

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

KANOLANIN PNÖMATİK İLETİM KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Refi Ratip ÖZLÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2019**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Refi Ratip ÖZLÜ tarafından hazırlanan “KANOLANIN PNÖMATİK İLETİM KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması 29/03/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Metin GÜNER
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları
ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri

Başkan: Prof. Dr. İbrahim ÇİLİNGİR
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları
ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı



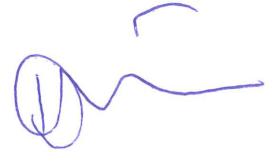
Üye : Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları
ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Muammer NALBANT
Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat
Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Recai GÜRHAN
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları
ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Metin GÜNER
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları
ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

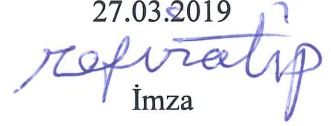
Prof. Dr. Atıla YETİŞEMİYEN

Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

27.03.2019



İmza

Refi Ratip ÖZLÜ

ÖZET

Doktora tezi

KANOLANIN PNÖMATİK İLETİM KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Refi Ratip ÖZLÜ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Metin GÜNER

Bu çalışmada kanola tohumlarının (*Brassica napus Oleifera* sp) pnömatik iletim karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, Turan çeşidi kanola tohumlarının fiziksel özellikleri, basınç düşümü, iletim hızı, güç tüketimi, sürtünme kaybı, karışım oranı ve zedelenme gibi karakteristikleri araştırılmıştır. Üç farklı ürün nemi, üç farklı boru çapı, üç farklı materyal debisi ve beş farklı hava hızı kullanılmış ve bu faktörlerin kanolanın pnömatik iletim karakteristiklerine etkileri incelenmiştir.

Salt hava iletiminde boru çapı küçüldükçe ve hava hızı arttıkça basınç düşümü, sürtünme kaybı ve güç tüketimi artmış karışım oranı azalmıştır. Materyal iletiminde hava hızının artması ile hava debisi, basınç düşümü, sürtünme kaybı ve güç tüketimi artmış, karışım oranı ise azalmıştır. En düşük basınç düşümü ve güç tüketimi değerleri boru çapının 70.3 mm, materyal neminin % 16.54, kompresör devrinin 1150 d/d ve materyal iletim kapasitesinin 3.89 t/h olduğu iletimlerde elde edilmiştir. Kanolanın % 6.36 nemde, 7.49 t/h iletim kapasitesinde ve 1150 d/d kompresör devrinde iletimi ile en düşük güç tüketimi elde edilmiştir.

Denemelerde, % 6.36 nem içeriğindeki kanola tohumlarının üç iletim kapasitesinin her birisiyle iletiminde boru çapı arttırıldığında basınç düşümü azalmıştır. %16.54 ve 25.94 nem içeriklerinde kanolanın iletiminde 43.1 mm ve 54.5 mm boru çaplarında sorunlar yaşanmıştır. Kanola danelerinin farklı nem içerikleriyle pnömatik iletimlerinde mekanik zedelenme; düşük nemde ve düşük hava hızlarında daha az olmuştur.

Mart 2019, 308 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kanola, iletim karakteristikleri, pnömatik iletim, basınç düşümü, güç tüketimi, mekanik zedelenme,

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF PNEUMATIC CONVEYING CHARACTERISTICS OF CANOLA

Refi Ratip ÖZLÜ

Ankara University
Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Metin GÜNER

In the present study, it is aimed at the determination of the pneumatic conveying characteristics of the canola seeds (*Brassica napus Oleifera* sp.). With this study, some significant conveying characteristics of *Turan* cultivar canola seeds such as pressure drops, conveying velocity, power consumption, friction losses, mixture rates and mechanical damages along with their physical properties were examined. Three different material moisture contents, three different pipe diameters, three different material flow rates and five different air velocities were used in the study, and the impacts of these factors onto the pneumatic conveying characteristics of the canola seeds were investigated.

Under the only-air conveying conditions, when the pipe diameters were reduced and as the air velocities were increased, the pressure drops, friction losses and power consumptions increased and the mixture rate decreased. By the case of increases at the air velocities in the material conveying, the air flow rates, pressure drops, friction losses and power consumptions increased, but the mixture rates decreased. The lowest pressure drop and power consumption values were obtained from the conveying while the pipe diameter, material moisture content, compressor turning rate and material conveying capacity were 70.3 mm, 16.54 %, 1150 min⁻¹ and 3.89 t.h⁻¹ respectively. The lowest power consumption was obtained from the conveying capacity at 7.49 t.h⁻¹ and compressor rotation rate at 1150 min⁻¹.

