

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

"GOLDEN DELİCIOUS" ELMA ÇEŞİDİNDE HASAT SONRASI KALSİYUM
İNFİLTASYONUNU SAĞLAYACAK VAKUM SİSTEMLİ MODELİN
GELİŞTİRİLMESİ VE KALSİYUM İNFİLTASYON DERECESİNİN SOĞUTMA
ENERJİSİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

168261

Cüneyt TUNÇKAL

DOKTORA TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

BURSA – 2005

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**“GOLDEN DELICIOUS” ELMA ÇEŞİDİNDE HASAT SONRASI KALSİYUM
İNFİLTRASYONU SAĞLAYACAK VAKUM SİSTEMLİ MODELİN
GELİŞTİRİLMESİ VE KALSİYUM İNFİLTRASYON DERECESİNİN SOĞUTMA
ENERJİSİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

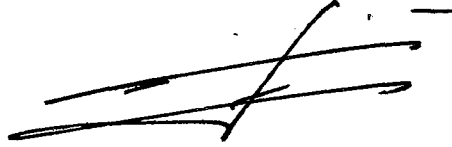
Cüneyt TUNÇKAL

DOKTORA TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 27.05.2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oy~~ çokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ
(Danışman)



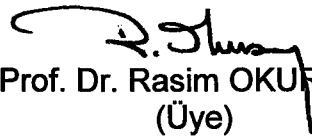
Prof. Dr. Atilla ERLİŞ
(Üye)



Prof..Dr. Poyraz ÜLGER
(Üye)



Prof. Dr. Rahmi KESKİN
(Üye)



Prof. Dr. Rasim OKURSOY
(Üye)

**“Golden Delicious” elma çeşidinde hasat sonrası kalsiyum infiltrasyonunu
sağlayacak vakum sistemli modelin geliştirilmesi ve kalsiyum infiltrasyon
derecesinin soğutma enerjisine olan etkilerinin belirlenmesi**

ÖZET

Bu çalışmada, “Golden Delicious” elma çeşidine hasat sonrası vakum altında kalsiyum klorür infiltrasyonu sağlayacak sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla biri laboratuvar, diğeri sanayi tipi olmak üzere iki adet vakumlu infiltrasyon sistemi projelendirilmiştir. Laboratuvar tipinde olan sistem imal edilerek “Golden Delicious” elma çeşidi üzerinde vakum altında infiltrasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sistemle kalsiyum klorür emdirilen elmaların yüzeyindeki sertlik, tat ve suda çözünür madde miktarı yönünden incelenerek şahit elmalarla karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma iki hasat döneminde gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde kullanılan “Golden Delicious” çeşidi elmalar Atatürk Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü meyve bahçelerinden temin edilmiştir. İlk hasat yılında, vakum zamanı 2 ve 2.5 dakika, mutlak çalışma basıncı 350 mm Hg (46,66 kPa) ve 250 mm Hg (33,33 kPa), çözeltiye daldırma zamanı 45 ve 60 s, kalsiyum klorür konsantrasyonu ise % 2, % 4 ve % 5 saflıklarda alınarak toplam 24 deneme yapılmıştır. Her denemede 20 adet elma kullanılmıştır. İkinci hasat yılında, birinci hasat yılı verileri de göz önüne alınarak vakum zamanı 2.5 dakika, mutlak basınç değerleri 550 mm Hg (73,32 kPa) ve 350 mm Hg (46,66 kPa), Çözeltiye daldırma zamanı 60 s, kalsiyum klorür konsantrasyonları ise % 2 ve % 4 saflıkta alınarak toplam 4 deneme yapılmıştır. Her denemede 30 adet elma kullanılmıştır. Her iki dönem içinde 0, 2, 4 ve 6 aylık her periyotta kalsiyum analizi, sertlik ve suda çözünür madde miktarı bütün tekerrürler için belirlenmiştir.

Araştırmada meyve eti sertliği, ve meyvedeki kalsiyum miktarı açısından 250 mm Hg (33,33 kPa) mutlak basıncında yapılan infiltrasyon değerlerinde, işleme alınmamış şahit elmalara göre 3 kat daha yüksek değerler elde edilmiştir. 350 mm Hg (46,66 kPa) mutlak basınç değerinde elde edilen infiltrasyon değerleri de 250 mm Hg (33,33 kPa) mutlak basınçtaki infiltrasyon değerlerine oldukça yakın çıkmıştır. 250 mm Hg (33,33 kPa) mutlak basınçta yapılan denemelerde basıncın düşük olması nedeniyle meyve kabuğunda buruşma şeklinde tahribat olmuştur. Bunun yanında 250 mm Hg (33,33 kPa) mutlak basınçtaki infiltrasyon enerjisi 350 mm Hg(46,66 kPa) basınçtaki infiltrasyon enerjisinden daha yüksektir. Buruşma ile beraber, enerji tüketimi de göz önüne alındığında 350 mm Hg (46,66 kPa) basıncındaki infiltrasyon değerlerinin diğ er basınç değerlerine göre en uygun olduğu bulunmuştur. Bu vakum değeri göz önüne alınarak uygulamada kullanılabilecek 300 mm Hg (39,99 kPa) ile 450 mm Hg (59,99 kPa) mutlak basınç değerlerinde çalışabilecek bir ton kapasiteli sanayi tipi bir vakumlu infiltrasyon sisteminin çizim ve proje hesaplamaları yapılarak imal edilebilir vakumlu kalsiyum infiltrasyon sistemine ait bir model ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: vakum infiltrasyon, “golden delicious”, kalsiyum klorür.

**A Design of a Calcium Infiltration Model Operates Under Vacuum on
“Golden Delicious” Apple Variety and Determination of the Effects of Calcium
Infiltration Level on Cooling Energy**

ABSTRACT

The aim of this study was the improvement of a system which provides calcium chloride infiltration under vacuum after harvesting of golden delicious variety apples. For this reason, two infiltration systems with vacuum (one of them was laboratory type and the other was industrial type) was designed. Infiltration experiments under vacuum were done on golden delicious apples with the laboratory type system. Calcium chloride absorbed apples were investigated for surface hardness, taste and water soluble matter criteria and compared with blank apples which were not processed. The study was done for two harvesting terms.

Golden delicious apples used in the experiments were obtained from gardens of Atatürk Garden Culture Research Institute. In the first harvesting year, totally 24 experiments were done. 2 and 2.5 minute vacuum time, 350(46,66 kPa) and 250 mm Hg(33,33 kPa) absolute pressure, 45 and 60 seconds immersion time of apple into calcium chloride solution and 2%, 4%, 5% calcium chloride concentration were applied for this purpose. In the second harvesting year, data of the first harvesting year experiments were taken into consideration and totally 4 experiments were done. 2.5 minute vacuum time, 550(73,32 kPa) and 350 mm Hg(46,66 kPa) absolute pressure, 60 seconds immersion time of apple into calcium chloride solution, 2% and 4% calcium chloride concentration were applied for this purpose. For each experiment 30 apples were used. Ca, hardness and water soluble matter analyses were done for all repetitions at 0, 2, 4 and 6 month periods.

According to the fruit hardness and Ca amount of fruit, infiltration at 250 mm Hg(33,33 kPa) absolute pressure gave three times higher values than blank apples which were not processed. Infiltration values of 350 mm Hg(46,66 kPa) absolute pressure were similar to the infiltration values of 250 mm Hg(33,33 kPa) absolute pressure. Because of low pressure applied in the experiments of 250 mm Hg(33,33 kPa), fruit peel was crumpled. Moreover, infiltration energy at 250 mm Hg(33,33 kPa) experiment was higher than the infiltration energy at 350 mm Hg(46,66 kPa) experiment. When crumpling problem and energy consumption were taken into consideration, the infiltration values of 350 mm Hg(46,66 kPa) absolute pressure were more suitable than the other pressures. According to the results of the study a 1 ton capacity industrial type infiltration system with vacuum that works at 300 mm Hg(39,99 kPa) and 450 mm Hg(59,99 kPa) was designed with technical drawings and project calculations.

Keywords: infiltration with vacuum, “golden delicious”, calcium chloride

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Laboratuvar Ölçeğindeki Vakumlu Kalsiyum İnfiltrasyon Sisteminin Projelendirilmesi ve İmalatı	13
3.1.2. Laboratuvar Tipi Kalsiyum İnfiltrasyon Sisteminin Çalışma Prensibi.....	15
3.1.3. Denemelerde Kullanılan Ölçü Aletleri ve Diğer Ekipmanlar	16
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Deneme Yöntemi	19
3.2.1.1. Birinci Hasat Yılı.....	19
3.2.1.2. İkinci Hasat Yılı	22
3.2.1.3. Bir Ton Kapasiteli Vakumlu Kalsiyum İnfiltrasyon Sisteminin Projelendirilmesi	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	24
4.1. Birinci Hasat Yılı Deneme Bulguları.....	25
4.2. İkinci Hasat Yılı Deneme Bulguları	29
4.3. Araştırma Sonuçlarına İlişkin İstatistik Analizler.....	32
4.3.1. 0, 2, 4 ve 6. Aylarda Ölçülen Sertlik Değerlerinin Standart Sapması ve Dağılım yüzdeleri	33
4.3.2. Değişkenler Arasındaki Kikare Testi.....	42
5. TARTIŞMA	52
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
7. ARAŞTIRMA SONUÇLARINA GÖRE UYGULAMADA KULLANILABİLECEK VAKUMLU KALSİYUM EMDİRME SİSTEMİNE İLİŞKİN TASARIM HESAPLARI VE TEKNİK RESİMLER	56
7.1. Vakum Silindiri	56
7.2. Eliptik Bombe- I.....	61

7.3. Eliptik Bombe- II	66
7.4. Flanş I-II	70
7.5. Flanş III-IV.....	91
7.6. Yatay Kabın Taşınması	111
7.7. Çözelti Kabı.....	115
7.7.1. Silindir.....	115
7.7.2. Eliptik Bombe	117
7.7.3. Alt Taban Sacı	119
KAYNAKLAR	133
EKLER	136
TEŞEKKÜR	144
ÖZGEÇMİŞ	145

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. "Golden Delicious" elmada meydana gelen acı benek hastalığının görüntüsü .	2
Şekil 2. Bir elmadaki kalsiyum miktarının doku içerisindeki yeri(Özbek 1978)	4
Şekil 3. Vakum infiltrasyon sistemi (Del Valle, Arangviz ve Diaz 1998).	11
Şekil 4. Laboratuar tipi vakumlu kalsiyum emdirme sisteminin şematik görünüşü	13
Şekil 5. Laboratuar tipi kalsiyum infiltrasyon sisteminin genel görünüşü.....	14
Şekil 6. Ölçeklendirilmiş çözelti kabı	15
Şekil 7. Vakumlu kalsiyum infiltrasyon sisteminin Çalışması	15
Şekil 8. Denemede kullanılan bazı ölçü aletleri ve ekipmanlar	16
Şekil 9. Nişasta testi.....	17
Şekil 10. Suda çözünür madde miktarının ölçümü	17
Şekil 11. Meyve eti sertlik ölçüm cihazı ve ölçüm şekli.....	18
Şekil 12. Kalsiyum analizi işlem zinciri	18
Şekil 13. Elmaların hazırlanışı ve vakum güğümüne konulma şekli.....	21
Şekil 14. Sistemin çalıştırılması ve elmaların çözelti içerisindeki görüntüsü	21
Şekil 15. Olgunlaştırma odası	22
Şekil 16. Elmalardaki buruşma ve daldırma sonrası elma yüzeyindeki kabarcıklar.....	25
Şekil 17. 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik bulguları(1.yıl).....	26
Şekil 18. 2, 4 ve 6. aylardaki kalsiyum analizi bulguları(1. yıl)	28
Şekil 19. 0, 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik bulguları(2. yıl).....	30
Şekil 20. 0, 2, 4 ve 6. aylardaki kalsiyum analizi bulguları(2. yıl)	31
Şekil 21. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(0.Ay).....	35
Şekil 22. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(2.Ay).....	37
Şekil 23. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(4.Ay).....	39
Şekil 24. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(6.Ay).....	41
Şekil 25. Flanş I-II'nin detayları	72
Şekil 26. Flanş III-IV'ün detayları.....	92
Şekil 27. Yatay kabın taşınması	112

Şekil 28. Vakum Tankının İmalat Resmi.....	124
Şekil 29. Eliptik Bombenin İmalat Resmi.....	125
Şekil 30. Püskürtme Sisteminin İmalat Resmi.....	126
Şekil 31. Taşıyıcı ayakların İmalat Resmi.....	127
Şekil 32. Çözelti Tankının İmalat Resmi.....	128
Şekil 33. Projenin ön görünüşü	130
Şekil 34. Projenin yan görünüşü.....	131
Şekil 35. Projenin üç boyutlu modellenmiş hali.....	132
Şekil 36. A Değeri	142
Şekil 37. B değeri.....	143



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Birinci hasat yılı deneme özellikleri.....	20
Çizelge 2. İkinci hasat yılı deneme özellikleri	23
Çizelge 3. Elmalarda vakum altında ağırlık kayıplarının belirlenmesi	24
Çizelge 4. Suyu daldırılarak yapılan denemeler	24
Çizelge 5. Birinci hasat yılı 2, 4 ve 6 aylık deneme bulguları	25
Çizelge 6. Birinci hasat yılı Ca analiz bulguları.....	27
Çizelge 7. İkinci hasat yılı sertlik ve suda çözünür madde miktarı analiz bulguları	29
Çizelge 8. İkinci hasat yılı Ca analiz bulguları	31
Çizelge 9. İkinci hasat yılı tat kontrolleri	32
Çizelge 10. İkinci hasat yılı 0, 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik değerlerinin std. sapması, minimum ve maksimum değerleri	33
Çizelge 11. İkinci hasat yılı 0. ayda frekans değerleri.....	34
Çizelge 12. İkinci hasat yılı 2. ayda frekans değerleri.....	36
Çizelge 13. İkinci hasat yılı 4. ayda frekans değerleri.....	38
Çizelge 14. İkinci hasat yılı 6. ayda frekans değerleri.....	40
Çizelge 15. Vakum silindirine ilişkin seçilen temel değerler	57
Çizelge 16. Eliptik bombe-I'in tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler	61
Çizelge 17. Eliptik bombe-II'nin tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler	66
Çizelge 18. Flanş I-II'nin tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler	71
Çizelge 19. Flanş I-II'nin ölçüleri	71
Çizelge 20. Flanş III-IV'ün tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler	91
Çizelge 21. Flanş III-IV'ün ölçüleri.....	91
Çizelge 22. Çözelti kabı gövde(silindir) malzemesine ilişkin seçilen temel değerler ..	116
Çizelge 23. Çözelti kabı eliptik bombesinin tasarımına ilişkin seçilen temel değerler.	118
Çizelge 24. Çözelti kabı alt taban sacının tasarımına ilişkin seçilen temel değerler...	119
Çizelge 25. Tahliye pompası teknik özellikleri	120
Çizelge 26. Boru hattı basınç kaybı hesapları ve sonuçları(tahliye pompası)	121

Çizelge 27. Ara bağlantı parçalarının özellikleri(tahliye pompası).....	121
Çizelge 28. Ara bağlantı parçalarına ait diğer özellikler (tahliye pompası).....	121
Çizelge 29. Vakum pompasının teknik özellikleri.....	122
Çizelge 30. Boru hattı basınç kaybı hesapları ve sonuçları (vakum pompası).....	122
Çizelge 31. Ara bağlantı parçalarının özellikleri (vakum pompası)	122
Çizelge 32. Ara bağlantı parçalarına ait diğer özellikler (vakum pompası)	123
Çizelge 33. İmalata ilişkin Materyal Listesi	129
Çizelge 34. Karbon ve düşük alaşımlı çelikler için izin verilen gerilim değerleri	136
Çizelge 35. Kaynak verim katsayıları	137
Çizelge 36. Karbon ve düşük alaşımlı çelikler için izin verilen mukavemet değerleri (psi) ($\cdot 10^3$)	138
Çizelge 37. K katsayısı değerleri.....	139
Çizelge 38. Karbon ve düşük alaşımlı çeliklerin uygulama yerleri.....	140
Çizelge 39. Ki-Kare tablosu.....	141

1. GİRİŞ

Elma, yumuşak çekirdekli meyveler sınıfında yer almaktadır. Çok çeşitli elmalar ülkemizde yetiştirilmektedir. Örneğin "Golden Delicious" elması çok verimli, iri, altın sarımsı, konik veya silindirik bir yapıya sahiptir. Tam çiçeklenmeden hasat olgunluğuna kadar geçen süre 150-160 gündür. (Özbek 1978)

Soğuk depolarda muhafaza edilen ürünler arasında % 39'luk payla elma birinci sırayı almaktadır. Golden elması yeme kalitesi ve ticari değeri ile piyasada tutulan bir meyve konumundadır. (Türk 1987)

Elmalar hasattan sonra, normal ya da kontrollü atmosferli depoda muhafaza edilmektedir. Burada 2-8 ay kalabilmektedir. Muhafaza sıcaklıkları -1 ile +4 °C arasında değişmektedir. Soğuk depoya konulduğu andan itibaren geçen süre içerisinde dayanımına etki eden faktörler; meyve eti sertliği ve kabuk dayanımıdır. "Golden Delicious"da meyve eti sertliği 4.9 ile 6.2 kg'f'dir. (Özbek 1978)

Elmada su oranı da çok önemlidir. Su, 100 g yenilebilir elmada toplam ağırlığın % 80-96'sını oluşturmaktadır. Su, meyvelerde turgor basıncının sağlanmasında en önemli etmendir. Ürün ne kadar fazla su içerirse, mikroorganizmaların bozucu etkileri de o derece artmaktadır. Çünkü fazla rutubet mikrobiyal bozulmalar için uygun bir ortam yaratır. (Özbek 1978)

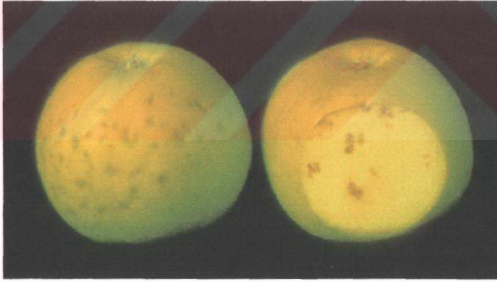
Bir elma meyvesinin bileşiminde; su, lif, nişasta, şeker, kül, yağ, protein, kalori, askorbik asit, folik asit, kalsiyum ve demir gibi mineraller bulunmaktadır. Bu minerallerin azlığı veya çokluğu meyvede fizyolojik bozulmalara ve hastalıklara neden olmaktadır. Örneğin kalsiyum minerali 100 g'lık yenilebilir bir elmada 2 ile 11 mg arasında olması istenir. Meyvenin orta kısımlarında bu oran fazla, kabuğun altında ise azdır. (Özbek 1978)

Soğuk depolamada oransal nem %90 dolayında olmalıdır. Geç hasatta olgunluk ilerler ve sonuçta çekirdek çürümesi ve iç kararması görülür. Erken hasatta ise su kaybı fazlalaşır, "Golden Delicious" elma çeşidinde buruşma görülür, acı benek ve depo yanıklığı meydana gelir. (Özbek 1978)

Acı benek (bitter pit) hastalığı, bazı elma çeşitlerinde ve bazı bölgelerin

meyvelerinde depolamadan 6-8 hafta sonra, özellikle meyvenin çiçek ucunda ve kabuk altında, 3-4 mm çapında kahverengi benekler şeklinde ortaya çıkarlar. Daha sonra bunlar kabuk üstünde de görülür duruma gelirler. (Özbek 1978) Kalsiyum noksanlığı meyvelerde, özellikle elmalarda çok önemlidir. Elmalarda görülen acı benek Ca noksanlığının bir sonucudur. (Westwood 1993, Aktaş ve Ateş 1998)

Acı benek hastalığının nedenini bulmak için araştırmalar yapılmış ve halende devam etmektedir. Ancak, bu hastalığın kalsiyum metabolizması ile ilgili olduğu sanılmaktadır. Almanya'da Dr. Kohl yaptığı çalışmalarda; hastalıklı dokularda kalsiyum miktarının çok az, sağlam dokularda ise çok fazla olduğunu bulmuştur. Daha sonra meyvenin orta kısımlarındaki dokuları incelediğinde kalsiyumun daha fazla olduğunu ve bu sebepten dolayı hastalığın sadece, kalsiyumun daha az olduğu kabuğun altındaki kısımlarda görüldüğünü ileri sürmüştür. Bu araştırma, acı benek hastalığının kalsiyum eksikliği sonucu ortaya çıktığını öne sürmüştür. (Kohl 1987) Acı benek hastalığına yakalanan bir elmanın görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. "Golden Delicious" elmada meydana gelen acı benek hastalığının görüntüsü

Kalsiyumun bitkilerce alım hızı çok düşüktür ve topraktan Ca^{++} iyonu şeklinde alınırlar. Taşınması ise büyük ölçüde transprasyona bağlıdır. Yani elmanın dokusunda Ca'un taşınması kitlesel akış ile olmaz. Bu durum kalsiyumun bitkide son derece hareketsiz olduğu sonucunu ortaya koyar. Dokularda Ca içeriği çok düşüktür. Bu nedenle besinlerinin önemli bir kısmını

floem dokuları aracılığı ile sağlayan meyvelerde sık sık Ca eksikliği görülür. (Aydemir ve Ince 1988).

Kalsiyum minerali ile acı benek arasındaki olumsuz ilişkiyi ilk olarak Delong belirlemiştir (Delong 1936). Meyvenin kalite ve saklama üzerindeki etkilerinin, meyvenin kalsiyum düzeyi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Faust 1978). Kalsiyum mineralinin meyveye verilmesinin, acı benek hastalığının ortaya çıkmasını engellediği veya hastalığın ilerlemesini durdurduğu ifade edilmiştir (Scott ve Wills 1977). Ayrıca kalsiyum mineralinin meyvenin dış kabuk sertliğini arttırdığı ve meyvenin soğuk depoda daha uzun süre muhafaza edilebildiği belirtilmiştir (Sams ve Conway ve Abbott ve Lewis ve Ben-Shalom 1993).

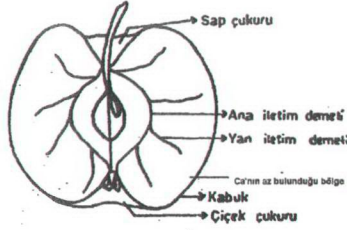
Meyvenin bünyesindeki kalsiyum miktarını artırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

1) 3 veya 4 gün aralıklarla 8-10 defa bir kalsiyum tuzu % 1-0,5 konsantrasyonda hasattan önce meyveye pülverize edilmektedir (Sharples ve Johnson 1976).

2) Kalsiyum klorürlü salamuralar kullanmak; burada kalsiyum klorüre su karıştırılarak ürün bu çözeltinin içine daldırılmaktadır. Bu işlem ile acı benek hastalığı belirli oranda önlenabilmektedir. Kalsiyum klorür salamurası baz karakteristiktir. Bu nedenle nötralize edilmeden kullanılmamalıdır. Nötralizör olarak genellikle hidroklorik asit kullanılabilir. Bu sisteme daldırma sistemi de denilmektedir (Sharples ve Johnson 1976).

3) Bir diğer yöntem de hasattan sonra vakum altında meyveye kalsiyumun emdirilmesidir (Scott ve Wills 1977). Bu araştırmada bu yöntem uygulanmıştır.

Bir elmada kalsiyumun doku içerisindeki en az bulunduğu bölge Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Bir elmadaki kalsiyum miktarının doku içerisindeki yeri(Özbek 1978)

Şekil 2'de de görüldüğü gibi kalsiyumun en az olduğu bölge kabuğun alt kısmıdır.

Andres ve Fito(1993), meyvelerdeki infiltrasyon olayını değerlendirmek için hidrodinamik mekanizma kullanımını ortaya koymuşlardır. Bu çalışma, vakuma uğrayan ideal gaz ile dolu katı gözeneklere, sıvı girmesinin modelini oluşturmak için Fito(1994) tarafından modifiye edilmiştir. Fito tarafından geliştirilen infiltrasyona ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$\Delta P_{xv} = \frac{32\mu\Delta L_{(x_v)}}{D^2} \left[-\frac{d\Delta L_{(x_v)}}{dt} \right] \quad (1)$$

$$\Delta P_{xv} = [p_e + p_c] - P_{xv} = p_e + p_c - \frac{P_0}{1 - X_v} \quad (2)$$

$$\Delta L_{(Xv)} = -L_0 \cdot X_v \quad (3)$$

Burada;

ΔP_{xv} : Sıkıştırılabilir gazın basınç farkı,

P_{xv} : Sıkıştırılabilir gazın basıncı,

ΔL : Sıvı çözeltinin gözenekle yer değiştirmesi arasındaki fark,

L_0 : Gözeneklerin ortalama uzunluğu,

D : Gözeneklerin ortalama çapı,

p_e : Sıkışmış gazların kapiller basıncı,

p_c : Başlangıç basıncı,

μ : İnfiltre sıvının yüzey gerilimi,

p_0 : Dışsal basınç,

X_v : Su tarafından kaplanan gözenek uzunluğunun hacmi,

Eşitlik 2 ve 3, eşitlik 1'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik 4 elde edilir.

$$p_e + p_c - \frac{P_0}{1 - X_v} = \frac{32\mu L_0^2}{D^2} X_v \frac{d_{xv}}{d_t} \quad (4)$$

Eşitlik (4)'de çevreleyen sıvının, sıvıya batırılan materyalin gözenek matriksine denge koşuluna ulaşıncaya dek gireceği tahmin edilmiştir. Bu durumda aşağıda verilen eşitlik 5'e ulaşılmıştır.

$$p_e + p_c - \frac{P_0}{1 - X_v} = 0 \quad (5)$$

ya da

$$X_v = 1 - \frac{P_0}{p_e + p_c} = 1 - \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{P_e}{P_0}$$

Bu son eşitlikteki R değeri Fito(1994) tarafından, basınç oranı olarak tanımlanmıştır. Fito eşitlik (5)'te besinin etkili gözenekliliğini tahmin için "gravimetrik" bir yöntem geliştirmiştir. Bu eşitlikten gidilerek, meyve parçalarının ağırlık ölçümüne (Δ_w) dayanan aşağıdaki eşitliği ortaya koymuştur.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta_w}{\rho V_0} = \varepsilon_e X_v = \varepsilon_e \left(1 - \frac{1}{R}\right) \quad (6)$$

Burada;

ρ : İnfiltre sıvının yoğunluğu,

V_0 : Yiyecek parçasının başlangıç hacmi,

ΔV : İnfiltre edilen sıvının hacim farkı,

Δ_w : Meyve parçalarının ağırlık farkı,

ε_e : Sıvı kazancının orantısallık faktörü,

Daldırma sıvısının besin yüzeyi üzerindeki etkisini belirlemek için, etkili gözenekliliğin değerlendirilmesi ile "volumetrik" bir alternatif geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntem aynı zamanda vakumun eşitlik (1)'e uygulanmasından sonra gözenek matriks infiltrasyonunun kesin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Burada genel amaç, vakum altında kalsiyumu meyveye emdirebilmektir. Bunun gerçekleştirilebilmesi halinde meyve sertlik tat ve suda çözünür madde miktarlarında önemli bir değişme olmadan daha uzun bir süre depoda kalacaktır. Elmanın depolama süresinin uzaması, ürün değerinin arttığı sırada, ürünün piyasaya sürülmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada elmaya vakum altında kalsiyum emdirecek olan laboratuvar tipi sistemin geliştirilmesi ve geliştirilen laboratuvar tipi cihazla, elmalara emdirilen kalsiyum miktarının, elma sertliklerinin, suda çözünür madde miktarlarının ve tat değerlerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında sanayi tipi vakum altında kalsiyum emdirecek bir sistemin projelendirilmesi yapılarak uygulamaya aktarılabilen bir proje modeli ortaya konulmuştur. Kalsiyum emdirilmiş elmalardaki depolama enerjisi tasarrufu incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

M. Drake W. D. Weeks, J. H. Baker, D. L. Fields ve G. W. Olanyk. (1966). Uygulama ve saklama sırasında meyve içerisine Ca'un, % 10'u ile %30'u arasındaki bir bölümüne uygulamadan sonraki ilk 10-15 gün içinde girdiğini söylemişlerdir. Ancak girişin saklama periyodundan sonraki dönemde de devam ettiğini ve hızının meyvenin içinde bulunduğu atmosferin oransal nemine bağlı olarak değiştiğini söylemişlerdir. Yüksek (%95) ve düşük oransal nem (%73-80) meyveye girişi yavaşlatırken %87 dolayındaki oransal nemin girişi hızlandırdığını gözlemlemişlerdir.

C.J. Scott ve R.B.H. Wills (1977). Kalsiyum Klorürün Vakumla İnfiltrasyonu üzerine çalışma yapmışlardır. Uygulama 22 meyve bahçesinden 4 çeşit ürün alınarak yapılmıştır. % 4 oranındaki ticari CaCl_2 su içerisinde çözdürülmüştür. Meyve bu çözelti içine daldırılmıştır. 3 dakikalık bir vakum işlemine tabi tutulmuştur. Önce 90 s. 650 mm Hg'dan, 110 mm Hg'ya kadar vakum yapılmıştır. Sonra 30 s. daha bu vakumda çalıştırılmıştır. Daha sonra da 60 s süreyle ürün CaCl_2 çözeltisi içerisine daldırılmıştır. 20 °C'de meyve 3 hafta bekletilmiştir. Meyvedeki sertlik ölçümü penetrometre ile yapılmıştır. CaCl_2 solüsyonu içerisine meyvenin vakum etkisi altında daldırılması ile meyvenin sağlamlığının arttığı ve acı benek (bitter pit) hastalığının kontrol altına alındığı gözlenmiştir. Hasattan sonra vakum infiltrasyon sistemi uygulanarak olgunlaşma bir hafta geciktirilmiştir. % 58 oranında bitter pit bulunan tedavi edilmeyen hasta meyveler, önce % 10 CaCl_2 'lü sulu çözelti içerisine daldırılmış ve sonra % 4 CaCl_2 çözeltisinde, 650 mm Hg basınçtan 250 mm Hg basınca düşürülerek vakuma tabi tutulmuştur. Sonra tekrar suyla çalkalanmış ve bitter pit oranında % 10-11 azalma gözlenmiştir.

A.H. Betts ve W.J. Bramlage(1977). Derim sonrasında yapılan daldırmada meyveye kalsiyum girişine etki eden en önemli etmenin çözeltinin dozu olduğunu söylemiştir. Nitekim McIntosh, Baldwin ve Cortland çeşitlerinde CaCl_2 'ün değişik dozlarıyla yaptıkları daldırma denemesinde üç çeşitte de meyvenin Ca alımının % 3'e kadar arttığını ancak bu sınırdan sonra yapılan doz

artışlarının meyvenin Ca içeriğini yükseltmediğini bildirmişlerdir. Meyveye zarar vermeyen en uygun dozun ekoloji ve çeşide göre değiştiğini belirtmişlerdir. Örnek olarak da Cox Orange Pippin's çeşidinin % 2.5 CaCl_2 uygulanması meyvelerin %23'ünde önemli lentisel zararına neden olurken, McIntosh ve Baldwin çeşitlerinin % 4'lük CaCl_2 çözeltisi içine 30 sn süreyle daldırılmaları meyvelerde olumsuz bir etki yapmadığını söylemişlerdir.

J.A. Abbott, W.S. Conway ve C.E. Sams tarafından (1989). Elmaların Dokusal Nitelikleri Üzerinde Hasat Sonrası Kalsiyum Klorid İnfiltrasyonunun Etkisi üzerine çalışma yapmışlardır. Orta ve güney Pensilvanya'daki küçük elma ağaçlarından Golden Delicious elmaları hasattan bir hafta önce ve hasat zamanı olmak üzere iki grupta hasat edilmiştir. Elmalara 68,9 kPa'lık basınç altında en az 2 dakika % 0, % 1, % 2 ve % 4'lük CaCl_2 'lü sulu çözelti içerisinde infiltrasyon yapılmıştır. Daha sonra elmalar kraft kağıdı üzerinde 2 saat süreyle havalandırılmış, 2, 4 ve 6 ay süreyle 0 °C'de saklanmıştır. Depolama tamamlandıktan sonra, doku ve Ca ölçümü için elmalar bir hafta süreyle 20 °C'de tutulmuştur. infiltrasyondan bir hafta sonra, 15 elmada Magness-Taylor (MT) ve eksenel kompresyon (AC) ölçümü yapılmıştır. Sonuçta CaCl_2 infiltrasyonu beklendiği gibi, hücre duvarındaki Ca miktarını artırmıştır. Bu artış 1.6 ile 32 kat arasında olmuştur. En yüksek artış % 4'lük CaCl_2 çözeltisinde elde edilmiştir. Ancak, kalsiyum miktarının fazlalığı nedeniyle bu kademedeki meyvelerde önemli ölçüde yüzeysel yaralanmalara rastlanmıştır. CaCl_2 infiltre edilmiş elmalar altı ay depolandıktan sonra (% 1 ve % 2 CaCl_2) taze hasat edilen elmalarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada %1'lik elmalar taze elmalarla göre daha az sağlam çıkarken, %2'lik elmalar (MT ve AC testlerinde) taze elmalarla aynı, hatta kısmen daha yüksek çıkmıştır. Veriler, deneye alınan 4 konsantrasyondan en uygununun % 2 CaCl_2 konsantrasyonunun olduğunu göstermiştir. Bu konsantrasyon değerinde depolanmış elmaların, en azından taze hasat edilmiş elmalar kadar sağlam, hatta bazılarının onlardan daha sağlam olduğunu göstermiştir.

D.M. Burmeister ve D.R. Dilley (1991). Azaltılmış Ca İnfiltrasyonu İle Elmalar Üzerinde Mg Kaynaklı Acı Benek Belirtilerinin Tanıtımı üzerine bir

araştırma yapmışlardır. Bu araştırmanın amacı, çukurlaşmaya neden olan Mg sıklığının meyvede yapısal olarak bulunan kalsiyum düzeyleri ile ilişkili olup olmadığını bulmak ve dışarıdan uygulanan Ca'nın, Mg'nin başlattığı çukurlaşma ile karşılıklı etkileşip etkileşmediğini denetlemek olmuştur. Golden Delicious elmaları 1989'da Michigan Devlet Üniversitesi'nde toplanmış ve kontrollü atmosferde depolamadan sonra araştırmalarda kullanılmıştır. Vakum infiltrasyonu için CaCl_2 ve MgCl_2 sulu çözelti içinde kullanılmıştır. 2 dakika süreyle 100 mm Hg mutlak basınçta çözelti içine elmalar daldırılmıştır. Vakum infiltrasyonun ardından 14 gün boyunca 20 °C saklanmış, daha sonra acı benek ölçümleri yapılmıştır. Mg ile infiltre edilen elmalarda, işlemiden sonraki bir hafta içinde acı benek benzeri lezyonlar ortaya çıkmış ve bu zamandan sonra bunların boyutu ve sıklığında bir artma gözlenmemiştir. İnfiltrasyon çözeltisine Ca eklenmesi, Mg'un çukur semptomları başlatıcı etkisini belirgin bir biçimde azaltmıştır. Düşük Ca ve yüksek Mg'un acı benek oluşumu ile yakından ilişkisi olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Mg'un yol açtığı çukurlaşmanın bir çok yoldan doğal oluşan acı benek bozukluğuna benzediğini göstermiştir.

