



## Iğdır İline Uygun Mısır Depolama Yapısı ve Havalandırma Sistem Tasarımı

Hakan KİBAR<sup>1\*</sup> Kürşat MAMAN<sup>2</sup> Alper GÜLBE<sup>3</sup> Çağlar CAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu

<sup>2</sup>Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Iğdır

<sup>3</sup>Iğdır Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Iğdır

\*: e-mail: hakan.kibar@ibu.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 21.05.2014

Kabul tarihi (Accepted): 19.09.2014

Online Baskı tarihi (Printed Online): 21.01.2015

Yazılı baskı tarihi (Printed): 20.03.2015

**Özet:** Hasatı yapılan mısır optimum koşullarda depolanmadığı durumlarda üründeki kalite kayıpları artmaktadır. Bu nedenle mısır depolamasında, hasat sonrası besin içeriğinin korunarak, depolama süresince kalitesinin bozulmadan muhafaza edilebilmesi tekniğine uygun tasarlanmış depolama yapıları ile mümkündür. Iğdır ili'nde artan mısır üretimine karşılık, yeterli depolama yapılarının bulunmaması nedeniyle modern ve büyük depolara olan önem artmıştır. Duvar kalınlığının belirlenmesinde, alçak depo tasarım kriterlerine göre yanıl proje basınç hesabı yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında Iğdır ilinde yetiştirilen mısırın kalitesini uzun süre muhafaza edebilmesi amacıyla betonarme yatay bir depolama yapısının tasarım kriterleri örnek bir proje ile ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda depo duvar kalınlığı 77 cm ve ürünün havalandırması için 1000 W fan gücü belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Iğdır, mısır, depolama, havalandırma

### Design of Corn Storage Structure and Ventilation System for Iğdır Province

**Abstract:** The quality losses in the product increase when corn harvested not stored in optimum conditions. Therefore, conservation of corn without the quality deterioration and conserving the postharvest nutrient content during storage period in storage of corn is possible with storage structures designed with proper techniques. Because there are no adequate storage structures in response to increased corn production in Iğdır province the importance of modern and large stores has been increased. The calculation of lateral project pressure according to low store design criteria in determining of the wall thickness has been made. In this study, design criteria of a reinforced concrete horizontal storage structure has been demonstrated with a sample project in order to maintain for a long time the quality of corn grown in Iğdır province. As a result, the store wall thickness of 77 cm and 1000 W fan power for ventilation of product was determined.

**Key Words:** Iğdır, corn, storage, ventilation

#### 1. Giriş

Tarımsal ürünlerin üretilmesi, insanların yaşamı ve ülke ekonomisi yönünden ne kadar önemli ise, tüketilinceye kadar muhafaza edilmesi de o kadar önemlidir (Karaman ve ark. 2009). Çünkü üretilen ürünleri muhafaza edemeyip, tümü tüketiciye ulaştırılamıyorsa, üretimi artırma çabaları büyük bir anlam taşımaz. Bundan dolayı ürettiğimiz kadar, ürettiğimizi ne ölçüde muhafaza edebildiğimiz ve sağlıklı bir gıda olarak

tüketiciye ulaştırdığımız da önemlidir (Kibar ve Öztürk, 2009). Buna bağlı olarak uzun süreli muhafaza için depolamanın önemi ortaya çıkmaktadır. Depolama, ihtiyaç fazlası çeşitli ürün, mamul maddenin çeşitli amaçlarla değerlendirilinceye kadar, bir plan dahilinde farklı tip depolama yapılarında çeşitli şekillerde stoklanmasıdır.

Mısır çeşitli şekillerde insan gıdası, hayvan yemi ve endüstri hammaddesi olarak kullanılan

bir tahıldır. Bundan dolayı depolandığı zaman mümkün olduğunca fiziksel ve kimyasal deformasyona uğramaması için mısır depoları teknik şartlara uygun olarak tasarlanmalıdır (Tutar, 2010).

Mısır taneleri depolandıktan sonra içerisindeki düşük nem (%10) nedeniyle kalitelerini yavaş yavaş da olsa kaybederler. Ancak depolanan ürünü pazara verme süresi uzadığında, bu kaybın boyutu önem kazanmaktadır. Bu kayıpları en aza indirmek için uygun depolama sistemlerinin planlanması gerekmektedir. Uygun depolama sistemlerinin planlanmasında deponun yeri, tipi, büyüklüğü ve depo giderleri etkilidir (Karaçalı, 2009).

Ülkemizde mısır taneli ürünü için uygun depolama şekilleri, depolamanın yapıldığı yörenin iklim koşullarına bağlı olarak açıkta ve kapalı depolama olarak yapılabilmektedir. Açıkta depolama şekilleri muşambalı yığınlar, açıkta çuvallı istif, çuvallı havuz, saman ve toprak örtülü yığınlar, polietilen örtülü yığınlar ve maydüler'dir. Kapalı depolama şekilleri ise düşey depolarda (silo) dökme olarak ve yatay depolarda dökme veya çuvallı olarak yapılabilmektedir.

Iğdır ilinde, mısır üretimi fazla olduğu için (TÜİK, 2014), üretilen mısırın depolanma ihtiyacı meydana gelmektedir. Iğdır ilinde depolama sistemi olarak galvanize çelikten yapılmış silolar ve yatay depolar bulunmaktadır. Iğdır ilinde hasat edilen tahılların depolanması amacıyla kamuya ait 9150 ton kapasiteli çelik silo ve 2000 ton kapasiteli yatay betonarme depolama sistemleri ile özel sektöre ait düşük kapasiteli ve yeterli donanımına sahip olmayan depolama sistemleri bulunmaktadır. Ancak ildeki silolar ve yatay depolarda ürün kalitesinin azalmasına yol açacak yapısal ve teknik problemler bulunmaktadır. Bu problemlerin en önemlileri etkin ve yeterli bir havalandırma sisteminin olmaması ve yapı konstrüksiyonuyla ilgili sorunlar nedeniyle depo iç ortam koşullarının tam olarak sağlanamamasıdır.