In the experiments, the pressure drop was decreased when the pipe diameter was increased in the carrying of the canola seeds having 6.36% moisture content with the each of three conveying capacities. It was faced some problems in the cases that the Canola seeds having 16.54% and 25.94% moisture contents were conveyed with the pipes at the diameters of 43.1 mm and 54.5 mm. Mechanical damages during the conveying experiments of canola kernels with the three different moisture contents were minor when they have low moisture content and low air velocity.

March 2019, 308 pages

Key Words: conveying characteristics, canola, pneumatic conveying, pressure drop, power consumption, mechanical damage

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kanola; ayçiçeği, aspir ve keten gibi yağlı tohumlu bitkiler ailesindendir. Ülkemizde rapiska, rapitsa, namzan ve kolza gibi isimlerle de bilinmektedir. Kışlık ve yazlık fizyolojik olum dönemine sahip iki değişik fizyolojik çeşidi bulunmaktadır. Kanola; çağlar boyu tohumlarından yenilebilir yağ elde edilen ve çok değişik sanayi alanında sayısız kullanım yeri bulabilmiş kolzanın ıslah yoluyla genetik değişikliğe uğratılmış bir formudur (NSW 2014). Kanola yağı da sıvı ve margarin şeklinde kızartmalık ve çeşnilik olarak insan beslenmesinde kullanım yeri bulmaktadır. Bunun dışında makine ve aksamı sanayinde kayganlaştırıcı, ilaç ve kozmetik sanayinde etkili ya da taşıyıcı madde, enerji ve aydınlatma sanayinde yakıt ve biyo yakıt eldesi gibi maksatlarla doğrudan veya dolaylı kullanılabilme özelliği taşımaktadır. Yağı çıkarılan tohumundan kalan küspesi ise zengin protein içeriği ile hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

Böylesi geniş kullanım gösteren kanolanın değerlendirilme alanlarına aslına en yakın, seri ve az hasarla iletimi de ekonomik ve ticari önemi haizdir. Bu açılardan öne çıkan yöntemlerden birisi de pnömatik iletimdir. Kanolanın değişik nem içeriklerinde iletiminde pnömatiğin kullanımının etki ve boyutlarının sorgulanması; en elverişli iletim seçeneği kararlarının alınmasında gerekli veri altlıklarını sağlaması bakımından önem taşımaktadır.

Bu tez sürecinde her bakımdan yanımda olup destek veren eşim Nihan ÖZLÜ ve kızım Mehveş ÖZLÜ' ye gönül borcum ödenmez.

Yürütülen bu araştırmanın her aşamasında ilgi, destek ve yönlendirmeleri ile danışmanım Prof. Dr. Metin GÜNER, Prof. Dr. Recai GÜRHAN ve Prof. Dr. Muammer NALBANT'ın mesleki alt yapıma kattıkları yararlı ve güzel değerlerin karşılığı ölçülmez.

Özellikle maddi ve manevi destekleriyle çalışmama kaynak sağlayan gönül dostum Zir. Yük. Müh. Mehmet Ali KİRACI'ya, Tekirdağ Önder Çiftçi Derneğinden Dernek Başkanı İmdat GÜNGÖR ile Zir. Müh. Ali Hakan DOĞANUZ' a ve iş arkadaşım Kim. Yük. Müh. İlknur DEDE'ye de teknik ve moral destekleri için ayrıca teşekkür ediyorum. En nihayet, isimlerini burada sayamadığım bu güzide ülkeyi kuranlara ve onu yaşatılmasına katkısı olan her kişi ve kuruma gönülden borçlu olduğumu belirtir, saygılarımı sunarım.