Ü. Ertan, S. Özelkök, Ç. Genç ve İ. Moltay(1992). Marmara Bölgesinde Yetiştirilen Starking Delicious Golden Delicious ve Starkrimson Delicious Elma Çeşitlerinde Gözlenen Önemli Fizyolojik Bozukluklar Üzerinde Araştırmalar yapmışlardır. Denenen tüm Ca tuzlarında, dozla acı benek arasında olumsuz bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte acı beneğin, meyvenin derim olumundaki Ca düzeyine bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Kalsiyum klorürü % 2.8'lik bir oranda kullandıklarında meyvede herhangi bir zararlanma gözlemlenmemişlerdir. Kalsiyum klorür ve ıslatıcı kombinasyonunun acı benek üzerinde etkisinin olduğunu saptamışlar ve bunun meyvenin kalsiyum alımını arttırdığını gözlemlenmişlerdir.

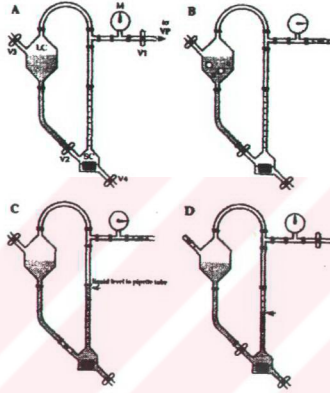
Chow K. K., Price T. V. And Hanger B. C. (1992). Değişik elma çeşitlerinde acı beneği azaltmak amacıyla derimden önce ağaçlara kalsiyumun tuz halindeki çözeltisinin püskürtülmesinin uzun süredir meyve endüstrisinde uygulanan bir yöntem olduğunu söylemiş, Ancak Ca püskürtmelerinin acı

beneği kontrolde her zaman olumlu sonuç vermemesi araştırmacıları meyvedeki Ca oranının daha etkin bir biçimde yükseltilmesini sağlayacak yeni yöntemlerin geliştirilmesine yöneltmiştir. Bu yöntemlere örnek olarak da daldırma ve son yıllarda geliştirilen vakum altında sızdırma (infiltrasyon) yöntemlerini göstermiştir.

C.E. Sams, W.S. Conway, J.A. Abbott, R.J. Lewis ve Noach Ben-Shalom(1993). Hasat Sonrası Elmaların Çürümelerinin Basınçlı Kalsiyum İnfiltrasyonu ve Isıtma Metodu İle Kontrol Altına Alınması konusunda araştırma yapmışlardır. Çalışmada iki adet bahçeden, derim öncesi bir zamanda, elmalar rastgele hasat edilmiştir. Meyveler 3 dakika süreyle normal saf suya daldırılmış, sonra atmosfer basıncı altında % 4 CaCl_2 ihtiva eden sulu çözelti içine 3 dakika süreyle daldırılmıştır. Daha sonra da 103 kPa'lık basınç altında 3 dakika süreyle % 4 CaCl_2 ihtiva eden sulu çözeltiye daldırılmıştır. Meyveler temiz bir yere konulmuş, soğuk depoya konulmadan önce de beyaz kağıda sarılarak kurutulmuştur. Meyveler polietilenden yapılmış kap içerisine konularak 4 gün boyunca 38 °C'de ısıtılmıştır. 6 hafta 0 °C'de soğuk depoda saklanmış ve sonra ölçümler yapılmıştır. Hastalıklı elmadaki kalsiyum miktarının analizi ve sertlik ölçümleri yapılmıştır. Basınçlı infiltrasyon uygulaması ile hastalığın % 40 oranında azaldığı görülmüştür. Elmanın kabuğunun alt kısmında önemli oranda kalsiyumun arttığı tespit edilmiştir. MT ve EPT(meyvenin bio gücünün belirlenmesi) ölçümleri yapılmış, kontrolsüz durumda sertlik 61 N iken, sıcaklık+ CaCl_2 uygulamasında sertlik 76 N olarak gözlenmiştir.

J.M. Del Valle, V. Arangviz ve L. Diaz (1998). Vakum vuruşu uygulayarak meyvelerin infiltrasyon kinetikleri ve gözeneklerinin değerlendirilmesi için volumetrik işlem üzerine bir araştırma yapmışlardır. Hidrodinamik bir mekanizma kullanılarak meyve gözenekliliğini değerlendirmek için, bir "volumetrik" süreç geliştirilmiştir. Çalışmada, hücresel yiyecekler içeren kütle transfer operasyonları, "hidro dinamik mekanizma" adı verilen evreyi hücreler arası alanlara zorlayarak hızlandırılabileceği söylenmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek için, sıvı faz ile sıkışmış hücre arası gazlar arasında, olumlu bir basınç diferansiyeli sağlamak gerektiği belirtilmiştir. Bir vakum

uygulandığında sıkışmış gazlar genişleyerek, kısmen meyve matrisinden bu gazların çıktığı belirtilmiştir. Daha sonra atmosferik koşulların yeniden oluşması ile pozitif basınç diferansiyeli ortaya çıkmıştır. Vakum infiltrasyonunda hücreler arası gazların sıvı ortam ile kalıcı bir yer değiştirme yaptığı gözlenmiştir. Bu vakumla infiltrasyon sistemi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Vakum infiltrasyon sistemi (Del Valle, Arangviz ve Diaz 1998).

Camdan yapılmış sistem, meyve parçalarının vakum infiltrasyonu için kullanılmıştır. İlk önce bir meyve parçası SC numune taşıyıcısına yerleştirilmiş. Açma kapama muslukları V_2 ve V_4 'ün kapatılmasından sonra, sıvı kabı LC infiltrasyon çözeltisi ile doldurulmuştur. V_3 ve V_4 muslukları kapatıldıktan sonra vakum pompası çalıştırılmıştır. İstenen vakum basıncına ulaşıldığında iki dakika süre beklenmiştir. Sonra V_2 musluğu açılarak, çözeltinin, SC'nin üzerindeki dereceli pipetin en üstündeki işarete kadar dolması sağlanmıştır. V_2 ve V_4 kapatılıp, 5 dakika beklenmiştir. Bu arada V_3 musluğu açılarak sisteme atmosfer basıncının girmesi sağlanmıştır. Deneyler; 80 kPa, 60 kPa, 40 kPa, 20 kPa ve 10 kPa'lık efektif basınçlarda yapılmıştır. Daha sonra elde edilen bulgular matematiksel model ile açıklanmıştır.

H. Tezcan, A. Eriş, B. Akbudak ve Ö. Karabulut(1998). Kalsiyum uygulamalarının eşme ayvasının bazı hasat sonrası fungal hastalıklarına ve

kalite özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Hasat öncesi ve hasat sonrası kalsiyum uygulaması yapılmıştır. Hasat öncesi ağaca püskürtme yöntemi (pülverizasyon), hasat sonrası daldırma yöntemi uygulanmıştır. Aminoquelant-kalsiyum ile muamele edilmiş meyveler 0 ± 1 C sıcaklık ve % 90 oransal nemde depolanmıştır. Depolama süresince, meyvelerin fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve çürümüş meyve yüzdeleri belirlenmiştir. 120+5 günlük depolamadan sonra, en yüksek meyve eti sertlik değeri 11.17 ile hasat öncesi+hasat sonrası kalsiyum uygulanmış meyvelerden elde edilmiştir. Eşme ayvasında en düşük meyve eti sertliği ise 5.84 lb/inch^2 çıkmıştır.

C.O. Chardonnet, C.S. Charron, C.E. Sams ve W.S. Conway(2003).

Kalsiyum sızdırılmış "golden delicious" elmalarının depolama süresi boyunca kabuksu dokusu ve hücre duvarlarındaki kimyasal değişiklikler incelenmiştir. Golden elmaları hasattan sonra işlem yapılmadan ve % 1, 2, 3 ve 4 CaCl_2 çözeltileriyle basınç altında kalsiyum emdirilerek, 0°C 'de 6 ay süreyle depolanmıştır. Meyvenin kimyasal bileşimi, kabuksu dokusu ve üst derinin 2-4 mm altındaki tabakanın hücre duvarı incelenmiştir. İşlem görmemiş meyvenin depolanması sırasında meyve içerisinde bulunan K, P, Mg, S ve su mineralinin hacmi düşmüştür. Hücre duvarında toplam nötr şeker ve protein hacmi düşerken, polisakkarit hacmi artmıştır. 6 ay sonra Ca emdirilmiş meyve işlem görmemiş meyve ile karşılaştırıldığında toplam P, Na ve S'de yüksek seviyelere ulaşılmıştır. İşlem görmemiş meyvede, meyvenin hücre duvarı hacminin depolama süresince geniş kapsamlı düşüşüne yol açmıştır. Kalsiyum sızdırılmış doku ve hücre duvarı özelliğindeki analizler; toplam hücre duvarı ile sınırlı mineralleri, toplam şeker, protein ve hücre duvarı hacmi için depolama zamanı arasında bir etkileşim göstermiştir. Depolama süresi boyunca %2 CaCl_2 emdirilmiş elmada, dokuda ve hücre duvarında kalsiyumda bir artış olmuştur. 6 aylık bir depolama süresinden sonra, % 2 işlenmiş meyve ile işlenmemiş meyve karşılaştırıldığında K ve Na, hücre duvarı ile sınırlı Mg'deki zamanla azalma önemli oranda düşmüştür. 6 aylık depolama sonunda doku ve hücre duvarlarındaki bu önemli değişiklikler özellikle bu aşamanın ciddi olduğunu göstermiştir.

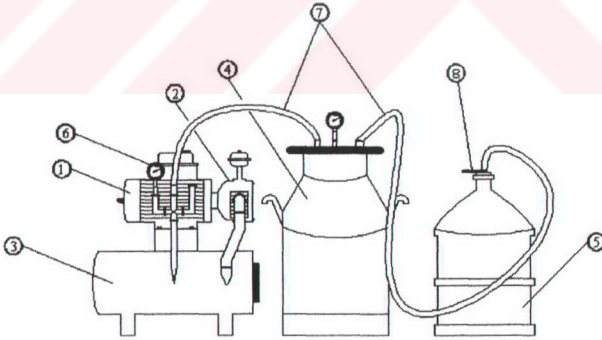
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Laboratuar Ölçeğindeki Vakumlu Kalsiyum İnfiltrasyon

Sisteminin Projelendirilmesi ve İmalatı

Konu ile ilgili literatürler incelendiğinde (Scott ve Wills 1977) vakum altında kalsiyum infiltrasyon sisteminde 200-760 mm Hg (26,66-101,325 kPa) aralığındaki mutlak basınç değerlerinde çalışabilen bir sisteme ihtiyaç olduğu görülmüştür. Bu vakum değerlerinin, halen uygulamada kullanılan mobil süt sağım makinalarında kullanılan, kuru tip vakum pompası ve vakum deposu ile elde edilebileceği belirlendiğinden, laboratuar sisteminde mobil süt sağım makinalarında kullanılan makine elemanlarından yararlanılabileceği belirlenmiştir. Laboratuar tipindeki vakum altında kalsiyum emdirme sistemi; elektrik motoru, vakum pompası vakum deposu, elmaların konulacağı vakum güğümü, manometreler, vanalar, hortumlar ve kalsiyum çözeltisinin bulunduğu kaptan oluşmuştur. Geliştirilen laboratuar tipi vakumlu kalsiyum emdirme sisteminin şematik görünüşü Şekil 4'de, genel görünüşü de Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 4. Laboratuar tipi vakumlu kalsiyum emdirme sisteminin şematik görünüşü

Sistemde yer alan parçaların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

- 1) Monofaze elektrik motoru; gücü 0,55 kW, devir sayısı 1400 d/d, çalışma akımı 3,7 A, çalışma gerilimi 220 V ve frekansı 50 Hz olan bir motordur.
- 2) Vakum pompası; kuru tip, grafit paletli, motora direkt akupleli ve 200 L/dak kapasitelidir.
- 3) Vakum deposu; sac malzemeden yapılmış ve 18 L hacmindedir.
- 4) Elmalar konulacağı vakum güğümü; alüminyum malzemeden yapılmış ve 40 L hacmindedir.
- 5) Çözelti kabı; plastik malzemeden yapılmış ve 19 L hacmindedir. Çözelti kabının üzeri, elmalar üzerine gönderilecek kalsiyum eriyiğinin miktarının ayarlanabilmesi için 15 litrelik bölümü ölçeklendirilmiştir. Bu kap Şekil 6'da gösterilmiştir.
- 6) Manometre
- 7) Şeffaf plastik hortum
- 8) Küresel vana



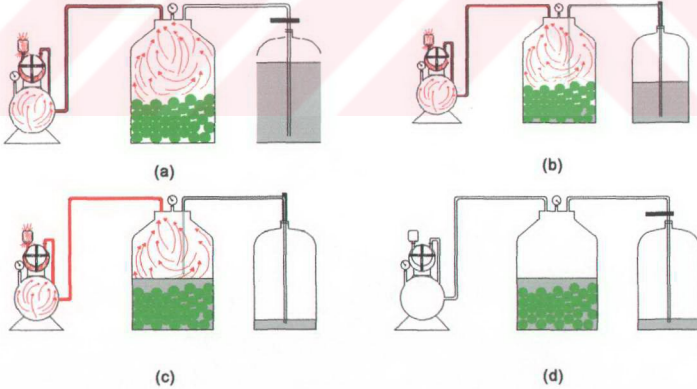
Şekil 5. Laboratuar tipi kalsiyum infiltrasyon sisteminin genel görünüşü



Şekil 6. Ölçeklendirilmiş çözelti kabı

3.1.2. Laboratuar Tipi Kalsiyum İnfiltrasyon Sisteminin Çalışma Prensibi

Laboratuar tipi vakumlu kalsiyum infiltrasyon sisteminin çalışma prensibi Şekil 7'de a,b,c ve d olarak gösterilmiştir.



Şekil 7. Vakumlu kalsiyum infiltrasyon sisteminin Çalışması

Elmalar 4 numaralı vakum güğümü içerisine yerleştirilmektedir. 5 numaralı kalsiyum çözelti kabı içerisinde 15 L çözelti bulunmaktadır. Şekil 7-

a'da 1 numaralı elektrik motoru çalıştırılarak 2 numaralı vakum pompası ve 3 numaralı vakum deposu aracılığı ile 4 numaralı vakum güğümü içerisindeki elmalar üzerinde istenen infiltrasyon basıncı sağlanmaktadır. İstenen basınç(vakum) değerine 4 ile 8 saniyede ulaşılmaktadır. İstenen değere ulaşıldığında elmalar bu basınç (vakum) değerinde 2-2,5 dakika kalmaktadır. Sonra kalsiyum çözelti kabı üzerindeki vana açılmakta ve kalsiyum çözeltisi vakum güğümü içerisindeki basınç(vakum) altında bulunan elmaların üzerine püskürtülmektedir (Şekil 7-b ve 7-c). Daha sonra kalsiyum çözelti kabı üzerindeki vana ve basınç(vakum) sistemi kapatılarak 60 s. elmalar çözelti içerisinde bekletilmektedir (Şekil 7-d).

3.1.3. Denemelerde Kullanılan Ölçü Aletleri ve Diğer Ekipmanlar

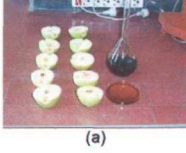
Denemelerde 1/1000 g. ölçekli elektronik hassas terazi, kronometre, "Golden Delicious" elması, dereceli ölçü kabı, üç kademeli vantilatör, su kabı, toz kalsiyum klorürden yararlanılmıştır. "Golden Delicious" elmaları, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünün meyve bahçelerinden temin edilmiştir. Denemelerde kullanılan bazı ölçü aletleri ve ekipmanlar Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Denemede kullanılan bazı ölçü aletleri ve ekipmanlar

Tezde ayrıca uygulamada kullanılabilecek olan ticari tip bir vakumlu infiltrasyon sisteminin proje çalışması yapılmıştır. Bu çalışma araştırma sonuçları bölümünde verilmiştir.

Denemelere başlamadan önce elmaların tam hasat döneminde olup olmadıklarını belirlemek için nişasta testi yapılmıştır (Özelkök ve Kaynaş ve Burak 1998). Bu testin yapılışı Şekil 9'da verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

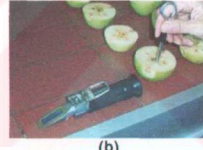
Şekil 9. Nişasta testi

Elmalar ortalarından aksenel olarak kesildikten sonra (Şekil 9-a), iyot çözeltisinin bulunduğu bir kaba daldırılmıştır (Şekil 9-b). Daha sonra, meyve olum dönemlerinin gösterildiği tabloya bakılarak karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 9-c).

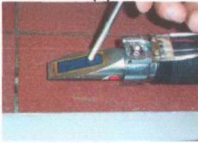
Suda çözünür madde miktarının ölçümünde refraktometre'den yararlanılmıştır (Özelkök ve Kaynaş ve Burak 1998). Ölçümlerde kullanılan malzemeler ve ölçüm şekli Şekil 10'da verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 10. Suda çözünür madde miktarının ölçümü

Paslanmaz metal bir çubuk hızlı bir şekilde meyveye batırılmıştır (Şekil 10-a ve b). Elma suyunun metal çubuk üzerine geçmesi sağlanmıştır. Sonra refraktometre ölçüm cihazının cam bölmesinin üzerine değdirilmiştir (Şekil 10-c). Daha sonra ışığa veya aydınlığa doğru bakılarak, göstergeden göz yardımı ile değeri okunmuştur (Şekil 10-d).

Meyve eti sertlik ölçüm cihazı ve ölçüm şekli Şekil 11'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 11. Meyve eti sertlik ölçüm cihazı ve ölçüm şekli

Meyve eti sertlik ölçümü için lb/inch² ve kg/cm² olarak ölçebilen sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır (Özelkök ve Kaynaş ve Burak 1998). Ucu elma için standart olarak 11 mm seçilmiştir. Ölçüm yapılmadan önce elmanın üç noktadan kabuğu soyulmuş ve pleytin üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 11-a). Daha sonra bu noktalardan elmanın yüzey sertliğine bakılmıştır (Şekil 11-b).

Kalsiyum analizinin yapılışı Şekil 12'de bir işlem zinciri halinde verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Şekil 12. Kalsiyum analizi işlem zinciri

Kalsiyum analizlerinin tamamı Uludağ Üniversitesi Toprak Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Analizde önce püre haline getirilen materyalden 1 gr örnek alınıp, deney kaplarına konulmuştur(Şekil 12-a). Daha sonra bu örneklerin her birinin içerisine 10 ml nitrik perklorik asidik çözelti konulmuştur (Şekil 12-b). Sonra 200 °C'ye kadar ısıtılabilen pleyt ısıtıcısının üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 12-c). Bütün bu işlemler bittikten sonra 50 °C'den başlanılarak 200° C'ye kadar örnekler ısıtılmıştır (Şekil 12-d). Tamamen şeffaf sıvı haline geldiğinde (toplam 4 saat sonra) örnekler alınmıştır (Şekil 12-e). 100 ml saf su içerisinde seyreltildikten sonra (Şekil 12-f), filtreden geçirilmiş (Şekil 12-g ve h) ve sonra örneklerin teker teker kalsiyum okuması yapılmıştır (Şekil 12-i). (Kacar 1972)

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Yöntemi

Birinci yıl denemelerine başlamadan önce, elmalarda vakum infiltrasyonunun gözlenebilmesi için denemeler yapılmıştır. Bunun için elmalar teker teker tartılmış, sonra 400(53,32 kPa), 350(46,66 kPa), 250(33,33 kPa) ve 200 mm Hg(26,66 kPa) mutlak basınç değerlerinde ve 2,5, 3, 4, 5 ve 6 dakikalık sürelerde elmalarda meydana gelen ağırlık kaybı belirlenmiştir.(Scott ve Wills 1977)

Bir sonraki denemelerde mutlak basınç değeri 250 mm Hg(33,33 kPa) olarak alınmış, süre 2,5 dakika tutulmuştur. Vakum işlemi bittikten sonra, elmalar içi su dolu bir kap içerisine 45 s. süre ile daldırılmıştır. Elma ağırlıkları yeniden ölçülmüştür. Böylece elmalarda infiltrasyon yoluyla oluşabilecek su kaybı ve su alımı elmalarda meydana gelen ağırlık farklarına göre belirlenmiştir. İki hafta üst üste bu denemeler yapılmıştır.

3.2.1.1. Birinci Hasat Yılı

İlk yapılan denemelerde elde edilen sonuçlar ışığında; 2, 2.5 dakika vakum zamanı, 350(46,66 kPa) ve 250 mm Hg(33,33 kPa) mutlak basınçta, 45

ve 60 sn çözeltiye daldırma zamanında, % 2, % 4 ve % 5 saflıkta kalsiyum klorür ile denemeler yapılmıştır. Birinci yıl toplam 24 deneme yapılmıştır. Her denemede 20 adet elma kullanılmıştır. 2, 4, 6 aylık her periyotta kalsiyum analizi, sertlik ve suda çözünür madde miktarı bütün tekerrürler için belirlenmiştir. Denemeler tam olum devresinde hasat edilen elmalar üzerinde yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen 24 adet denemenin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. (Scott ve Wills 1977)

Çizelge 1. Birinci hasat yılı deneme özellikleri

İşlem No	Mutlak Basınç değeri (mm Hg)	Vakum süresi (min)	Vakumda Daldırma süresi (s)	CaCl ₂ konsantrasyonu (%)
01	350	2	45	2
02	350	2	60	2
03	350	2.5	45	2
04	350	2.5	60	2
05	250	2	45	2
06	250	2	60	2
07	250	2.5	45	2
08	250	2.5	60	2
09	350	2	45	4
10	350	2	60	4
11	350	2.5	45	4
12	350	2.5	60	4
13	250	2	45	4
14	250	2	60	4
15	250	2.5	45	4
16	250	2.5	60	4
17	350	2	45	5
18	350	2	60	5
19	350	2.5	45	5
20	350	2.5	60	5
21	250	2	45	5
22	250	2	60	5
23	250	2.5	45	5
24	250	2.5	60	5

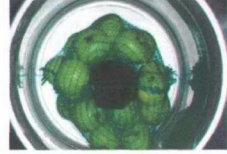
Şekil 13'de elmaların hazırlanışı ve vakum güğümüne konulma şekli gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 13. Elmaların hazırlanışı ve vakum güğümüne konulma şekli.

Elmalar 20'şerli olarak gruplandırılmıştır(Şekil 13-a). Sonra bir filenin içine konularak(Şekil 13-b), sistemde kullanılan vakum güğümüne yerleştirilmiştir. Sulu çözelti verildiğinde elmaların yüzeye çıkmasını engellemek için üzerine ağırlık yerleştirilmiştir(Şekil 13-c).

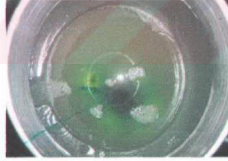
Sistemin çalıştırılması ve çözelti verildikten sonraki elmaların görüntüsü Şekil 14'de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 14. Sistemin çalıştırılması ve elmaların çözelti içerisindeki görüntüsü

Vakum pompası çalıştırılmış(Şekil 14-a) ve sistemin istenilen vakum değerlerine ulaşması sağlanmıştır(Şekil 14-b). Bu basınçta belli sürelerde bekletildikten sonra elmaların üzerine kalsiyum klorürlü sulu çözelti püskürtülmüştür. Elmaların tamamı bu sulu çözelti içerisinde kaldıktan sonra belli bir süre daha bekletilmiş(Şekil 14-c) ve sonra elmalar çıkartılarak kurumaya bırakılmıştır.

Her bir deneme bittikten sonra elmalar etiketlenerek, 0 ± 1 °C'deki soğuk depoya konulmuştur. 2, 4 ve 6. aylardan bir hafta önce olgulaştırma odasına alınmıştır. Burada elmalar 22 °C'de bir hafta bekletilmiştir. Daha sonra sertlik ölçümü, suda çözünür madde miktarı ölçümü yapılmıştır. Son olarak elmalar püre haline getirilerek Ca analizi için derin dondurucuya konulmuştur. Olgunlaştırma odasının genel görünüşü Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Olgunlaştırma odası

3.2.1.2. İkinci Hasat Yılı

Birinci hasat yılı verilerinde, 250 mm Hg(33,33 kPa) ve 350 mmHg(46,66 kPa) mutlak basınçlarda 2,5 dakika vakum zamanı, 60 saniye çözeltiye daldırma zamanı ve %2, %4 ve %5 saflıktaki kalsiyum klorür ile yapılan denemelerde meyve eti sertliği ve kalsiyum emdirme miktarları açısından en uygun sonuçlar elde edilmiştir. İkinci yılda 250 mm Hg(33,33 kPa) mutlak basıncı, fazla enerji harcaması ve meyve kabuğunda buruşmaya neden olmasından dolayı bu mutlak basınç değeri dikkate alınmamıştır. %5'lik kalsiyum konsantrasyon değeri de elma fizyolojisine yüksek konsantrasyonlu kalsiyum eriyiğinin olumsuz etkileyeceği düşünülerek ve % 5'lik konsantrasyon değerlerinin % 4'lük kalsiyum klorür konsantrasyonunda elde edilen değerlere yakın değerler vermesi nedeniyle ikinci hasat yılında % 5 lik konsantrasyon değeri de dikkate alınmamıştır. Burada daha az enerji harcanmasına olanak veren 550 mm Hg(73,32 kPa) mutlak basınçta elde edilebilecek infiltrasyon ve meyve eti sertliği değerlerinin belirlenmesi amacıyla ikinci hasat yılı denemelerinde 350 mm Hg(46,66) mutlak basıncı yanında 550 mm Hg(73,32

kPa) mutlak basıncı da denemeye alınmıştır. Buna göre ikinci hasat yılında 2.5 dakika vakum zamanı, 550(73,32 kPa) ve 350 mm Hg(46,66 kPa) mutlak basınç, 60 s. çözeltiye daldırma zamanı, % 2 ve % 4 saflıkta kalsiyum klorür ile denemeler yapılmıştır. Toplam, dört deneme ve karşılaştırma içinde kontrol elmaları olmak üzere beş deneme yapılmıştır. Her denemede 30'ar adet elma kullanılmıştır. 0, 2, 4, 6 aylık her periyotta kalsiyum analizi, sertlik ve suda çözünür madde miktarı bütün tekerrürler için belirlenmiştir. Denemelerin tamamında toplam 600 adet elma kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan elmalar tam olum devresinde hasat edilmiştir. Elma hasadında mümkün mertebe aynı büyüklük ve şekil özelliğine sahip elmaların alınması sağlanmıştır. İkinci hasat yılı deneme özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İkinci hasat yılı deneme özellikleri

Deneme No	Mutlak Basıncı değeri (mm Hg)	Vakum süresi (min)	Vakumda Daldırma süresi (s)	CaCl ₂ konsantrasyonu (%)
01	550	2.5	60	2
02	350	2.5	60	2
03	550	2.5	60	4
04	350	2.5	60	4

3.2.1.3. Bir Ton Kapasiteli Vakumlu Kalsiyum İnfiltrasyon Sisteminin Projelendirilmesi

Vakum altında kalsiyum infiltrasyon çalışmaları laboratuvar şartlarına uygun prototip üzerinde yapıldıktan sonra, bu çalışmadan elde edilen verilerin ışığında bu sistemin benzeri olan sanayicinin ya da üreticinin kullanabileceği büyüklükteki bir modeli tasarlanmıştır. Tesis büyüklüğünün belirlenmesinde ülkemizdeki işletme büyüklüğü de göz önüne alınmıştır.

Tasarım hesaplarının yapılmasında "Compress Build 6224 basınçlı kaplar tasarım bilgisayar programı"ndan yararlanılmıştır. (ASME 1983) Programda tasarım basıncına bağlı olarak malzeme kalınlığı belirlenebilmektedir. Bilgisayar programında kullanılan temel eşitlikler, Ca infiltrasyon sistemini oluşturan parçalar bazında sonuç bölümünde verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Elmalarda basınç(vakum) altında meydana gelen ağırlık kayıpları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Elmalarda vakum altında ağırlık kayıplarının belirlenmesi

Test No	Mutlak Basınç Değeri mmHg	Vakum Süresi (min)	Vakum Öncesi Ağırlık (g)	Vakum Sonrası Ağırlık (g)	Aradaki Fark (g)
1	200	2,5	181,150	181,120	0,030
2	250	3	160,074	160,050	0,024
3	300	4	129,195	129,177	0,018
4	350	5	160,862	160,837	0,025
5	400	6	165,190	165,158	0,032

Çizelge 3'te, yüksek vakum(200 mm Hg(26,66 kPa)) ve 2.5 dakikalık süre ile, düşük vakum(400 mm Hg(53,32 kPa)) ve yüksek sürede elmalarındaki ağırlık kayıpları aynı oranda olduğu görülmektedir. 200 mm Hg(26,66 kPa) mutlak basınçta elmalarda aşırı deformasyon (buruşma) gözlenmiştir.

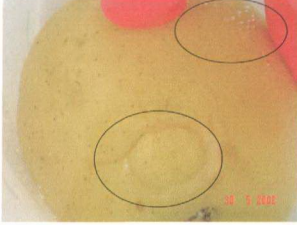
Bir önceki denemenin bulguları ve literatür ışığında 250 mm Hg(33,33 kPa) mutlak basınçta, 2,5 min. vakum süresi ve 45 s. suya daldırma süresinde yapılan denemeler Çizelge 4'te verilmiştir. Her bir testte bir elma kullanılmıştır.

Çizelge 4. Suya daldırılarak yapılan denemeler

Test No	Mutlak Basınç Değeri (mm Hg)	Süre (min)	Vakum Öncesi Ağırlık (g)	Vakum Sonrası Ağırlık (g)	Daldırma Öncesi Fark (g)	Daldırma Süresi (s)	Daldırma Sonrası Ağırlık (g)	Daldırma Sonrası Fark (g)
1	250	2,5	126,556	126,542	0,014	45	126,600	0,058
2	250	2,5	158,511	158,487	0,024	45	158,500	0,013
3	250	2,5	136,686	136,634	0,052	45	136,640	0,006
4	250	2,5	129,969	129,932	0,037	45	129,920	0,012
5	250	2,5	170,534	170,475	0,059	45	170,480	0,005
6	250	2,5	141,933	141,897	0,036	45	141,910	0,013
7	250	2,5	131,654	131,600	0,054	45	131,620	0,020
8	250	2,5	141,353	141,298	0,055	45	141,340	0,042
9	250	2,5	109,101	109,060	0,041	45	109,095	0,045
10	250	2,5	132,113	132,070	0,043	45	132,085	0,015

Çizelge 4'te elmaların ağırlığına bağlı olarak kayıplar değişmiştir. Özellikle büyük elmalarda ağırlık kayıpları daha fazla olmuştur. 5 numaralı elmada hacimsel büyüklük, ağırlık kaybının diğer elmalara göre daha fazla

olmasına sebep olmuştur. Bu denemelerde elmalardan transfer edilen hava kabarcıkları ve yüksek vakum değerlerinde elma kabuğundaki buruşma Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16. Elmalardaki buruşma ve daldırma sonrası elma yüzeyindeki kabarcıklar.

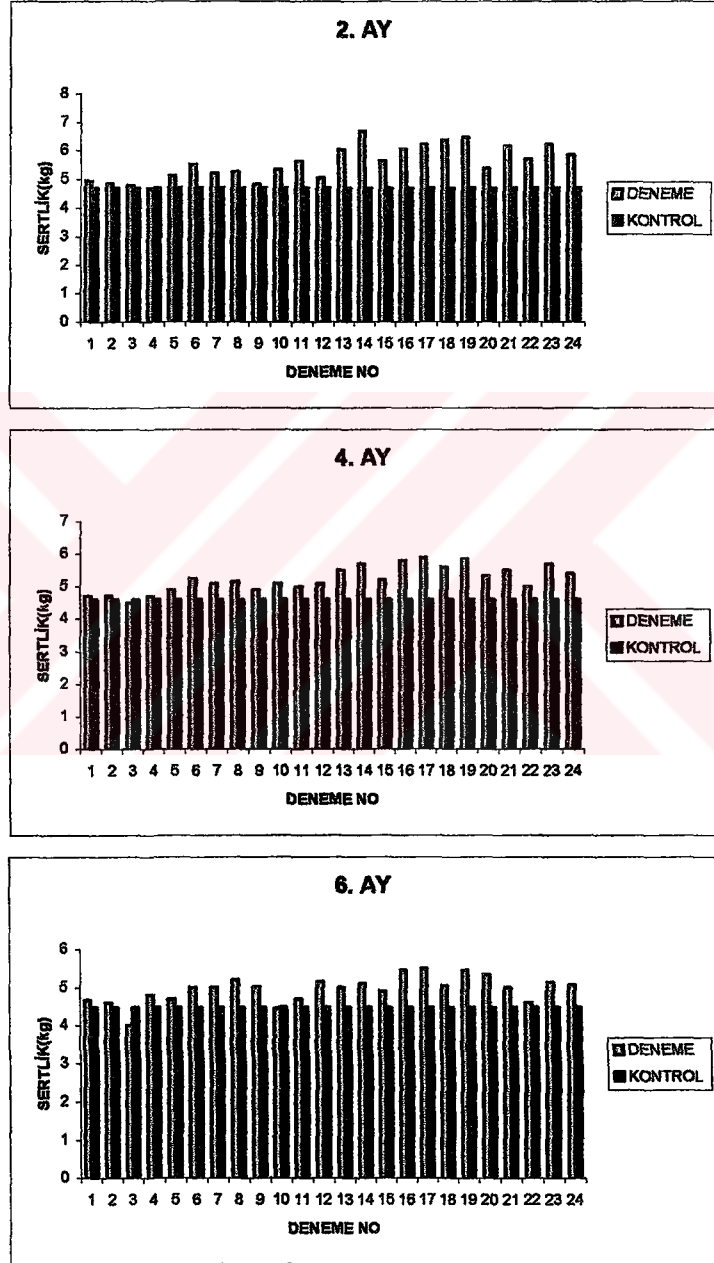
4.1. Birinci Hasat Yılı Deneme Bulguları

Kalsiyum Klorür emdirilmiş elmada ve işlem görmemiş elmada sertlik suda çözünür madde miktarı ölçümleri, Çizelge 1'deki deneme özelliklerinden yararlanılarak 2, 4 ve 6 aylık periyotlarda Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Birinci hasat yılı 2, 4 ve 6 aylık deneme bulguları

Den. No	Ca emdirilmiş						Kontrol(işlem görmemiş)					
	Sertlik (kg)			Suda çözünür madde miktarı (%)			Sertlik (kg)			Suda çözünür madde miktarı (%)		
	2.AY	4.AY	6.AY	2.AY	4.AY	6.AY	2.AY	4.AY	6.AY	2.AY	4.AY	6.AY
01	4,95	4,7	4,66	11,4	12,4	13,6	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
02	4,85	4,72	4,6	13,54	13,5	14,12	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
03	4,79	4,5	4,01	13,24	13	13,9	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
04	4,69	4,7	4,8	11,96	12	12,5	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
05	5,13	4,9	4,7	10,8	10,4	12,1	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
06	5,52	5,25	5	15,08	14,8	14,3	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
07	5,22	5,1	5	14,72	14,75	14,84	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
08	5,26	5,15	5,2	14,2	14,7	15,3	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
09	4,84	4,9	5,02	14,16	14,3	15,2	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
10	5,34	5,1	4,45	15,35	15	14,48	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
11	5,65	5	4,7	14,4	14	13,8	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
12	5,06	5,1	5,15	13,6	14,3	15,4	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
13	6,04	5,5	5	16,32	15,8	15,3	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
14	6,7	5,7	5,1	15,2	15	14,88	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
15	5,65	5,2	4,9	13,92	13,8	14	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
16	6,06	5,8	5,45	14,65	14,8	15,2	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
17	6,24	5,9	5,5	14,92	15	15,5	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
18	6,41	5,6	5,05	14,68	14,8	15	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
19	6,48	5,85	5,45	14,56	14,8	15,3	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
20	5,39	5,32	5,34	12,5	12,8	13,2	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
21	6,18	5,5	5	12,15	12	12,96	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
22	5,71	5	4,6	13,72	13,5	13,44	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
23	6,24	5,7	5,14	13,72	13,5	14	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72
24	5,86	5,4	5,07	13,68	13,5	13,84	4,71	4,6	4,48	13,26	13,5	13,72

Çizelge 5'te de görüldüğü gibi 08, 14, 16, 17, 19, 20 nolu işlemlerde meyve sertliği açısından işlem görmemiş elmalara göre oldukça başarılı sertlik değerleri elde edilmiştir. 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik bulguları Şekil 17'de grafik olarak verilmiştir.



