 1. Wheat grain static pressure values depending on air flow rates.

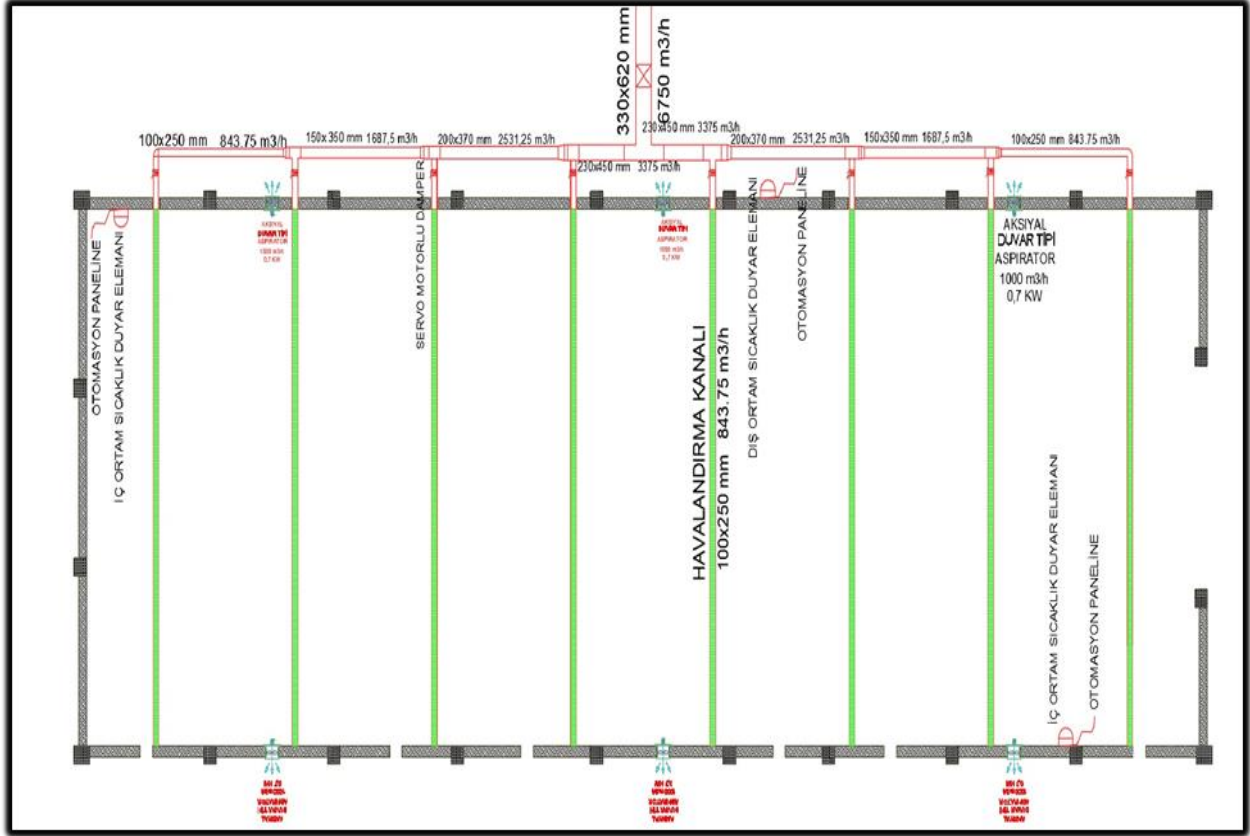
Hava Dağıtım Sistemlerinin Hesaplanması

En uzun hava akım yolunun en kısa hava akım yoluna oranı 1.5:1 olarak alınır (Navarro ve Noyes, 2001).

Hava yolu uzunluğu oranının 1.5:1 olarak alındığı kontrol edilmeli ve Kanal 1' den en uzun yol, 2.25 m - 0.1225 (kanal genişliğinin yarısı) 4.5 m yükseklik = 6.62 m.

Tahıl yüzeyine en kısa mesafe 4.5 m - 0.1225 m = 4.37 m' dir. Hava yolu uzunluğu oranı 6.62/4.37=1.51~1.5 tasarım talimatını karşılamaktadır.

Deponun genişliğine paralel olacak şekilde, yan duvar ucundan 2.25 m' den başlayan bina yan duvarından 2.25 m' ye yerleştirilen ilk kanalın merkez hattından delikli metal kanallar kullanılmıştır. Daha sonra kanal 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. kanalın merkez hattından uzak kenarın duvarına doğru 2.25 m bırakılarak, merkez hattından bina genişliği boyunca 4.5 m aralıklarla yerleştirilmelidir (Şekil 2).



Şekil 2. Depo havalandırma kanalı yerleşim planı.

Figure 2. Warehouse ventilation duct layout.

Isı Kaybı Hesabında Çizelge Kullanımı

Isı kaybı hesabının yapılabilmesi için Şekil 3' te verilen çizelgenin uygun şekilde hesaplanarak doldurulması gerekmektedir.

Şekil 3' te verilen çizelgenin nasıl hesaplandığına ilişkin detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Şekil 3' te verilen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9. sütunlara ilişkin hesaplamalar: Iğdır İline Uygun Buğday Deposu Tasarımı: Yapısal Tasarım-I başlıklı makalede hesaplanmış olduğundan ilgili değerler bu makaleden alınmıştır.

10. Sütun: $Q_0 = A \times U \times \Delta T$ eşitliğindeki U sembolü değerleri bu sütuna yazılır.

Isı geçirgenlik katsayıları önceki bölümlerde hesaplanmıştır.

DD, D: $0.27 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

DK, G: $5.48 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

ÇA, G: $5.25 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

DD, B: $0.27 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

TP, D: $5.86 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

ÇA, K: $5.25 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

DD, K: $0.27 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

Dö: $0.44 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

DD, G: $0.27 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

ÇA: $5.25 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

11. Sütun: Dış ortam sıcaklıkları ve tesisat projelerinde kullanılan iç ortam sıcaklıkları ilgili çizelgelerden alınmıştır. $\Delta T = (T_i - T_d)$ formülüyle hesaplanarak bu sütuna yazılır.

Iğdır ili için dış sıcaklık değeri TS 2164 (1983)' ten $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak alınmıştır.

Tahılların depolanmasında önemli faktörlerden olan sıcaklık, eğer yüksek değerlere ulaşırsa böcek gelişimi için uygun ortam yaratılmış olur. Böceklerin yaşamsal aktiviteleri için $30 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık değerleri idealdir. Ancak sıcaklık $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye indirildiği zaman böceklerin işlevselliği azalır, $17 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye indirildiği zaman pekçok böcek beslenemez, $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ' nin altına indirildiği zaman ve bu değer bir ay veya daha fazla sürdürüldüğünde ölümler (Öztürk, 2003). Bu yüzden bitkisel ürün deposu için istenilen iç ortam sıcaklığı

5 °C, Iğdır ili için dış sıcaklık değeri TS 2164 (1983)' ten -18 °C olarak alınarak $\Delta T=23$ °C olarak hesaplanmıştır.

1500 TONLUK BUĞDAY DEPOSU																			Sahife No :	
HAZIRLAYAN :KURŞAT MAMAN												İĞDIR ÜNİVERSİTESİ		İç ortam sıcaklığı 5 °C						
												Dış Sıcaklık Iğdır için -18, 38 °C								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
İşareti	Yön	Duvar Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Miktar	Çıkarılan	Hesaba Konan	U Isı Geçirgenlik Katsayısı	Sıcaklık Farkı	UxΔt	Zamsız Isı Kaybı	Z _d	Z _w	Z _h	Yön	Toplam Zam	Isı İhtiyacı		
		cm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/M ² *K	°C	W/M ²	W	%	%	%	1+%	Q ₀ =Q _z +Q _h	Düşünceler		
TAHİL AMBARI																				
DD	D	0,48	36,80	5,135	188,97	1,00	1,13	187,84	0,27	23,00	6,30	1183,65								
DD	B	0,48	36,80	5,135	188,97	1,00	0,00	188,97	0,27	23,00	6,30	1190,77								
DD	K	0,48	12,80	5,135	65,73	1,00	0,00	65,73	0,27	23,00	6,30	414,18								
DD	G	0,48	12,80	5,135	65,73	1,00	17,50	48,23	0,27	23,00	6,30	303,91								
DK	G	0,05	5,00	3,50	17,50	1,00	0,00	17,50	5,48	23,00	126,12	2207,05								
TP	D	0,003	0,40	0,40	0,16	9,00	0,00	0,16	5,86	23,00	134,80	21,57								
Dö	-	0,77	13,10	37,10	486,01	1,00	25,40	460,61	0,44	2,00	0,89	409,29								
ÇA	-	0,06	36,25	12,40	449,50	1,00	0,00	449,50	5,25	23,00	120,75	54277,13								
ÇA	G	0,06	12,40	2,89	17,92	1,00	0,00	17,92	5,25	23,00	120,75	2163,60								
ÇA	K	0,06	12,40	2,89	17,92	1,00	0,00	17,92	5,25	23,00	120,75	2163,60								
												Q₀= 64334,74								
												7,00	0,00	5,00	1,12	Q ₀ =	72054,91 W			
Q _s =	a _s	l	R _s	H _s	Z _s	Δt	E					Q _s =	1110,08 W							
Q _s =	1,50	46,90	0,70	0,98	1,00	23,00	1,00					Q _h =	73164,99 W							

Şekil 3. 1500 ton buğday deposu için ısı kaybı hesabı.

Figure 3. Heat loss calculation for 1500 tons of wheat storage.

12. Sütun: $U \times \Delta T$ eşitliğindeki değerlerin tamamı hesaplanmıştır. 10. sütun x 11. sütun çarpımı ile 12. sütun değerleri belirlenir.

Burada;

$$DD, D: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$DK, G: 126.12 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{ÇA}, G: 120.75 \text{ W m}^{-2}$$

$$DD, B: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$TP, D: 134.80 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{ÇA}, K: 120.75 \text{ W m}^{-2}$$

$$DD, K: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$Dö: 0.89 \text{ W m}^{-2}$$

$$DD, G: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{ÇA}: 120.75 \text{ W m}^{-2}$$

13. Sütun: $Q_0 = A \times U \times \Delta T$ eşitliğindeki değerlerin tamamı hesaplanmıştır. Bu sütun, 9. sütun x 10. sütun x 11. Sütunların çarpımı ile elde edilir. Bu değer artırımsız (zamsız) ısı kaybıdır.

Burada;

$$DD, D: 1183.65 \text{ W}$$

$$DK, G: 2207.05 \text{ W}$$

$$\text{ÇA}, G: 2163.60 \text{ W}$$

$$DD, B: 1190.77 \text{ W}$$

$$TP, D: 21.57 \text{ W}$$

$$\text{ÇA}, K: 2163.60 \text{ W}$$

$$DD, K: 414.18 \text{ W}$$

$$Dö: 409.29 \text{ W}$$

$$DD, G: 303.91 \text{ W}$$

$$\text{ÇA}: 54277.13 \text{ W}$$

Toplam Q_0 değeri 64334.74 W olarak hesaplanmıştır.