Refi Ratip ÖZLÜ

Ankara, Mart 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tarımsal Tane Materyallerin Özellikleri ve Mühendislik Teknolojileri	
Açılardan Önemi.....	5
1.2 Kanolannın Genel Özellikleri.....	9
1.3 Kanola Üretimi.....	14
1.4 Pnömatik İletim Sistemleri.....	16
1.4.1 Pnömatik iletimde akış türleri	19
1.4.2 Pnömatik iletimin sınıflandırılması	22
1.5 Pnömatik İletim Tesisinin İşleyişi ve Temel Bileşenleri	23
1.5.1 Pnömatik iletim sisteminin işleyişi.....	23
1.5.2 Pnömatik iletim sisteminin bileşenleri	24
1.5.2.1 Hava hareketlendiriciler.....	24
1.5.2.2 Üfleyiciler/Çarklı üfleyiciler.....	25
1.5.2.3 Kompresörler.....	26
1.5.2.4 İletim hattı	28
1.5.2.5 Besleyiciler	30
1.5.2.6 Siklon.....	30
1.5.2.7 Hava kilidi.....	32
1.5.2.8 Aspiratör	33
1.5.2.9 Filtre	35
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
3.1 Materyal	44
3.1.1 Kanola	44
3.1.2 Pnömatik iletim tesisi.....	46
3.1.3 Roots üfleyici	48
3.1.4 Yedirici düzenek.....	50
3.1.5 İletim boruları	52
3.1.6 Siklon ve hava kilidi tertibatı	53
3.1.7 Aspiratör	55
3.1.8 Torbalı filtre	57
3.1.9 Tesis denetim birimi.....	58
3.1.10 Basınçölçerler	60
3.1.11 Denemelerde kullanılan cihazlar	63
3.2 Yöntem	65
3.2.1 Fizikomekanik özelliklerin belirlenmesi	65

3.2.1.1 Materyal örneklerinin hazırlanması	65
3.2.1.2 Materyallerin boyutsal özelliklerinin belirlenmesi	66
3.2.1.3 Materyallerin izdüşüm alanlarının görüntü işleme teknikleri vasıtasıyla belirlenmesi.....	68
3.2.1.4 Bin dane ağırlığının belirlenmesi.....	71
3.2.1.5 Özgül kütle.....	71
3.2.1.6 Hacim ağırlığı	71
3.2.1.7 Küresellik.....	72
3.2.1.8 Basıklık.....	72
3.2.1.9 Eşdeğer küre çapı.....	72
3.2.1.10 Ortalama tek dane ağırlığı	73
3.2.1.11 Porozite.....	73
3.2.2 Terminal Hız ve Aerodinamik Özelliklerin Belirlenmesi.....	73
3.2.3 Basınç Düşümünün Belirlenmesi	76
3.2.4 Hava Hızının ve Malzeme İletim Hızının Belirlenmesi	77
3.2.5 Güç Tüketiminin Belirlenmesi	82
3.2.6 İletim Kapasitesinin Belirlenmesi.....	83
3.2.7 Karışım Oranının Belirlenmesi.....	83
3.2.8 Sürtünme Kaybının Belirlenmesi	84
3.2.9 Sadece Hava İletilmesindeki Parametrelerin Belirlenmesi	85
3.2.10 Zedelenmenin Belirlenmesi	87
3.2.11 Bulguların İstatistik Analizi	88
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	90
4.1 Materyallerin Fiziksel Özelliklerinin Ölçüm Sonuçları	90
4.2 Materyallerin Besleme Debileri Ölçüm Sonuçları	93
4.3 İletim Hattında Sadece Hava İletilmesi Deneme Sonuçları	93
4.4 İletim Hattında Materyal İletimi Durumunda Denemelerin Birleşik Sonuçları	94
4.4.1 Kanolanın 3-farklı nemde pnömatik iletiminde basınç düşümü ve güç tüketimi deneme ölçüm sonuçları.....	94
4.5 Mekanik Zedelenme.....	99
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	103
5.1 Materyalin Üç Farklı Nemde Fiziksel Özellikleri Arasındaki Değişimlerin Değerlendirilmesi	103
5.1.1 Boyutsal özellikler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi.....	103
5.1.2 Bin dane ağırlığı	111
5.1.3 Küresellik.....	114
5.1.4 Basıklık.....	116
5.1.5 Tane hacmi.....	118
5.1.6 Projeksiyon alanı.....	120
5.1.7 Eşdeğer küre çapları	131
5.1.8 Tane ağırlığı.....	133
5.1.9 Hacim ağırlığı	135
5.1.10 Özgül kütle.....	137
5.1.11 Porozite.....	141
5.2 Aerodinamik Özellikleri	143
5.2.1 Terminal hız.....	143
5.2.2 Sürüklenme katsayısı ve Reynold sayısı.....	147