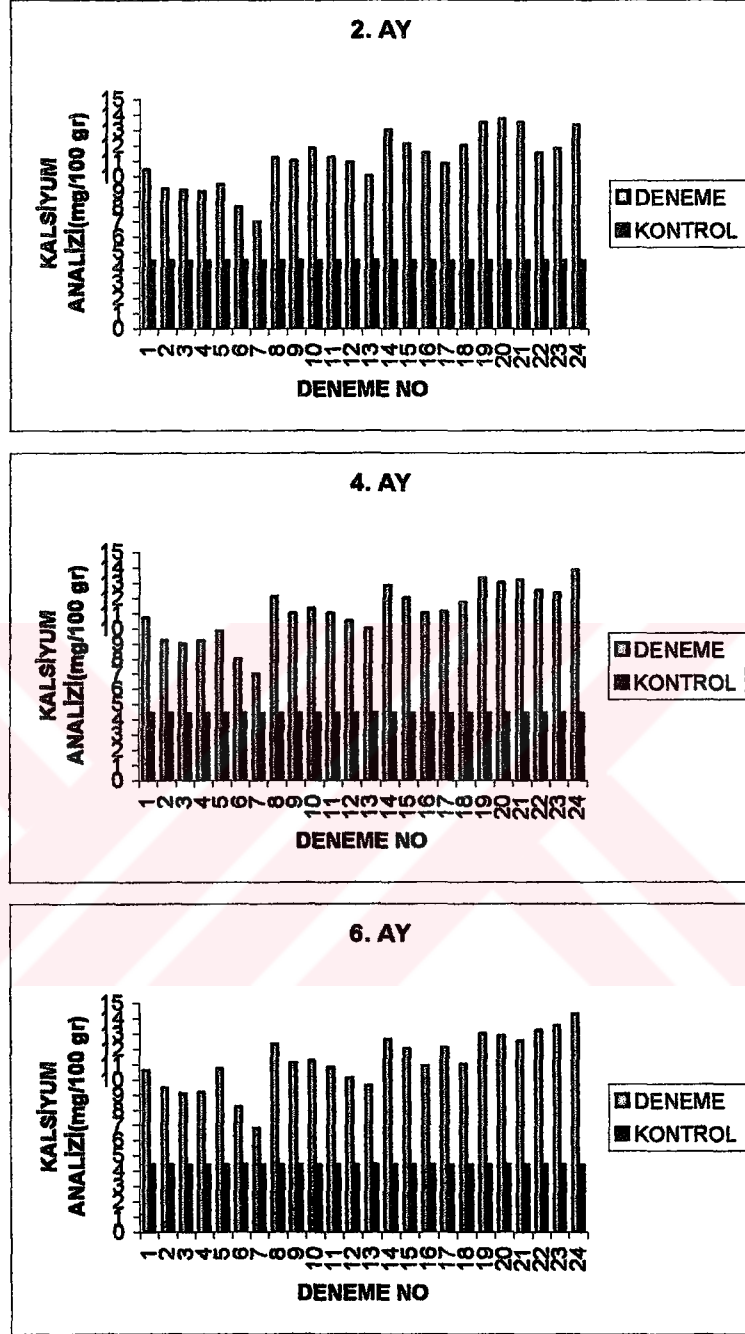
Şekil 17. 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik bulguları(1.yıl)

Birinci yıldaki 24 deneme için Ca analiz bulguları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Birinci hasat yılı Ca analiz bulguları

DENEY NO	2. AY (mg/100g)	KONTROL (mg/100g)	4. AY (mg/100g)	KONTROL (mg/100g)	6. AY (mg/100g)	KONTROL (mg/100g)
01	10,4	4,46	10,7	4,42	10,6	4,41
02	9,16	4,46	9,19	4,42	9,45	4,41
03	9,09	4,46	9	4,42	9,1	4,41
04	9,01	4,46	9,2	4,42	9,15	4,41
05	9,48	4,46	9,85	4,42	10,7	4,41
06	8	4,46	8	4,42	8,2	4,41
07	7	4,46	7	4,42	6,8	4,41
08	11,2	4,46	12,1	4,42	12,3	4,41
09	11	4,46	11	4,42	11,1	4,41
10	11,8	4,46	11,3	4,42	11,2	4,41
11	11,2	4,46	11	4,42	10,8	4,41
12	10,9	4,46	10,5	4,42	10,1	4,41
13	10	4,46	10	4,42	9,6	4,41
14	13	4,46	12,8	4,42	12,6	4,41
15	12,1	4,46	12	4,42	12	4,41
16	11,5	4,46	11	4,42	10,9	4,41
17	10,8	4,46	11,1	4,42	12,1	4,41
18	12	4,46	11,7	4,42	11	4,41
19	13,5	4,46	13,3	4,42	13	4,41
20	13,7	4,46	13	4,42	12,85	4,41
21	13,5	4,46	13,2	4,42	12,5	4,41
22	11,5	4,46	12,5	4,42	13,2	4,41
23	11,8	4,46	12,3	4,42	13,5	4,41
24	13,3	4,46	13,8	4,42	14,28	4,41

Burada, 19, 20 ve 24'üncü işlemler Ca miktarı açısından en yüksek değeri vermiştir. Özellikle 24. işlemde kontrole göre 3.2 katlık bir artış sağlanmıştır. Bu artış diğer deneylerde de gözlenmiştir. Kalsiyum miktarındaki en az artış 6. ve 7. denemelerde gözlenmiştir. Bu düşüklüğün nedeni olarak elmaların Ca emdirilmesi sırasında filenin ortasında kalma olasılığı düşünülebilir. 2, 4 ve 6. aylardaki kalsiyum analizi bulguları Şekil 18'de grafik olarak da verilmiştir.



Şekil 18. 2, 4 ve 6. aylardaki kalsiyum analizi bulguları(1. yıl)

Birinci yıl sonunda elde edilen sertlik ölçüm sonuçları ve kalsiyum analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Ca ve sertlik açısından 250 mm Hg(33,33 kPa) mutlak basıncındaki değerlerin, 350 mm Hg(46,66 kPa) mutlak basınç değerlerinden çok farklı olmadığı kalsiyum analizi sonuçlarından ortaya çıkmıştır. Diğer yandan, sistemin çalışması sırasında tüketilen enerjide önemli

olmaktadır. Burada 250 mm Hg(33,33 kPa)'de tüketilen enerjinin, 350 mm Hg(46,66 kPa)'ye göre daha yüksek olması nedeniyle, ikinci yıl denemelerinde bu iki nedenden dolayı enerji harcaması yüksek olan ve Ca değerleri açısından fazla fark oluşturmeyen 250 mm Hg(33,33 kPa)'lık düşük basınç değeri kullanılmamış, bunun yerine 350 mm Hg(46,66 kPa)'lık yüksek basınç değerinde araştırma sürdürülmüştür. İkinci yıldaki denemelerde daha önce denemeye alınmayan yüksek basınç değerlerindeki kalsiyum infiltrasyon değerlerinin izlenmesi için 550 mm Hg(73,32 kPa) mutlak basıncında da denemeler yapılmıştır.

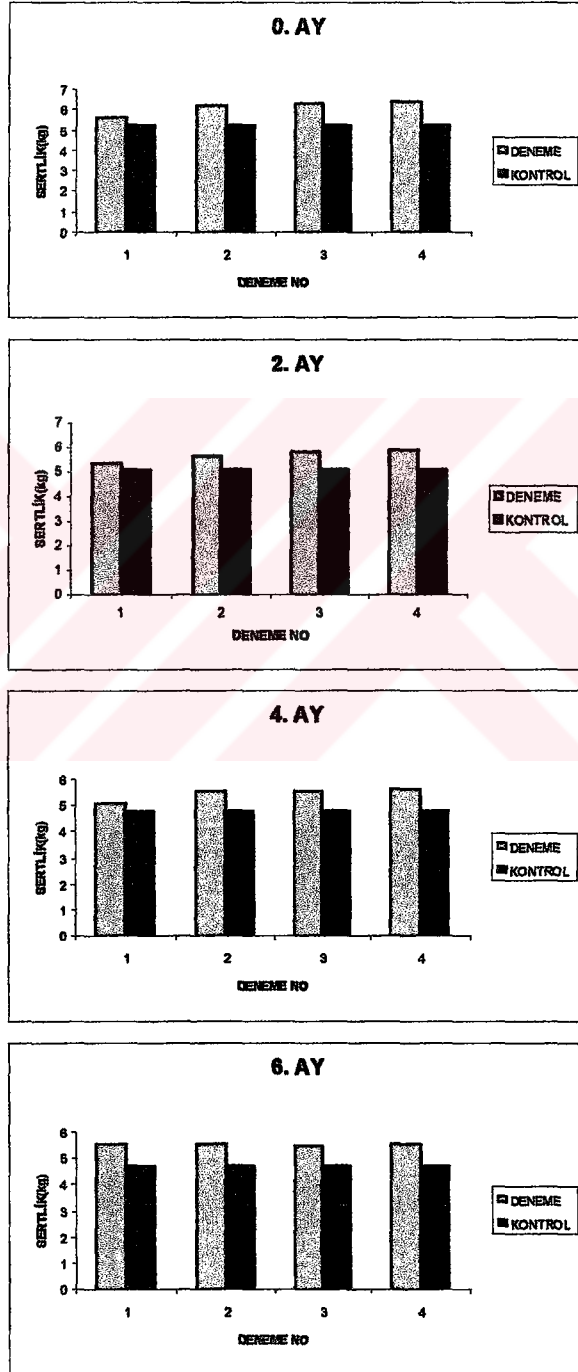
4.2. İkinci Hasat Yılı Deneme Bulguları

Ca emdirilmiş elmada 4 adet deneme ve kontrol(işlem görmemiş) elmada sertlik, suda çözünür madde miktarı ölçümleri, Çizelge 2'deki deneme özelliklerinden yararlanarak 0, 2, 4 ve 6 aylık periyotlar için Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. İkinci hasat yılı sertlik ve suda çözünür madde miktarı analiz bulguları

Süre (Ay)	Deneme No	Ca emdirilmiş		Kontrol(işlem görmemiş)	
		Sertlik (kg/cm ²)	Suda çöz. Mad. Mik. (%)	Sertlik (kg/cm ²)	Suda çöz. Mad. Mik. (%)
0	1	5,67	15,7	5,22	15,1
	2	6,23	14,8		
	3	6,29	14,9		
	4	6,45	15,2		
2	1	5,35	16,4	5,10	16,1
	2	5,65	16,5		
	3	5,82	16,8		
	4	5,91	16,4		
4	1	5,1	16,7	4,8	17,0
	2	5,53	16,9		
	3	5,56	17,5		
	4	5,60	16,8		
6	1	5,55	16,9	4,7	17,2
	2	5,55	16,5		
	3	5,44	17,1		
	4	5,58	16,2		

Çizelge 7'de de görüldüğü gibi ortalamalara bakılacak olursa; işlem görmemiş elmalara göre, işlem görmüş elmaların sertlik miktarları daha fazla olmaktadır. Şekil 19'da 0, 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik bulguları grafikler halinde de verilmiştir.



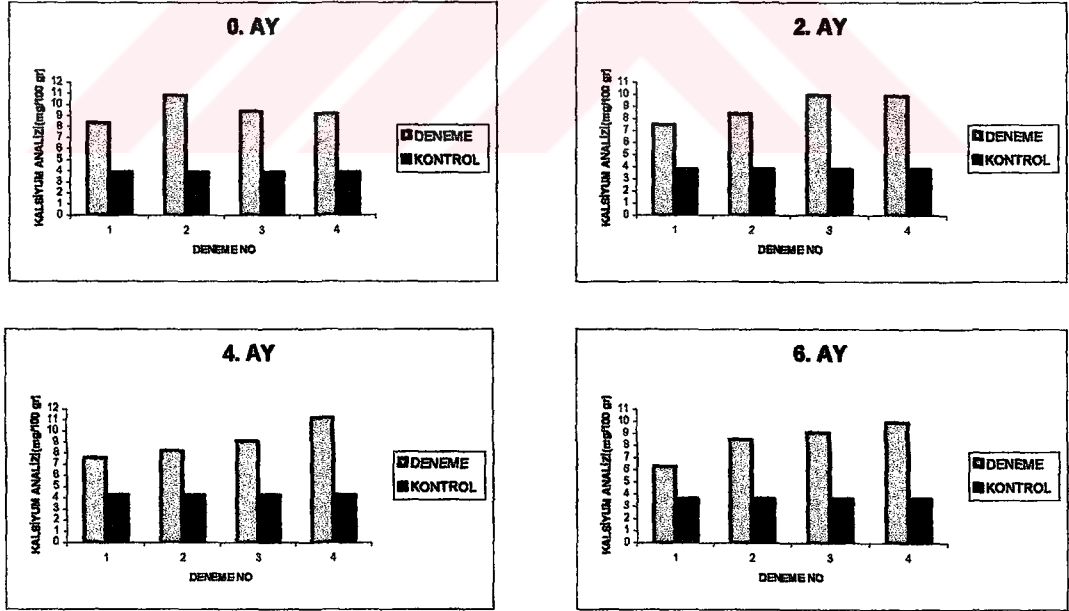
Şekil 19. 0, 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik bulguları(2. yıl)

İkinci yılda 4 deneme için Ca analiz bulguları, Çizelge 2'deki deneme özellikleri göz önüne alınarak Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. İkinci hasat yılı Ca analiz bulguları

	0. AY mg/100 gr	2. AY mg/100 gr	4. AY mg/100 gr	6. AY mg/100 gr
KONTROL (İŞLEM GÖRMEMİŞ)	3,88	3,78	4,26	3,63
DENEME 01	8,33	7,47	7,57	6,29
DENEME 02	10,81	8,40	8,20	8,49
DENEME 03	9,37	9,90	9,11	9,09
DENEME 04	9,17	9,84	11,20	9,89

Deneme 02'de 0. ayda en yüksek değer çıkmış, ancak diğer aylarda bu yükseliş azalmış ve değerler 8 mg'ın biraz üzerinde seyretmiştir. Deneme 03 ve Deneme 04'te ise değerler tüm periyotlarda 9 mg'ın üzerinde çıkmıştır. En yüksek değer Deneme 04'te 4. ayda gerçekleşmiştir. Şekil 20'de 0, 2, 4 ve 6. aylardaki kalsiyum analiz bulguları grafikler halinde de verilmiştir.



Şekil 20. 0, 2, 4 ve 6. aylardaki kalsiyum analizi bulguları(2. yıl)

İkinci yıl ayrıca tat kontrolleri yapılmıştır. Bunun için 5 kişi belirlenmiş ve

aşağıda belirtilen kriterleri kıyaslaması istenmiştir. Bulgular Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. İkinci hasat yılı tat kontrolleri (Çizelge'de yer alan rakam karşılıkları, 1 çok kötü, 2 kötü, 3 yenebilir, 4 iyi, 5 çok iyi'dir.)

Süre (Ay)	Şahıs	DENEME NO 01	DENEME NO 02	DENEME NO 03	DENEME NO 04	KONTROL (Ca yok)
0	1.	4	3	3	2	2
	2.	3	4	5	2	2
	3.	3	4	3	4	3
	4.	4	3	2	4	3
	5.	3	4	4	4	4
2	1.	2	4	5	3	2
	2.	1	5	3	5	4
	3.	3	3	4	3	2
	4.	5	3	2	4	1
	5.	3	4	3	3	1
4	1.	3	4	4	3	3
	2.	3	4	4	4	3
	3.	3	5	3	4	3
	4.	3	3	3	3	4
	5.	4	5	3	3	3
6	1.	3	3	5	4	3
	2.	2	3	4	4	3
	3.	3	5	3	4	3
	4.	4	3	2	5	4
	5.	4	5	3	3	3

Görüldüğü gibi elmalar genelde yenebilir durumda çıkmıştır. Ayrıca değerlendiriciler Ca emdirilen elmaların kontrol elmasına göre biraz daha sert ve hoş a giden ekşimsi bir tadının olduğunu belirtmişlerdir.

4.3. Araştırma Sonuçlarına İlişkin İstatistik Analizler

Araştırma sonuçlarına ilişkin istatistik analizleri iki şekilde yapılmıştır. Birinci kısımda 0, 2, 4 ve 6. aylarda her bir meyvede ölçülen sertlik değerlerinin standart sapması, minimum ve maksimum değerleri belirlenmiştir. Bu analiz ile ölçülen değerler arasındaki dağılım düzgünlüğü gözlenmiştir. İkincisinde ise, ikinci yılda elde edilen sonuçlar SPSS istatistik programı kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için ki kare testi uygulanmıştır

4.3.1. 0, 2, 4 ve 6. Aylarda Ölçülen Sertlik Değerlerinin Standart Sapması ve Dağılım yüzdeleri

Her bir elmada 0, 2, 4 ve 6. aylarda ölçülen sertlik değerlerinin dağılımını izlemek amacıyla ölçüm değerlerinin standart sapması, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 10'da verilmiştir.(Gürsakal 1988)

Çizelge 10. İkinci hasat yılı 0, 2, 4 ve 6. aylardaki sertlik değerlerinin std. sapması, minimum ve maksimum değerleri

SÜRE		KONTROL	DENEME 1	DENEME 2	DENEME 3	DENEME 4
0	N(adet)	90	90	90	90	90
	Std. Sapma	0,3406	0,3302	0,4070	0,3633	0,3895
	Minimum	4,10	4,90	5,40	5,70	5,60
	Maksimum	6,00	6,40	7,20	7,20	7,80
2	N(adet)	78	87	87	87	90
	Std. Sapma	0,4233	0,3113	0,42	0,3474	0,4476
	Minimum	4,10	4,60	4,80	5,10	5,00
	Maksimum	6,40	6,70	6,90	6,70	7,60
4	N(adet)	81	90	84	87	87
	Std. Sapma	0,4172	0,3181	0,5105	0,3902	0,4030
	Minimum	3,50	4,10	4,50	4,90	5,00
	Maksimum	5,60	6,00	6,80	6,70	6,80
6	N(adet)	72	78	87	87	87
	Std. Sapma	0,3783	0,3356	0,5004	0,3830	0,3419
	Minimum	3,60	4,80	4,70	4,80	4,90
	Maksimum	5,60	6,30	6,80	6,60	6,50

0. ayda kontrol meyvelerinin minimum sertlik değerleri, deneme 01, 02, 03 ve 04 nolu meyvelerin sertlik değerlerinden düşük çıkmıştır. Bu ayda standart sapma en yüksek deneme 02'de olmuştur. En yüksek sertlik değeri ise deneme 04'te elde edilmiştir. İkinci ayda ise, kontrol meyvelerinde gruplanan 30 elma içerisinde 4 elma ölçülemeyecek şekilde bozulmaya uğramıştır. Deneme 01, 02 ve 03'te bir elma bozulmuş ve ölçüm yapılamamıştır. Bu ayda standart sapma en yüksek deneme 04'te çıkmıştır. Dördüncü ayda, kontrol meyvelerinde 3, deneme 02'de 2, deneme 03 ve 04'te 1 elma bozulmuş ve ölçüm

yapılamamıştır. Deneme 01'de ise gruplanan elmalarda bozulma olmamıştır. Bu ayda sertlik değeri en yüksek deneme 02 ve deneme 04'te çıkmıştır. Standart sapma ise en yüksek deneme 02'de çıkmıştır. Altıncı ayda ise kontrol meyvesinde 6, deneme 01'de 4, deneme 02, 3 ve 04'te 1 elma bozulmuştur. Bu ayda maksimum sertlik değeri deneme 02'de ölçülmüş ama standart sapma en yüksek bu grupta çıkmıştır. En düşük standart sapma ise deneme 01 ve deneme 04'te çıkmıştır.

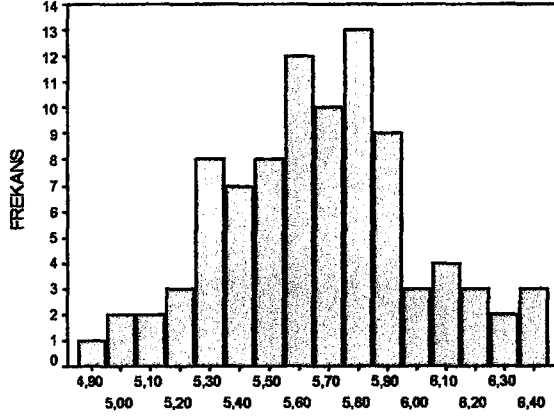
Sertlik verilerinin frekans değerleri ve sertlik değerlerinin yüzdesel oranları belirlenmiştir(Gürsaka1 1988). Bu değerler 0, 2, 4 ve 6. aylar için sırasıyla Çizelge 11, 12, 13 ve 14'te ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 11. İkinci hasat yılı 0. ayda frekans değerleri

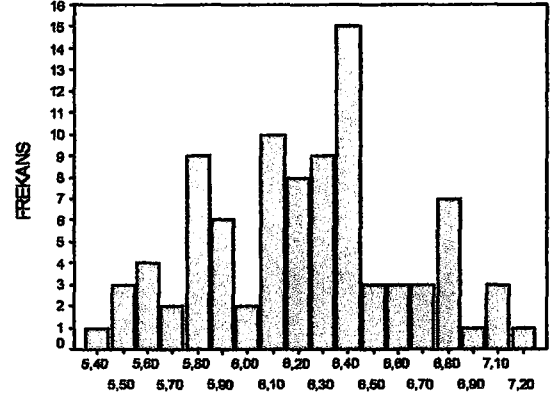
KONTROL			DENEME 1			DENEME 2			DENEME 3			DENEME 4		
Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%
4,10	1	1,1	4,90	1	1,1	5,40	1	1,1	5,70	1	1,1	5,60	2	2,2
4,50	1	1,1	5,00	2	2,2	5,50	3	3,3	5,80	12	13,3	5,80	1	1,1
4,60	1	1,1	5,10	2	2,2	5,60	4	4,4	5,90	5	5,6	5,90	5	5,6
4,70	3	3,3	5,20	3	3,3	5,70	2	2,2	6,00	5	5,6	6,00	4	4,4
4,80	10	11,1	5,30	8	8,9	5,80	9	10,0	6,10	8	8,9	6,10	2	2,2
4,90	3	3,3	5,40	7	7,8	5,90	6	6,7	6,20	13	14,4	6,20	10	11,1
5,00	4	4,4	5,50	8	8,9	6,00	2	2,2	6,30	14	15,6	6,30	16	17,8
5,10	13	14,4	5,60	12	13,3	6,10	10	11,1	6,40	8	8,9	6,40	13	14,4
5,20	8	8,9	5,70	10	11,1	6,20	8	8,9	6,50	6	6,7	6,50	9	10,0
5,30	15	16,7	5,80	13	14,4	6,30	9	10,0	6,70	5	5,6	6,60	3	3,3
5,40	9	10,0	5,90	9	10,0	6,40	15	16,7	6,80	5	5,6	6,70	10	11,1
5,50	7	7,8	6,00	3	3,3	6,50	3	3,3	6,90	3	3,3	6,80	2	2,2
5,60	8	8,9	6,10	4	4,4	6,60	3	3,3	7,00	2	2,2	6,90	2	2,2
5,70	2	2,2	6,20	3	3,3	6,70	3	3,3	7,10	1	1,1	7,00	2	2,2
5,80	2	2,2	6,30	2	2,2	6,80	7	7,8	7,20	2	2,2	7,10	4	4,4
5,90	1	1,1	6,40	3	3,3	6,90	1	1,1	Top.	90	100,0	7,20	2	2,2
6,00	2	2,2	Top.	90	100,0	7,10	3	3,3				7,30	2	2,2
Top.	90	100,0				7,20	1	1,1				7,80	1	1,1
						Top.	90	100,0				Top.	90	100,0

Çizelge 11'de ortalama değerlere en yakın değerler koyu olarak belirtilmiştir. Frekans değerlerine bakılacak olursa, 0. ayda kontrol meyvelerinde 5,10 kg/cm² değerinden 13 adet veri ölçülmüştür. Deneme 01'de ise, 5,80 kg/cm² değerinden 13 adet veri ölçülmüştür. Deneme 02'de ise 6,40 kg/cm² değerinden 15 adet veri ölçülmüştür. Deneme 03'te ise 6,30 kg/cm² değerinden 14 adet veri ölçülmüştür. Deneme 04'te ise 6,30 kg/cm² değerinden 16 adet, 6,40 kg/cm² değerinden ise 13 adet veri ölçülmüştür.

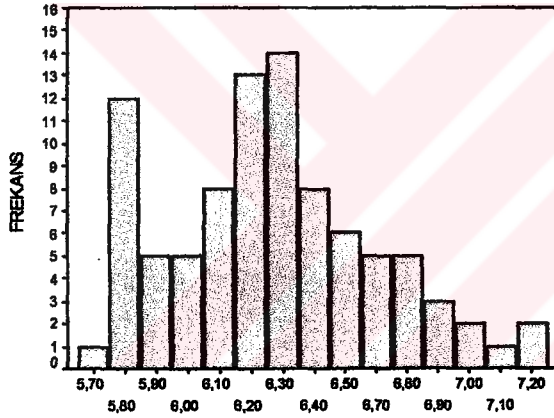
Sertliğe bağlı olarak 0. aydaki frekans değerlerinin dağılımı grafiksel olarak ta Şekil 21'de verilmiştir.



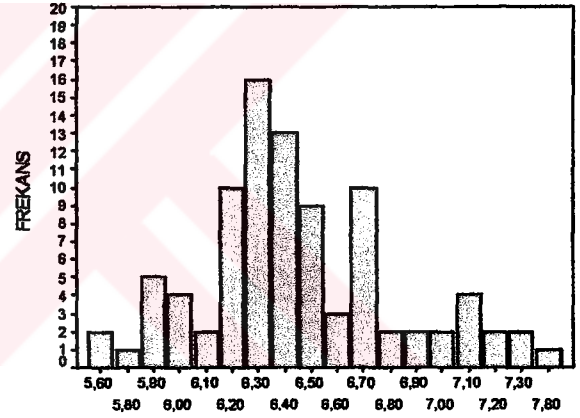
DENEME 1



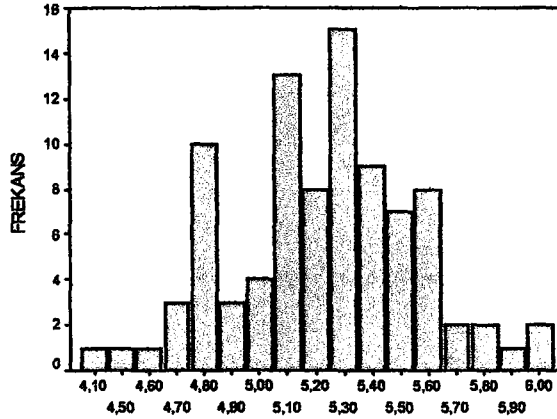
DENEME 2



DENEME 3



DENEME 4



KONTROL

Şekil 21. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(0.Ay)

0. ayda çubuk diyagramlarına bakıldığında, ortalamaya en yakın değerler kontrol, deneme 01, deneme 02, deneme 03 ve deneme 04 gözlenmiştir. Kontrol, deneme 01 ve deneme 03'te ortalama değerden farklı olan değerlerin frekansları yüksek çıkmıştır. Bu ayda deneme 04'te, ortalamaya en yakın olan 6,20 kg/cm², 6,30 kg/cm², 6,40 kg/cm² ve 6,50 kg/cm² sertlik değerlerinin toplamdaki yüzdesel payı % 53,3 bulunmuştur. Bu oran deneme 4 meyvelerinden sonra en yüksek % 50'lik payla kontrol meyvelerinde çıkmıştır.

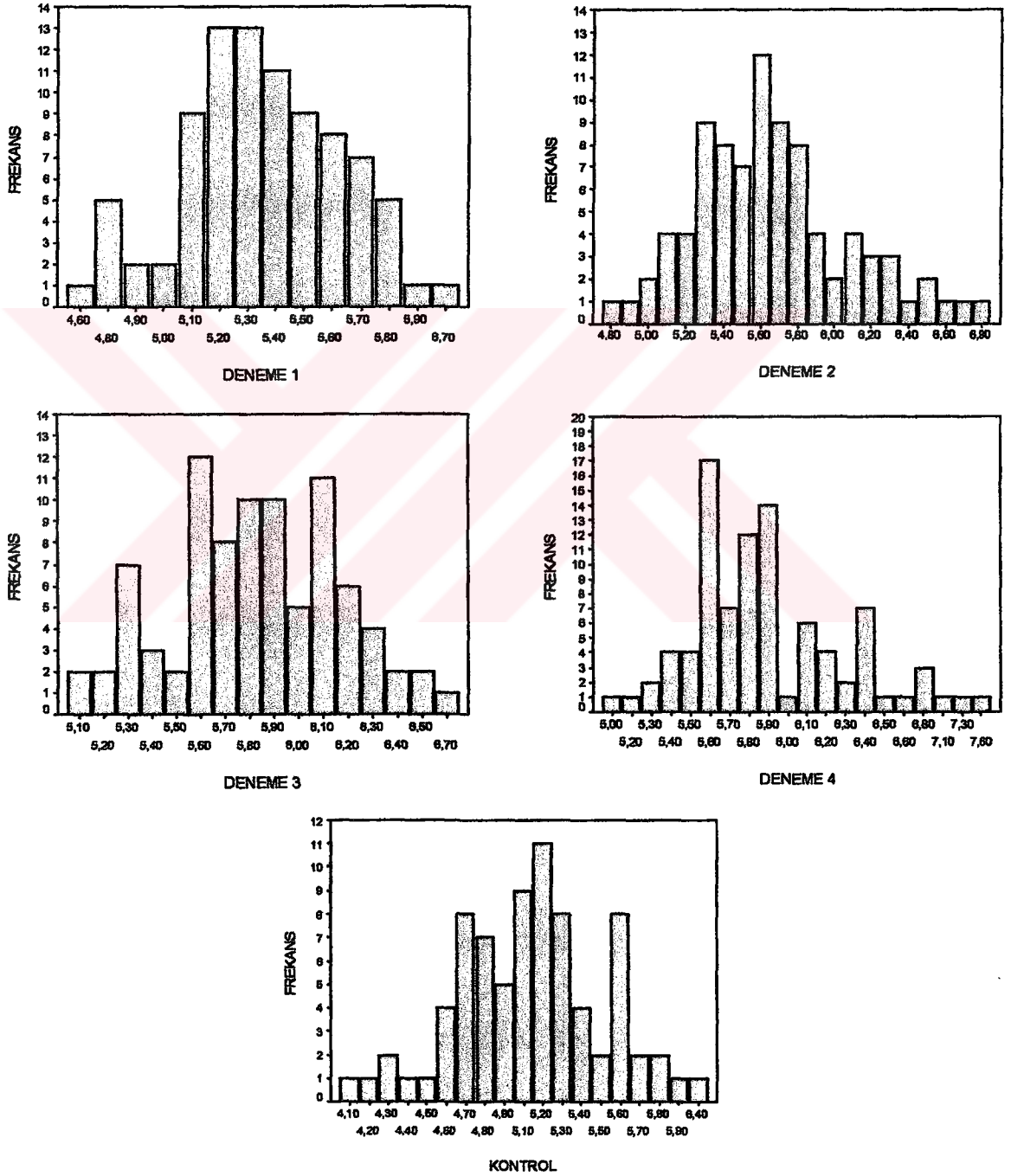
Çizelge 12. İkinci hasat yılı 2. ayda frekans değerleri

KONTROL			DENEME 1			DENEME 2			DENEME 3			DENEME 4		
Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%
4,10	1	1,3	4,60	1	1,1	4,80	1	1,1	5,10	2	2,3	5,00	1	1,1
4,20	1	1,3	4,80	5	5,7	4,90	1	1,1	5,20	2	2,3	5,20	1	1,1
4,30	2	2,6	4,90	2	2,3	5,00	2	2,3	5,30	7	8,0	5,30	2	2,2
4,40	1	1,3	5,00	2	2,3	5,10	4	4,6	5,40	3	3,4	5,40	4	4,4
4,50	1	1,3	5,10	9	10,3	5,20	4	4,6	5,50	2	2,3	5,50	4	4,4
4,60	4	5,1	5,20	13	14,9	5,30	9	10,3	5,60	12	13,8	5,60	17	18,9
4,70	8	10,3	5,30	13	14,9	5,40	8	9,2	5,70	8	9,2	5,70	7	7,8
4,80	7	9,0	5,40	11	12,6	5,50	7	8,0	5,80	10	11,5	5,80	12	13,3
4,90	5	6,4	5,50	9	10,3	5,60	12	13,8	5,90	10	11,5	5,90	14	15,6
5,10	9	11,5	5,60	8	9,2	5,70	9	10,3	6,00	5	5,7	6,00	1	1,1
5,20	11	14,1	5,70	7	8,0	5,80	8	9,2	6,10	11	12,6	6,10	6	6,7
5,30	8	10,3	5,80	5	5,7	5,90	4	4,6	6,20	6	6,9	6,20	4	4,4
5,40	4	5,1	5,90	1	1,1	6,00	2	2,3	6,30	4	4,6	6,30	2	2,2
5,50	2	2,6	6,70	1	1,1	6,10	4	4,6	6,40	2	2,3	6,40	7	7,8
5,60	8	10,3	Top.	87	100,0	6,20	3	3,4	6,50	2	2,3	6,50	1	1,1
5,70	2	2,6				6,30	3	3,4	6,70	1	1,1	6,60	1	1,1
5,80	2	2,6				6,40	1	1,1	Top.	87	100,0	6,80	3	3,3
5,90	1	1,3				6,50	2	2,3				7,10	1	1,1
6,40	1	1,3				6,60	1	1,1				7,30	1	1,1
Top.	78	100,0				6,70	1	1,1				7,60	1	1,1
						6,90	1	1,1				Top.	90	100,0
						Top.	87	100,0						

Çizelge 12'de ortalama değerlere en yakın değerler koyu olarak belirtilmiştir. Frekans değerlerine bakılacak olursa, 0. ayda kontrol meyvelerinde 5,20 kg/cm² değerinden 11 adet veri ölçülmüştür. Deneme 01'de ise, 5,20 kg/cm² ve 5,30 kg/cm² değerinden 13 adet veri ölçülmüştür. Deneme 02'de ise 5,60 kg/cm² değerinden 12 adet veri ölçülmüştür. Deneme 03'te ise 5,60 kg/cm² değerinden 12 adet, 6,10 kg/cm² değerinden 11 adet veri ölçülmüştür. Deneme 04'te ise 5,90 kg/cm² değerinden 14 adet, 5,80 kg/cm² değerinden ise 12 adet veri ölçülmüştür.

Frekansların her bir denemede farklı olması, meyvenin kalsiyum alımının bölgesel olarak değiştiğini göstermektedir. Bu aynı zamanda depo içerisinde meyvenin zamana bağlı olarak su kaybettiğini de göstermektedir.