14. Sütun: *D Birleştirilmiş Artırım Katsayısı*; bu sütuna ısıtmanın sürekli ya da kesintili olup olmamasına göre değerler yazılır. Yapı ne kadar büyükse ve ısıtma sistemi ne kadar çok kesintili çalışıyorsa, bu artırım o kadar büyük olmalıdır.

Birleştirilmiş artırım katsayısı TS 2164 (1983)' ten *Birleştirilmiş Artırım Katsayısı* (% Z_D) değerlerinden alınır. Depoda kurulan ısıtma sistemi sürekli çalışır ve yalnız ortam sıcaklığına göre devreye girdiği için bu değer $Z_D = 7$ alınmıştır.

15. Sütun: Z_W Kat Yükseklik Artırımı; kat yükseklik zammı belirli katlardan sonra verilir. Çünkü birkaç kat yükseklikten sonra rüzgâr hızı nedeniyle ısı kaybı artış gösterir. Çok katlı bir yapıdan ilk üç kat için yükseklik zammı dikkate alınmaz.

Bu çalışmada yapı tek katlı olduğundan Z_W kat artırım zammı TS 2164 (1983)' ten den alınır ve bu değer; $Z_W = 0$ olarak alınmıştır.

16. Sütun: Z_H Yön Artırımı; bitkisel ürün deposu yönünden dikkate alınması gereken bir artırımdır. Z_H yön artırımı seçilirken yalnız bir dış duvarı olan hacimlerde, bu dış duvarın baktığı yön, köşe hacimlerde ise iki dış duvarın birleştiği köşenin yönü esas alınır. Köşe hacimlerde, penceresi olan dış duvarın yönü de esas alınabilir. Dış duvarı ikiden fazla olan hacimlerde en yüksek yön artırım değeri alınır. Yön artırım değerleri TS 2164 (1983)' ten $Z_H = 5$ olarak alınmıştır.

17. Sütun: $Z (1 + \%Z_D + \%Z_W + \%Z_H)$ artırımların toplamalarının yazıldığı sütundur.

$Z = (1 + \%7 + \%0 + \%5) = 1.12$ olarak hesaplanmıştır.

18. Sütun: *Toplam Isı Gereksinimi (İhtiyacı) (O_h)*

Bu sütun 3 adımda hesaplanır.

1. Birinci adımda artırımlar dikkate alınarak, toplam ısı geçiş kaybı $Q_i = Q_o \times Z$ denklemi ile hesaplanmıştır.

$$Q_i = 64334.74 \times 1.12 = 72054.91 \text{ W olarak hesaplanmıştır.}$$

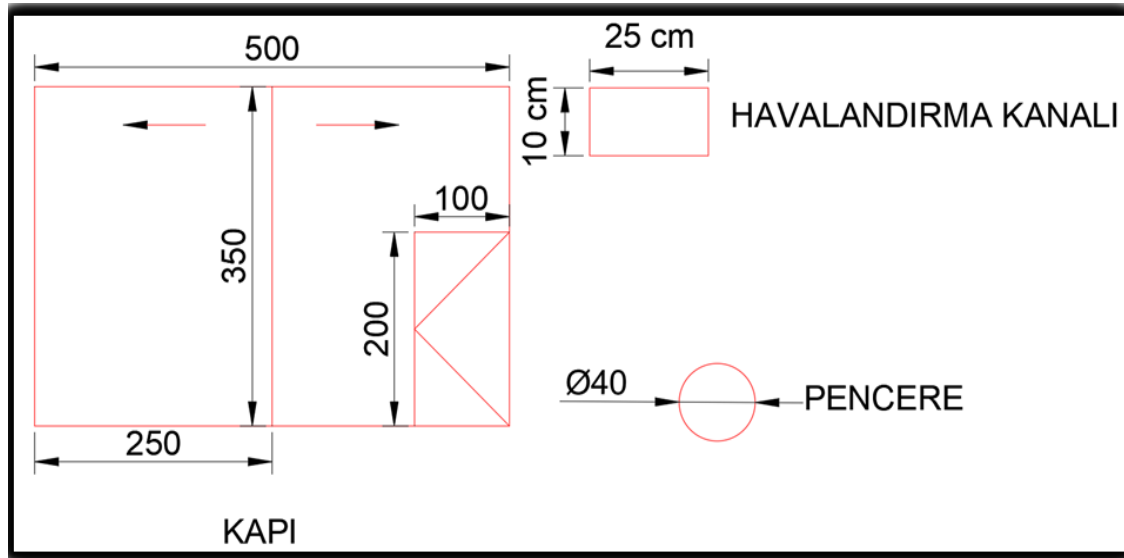
2. Bu adımda sızıntı ile kaçan ısı miktarı hesaplanır. Bu kısma aşağıda değinilecektir. Hava sızıntı ısı kaybı (Q_s) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q_s = \sum a_s \times l \times R_d \times \Delta T \times Z_e \times E \text{ (kcal h}^{-1}\text{)}$$

- Hava sızdırma katsayısı değeri TS 2164 (1983)' ten alınmıştır.

Bu değer $a_s = 1.5 \text{ (m}^3 \text{ m}^{-1} \text{ h}^{-1}\text{)}$ olarak seçilmiştir.

- Pencere veya kapının açılan kısmının çevre uzunluğu Şekil 4' ten alınan ölçülerle hesaplanmıştır.



Şekil 4. Kapı, pencere ve duvarda havalandırma için açılan boşluk ölçüleri.

Figure 4. The dimensions of the opening for ventilation in the door, window and wall.

Kapının tamamı veya dikey yönde yarısı sürgülü olarak sağa veya sola doğru kaydırılarak açılacaktır. Ayrıca seri geçişler için büyük kapı içerisinde 100 x 200 cm' lik ayrı bir kapı olacaktır. Kapının çevre uzunluğu;

$$l = 2.5+3.5+2.5+3.5+2.5+3.5+2.5+3.5+1.0+2.0+1.0+2.0 = 30 \text{ m}$$

Pencere için çevre uzunluğu aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır;

$$l = 2\pi r \quad l = 2 \times \pi \times 0.2 = 1.256 \text{ m}$$

Havalandırma kanalı için depo yan duvarlarından açılan boşluk için uzunluk;

$$l = 2 \times a \times b \text{ eşitliği ile hesaplanmıştır.}$$

Buradan;

a: kısa kenar (m)

b: uzun kenar (m)

$$l = 2 \times (0.10 + 0.25) = 0.7 \times 8 = 5.6 \text{ m olarak belirlenmiştir.}$$

R_d depo durum katsayısı katsayısının tam olarak hesaplanamaması nedeniyle; normal boyutlarda pencere ve kapıları olan odalar için R_d = 0.9; büyük pencereleri, bir tek iç kapısı olan odalar için R_d = 0.7 değerleri kullanılmıştır.

- H_d bina durum katsayısı TS 2164 (1983)' e göre 0.98 olarak seçilmiştir.
- Ze değeri tanımında belirtildiği gibi "1" olarak alınmıştır.
- E, bina durum kat sayısı için düzeltme çarpım faktörü yapı yüksekliği 10 m' nin altında olduğu için bu değer TS 2164 (1983)' ten "1" olarak alınmıştır.

Bu durumda Q_s sızıntı değeri;

$$Q_s = 1.50 \times 46.90 \times 0.7 \times 0.98 \times 1 \times 23 \times 1 = 1110.08 \text{ W olarak hesaplanmıştır.}$$

3. Bu adımda toplam ısı gereksinimi Q_h hesaplanır. Bunun için artırımlar dikkate alınarak bulunan Q_i ısı kaybı ve Q_s sızıntı (infiltrasyon) ile toplanır.

Ayrıca havalandırma için depo ortamına verilen havanın ısıtma ihtiyacı hesabı da yapılarak Q_h ile toplanır ve toplam ısı ihtiyacı hesaplanır.

Buradan;

$$Q_h = 72054.91 + 1110.08 = 73164.99 \text{ W olarak belirlenmiştir.}$$

Havalandırma Sisteminin Soğutma Hesabı

Ortalama %12 nem içeriğindeki buğdayın yaydığı ısı miktarı 1.67 kJ kg⁻¹ (Cao vd., 2010) olup bu değerde 400.8 kcal t⁻¹ dur.

$$1 \text{ kcal h}^{-1} = 1.163 \text{ W' tır.}$$

Bu durumda 1 ton buğdayın 24 saatte yaydığı ısı miktarı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$q = \frac{M \times C}{24}$$

$$q = (1 \times 400.8)/24 = 16.7 \text{ kcal h}^{-1}$$

1 ton buğday için 16.7 kcal h⁻¹ = 19.4221 W' tır.

1500 ton için = 1500 x 19.4221 = 29133.15 W olarak hesaplanmıştır.

Ortamın soğutulması için gerekli ısı miktarı ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

Soğutma hesabı yapılırken dış ortam sıcaklığı Yılmaz ve Bulut (1996)' dan alınmıştır.

$$Q = m_{hava} \times C_p \times \Delta T$$

$$m_{hava} = \rho_{hava} \times V_{hava}$$

Burada;

m_{hava} : soğutulacak hava miktarı

$C_p = 1.0035 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (Van Wylen ve Sonntag, 1976)

$\rho_{\text{hava}} = \text{havanın özgül ağırlığı } 1.225 \text{ kg m}^{-3}$ (Van Wylen ve Sonntag, 1976)

$V_{\text{hava}} = 112.5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ dır (mekanik havalandırma ortam hava ihtiyacı).

$V_{\text{hava}} = 6750 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

$\Delta T = 38 - 5 = 33 \text{ }^\circ\text{C}$

$Q = 76024.27 \text{ W}$ olarak hesaplanmıştır.

Toplam soğutma ihtiyacı;

$29133.15 + 76024.27 = 105157.42 \text{ W}$ olarak hesaplanmıştır.