Bu çalışmanın amacı; 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 teknik verilere uygun şekilde planlanması ve havalandırma sisteminin tasarlanması olup, yatay deponun lisanslı depo yönetmeliğine (Anonim, 2005) uygun şekilde planlanarak yapılmasının sağlanmasıdır. Mevcut durumda Iğdır ilinde bulunan depolar teknik olarak eksiklikler içermesi nedeniyle çiftçilerin, kooperatiflerin, tüccarların ve TMO'nin ürünlerini sağlıklı şekilde koruyamamasına ve kalitesinin düşmesine neden olmakta ve ürünler rahat işlenememektedir.

## 2. Mısır Depolamasında Etkili Çevresel

### Koşullar

Mısır hasattan tüketilinceye kadar bekleme ve depolama esnasında kalite kayıplarının en düşük düzeyde tutulması gereken bir taneli ürün olup kalite kayıplarının en düşük düzeyde tutulabilmesi depolamada optimum koşullarının sağlanması ile mümkündür. Mısır taneli ürününe ilişkin depo iç ortam sıcaklığı ve bağıl nem içeriklerine bağlı olarak denge nem içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Wilcke ve ark. 2004). Depo ortamında kalite kayıplarına küf, böcek aktivitesi, mısır tanesindeki ilaç kalıntıları, tane nem içeriği, depo iç ortamının sıcaklık ve bağıl nem düzeyleri etkili olmaktadır. Depolanacak mısırdaki depolama başlangıcında yabancı madde miktarı fazla ve tane nemi %15 düzeyinden fazla ise üründe küf ve böcek aktivitesi nedeniyle bozulma ve kalite kayıpları hızlı bir artış gösterebilir. Bu nedenle mısır depolanmadan önce tane nemi %15'in üzerinde ise mutlaka kurutma yapılarak tane nem içeriğinin %15'in altına düşürülmesi gerekir. Kurutma işlemi sonrasında mısır soğutulmalı ve nem durumu kontrol edildikten sonra depolanmaya başlanmalıdır. Depolama süresince, depolanan mısırdaki farklı katmanlarda belirli aralıklarla sıcaklık ve nem kontrolü yapılmalıdır (McNeill ve Montross, 2001).

**Çizelge 1.** Depo iç ortam sıcaklık ve nem içeriğine bağlı mısır denge nem içerikleri**Table 1.** The equilibrium moisture contents of corn depending on temperature and moisture content inside store

Sıcaklık (°C )	Bağıl Nem (%)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Denge Nem İçeriği (%)									
2	7.9	9.6	11.0	12.3	13.5	14.8	16.3	18.2	20.8
4	7.4	9.2	10.6	11.9	13.1	14.5	16.0	17.9	20.5
7	7.1	8.8	10.2	11.5	12.8	14.1	15.7	17.6	20.5
10	6.7	8.5	9.9	11.2	12.5	13.8	15.4	17.3	20.2
13	6.3	8.2	9.6	10.9	12.2	13.5	15.1	17.0	20.0
16	6.0	7.9	9.3	10.6	11.9	13.3	14.8	16.8	19.7
18	5.7	7.6	9.0	10.3	11.6	13.0	14.6	16.5	19.5
21	5.4	7.3	8.7	10.0	11.4	12.7	14.3	16.3	19.3
24	5.1	7.0	8.5	9.8	11.1	12.5	14.1	16.1	19.1
27	4.6	6.7	8.2	9.6	10.9	12.3	13.9	15.9	18.9
29	4.6	6.5	8.0	9.3	10.7	12.1	13.7	15.7	18.7
32	4.4	6.3	7.7	9.1	10.4	11.9	13.5	15.5	18.5
35	4.1	6.0	7.5	8.9	10.2	11.7	13.3	15.3	18.4
38	3.9	5.8	7.3	8.7	10.0	11.5	13.1	15.1	18.2

Mısırın depolanmasında böcek ve küf gelişiminin önüne geçmek için depo iç ortamının sıcaklığı 10-12 °C ve bağıl nemi %65 düzeyinde tutulmalıdır (McNeill ve Montross, 2001).

Uzun süreli depolamada (12 ay ve üzeri), depo ortamına ürün tarafından yayılan nem, kirlenmiş hava, zararlı gazlar, toz ve patojenlerin dışarı atılması, ayrıca depo ortamına taze havanın alınabilmesi için mutlaka havalandırma yapılmalıdır. Ticari olarak tasarlanan depolama sistemlerinde uzun süreli depolama yapılacağı için mekanik havalandırma sistemleri tekniğine uygun olarak tasarlanmalıdır. İyi bir mekanik havalandırma sistemi ile ürünün durumu düzeltilebilir, ürünün ihtiyaç duyduğu depo iç ortam çevresel koşulları sağlanabilir ve böcek aktivitesi ile küf azaltılabilir.

### 3. Iğdır İlinde Mısır Üretimi

Türkiye’de tane mısırın ekim alanları çok fazla bir artış göstermemesine karşın, mısır üretiminin giderek arttığı belirlenmiştir. Türkiye’de 2013 yılı itibariyle tane mısır ekim alanı 659.998 hektar ve üretimi 5.900.000 ton’dur (TÜİK, 2014).

Kuzeydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Iğdır ilinde tane mısır üretimi özellikle 2011 yılından sonra çok hızlı bir artış göstermiştir. 2009 yılında tane mısır üretimi 197 ton iken 2010 yılında 1353

ton, 2011 yılında 10229 ton, 2012 yılında 24670 tona ulaşmıştır. 2013 yılında 27538 dekar ekilen alan ve 22608 ton’luk tane mısır üretimi ile Kuzeydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan iller içerisinde Iğdır ili ilk sırada yer almaktadır (TÜİK, 2014). Artan bu hızlı üretime karşılık Iğdır ilinde yeterli depolama alanları mevcut olmadığından (TMO’ne ait 7 adet çelik silo ve özel sektöre ait 3 adet yatay betonarme depo ve 5 adet çelik silo) üretilen mısır diğer illere sevk edilmektedir.