Sertliğe bağlı olarak 2. aydaki frekans değerlerinin dağılımı Şekil 22'de verilmiştir.



Şekil 22. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(2.Ay)

İkinci ayda çubuk diyagramlarına bakıldığında, ortalamaya en yakın değerler kontrol, deneme 01 ve deneme 02'de gözlenmiştir. Deneme 03 ve deneme 04'te ise ortalamadan farklı değerler frekans olarak en yüksek çıkmıştır. Bu ayda deneme 01'de, ortalamaya en yakın olan 5,20 kg/cm², 5,30 kg/cm², 5,40 kg/cm² ve 5,50 kg/cm² sertlik değerlerinin toplamdaki yüzdesel payı % 52,7 bulunmuştur. Bu oran, deneme 01 meyvelerinden sonra en yüksek % 42,3'lük payla kontrol meyvelerinde çıkmıştır.

Çizelge 13. İkinci hasat yılı 4. ayda frekans değerleri

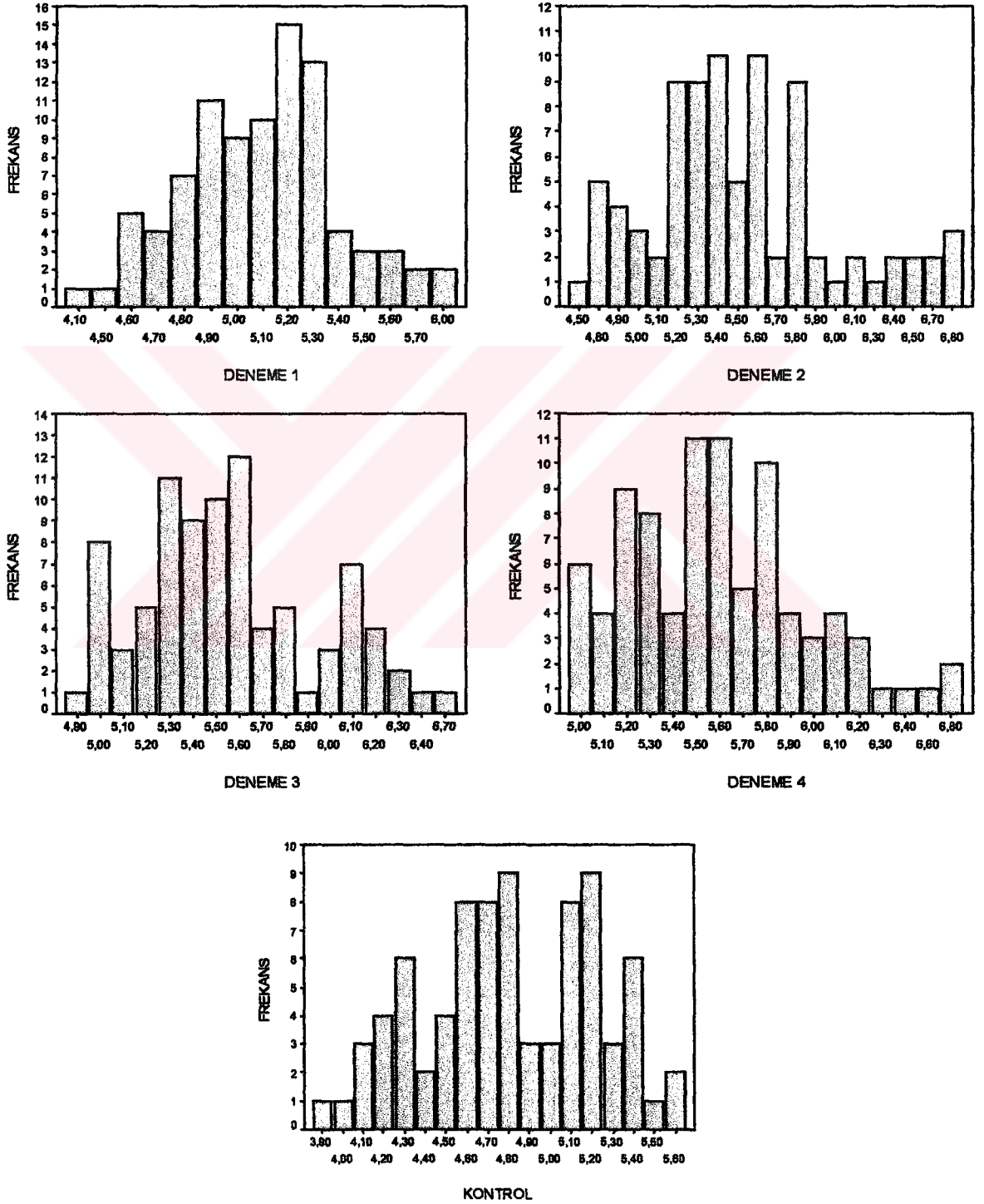
KONTROL			DENEME 1			DENEME 2			DENEME 3			DENEME 4		
Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%
3,90	1	1,2	4,10	1	1,1	4,50	1	1,2	4,90	1	1,1	5,00	6	6,9
4,00	1	1,2	4,50	1	1,1	4,80	5	6,0	5,00	8	9,2	5,10	4	4,6
4,10	3	3,7	4,60	5	5,6	4,90	4	4,8	5,10	3	3,4	5,20	9	10,3
4,20	4	4,9	4,70	4	4,4	5,00	3	3,6	5,20	5	5,7	5,30	8	9,2
4,30	6	7,4	4,80	7	7,8	5,10	2	2,4	5,30	11	12,6	5,40	4	4,6
4,40	2	2,5	4,90	11	12,2	5,20	9	10,7	5,40	9	10,3	5,50	11	12,6
4,50	4	4,9	5,00	9	10,0	5,30	9	10,7	5,50	10	11,5	5,60	11	12,6
4,60	8	9,9	5,10	10	11,1	5,40	10	11,9	5,60	12	13,8	5,70	5	5,7
4,70	8	9,9	5,20	15	16,7	5,50	5	6,0	5,70	4	4,6	5,80	10	11,5
4,80	9	11,1	5,30	13	14,4	5,60	10	11,9	5,80	5	5,7	5,90	4	4,6
4,90	3	3,7	5,40	4	4,4	5,70	2	2,4	5,90	1	1,1	6,00	3	3,4
5,00	3	3,7	5,50	3	3,3	5,80	9	10,7	6,00	3	3,4	6,10	4	4,6
5,10	8	9,9	5,60	3	3,3	5,90	2	2,4	6,10	7	8,0	6,20	3	3,4
5,20	9	11,1	5,70	2	2,2	6,00	1	1,2	6,20	4	4,6	6,30	1	1,1
5,30	3	3,7	6,00	2	2,2	6,10	2	2,4	6,30	2	2,3	6,40	1	1,1
5,40	6	7,4	Top.	90	100,0	6,30	1	1,2	6,40	1	1,1	6,60	1	1,1
5,50	1	1,2				6,40	2	2,4	6,70	1	1,1	6,80	2	2,3
5,60	2	2,5				6,50	2	2,4	Top.	87	100,0	Top.	87	100,0
Top.	81	100,0				6,70	2	2,4						
						6,80	3	3,6						
						Top.	84	100,0						

Çizelge 13'de ortalama değerlere en yakın değerler koyu olarak belirtilmiştir. Frekans değerlerine bakılacak olursa, 0. ayda kontrol meyvelerinde 4,80 kg/cm² değerinden 9 adet veri ölçülmüştür. Deneme 01'de ise, 5,20 kg/cm² değerinden 15 adet, 5,30 kg/cm² değerinden 13 adet veri ölçülmüştür. Deneme 02'de ise 5,60 kg/cm² ve 5,40 kg/cm² değerinden 10 adet veri ölçülmüştür. Deneme 03'te ise 5,60 kg/cm² değerinden 12 adet veri ölçülmüştür. Deneme 04'te ise 5,60 kg/cm² ve 5,50 kg/cm² değerlerinden 11'er adet veri ölçülmüştür.

Frekansların her bir denemede farklı olması, meyvenin kalsiyum alımının bölgesel olarak değiştiğini göstermektedir. Bu aynı zamanda depo

içerisinde meyvenin zamana bağlı olarak su kaybettiğini göstermektedir.

Sertliğe bağlı olarak 4. aydaki frekans değerlerinin dağılımı Şekil 23'de verilmiştir.



Şekil 23. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(4.Ay)

Dördüncü ayda çubuk diyagramlarına bakıldığında, ortalamaya en yakın değerler deneme 01, deneme 03 ve deneme 04'te gözlenmiştir. Kontrol ve deneme 02'de ise ortalamadan farklı değerler frekans olarak en yüksek çıkmıştır. Bu ayda deneme 01'de, ortalamaya en yakın olan 5,00 kg/cm², 5,10 kg/cm², 5,20 kg/cm² ve 5,30 kg/cm² sertlik değerlerinin toplamdaki yüzdesel payı % 52,2 bulunmuştur. Bu oran, deneme 01 meyvelerinden sonra en yüksek % 42,4'lük payla deneme 04 meyvelerinde çıkmıştır. Özellikle kontrol meyvelerinde bu oran % 28,4'te kalmıştır.

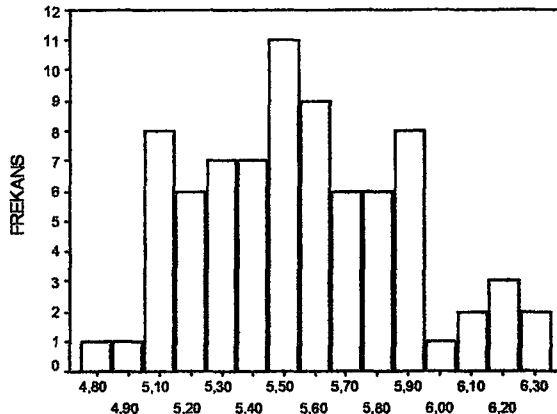
Çizelge 14. İkinci hasat yılı 6. ayda frekans değerleri

KONTROL			DENEME 1			DENEME 2			DENEME 3			DENEME 4		
Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%	Değer	F	%
3,60	1	1,4	4,80	1	1,3	4,70	1	1,1	4,80	1	1,1	4,90	1	1,1
3,90	1	1,4	4,90	1	1,3	4,80	2	2,3	5,00	7	8,0	5,00	3	3,4
4,10	2	2,8	5,10	8	10,3	4,90	5	5,7	5,10	3	3,4	5,10	5	5,7
4,20	4	5,6	5,20	6	7,7	5,00	4	4,6	5,20	5	5,7	5,20	6	6,9
4,30	6	8,3	5,30	7	9,0	5,10	6	6,9	5,30	12	13,8	5,30	9	10,3
4,40	2	2,8	5,40	7	9,0	5,20	9	10,3	5,40	7	8,0	5,40	6	6,9
4,50	5	6,9	5,50	11	14,1	5,30	12	13,8	5,50	9	10,3	5,50	11	12,6
4,60	8	11,1	5,60	9	11,5	5,40	7	8,0	5,60	13	14,9	5,60	12	13,8
4,70	11	15,3	5,70	6	7,7	5,50	2	2,3	5,70	7	8,0	5,70	8	9,2
4,80	8	11,1	5,80	6	7,7	5,60	8	9,2	5,80	8	9,2	5,80	8	9,2
4,90	9	12,5	5,90	8	10,3	5,70	4	4,6	5,90	3	3,4	5,90	6	6,9
5,00	1	1,4	6,00	1	1,3	5,80	4	4,6	6,10	3	3,4	6,00	2	2,3
5,10	6	8,3	6,10	2	2,6	5,83	1	1,1	6,20	3	3,4	6,10	4	4,6
5,20	3	4,2	6,20	3	3,8	5,90	3	3,4	6,30	2	2,3	6,20	3	3,4
5,30	1	1,4	6,30	2	2,6	6,00	1	1,1	6,40	2	2,3	6,30	2	2,3
5,40	1	1,4	Top.	78	100,0	6,10	4	4,6	6,50	1	1,1	6,50	1	1,1
5,50	2	2,8				6,20	3	3,4	6,60	1	1,1	Top.	87	100,0
5,60	1	1,4				6,30	3	3,4	Top.	87	100,0			
Top.	72	100,0				6,40	3	3,4						
						6,50	2	2,3						
						6,60	1	1,1						
						6,70	1	1,1						
						6,80	1	1,1						
						Top.	87	100,0						

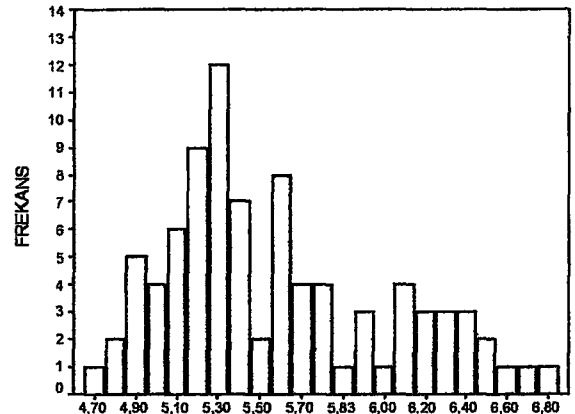
Çizelge 14'de ortalama değerlere en yakın değerler koyu olarak belirtilmiştir. Frekans değerlerine bakılacak olursa, 0. ayda kontrol meyvelerinde 4,70 kg/cm² değerinden 11 adet veri ölçülmüştür. Deneme 01'de ise, 5,50 kg/cm² değerinden 11 adet veri ölçülmüştür. Deneme 02'de ise 5,30 kg/cm² değerinden 12 adet veri ölçülmüştür. Deneme 03'te ise 5,60 kg/cm² değerinden 13 adet veri ölçülmüştür. Deneme 04'te ise 5,60 kg/cm² değerinden 12 adet

veri ölçülmüştür.

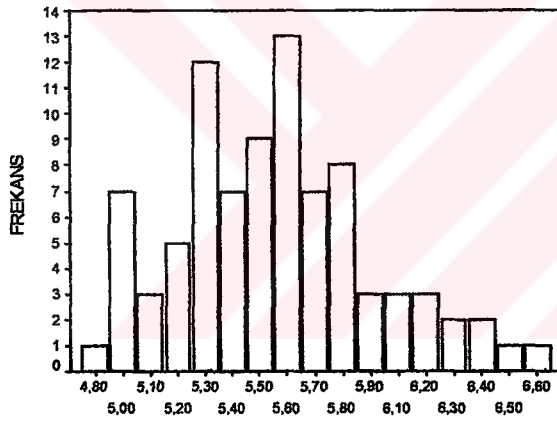
Sertliğe bağlı olarak 6. aydaki frekans değerlerinin dağılımı Şekil 24'te verilmiştir.



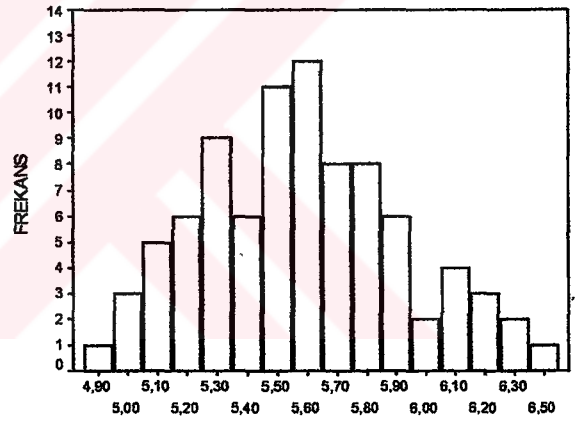
DENEME 1



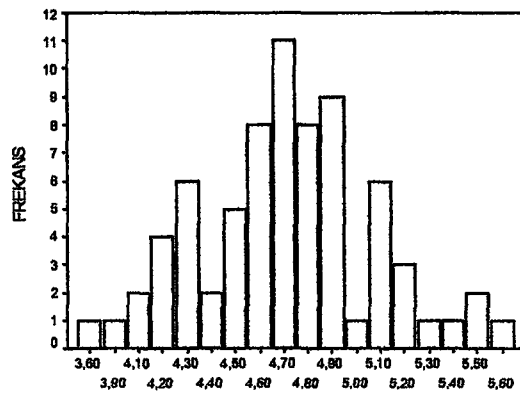
DENEME 2



DENEME 3



DENEME 4



KONTROL

Şekil 24. İkinci yıl sertliğe bağlı olarak frekans değerlerinin dağılımı(6.Ay)

Altıncı ayda çubuk diyagramlarına bakıldığında, ortalamaya en yakın değerler kontrol, deneme 01, deneme 03 ve deneme 04'te gözlenmiştir. Deneme 02'de ise ortalamadan farklı değerler frekans olarak en yüksek çıkmıştır. Bu ayda deneme 3'te, ortalamaya en yakın olan 5,30 kg/cm², 5,40 kg/cm², 5,50 kg/cm² ve 5,60 kg/cm² sertlik değerlerinin toplamdaki yüzdesel payı % 47 bulunmuştur. Bu oran, deneme 03 meyvelerinden sonra en yüksek % 44,8'lik payla deneme 04 meyvelerinde çıkmıştır.

4.3.2. Değişkenler Arasındaki Kikare Testi

Ki-kare testinin uygulanabilmesi için frekans değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. SPSS programında kikare testinin hatasız uygulanabilmesi için teorik frekansın 5'ten az olmaması gerekmektedir. (Gürsaka1 1998)

Ki-kare testine ilişkin hipotezler aşağıda verilmiştir.

H_0 : Ölçülen sertlik değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur.

H_0 : $KD < TD$ ise H_0 kabul, H_1 red

H_1 : Ölçülen sertlik değerleri arasında anlamlı bir fark vardır.

H_1 : $KD > TD$ ise H_0 red, H_1 kabul

α : Güven aralığı(% 95),

KD : Kritik değer,

TD : Tablo değeri(Çizelge 39),

Değerlendirmeler 0, 2, 4 ve 6. aylarda ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışmada önce konsantrasyonlar sabit tutulmuş ve diğer değişkenler arasındaki anlamlı fark gözlenmiştir. Daha sonra ise basınçlar sabit tutulmuş ve diğer değişkenler arasındaki fark gözlenmiştir. Bütün bu çalışmalar sırasında Çizelge 2'deki deneme özellikleri dikkate alınmıştır.

A) Konsantrasyon % 2 CaCl₂ iken deneme 01 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0. ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	63,252	31,410	20

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	34,172	31,410	20

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	39,856	30,144	19

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	103,687	36,415	24

0, 2, 4 ve 6 aylarda testin sonucuna göre H_1 hipotezi kabul edilmiştir. Yalnız 2. ve 4. aylarda KD ve TD değerlerinin birbirine yakın olması, Kontrol elmaları ile Deneme 01 elmalarında ölçülen sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğunu göstermiştir.

Buna göre sertlik 550 mm Hg(73,32 kPa) mutlak basınçta 0. ayda etkili olmuş, 2. ve 4. ayda ise kontrol ile deneme 01 arasındaki değişimin çok olmadığı gözlenmiştir. 6. ayda ise kontrol elmalarında sertlik azalmaya devam ederken, deneme 01'de azalma çok az olmuş ve kontrol ile deneme 1 arasında 6. ayda anlamlı bir fark gözlenmiştir.

B) Konsantrasyon % 2 $CaCl_2$ iken deneme 02 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	139,359	40,113	27

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	63,880	40,113	27

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	77,657	40,113	27

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	95,665	43,773	30

Basıncın 350 mm Hg(46,66 kPa) olması, sertlik yönünden farklılığı hemen göstermiştir. 0, 2, 4 ve 6. aylarda kontrol ile deneme 02 arasında H_1 hipotezi yani, anlamlı farklılık gözlenmiştir.

C) Konsantrasyon % 2 CaCl₂ iken deneme 02 ve deneme 01 arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	71,932	33,924	22

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	32,681	32,671	21

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	54,192	33,924	22

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	29,026	33,924	22

Konsantrasyon değişmez iken, mutlak basıncın değişmesi sadece 0, 2 ve 4. ayda H_1 hipotezini kabul ettirmiştir. 6. aylarda ise H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani sertlik değerleri açısından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. 2. ayda ise KD ve TD değerlerinin birbirine çok yakın çıkması H_0 ve H_1 hipotezlerinin her ikisinin kabul edilebileceğini göstermiştir.

D) Konsantrasyon % 4 CaCl₂ iken deneme 03 ve Kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	160,428	40,113	27

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	87,093	36,415	24

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	97,344	38,885	26

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	118,633	38,885	26

Konsantrasyon değişmez iken deneme 03 ile kontrol arasında 0, 2, 4 ve 6. aylarda sertlik değerlerinde çok önemli oranlarda farklılıklar meydana

gelmiştir. Bu aylarda 550 mm Hg(73,32 kPa) mutlak basıncının etkisi de gözlenmiştir.

E) Konsantrasyon % 4 CaCl₂ iken deneme 04 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	161,266	43,773	30

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	99,920	42,557	29

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	99,681	40,113	27

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	115,615	37,652	25

Basıncın 350 mm Hg(46,66 kPa) mutlak basınçta olması H₁ hipotezini daha etkili hale getirmiştir. Sertlik 0, 2, 4 ve 6. aylarda kontrol elmalarına göre çok önemli oranlarda farklılıklar göstermiştir. Buda mutlak basıncın etkisinden kaynaklandığı düşünülebilir.

F) Konsantrasyon % 4 CaCl₂ iken deneme 04 ve deneme 03 arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	29,286	28,869	18

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	24,969	32,671	21

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	13,931	28,869	18

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	11,146	28,869	18

Kikare testine göre 350(46,66 kPa) ile 550 mm Hg(73,32 kPa)'lık mutlak basınçlarda sertlik değerleri açısından 0. ay haricinde 2. 4. ve 6. aylarda herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Yani H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Buradan tasarım açısından 550 mm Hg(73,32 kPa)'lık mutlak basıncın da düşünölebileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle tasarım 300 mm Hg(39,99 kPa) ile 450 mm Hg(59,99 kPa) mutlak basınçlar aralığında planlanmıştır. Yalnız sertlik değerlerinin bütünü düşünöldüğünde, 550 mm Hg(73,32 kPa) mutlak basınçtaki değerlerin, 350 mm Hg(46,66 kPa) mutlak basınçtaki değerlere göre daha az çıktığı gözlenmiştir.

G) Basınç 550 mm Hg(73,32 kPa) iken deneme 01 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0. ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	63,252	31,410	20

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	34,172	31,410	20

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	39,856	30,144	19

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	103,687	36,415	24

Özellikle 6. ayda sertlik değerleri arasında önemli farklılık ortaya çıkmıştır. Vakum değerinin düşük olmasına rağmen diğer aylarda da bu fark gözlenmiştir.

H) Basınç 550 mm Hg(73,32 kPa) iken deneme 03 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	160,428	40,113	27

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	87,093	36,415	24

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	97,344	38,885	26

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	118,633	38,885	26

Konsantrasyon değiştiğinde aynı mutlak basınç değerinde, kontrol elmaları ile Deneme 03 elmalarının sertlik değerleri arasındaki farklılıklarda giderek artan oranda değişmiştir.

I) Basınç 550 mm Hg(73,32 kPa) iken deneme 03 ve deneme 01 arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	94,903	33,924	22

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	70,213	30,144	19

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	68,256	43,773	30

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	20,011	28,862	18

Basıncın aynı kalıp konsantrasyonların değişmesi etkisini 0. 2. ve 4. aylarda etkisini göstermiştir. Bu aylarda H_1 hipotezi kabul edilmiştir. 6. ayda ise Deneme 03 ile Deneme 01 arasındaki sertlik değerlerinde bir farklılık gözlenmemiş ve H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

J) Basınç 350 mm Hg(46,66 kPa) iken deneme 02 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	139,359	40,113	27

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	63,880	40,113	27

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	77,657	40,113	27

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	95,665	43,773	30

Mutlak basıncın 350 mm Hg(46,66 kPa) olması, sertlik yönünden farklılığı hemen göstermiştir. 0, 2, 4 ve 6. aylarda kontrol ile deneme 2 arasında H_1 hipotezi yani, anlamlı farklılık gözlenmiştir.

K) Mutlak basınç 350 mm Hg(46,66 kPa) iken deneme 04 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	161,266	43,773	30

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	99,920	42,557	29

4.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	99,681	40,113	27

6.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	115,615	37,652	25

Uygulanan mutlak basınç ile beraber konsantrasyonunda artması H_1 hipotezini daha etkili bir şekilde kabul ettirmiştir. Sertlik 0. 2. 4. ve 6. aylarda çok önemli oranlarda farklılıklar göstermiştir. Buda basınçla beraber konsantrasyonun artmasına bağlıdır.

L) Mutlak basınç 350 mm Hg(46,66 kPa) iken deneme 04 ve deneme 02 arasındaki sertlik karşılaştırması

0.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	36,839	31,410	20

2.ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	36,076	36,415	24

4. AY	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	28,756	32,671	21

6. ay	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	25,570	33,924	22

Mutlak basıncın 350 mm Hg(46,66 kPa) olması durumunda, konsantrasyonun artırılması ile deneme 04 ile deneme 02 arasındaki sertlik oranlarındaki fazla bir fark gözlenmemiştir. 0. ve 2. ayda H_1 hipotezi kabul edilirken 4. ve 6. aylarda H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Buda basıncın daha etkili olduğunu göstermektedir.

Bundan sonraki kısımda ise 6 aylık toplam zaman dikkate alınarak sertlik değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada önce konsantrasyonlar sabit tutulmuş ve diğer değişkenler arasındaki anlamlı fark gözlenmiştir. Daha sonra ise basınçlar sabit tutulmuş ve diğer değişkenler arasındaki fark gözlenmiştir. Bütün bu çalışmalar sırasında Çizelge 2'deki deneme özellikleri dikkate alınmıştır.

A) Konsantrasyon % 2 $CaCl_2$ iken deneme 01 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	163,505	40,113	27

Kontrol ile Deneme 01 arasında sertlik değerleri açısından önemli bir farklılık gözlenmektedir. Konsantrasyona ve basınç değerine bağlı olarak toplamda fark açık bir şekilde görülmektedir. H_0 hipotezi red, H_1 hipotezi kabul edilmektedir.

B) Konsantrasyon % 2 $CaCl_2$ iken deneme 02 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	282,292	48,567	34

Bu konsantrasyon değerinde H_1 hipotezi kabul edilmiştir. Sertlik değerleri arasındaki anlamsal farklılık oldukça büyük çıkmıştır.

C) Konsantrasyon % 2 CaCl_2 iken deneme 02 ve deneme 01 arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	99,076	41,337	28

Konsantrasyonun sabit olması durumunda, basınçların değişmesi sertliği değiştirdiği görülmektedir. H_1 hipotezi kabul, H_0 hipotezi reddedilmiştir.

D) Konsantrasyon % 4 CaCl_2 iken deneme 03 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	311,794	48,567	34

Konsantrasyonun % 4'e çıkması H_1 hipotezini daha da kuvvetlendirmiştir. Sertlik değerleri arasındaki fark açık bir şekilde gözlenmiştir.

E) Konsantrasyon % 4 CaCl_2 iken deneme 04 ve kontrol arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	321,974	52,162	37

Konsantrasyon %'sinin artması ile beraber H_1 hipotezini çok daha fazla kuvvetlendirmiştir. Aradaki fark hipotezin gücünü göstermektedir.

F) Konsantrasyon % 4 CaCl_2 iken deneme 04 ve deneme 03 arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	26,972	40,113	27

Konsantrasyon % 4 olması durumunda, basınçlardaki değişiklik sertlikte farklılık meydana getirmemiştir. Değerler birbirine yakın çıktığından H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

G) Mutlak basınç 550 mm Hg(73,32 kPa) iken deneme 03 ve deneme 01 arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	144,289	41,337	28

Mutlak basınç sabit kalması durumunda, konsantrasyondaki değişiklik H_1 hipotezini doğrulamaktadır. Yani konsantrasyondaki değişiklik sertliğe etki etmektedir.

H) Mutlak basınç 350 mm Hg(46,66 kPa) iken deneme 04 ve deneme 02 arasındaki sertlik karşılaştırması

	KD	TD	Serbestlik derecesi
Ki-kare	45,975	43,773	30

Basınç sabit kalması durumunda, konsantrasyondaki değişiklik H_1 hipotezini doğrulamaktadır. Yalnız KD ve TD değerleri arasındaki fark az olduğundan sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır.

5. TARTIŞMA

İlk yıl denemelerinde, Çizelge 5'teki verilere göre Ca emdirilmiş meyvede sertlik değerleri kontrol elmalarına göre 24 ayrı denemede de yüksek oranlarda çıkmıştır. Bazı denemelerdeki sertlik değerleri kontrol sertlik değerlerine yakın çıkmasına karşın 08, 14, 16, 17, 19 ve 20 nolu denemelerde oldukça yüksek sertlik değerlerine ulaşılmıştır. 24 deneme içerisinde sadece 01, 02, 03, 10 ve 22 nolu denemelerde Ca emdirilmiş meyvelerde 6. ay sonundaki meyve eti sertlik değeri kontrol meyvesinin 2. ayındaki sertlik değerinin altında kalmıştır. 24 nolu denemede 6. ay sonunda bu değer kontrol elmasının 3,2 katı olarak belirlenmiştir. C.J. Scott ve R.B.H. Wills (1977), Kalsiyum Klorürün Vakumla İnfiltrasyonu üzerine yapmış oldukları çalışmada CaCl_2 solüsyonu içerisine meyvenin vakum etkisi altında daldırılması ile meyvenin sağlamlığının arttığını ve acı benek (bitter pit) hastalığının kontrol altına alındığını gözlemlemişlerdir. Bu araştırmada literatürde belirtilen hususların gerçekleşmesini sağlayacak miktarlardaki Ca, elmalara vakum altında infitre edilebilmiştir.

Abbott, Conway ve C.E. Sams (1989), % 2 CaCl_2 konsantrasyonunda depolanmış elmaların, en azından taze hasat edilmiş elmalar kadar sağlam, hatta bazılarının onlardan daha sağlam olduğunu göstermiştir. Bu araştırma ikinci yıl yapılan 4 denemede Ca emdirilmiş elmalarındaki sertlik değerleri kontrol elmalarının sertlik değerlerine göre Çizelge 7'de 0, 2, 4 ve 6. aylarda daha yüksek çıkmıştır. Burada; 6 ay sonundaki sertlik değerleri, yeni hasat edilmiş kontrol elmasının sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. 6. aydaki 04 nolu deneme sonuçları, kontrol elmasının sertliğine göre 1,18 kat daha yüksek çıkmıştır. Kalsiyum miktarı açısından da benzer durum söz konusudur. Çizelge 8 göz önüne alındığında, deneme 02' de 0. ayda Ca miktarının kontrol elmasının Ca miktarına göre 2,79 kat arttığı, 6. ay sonunda da, bu artış oranının 2,34 kat olduğu görülmüştür. işlem gören elmaların aynı depolama sıcaklıklarında işlem görmemiş elmalara göre, depoda aynı muhafaza sıcaklığında daha uzun süre dayanabileceği anlamını taşımaktadır.

Bununla birlikte özellikle hassas bir meyve olarak nitelenen golden elmasının, daha sağlam ve dayanıklı hale gelmesi ürünün piyasa değerini de arttıracaktır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma için geliştirilen vakumlu kalsiyum klorür emdirme sistemi ile yapılan denemeler sertlik ve kalsiyum miktarlarının bütün denemelerde önemli oranlarda arttığı gözlenmiştir. İlk yıl denemelerinde, sertlik miktarları yükselmiştir. Çizelge 5'teki verilere göre Ca emdirilmiş meyvede sertlik değerleri kontrol elmalarına göre 24 ayrı denemede de yüksek oranlarda çıkmıştır. Bazı denemelerdeki sertlik değerleri kontrol sertlik değerlerine yakın çıkmasına karşın 08, 14, 16, 17, 19 ve 20 nolu denemelerde oldukça yüksek sertlik değerlerine ulaşılmıştır. 24 deneme içerisinde sadece 01, 02, 03, 10 ve 22 nolu denemelerde Ca emdirilmiş meyvelerde 6. ay sonundaki meyve eti sertlik değeri kontrol meyvesinin 2. ayındaki sertlik değerinin altında kalmıştır. Bunun dışında kalan 19 denemede de Ca emdirilmiş meyvelerin 6. ay sonundaki sertlik değeri, kontrol meyvelerinde 2. ay sonundaki sertlik değerinin üzerinde çıkmıştır. Çizelge 6'da verilen 1. hasat yılındaki 24 denemeye ilişkin Ca analiz bulguları da kontrol elmalarına göre oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır.

İkinci yıl denemelerinde basınç olarak, 1. yıl sertlik ve Ca analiz değerleri ve vakum işlemi sırasında tüketilen enerjide göz önüne alınarak 550(73,32 kPa) ve 350 mm Hg(46,66 kPa)'lık mutlak basınçlar kullanılmıştır. Çizelge 7 değerleri göz önüne alındığında, yapılan 4 denemede Ca emdirilmiş elmalardaki sertlik değerleri kontrol elmalarının sertlik değerlerine göre 0, 2, 4 ve 6. aylarda daha yüksek çıkmıştır. Burada; 6 ay sonundaki sertlik değerleri, yeni hasat edilmiş kontrol elmasının sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. 6. aydaki 04 nolu deneme sonuçları, kontrol elmasının sertliğine göre 1,18 kat daha yüksek çıkmıştır. Kalsiyum miktarı açısından benzer durum söz konusudur. Çizelge 8 göz önüne alındığında, deneme 02, 0. ayda Ca miktarının kontrol elmasının Ca miktarına göre 2,79 kat arttığı, 6. ay sonunda da, bu artış oranının 2,34 kat olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre araştırmada kullanılan laboratuvar tipi vakum altında Ca emdirme sisteminin başarılı olduğu, elmalara vakum altında kalsiyumun emdirilebildiği ve bunun sonucunda meyve eti sertliklerinde önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Bu

sistemin uygulamada kullanılmasıyla literatürde Ca eksikliği sonucu oluştuğu bildirilen bitter pit hastalığının önlenebileceği de söylenebilir. Ayrıca iki yıllık deneme süresince 6 aya kadar sertlik değerlerinin ölçümleri yapılmıştır. Özellikle işlem gören elmalarda 0, 2, 4 ve 6. aylardaki ortalama sertlik değerlerinin değişimleri incelendiğinde, aradaki farklar giderek azalmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi işlem gören elmalarda sertlik değerlerinin kontrol elmalarına göre yüksek çıkması, işlem gören elmaların aynı depolama sıcaklıklarında işlem görmemiş elmalara göre, depoda aynı muhafaza sıcaklığında daha uzun süre dayanabileceği anlamını taşır. Bununla birlikte özellikle hassas bir meyve olarak nitelenen golden elmasının, daha sağlam ve dayanıklı bir yapıya bürünmesi ürünün piyasa değerini arttıracak muhtemeldir. Soğuk hava depolarında 300 ton kapasiteli bir soğuk deponun enerji tüketimi 45 kWh olmaktadır. Elmaların depo içerisinde 6 ay yerine, 8 ay kalması düşünüldüğünde 2 aylık fazladan enerji harcaması olacaktır. Buna karşılık iki ay daha piyasaya elma sunulabilecektir. Buradaki elma satış kazancının, 2 ayda harcanan enerji değerinden daha yüksek olacağı kesindir. Elma setliğinin artırılması nedeniyle ortaya çıkan bu fazla kazancın enerji tasarruf olarak değerlendirilmesi mümkündür. Çalışmalar sırasında muhafaza sıcaklıkları 0 ± 1 C olarak ölçülmüştür. Ürünlerde depolama sıcaklığı arttıkça olgunlaşma artmaktadır, yalnız özellikle ikinci yılda yapılan 04 nolu denemede 6. ayın sonunda elmalar normal atmosfer sıcaklığına getirildiğinde renginde herhangi bir değişiklik olmamıştır(açık yeşil). Kalsiyum, sertliği artırması ile birlikte depo içerisindeki olgunlaşmayı da azaltmıştır. Buda enerji harcamasının daha az olacağı bir başka ifade ile daha yüksek sıcaklıklarda depolama yapılabileceğini gösterebilir. Kalsiyum infiltrasyonunun elmaların depolaması sırasında tüketilen enerji miktarlarından önemli oranlarda tasarruf sağlayabileceği, ya da aynı muhafaza süresinde, muhafaza için daha az enerji harcaması yapılabileceği söylenebilir. Sistemin uygulamaya aktarılabilmesi için ticari tip vakum sistemlerinin geliştirilmesi Ülkemiz meyveciliği açısından yerinde olacaktır. Bu nedenle bu araştırma sonucunun ikinci bölümünde ticari tip bir vakum sisteminin projelendirme çalışması yapılmıştır.