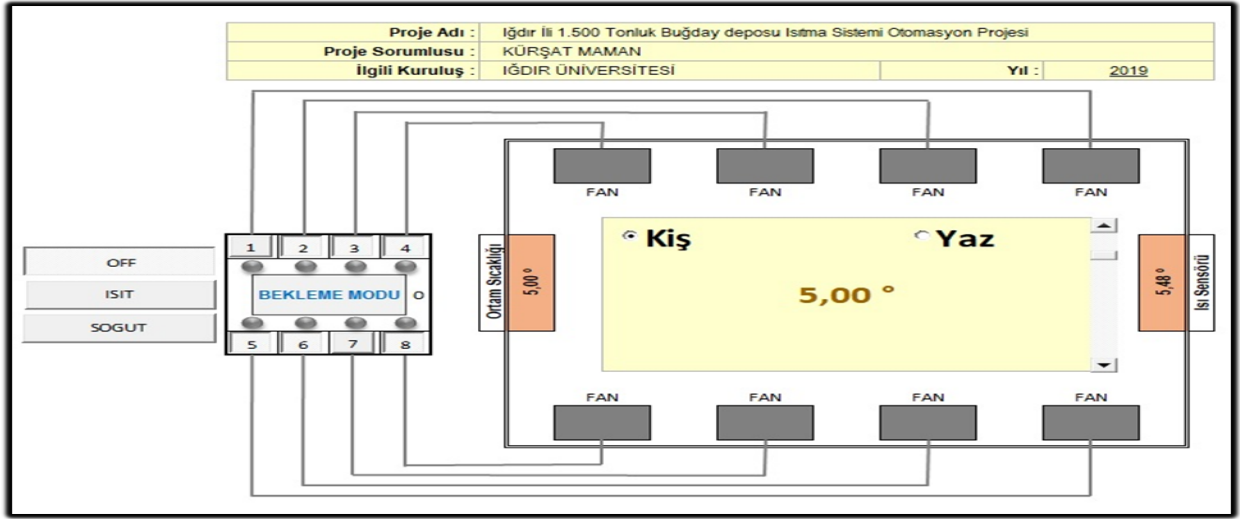
Isıtma ve Soğutma Sistem Otomasyonunun Hazırlanması

Buğday deposuna yerleştirilecek iki adet termostat yardımıyla deponun içerisindeki ısı kontrolü yapılmaktadır. Depo ortam sıcaklığı $3 \text{ }^\circ\text{C}$ ' nin altına düştüğünde termostat klima santralının ısıtıcı sistemini devreye almaktadır. Sıcaklık $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğunda sistem "Bekleme Moduna" geçerek klima santralının ısıtıcı devresini devre dışı bırakacaktır. Sıcaklık $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıktığında klima santralının soğutucu sistemi devreye alınacaktır. Sıcaklık $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğunda ise sistem "Bekleme Moduna" geçecek ve klima santralının soğutucu sistemini devre dışı bırakacaktır.

Havalandırma kanalı üzerine 8 adet servo motor kontrollü damper konulmuştur. Bu damperler havalandırma kanallarını açıp kapamaktadır. Klima santralının vantilatör motoru inverter kontrollüdür. Açık olan hava kanalına göre servo motorlarla beraber hava debisi de kontrol edilmektedir. Damper konumlarına göre her bir kanaldan geçen hava debisi aşağıda belirtilmiştir.

1. konum: 1. damper açık vantilatör hava debisi, $843.75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
2. konum: 1. ve 2. damperler açık hava debisi, $1687.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
3. konum: 1. 2. ve 3. damperler açık hava debisi, $2531.25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
4. konum: 1. 2. 3. ve 4. damperler açık hava debisi, $3375 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
5. konum: 1. 2. 3. 4. ve 5. damperler açık hava debisi, $4218.75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
6. konum: 1. 2. 3. 4. 5. ve 6. damperler açık hava debisi, $5062.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
7. konum: 1. 2. 3. 4. 5. 6. ve 7. damperler açık hava debisi, $5906.25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
8. konum: Tüm damperler açık hava debisi, $6750 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ olmalıdır.

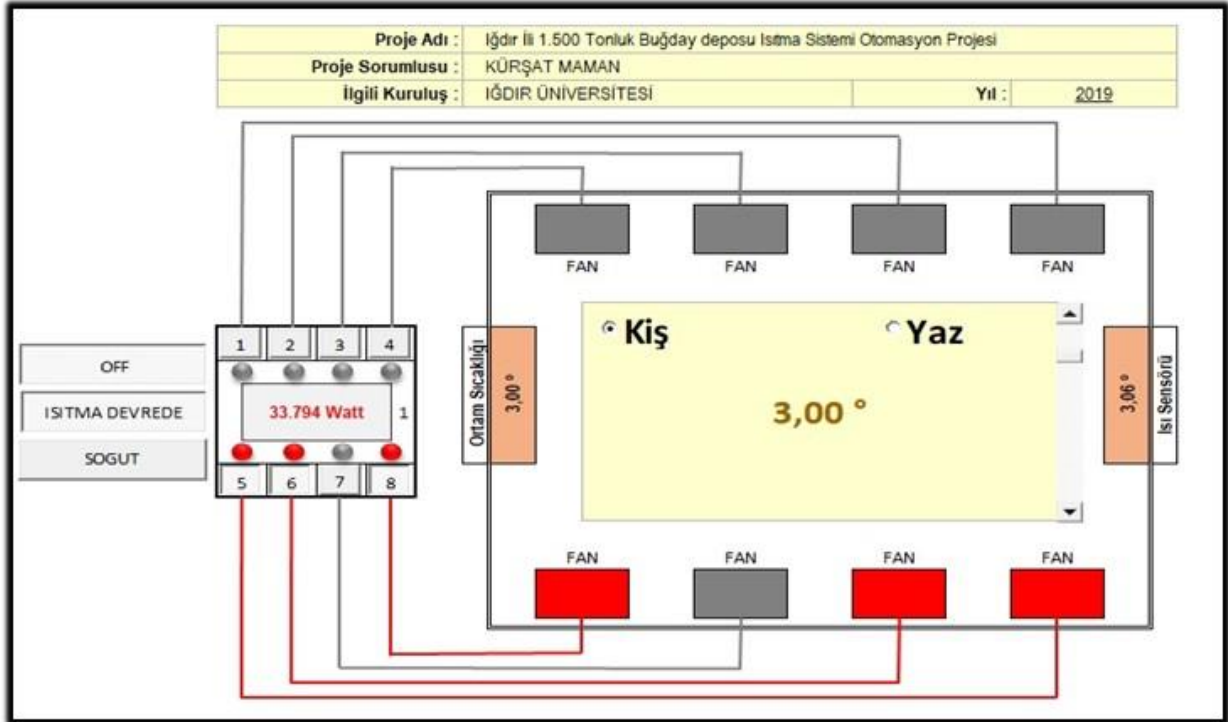
Otomasyon sistemi depo ortam sıcaklığı $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de olduğu için *Bekleme Modu'* na geçmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Otomasyon sistemi bekleme modu devredeyken.

Figure 5. With the automation system standby mode activated.

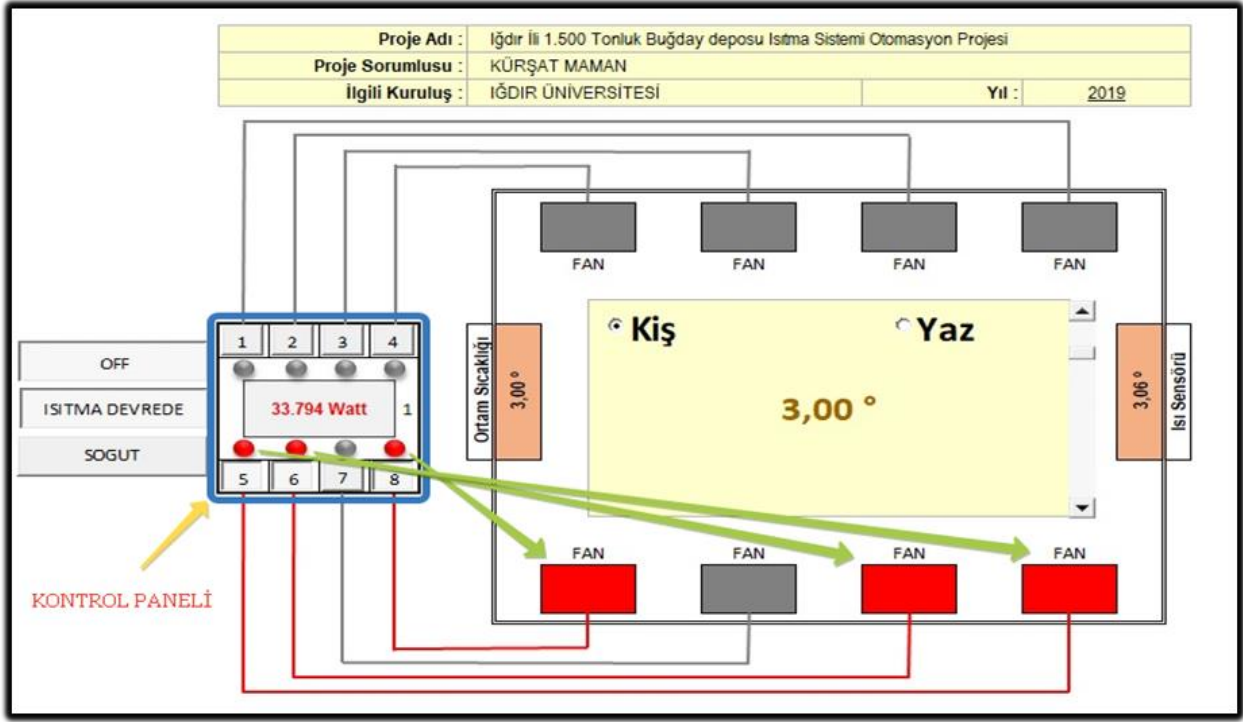
Otomasyon sistemi depo ortam sıcaklığı +3 °C' nin altına indiği için "Isıtma Modu" devreye geçmiştir (Şekil 6). Otomasyon kontrol paneli üzerindeki butonlar panelleri kontrol etmektedir. Buton sayısı ile devreye giren panel sayısının eşit olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Otomasyon sistemi ısıtma devredeyken.

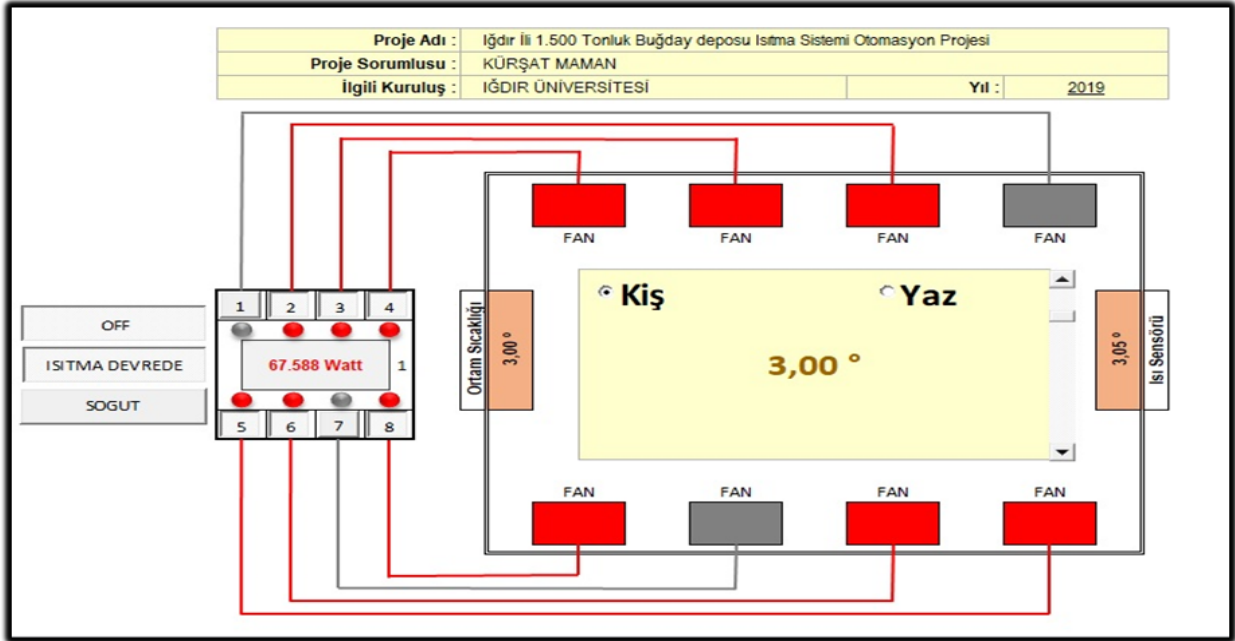
Figure 6. Automation system heating on activated.