### 4. 1000 ton Kapasiteli Mısır Depolama Yapısı ve Havalandırma Sistem Tasarımı

Iğdır ilinde üretilen tane mısırın depolanması amacıyla deponun hem ticari hemde lisanslı depolarda güvenli şekilde muhafaza edilmesi, çevre koşulları denetimli, yükleme-boşaltma olanakları gelişmiş 1000 ton kapasiteye sahip yatay betonarme depolama sistemi olarak tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Wilcke ve ark. 2004 ve McNeill ve Montross (2001)’e göre tasarımda optimum depolama koşulları dikkate alınarak depo iç ortam sıcaklığı 10 °C ve bağıl nemi %65 (Çizelge 1), dış ortam sıcaklığı ise yöre için uzun yıllık iklim verilerine göre en sıcak ay olan Temmuz ayına göre aylık ortalama sıcaklık 30 °C olarak kabul edilmiştir (Anonim, 2014).

Depolamada ürün yığın halinde depolandığı kabulü yapıldığından ürünün neden olduğu yanal basıncı karşılaması açısından depo duvarı betonarme olarak düşünülmüştür. Depolama yapısında, ürünün uyguladığı basınç nedeniyle tabanda çökmenin meydana gelmemesi için radye temel kullanılmıştır. Isı ve su yalıtımı betona ve demire zarar veren suyun, ısının ve nemin depo ile temas etmesini engellediğinden dolayı zarar vermesini de engellemektedir. Bu nedenle ısı ve su yalıtımı yapılmış olan yapıların daha uzun ömürlü olduğu görülmektedir. Isı ve su yalıtımı yapıldığında deponun ekonomik ömründe uzamaktadır (Tutar, 2010). Bundan dolayı mısır depolama tasarımında çelik konstrüksiyonlu çatı ve betonarme depo tabanında gerekli yalıtımlar yapılmıştır. Depolama yapısında radye temel kullanıldığından beton malzemenin fazla kullanımını önlemek ve yapı yükünün daha iyi yayılmasını sağlamak için depo temelinde 20 cm ampattan genişliği bırakılmıştır.

#### 4.1. Depolama Yapısının Tasarımı

##### 4.1.1. Depo boyutsal özellikleri

Mısır taneli ürününün birim hacim ağırlığı 600-800 kg m<sup>-3</sup> (Öztürk ve Esen, 2013) arasında değiştiğinden, projelirmede 750 kg m<sup>-3</sup> alınmıştır. 1000 ton depolama kapasiteli mısır deposunun hacmi;

$$V_d = \frac{G}{\gamma} = \frac{1000 \times 10^3}{750} = 1334 \text{ m}^3$$

Projelirmede yığın yüksekliği h=4 m ve depo genişliği 12 m olarak kabul edildiğinde depo uzunluğu 28 m olarak hesaplanmıştır.

##### 4.1.2. Projelendirme yükleri

Dikdörtgen kesitli mısır depolama yapısı için depo hidrolik yarıçapı (Öztürk ve Kibar, 2005);

$$R = \frac{axb}{2(a+b)} = \frac{28 \times 12}{2(28+12)} = 4.2 \text{ m}$$

Tasarlanan mısır depolama yapısı için, h<R olduğundan alçak depo tasarım kriterlerine göre yanal proje basınç hesabı yapılmıştır (Öztürk, 2003; ASAE, 2012).

Yanal proje basıncının hesaplanmasında mısır taneli ürünü için içsel sürtünme açısı 30° (Öztürk ve Esen, 2013) ve birim hacim ağırlığı 750 kg m<sup>-3</sup> alındığında depolanan ürün tarafından depo duvarına uygulanan yanal proje basıncı (Öztürk, 2003; ASAE, 2012);

$$L_p = \frac{1}{2} \gamma x h^2 x \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$L_p = \frac{1}{2} x 750 x 4^2 x \tan^2 \left( 45 - \frac{30}{2} \right)$$

$$= 2000 \text{ kg m}^{-1} = 2 \text{ t m}^{-1}$$

Tasarımda depo duvarının birim ağırlığı 2.4 t m<sup>-3</sup> olarak kabul edilmiştir (Ekmekyapar, 1997). Şekil 1'de depo duvar kesiti verilen mısır depolama yapısına ürün tarafından uygulanan yanal proje basıncını karşılayabilecek duvar kalınlığı;

$$G_s = \frac{\sum M_{de}}{\sum M_d}$$

$$\sum M_{de} = L_p x \frac{h}{3} = 2 x \frac{4}{3} = 2.667 \text{ t m}^{-1}$$

$$\sum M_d = W_{betonarme} x \frac{d}{2} =$$

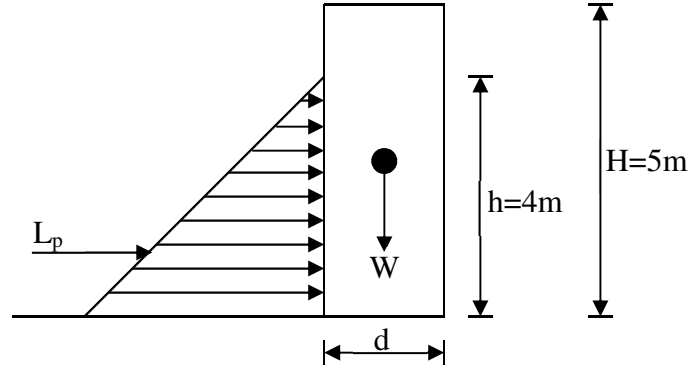
$$W_{betonarme} = \gamma x H x d = 2.4 x 5 x \frac{d}{2} = 6d \text{ t m}^{-2}$$

$$\sum M_d = W_{betonarme} x \frac{d}{2} = 6xd x \frac{d}{2} = 3d^2 \text{ t m}^{-2}$$