7. ARAŞTIRMA SONUÇLARINA GÖRE UYGULAMADA KULLANILABİLECEK VAKUMLU KALSİYUM EMDİRME SİSTEMİNE İLİŞKİN TASARIM HESAPLARI VE TEKNİK RESİMLER

Laboratuar şartlarına uygun prototip üzerinde yapılan araştırma sonuçlarının olumlu olması nedeniyle, bu sistemin benzeri olan, sanayinin ve üreticinin kullanılabileceği kapasitedeki bir modeli tasarlanmıştır. Burada tesisin büyüklüğü olarak Ülkemiz işletme büyüklüğü de göz önüne alınmıştır. Çözelti sıvısı vakum tankının % 80'ini doldurmaktadır. Tankın toplam kapasitesi 7830 lt'dir. Bunun % 80'i 6264 lt olmaktadır. Çözelti tankının kapasitesi ise 7000 lt'e göre hesaplanmıştır.

Kasa ölçüleri 400x600x200 mm (dış ölçüler) ebatlarında meyve kasası seçilmiştir. Tanka toplam 54 kasa girmektedir. Bunun ağırlık değeri yaklaşık 1000 kg'dır.

Tesisin işletme basıncı olarak deneme bulguları ve enerji tüketimi de göz önüne alınarak 0,4 bar seçilmiştir.

Tasarım hesaplarının yapılmasında Compress Build 6224 isimli basınçlı kaplar tasarım bilgisayar programından yararlanılmıştır. Program ASME (Amerikan Makine Mühendisleri Odası) bölüm VIII-I, 2001 baskısıdır. Programda tasarım basıncına göre malzeme kalınlığı bulunmaktadır. Programda bazı değerlerin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre; İzin verilen gerilme kuvveti 893 kg/cm^2 , semer(destek) ayaklarındaki gerilme indeksi 1,3, hidrostatik test basınç değeri tasarım basıncının 1,3 katı, test sıvısının özgül ağırlığı da 1 ton/m^3 alınmıştır. Bilgisayar programında kullanılan temel eşitlikler Ca emdirme sistemini oluşturan parçalar bazında aşağıda verilmiştir. Program ingiliz birim sistemini kullandığı için çıkan sonuçlar hem ingiliz hemde metrik birim sistemine dönüştürülerek verilmiştir.

7.1. Vakum Silindiri

Vakum silindiri malzemesinin tasarımında kullanılacak değerler Çizelge 15'de verilmiştir.

Çizelge 15. Vakum silindrine ilişkin seçilen temel değerler

1-Malzeme özelliği	SA-283 C(St 37-2)
2-İç tasarım basıncı	P= 0 bar(100 °C)
3-Dış vakum tasarım basıncı	Pe= 0,40 bar(100 °C)(300 mm Hg)
4-Statik sıvı yüksekliği basıncı H _s = sıvı yüksekliği	Ps= 0,1372 bar(özgül ağırlık=1, H _s = 1400 mm)
5-Pas payı	içten= 3 mm dıştan= 0 mm
6-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 °C(Yalova)
7-İzin verilen minimum sıcaklık	-28.89 °C
8-Isıl işlem	Görmemiş
9-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
10-Tahmini ağırlık	yeni=748,9128 kg paslı= 468,8348kg
11-Kapasite	yeni= 5634,8179 L paslı= 5670,5719 L
12-Dış çap	OD= 1910 mm R ₀ = 955 mm
13-Boy	Lc= 2000 mm
14-Malzeme kalınlığı	t = 8 mm

A) Gövde tasarım kalınlığı(100 °C'de)

Verilen statik sıvı yüksekliği basıncına göre, gövdenin en küçük tasarım kalınlığı eşitlik 7 yardımı ile bulunmuştur.

$$t = \frac{P_s * R_0}{S * E + 0,40 * P_s} + \text{korozyon} \quad (7)$$

Burada;

t : 100 °C'deki en küçük tasarım kalınlığı(mm),

R_0 : Dış yarıçap(Çizelge 15),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 15'de 9'a bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 15),

$$t = \frac{0,1372 * 955}{893 * 1 + 0,40 * 0,1372} + 3$$

$$t = 3,146 \text{ mm}$$

Bu değer statik sıvı yüksekliği basıncında emniyetli olan minimum tasarım kalınlığını vermektedir.

B) Vakum silindiri tasarım iç basıncı(kontrol)

İç basınç kabın dayanabileceği maksimum basınçtır. Bu 100 °C'de ve

21,11 °C'de incelenmiştir. Çalışma koşulunda, tasarım kalınlığı alınmıştır.

1) Maksimum izin verilen iç çalışma basıncı(kontrol)(100 °C'de)

100 °C'deki çalışma koşullarında, pas payının olmadığı durumda izin verilen iç çalışma basıncı(kontrol) eşitlik 8 yardımıyla bulunmuştur.

$$P_a = \frac{S * E * t}{R_0 - 0,40 * t} - P_s \quad (8)$$

Burada;

P_a : Maksimum izin verilen iç çalışma basıncı(bar),

t : 100 °C'deki tasarım kalınlığı(pas payı hariç)(mm)(Çizelge 15),

R_0 : Dış yarıçap(mm)(Çizelge 15),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34),

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 15'de 9'a bakılarak, Çizelge 35'den),

P_s : Statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 15),

$$P_a = \frac{893 * 1 * 5}{955 - 0,40 * 5} - 0,1372$$

$$P_a = 4,548 \text{ bar}$$

2) Normal şartlar altında maksimum izin verilen iç basınç (kontrol) (21.11 °C)

21,11 °C'deki çalışma koşullarında pas payının da dahil olduğu durumda izin verilen iç çalışma basıncı(kontrol) eşitlik 9 yardımı ile bulunmuştur.

$$P_a = \frac{S * E * t}{R_0 - 0,40 * t} \quad (9)$$

Burada;

P_a : Maksimum izin verilen iç çalışma basıncı(bar),

t : 21,11 °C'deki tasarım kalınlığı(mm)(Çizelge 15),

R_0 : Dış yarıçap(mm)(Çizelge 15),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 15'de 9'a bakılarak, Çizelge 35'den)

$$P_a = \frac{893 * 1 * 8}{955 - 0,40 * 8}$$

$$P_a = 7,505 \text{ bar}$$

C) Vakum silindiri tasarım dış basıncı (vakum)

Dış basınç sistemin dayanabileceği maksimum vakum basıncıdır. Bu seçilen kalınlığa ve tasarım kalınlığına göre bulunmuştur. Bu seçilen kalınlık minimum bulunan kalınlık değeri(3,146 mm) ile tasarım kalınlığı(5 mm)arasında yer almaktadır.

1) Paslı durumda ve 100 °C'de iken maksimum dış basınç (vakum)

Maksimum dış basıncın bulunabilmesi için aşağıda belirtilen iki katsayı hesaplanmıştır.

L/D_0 = katsayı,

Burada;

L : Gövde uzunluğu(mm) (e= 8mm'lik kaynak ek mesafesi eklenmiştir.),

D_0 : Gövde dış çapı(mm),

$$L/D_0 = 2016/1910$$

$$L/D_0 = 1,055$$

D_0/t = katsayı,

Burada;

t : Pas payı hariç 100 °C'deki basınçta seçilen tasarım kalınlığı(mm),

$$D_0/t = 1910/4,280317$$

$$D_0/t = 446,2286$$

Yukarıda bulunan katsayılar yardımıyla Şekil 36'ya bakılarak A değeri bulunmuştur.

$$A = 0,000136$$

A değeri Şekil 37'de yerine konulduktan sonra B değeri bulunmuştur.

$$B = 1941,6003$$

Değerler eşitlik 10'da yerine konulursa;

$$P_a = \frac{4 * B}{3 * (D_o / t)} \quad (10)$$

$$P_a = \frac{4 * 1941,6003}{3 * (1910 / 4,280317)}$$

$$P_a = 5,8015 \text{ psi (0,40 bar)}$$

Bulunan basınç değeri seçilen kalınlığa göre bulunmuştur. Bu seçilen kalınlık minimum bulunan kalınlık değeri(3,146 mm) ile tasarım kalınlığı(5 mm)arasında yer almaktadır.

2) Uygulanan basınca göre tasarım kalınlığı

Yukarıda seçilen tasarım kalınlığına pas payının ilave edilmesiyle bulunmuştur.

$$t = t + \text{korozyon}$$

$$t = 4,280317 + 3$$

$$t = 7,28 \text{ mm}$$

3) Verilen kalınlığa göre maksimum dış basınç değeri

Burada pas payı çıkarılmış halde, tasarım kalınlığı seçilmiştir. Maksimum dış basıncın bulunabilmesi için aşağıda belirtilen iki katsayı hesaplanmıştır.

$$L/D_o = 2016/1910 (e = 8 \text{ mm})$$

$$L/D_o = 1,055$$

$$D_o/t = 1910/5$$

$$D_o/t = 382$$

Yukarıda bulunan katsayılar yardımıyla Şekil 36'ya bakılarak A değeri bulunmuştur.

$$A = 0,000171$$

A değeri Şekil 37'de yerine konulduktan sonra B değeri bulunmuştur.

$$B = 2455,4893$$

Değerler eşitlik 10'da yerine konulursa;

$$P_a = \frac{4 * B}{3 * (D_0 / t)} \quad (10)$$

$$P_a = \frac{4 * 2455,4893}{3 * (1910/5)}$$

$$P_a = 8,5711 \text{ psi (0.59 bar) (450 mm Hg)}$$

Projede tasarlanan tasarım kalınlığına(5 mm) göre yapılan hesaplamalarda sistemin 450 mm Hg'lik efektif basınca kadar dayanabileceği ortaya çıkmıştır.

7.2. Eliptik Bombe- I

Eliptik bombe-l'e ilişkin seçilen temel değerleri Çizelge 16'da verilmiştir.

Çizelge 16. Eliptik bombe-l'in tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler

1-Malzeme özelliği	SA 283-C(St 37-2)
2-Dış vakum tasarım basıncı	$P_e = 0,4 \text{ bar}(100^\circ\text{C})(300 \text{ mm Hg})$
3-Statik sıvı yüksekliği basıncı	$P_s = 0,1372 \text{ bar}(\text{özgül ağırlık}=1, H_s=1400 \text{ mm})$
4-Pas payı	içten= 3 mm dıştan= 0 mm
5-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 °C(Yalova)
6-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
7-Tahmini ağırlık	yeni=289,8 kg paslı= 181,8 kg
8-Kapasite	yeni= 1100,70 L paslı= 1113,30 L
9-Dış çap	OD= 1910 mm
10- Paslı halde bombe iç çapı	D= 1900 mm
11- Pas payı düşmeden bambe iç çapı	D= 1894 mm
12-Bombenin düz etek kısmı boyu	$L_{sf} = 75 \text{ mm}$
13-Minimum malzeme kalınlığı	t= 8 mm
14-Bombe indeksi	yeni= 2 paslı= 1.9937
15-Bombenin düz kısmının kalınlığı	$t_{sf} = 8 \text{ mm}$

A) Eliptik bombe K katsayısı

1) Eliptik bombe K katsayısı(paslı)

K katsayısının bulunuşu eşitlik 11'de verilmiştir.

$$K = (1/6) * [2 + (D/(2 * h))^2] \quad (11)$$

Burada;

D : Paslı halde iken bombe iç çapı(mm)(Çizelge 16),

h : Pas payı düşüldükten sonraki bombe yüksekliği(mm)(Şekil 33),

$$K = (1/6) * [2 + (1900/(2 * 476,5))^2]$$

$$K = 0.99581$$

2) Eliptik bombe K katsayısı(yeni)

K katsayısının bulunuşu eşitlik 11'de verilmiştir.

$$K = (1/6) * [2 + (D/(2 * h))^2] \quad (11)$$

Burada;

D : pas payı düşmeden bombe iç çapı(mm)(Çizelge 16),

h : pas payı düşülmeden sonraki bombe yüksekliği(mm)(Şekil 33),

$$K = (1/6) * [2 + (1894/(2 * 473,5))^2]$$

$$K = 1$$

B) İç basınçta minimum bombe tasarım kalınlığı (paslı ve 100 °C)

Minimum bombe tasarım kalınlığı eşitlik 12'ye göre hesaplanmıştır.

$$t = \frac{P_s * D_o * K}{(2 * S * E + 2 * P_s * (K - 0,1))} + \text{korozyon} \quad (12)$$

Burada;

t : 100 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

D_o : Dış çap(mm)(Çizelge 16),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 16'da 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : Statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 16),

$$t = \frac{0,1372 * 1910 * 0,99581}{(2 * 893 * 1 + 2 * 0,1372 * (0,99581 - 0,1))} + 3$$

$$t = 3,146 \text{ mm}$$

C) Maksimum izin verilen bombe iç çalışma basıncı (kontrol)

1) Paslı ve 100 °C

Proje tasarımında seçilen tasarım kalınlığına(pas payı çıkarılmış) bağlı olarak bombe iç basıncı eşitlik 13'te verilmiştir.

$$P_a = \frac{2 * S * E * t}{(K * D_o - 2 * t * (K - 0,1))} - P_s \quad (13)$$

Burada;

t : 100 °C'deki tasarım kalınlığı(pas payı çıkarılmış)(mm),

D_o : Dış çap(mm)(Çizelge 16),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 16'da 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 16),

$$P_a = \frac{2 * 893 * 1 * 5}{(0,99581 * 1910 - 2 * 5 * (0,99581 - 0,1))} - 0,1372$$

$$P_a = 4,580 \text{ bar}$$

5 mm kalınlığındaki bombe malzemesi, yukarıda bulunan basınca dayanmaktadır.

2) Yeni ve 21,11 °C

Proje tasarımında seçilen tasarım kalınlığına(pas payı dahil) bağlı olarak, bombe iç basıncı eşitlik 13'e göre hesaplanmıştır.

$$P_a = \frac{2 * S * E * t}{(K * D_o - 2 * t * (K - 0,1))} - P_s \quad (13)$$

Burada;

t : 21,11 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

D_o : Dış çap(mm)(Çizelge 16),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 16'da 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : Statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 16),

$$P_a = \frac{2 * 893 * 1 * 8}{(1 * 1910 - 2 * 8 * (1 - 0,1))} - 0$$

$$P_a = 7,5374 \text{ bar}$$

8 mm kalınlığındaki bombe malzemesi, yukarıda bulunan basınca dayanmaktadır.

D) Dış basınçta minimum bombe tasarım kalınlığı (paslı ve 100 °C)

$$R_0 = K_0 \cdot D_0$$

burada;

R_0 : küresel eşdeğer yarıçap(mm),

K_0 : katsayı(eliptik bombe için)

$$R_0 = 0.8925 \cdot 1910$$

$$R_0 = 1704,72 \text{ mm}$$

A katsayısını bulmak için eşitlik 14'ten yararlanılmıştır.

$$A = \frac{0,125}{R_0 / t} \quad (14)$$

Burada;

t : Pas payı hariç 100 °C'deki basınçta seçilen tasarım kalınlığı(mm),

R_0 : Küresel eşdeğer yarıçap(mm),

$$A = \frac{0,125}{1704,72 / 3,07}$$

$$A = 0,000225$$

A katsayısı Şekil 37'de yerine konularak B değeri bulunmuştur.

$$B = 3226,643$$

Bulunan B değeri ile eşitlik 15'te yerine koyularak maksimum dış basınç elde edilmiştir.

$$P_a = \frac{B}{R_0 / t} \quad (15)$$

$$P_a = \frac{3226,643}{1704,72 / 3,07}$$

$$P_a = 5,9546 \text{ psi (0,40 bar)}$$

Hesaplanan basınç tasarım basıncı ile aynıdır. Bu basınçta olması gereken tasarım kalınlığı ise(pas payı dahil),

$$t = 3,07 + \text{korozyon}$$

$t = 6,07$ mm olmaktadır.

Burada bizim seçtiğimiz tasarım kalınlığı olan 8 mm'nin, bulunan değer altında kalmaktadır.

E) Maksimum izin verilen bombe dış çalışma basıncı (vakum)

1) Paslı ve 100 °C

$$R_0 = K_0 \cdot D_0$$

burada;

R_0 : Küresel eşdeğer yarıçap(mm),

K_0 : Katsayı(bombe için),

$$R_0 = 0,8925 \cdot 1910$$

$$R_0 = 1704,72 \text{ mm}$$

A katsayısını bulmak için eşitlik 14'ten yararlanılmıştır.

$$A = \frac{0,125}{R_0 / t} \quad (14)$$

Burada;

t : pas payı hariç 100 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

R_0 : küresel eşdeğer yarıçap(mm),

$$A = \frac{0,125}{1704,72/5}$$

$$A = 0,000367$$

A katsayısı Şekil 37'de yerine konularak B değeri bulunmuştur.

$$B = 5274,5874$$

Bulunan B değeri ile eşitlik 15'te yerine koyularak maksimum dış basınç elde edilmiştir.

$$P_a = \frac{B}{R_0 / t} \quad (15)$$

$$P_a = \frac{5274,5874}{1704,72/5}$$

$$P_e = 15,45 \text{ psi (1,0667 bar)}$$

Özellikle bombe tasarım kalınlığında hesaplandığında, malzeme 1,0667 bar'lık oldukça yüksek bir basınca dayanabilmektedir.

7.3. Eliptik Bombe- II

Eliptik bombe-II'e ilişkin seçilen temel değerleri Çizelge 17'de verilmiştir.

Çizelge 17. Eliptik bombe-II'nin tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler

1-Malzeme özelliği	SA 283-C(St 37-2)
2-Dış vakum tasarım basıncı	$P_e = 0,4 \text{ bar}(100 \text{ °C})(300 \text{ mmHg})$
3-Statik sıvı yüksekliği basıncı	$P_s = 0,1372 \text{ bar}(\text{özgül ağırlık}=1, H_s=1400 \text{ mm})$
4-Pas payı	içten= 3 mm dıştan= 0 mm
5-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 °C(Yalova)
6-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
7-Tahmini ağırlık	yeni=289,8 kg paslı= 181,8 kg
8-Kapasite	yeni= 1100,70 L paslı= 1113,30 L
9-Dış çap	OD= 1910 mm
10- Paslı halde bombe iç çapı	D= 1900 mm
11- Pas payı düşmeden bombe iç çapı	D= 1894 mm
12-Bombenin düz etek kısmı boyu	$L_{ef} = 75 \text{ mm}$
13-Minimum malzeme kalınlığı	$t = 8 \text{ mm}$
14-Bombe indeksi	yeni= 2 paslı= 1.9937
15-Bombenin düz kısmının kalınlığı	$t_{ef} = 8 \text{ mm}$

A) Eliptik bombe K katsayısı

1) Eliptik bombe K katsayısı (paslı)

K katsayısının bulunuşu eşitlik 11'de verilmiştir.

$$K = (1/6) * [2 + (D/(2 * h))^2] \quad (11)$$

Burada;

D : Paslı halde iken bombe iç çapı(mm)(Çizelge 17),

h : Pas payı düşüldükten sonraki bombe yüksekliği(mm)(Şekil 33),

$$K = (1/6) * [2 + (1900/(2 * 476,5))^2]$$

$$K = 0.99581$$

2) Eliptik bombe K katsayısı (yeni)

K katsayısının bulunuşu eşitlik 11'de verilmiştir.

$$K = (1/6) * [2 + (D/(2 * h))^2] \quad (11)$$

Burada;

D : Pas payı düşmeden bombe iç çapı(mm)(Çizelge 17),

h : Pas payı düşülmeden sonraki bombe yüksekliği(mm)(Şekil 33),

$$K = (1/6) * [2 + (1894 / (2 * 473,5))^2]$$

$$K = 1$$

B) İç basınçta minimum bombe tasarım kalınlığı(paslı ve 100 °C)

Minimum bombe tasarım kalınlığı eşitlik 12'ye göre hesaplanmıştır.

$$t = \frac{P_s * D_0 * K}{(2 * S * E + 2 * P_s * (K - 0,1))} + \text{korozyon} \quad (12)$$

Burada;

t : 100 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

D_0 : Dış çap(mm)(Çizelge 17),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 17'da 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : Statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 17),

$$t = \frac{0,1372 * 1910 * 0,99581}{(2 * 893 * 1 + 2 * 0,1372 * (0,99581 - 0,1))} + 3$$

$$t = 3,146 \text{ mm}$$

C) Maksimum izin verilen bombe iç çalışma basıncı(kontrol)

1) Paslı ve 100 °C

Proje tasarımında seçilen tasarım kalınlığına(pas payı çıkarılmış) bağlı olarak bombe iç basıncı eşitlik 13'te verilmiştir.

$$P_a = \frac{2 * S * E * t}{(K * D_0 - 2 * t * (K - 0,1))} - P_s \quad (13)$$

Burada;

t : 100 °C'deki tasarım kalınlığı(pas payı çıkarılmış)(mm),

D_0 : Dış çap(mm)(Çizelge 17),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm^2)(Çizelge 34)

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 17'de 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 17),

$$P_a = \frac{2 * 893 * 1 * 5}{(0,99581 * 1910 - 2 * 5 * (0,99581 - 0,1))} - 0,1372$$

$$P_a = 4,580 \text{ bar}$$

5 mm kalınlığındaki bombe malzemesi, yukarıda bulunan basınca dayanmaktadır.

2) Yeni ve 21,11 °C

Proje tasarımında seçilen tasarım kalınlığına(pas payı dahil) bağlı olarak, bombe iç basıncı eşitlik 13'e göre hesaplanmıştır.

$$P_a = \frac{2 * S * E * t}{(K * D_o - 2 * t * (K - 0,1))} - P_s \quad (13)$$

Burada;

t : 21,11 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

D_o : Dış çap(mm)(Çizelge 17),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm^2)(Çizelge 34)

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 17'de 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : Statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 17),

$$P_a = \frac{2 * 893 * 1 * 8}{(1 * 1910 - 2 * 8 * (1 - 0,1))} - 0$$

$$P_a = 7,5374 \text{ bar}$$

8 mm kalınlığındaki bombe malzemesi, yukarıda bulunan basınca dayanmaktadır.

D) Dış basınçta minimum bombe tasarım kalınlığı (paslı ve 100 °C)

$$R_o = K_o * D_o$$

burada;

R_o : küresel eşdeğer yarıçap (mm),

K_0 : katsayı (eliptik bombe için)

$$R_0 = 0.8925 \cdot 1910$$

$$R_0 = 1704,72 \text{ mm}$$

A katsayısını bulmak için eşitlik 14'ten yararlanılmıştır.

$$A = \frac{0,125}{R_0 / t} \quad (14)$$

Burada;

t : Pas payı hariç 100 °C'deki basınçta seçilen tasarım kalınlığı(mm),

R_0 : Küresel eşdeğer yarıçap(mm),

$$A = \frac{0,125}{1704,72 / 3,07}$$

$$A = 0,000225$$

A katsayısı Şekil 37'de yerine konularak B değeri bulunmuştur.

$$B = 3226,643$$

Bulunan B değeri ile eşitlik 15'te yerine koyularak maksimum dış basınç elde edilmiştir.

$$P_a = \frac{B}{R_0 / t} \quad (15)$$

$$P_a = \frac{3226,643}{1704,72 / 3,07}$$

$$P_a = 5,9596 \text{ psi (0,40 bar)}$$

Hesaplanan basınç tasarım basıncı ile aynıdır. Bu basınçta olması gereken tasarım kalınlığı ise(pas payı dahil),

$$t = 3,07 + \text{korozyon}$$

$$t = 6,07 \text{ mm olmaktadır.}$$

E) Maksimum izin verilen bombe dış çalışma basıncı (vakum)

1) Paslı ve 100 °C

$$R_0 = K_0 \cdot D_0$$

burada;

R_0 : Küresel eşdeğer yarıçap(mm),

K_0 : Katsayı(bombe için),

$$R_0 = 0,8925 \cdot 1910$$

$$R_0 = 1704,72 \text{ mm}$$

A katsayısını bulmak için eşitlik 14'ten yararlanılmıştır.

$$A = \frac{0,125}{R_0 / t} \quad (14)$$

Burada;

t : pas payı hariç 100 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

R_0 : küresel eşdeğer yarıçap(mm),

$$A = \frac{0,125}{1704,72 / 5}$$

$$A = 0,000367$$

A katsayısı Şekil 37'de yerine konularak B değeri bulunmuştur.

$$B = 5274,5874$$

Bulunan B değeri ile eşitlik 15'te yerine koyularak maksimum dış basınç elde edilmiştir.

$$P_a = \frac{B}{R_0 / t} \quad (15)$$

$$P_a = \frac{5274,5874}{1704,72 / 5}$$

$$P_a = 15,47 \text{ psi (1,0667 bar)}$$

Özellikle bombe tasarım kalınlığında hesaplandığında, malzeme 1,0667 bar'lık oldukça yüksek bir basınca dayanabilmektedir.

7.4. Flanş I-II

Flanş tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler Çizelge 18'de belirtilmiştir.

Çizelge 18. Flanş I-II'nin tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler

1-Flanş bağlantısı	Silindir
2-Malzeme özelliği	SA 283-C(ST 37-2)
3-Cıvata malzeme özelliği	8.8 (42 Cr Mo4)
4-İç basınç	0
5-Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı	1,9896 psi(0,1372 bar)
6-Gerekli flanş kalınlığı	$t_f = 61,91$ mm
7-Maksimum izin verilen çalışma basıncı	29,45314 psi (2,03 bar)
8-Normal şartlarda max. İzin verilen basınç	38,01443 psi (2,62 bar)
9-Dış tasarım basıncı	5,80 psi (0,40 bar)
10-Max. İzin verilen dış basınç	63,77511 psi (4,40 bar)
11-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 C(Yalova)
12-İzin verilen minimum sıcaklık	-28,89 C
13-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
14-Tahmini ağırlık	yeni=329,0359 kg paslı= 319,918 kg

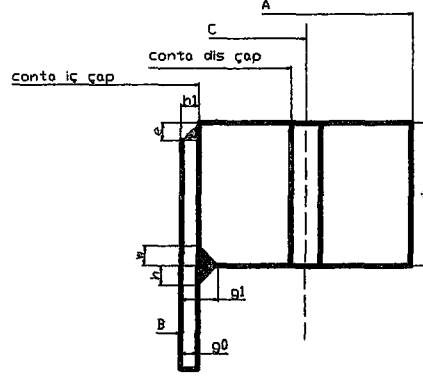
A) Flanş ölçüleri(YENİ)

Flanş ölçüleri Çizelge 19'da verilmiştir.

Çizelge 19. Flanş I-II'nin ölçüleri

Flanş dış çapı	A= 2100 mm
Cıvata merkezleri çapı	C= 2000 mm
Conta dış çapı	1980 mm
Conta iç çapı	1911 mm
Conta genişliği	N= 34,50 mm
Flanş iç çapı	B= 1894 mm
Flanş kalınlığı	$t = 65$ mm
Cıvatalama	4 adet M24
Kaynak boynu kalınlığı	$g_1 = 15$ mm
Kaynak boynu kalınlığı	$g_o = 5$ mm
Aşağı kaynak genişliği	$h = 10$ mm
Yukarı kaynak genişliği	$h_1 = 8$ mm
Uzunluk	$e = 8$ mm
İç kaynak kalınlığı	$w = 10,16$ mm
Conta faktörü	$m = 2$
Oturma mukavemeti	$y = 175,7672$ kg/cm ²
Conta tanımı	Metalik conta

Flanşla ilgili detaylar Şekil 25'de verilmiştir.



Şekil 25. Flanş I-II'nin detayları

B) İç basınç altındaki flanş hesabı

Conta ve flanş ile ilgili genel formüller ve hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

1) Etkili basma alanı

Etkili basma alanı eşitlik 16'da verilmiştir.

$$b_0 = N/2 \quad (16)$$

Burada;

b_0 : Etkili basma alanı(inch)

N : Conta genişliği(34,50 mm)(Çizelge 19)

$$b_0 = 0,679139 \text{ inch}(17,25 \text{ mm})$$

2) Efektif conta oturma yüzeyi

Efektif conta oturma yüzeyi eşitlik 17'de verilmiştir.

$$b = 0,5 \cdot b_0^{1/2} \quad (17)$$

burada;

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

b_0 : Etkili basma alanı(inch),

$$b = 0,412 \text{ inch}(10,46 \text{ mm})$$

3) Etkili basma alanı çapı

Etkili basma alanı çapı eşitlik 18'de verilmiştir.

$$G = OD - 2b \quad (18)$$

Burada;

OD : Conta dış çapı(inch)(Çizelge 19),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

$$G = 77,12876 \text{ inch}(1959,07 \text{ mm})$$

4) Etkili basma alanı yüksekliği

Etkili basma alanı yüksekliği eşitlik 19'da verilmiştir.

$$h_G = (C - G) / 2 \quad (19)$$

Burada;

h_G : Etkili basma alanı yüksekliği(inch),

C : Cıvata merkezleri çapı(inch)(Çizelge 19),

$$h_G = (78,74016 - 77,12876) / 2$$

$$h_G = 0,80 \text{ inch}(20,46 \text{ mm})$$

5) Flanş üzerine gelen yükler

5-1) Basınçtan kaynaklanan yük

Basınçtan kaynaklanan yük eşitlik 20'de verilmiştir.

$$H_p = 2 * b * 3,14 * G * m * P_s \quad (20)$$

Burada;

H_p : Basınçtan kaynaklanan yük(lb),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

m : Conta faktörü(Çizelge 19),

P_s : Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı(psi)(Çizelge 18),

$$H_p = 2 * 0,412 * 3,14 * 77,128 * 2 * 1,9896$$

$$H_p = 794,0886 \text{ lb}(360,1926 \text{ kgf})$$

5-2) Dikey gelen yük

Dikey gelen yükler eşitlik 21'de verilmiştir.

$$H = 0,785 * G^2 * P_s \quad (21)$$

Burada;

H : Dikey gelen yük(lb),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

P_s : Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı(psi)(Çizelge 18),

$$H = 0,785 * 77,128^2 * 1,9896$$

$$H = 9291,121 \text{ lb}(4214,382 \text{ kgf})$$

5-3) Yatay etkiyen yük

Yatay etkiyen yükler eşitlik 22'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_D = 0,785 * B^2 * P_s \quad (22)$$

Burada;

H_D : Yatay yük(lb),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

P_s : Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı(psi)(Çizelge 18)

$$H_D = 0,785 * 74,803^2 * 1,9896$$

$$H_D = 8739,267 \text{ lb}(3964,065 \text{ kgf})$$

5-4) Teğetsel yük

Teğetsel yükler eşitlik 23 yardımıyla bulunmuştur.

$$H_T = H - H_D \quad (23)$$

Burada;

H_T : Teğetsel yük(lb),

H : Dikey gelen yük(lb),

H_D : Yatay yük(lb),

$$H_T = 9291,121 - 8739,267$$

$$H_T = 551,8545 \text{ lb}(250,317 \text{ kgf})$$

5-5) Flanş üzerine gelen statik toplam yük

Flanş üzerine gelen toplam statik yükler eşitlik 24 yardımıyla bulunmuştur.

$$W_{m1} = H + H_p \quad (24)$$

Burada;

W_{m1} : Flanş üzerine gelen statik toplam yük(lb),

$$W_{m1} = 9291,121 + 794,088$$

$$W_{m1} = 10085,21 \text{ lb}(4574,575 \text{ kgf})$$

5-6) Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük

Flanş üzerine gelen toplam titreşimli yükler eşitlik 25 yardımıyla bulunmuştur.

$$W_{m2} = 3,14 \cdot b \cdot G \cdot y \quad (25)$$

Burada;

W_{m2} : Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük(lb),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

$$W_{m2} = 3,14 \cdot 0,412 \cdot 77,128 \cdot 2500$$

$$W_{m2} = 249449,8 \text{ lb}(113148,5 \text{ kgf})$$

6) Gerekli civata alanı

Burada iki adet civata alanı bulunur. A_{m1} ve A_{m2} alanlarından büyük olanı seçilir. A_{m1} ve A_{m2} eşitlik 26 yardımıyla bulunmuştur.