Kontrol paneli üzerindeki butonlarla panel sayısı arttırılarak ısıtma soğutma hızı ayarlanabilmektedir (Şekil 7 ve 8). Aşağıda 6 fan aktif edilmiş kış modunda sistemin ısıtma moduna geçtiği görülmektedir.



Şekil 7. Otomasyon sistemi kontrol paneli gösterimi.

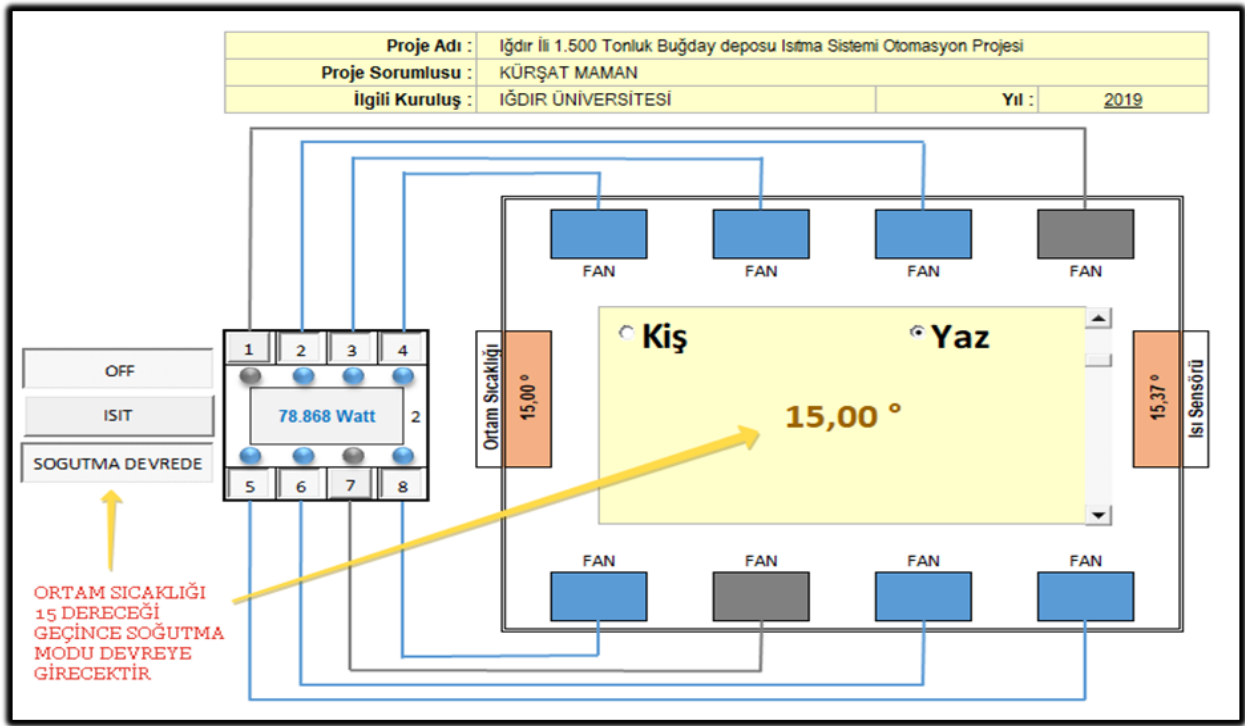
Figure 7. Display of automation system control panel.



Şekil 8. Otomasyon sistemi fan sayısının artırılması.

Figure 8. Increasing the number of automation system fans.

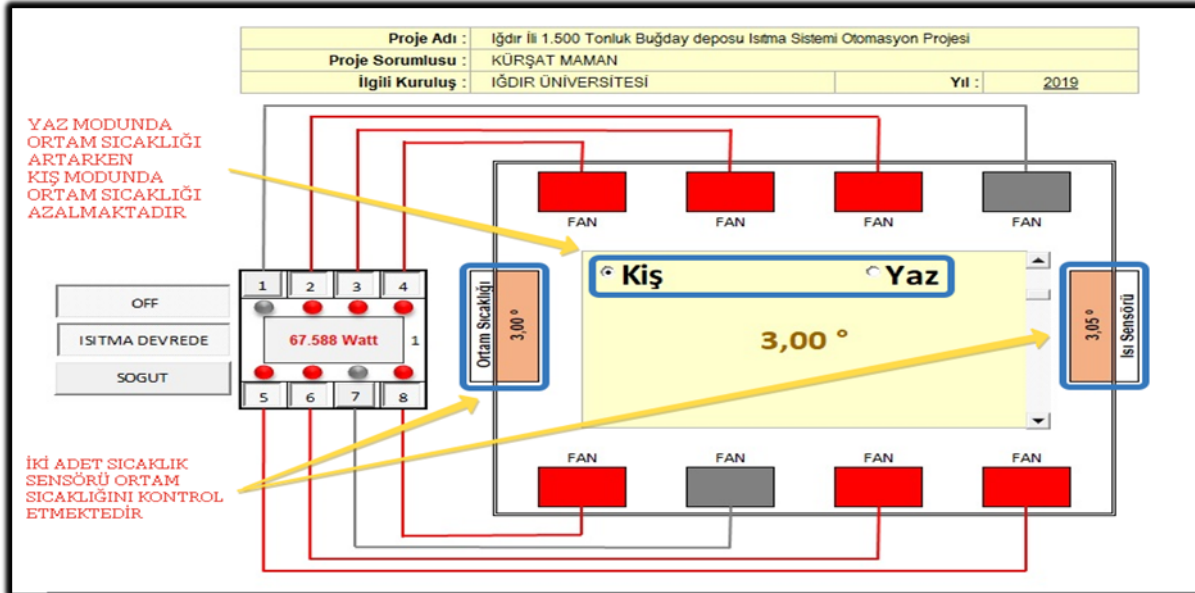
Aşağıda 6 fan aktif edilmiş yaz modun da ortamın manuel ortam sıcaklığı artacağından sıcaklık 15 °C' nin üzerine çıktığı zaman soğutma moduna geçtiği görülmüştür (Şekil 9). Ortam sıcaklığı 5 °C' ye kadar düşürülerek bekleme moduna geçmiştir.



Şekil 9. Otomasyon sistemi soğutma devredeyken.

Figure 9. Automation system with cooling activated.

Otomasyon sistemi Yaz ve Kış Modu sistemin nasıl çalıştığını kavrayabilmek için yerleştirilmiş olup yazın ortam sıcaklığının artacağını ve kışın ise azalacağını göstermektedir (Şekil 10). Otomasyon sisteminde Yaz Modu aktifse depo ortam sıcaklığı artarak +15 °C' nin üzerine çıktığı zaman sistem Soğutma Modu' nu devreye almaktadır.



Şekil 10. Otomasyon sistemi yaz ve kış modu gösterimi.

Figure 10. Automation system summer and winter mode display.

Sistemin çalışması için arka planda çalışan bütün kodlar sistemde ilgili parametreler ile ilişkilendirilerek EK' te verilmiştir.

Shuanglin vd. (2006) test amaçlı bir buğday deposunda farklı fan sistemlerinin otomatik mekanik havalandırma ile buğday tanelerinde sıcaklık düşüşünü araştırmışlardır. Araştırma sonucunda 0.55 kW'lık 4 adet eksenel fan ile 484 saat boyunca yapılan havalandırılma ile tanelerin ortalama sıcaklığının 14.9 °C'den 7,5 °C'ye düşürüldüğünü, 15 kW'lık 6 adet santrifüj fan ile 140 saat boyunca yapılan havalandırılma ile tanelerin ortalama sıcaklığının 15.8 °C'den 4.5 °C'ye düşürüldüğünü belirlemişlerdir. Sonuç olarak otomatik havalandırma kontrol sisteminin işgücünü azaltmada, havalandırma verimliliğini artırmada ve havalandırmanın enerji tüketimini azaltmada yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Mevcut çalışmamızda da kullanılan otomatik havalandırma sistemi ile araştırmacının sonuçlarına benzer faydalar elde edilebilecektir.

Kıbar vd. (2015) Iğdır ili ve ilçelerindeki çiftçilerin, kooperatiflerin, tüccarların ve Toprak Mahsuller Ofisi (TMO)'nin ürünlerinin en sağlıklı şekilde depolanabilmesi için 1000 ton depolama kapasitesine sahip yatay bir betonarme deponun havalandırma sistemini tasarlamışlardır. Sonuç olarak depo içerisinde optimum bir hava dağıtımı için 4 m aralıklarla 355 mm çapında 3 adet havalandırma kanalı ve 1000 W güce sahip fan sistemi belirlenmiştir. Ayrıca yığının üst seviyesi ile çatı arasında kalan hacimdeki havayı dışarı atmak için 510 W'lık fan gücüne ihtiyaç olduğunu belirlemişlerdir.