Tasarımda güvenlik sayısı (G<sub>s</sub>) 1.5 (Öztürk, 2003) olarak alındığında mısır depolama yapısının duvar kalınlığı;

$$G_s = \frac{\sum M_{de}}{\sum M_d} \Rightarrow 1.5 = \frac{2.667}{3d^2} \Rightarrow d = 0.769 \text{ m}$$

$$\approx 77 \text{ cm olarak hesaplanır.}$$



**Şekil 1.** Betonarme depo duvarına uygulanan serbest basınç kesiti  
**Figure 1.** The section of release pressure applied to reinforced concrete store wall

#### 4.2. Mekanik Havalandırma Sistem Tasarımı

Depolama yapısında mekanik havalandırma sisteminin tasarımı Navarro ve Noyes (2002) göre yapılmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Havalandırma kanal sayısı (HKS)} \\ &= \frac{\text{Depo genişliği (m)}}{\text{Yığın yüksekliği (m)}} = \frac{12}{4} \\ &= 3 \text{ kanal} \end{aligned}$$

Havalandırma kanalları arası mesafe (HKAM)

$$= \frac{\text{Depo genişliği (m)}}{\text{HKS}} = \frac{12}{3} = 4 \text{ m}$$

Kenar duvardan kanal duvarına mesafe

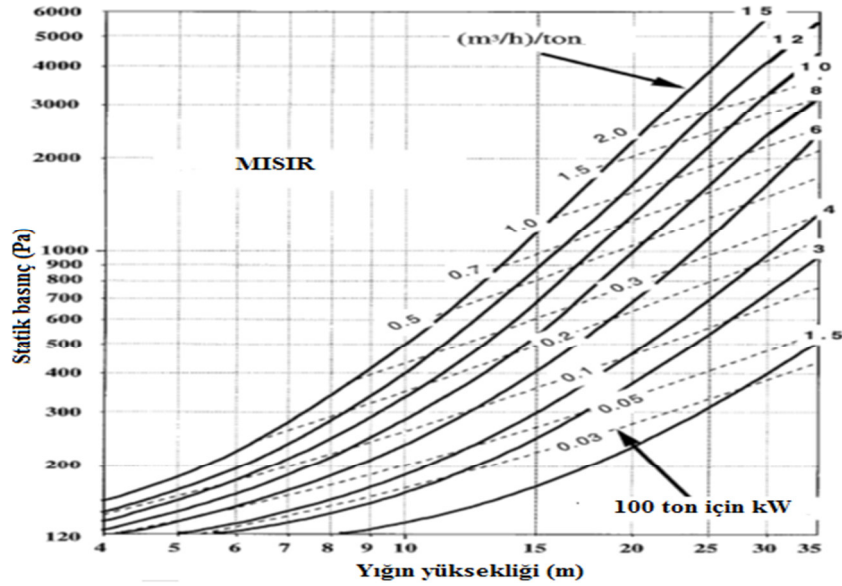
$$= \frac{\text{HKAM}}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}$$

#### 4.2.1. Hava akımı oranı

Tahıl depolama sistemlerinde yatay depolar için 6-12 ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ )  $\text{ton}^{-1}$ luk hava akımı önerilmektedir. Bu değerlerden daha yüksek hava akım oranları, tahılı daha hızlı soğutması ve ekonomik olmaması nedeniyle önerilmemektedir (Navarro ve Noyes, 2002).

#### 4.2.2. Statik basınç gereksinimi

Navarro ve Noyes (2002)'e göre 6-12 ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ )  $\text{ton}^{-1}$  hava akım oranı ve 4 m yığın yüksekliği için fan statik basıncı 120-150 Pa'dır (Şekil 2).



**Şekil 2.** Farklı hava akımı oranlarında mısır için statik basınç değerleri  
**Figure 2.** The static pressure values for corn at different air flow rates

#### 4.2.3. Kanal hava hızı

Kanallardaki sürtünme kaybını en aza indirmek için kanalın çapıyla hava hızı arasında bir ilişki sağlanmalıdır. Havalandırma kanalında en yüksek hız  $600 \text{ m dak}^{-1}$  veya altında olmalıdır (Navarro ve Noyes, 2002).

#### 4.2.4. Hava giriş ve çıkışı

Yatay depolarda çıkış fanları saatte 6-8 kez ( $6-8 \text{ l h}^{-1}$ ) hava değişimine uygun olmalıdır (Navarro ve Noyes, 2002).

*Yığının üst seviyesi ile çatı arasında kalan hacim*

$$\begin{aligned} &= axbx(H - h) + bx \frac{axh_{\text{çatı}}}{2} \\ &= 12x28x1 + 28x \frac{12x2.5}{2} = 336 + 420 \\ &= 756 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Mısır depolama yapısında  $756x6=4536 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  ve  $756x8=6048 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  ( $75.6 - 100.8 \text{ m}^3 \text{ dak}^{-1}$ ) havayı dağıtabilen ön ve arka duvarlarda emici (çıkış) fanlar kullanılmalıdır. Bunlar içinde  $0.3-0.4 \text{ m}^2$  giriş açıklığı alanı kullanılmalıdır (Navarro ve Noyes, 2002).

#### 4.2.5. Kanal kesit alanı

$6 \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}) \text{ ton}^{-1}$  için; İhtiyaç duyulan toplam hava akımı =  $1000 \text{ ton} \times 6 = 6.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} = 100 \text{ m}^3 \text{ dak}^{-1}$

$12 \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}) \text{ ton}^{-1}$  için; İhtiyaç duyulan toplam hava akımı =  $1000 \text{ ton} \times 12 = 12.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} = 200 \text{ m}^3 \text{ dak}^{-1}$

Ortalama ihtiyaç duyulan toplam hava akımı =  $150 \text{ m}^3 \text{ dak}^{-1}$

Depolama yapısında 3 tane havalandırma kanalı kullanılacağından kanal başına  $150/3=50 \text{ m}^3 \text{ dak}^{-1}$  hava akımı düşmektedir. Depo uzunluğu  $24 \text{ m}$ 'yi aştığı için kanalların her ucunda fan olacağından yarısı  $50/2=25 \text{ m}^3 \text{ dak}^{-1}$  her bir fanın karşılaması gereken hava akımıdır.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{25}{600} = 0.0417 \text{ m}^2 = 417 \text{ cm}^2$$

Yarım daire kanallar kullanıldığı varsayılırsa, tam dairenin alanı  $417 \times 2 = 834 \text{ cm}^2$  olmaktadır.