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b \quad (26)$$

Burada;

S_b : Statik flanş eğilme momenti(N/cm^2),

W_{m1} : Flanş üzerine gelen statik toplam yük(lb),

$$A_{m1} = 10085,21 / 25000$$

$$A_{m1} = 0,403 \text{ inch}^2(2,60263 \text{ cm}^2)$$

$$A_{m2} = W_{m2}/S_a \quad (26)$$

Burada;

S_a : Titreşimde flanş eğilme momenti(N/cm^2),

W_{m2} : Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük(lb),

$$A_{m2} = 249449,8/25000$$

$$A_{m2} = 9,977 \text{ inch}^2(64,37402 \text{ cm}^2)$$

Buradan eşitlik 27 yardımı ile civatalara gelen toplam yük bulunmuştur.

$$W = (A_{m2} + A_b) * S_a / 2 \quad (27)$$

Burada;

W : Civatalara gelen toplam yük(lb),

S_a : Titreşimde flanş eğilme momenti(N/cm^2),

$$W = (9,977 + 12,582) * 25000 / 2$$

$$W = 281999,9 \text{ lb}(127913 \text{ kgf})$$

7) Civatalar üzerine gelen momentler

7-1) Yatay etkiyen momentler

Yatay etkiyen momentler eşitlik 28 yardımıyla bulunmuştur.

$$M_D = H_D * h_D \quad (28)$$

Burada;

M_D : Yatay etkiyen moment(lb-inch),

H_D : Yatay yük(lb),

$$M_D = 8739,267 * 1,673$$

$$M_D = 14622,83 \text{ lb-inch}(168,4725 \text{ kg-m})$$

7-2) Teğetsel etkiyen momentler

Teğetsel etkiyen momentler eşitlik 29 yardımıyla bulunmuştur.

$$M_T = H_T * h_T \quad (29)$$

Burada;

M_T : Teğetsel etkiyen moment(lb-inch),

H_T : Teğetsel yük(lb),

$$M_T = 551,8545 * 1,3871$$

$$M_T = 765,48 \text{ lb-inch} (8,8192 \text{ kg-m})$$

7-3) Basıya etkiyen momentler

Basıya etkiyen momentler eşitlik 28 ve 30'dan yardımıyla bulunmuştur.

$$H_G = W_{m1} - H \quad (30)$$

Burada;

H_G : Etkili bası yükü(lb),

$$H_G = 10085,21 - 9291,121$$

$$H_G = 794,0889 \text{ lb} (360,1927 \text{ kgf})$$

$$M_G = H_G * h_G \quad (28)$$

Burada;

M_G : basıya etkiyen moment(lb-inch),

H_G : Etkili bası yükü(lb),

$$M_G = 794,0889 * 0,805$$

$$M_G = 639,7961 \text{ lb-inch} (7,371 \text{ kg-m})$$

7-4) Toplam moment

Meydana gelen toplam moment eşitlik 31 yardımıyla bulunmuştur.

$$M_0 = M_D + M_T + M_G \quad (31)$$

Burada;

M_0 : Toplam moment(lb-inch)

M_T : Teğetsel etkiyen moment(lb-inch),

M_G : Basıya etkiyen moment(lb-inch)

M_D : Yatay etkiyen moment(lb-inch),

$$M_0 = 14622,83 + 765,48 + 639,7961$$

$$M_0 = 16028,1 \text{ lb-inch} (184,663 \text{ kg-m})$$

8) Flanş faktörleri

Toplam kaynak genişliği eşitlik 32 yardımıyla bulunmuştur.

$$h_0 = (B \cdot g_0)^{1/2} \quad (32)$$

Burada;

h_0 : Toplam kaynak genişliği(inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

g_0 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

$$h_0 = (74,80313 \cdot 0,196)^{1/2}$$

$$h_0 = 3,80313 \text{ inch}(97,47 \text{ mm})$$

$$K = A/B$$

K : katsayı,

$$K = 82,677/74,80313$$

$$K = 1,105$$

Burada K katsayısından yararlanılarak Compress Build programından aşağıdaki faktörler belirlenmiştir.

$$T = 1,875379(\text{faktör})$$

$$Z = 10,02498(\text{faktör})$$

$$Y = 19,3633(\text{faktör})$$

$$U = 21,27831(\text{faktör})$$

$$h/h_0 = 0,1026$$

$$g_1/g_0 = 2,9999$$

Yukarıdaki iki katsayı bulunduktan sonra Compress Build programından F ve V faktörleri bulunmuştur.

$$F = 0,9056(\text{faktör})$$

$$V = 0,4111(\text{faktör})$$

$$e = F/h_0$$

$$e = 0,23601(\text{katsayı})$$

9) Çalışma şartlarındaki mukavemet

Burada eğilme gerilmesi, burulma gerilmesi ve teğet kesme gerilmesi olmak üzere toplam üç mukavemet hesap edilmiştir. Bu üç mukavemet değerleri de yukarıda belirtilen faktörlere bağlıdır. Bu mukavemet değerleri, eşitlik 33, 34, 35 ve 36 yardımıyla bulunmuştur.

$$f = 7.3558(\text{faktör})$$

$$L = \frac{(t * e + 1)}{T} + \frac{t^3}{d} \quad (33)$$

t : flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

e : katsayı,

T : faktör,

$$L = \frac{(2,559 * 0,23601 + 1)}{1,8753} + \frac{2,559^3}{7,6959}$$

$$L = 3,032$$

$$S_H = \frac{f * M_0}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g₁ : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

M₀ : Toplam moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_H = \frac{7,355 * 16028,1}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 1490,09 \text{ psi } (104,7636 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_0}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

- S_R : Burulma gerilmesi(psi),
 t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),
 e : Katsayı,
 M_0 : Toplam moment(lb-inch),
 B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 16028,1}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 19,45 \text{ psi } (1,36 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_T = \frac{Y * M_0}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

- S_T : Teğetsel kesme gerilmesi(psi),
 t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),
 M_0 : Toplam moment(lb-inch),
 B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),
 S_R : Burulma gerilmesi(psi),
 Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 16,028,1}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 438,53 \text{ psi } (30,83 \text{ kg/cm}^2)$$

İzin verilen mukavemet $S_{f0} = 15700 \text{ psi } (1103,818 \text{ kg/cm}^2)$ (Çizelge 36)

S_T , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

10) Conta oturması sırasındaki mukavemet

Burada eğilme gerilmesi, burulma gerilmesi ve teğet kesme gerilmesi olmak üzere toplam üç mukavemet hesap edilmiştir. Bu üç mukavemet değerleri de yukarıda belirtilen faktörlere bağlıdır. Bu mukavemet değerleri,

eşitlik 34, 35 ve 36 yardımıyla bulunmuştur.

$$S_H = \frac{f * M_g}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g_1 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_H = \frac{7,355 * 227206,9}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 21122,81 \text{ psi } (1485,079 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_g}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch) (Çizelge 19),

e : Katsayı,

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 227206,9}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 275,77 \text{ psi } (19,388 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_T = \frac{Y * M_g}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

S_T : Teğetsel kesme gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 227206,9}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 6216,33 \text{ psi } (437,05 \text{ kg/cm}^2)$$

İzin verilen mukavemet $S_{f0} = 15700 \text{ psi } (1103,818 \text{ kg/cm}^2)$ (Çizelge 36)

S_T , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

C) Dış basınç altındaki flanş hesabı

Conta ve flanş ile ilgili genel formüller ve hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

1) Etkili basma alanı

Etkili basma alanı eşitlik 16'da verilmiştir.

$$b_0 = N/2 \quad (16)$$

Burada;

b_0 : Etkili basma alanı(inch)

N : conta genişliği(34,50 mm) (Çizelge 19),

$$b_0 = 0,679134 \text{ inch } (17,25 \text{ mm})$$

2) Efektif conta oturma yüzeyi

Efektif conta oturma yüzeyi eşitlik 17'de verilmiştir.

$$b = 0,5 * b_0^{1/2} \quad (17)$$

Burada;

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

b_0 : Etkili basma alanı(inch),

$$b = 0,412 \text{ inch } (10,46 \text{ mm})$$

3) Etkili basma alanı çapı

Etkili basma alanı çapı eşitlik 18'de verilmiştir.

$$G = OD - 2b \quad (18)$$

Burada;

OD : Conta dış çapı(inch)(Çizelge 19),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

$$G = 77,12876 \text{ inch (1959,07 mm)}$$

4) Etkili basma alanı yüksekliği

Etkili basma alanı yüksekliği eşitlik 19'da verilmiştir.

$$h_G = (C - G) / 2 \quad (19)$$

Burada;

h_G : Etkili basma alanı yüksekliği(inch),

C : Cıvata merkezleri çapı(inch)(Çizelge 19),

$$h_G = (78,74016 - 77,12876) / 2$$

$$h_G = 0,80 \text{ inch (20,46 mm)}$$

5) Flanş üzerine gelen yükler

5-1) Basınçtan kaynaklanan yük

Basınçtan kaynaklanan yükler eşitlik 20'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_p = 2 * b * 3,14 * G * m * P \quad (20)$$

Burada;

H_p : Basınçtan kaynaklanan yük(lb),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

m : Conta faktörü(Çizelge 19),

P : Dış tasarım basıncı(psi)(Çizelge 18),

$$H_p = 2 * 0,412 * 3,14 * 77,128 * 2 * 5,80152$$

$$H_p = 2315,5010 \text{ lb (1050,294 kgf)}$$

5-2) Dikey yük

Dikey yükler Eşitlik 21'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H = 0,785 * G^2 * P \quad (21)$$

Burada;

H : Dikey yük(lb),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

P : Dış tasarım basıncı(psi)(Çizelge 18),

$$H = 0,785 * 77,128^2 * 5,80152$$

$$H = 27092 \text{ lb (12288,81 kgf)}$$

5-3) Yatay yük

Yatay yük eşitlik 22'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_D = 0,785 * B^2 * P \quad (22)$$

Burada;

H_D : Yatay yük(lb),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

P : dış tasarım basıncı(psi)(Çizelge 18),

$$H_D = 0,785 * 74,803^2 * 5,80152$$

$$H_D = 25483,03 \text{ lb (11558,91 kgf)}$$

5-4) Teğetsel yük

Teğetsel yük eşitlik 23'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_T = H - H_D \quad (23)$$

Burada;

H_T : Teğetsel yük(lb),

H_D : Yatay yük(lb),

H : Dikey yük(lb),

$$H_T = 27092,19 - 25483,03$$

$$H_T = 1609,166 \text{ lb (729,905 kgf)}$$

5-5) Flanş üzerine gelen statik toplam yük

Flanş üzerine gelen statik toplam yük eşitlik 24'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$W_{m1} = H + H_p \quad (24)$$

Burada;

W_{m1} : Flanş üzerine gelen statik toplam yük(lb),

$$W_{m1} = 27092,19 + 2315,5010$$

$$W_{m1} = 29407,69 \text{ lb (13339,11 kgf)}$$

5-6) Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük

Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük eşitlik 25'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$W_{m2} = 3,14 * b * G * y \quad (25)$$

Burada;

W_{m2} : Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük(lb),

$$W_{m2} = 3,14 * 0,412 * 77,128 * 2500$$

$$W_{m2} = 249449,8 \text{ lb (113148,5kgf)}$$

6) Gerekli civata alanı

Burada iki adet civata alanı bulunur. A_{m1} ve A_{m2} alanlarından büyük olanı seçilir. A_{m1} ve A_{m2} eşitlik 37 ve 26'dan yararlanılarak bulunmuştur.

$$A_{m1} = 0,785 * G^2 * (P_m - P_r) / S_b \quad (37)$$

Burada;

S_b : Statik flanş eğilme momenti(N/cm^2),

P_m : maksimum izin verilen basınç(psi) (Çizelge 18),

P_r : normal şartlarda maksimum izin verilen basınç(psi) (Çizelge 18),

$$A_{m1} = 0/25000$$

$$A_{m1} = 0 \text{ cm}^2$$

$$A_{m2} = W_{m2} / S_a \quad (26)$$

Burada;

S_a : Titreşimde flanş eğilme momenti(N/cm^2),

$$A_{m2} = 249449,8/25000$$

$$A_{m2} = 9,977 \text{ inch}^2 (64,37402 \text{ cm}^2)$$

Buradan civatalara gelen toplam yük eşitlik 27'de verilmiştir.

$$W = (A_{m2} + A_b) * S_a / 2 \quad (27)$$

Burada;

W : Civataya gelen toplam yük(lb),

$$W = (9,977 + 12,582) * 25000 / 2$$

$$W = 281999,9 \text{ lb} (127913 \text{ kgf})$$

7) Civatalar üzerine gelen momentler

Toplam moment eşitlik 38'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$M_0 = H_D * (h_D - h_G) + H_T * (h_T - h_G) \quad (38)$$

$$M_0 = 25483,03 * (1,6732 - 0,805) + 1609,166 * (1,387 - 0,805)$$

$$M_0 = 265,4828 \text{ kg-m}$$

8) Flanş faktörleri

$$h_0 = (B * g_0)^{1/2} \quad (32)$$

Burada;

h_0 : Toplam kaynak genişliği(inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

g_0 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

$$h_0 = (74,80313 * 0,196)^{1/2}$$

$$h_0 = 3,83742 \text{ inch} (97,47 \text{ mm})$$

$$K = A/B$$

K : katsayı,

$$K = 82,677/74,80313$$

$$K = 1,105$$

Burada K katsayısına bağılı olarak Compress Build programından aşağıdaki faktörler belirlenmiştir.

$$T = 1,875379(\text{faktör})$$

$$Z = 10,02498(\text{faktör})$$

$$Y = 19,3633(\text{faktör})$$

$$U = 21,27831(\text{faktör})$$

$$h/h_0 = 0,1026$$

$$g_1/g_0 = 2,9999$$

Yukarıda bulunan katsayılara bağılı olarak Compress Build programından aşağıdaki faktörler belirlenmiştir.

$$F = 0,9056(\text{faktör})$$

$$V = 0,4111(\text{faktör})$$

$$e = F/h_0$$

$$e = 0,23601(\text{katsayı})$$

9) Çalışma şartlarındaki mukavemet

$$f = 7.3558(\text{faktör})$$

$$L = \frac{(t * e + 1)}{T} + \frac{t^3}{d} \quad (33)$$

Burada;

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19)

e : Katsayı,

T : Faktör,

$$L = \frac{(2,559 * 0,23601 + 1)}{1,8753} + \frac{2,559^3}{7,6959}$$

$$L = 3,032$$

9-1) Eğilme gerilmesi

Eğilme gerilmesi eşitlik 34'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_H = \frac{f * M_0}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g_1 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

M_0 : Toplam moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_H = \frac{7,355 * 23042,9}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 2142,24 \text{ psi } (150,6145 \text{ kg/cm}^2)$$

9-2) Burulma gerilmesi

Burulma gerilmesi eşitlik 35'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_0}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

e : Katsayı,

M_0 : Toplam moment(lb-inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 23042,9}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 27,97 \text{ psi } (1,96 \text{ kg/cm}^2)$$

9-3) Teğetsel kesme gerilmesi

Teğetsel kesme gerilmesi eşitlik 36'dan yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_T = \frac{Y * M_0}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

- S_T : Teğetsel gerilme(psi),
 t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),
 M_0 : Toplam moment(lb-inch),
 B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),
 S_R : Burulma gerilmesi(psi),
 Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 23042,9}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 630,45 \text{ psi (44,32 kg/cm}^2\text{)}$$

İzin verilen mukavemet $S_{fo} = 15700 \text{ psi (1103,818 kg/cm}^2\text{)}$ (Çizelge 36)

S_T , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

10) Conta oturması sırasındaki mukavemet

Conta oturması sırasındaki mukavemetlerin bulunabilmesi için eşitlik 34, 35 ve 36'dan yararlanılmıştır.

$$S_H = \frac{f * M_g}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

- S_H : Eğilme gerilmesi(psi),
 f : Faktör,
 g_1 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 19),
 M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)
 B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_H = \frac{7,355 * 227206,9}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 21122,81 \text{ psi (1485,079 kg/cm}^2\text{)}$$

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_g}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

e : Katsayı,

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 227206,9}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 275,77 \text{ psi (19,388 kg/cm}^2\text{)}$$

$$S_T = \frac{Y * M_g}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

S_T : Teğetsel kesme gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 19),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 19),

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 227206,9}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 6216,33 \text{ psi (437,05 kg/cm}^2\text{)}$$

İzin verilen mukavemet $S_{fo} = 15700 \text{ psi (1103,818 kg/cm}^2\text{)}$ (Çizelge 36)

S_T , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

7.5. Flanş III-IV

Flanş tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler Çizelge 20de belirtilmiştir.

Çizelge 20. Flanş III-IV'ün tasarımında kullanılacak seçilen temel değerler

1-Flanş bağlantısı	Silindir
2-Malzeme özelliği	SA 283-C(ST 37-2)
3-Cıvata malzeme özelliği	8.8 (42 Cr Mo4)
4-İç basınç	0
5-Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı	1,9896 psi(0,1372 bar)
6-Gerekli flanş kalınlığı	$t_f= 61,91$ mm
7-Maksimum izin verilen çalışma basıncı	29,45314 psi (2,03 bar)
8-Normal şartlarda max. izin verilen basınç	38,01443 psi (2,62 bar)
9-Dış tasarım basıncı	5,80 psi (0,40 bar)
10-Max. izin verilen dış basınç	63,77511 psi (4,40 bar)
11-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 C(Yalova)
12-İzin verilen minimum sıcaklık	-28,89 C
13-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
14-Tahmini ağırlık	yeni=329,0359 kg paslı= 319,918 kg

A) Flanş ölçüleri(YENİ)

Flanş ölçüleri Çizelge 21'de verilmiştir.

Çizelge 21. Flanş III-IV'ün ölçüleri

Flanş dış çapı	A= 2100 mm
Cıvata merkezleri çapı	C= 2000 mm
Conta dış çapı	1980 mm
Conta iç çapı	1911 mm
Conta genişliği	N= 34,50 mm
Flanş iç çapı	B= 1894 mm
Flanş kalınlığı	t= 65 mm
Cıvatalama	4 adet M24
Kaynak boynu kalınlığı	$g_1= 15$ mm
Kaynak boynu kalınlığı	$g_o= 5$ mm
Aşağı kaynak genişliği	h= 10 mm
Yukarı kaynak genişliği	$h_1= 8$ mm
Uzunluk	e= 8 mm
İç kaynak kalınlığı	w= 10,16 mm
Conta faktörü	m= 2
Oturma mukavemeti	y= 175,7672 kg/cm ²
Conta tanımı	Metalik conta

Flanşla ilgili detaylar Şekil 26'de verilmiştir.

3) Etkili basma alanı çapı

Etkili basma alanı çapı eşitlik 18'de verilmiştir.

$$G = OD - 2b \quad (18)$$

Burada;

OD : Conta dış çapı(inch)(Çizelge 21),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

$$G = 77,12876 \text{ inch (1959,07 mm)}$$

4) Etkili basma alanı yüksekliği

Etkili basma alanı yüksekliği eşitlik 19'da verilmiştir.

$$h_G = (C - G) / 2 \quad (19)$$

Burada;

h_G : Etkili basma alanı yüksekliği(inch),

C : Cıvata merkezleri çapı(inch)(Çizelge 21),

$$h_G = (78,74016 - 77,12876) / 2$$

$$h_G = 0,80 \text{ inch (20,46 mm)}$$

5) Flanş üzerine gelen yükler

5-1) Basınçtan kaynaklanan yük

Basınçtan kaynaklanan yük eşitlik 20'de verilmiştir.

$$H_p = 2 * b * 3,14 * G * m * P_s \quad (20)$$

Burada;

H_p : Basınçtan kaynaklanan yük(lb),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

m : Conta faktörü(Çizelge 21),

P_s : Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı(psi)(Çizelge 20),

$$H_p = 2 * 0,412 * 3,14 * 77,128 * 2 * 1,9896$$

$$H_p = 794,9886 \text{ lb (360,1926 kgf)}$$

5-2) Dikey gelen yük

Dikey gelen yükler eşitlik 21'de verilmiştir.

$$H = 0,785 * G^2 * P_s \quad (21)$$

Burada;

H : Dikey gelen yük(lb),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

P_s : Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı(psi)(Çizelge 20),

$$H = 0,785 * 77,128^2 * 1,9896$$

$$H = 9291 \text{ lb (4214,382 kgf)}$$

5-3) Yatay etkiyen yük

Yatay etkiyen yükler eşitlik 22'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_D = 0,785 * B^2 * P_s \quad (22)$$

Burada;

H_D : Yatay yük(lb),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

P_s : Flanş üzerindeki sıvı yüksekliği basıncı(psi)(Çizelge 20)

$$H_D = 0,785 * 74,803^2 * 1,9896$$

$$H_D = 8739,267 \text{ lb 83964,065 kgf)}$$

5-4) Teğetsel yük

Teğetsel yükler eşitlik 23 yardımıyla bulunmuştur.

$$H_T = H - H_D \quad (23)$$

Burada;

H_T : Teğetsel yük(lb),

H : Dikey gelen yük(lb),

H_D : Yatay yük(lb),

$$H_T = 9291,121 - 8739,267$$

$$H_T = 551,8545 \text{ lb (250,317 kgf)}$$

5-5) Flanş üzerine gelen statik toplam yük

Flanş üzerine gelen toplam statik yükler eşitlik 24 yardımıyla bulunmuştur.

$$W_{m1} = H + H_p \quad (24)$$

Burada;

W_{m1} : Flanş üzerine gelen statik toplam yük(lb),

$$W_{m1} = 9291,121 + 794,088$$

$$W_{m1} = 10085,21 \text{ lb (4574,575 kgf)}$$

5-6) Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük

Flanş üzerine gelen toplam titreşimli yükler eşitlik 25 yardımıyla bulunmuştur.

$$W_{m2} = 3,14 \cdot b \cdot G \cdot y \quad (25)$$

Burada;

W_{m2} : Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük(lb),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

$$W_{m2} = 3,14 \cdot 0,412 \cdot 77,128 \cdot 2500$$

$$W_{m2} = 249449,8 \text{ lb (113148,5kgf)}$$

6) Gerekli civata alanı

Burada iki adet civata alanı bulunur. A_{m1} ve A_{m2} alanlarından büyük olanı seçilir. A_{m1} ve A_{m2} eşitlik 26 yardımıyla bulunmuştur.

$$A_{m1} = W_{m1} / S_b \quad (26)$$

Burada;

S_b : Statik flanş eğilme momenti(N/cm^2),

W_{m1} : Flanş üzerine gelen statik toplam yük(lb),

$$A_{m1} = 10085,21 / 25000$$

$$A_{m1} = 0,403 \text{ inch}^2 (2,60263 \text{ cm}^2)$$

$$A_{m2} = W_{m2}/S_a \quad (26)$$

Burada;

S_a : Titreşimde flanş eğilme momenti(N/cm^2),

W_{m2} : Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük(lb),

$$A_{m2} = 249449,8/25000$$

$$A_{m2} = 9,977 \text{ inch}^2 (64,37402 \text{ cm}^2)$$

Buradan eşitlik 27 yardımı ile civatalara gelen toplam yük bulunmuştur.

$$W = (A_{m2} + A_b) * S_a / 2 \quad (27)$$

Burada;

W : Civatalara gelen toplam yük(lb),

S_a : Titreşimde flanş eğilme momenti(N/cm^2),

$$W = (9,977 + 12.582) * 25000 / 2$$

$$W = 281999,9 \text{ lb } 8127913 \text{ kgf}$$

7) Civatalar üzerine gelen momentler

7-1) Yatay etkiyen momentler

Yatay etkiyen momentler eşitlik 28 yardımıyla bulunmuştur.

$$M_D = H_D * h_D \quad (28)$$

Burada;

M_D : Yatay etkiyen moment(lb-inch),

H_D : Yatay yük(lb),

$$M_D = 8739,267 * 1,673$$

$$M_D = 14622,83 \text{ lb-inch } (168,4725 \text{ kg-m})$$

7-2) Teğetsel etkiyen momentler

Teğetsel etkiyen momentler eşitlik 29 yardımıyla bulunmuştur.

$$M_T = H_T * h_T \quad (29)$$

Burada;

M_T : Teğetsel etkiyen moment(lb-inch),

H_T : Teğetsel yük(lb),

$$M_T = 551,8545 * 1,3871$$

$$M_T = 765,48 \text{ lb-inch (8,8192 kg-m)}$$

7-3) Basıya etkiyen momentler

Basıya etkiyen momentler eşitlik 28 ve 30'dan yardımıyla bulunmuştur.

$$H_G = W_{m1} - H \quad (30)$$

Burada;

H_G : Etkili bası yükü(lb),

$$H_G = 10085,21 - 9291,121$$

$$H_G = 794,0889 \text{ lb (360,1927 kgf)}$$

$$M_G = H_G * h_G \quad (28)$$

Burada;

M_G : basıya etkiyen moment(lb-inch),

H_G : Etkili bası yükü(lb),

$$M_G = 794,0889 * 0,805$$

$$M_G = 639,7961 \text{ lb-inch (7,371 kg-m)}$$

7-4) Toplam moment

Meydana gelen toplam moment eşitlik 31 yardımıyla bulunmuştur.

$$M_0 = M_D + M_T + M_G \quad (31)$$

Burada;

M_0 : Toplam moment(lb-inch)

M_T : Teğetsel etkiyen moment(lb-inch),

M_G : Basıya etkiyen moment(lb-inch)

M_D : Yatay etkiyen moment(lb-inch),

$$M_0 = 14622,83 + 765,48 + 639,7961$$

$$M_0 = 16028,1 \text{ lb-inch (184,663 kg-m)}$$

8) Flanş faktörleri

Toplam kaynak genişliği eşitlik 32 yardımıyla bulunmuştur.

$$h_0 = (B \cdot g_0)^{1/2} \quad (32)$$

Burada;

h_0 : Toplam kaynak genişliği(inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

g_0 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

$$h_0 = (74,80313 \cdot 0,196)^{1/2}$$

$$h_0 = 3,83742 \text{ inch (97,47 mm)}$$

$$K = A/B$$

K : katsayı,

$$K = 82,677/74,80313$$

$$K = 1,105$$

Burada K katsayısından yararlanılarak Compress Build programından aşağıdaki faktörler belirlenmiştir.

$$T = 1,875379(\text{faktör})$$

$$Z = 10,02498(\text{faktör})$$

$$Y = 19,3633(\text{faktör})$$

$$U = 21,27831(\text{faktör})$$

$$h/h_0 = 0,1026$$

$$g_1/g_0 = 2,9999$$

Yukarıdaki iki katsayı bulunduktan sonra Compress Build programından F ve V faktörleri bulunmuştur.

$$F = 0,9056(\text{faktör})$$

$$V = 0,4111(\text{faktör})$$

$$e = F/h_0$$

$$e = 0,23601$$

9) Çalışma şartlarındaki mukavemet

Burada eğilme gerilmesi, burulma gerilmesi ve teğet kesme gerilmesi olmak üzere toplam üç mukavemet hesap edilmiştir. Bu üç mukavemet değerleri de yukarıda belirtilen faktörlere bağlıdır. Bu mukavemet değerleri, eşitlik 33, 34, 35 ve 36 yardımıyla bulunmuştur.

$$f = 7.3558(\text{faktör})$$

$$L = \frac{(t * e + 1)}{T} + \frac{t^3}{d} \quad (33)$$

t : flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

e : katsayı,

T : faktör,

$$L = \frac{(2,559 * 0,23601 + 1)}{1,8753} + \frac{2,559^3}{7,6959}$$

$$L = 3,032$$

$$S_H = \frac{f * M_0}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g₁ : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M₀ : Toplam moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_H = \frac{7,355 * 16028,1}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 1490,09 \text{ psi } (104,7636 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_0}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

- S_R : Burulma gerilmesi(psi),
 t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),
 e : Katsayı,
 M_0 : Toplam moment(lb-inch),
 B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 16028,1}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 19,45 \text{ psi } (1,36 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_T = \frac{Y * M_0}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

- S_T : Teğetsel kesme gerilmesi(psi),
 t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),
 M_0 : Toplam moment(lb-inch),
 B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),
 S_R : Burulma gerilmesi(psi),
 Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 16,028,1}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 438,53 \text{ psi } (30,83 \text{ kg/cm}^2)$$

İzin verilen mukavemet $S_{fo} = 15700 \text{ psi } (1103,818 \text{ kg/cm}^2)$ (Çizelge 36)

S_T , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

10) Conta oturması sırasındaki mukavemet

Burada eğilme gerilmesi, burulma gerilmesi ve teğet kesme gerilmesi olmak üzere toplam üç mukavemet hesap edilmiştir. Bu üç mukavemet değerleri de yukarıda belirtilen faktörlere bağlıdır. Bu mukavemet değerleri,

eşitlik 34, 35 ve 36 yardımıyla bulunmuştur.

$$S_H = \frac{f * M_g}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g_1 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_H = \frac{7,355 * 227206,9}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 21122,81 \text{ psi } (1485,079 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_g}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch) (Çizelge 21),

e : Katsayı,

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 227206,9}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 275,77 \text{ psi } (19,388 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_T = \frac{Y * M_g}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

S_T : Teğetsel kesme gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 227206,9}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 6216,33 \text{ psi (437,05 kg/cm}^2\text{)}$$

İzin verilen mukavemet $S_{fo} = 15700 \text{ psi (1103,818 kg/cm}^2\text{)}$ (Çizelge 36)

S_T , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{fo} 'yu geçmemektedir.

C) Dış basınç altındaki flanş hesabı

Conta ve flanş ile ilgili genel formüller ve hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

1) Etkili basma alanı

Etkili basma alanı eşitlik 16'da verilmiştir.

$$b_o = N/2 \quad (16)$$

Burada;

b_o : Etkili basma alanı(inch)

N : conta genişliği(34,50 mm) (Çizelge 21),

$$b_o = 0,679134 \text{ inch (17,25 mm)}$$

2) Efektif conta oturma yüzeyi

Efektif conta oturma yüzeyi eşitlik 17'de verilmiştir.

$$b = 0,5 * b_o^{1/2} \quad (17)$$

Burada;

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

b_o : Etkili basma alanı(inch),

$$b = 0,412 \text{ inch (10,46 mm)}$$

3) Etkili basma alanı çapı

Etkili basma alanı çapı eşitlik 18'de verilmiştir.

$$G = OD - 2b \quad (18)$$

Burada;

OD : Conta dış çapı(inch)(Çizelge 21),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

$$G = 77,12876 \text{ inch (1959,07 mm)}$$

4) Etkili basma alanı yüksekliği

Etkili basma alanı yüksekliği eşitlik 19'da verilmiştir.

$$h_G = (C - G) / 2 \quad (19)$$

Burada;

h_G : Etkili basma alanı yüksekliği(inch),

C : Cıvata merkezleri çapı(inch)(Çizelge 21),

$$h_G = (78,74016 - 77,12876) / 2$$

$$h_G = 0,80 \text{ inch (20,46 mm)}$$

5) Flanş üzerine gelen yükler

5-1) Basınçtan kaynaklanan yük

Basınçtan kaynaklanan yükler eşitlik 20'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_p = 2 * b * 3,14 * G * m * P \quad (20)$$

Burada;

H_p : Basınçtan kaynaklanan yük(lb),

b : Efektif conta oturma yüzeyi(inch),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

m : Conta faktörü(Çizelge 21),

P : Dış tasarım basıncı(psi)(Çizelge 20),

$$H_p = 2 * 0,412 * 3,14 * 77,128 * 2 * 5,80152$$

$$H_p = 2315,5010 \text{ lb (1050,294 kgf)}$$

5-2) Dikey yük

Dikey yükler Eşitlik 21'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H = 0,785 * G^2 * P \quad (21)$$

Burada;

H : Dikey yük(lb),

G : Etkili basma alanı çapı(inch),

P : Dış tasarım basıncı(psi)(Çizelge 20),

$$H = 0,785 * 77,128^2 * 5,80152$$

$$H = 27092,19 \text{ lb (12288,81 kgf)}$$

5-3) Yatay yük

Yatay yük eşitlik 22'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_D = 0,785 * B^2 * P \quad (22)$$

Burada;

H_D : Yatay yük(lb),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

P : dış tasarım basıncı(psi)(Çizelge 20),

$$H_D = 0,785 * 74,803^2 * 5,80152$$

$$H_D = 25483,03 \text{ lb (11558,91 kgf)}$$

5-4) Teğetsel yük

Teğetsel yük eşitlik 23'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$H_T = H - H_D \quad (23)$$

Burada;

H_T : Teğetsel yük(lb),

H_D : Yatay yük(lb),

H : Dikey yük(lb),

$$H_T = 27092,19 - 25483,03$$

$$H_T = 1609,166 \text{ lb (729,905 kgf)}$$

5-5) Flanş üzerine gelen statik toplam yük

Flanş üzerine gelen statik toplam yük eşitlik 24'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$W_{m1} = H + H_p \quad (24)$$

Burada;

W_{m1} : Flanş üzerine gelen statik toplam yük(lb),

$$W_{m1} = 27092,19 + 2315,5010$$

$$W_{m1} = 29407,69 \text{ lb (13339,11 kgf)}$$

5-6) Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük

Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük eşitlik 25'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$W_{m2} = 3,14 \cdot b \cdot G \cdot y \quad (25)$$

Burada;

W_{m2} : Flanş üzerine gelen titreşimli toplam yük(lb),

$$W_{m2} = 3,14 \cdot 0,412 \cdot 77,128 \cdot 2500$$

$$W_{m2} = 249449,8 \text{ lb 8113148,5kgf)}$$

6) Gerekli civata alanı

Burada iki adet civata alanı bulunur. A_{m1} ve A_{m2} alanlarından büyük olanı seçilir. A_{m1} ve A_{m2} eşitlik 37 ve 26'dan yararlanılarak bulunmuştur.

$$A_{m1} = 0,785 \cdot G^2 \cdot (P_m - P_r) / S_b \quad (37)$$

Burada;

S_b : Statik flanş eğilme momenti(N/cm^2),

P_m : maksimum izin verilen basınç(psi) (Çizelge 20),

P_r : normal şartlarda maksimum izin verilen basınç(psi) (Çizelge 21),

$$A_{m1} = 0/25000$$

$$A_{m1} = 0 \text{ cm}^2$$

$$A_{m2} = W_{m2}/S_a \quad (26)$$

Burada;

S_a : Titreşimde flanş eğilme momenti(N/cm^2),

$$A_{m2} = 249449,8/25000$$

$$A_{m2} = 9,977 \text{ inch}^2 (64,37402 \text{ cm}^2)$$

Buradan civatalara gelen toplam yük eşitlik 27'de verilmiştir.

$$W = (A_{m2} + A_b) * S_a / 2 \quad (27)$$

Burada;

W : Civataya gelen toplam yük(lb),

$$W = (9,977 + 12,582) * 25000 / 2$$

$$W = 281999,9 \text{ lb} (127913 \text{ kgf})$$

7) Civatalar üzerine gelen momentler

Toplam moment eşitlik 38'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$M_0 = H_D * (h_D - h_G) + H_T * (h_T - h_G) \quad (38)$$

$$M_0 = 25483,03 * (1,6732 - 0,805) + 1609,166 * (1,387 - 0,805)$$

$$M_0 = 23042,98 \text{ lb-inch} (265,4828 \text{ kg-m})$$

8) Flanş faktörleri

$$h_0 = (B * g_0)^{1/2} \quad (32)$$

Burada;

h_0 : Toplam kaynak genişliği(inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

g_0 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

$$h_0 = (74,80313 * 0,196)^{1/2}$$

$$h_0 = 3,83742 \text{ inch} (97,47 \text{ mm})$$

$$K = A/B$$

K : katsayı,

$$K = 82,677/74,80313$$

$$K = 1,105$$

Burada K katsayısına bağı olarak Compress Build programından aşağıdaki faktörler belirlenmiştir.

$$T = 1,875379(\text{faktör})$$

$$Z = 10,02498(\text{faktör})$$

$$Y = 19,3633(\text{faktör})$$

$$U = 21,27831(\text{faktör})$$

$$h/h_0 = 0,1026$$

$$g_1/g_0 = 2,9999$$

Yukarıda bulunan katsayılara bağı olarak Compress Build programından aşağıdaki faktörler belirlenmiştir.

$$F = 0,9056(\text{faktör})$$

$$V = 0,4111(\text{faktör})$$

$$e = F/h_0$$

$$e = 0,23601$$

9) Çalışma şartlarındaki mukavemet

$$f = 7.3558(\text{faktör})$$

$$L = \frac{(t * e + 1)}{T} + \frac{t^3}{d} \quad (33)$$

Burada;

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21)

e : Katsayı,

T : Faktör,

$$L = \frac{(2,559 * 0,23601 + 1)}{1,8753} + \frac{2,559^3}{7,6959}$$

$$L = 3,032$$

9-1) Eğilme gerilmesi

Eğilme gerilmesi eşitlik 34'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_H = \frac{f * M_0}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g_1 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M_0 : Toplam moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_H = \frac{7,355 * 23042,9}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 2142,24 \text{ psi } (150,6145 \text{ kg/cm}^2)$$

9-2) Burulma gerilmesi

Burulma gerilmesi eşitlik 35'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_0}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

e : Katsayı,

M_0 : Toplam moment(lb-inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 23042,9}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 27,97 \text{ psi } (1,96 \text{ kg/cm}^2)$$

9-3) Teğetsel kesme gerilmesi

Teğetsel kesme gerilmesi eşitlik 36'dan yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_T = \frac{Y * M_0}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

S_T : Teğetsel gerilme(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M_0 : Toplam moment(lb-inch),

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 23042,9}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 630,45 \text{ psi } (44,32 \text{ kg/cm}^2)$$

İzin verilen mukavemet $S_{f0} = 15700 \text{ psi } (1103,818 \text{ kg/cm}^2)$ (Çizelge 36)

S_T , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

10) Conta oturması sırasındaki mukavemet

Conta oturması sırasındaki mukavemetlerin bulunabilmesi için eşitlik 34, 35 ve 36'dan yararlanılmıştır.

$$S_H = \frac{f * M_g}{(L * g_1 * B)} \quad (34)$$

Burada;

S_H : Eğilme gerilmesi(psi),

f : Faktör,

g_1 : Kaynak boynu kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_H = \frac{7,355 * 227206,9}{(3,032 * 0,59^2 * 74,803)}$$

$$S_H = 21122,81 \text{ psi } (1485,079 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_R = \frac{(1,33 * t * e + 1) * M_g}{L * t^2 * B} \quad (35)$$

Burada;

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

e : Katsayı,

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

$$S_R = \frac{(1,33 * 2,559 * 0,236 + 1) * 227206,9}{3,0328 * 2,559^2 * 74,803}$$

$$S_R = 275,77 \text{ psi } (19,388 \text{ kg/cm}^2)$$

$$S_T = \frac{Y * M_g}{(t^2 * B)} - Z * S_R \quad (36)$$

Burada;

S_T : Teğetsel kesme gerilmesi(psi),

t : Flanş kalınlığı(inch)(Çizelge 21),

M_g : Conta oturması sırasında oluşan moment(lb-inch)

B : Flanş iç çapı(inch)(Çizelge 21),

S_R : Burulma gerilmesi(psi),

Z : Faktör,

$$S_T = \frac{19,3633 * 227206,9}{(2,559^2 * 74,80313)} - 10,024 * 19,45$$

$$S_T = 6216,33 \text{ psi } (437,05 \text{ kg/cm}^2)$$

İzin verilen mukavemet $S_{f0} = 15700 \text{ psi } (1103,818 \text{ kg/cm}^2)$ (Çizelge 36)

S_T , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_H , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

S_R , S_{f0} 'yu geçmemektedir.