5.3 Salt Hava İletiminde Tanımlanan Kısıtlar ile Kanolanın Pnömatik İletim Karakteristikleri Arasındaki Kaydedilen Etkileşimler	150
5.3.1 Hava hızı ve boru çapının iletim tertibatında basınç düşümü ve sürtünme kaybı oluşumuna etkisi	150
5.3.2 Salt hava hızı iletiminde hava hızı – güç tüketimi ilişkisi.....	159
5.3.3 Salt havanın iletilmesi koşulunda güç tüketimi – iletim boru çapları arasındaki ilişkiler	163
5.4 Kanolanın Pnömatik İletiminde Kısıtların İletim Karakteristikleri Üzerine Etkileri	164
5.4.1 Materyal iletiminde kısıtlara göre basınç kaybı gelişimindeki değişimler ...	165
5.4.1.1 Materyal iletiminde boru çapı-basınç kaybı ilişkileri.....	165
5.4.1.2 Materyal iletiminde iletim kapasitesi-basınç kaybı ilişkileri	171
5.4.1.3 Materyal iletiminde nem içeriği-basınç kaybı ilişkileri	184
5.4.2 Materyal iletiminde kısıtlara bağlı güç tüketimi ilişkileri.....	196
5.4.2.1 Materyal iletiminde materyal nemi-güç tüketimi ve hava hızı ilişkileri	196
5.4.2.2 Materyal iletiminde boru çapı-güç tüketimi ve hava hızı arasındaki ilişkiler	208
5.4.2.3 Materyal iletiminde besleme debisi-güç tüketimi ilişkileri.....	212
5.5 Mekanik Zedelenme.....	220
5.5.1 Kompresör hava hızlarına göre mekanik zedelenme	221
5.5.2 Materyal besleme debilerine bağlı mekanik zedelenme	233
5.6 Sonuçlar	264
KAYNAKLAR	269
ÖZGEÇMİŞ.....	283

SİMGELER DİZİNİ

A	Alan
AC	Alternatif Akım
Ap	Tanenin İzdüşüm (Projeksiyon) Alanı
Bd	Besleme Debisi
Cd	Sürüklenme Katsayısı
D	Çap/materyal Tane Genişliği
D_a	Aritmetik Ortalama Çap
D_e	Eşdeğer Küre Çapı
D_g	Geometrik Ortalama Çap
ϵ	Porozite
f	Sürtünme Katsayısı
F_d	Tanenin Sürüklenme Kuvveti
f_{hm}	Hava-Materyal Arası Sürtünme Katsayısı
f_{hp}	Hava-Boru Arası Sürtünme Katsayısı
f_{mm}	Materyal-Materyal Arası Sürtünme Katsayısı
f_{mp}	Materyal-Boru Sürtünme Katsayısı
f_t	Toplam Sürtünme Katsayısı
g	Yerçekimi İvmesi
G_d	Tanenin Ağırlığı
h_L	Toplam Sürtünme Kaybı
I	Akım
I	Sürtünme Kaybı
IP	Elektrik Motorlarında Koruma Sınıfı
L	Uzunluk
μ	Havanın Dinamik Viskozitesi
M_d	İletimden Sonraki Zedelenen Tanelerin Toplam Kütlesi
M_d	Tanenin Kütlesi
M_{ok}	İletim Öncesi Materyal İçerisindeki Ortalama Toplam Kırık/Zedeli Kütle
m_t	Materyal Tanesinin Kütlesi

M_{tz}	İletim Sonrası Materyal İçerisindeki Ortalama Toplam Zedeli Kütle
M_{ud}	Tanelerin Toplam Kütlesi
M_z	Mekanik Zedelenme
N	Güç
N_f	Su İlavesinden Sonraki Materyal Örneğinin Nihai Nem İçeriği
N_i	Materyal Örneğinin Başlangıç Nem İçeriği
N_{Re}	Reynold's Sayısı
$\emptyset$	Küresellik / Çap
P	Basınç
Q	Debi/Arzulanan Nem İçeriğine Materyali Nemlendirmek İçin Gerekli İlave Su Miktarı
Q_h	Hava Debisi
Q_m	Materyal İletim Debisi
S_a	Materyal Tane Projeksiyon Alanı
S_d	Mekanik Zedelenme Oranı
T	Kalınlık
U	Gerilim
V	Hız
V_h	Hava hızı
V_k	Materyal Tane Hacmi
W	Genişlik
V_m	Materyal İletim Hızı
V_t	Terminal Hız
W_i	Materyal Örneğinin Kütlesi
X	Bağımsız Değişken
Y	Bağımlı Değişken
γ_h	Havanın Özgöl Ağırlığı
ΔP	Toplam Basınç Düşümü
ϑ	Basıklık