Dairenin alanı  $A = \frac{\pi D^2}{4}$  olduğundan

$$D = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{834}{3.1416}} = 32.3 \text{ cm} \text{ olarak bulunur.}$$

Hesaplanan çap değerine, ticari olarak üretilen yakın standart çaplar  $315$  veya  $355 \text{ mm}$  olduğundan  $355 \text{ mm}$  çaplı havalandırma kanalı seçilmiştir.

#### 4.2.6. Fan gücü

Şekil 2'den mısır ürünü için  $6 \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}) \text{ ton}^{-1}$  hava akım oranı ve  $4 \text{ m}$  yığın yüksekliği için  $100$  ton başına  $0.05 \text{ kW}$  fan gücü hesaplanır. Bu durumda  $1000 \text{ ton}$  için  $0.5 \text{ kW}$  veya  $500 \text{ W}$ 'lık fan gücü belirlenmiştir.

Şekil 2'den mısır ürünü için  $12 \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}) \text{ ton}^{-1}$  hava akım oranı ve  $4 \text{ m}$  yığın yüksekliği için  $100$  ton başına  $0.1 \text{ kW}$  fan gücü hesaplanır. Bu durumda  $1000 \text{ ton}$  için  $1 \text{ kW}$  veya  $1000 \text{ W}$ 'lık fan gücü belirlenmiştir.

Seçilecek fanların toplam gücü  $500-1000 \text{ W}$  arasında olmalıdır.

Yığının üst seviyesi ile çatı arasında kalan hacimdeki havayı dışarı atmak için gerekli fan gücü;

$$\text{Hava hacmi} = 4536 - 6048 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \approx 1.3-1.7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Statik basınç} = 120 - 150 \text{ Pa}$$

$$\text{Fan Statik etkinliği} = 0.5 \text{ olduğunda,}$$

$$\begin{aligned} \text{Fan gücü (W)} &= \frac{\text{Hava Hacmi} \times \text{Basınç}}{\text{Fan statik etkinliği}} \\ &= \frac{1.7 \times 150}{0.5} = 510 \text{ W} \end{aligned}$$

#### 4.2.7. Hava dağıtım sistemi

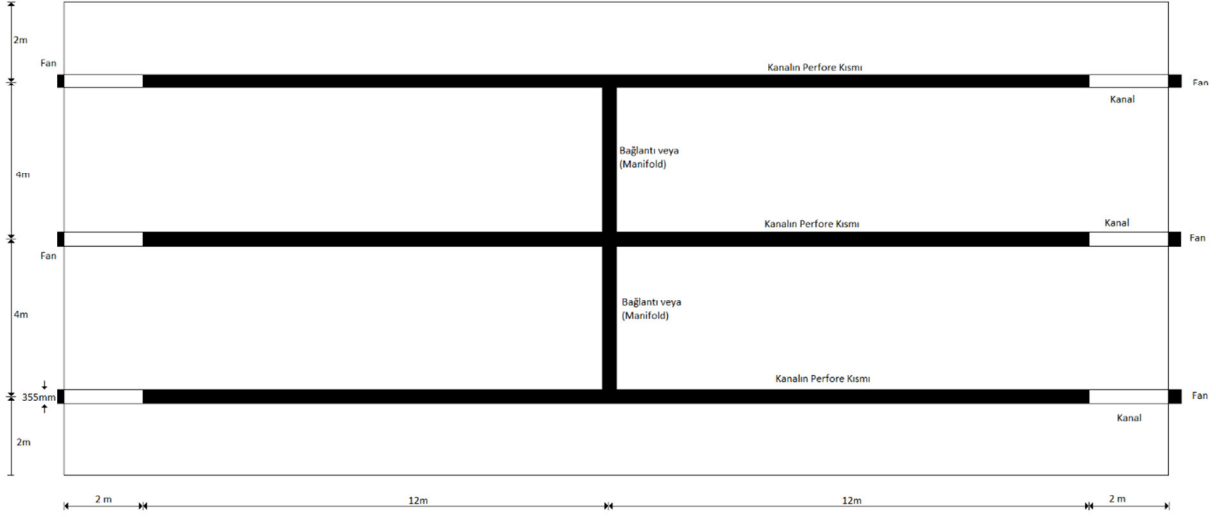
En uzun hava akım yolu boyunun en kısa hava akım yolu uzunluğuna oranı  $1.5:1$  ( $3/2$ ) olmalıdır (Navarro ve Noyes, 2002).

Hava akım yolu uzunluğu oranının  $1.5:1$  ( $3/2$ ) olduğu tasarım aşamasında kontrol edilmelidir. 1. havalandırma kanalında en uzun yol;  $2 \text{ m} - 0.18 \text{ m}$  (kanal genişliğinin yarısı) +  $4 \text{ m}$  yığın yüksekliği =  $5.82 \text{ m}$ , tahıl yüzeyine en kısa mesafe  $4 \text{ m} - 0.18 \text{ m} = 3.82 \text{ m}$ , hava akım yolu uzunluğu oranı  $5.82/3.82 = 1.52 \approx 1.5$  tasarım uygunluğunu karşılamaktadır.