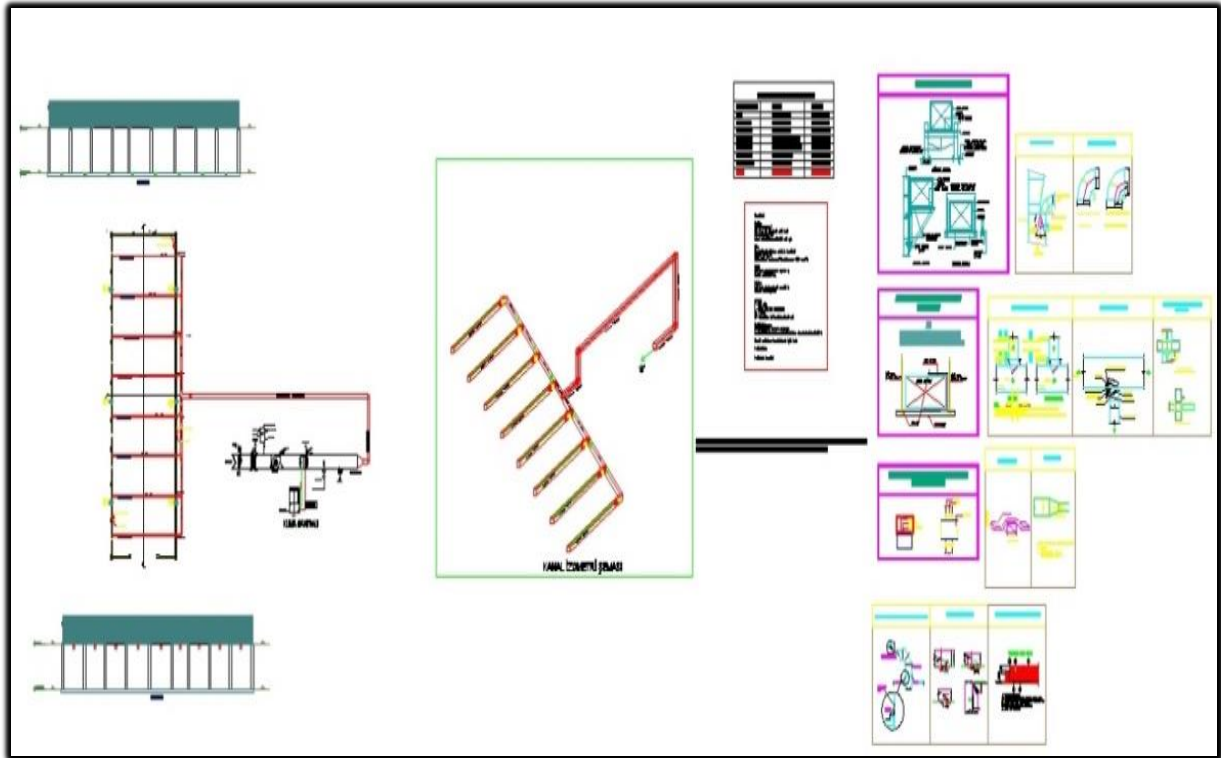
Metraj ve Keşif

Betonarme yatay buğday deposunun yaklaşık maliyet hesaplamalarında yapı elemanlarının ilgili poz numaraları ve 2022 yılına ait birim fiyatları e-hakediş yaklaşık maliyet, hakediş ve kesin hesap programından alınmıştır (e-Hakediş, 2022).

Mekanik Tesisat Metrajı ve Keşifler

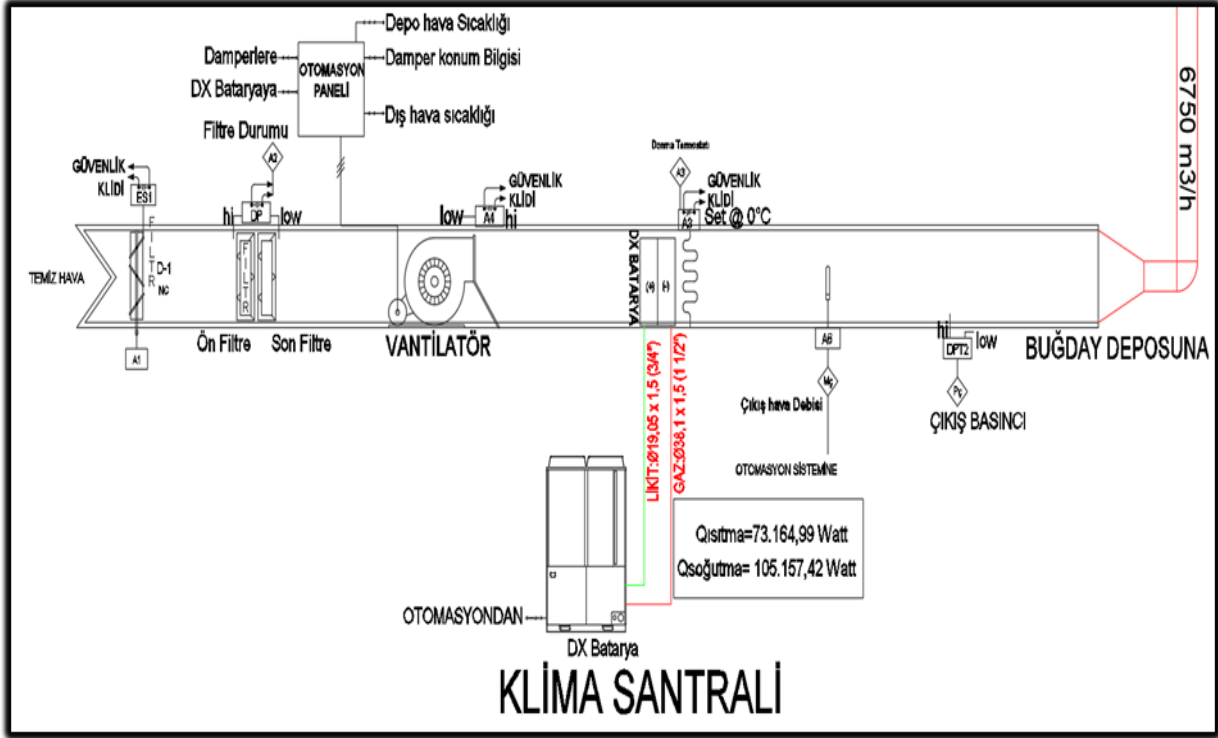
Yapı elemanlarının mekanik metrajları buğday deposunun Şekil 11' de verilen mekanik projesine göre hazırlanmıştır.

Mekanik metraj ve keşifleri havalandırma, klima santrali ve otomasyon bölümlerinden oluşmaktadır (Şekil 11 ve 12). Çizelge 1' de havalandırma için yaklaşık maliyet bilgileri verilmiştir.



Şekil 11. Buğday deposu mekanik proje çizimi.

Figure 11. Wheat warehouse mechanical project drawing.



Şekil 12. Klima santrali detay çizimi.

Figure 12. Detail drawing of the air handling unit.

Çizelge 1. Mekanik tesisat (havalandırma sistemi, klima santrali ve otomasyon) yaklaşık maliyeti.

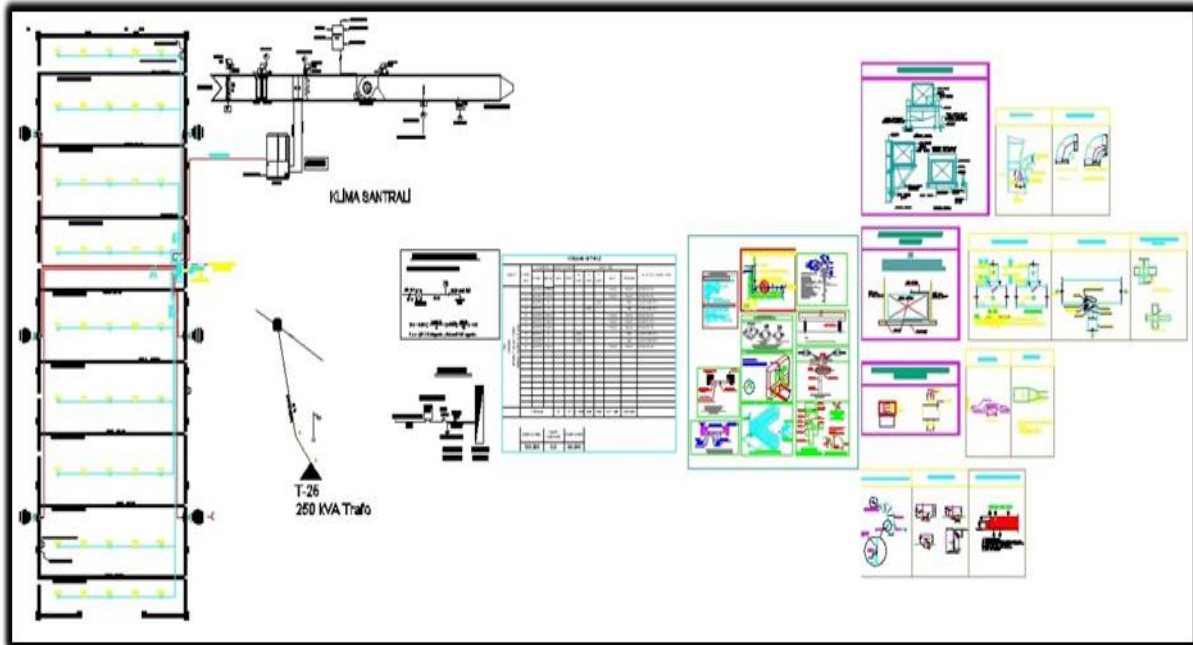
Table 1. Approximate cost of mechanical installation (ventilation system, air handling unit and automation).

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	206-507/B	Bakır boru (et kalınlığı 1.5 mm, dış çapı: 20 mm) (Fosfor-Bakır alaşımı, kaynaklı, %25)	m	5.000	155.08	775.40
2	206-514/B	Bakır boru (et kalınlığı 1.5 mm, dış çapı: 40 mm) (Fosfor-Bakır alaşımı, kaynaklı, %25)	m	5.000	319.48	1.597.40
3	241-408	(1/2") 22 Ø mm 19 mm, Kauçuk esaslı prefabrik boru ile soğuk hat yalıtımı	m	5.000	11.20	56.00
4	241-423	(1 ¼") 42 Ø mm 19 mm, Kauçuk esaslı prefabrik boru ile soğuk hat yalıtımı (TS EN 14313)	m	5.000	16.95	84.75
5	251-101	1.000 m³/h'a kadar, Toplam basıncı 225 paskala (25 mm SS'na) kadar, radyal vantilatörler veya aspiratörler (tek veya çift emişli) (TSE kalite belgeli)	Adet	6.000	4.896.88	29.381.28
6	251-207	8.000 m³/h'lık, Toplam basıncı 450 paskala (50 mm SS'na) kadar, radyal vantilatörler veya aspiratörler (tek veya çift emişli) (TSE kalite belgeli)	Adet	1.000	9.900.00	9.900.00
7	254-205	5001-10.000 m³/h'lık, Elemanları temizlenebilen, kuru hava filtresi (madeni veya sentetik tip)	Adet	2.000	618.85	1.237.70
8	257-209	(150.000 kcal/h) 165 kW, Bakır boru, bakır veya alüminyum kanatlı, galvanizsiz ısıtıcı veya PN 25 gerektiren haller için, dikişsiz çelik çekme boru, dizme çelik kanatlı sıcak galvanizli ısıtıcı	Adet	1.000	8.987.50	8.987.50
9	258-211	(60.000 kcal/h) 66 kW, Bakır boru, bakır veya alüminyum kanatlı, soğutucu, (4 Atmosfer basıncına kadar) (Galvaniz veya plastik esaslı yoğuşma tavası dahil)	Adet	1.000	10.800.00	10.800.00
10	260-601	BFT 260-600'ün aynı özelliklerde, 30 mm'ye kadar cam yünü veya taş yünü ile izolasyonlu hücre, havalandırma ısıtma klima santrali hücresi	m²	19.000	947.88	18.009.72
11	261-902	Hijyenik Ön izoleli gofrajlı alüminyum panellerden Hava Kanalı 20 mm yalıtım kalınlık 80/200 micron Al kaplama	m²	#####	514.38	71.653.13