7.6. Yatay Kabin Taşınması

Yatay kapların taşınması tasarım yöntemleri 1951 senesinde L.P. Zick tarafından sunulan incelemeye dayanmaktadır. Taşıyıcılar üzerindeki yatay bir kap, aşağıdaki değişiklikleri göstermektedir. (L.P. ZICK, 1951)

- a) yükleme koşulları, az veya tam dolu durumlarına göre değişir.
- b) kaptaki gerilimler taşıyıcının kapladığı açığa göre değişir.
- c) kabin ağırlığında doğan yük diğer yüklerle birleşir.

A) Yükler

Meydana gelen yükler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 1) taşıyıcılardaki tepki kuvveti,
- 2) dış basınç,
- 3) iç basınç,
- 4) rüzgar yükü,
- 5) darbe yükleri,

B) Dokunma açısı(θ)

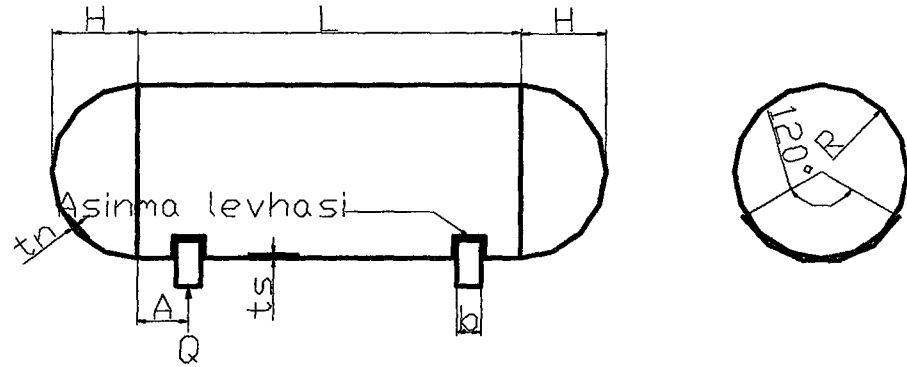
ASME kod tarafından önerilen en küçük dokunma açısı 120° 'dir. Dış basınç altında ve desteksiz silindirlerde dokunma açısı 120° ile sınırlandırılmıştır. Tasarımda θ açısı 120 seçilmiştir.

C) Taşıyıcılar nedeni ile basınçlı kapta oluşan gerilmeler

Bizim basınçlı kabımız aşağıdaki gerilmelerin etkisinde kalmaktadır. Bunlar;

- 1) boyuna bükülme gerilimi
- 2) teğet kesme gerilimi
- 3) çevresel gerilim(+ değerler çekme gerilimini, - değerler sıkıştırmayı belirtir.)

Yatay kabin taşınması ve simgelerin belirtilmesi Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. Yatay kabın taşınması

Şekle göre kullanılan simgelerin açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- Q : Bir taşıyıcıya gelen yük(kg),
R : Vakum silindiri iç yarıçapı(mm)(Şekil 33),
S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/mm²)(Çizelge 34)
t_s : Vakum silindiri et kalınlığı(mm),
t_h : Bombe et kalınlığı(mm)(pas payı dışında kalan),
K : Katsayı(Çizelge 37)
θ : Taşıyıcı dokunma açısı(derece)(Şekil 27),
L : Gövde uzunluğu(mm)(Şekil 33),
H : Bombe tepe noktası ile merkezi arasındaki yatay mesafe(mm)(Şekil 33),
b : Semerin kalınlığı(mm)(Şekil 33),

1) Boyuna bükülme gerilimi

1-a) Taşıyıcıdaki gerilim

Taşıyıcıdaki gerilim eşitlik 39'da verilmiştir.

$$S_1 = \frac{Q * A * \left(1 - \frac{1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2 * A * L}}{1 + \frac{4 * H}{3 * L}}\right)}{K_1 * R^2 * t_s} \quad (39)$$

$$K_1 : 0,335$$

Q = gövde ağırlığı+flanş ağırlıkları+bombe ağırlıkları+çözelti ağırlığı

$$Q = 750+600+650+7000$$

Q = 9000 kg(bu toplam olduğu bunun ikiye bölünmesi lazım(semelerin birine gelen yük))

$$S_1 = \frac{4500 * 470 * \left(1 - \frac{1 - \frac{470}{2100} + \frac{1894^2 - 590^2}{2 * 470 * 2100}}{1 + \frac{4590}{3 * 2100}}\right)}{0,335 * 1894^2 * 8}$$

$$S_1 = 0,53 \text{ kg/mm}^2$$

1-b) Taşıyıcıların ortasındaki gerilim

Taşıyıcıların ortasındaki gerilim eşitlik 40'tan yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_1 = \frac{\frac{Q * L}{4} \left(\frac{1 + 2 * \frac{R^2 - H^2}{L^2}}{1 + \frac{4 * H}{3 * L}} - \frac{4 * A}{L} \right)}{\pi * R^2 * t_s} \quad (40)$$

$$S_1 = \frac{\frac{4500 * 2100}{4} \left(\frac{1 + 2 * \frac{1894^2 - 590^2}{2100^2}}{1 + \frac{4 * 590}{3 * 2100}} - \frac{4 * 470}{2100} \right)}{\pi * 1894^2 * 8}$$

$$S_1 = 0,02 \text{ kg/mm}^2$$

Hesaplanan en yüksek gerilim $S_1 = 0,53 \text{ kg/mm}^2$ 'dir.

$S_{1\max}$ = Vakum silindiri malzemesinin izin verilen en büyük gerilimi x kaynak verim katsayısı iç basınçtan oluşan gerilim

$$\text{İç basınçtan oluşan gerilim} = \frac{P * R}{200 * t_s} = \frac{4,6 * 1894}{200 * 8} = 5,44 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_{1\max} = 8,93 \times 1 - 5,44$$

$$S_{1\max} = 3,49 \text{ kg/mm}^2$$

Hesaplanan değer (0,53 kg/mm²), izin verilen en büyük gerilim değerini (3,49 kg/mm²) geçmemektedir.

2) Teğetsel kesme gerilmesi

Teğet kesme gerilmesi eşitlik 41'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_2 = \frac{K_2 Q}{R t_s} \left(\frac{L - 2 * A}{L + \frac{4 * H}{3}} \right) \quad (41)$$

$$S_2 = \frac{1,171 * 4500}{1894 * 8} \left(\frac{2100 - 2 * 470}{2100 + \frac{4 * 590}{3}} \right)$$

$$S_2 = 0,136 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_{2\max} = 0,8 \times 8,93$$

$$S_{2\max} = 7,144 \text{ kg/mm}^2$$

Hesaplanan teğet kesme gerilme değeri, izin verilen gerilim değerini geçmemektedir.

3) Çevresel Gerilim

3-a) Taşıyıcı ucundaki gerilim

Taşıyıcı ucundaki gerilim eşitlik 42'den yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_4 = -\frac{Q}{4 * t_s (b + 1,56 \sqrt{R * t_s})} - \frac{3 K_6 * Q}{2 * t_s^2} \quad (42)$$

$$S_4 = -\frac{4500}{4 * 8 (200 + 1,56 \sqrt{1894 * 8})} - \frac{3 * 0,053 * 4500}{2 * 8^2}$$

$$S_4 = -5,933 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_{4\max} = -1,5 \times 8,93$$

$$S_{4\max} = -13,395 \text{ kg/mm}^2$$

Taşıyıcı ucundaki hesaplanan gerilim değeri, izin verilen gerilim değerini geçmemektedir.

3-b) Vakum silindiri altındaki gerilim değeri

Gövde altındaki gerilim değeri eşitlik 43'ten yararlanılarak bulunmuştur.

$$S_5 = \frac{K_7 Q}{t_s * (b + 1,56 \sqrt{R * t_s})} \quad (43)$$

$$S_5 = \frac{0,760 * 4500}{8 * (200 + 1,56 \sqrt{1894 * 8})}$$

$$S_5 = 1,090 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_{5\max} = 0,5 \times \text{malzemenin akma dayanımı} (\text{Çizelge 37})$$

$$S_{5\max} = 0,5 \times 21,9$$

$$S_{5\max} = 10,95 \text{ kg/mm}^2$$

Vakum silindiri altındaki hesaplanan gerilim değeri(1,090), izin verilen gerilim değerini aşmamaktadır.

7.7. Çözelti Kabı

Program ASME(amerikan makine mühendisleri odası) bölüm VIII-I, 2001 baskısından yararlanmıştır. Programın ismi "Compress Build 6224" olarak geçmektedir. Tasarım basıncına göre kalınlığı bulmaktadır. İzin verilen gerilme kuvveti 893 kg/cm² alınmıştır. Destek ayaklarındaki gerilme indeksi 1,3 alınmıştır. Hidrostatik test basınç değeri tasarım basıncının 1,3 katı olarak alınmıştır. Test sıvısının özgül ağırlığı 1 ton/m³ alınmıştır.

Tasarımda inceleme kısımlara ayrılmıştır.

7.7.1. Silindir

Gövde malzemesinin tasarımında kullanılacak değerler Çizelge 22'de verilmiştir.

Çizelge 22. Çözelti kabı gövde(silindir) malzemesine ilişkin seçilen temel değerler

1-Malzeme özelliği	SA-283 C(St 37-2)
2-İç tasarım basıncı	P= 0 bar(100 °C)
3-Statik sıvı yüksekliği basıncı	Ps= 0,242 bar(özümlü ağırlık=1, Hs= 2470 mm)
4-Pas payı	içten= 0 mm dıştan= 0 mm
5-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 °C(Yalova)
6-İzin verilen minimum sıcaklık	-103,89 °C
7-Isıl işlem	Görmemiş
8-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
9-Tahmini ağırlık	yeni=1375,479 kg paslı= 1375,479 kg
10-Kapasite	yeni= 6853,740 L paslı= 6853,740 L
11-Dış çap	OD= 1896 mm R ₀ = 948 mm
12-Boy	Lc= 2469 mm
13-Malzeme kalınlığı	t= 8 mm

A) Silindir tasarım kalınlığı(100 °C'de)

Gövdenin en küçük tasarım kalınlığı eşitlik 7 yardımı ile bulunmuştur.

$$t_{\min} = \frac{P_s * R_0}{S * E + 0,40 * P_s} + \text{korozyon} \quad (7)$$

Burada;

$t_{\min}$: En küçük tasarım kalınlığı(mm),

R_0 : Dış yarıçap(mm)(Çizelge 22),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 22'de 8'e bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 22),

$$t = \frac{0,242 * 948}{893 * 1 + 0,40 * 0,242} + 0$$

$$t_{\min} = 0,256 \text{ mm}$$

B) Maksimum izin verilen çalışma basıncı(100 °C'de)

Maksimum izin verilen çalışma basıncı eşitlik 8 yardımı ile bulunmuştur.

$$P_a = \frac{S * E * t}{R_0 - 0,40 * t} - P_s \quad (8)$$

burada;

t : Tasarım kalınlığı(mm),

R_o : Dış yarıçap(mm)(Çizelge 22),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 33),

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 22'de 8'e bakılarak, Çizelge 34'den),

P_s : statik sıvı yüksekliği basıncı(bar)(Çizelge 22),

$$P_a = \frac{893 * 1 * 8}{948 - 0,40 * 8} - 0,242$$

$$P_a = 7,319 \text{ bar}$$

C) Normal şartlar altında izin verilen çalışma basıncı(21.11 °C)

Normal şartlar altında izin verilen çalışma basıncı eşitlik 9'dan yararlanılarak bulunmuştur.

$$P_a = \frac{S * E * t}{R_o - 0,40 * t} \quad (9)$$

burada;

t : 21,11 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

R_o : Dış yarıçap(mm),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 22'de 8'e bakılarak, Çizelge 35'den)

$$P_a = \frac{893 * 1 * 8}{948 - 0,40 * 8}$$

$$P_a = 7,561 \text{ bar}$$

7.7.2. Eliptik Bombe

Eliptik bombenin tasarımında kullanılacak malzemenin teknik özellikleri Çizelge 23'de verilmiştir.

Çizelge 23. Çözelti kabı eliptik bombesinin tasarımına ilişkin seçilen temel değerler

1-Malzeme özelliği	SA 283-C(St 37-2)
2-Statik sıvı yüksekliği basıncı	$P_s=0$ bar(özgül ağırlık=1,Hs= mm)
3-Pas payı	içten= 0 mm dıştan= 0 mm
4-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 °C(Yalova)
5-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
6-Tahmini ağırlık	yeni= 189,8 kg paslı= 189,8 kg
7-Kapasite	yeni= 945,73 L paslı= 945,73 L
8-Dış çap	OD= 1896 mm $R_0= 948$ mm
9-Bombenin düz etek kısmı boyu	$L_{sf}= 75$ mm
10-Minimum malzeme kalınlığı	$t= 8$ mm
11-Bombe indeksi	yeni= 2 paslı= 1.9937
12-Bombenin düz kısmının kalınlığı	$t_{sf}= 8$ mm

A) Maksimum izin verilen çalışma basıncı(100 °C'de)

Maksimum izin verilen çalışma basıncı eşitlik 8 yardımı ile bulunmuştur.

$$P_a = \frac{S * E * t}{R_0 - 0,40 * t} - P_s \quad (8)$$

Burada;

t : Tasarım kalınlığı,

R_0 : Dış yarıçap(mm)(Çizelge 23),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34),

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 23'de 5'e bakılarak, Çizelge 35'den),

P_s : statik sıvı yüksekliği basıncı(bar),

$$P_a = \frac{893 * 1 * 8}{948 - 0,40 * 8} - 0$$

$$P_a = 7,561 \text{ bar}$$

B) Normal şartlar altında izin verilen çalışma basıncı(21.11 °C)

Normal şartlar altında izin verilen çalışma basıncı eşitlik 9 yardımı ile bulunmuştur.

$$P_a = \frac{S * E * t}{R_0 - 0,40 * t} \quad (9)$$

Burada;

t : 21,11 °C'deki tasarım kalınlığı(mm),

R_o : Dış yarıçap(mm)(Çizelge 23),

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : kaynak verim katsayısı(Çizelge 23'te 5'e bakılarak, Çizelge 35'den)

$$P_a = \frac{893 * 1 * 8}{948 - 0,40 * 8}$$

$$P_a = 7,561 \text{ bar}$$

7.7.3. Alt Taban Sacı

Alt taban sacının tasarımında kullanılacak malzemenin teknik özellikleri Çizelge 24'de verilmiştir.

Çizelge 24. Çözelti kabı alt taban sacının tasarımına ilişkin seçilen temel değerler

1-Malzeme özelliği	SA 283-C(St 37-2)
2-İç tasarım basıncı	P= 0 bar(100 °C)
3-Statik sıvı yüksekliği basıncı	P _s =0,242 bar(özellik ağırlık=1,Hs= 2470 mm)
4-Pas payı	içten= 0 mm dıştan= 0 mm
5-Ortam minimum metal sıcaklığı	-5 °C(Yalova)
6-Röntgen çekimi	boyuna kaynaklar(%100)
7-Tahmini ağırlık	yeni= 168,8 kg paslı= 168,8 kg
8-Dış çap	OD= 1910 mm
9-Minimum malzeme kalınlığı	t= 10 mm
10-Malzeme	Dikişsiz tek plaka

A) Tas kalınlığı

Tas kalınlığı eşitlik 44 yardımı ile bulunmuştur.

$$t = d * \text{Sqr}(C * P_s / (S * E)) + \text{korozyon} \quad (44)$$

Burada;

t : Kalınlık(inch),

d : Taban sacı iç çapı(inch),

Sqr : Karakök,

S : Malzemenin izin verilen gerilim değeri(kg/cm²)(Çizelge 34)

E : Kaynak verim katsayısı(Çizelge 24'te 6'ya bakılarak, Çizelge 35'den)

P_s : Statik sıvı yüksekliği basıncı(psi) (Çizelge 24),

$$t = 74,566 * \text{Sqr}(0,17 * 2,089 / (15700 * 1)) + 0$$

$$t = 8,9 \text{ mm}$$

B) Maksimum izin verilen çalışma basıncı

Maksimum izin verilen çalışma basıncı eşitlik 45 yardımı ile bulunmuştur.

$$P = (S * E / C) * (t / d)^2 - P_s \quad (45)$$

$$P = (15700 * 1 / 0,17) * (0,393 / 74,566)^2 - 2,08944$$

$$P = 0,027 \text{ bar}$$

C) Normal şartlar altında Maksimum izin verilen basınç

Normal şartlar altında Maksimum izin verilen basınç eşitlik 46 yardımı ile bulunmuştur.

$$P = (S * E / C) * (t / d)^2 \quad (46)$$

$$P = (15700 * 1 / 0,17) * (0,393 / 74,566)^2$$

$$P = 0,171 \text{ bar}$$

Bütün hesaplamalardan sonra, vakum pompası ve tahliye pompasının seçimi yapılmıştır.

Tahliye pompasının teknik özellikler Çizelge 25'de verilmiştir.

Çizelge 25. Tahliye pompası teknik özellikleri

Debi	180 m ³ /h
Basınç farkı	40.8 m
Motor mili hızı	1400 d/d
Özgül ağırlık	1 kg/m ³
Pompa verimi	% 76.4
Pompa gücü	26.2 kW
Motor gücü	30 kW

Boru hattı basınç kaybı hesapları ve sonuçları Çizelge 26'da verilmiştir.

Çizelge 26. Boru hattı basınç kaybı hesapları ve sonuçları(tahliye pompası)

Debi	250 m ³ /h
Özgöl ağırlık	0.23 kg/m ³
Sıvı viskozitesi	1 Ns/m ²
Boru iç çapı	77.9 mm
Boru uzunluğu	3.8 m
Boru pürüzlülüğü	0.0046

Ara bağlantı parçalarının özellikleri Çizelge 27'de verilmiştir.

Çizelge 27. Ara bağlantı parçalarının özellikleri(tahliye pompası)

Parça özellikleri	Uzunluk/çap	Adet
Keskin girişler	22	
Dirsek(r/d=0.5)	45	
Dirsek(r/d=1)	34	3
T bağlantı	11	
Tam açık küresel vana	7	1
Alçak basınçta kelebek vana	17	1
Yüksek basınçta kelebek vana	138	
Redüksiyon vanası	60	1
Ani büyümeler	450	
Glop vana	45	

Ara bağlantı parçalarına ait diğer özellikler Çizelge 28'de verilmiştir.

Çizelge 28. Ara bağlantı parçalarına ait diğer özellikler(tahliye pompası)

Akışkan hızı	14.57 m/s
100 m'deki basınç kaybı	6.090 bar/100 m
Mody sürtünme katsayısı fakt	0.019
Reynolds no	260774
Fittingslerin eşdeğer boru uzunluğu	14 m
Toplam eşdeğer boru uzunluğu	18 m
Toplam boru hattı basınç kaybı	49.4 mss

Vakum pompasının teknik özellikleri Çizelge 29'da verilmiştir.

Çizelge 29. Vakum pompasının teknik özellikleri

Debi	250 m ³ /h
Basınç farkı	49.4 m
Motor mili devri	1400 d/d
Özgül ağırlık	1 kg/m ³
Pompa verimi	% 79
Pompa gücü	42.6 kW
Motor gücü	55 kW

Vakum pompasının boru hattı basınç kaybı hesapları ve sonuçları Çizelge 30'da verilmiştir.

Çizelge 30. Boru hattı basınç kaybı hesapları ve sonuçları(vakum pompası)

Debi	180 m ³ /h
Özgül ağırlık	1 kg/m ³
Sıvı viskozitesi	450 Ns/m ²
Boru iç çapı	77.9 mm
Boru uzunluğu	6.7 m
Boru pürüzlülüğü	0.0046

Ara bağlantı parçalarının özellikleri Çizelge 31'de verilmiştir.

Çizelge 31. Ara bağlantı parçalarının özellikleri(vakum pompası)

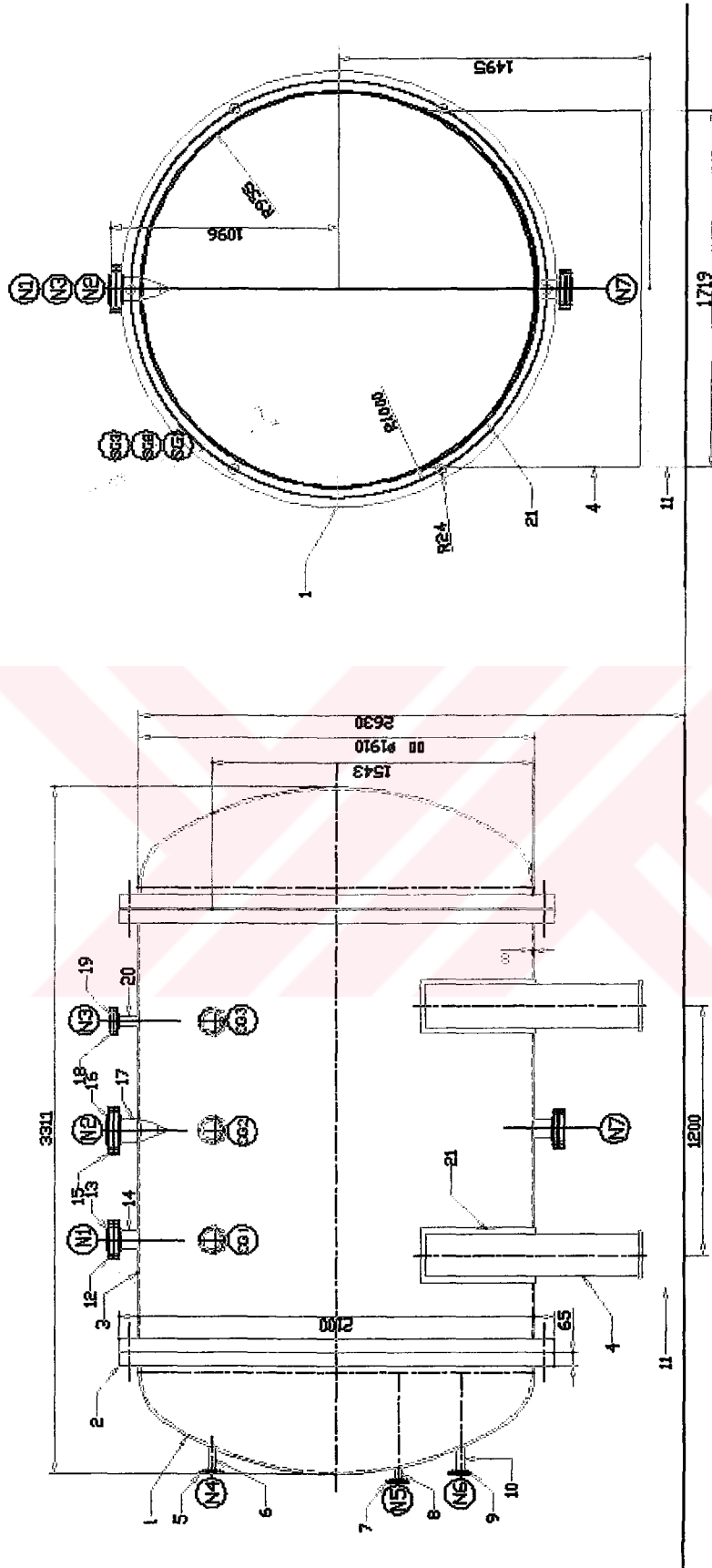
Parça özellikleri	Uzunluk/çap	Adet
Keskin girişler	22	
Dirsek(r/d=0.5)	45	
Dirsek(r/d=1)	34	3
T bağlantı	11	
Tam açık küresel vana	7	1
Alçak basınçta kelebek vana	17	1
Yüksek basınçta kelebek vana	138	
Redüksiyon vanası	60	1
Ani büyümeler	450	
Glop vana	45	

Ara bağlantı parçalarına ait diğer özellikler Çizelge 32'de verilmiştir.

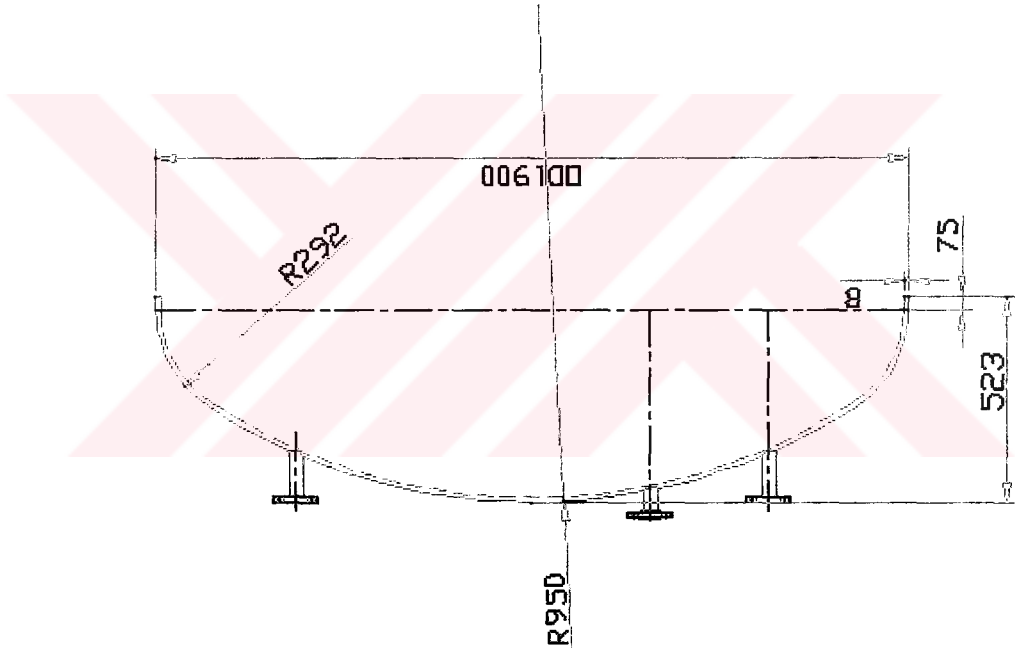
Çizelge 32. Ara bağlantı parçalarına ait diğer özellikler(vakum pompası) .

Akışkan hızı	10.49 m/s
100 m'deki basınç kaybı	25.418 bar/100 m
Mody sürtünme katsayısı fakt	0.036
Reynolds no	1814
Fittingslerin eşdeğer boru uzunluğu	9 m
Toplam eşdeğer boru uzunluğu	16 m
Toplam boru hattı basınç kaybı	40.8 mss

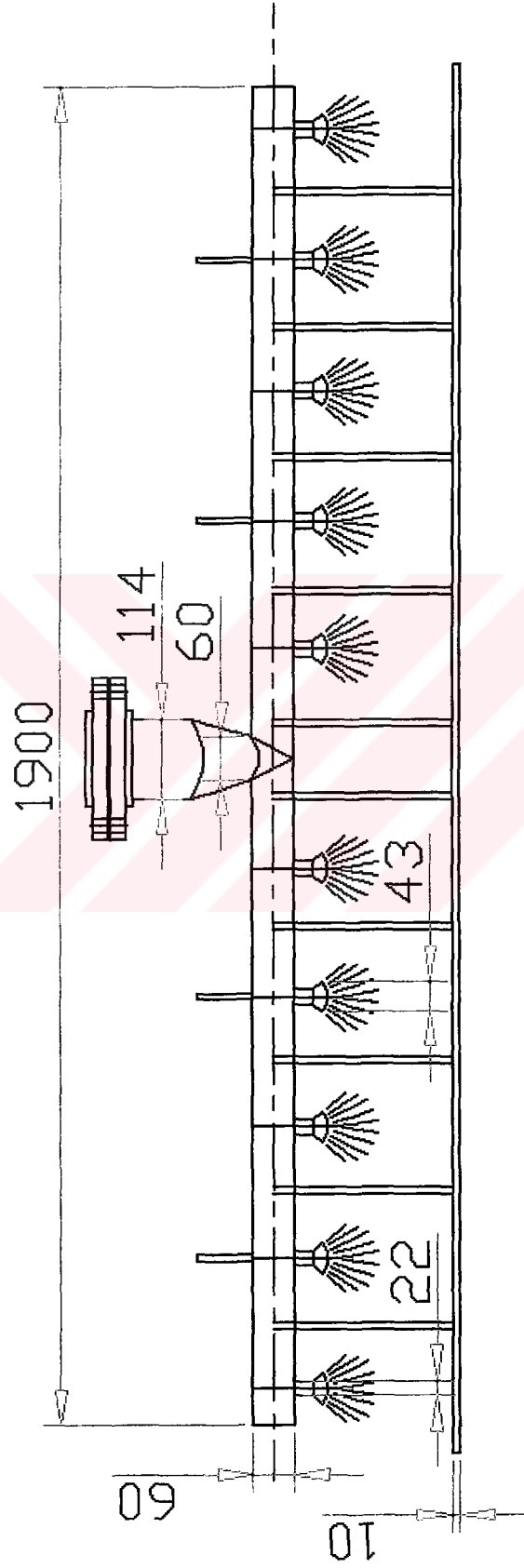
Tasarım kısmından sonra uygulamada kullanılabilecek vakumlu kalsiyum emdirme sistemine ilişkin imalat resimleri AutoCad 2004 programında çizilmiştir. Şekil 28, Şekil 29, Şekil 30, Şekil 31 ve Şekil 32'de ayrı ayrı gösterilmiştir.



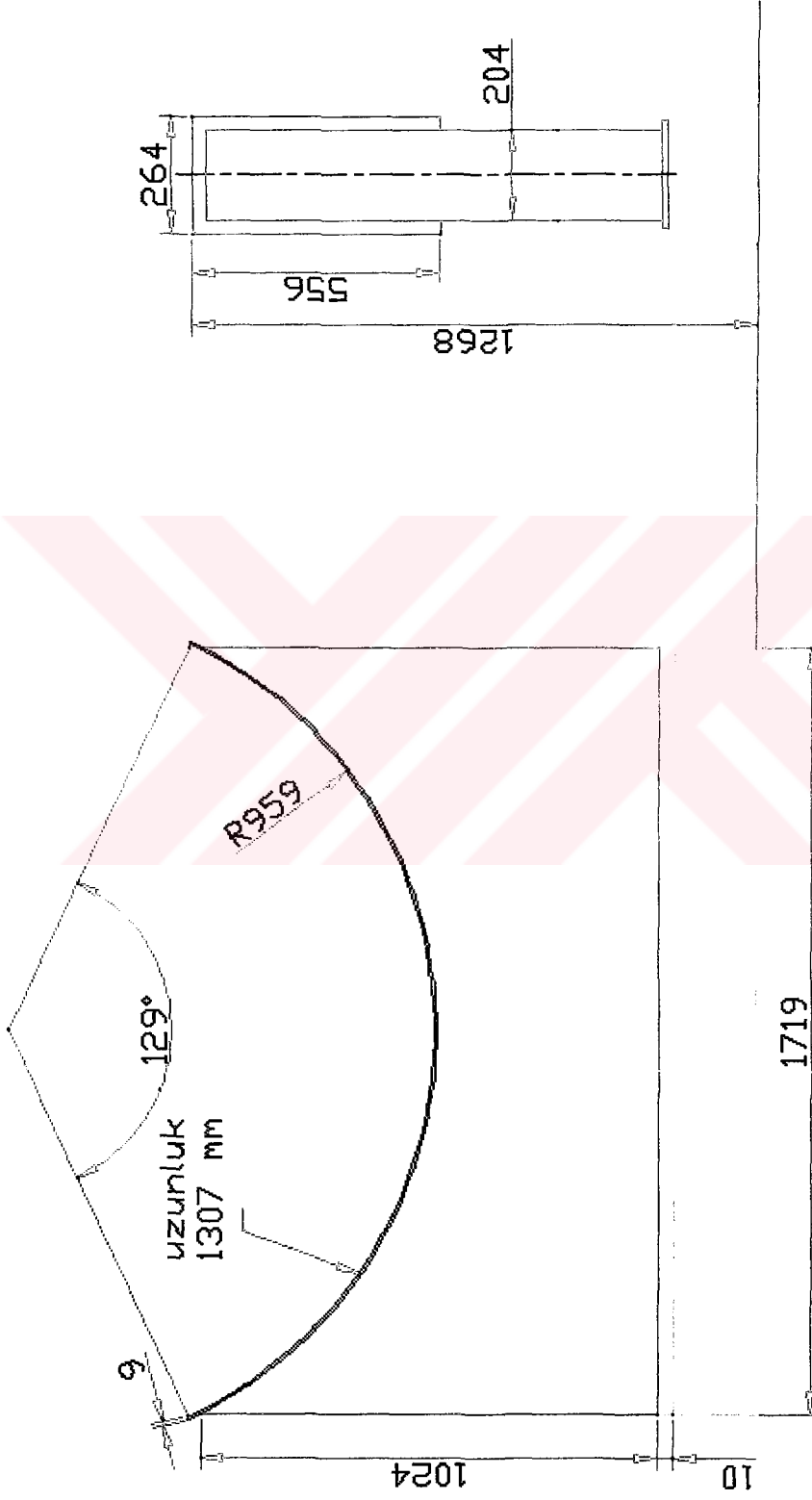
Şekil 28. Vakum Tankının İmalat Resmi



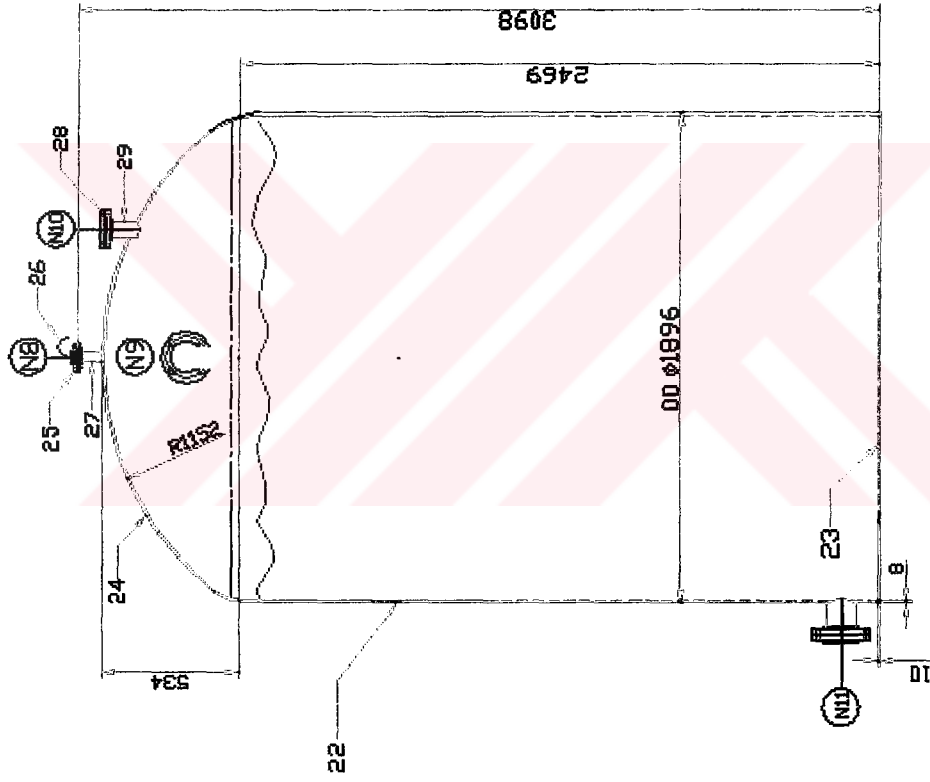
Şekil 29. Eliptik Bombenin İmalat Resmi



Şekil 30. Püskürtme Sisteminin İmalat Resmi



Şekil 31. Taşıyıcı ayakların İmalat Resmi.