Uzunlamasına, duvar ucundan  $2 \text{ m}$ 'den başlayan depo yan duvarından  $2 \text{ m}$ 'ye yerleştirilen 1. kanalın merkez hattından delikli metal kanallar

kullanılır. Daha sonra 2 ve 3. havalandırma kanalları, 3. kanalın merkez hattından uzak kenar duvarla 2 m bırakarak, merkez hattından depo

genişliği boyunca 4 m aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Havalandırma sistem detayı

**Figure 4.** The ventilation system detail

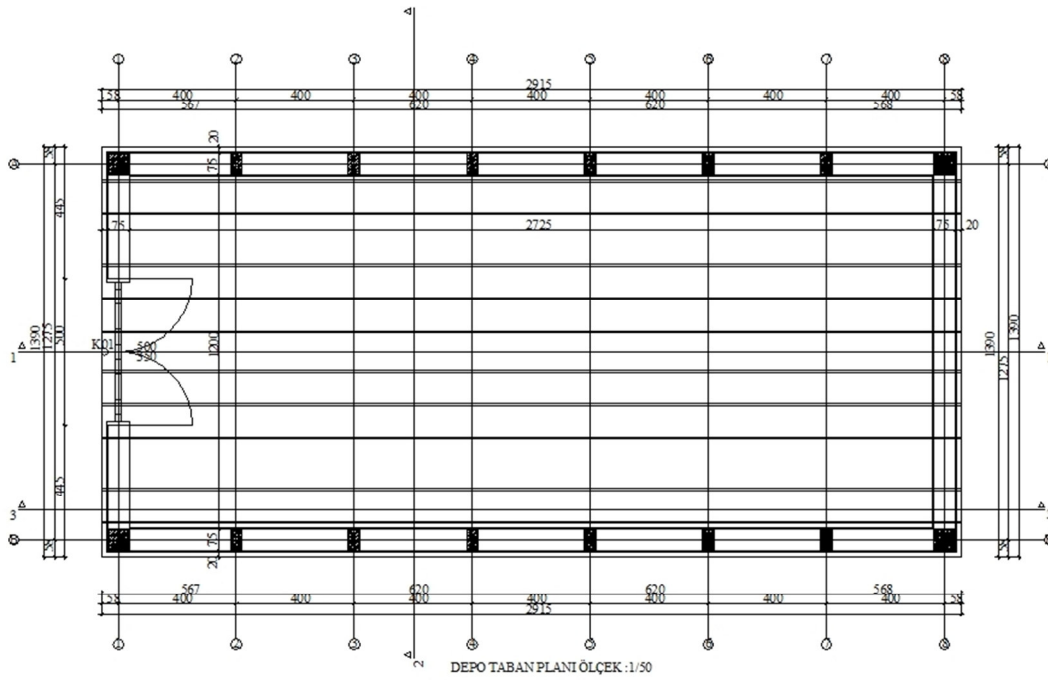
#### 4. Sonuç

Türkiye genelinde depolama yapılarındaki havalandırma ve konstrüksiyona yönelik temel sorunlar Iğdır ilindeki silo ve yatay depolama sistemlerinde de mevcuttur. Tane mısının sağlıklı depolanabilmesi ve kalite kayıplarının en aza indirilebilmesi amacıyla tekniğine uygun olarak tasarlanan 1000 ton depolama kapasitesine sahip deponun plan kesitleri Şekil 5-9' da verilmiştir. Yapılan tasarım sonucunda betonarme duvar için emniyetli kalınlık 77 cm, 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 gücü hesaplanmıştır. Tekniğine uygun olarak tasarlanan bu depolama yapısında depo iç ortam etmenlerinden çevresel koşullardaha kolay bir şekilde kontrol altına alınabilecek ve Iğdır ilinde depolama yapılarının sayıları

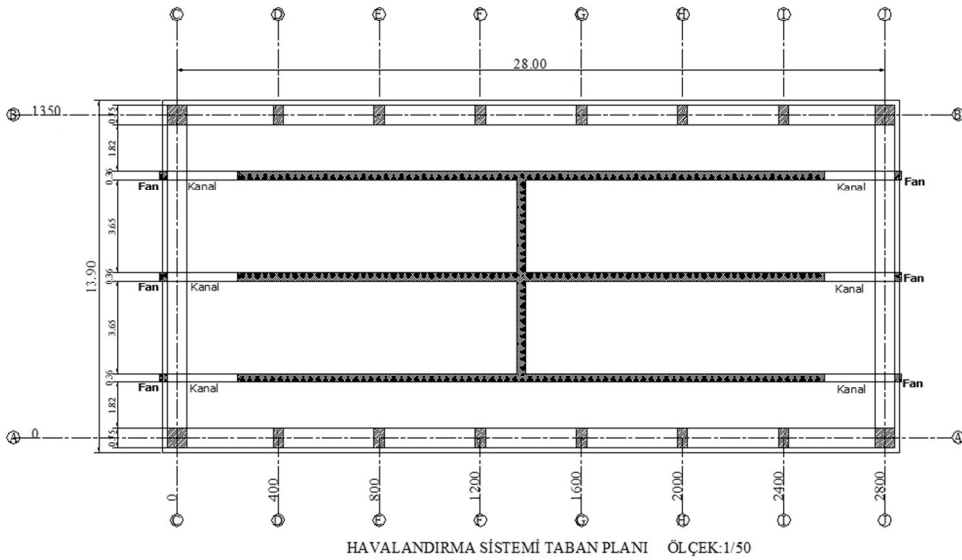
artırılarak ürünün pazarlanması bütün yıla yayılacak ve kalite kayıpları azalacağından önemli bir gelir artışı da sağlanabilecektir.