12	263-101	0,10 m ² 'ye kadar hava damperi	m ²	0.200	3.112.50	622.50
13	263-105	1,50 m ² 'ye kadar hava damperi	m ²	1.400	1.272.50	1.781.50
14	269-103	Alüminyumdan panjur	m ²	24.000	1.375.00	33.000.00
15	270-000	Tel kafes	m ²	24.000	138.13	3.315.12
16	280-1217	Soğutma kapasitesi (nom) 110 kW, ısıtma kapasitesi (nom): 120 kW, Tümü frekans kontrollü kompresörlü dış ünite veya dış ünite grubu	Adet	1.000	250.107.54	250.107.54
17	315-101	Mahal tipi elektronik sıcaklık duyar elemanı	Adet	2.000	437.00	874.00
18	315-105	Dış hava tipi elektronik sıcaklık duyar elemanı	Adet	1.000	349.50	349.50
19	315-401	Hava için basınç duyar eleman	Adet	1.000	1.647.00	1.647.00
20	319-304	4 Kontrol döngüsü içeren iklimlendirme Kontrol paneli	Adet	1.000	8.725.00	8.725.00
21	320-600	Uzaktan ayar noktasını değiştirme ünitesi ilavesi, Elektronik Sıcaklık Kontrol Paneline İlaveler İçin Ödenecek Farklar	Adet	10.000	581.00	5.810.00
22	327-351	0.4 m ² ve daha küçük alanlı damperler için, Oransal damper Servomotoru	Adet	8.000	1.607.13	12.857.04
23	327-353	1.0-2.0 m ² alanlı damperler için, Oransal damper Servomotoru	Adet	1.000	2.026.59	2.026.59
24	328-151	0.4 m ² ve daha küçük alanlı damperler için, Acil durum konumlandırma ilavesi	Adet	8.000	2.203.13	17.625.04
25	328-153	1.0-2.0 m ² alanlı damperler için, Acil durum konumlandırma ilavesi	Adet	1.000	3.160.63	3.160.63
26	Rayiç-2	Daldırma tip türbin hava debimetresi	Adet	1.000	2.271.50	2.271.50
Ara Toplam						496655.84 ₺
KDV Tutarı						89397.06 ₺
Genel Toplam						586052.90 ₺

Elektrik Tesisat Metrajı ve Keşifler

Yapı elemanlarının mekanik metrajları buğday deposunun Şekil 13' te verilen elektrik projesine göre hazırlanarak Çizelge 2' de verilmiştir.



Şekil 13. Buğday deposu elektrik proje çizimi.

Figure 13. Wheat warehouse electrical project drawing.

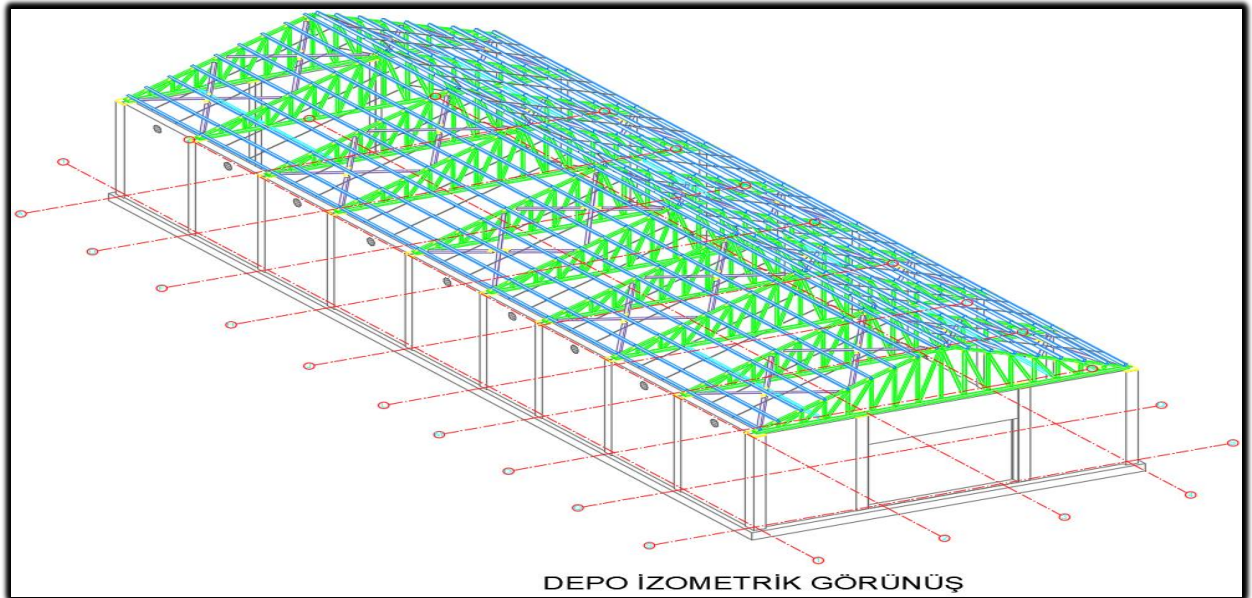
Çizelge 2. Elektrik tesisatı yaklaşık maliyeti.

Table 2. Approximate cost of electrical installation.

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	03.1.2-002	Ø 8mm İçi Dolu Bakır Bara (0.45 kg/m)	kg	5.000	183.60	918.00
2	05.1.1	Boyalı Kaynaklı Demir Direk (Şehiriçi)	kg	887.000	25.54	22.653.98
3	05.4.1	Boyalı Demir Travers ve Konsol (Şehiriçi)	kg	123.000	28.43	3.496.89
4	08.1	Galvanizli sac Kablo Kanalı (2mm)	kg	30.000	26.57	797.10
5	11.4-009	36 kV VHD-35 H.H. Sis Tipi Mesnet İzolatörü	Adet	6.000	262.69	1.576.14
6	11.5-017	C-35 Demir Travers için (Taşıyıcı) İzolatörü Demiri	Adet	6.000	39.44	236.64
7	15.2-010	36kV, 10kA ZnO Parafudr	Adet	3.000	1.187.20	3.561.60
8	17.7-008	36kV, 630A, 12.5kA Harici Tip Sigortalı Ayırıcı	Adet	1.000	8.400.31	8.400.31
9	17.9-023	36kV, 2-20A OG Sigorta Patronu	Adet	3.000	126.12	378.36
10	24.4.2-004	250kVA'lık 3x400 A Oto Şalterli Harici Tip AG Panosu	Adet	1.000	16.773.43	16.773.43
11	26.2-002	Tehlike Levhası (Alüminyum-Orta)	Adet	3.000	27.85	83.55
12	30.2.2	50 mm ² NYY Kablo ve gömülmesi	m	40.000	74.81	2.992.40
13	30.3.1	2 m uzunluğunda, galvanizli 65x65x7'lik köşebent ve 5 metre şerit ve bunların gömülmesi	Adet	3.000	890.95	2.672.85
14	30.4.1	Galvanizli örgülü çelik tel ve gömülmesi	m	5.000	93.09	465.45
15	31.6.3-010	33/0.4-0.231kV, 250kVA Hermetik Trafo	Adet	1.000	58.573.05	58.573.05
16	32.1-041	1kV, 3x150s mm ² NYY Kablo (yeraltına-toprak kanala ana kablo)	m	15.000	509.11	7.636.65
17	32.15-002	35kV, 1x50s/16 mm ² XLPE Kablo (beton kanala, direğe, duvara)	m	90.000	103.03	9.272.70
18	32.19-002	35kV, 1x50s/16 mm ² XLPE Kablo (aynı toprak kanala ilave döşenen)	m	170.000	92.77	15.770.90
19	32.25.1-002	35kV, 1x50s/16 mm ² YE3SV Harici Kablo Başlığı	Adet	3.000	3.039.15	9.117.45
					Ara Toplam	165377.45 ₺
					KDV Tutarı	29767.94 ₺
					Genel Toplam	195145.39 ₺

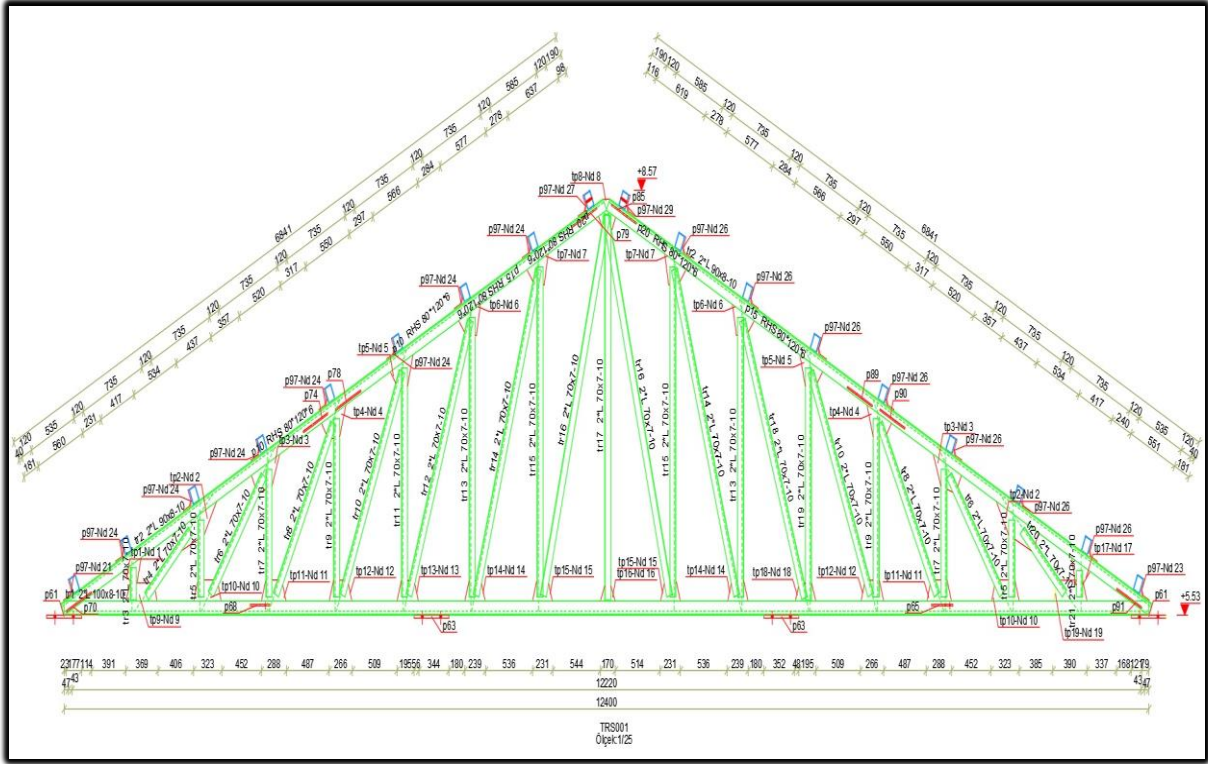
İnşaat Metrajı ve Keşifler

Yapı elemanlarının inşaat metrajları ve yaklaşık maliyeti buğday deposunun Şekil 14 - 15' te verilen depo projelerine göre hazırlanarak Çizelge 3' te verilmiştir.