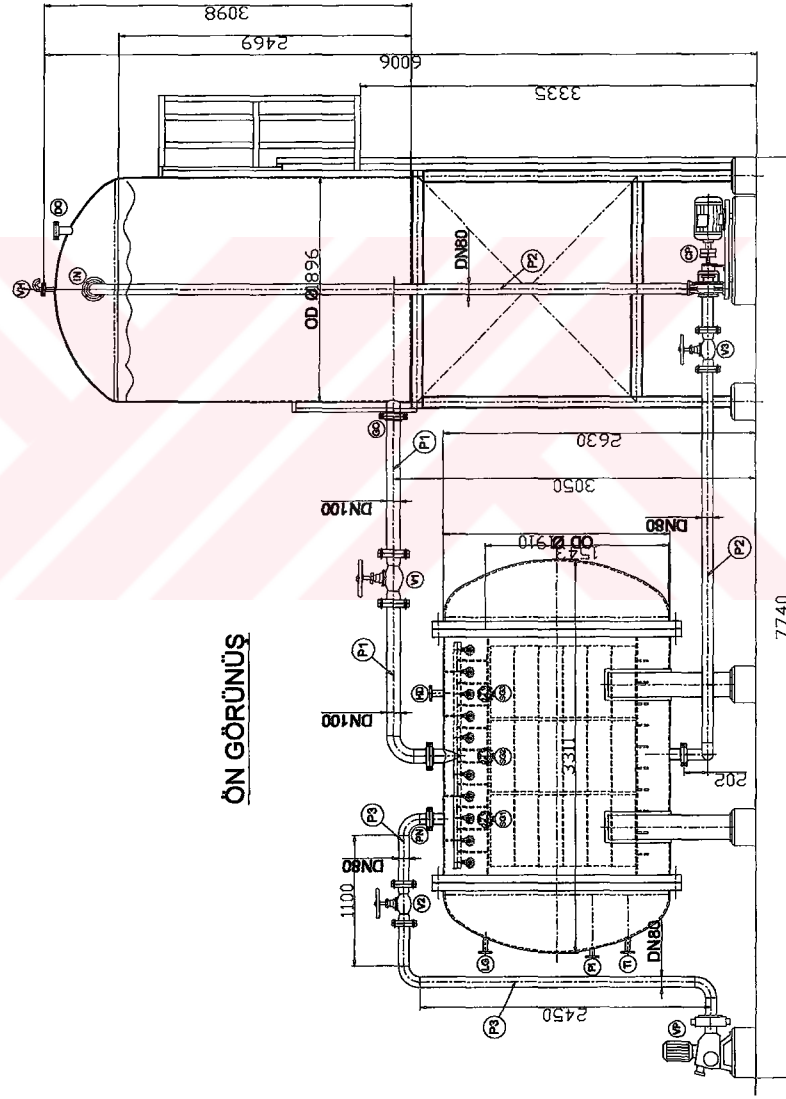
Şekil 32. Çözelti Tankının İmalat Resmi

Çizelge 33'de İmalata ilişkin materyal listesi verilmiştir.

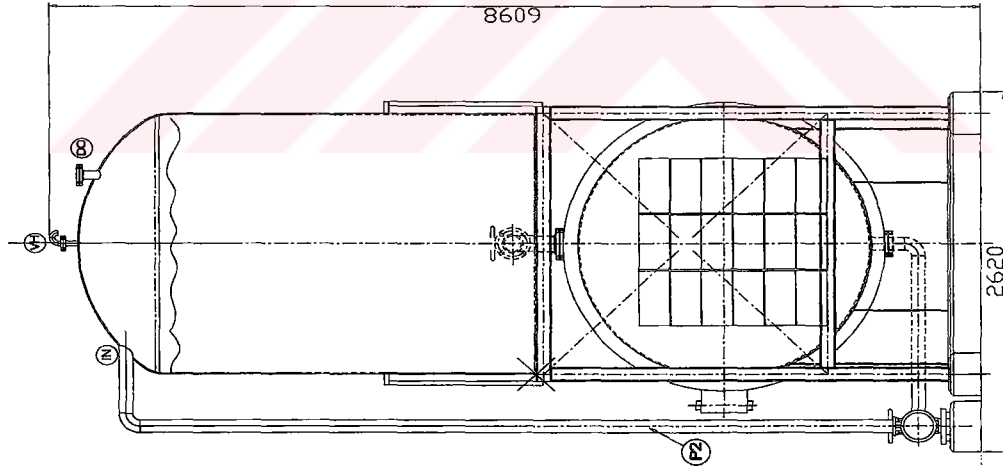
Çizelge 33. İmalata İlişkin Materyal Listesi

MATERYAL LİSTESİ				NOT
PARÇA NO.	MİKTAR	TANIMLAMA(mm)	MATERYAL	
1	2	Bombe 8x Ø1910x523	SA283-C(Sİ37-2)	
2	4	Bağlama flanş 65x Ø2100	SA283-C(Sİ37-2)	
3	1	Silindir 2000x Ø1910	SA283-C(Sİ37-2)	
4	2	Semer(taşıyıcı) 1024x204	SA283-C(Sİ37-2)	
5	1	Flanş DN35xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
6	1	Boru DN35x100	SI35-8	DIN2448
7	1	Flanş DN35xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
8	1	Boru DN35x60	SI35-8	DIN2448
9	1	Flanş DN35xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
10	1	Boru DN35x115	SI35-8	DIN2448
11	2	Beton kalde 1719x264		
12	2	Flanş DN91xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
13	2	Oring 6x Ø100	SA283-C(Sİ37-2)	
14	1	Boru DN90xPN10bar	SI35-8	DIN2448
15	2	Flanş DN114xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
16	2	Oring 9x Ø135	SA283-C(Sİ37-2)	
17	1	Boru DN230xPN10bar	SI35-8	DIN2448
18	2	Flanş DN50xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
19	2	Oring 5x Ø65	SA283-C(Sİ37-2)	
20	1	Boru DN50xPN10bar	SI35-8	DIN2448
21	2	Semer bağlantı 9x1307x264	SA283-C(Sİ37-2)	
22	1	Çözültü deposu 2469xØ1896	SA283-C(Sİ37-2)	
23	1	Taban sacı 10xØ1896	SA283-C(Sİ37-2)	
24	1	Çözültü deposu bombe 8xØ1896x534	SA283-C(Sİ37-2)	
25	2	Flanş DN35xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
26	1	Havalandırma deliği Ø34	SA283-C(Sİ37-2)	
27	1	Boru DN35xPN10bar	SI35-8	DIN2448
28	2	Flanş DN62xPN10bar	SA283-C(Sİ37-2)	
29	1	Boru DN62xPN10bar	SI35-8	DIN2448

Sonra uygulamada kullanılabilecek vakumlu kalsiyum emdirme sistemine ilişkin ön görünüş, yan görünüş ve katı modeli çizilmiştir. Şekil 33, Şekil 34 ve Şekil 35'de gösterilmiştir.



Şekil 33. Projenin ön görünüşü

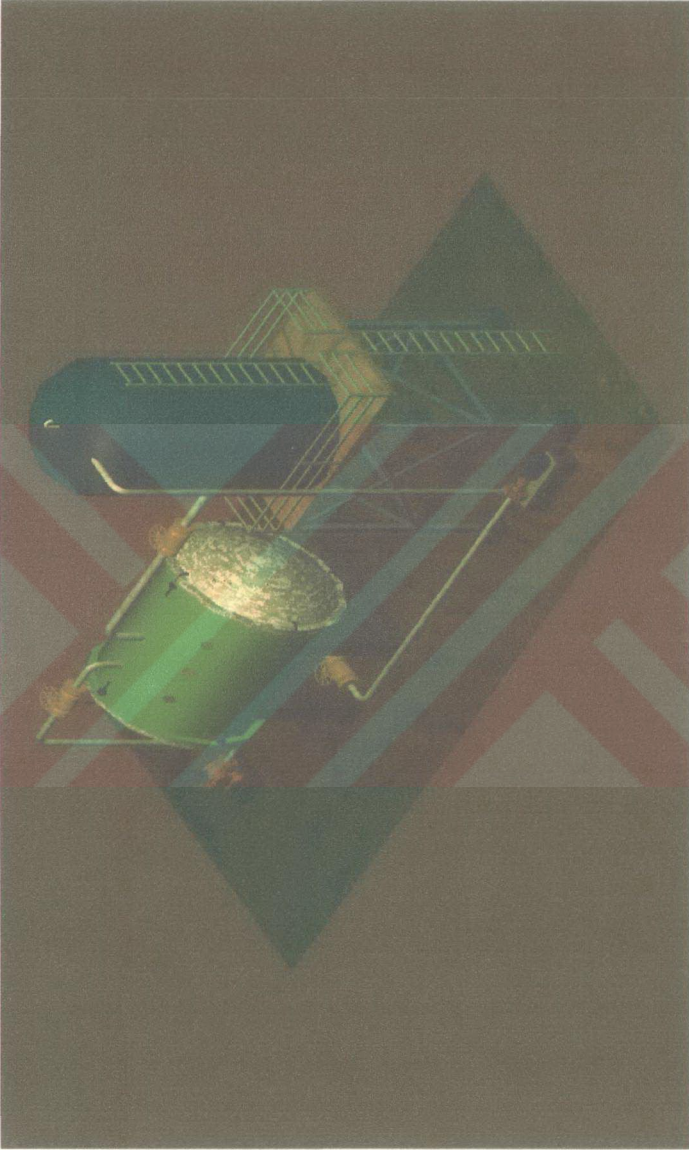


YAN GÖRÜNÜŞ

KISALTIMLAR :

VH : Havalandırma Nozulu
 DO : Doldurma Nozulu
 IN : Sirkilasyon Pompası Nozulu
 GO : Solüsyon Besleme Nozulu
 HD : Havalandırma Nozulu
 PN : Vakum Pompası Nozulu
 LG : Seviye Gösterge Nozulu
 PI : Basınç Gösterge Nozulu
 TI : Sıcaklık Ölçme Nozulu
 SG1,2,3 : Gözetleme Nozulu
 P1 : 1. Boru Hattı
 P2 : 2. Boru Hattı
 P3 : 3. Boru Hattı
 V1 : 1. Vana, DN100
 V2 : 2. Vana, DN80
 V3 : 3. Vana, DN80
 V4 : 4. Vana, DN80
 VP : Vakum Pompası
 CP : Sirkilasyon Pompası

Şekil 34. Projenin yan görünüşü



Şekil 35. Projenin üç boyutlu modellenmiş hali

KAYNAKLAR

- ANDRES, A., and FITO, P. 1993. Mecanismos de penetracion hidrodinamica en algunas frutas. In boletin International de Divulgacion Numero 1, Proyecto CYTED x1.2: Preservacion de frutas a Granel por Metodos Combinados, eds P.Corte & L.Lopez, Universidad de las Americas-Puebla, Mexico, 61-68.
- ABBOTT, J.A., CONWAY, W.S. and SAMS, C.E. 1989. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. HortScience 114(6):932-936.
- AKTAŞ, M., and M. ATEŞ, 1998. Bitkilerde Beslenme Bozuklukları, Nedenleri ve Tanınmaları. Engin yayınevi, Ankara. 247 s
- ASME. 1983. Boiller and Pressure Vessel Code-Section VIII Div.1
- AYDEMİR, O., F. INCE, 1988. Bitki Besleme. Dicle Ünivertitesi Eğitim Fakültesi yayınları no:2, Diyarbakır. 653 s.
- BETTS, A.H. and BRAMLAGE, W.J. 1977. Uptake of calcium by apples from postharvest dips in calcium chloride solution. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102: 785-788.
- BIJLAARD, P.P. 1955. Stresses From Radial Loads and External Moments in Cylindrical Pressure Vessels. Welding Journal Research Supplement.
- BURMEISTER, D. M., and DILLEY, D. R. 1991. Induction of bitter pit-like symptoms on apples by infiltration with Mg^{+2} is attenuated by Ca^{+2} ARTICLE Postharvest Biology and Technology, volume 1, USA. pages 11-17.
- CHARDONNET, C. O., CHARRON, C. S., SAMS, C. E., and CONWAY, W. S. 2003. Postharvest Biology and Technology Volume 28, Issue 1, April 2003, Pages 97-111.
- CHOW, K. K., PRICE, T. V., and HANGER, B. C. 1992. Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic systems. Scientia Horticulturae, Volume 52, AUSTRALIA, pages 95-104.
- CHUSE, R., and DODGE, F.W. 1960. Unfired Pressure Vessels. Co 1960.

- CONWAY, W.S., SAMS, C.E. 1983. Calcium infiltration of "Golden Delicious" apples and its effect on decay. *Phytopathology* 73, 1068-1071.
- CONWAY, W.S., SAMS, C.E., 1985. Influence of fruit maturity on effect of postharvest calcium treatment on decay of "Golden Delicious" apples. *Plant Dis.* 69, 42-44.
- CONWAY, W.S. and SAMS, C.E., 1987. The effect of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *HortScience* 112, 300-303.
- DELONG, W.A. 1936. Variations in the chief ash constituents of apples affected with blotchy cork. *Plant Physiol.* 11: 453-456.
- DEL VALLE, J.M., ARANGVIZ, V., and DÍAZ, L., 1998. Volumetric procedure to assess infiltration kinetics and porosity of fruits by applying a vacuum pulse. *Journal of Food Engineering* 38: 207-221.
- DRAKE, M., WEEKS, W.D., BAKER, J.H., FIELDS, D.L. and OLANYK, G.W. 1966. Bitter pit as related to calcium level in Baldwin apple fruit and leaves. *Proc. Soc. Hort. Sci.* 89: 23-28.
- ERTAN, Ü., GENÇ, Ç., ÖZELKÜK, S., ve MOHAY, H. 1992. Bazı standart elma çeşitlerinde gözlenen önemli fizyolojik bozukluklar üzerinde araştırmalar (acı benek). *Yalova Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü-Yalova*. 150 s.
- FAUST, M. 1978. Modern concept in fruit nutrition. In "Mineral nutrition of fruit trees". Butterworths London Boston pp: 11-16.
- GÜRSAKAL, N. 1998. Bilgisayar Uygulamalı İstatistik-II. Marmara kitabevi yayınları. Bursa, 435 s..
- KACAR, B. 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: II. Bitki analizleri, A.Ü.Z.F. Yayınları : 453, Ankara, 646 s.
- KOHL, L. R. 1987. Four traditional approaches to developing cross-cultural preparedness in adults: Education, training, orientation, and briefing. *International Journal of Intercultural Relations*, Volume 11, USA, Pages 89-106.

ÖZELKÖK, S., KAYNAŞ. ve BURAK, M.1998. Üretimi öngörülen bazı elma çeşitlerinde uygulamada önemli olan olgunluk parametreleri(ölçüt)'nin saptanması-II. Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü-Yalova.

MEGYESY, E. F. 1977. Pressure Vessel Handbook. Pressure Vessel Handbook Pub.Inc.

METALS HANDBOOK.1976. American Society For Metals .

ÖZBEK, S. 1978. Özel Meyvecilik. Ç.Ü.Z.F. Yayınları 128. A.Ü. Basımevi. Ankara 1978. 254 s.

SAMS, C.E., CONWAY, W.S., ABBOTT, J.A., LEWIS, R.J. and NOACH, S. 1993. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and head treatment. HortScience 118(5): 623-627.

SCOTT, C.J. and WILLS, R.B.H. 1977. Vacuum infiltration of calcium chloride a method for reducing bitter pit and senescence of apples during storage at ambient temperatures. HortScience 12:71-72.

SHARPLES, R.O. and JOHNSON, D.S. 1976. Post-harvest chemical treatments for the control of storage disorders of apples. Ann. Appl. Biol. 33: 157-167.

TEZCAN, H., ERİŞ, A., AKBUDAK, B. ve KARABULUT, Ö. 1998. Kalsiyum uygulamalarının eşme ayvasının bazı hasat sonrası fungal hastalıklarına ve kalite özelliklerine etkisi. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Dergisi. Sayı 14: 23-33.

TÜRK, R. 1987. Bahçe Ürünlerinin Soğukta Muhafaza ve Taşıma İlkeleri. Tarım-Orman ve Köyışleri Bakanlığı Bursa İl Müd. Yayın No: 3.

UZTUĞ, H.E. 1987. Basınçlı Kaplar El Kitabı. Makina Mühendisleri Odası. Yayın No: 126 Ankara. 210 s.

WESTWOOD, M.N. 1993. Temperate-zone Pomology, Physiology and culture, Third Edition. Timber Press Portland, Oregon. 520 s.

WILL, CARTER, J., and BRUCE, B. 1999. Asme Section VIII Div. 1-Pressure VESSELS, CASTI PUBLISHING, INC., 10566-114 CANADA; 300 Pages.

EKLER

EK-1

Çizelge 34. Karbon ve düşük alaşımlı çelikler için izin verilen gerilim değerleri

MALZEME		METAL SICAKLIĞI °C									
ASTM NO	DIN Karşılığı	-20 -340	375	400	425	450	475	500	525	550	
İZİN VERİLEN GERİLİM DEĞERLERİ, Kg/mm ²											
SA-283-C	St37-2	8,93	-	-	-	-	-	-	-	-	
SA-285-C	H II	9,70	9,28	8,50	7,28	6,12	4,92	-	-	-	
SA-515-55	H II	9,70	9,28	8,50	7,28	6,12	4,92	3,73	2,74	2,11	
SA-515-60	H III	10,55	9,98	9,14	7,73	6,40	5,00	3,73	2,74	2,11	
SA-515-65	H IV	11,46	10,76	9,77	8,16	6,61	5,06	3,73	2,74	2,11	
SA-515-70	19Mn5	12,30	11,60	10,41	8,58	6,89	5,20	3,73	2,74	2,11	
SA-516-55	Ast 41	9,70	9,28	8,50	7,28	6,12	4,92	3,73	2,74	2,11	
SA-516-60	Ast 45	10,55	9,98	9,14	7,73	6,40	5,00	6,73	2,74	2,11	
SA-516-65	Ast 45	11,46	10,76	9,77	8,16	6,61	5,06	3,73	2,74	2,11	
SA-516-70	Ast 52	12,30	11,60	10,41	8,58	6,89	5,20	3,73	2,74	2,11	
SA-105	17Mn4	12,30	11,60	10,41	8,58	6,89	5,20	3,73	2,74	2,11	
SA-181-I	RS42-2	10,55	9,98	9,07	7,73	6,33	5,00	3,73	2,74	2,11	
SA-53-B	St 45	10,55	9,98	9,14	7,73	6,40	5,00	3,73	-	-	
SA-106-B	St 45.8	10,55	9,98	9,14	7,73	6,40	5,00	3,73	2,74	2,11	

EK-2

Çizelge 35. Kaynak verim katsayıları

KAYNAK TÜRÜ	KAYNAK VERİM KATSAYISI		
	Tam olarak radyoaktif kontrol yapılırsa	Yerel kontrol yapılırsa	Kontrol yapılmazsa
1	1,00	0,85	0,70
2a	0,90	0,80	0,65
2b			
3	-	-	0,60
4	-	-	0,55
5	-	-	0,50
6	-	-	0,45

EK-3

Çizelge 36. Karbon ve düşük alaşımlı çelikler için izin verilen mukavemet değerleri(psi)(*10³)

Sıcaklık(C)	Max °F	Anma alaşımı	-20	150	200	250	300	400	500	600	650	700
Sonraki sıcaklık(C)			150	200	250	300	400	500	600	650	700	750
SA-515 Gr.60	1000	C-Si	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	16,4	15,8	15,3
SA-515 Gr.70	1000	C-Si	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,4	18,8	18,1
SA-516 Gr.55	1000	C-Si	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,3	14,8	14,3
SA-516 Gr.60	1000	C-Si	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	16,4	15,8	15,3
SA-516 Gr.70	1000	C-Si-Mn	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,4	18,8	18,1
SA-283 Gr.C	650	C	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,3	14,8	
SA-285 Gr.C	900	C	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,3	14,8	14,3
SA-537 Cl.1 <=2.5"	650	C-S-3	20,0	20,0	20,0	19,85	19,7	19,5	19,5	19,5	19,5	18,3
SA-537 Cl.1 2.5"<t<=4"	650	C-Si	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	16,9
SA-537 Cl.2 <=2.5"	650	C-S-5	22,9	22,9	22,9	22,75	22,6	22,3	22,3	22,3	22,3	19,6
SA-537 Cl.2 2.5"<t<=4"	650	C-S-5	21,4	21,4	21,4	21,25	21,1	20,9	20,9	20,9	20,9	19,6
SA-537 Cl.2 4"<t<=6"	700	C-S-3	20,0	20,0	20,0	19,85	19,7	19,5	19,5	19,5	19,5	18,3
SA-240 304	1500	HA-1	20,0	18,35	16,7	15,9	15,0	13,8	12,9	12,3	12,0	11,7
SA-240 304L	800	HA-3	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	15,8	14,7	14,0	13,7	13,5
SA-240 304H	1500	HA-1	20,0	20,0	20,0	20,0	18,9	18,3	17,5	16,6	16,2	15,8
SA-240 316	1500	HA-2	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,3	18,0	17,0	16,6	16,3
SA-240 316	1500	HA-2	20,0	18,65	17,3	16,45	15,6	14,3	13,3	12,6	12,3	12,1
SA-240 316L	850	HA-4	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	15,7	14,8	14,0	13,7	13,5
SA-240 316H	1500	HA-2	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,3	18,0	17,0	16,6	16,3

EK-4

Çizelge 37. K katsayısı değerleri

Dokunma Açısı θ	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
120	0,335	1,171	Her açılı için 0,319	0,880	0,401		0,760	0,603
122	0,345	1,139		0,846	0,393		0,753	0,618
124	0,355	1,108		0,813	0,385		0,746	0,634
126	0,366	1,078		0,781	0,377		0,739	0,651
128	0,376	1,050		0,751	0,369		0,732	0,669
130	0,387	1,022		0,722	0,362		0,726	0,689
132	0,398	0,996		0,694	0,355		0,720	0,705
134	0,409	0,971		0,667	0,347		0,714	0,722
136	0,420	0,946		0,641	0,340		0,708	0,740
138	0,432	0,923		0,616	0,334		0,702	0,759
140	0,443	0,900		0,592	0,327		0,697	0,780
142	0,455	0,879		0,569	0,320		0,692	0,796
144	0,467	0,858		0,547	0,314		0,687	0,813
146	0,480	0,837		0,526	0,308		0,682	0,831
148	0,492	0,818		0,505	0,301		0,678	0,853
150	0,505	0,799		0,485	0,295		0,673	0,876

EK-5

Çizelge 38. Karbon ve düşük alaşımlı çeliklerin uygulama yerleri

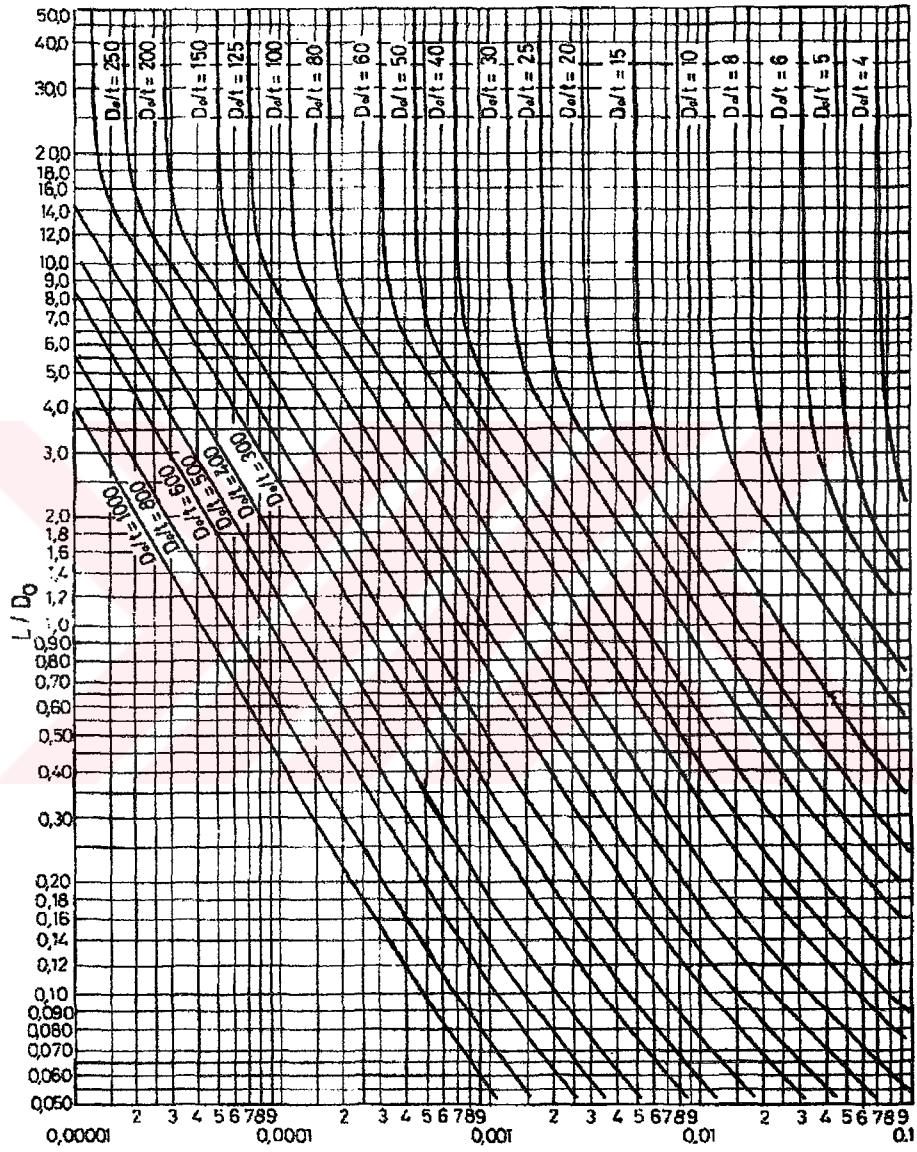
ŞEKİL	ANMA ALAŞIMI	ŞARTNAME NO.		ÇEKME DAY. (kg/mm ²)	AKMA DAY. (kg/mm ²)	UYGULAMA YERİ	NOTLAR
		ASTM	DIN				
Levha	C	SA-283-C	St 37-2	38,67	21,09	Yapı çeliği. Basınçlı kaplarda kullanılır.	
	C	SA-283-C	H II	38,67	21,09	Sabit servislerdeki kazanlar ve diğer basınçlı kaplar	2, 6
	C-Si	SA-515-55	H II	38,67	21,09	Orta ve yüksek sıcaklık servislerinde	3
	C-Si	SA-515-60	H III	42,19	22,50	"	3
	C-Si	SA-515-65	H IV	45,70	24,61	"	3
	C-Si	SA-515-70	19Mn5	49,22	26,72	"	3
	C-Si	SA-516-55	Ast 41	38,67	21,09	Orta ve düşük sıcaklıklardaki servislerde	3, 8
	C-Si	SA-516-60	Ast 45	42,19	22,50	"	3, 8
	C-Si-Mn	SA-516-65	Ast	45,70	24,61	"	3, 8
	C-Si-Mn	SA-516-70	Ast 52	49,22	26,72	"	3, 8
Flanş ve fittings	C-Mn-Si	SA-105-B	19Mn5	49,22	25,31	Yüksek sıcaklıktaki servislerde	2, 3
	C-Si	SA-181-I	RSt 42-2	42,19	21,09	Genel servislerde	2, 3
	C-Mn	LF1		42,19	21,09		
	C-Mn-Si	SA-350 LF2	-	49,22	25,31	Düşük sıcaklıktaki servislerde	-
Bor	C-Mn	SA-53-B	St 45	42,19	24,61	Genel servislerde	2, 3, 4, 7
	C-Mn	SA-106-B	St 45.8	42,19	24,61	Yüksek sıcaklık servislerinde	3
Civata Saplama Somun		SA-193-B7	42CrMo4	87,89	73,82	Yüksek sıcaklık servislerinde	-
	%1Cr-%1/2Mo	SA-194-2H	C 45	38,67	-	Yüksek sıcaklıktaki somunlar	-
		SA-307-B	5D	38,67	-	Genel kullanım için civata	5

EK- 6

Çizelge 39. Ki-Kare tablosu

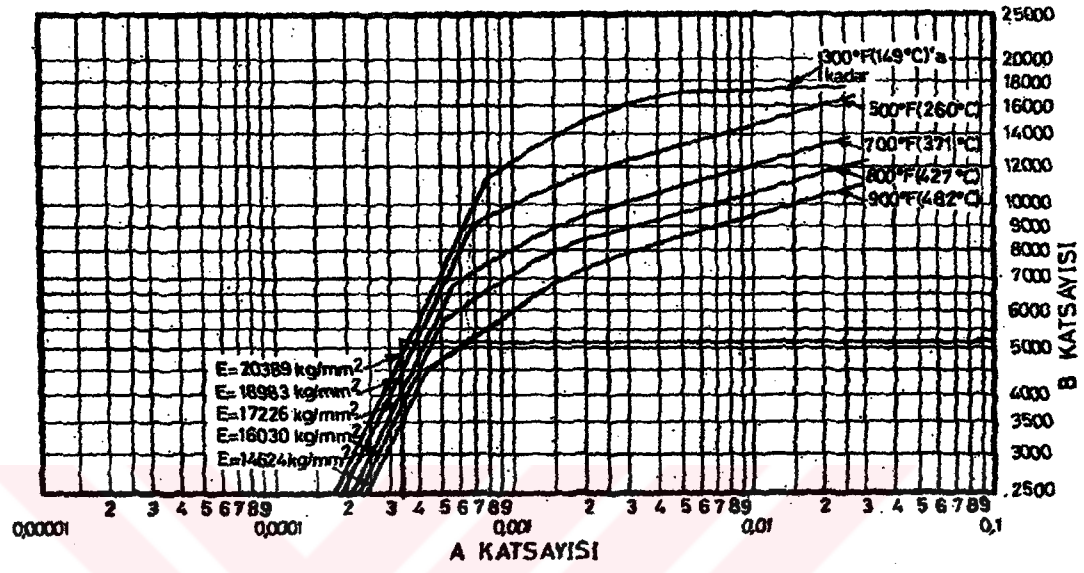
Serbestlik derecesi	0.1	0.05	0.025	0.01
1	2,706	3,841	5,024	6,635
2	4,605	5,991	7,378	9,210
3	6,251	7,815	9,348	11,345
4	7,779	9,488	11,143	13,277
5	9,236	11,070	12,832	15,086
6	10,645	12,592	14,449	16,812
7	12,017	14,067	16,013	18,475
8	13,362	15,507	17,535	20,090
9	14,684	16,919	19,023	21,666
10	15,987	18,307	20,483	23,209
11	17,275	19,675	21,920	24,725
12	18,549	21,026	23,337	26,217
13	19,812	22,362	24,736	27,688
14	21,064	23,685	26,119	29,141
15	22,307	24,996	27,488	30,578
16	23,542	26,296	28,845	32,000
17	24,769	27,587	30,191	33,409
18	25,989	28,869	31,526	34,805
19	27,204	30,144	32,852	36,191
20	28,412	31,410	34,170	37,566
21	29,615	32,671	35,479	38,932
22	30,813	33,924	36,781	40,289
23	32,007	35,172	38,076	41,638
24	33,196	36,415	39,364	42,980
25	34,382	37,652	40,646	44,314
26	35,563	38,885	41,923	45,642
27	36,741	40,113	43,194	46,963
28	37,916	41,337	44,461	48,278
29	39,087	42,557	45,722	49,588
30	40,256	43,773	46,979	50,892
40	51,805	55,758	59,342	63,691
50	62,167	67,505	71,420	76,154
60	74,397	79,082	83,298	88,379
70	85,527	90,531	95,023	100,425
80	96,578	101,879	106,629	112,329
90	107,565	113,145	118,136	124,116
100	118,498	124,342	129,561	135,807

EK 7.



Şekil 36. A Değeri

EK- 8



Şekil 37. B değeri

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yönetimini üzerine alan ve araştırma konusunun belirlenmesinden araştırmanın sonuçlandırılmasına kadar her aşamada karşılaştığım sorunların çözümünde yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr. Kamil ALİBAŞ'a, çalışmalarım sırasında bana yön gösteren tez izleme komitesi üyeleri Prof.Dr. Atilla ERİŞ ve Yard.Doç.Dr. Eşref IŞIK'a, çalışmam süresince bana laboratuvarlarını açan ve deneme materyali elmaların teminini sağlayan Atatürk Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne, kalsiyum analizlerinin yapılmasını sağlayan U.Ü. Ziraat Fakùltesi Toprak Bölümü'ne, modelin tasarımı sırasında değerli katkılarını esirgemeyen Mak.Müh. Efkar ÖZTÜRK'e ve ayrıca doktora konumun fikir babalığııı yapan ve çalışmamda devamlı bilgisine başvurduğum Sayın Hocam Doç.Dr. Sözer ÖZELKÖK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında her türlü imkanlarından yararlandığım Tarım Makinaları Bölümüne ve diğer öğretim elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Cüneyt TUNÇKAL

ÖZGEÇMİŞ

Bursa İli Gemlik İlçesi nüfusuna kayıtlı Cüneyt TUNÇKAL 1972 yılında Gemlik'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gemlik-Bursa'da bitirdi. Üniversite Eğitimi 1990-1994 yılları arasında İzmir Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde tamamladı. 1994 yılı Eylül ayında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Yüksek Lisans eğitime başladı. 1996 yılı Şubat ayında Araştırma Görevliliği sınavını kazanarak bu göreve atandı. 1997 yılı Ağustos ayında Yüksek Lisans Eğitimi tamamladı. 1997 yılı Eylül ayında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Doktora eğitime başladı. 2000 yılında Uludağ Üniversitesi Yalova Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme-Soğutma Programına Öğretim Görevlisi olarak atandı. Halen aynı görevde devam etmekte olup, evli ve iki çocuk babasıdır.