#### Kısaltmalar

a	: Depo genişliği, m
b	: Depo uzunluğu, m
d	: Depo duvar kalınlığı, cm
G	: Depo kapasitesi, ton
$G_s$	: Güvenlik sayısı
H	: Depo yan duvar yüksekliği, m
h	: Yığın yüksekliği, m
$L_p$	: Yanal proje basıncı, $kg\ m^{-1}$
$M_{de}$	: Depolama yapısını devirmeye çalışan kuvvet, $t\ m^{-1}$
$M_d$	: Devirmeye engel kuvvet, $t\ m^{-1}$
R	: Depo hidrolik yarıçapı, m
v	: Kanaldaki hava hızı, $m\ dak^{-1}$
$V_d$	: Depo hacmi, $m^3$
W	: Duvar ağırlığı, $t\ m^2$
$\gamma$	: Birim hacim ağırlığı, $kg\ m^{-3}$
$\varphi$	: Ürün içsel sürtünme açısı, derece

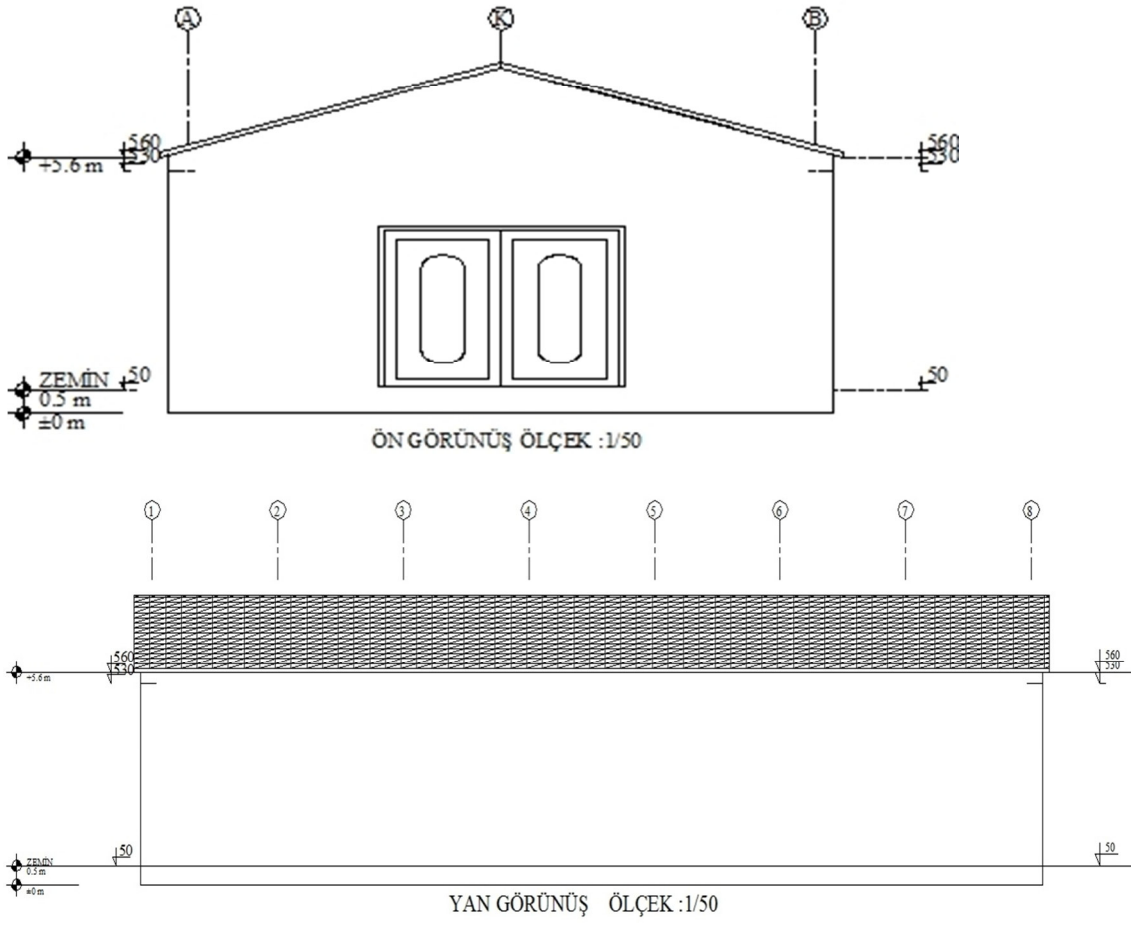


Şekil 5. 1000 ton kapasiteli mısır depo taban planı  
Figure 5. Corn store base plan with a capacity of 1000 tons

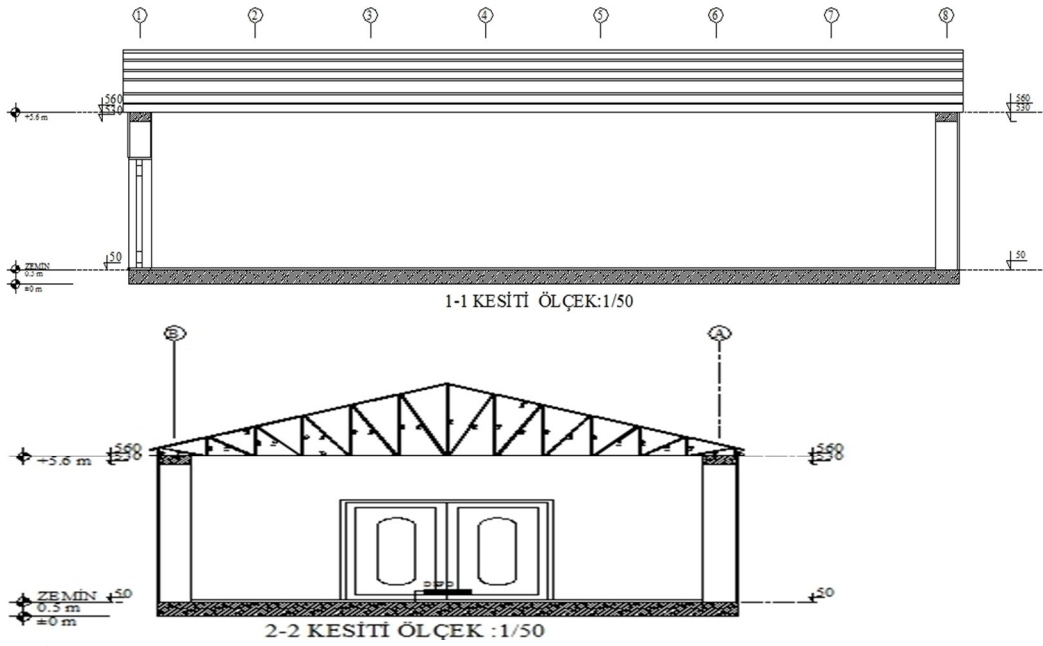


Şekil 6. 1000 ton kapasiteli mısır deposu havalandırma sistemi taban planı  
Figure 6. The ventilation system base plan of corn store with a capacity of 1000 tons