Şekil 14. Buğday deposu genel görünüşü.

Figure 14. General view of the wheat warehouse.



Şekil 15. Depo çelik makas çizimi.

Figure 15. Warehouse steel truss drawing.

Çizelge 3. İnşaat yapı elemanları yaklaşık maliyeti.

Table 3. The approximate cost of construction elements.

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	15.153	Tuvenan kum, çakıl veya stabilize ile dolgu yapılması	m ³	48.601	22.98	1.116.85
2	15.540.1339	Isı yalıtım sistemleri ile kaplanmış yüzeylere, astar uygulanarak fotokatalitik özellikli boya yapılması (dış cephe)	m ²	493.102	55.25	27.243.89
3	18.233/5B	Mevcut ahşap, çelik, betonarme kiriş veya aşıklı çatı üzerinde 0.70 mm kalınlığında trapezoidal alüminyum levhalar (EN AW 1050A, Al 99.5) ile çatı örtüsü yapılması	m ²	656.270	219.79	144.241.58
4	A07	Silindirik traşlı dış kapı kilidinin yerine takılması	Adet	1.000	102.50	102.50
5	A08	Kapı kolu ve aynalarının yerine takılması (Kromajlı)	Adet	1.000	36.50	36.50
6	A10	Menteşenin yerine takılması	Adet	3.000	6.00	18.00
7	A12	Sürgünün yerine takılması (Düşey tespit takımı)	Adet	1.000	7.75	7.75
8	KGM/25.016/K	Demir İmalatın İki Kat Antipas, İki Kat Sentetik Boya ile Boyanması	m ²	35.000	70.31	2.460.85
9	Y.15.001/2B	Makine ile her derinlik ve her genişlikte yumuşak ve sert toprak kazılması (Derin kazı)	m ³	48.601	12.61	612.86
10	Y.16.050/15	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	350.910	571.46	200.531.03
11	Y.16.050/21	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 8/10 basınç dayanım sınıfında, beyaz renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	72.902	561.80	40.956.34
12	Y.16.050/22	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 12/15 basınç dayanım sınıfında, beyaz renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	48.602	574.30	27.912.13

Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II

13	Y.18.461/022	4.3 mm kalınlıkta plastomer esaslı (-10 soğukta bükülmeli) polyester keçe taşıyıcılı bir yüzü mineral kaplı polimer bitümlü örtü ile tek kat su yalıtımı yapılması	m ²	486.010	73.68	35.809.22
14	Y.19.055/006	8 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (XPS - 200 kPa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²	493.102	194.86	96.085.86
15	Y.19.058/002	4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün levhalar (XPS - 200 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (zemin yada arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması	m ²	486.010	46.79	22.740.41
16	Y.19.085/008	Çimento esaslı polimer modifiyeli iki bileşenli kullanıma hazır yalıtım harcı ile file takviyeli olarak, 3 kat halinde toplam 2 mm kalınlıkta su yalıtımı yapılması	m ²	486.010	52.68	25.603.01
17	Y.21.001/03	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	1.206.400	129.53	156.264.99
18	Y.23.014	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	7.162	13.678.13	97.962.77
19	Y.23.015	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	21.580	13.630.00	294.135.40
20	Y.23.081	Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması	Ton	31.366	20.505.73	643.182.73
21	Y.23.167	Çeşitli profil demiri ve sac levhalardan münferit imalat yapılması ve yerine konulması (su depoları ve benzeri)	kg	398.600	31.26	12.460.24
22	Y.27.562/011	İnorganik bağlayıcılı hazır (fabrikasyon) kaba/ince sıva harcı (TI, WI, CSI) ile iç veya dış yüzeylere 3 cm kalınlıkta sıva yapılması	m ²	986.204	137.69	135.790.43
Ara Toplam						1978197.28 ₺
KDV Tutarı						356075.51 ₺
Genel Toplam						2334272.79 ₺

SONUÇ

Bu çalışmada, buğday deposunda depolamanın kontrollü bir şekilde sürdürülebilmesi için mekanik havalandırma sistemi projelendirilmiştir. Sonuç olarak depo ortamında gerek depolanan ürünün solunumu gerekse de diğer faaliyetler sonucunda depo ortamında kirlenmiş havanın dışarı atılarak taze havanın içeri alınabilmesi 8 adet ve 250x100 mm kesitli havalandırma kanalı tasarlanmıştır. Taze havanın sağlanabilmesi için etkili fan gücü 1140 W olarak belirlenmiştir.

İdeal depolama ortam havasının sağlanması için toplam ısı ihtiyacı 73164,99 W olarak hesaplanmıştır. 38 °C' deki dış ortamdan alınan havayı depo için ideal duruma getirmede toplam soğutma ihtiyacı 105157.42 W olarak hesaplanmıştır. Bu koşullar sağlandığında depolama süresince daha kaliteli ve sağlıklı bir ürün piyasaya arz edilebilecektir.

Projelemesi yapılan buğday deposunun 2022 yılına ait birim fiyatlarına göre KDV dahil Mekanik sistem yaklaşık maliyeti 586052.90 ₺, Elektrik tesisatı yaklaşık maliyeti 195145.39 ₺, İnşaat yapı elemanları yaklaşık maliyeti 2334272.79 ₺ olmak üzere toplam yaklaşık maliyeti 3115471.08 ₺ olarak belirlenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Calderon, M. (1972). Aeration of grain — benefits and limitations. *EPPO Bull.*, 6, 83–94.
- Calderon, M. (1974). *The possible role of aeration in the control of stored product insects in warm climates*. In Proceedings of the International Working Conference on Stored Product Entomology, USA.
- Calderon, M. (1981). The ecosystem approach for apprehending the extent of postharvest grain losses. *Phytoparasitica*, 9, 157–167.

- Cao, Y., Li, G., Zhang, Z., Chen, L., Li, Y., & Zhang, T. (2010). *The specific heat of wheat*. 10th International Working Conference on Stored Product Protection, Germany.
- Cao, Y., Li, G., Zhang, Z., Chen, L., Li, Y., & Zhang, T. (2010). The specific heat of wheat. *Julius-Kühn-Archiv*, 425, 243.
- Driscoll, R. 1996. In-store drying and grain psychrometrics. In B. R. Champ, E. Highley & G. I. Johnson (Eds.), *Grain Drying in Asia*. Canberra, Australia.
- e-Hakediş. (2022). Yaklaşık Maliyet, Hakediş ve Kesin Hesap Programı. Oska Yazılım.
- Gençoğlan, S., Besen, D., & Gençoğlan, C. (2018). Osmaniye ilindeki tahıl depolarının mevcut durumu ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(5), 596-601. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i5.596-601.1831>
- Golob, P., Farrell, G., & Orchard, J. E. (Eds.). (2008). *Crop post-harvest: science and technology, Volume 1: Principles and practice*. John Wiley & Sons.
- Kibar, H. (2011). Tömbul fıındık depolanmasında tane özelliklerine bağılı olarak ansys programıyla optimum silo tasarımı.[Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Kibar, H., Maman, K., Gülbe, A., & Can, Ç. (2015). Iğdır iline uygun mısıır depolama yapısı ve havalandırma sistem tasarımı. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 37-46.
- Maman, K. 2019. Iğdır ilindeki bitkisel ürün depolarının mevcut durumu, geliştirme olanakları ve planlanması. [Yüksek Lisans tezi, Iğdır Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Montross, J. E., Montross, M. D., & Bakker-Arkema, F. W., 1999. Grain storage. In F. W. Bakker-Arkema, J. DeBaerdemaeker, P. Amirante, M. Ruiz-Altisent, & C. J. Studman (Eds.), *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume IV: Agro-Processing Engineering* (pp. 46-59). American Society of Agricultural Engineers.
- Moreira, R. G., & Bakker-Arkema, F. W. (1992). Grain dryer controls: A review. *Cereal Chemistry*, 69(4), 390-396.
- Navarro, S. and Calderon, M. (1982). *Aeration of grain in subtropical climates*. FAO Agricultural Services Bulletin.
- Navarro, S., & Noyes, R. T. (2001). *The mechanics and physics of modern grain aeration management*. CRC press.
- Öztürk, T. (2003). *Tarımsal yapılar*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı.
- Sinha, R. N., & Muir, W. E. (1973). *Grain storage: part of a system*. The Avi Publishing Company.
- Shuanglin, W., Shengbin, L., & Xiaojun, Z. (2006, October 15-18). *Test on cooling grains with intellectual ventilation system*. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored-Product Protection. Passo Fundo, RS, Brazil.
- Şişman, C. B. (2003). Tekirdağ yöresindeki ayçiçek depolarının durumu ve geliştirme olanakları. [Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- TS 2164. (1983). *Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 825. (2013). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tutar, B. (2010). Adana ili ve ilçelerindeki yatay betonarme hububat depo yapılarının mevcut durumu, geliştirme olanakları. planlanması ve lisanslı depoculuk. [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Van Wylen, G. J., & Sonntag, R. E. (1976). *Fundamentals of classical thermodynamics*. Wiley.
- Yılmaz, T., & Bulut, H. (1996). *Şanlıurfa ili için meteorolojik değerlerin günlük, yıllık değişiminin sürekli fonksiyonlarla ifadesi*. 4. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniğı Kongresi, Türkiye.