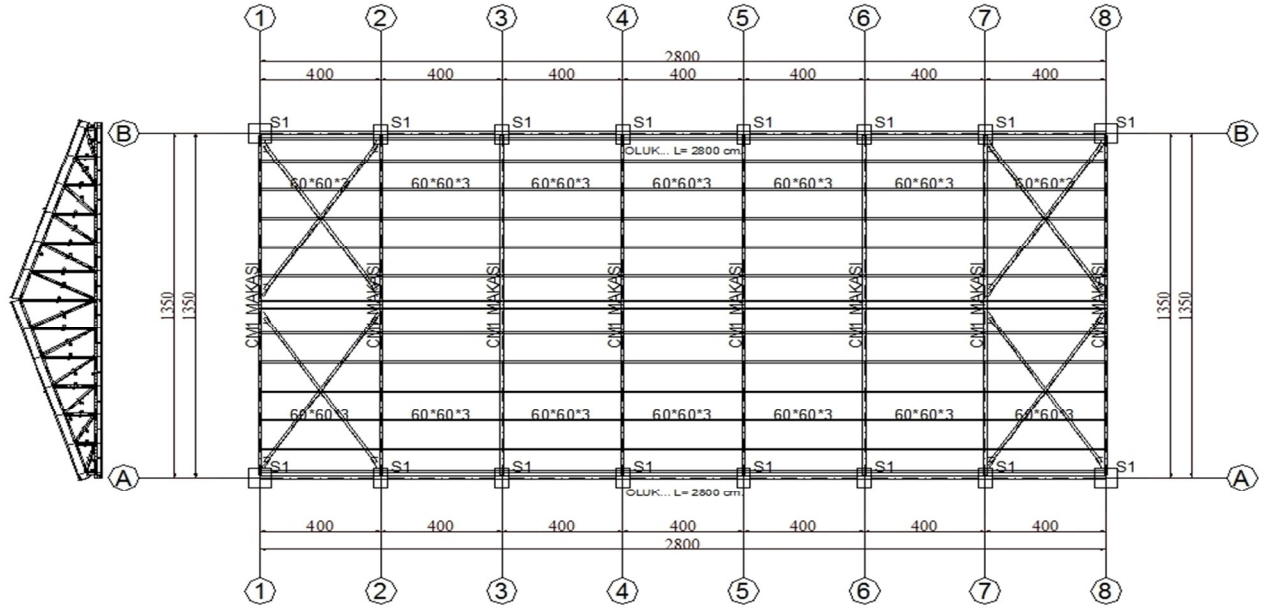




**Şekil 7.** 1000 ton kapasiteli mısır deposuna ilişkin ön ve yan görünüşler  
*Figure 7. The front and side views related to corn store a capacity of 1000 tons*



**Şekil 8.** 1000 ton kapasiteli mısır deposuna ilişkin kesit görünüşler  
*Figure 8. The section views related to corn store a capacity of 1000 tons*



ÇATI APLİKASYON PLANI Ö: 1/100

**Şekil 9.** 1000 ton kapasiteli mısır deposuna ilişkin çelik konstrüksiyon çatı aplikasyon planı

**Figure 9.** The application plan of steel construction roof related to corn store a capacity of 1000 tons

#### Kaynaklar

- Anonim (2005). 5300 Sayılı Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu, [www.mevzuat.gov.tr/Mevzuat/Metin/1.5.5300.doc](http://www.mevzuat.gov.tr/Mevzuat/Metin/1.5.5300.doc). (Erişim tarihi: 06.05.2014).
- Anonim (2014). TÜMAS - Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://tumas.dmi.gov.tr/wps/portal/>. (Erişim tarihi: 29.01.2014).
- ASAE (2012). ANSI/ASAE EP446.3 APR2008, Loads exerted by Irish potatoes in shallow bulk storage structures. ASABE, USA.
- Ekmekyapar T (1997). Tarımsal İnşaat. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 151, Erzurum.
- Karaçalı İ (2009). Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 494, İzmir.
- Karaman S, Okuroğlu M, Kızıloğlu FM, Memiş S ve Cemek B (2009). Karaman ili iklim koşullarına uygun elma depolama yapılarının planlanması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2: 145-154.
- Kibar H ve Öztürk T (2009). Sert kabuklu meyvelerin depolanması. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23: 77-84.
- McNeill SG and Montross MD (2001). Harvesting, drying and storing corn. In: Corn production in Kentucky. UKCA-CES Publication ID-139.
- Navarro S and Noyes P (2002). The mechanics and physics of modern grain aeration management. CRC Press, London.
- Öztürk T (2003). Tarımsal Yapılar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 49, Samsun.

- Öztürk T ve Kibar H (2005). Taneli ürünlerde ürün şev karakteristiklerine bağlı depolama yükleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 21: 132-139.
- Öztürk T and Esen B (2013). Physical and mechanical properties of some hybrid corn varieties. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 6: 111-116.
- Tutar B (2010). Adana İli ve İlçelerindeki Yatay Betonarme Hububat Depo Yapılarının Mevcut Durumu, Geliştirme Olanakları, Planlanması ve Lisanslı Depoculuk. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- TÜİK (2014). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. (Erişim tarihi: 03.04.2014).
- Wilcke B, Hellevang K, Harner J, Maier D and Casady B (2004). Managing dry grain in storage. AED-20, Midwest Plan Service, Ames, IA.