Kısaltmalar

A	.....	Yüzey alanı, m ²
A _{Top}	.....	Isı kaybı hesaplanan hacmi çevreleyen tüm yüzeylerin alanları toplamı, m ²
a	.....	Deponun genişliğı, m
a _s	.....	Hava sızdırma katsayısı, m ³ m ⁻¹ h ⁻¹
b	.....	Deponun boyu, m
C	.....	Ürünün yaydığı ısı miktarı, kcal t ⁻¹
C _p	.....	Havanın özgül ısı kapasitesi, kJ kg ⁻¹ K ⁻¹
D	.....	Deponun çapı

Dz	.....	Birim alan, zaman ve sıcaklık ısı değeri
E	.....	Bina durum kat sayısı için düzeltme çarpım faktörü
G	.....	Deponun kapasitesi, ton
H	.....	Depo yan duvar yüksekliği
H _d	.....	Bina durum katsayısı
h	.....	Ürün yığın yüksekliği
l	.....	Pencere veya kapının açılan kısmının çevre uzunluğu, m
K	.....	Kelvin
L _n	.....	Yapı bileşeninin kalınlığı, cm
M	.....	Ürün miktarı, ton
m _{hava}	.....	Isıtılacak hava miktarı, kg h ⁻¹
min	.....	Dakika
Q	.....	Depo maksimum ısı ihtiyacı, W
Q ₀	.....	Artırımsız iletimsel ısı kaybı, W
Q _h	.....	Toplam ısı kaybı, W
Q _i	.....	İletimsel ısı kaybı, W
Q _s	.....	Hava sızıntısı ısı kaybı, W
q	.....	Ürünün 24 saatte yaydığı ısı miktarı, kcal h ⁻¹
r	.....	Yarıçap, m
R _a	.....	Isı geçirgenlik direnci
R _d	.....	Depo durum katsayısı
T _d	.....	Dış sıcaklık, °C
T _i	.....	İç sıcaklık, °C
U	.....	Isı geçirgenlik katsayısı, W m ⁻² K ⁻¹
V	.....	Kanaldaki hava akım hızı
V _d	.....	Deponun hacmi, m ³
V _{hava}	.....	İhtiyaç duyulan havanın hacmi, m ³ h ⁻¹
Z _D	.....	Birleştirilmiş artırım katsayısı
Z _e	.....	Hava sızıntı oda durum katsayısı
Z _H	.....	Yön artırımı katsayısı
Z _w	.....	Kat artırımı katsayısı
ΔT	.....	Sıcaklık farkı, °C
α _d	.....	Dış yüzeyel ısı iletim katsayısı, W m ⁻² K ⁻¹
α _i	.....	İç yüzeyel ısı iletim katsayısı, W m ⁻² K ⁻¹
λ	.....	Isıl iletkenlik, W m ⁻¹ K ⁻¹
π	.....	Pi sabiti
ρ _{hava}	.....	Havanın özgül ağırlığı, kg m ⁻³
ω	.....	Pencere sızıntı aralığı uzunluğu katsayısı
°C	.....	Santigrad derece
1/U	.....	Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci, m ² K W ⁻¹
®	.....	Kayıtlı

EK

Isıtma ve Soğutma Sisteminin Çalışması İçin Yazılan Kodlar

Sistemin çalışması için arka planda çalışan bütün kodlar sistemde ilgili parametreler ile ilişkilendirilerek aşağıda açıklanmıştır.

- 1- OFF butonuna basıldığında sistemin açma kapama işlevi meydana gelmekte olup arka planda icra edilen kodlar aşağıda verilmiştir.

```

Private Sub OnOFF_Click()
If OnOFF = True Then
    OnOFF.Caption = "OFF"
    If [k18] = 0 Then Call Bekleme_Modu
    If [k18] = 1 Then Call Isıtma_Modu
    If [k18] = 2 Then Call Soğutma_Modu
Else
    OnOFF.Caption = "ON"

End If

End Sub

```

ISIT butonuna tıklandığında sistem manuel olarak ısıtılabilir. Bunun dışında ortam sıcaklığının sınır değerinin altına düşmesi durumunda otomasyon otomatik olarak bu butonu devreye alacaktır.

```

Private Sub ISITMA_Click()
If ISITMA = True Then
    SOĞUTMA = False
    ISITMA.Caption = "ISITMA DEVREDE"
    Call Isıtma_Modu
Else
    ISITMA.Caption = "ISIT"
    Range("K18").Value = 0

End If

End Sub

```

2- SOĞUT butonuna tıklandığında sistem manuel olarak soğutulabilir. Bunun dışında ortam sıcaklığının sınır değerinin üstüne çıkması durumunda otomasyon otomatik olarak bu butonu devreye alacaktır.

```

Private Sub SOĞUTMA_Click()
If SOĞUTMA = True Then
    ISITMA = False
    SOĞUTMA.Caption = "SOĞUTMA DEVREDE"
    Call Soğutma_Modu
Else
    SOĞUTMA.Caption = "SOĞUT"
    Range("K18").Value = 0

End If

End Sub

```

3- Panel ON/OFF butonlarına basıldığında 8 adet iklimlendirme paneli devreye girmekte olup arka planda icra edilen kodlar aşağıda sunulmuştur.

```

Private Sub T1_Click()
    If Range("k18") = 2 Then
        If T1.Value = True Then
            Call Fan1Soğuk
            Range("e15") = 1
        Else
            Call Fan1OFF
            Range("e15") = 0
            Range("x11") = ""
        End If
    ElseIf Range("k18") = 1 Then
        If T1.Value = True Then
            Call Fan1Sıcak
            Range("e15") = 1
        Else
            Call Fan1OFF
            Range("e15") = 0
            Range("x11") = ""
        End If
    ElseIf Range("k18") = 0 Then
        If T1.Value = True Then
            Range("e15") = 1
        Else
            Range("e15") = 0
        End If
    End If
End Sub

```

- 4- Sistem çalışma modlarında ihtiyaç duyulan ısı miktarına göre sistemde kullanılacak ısıtma ekipmanlarının etiket değerlerinden her bir modül için ısı hesabı yapılarak sisteme entegre edilmiştir. Her bir mod için gerekli ısı miktarı ısı hesaplarında belirtildiği gibi modüllere tanımlanmıştır. İlgili modlar için arka planda icra edilecek kod blokları sırasıyla aşağıda sunulmuştur.
- Sistem bekleme durumuna geldiğinde ortamın *Yaz* veya *Kış* olma durumuna göre sıcaklık değişimi artıp veya azalacağından bekleme durumunda aşağıdaki kod bloğu icra edilecektir.

```

Sub BeklemeDurumu()
    Start = Timer

    ISITMA = False
    SOĞUTMA = False

    t = [n16].Value

    Do
        DoEvents
        Finish = Timer
        i = [AL20].Value      'Açık Anahtar Sayısı
        l = [k18].Value      'Bekleme Modunda

        If l = 0 Then
            If Yaz.Value = True Then
                [p15] = Format(t + 0.01 * (Finish - Start), 0)
                If Range("n16").Value = 15 Then Call Soğutma_Modu
            Else
                [p15] = Format(t - 0.01 * (Finish - Start), 0)
                If Range("n16").Value = 3 Then Call Isitma_Modu
            End If
        End If
        If OnOFF = False Then Exit Sub
    Loop While Finish - Start <= 500

End Sub

```

- 5- Sistem kış modunda olduğunda bekleme modunda (tüm fanlar kapalı) ortam sıcaklığı kendiliğinden düşeceği için sıcaklık belirtilen sınır değer (3 °C) altına düştüğü zaman *Isıtma Modu* devreye girerek aktif olan fanlar sıcak hava üfleyecek ve ortam sıcaklığını

5 °C' ye kadar yükseltecektir. Sıcaklık 5 °C' ye ulaştığında *Bekleme Modu* devreye girecek ve tüm fanlar devre dışı bırakılacaktır. Bu döngü tekrar tekrar devam edeceği için ortam sıcaklığı 3 °C ile 5 °C arasında tutulacaktır.

```
Sub Isıtma_Modu()

    Range("E18:J18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-6]C[34]"
    Range("E19").Select
    Range("E18:J18").Select
    With Selection.Font
        .Color = -16776961
        .TintAndShade = 0
    End With
    Range("K18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "1"
    Range("A2").Select

    If Range("AJ11").Value = 1 Then Call Fan1Sıcak
    If Range("AJ12").Value = 1 Then Call Fan2Sıcak
    If Range("AJ13").Value = 1 Then Call Fan3Sıcak
    If Range("AJ14").Value = 1 Then Call Fan4Sıcak
    If Range("AJ15").Value = 1 Then Call Fan5Sıcak
    If Range("AJ16").Value = 1 Then Call Fan6Sıcak
    If Range("AJ17").Value = 1 Then Call Fan7Sıcak
    If Range("AJ18").Value = 1 Then Call Fan8Sıcak

    ISITMA.Value = True
    Call IsıtmaDurumu

End Sub
```

6- *Isıtma Modu* icra edildiğinde ilgili fanlar devreye girerek arka planda aşağıdaki kod blokları icra edilecektir.

```
Sub IsıtmaDurumu()
    Start = Timer

    t = [n16].Value

    Do
    DoEvents
    Finish = Timer
    i = [AL20].Value      'Açık Anahtar Sayısı
    l = [k18].Value      'Bekleme Modunda

    If l = 1 Then
        If i = 0 Then
            [p15] = Format(t + 0.1 * (Finish - Start), 0)
        Else
            [p15] = Format(t + 0.1 * 4 * (Finish - Start), 0)
        End If
    End If

    If Range("n16").Value > 15 Then ISITMA.Value = False:
    SOĞUTMA.Value = True: Call Soğutma_Modu

    If OnOFF = True Then
        If Range("n16").Value = 5 Then Call Bekleme_Modu
    End If

    If OnOFF = False Then Exit Sub
    Loop While Finish - Start <= 500

End Sub
```

7- Sistem yaz modunda olduğunda bekleme modunda (tüm fanlar kapalı) ortam sıcaklığı kendiliğinden yükseleceği için sıcaklık belirtilen sınır değer (15 °C) üzerine çıktığı zaman *Soğutma Modu* devreye girerek aktif olan fanlar soğuk hava üfleyecek ve ortam sıcaklığını 5 °C' ye kadar düşürecektir. Sıcaklık 5 °C' ye ulaştığında *Bekleme Modu*

devreye girecek ve tüm fanlar devre dışı bırakılacaktır. Bu döngü tekrar tekrar devam edeceği için ortam sıcaklığı 5 °C ile 15 °C arasında tutulacaktır.

```
Sub Soğutma_Modu()

    Range("E18:J18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-5]C[34]"
    Range("E18:J18").Select
    With Selection.Font
        .Color = -4165632
        .TintAndShade = 0
    End With
    Range("K18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "2"
    Range("A2").Select

    If Range("AJ11").Value = 1 Then Call Fan1Soğuk
    If Range("AJ12").Value = 1 Then Call Fan2Soğuk
    If Range("AJ13").Value = 1 Then Call Fan3Soğuk
    If Range("AJ14").Value = 1 Then Call Fan4Soğuk
    If Range("AJ15").Value = 1 Then Call Fan5Soğuk
    If Range("AJ16").Value = 1 Then Call Fan6Soğuk
    If Range("AJ17").Value = 1 Then Call Fan7Soğuk
    If Range("AJ18").Value = 1 Then Call Fan8Soğuk

    SOĞUTMA.Value = True
    Call SoğutmaDurumu

End Sub
```

- 8- *Soğutma Modu* icra edildiğinde ilgili fanlar devreye girerek arka planda aşağıdaki kod blokları icra edilecektir.

```
Sub SoğutmaDurumu()
    Start = Timer

    t = [n16].Value

    Do
    DoEvents
    Finish = Timer
    i = [AL20].Value      'Açık Anahtar Sayısı
    l = [k18].Value      'Bekleme Modunda

    If l = 2 Then
        If i = 0 Then
            [p15] = Format(t - 0.1 * (Finish - Start), 0)
        Else
            [p15] = Format(t - 0.1 * 4 * (Finish - Start), 0)
        End If
    End If

    If Range("n16").Value < 0 Then SOĞUTMA.Value = False:
    ISITMA.Value = True: Isıtma_Modu

    If OnOFF = True Then
    If Range("n16").Value = 5 Then Call Bekleme_Modu
    End If

    If OnOFF = False Then Exit Sub
    Loop While Finnish - Start <= 500

End Sub
```