ρ_a	Havanın Yoğunluğu
ρ_b	Materyalin Hacim Ağırlığı
ρ_h	Havanın Özgöl Kütlesi
ρ_t	Materyalin Gerçek Yoğunluğu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Pozitif yer değiştirmeli bir pnömatik iletim sistemi temel mimarisi ve hava - materyal akışı şematik gösterimi	17
Şekil 1.2 Sık rastlanan bir pnömatik iletim sistemi uygulama örneği	18
Şekil 1.3 Seyretilik - fazlı (dilute -phase) akış (askıda iletim).....	19
Şekil 1.4 Akışkanlaştırılmış yoğun faz (fludised dense-phase) veya askılanmamış akış	19
Şekil 1.5 Düşük-hızlı aksak/sürünge-akış (Low-velocity slug-flow (LVSF)).....	20
Şekil 1.6 Düşük-hız tapalı-akış(Low-velocity plug-flow (LVPF)).....	20
Şekil 1.7 İçerden bypass (üstte) ve dışarıdan bypass(alta)	21
Şekil 1.8 Tıkışık akış (extrusion flow).....	21
Şekil 1.9 Pozitif basınçlı pnömatik iletim tesisi.....	24
Şekil 1.10 Pnömatik iletim maksatlı kullanılan tipte bir eksenel fan.....	25
Şekil 1.11 Merkezkaç (radyal) üfleyicinin genel ve yapısal kesit görünüşü.....	26
Şekil 1.12 Çift yönlü pistonlu tip bir kompresör enine kesit görüntüsü	27
Şekil 1.13 Pnömatik iletimde hava hareketlendirici olarak kullanılan döner elemanlı kompresörlerden 2 ve 3 loblu roots kompresörler.....	27
Şekil 1.14 Döner elemanlı kompresörlerden vidalı kompresör	27
Şekil 1.15 Pnömatik iletimde iletim hattında kullanılan boru örnekleri: (a) St 37 çelik boru, (b) galvanize çelik boru, (c) borosilikat cam boru	29
Şekil 1.16 Bir pnömatik iletim sisteminde boru tesisat uygulama örneği	29
Şekil 1.17 Pnömatik iletim sistemindeki siklon düzeneği ve temel imalat tasarım büyüklükleri.....	31
Şekil 1.18 Bir hava kilidi uygulaması şematik gösterimi	33
Şekil 1.19 Parçalarına ayrılmış bir hava kilidi örneği.....	33
Şekil 1.20 Pnömatik sistemlerde kullanılan radyal salyangoz tip bir aspiratör	34
Şekil 1.21 Eksenel tip bir aspiratör	34
Şekil 1.22 Radyal dikdörtgen tip bir aspiratör	35
Şekil 1.23 Torbalı tip toz filtre uygulaması örnekleri.....	36
Şekil 2.1 Hava ve materyal akışının gösterildiği pnömatik ileticinin şematik gösterimi	38
Şekil 3.1 Denemede kullanılan <i>Turan</i> çeşidi kanola.....	44
Şekil 3.2 <i>Turan</i> çeşidi 2014 hasat sezonu kanola taneleri (kavuzları+yabancı tohumlar) (Tekirdağ yöresi, orijinal).....	45
Şekil 3.3 Arındırılmış <i>Turan</i> çeşidi kanola tanelerinin buğday taneleriyle ölçekli mukayesesi (Tekirdağ yöresi, orijinal)	45
Şekil 3.4 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisi şematize genel görünüşü.....	47
Şekil 3.5 Denemede kullanılan iletim tesisinin denemeye ve ölçümlere hazırlanışı	47
Şekil 3.6 Denemede kullanılan tesiste çalışan roots tipi bir üfleyici (blower).....	48
Şekil 3.7 Pnömatik iletim sistemlerinde kullanılan yıldız tip materyal besleyici	50
Şekil 3.8 Materyal besleyici	51

Şekil 3.9 Denemelerde kullanılan pnömatik iletim tesisindeki üç farklı çaptaki boru hattı elemanları, döşenmesi ve yerleştirilmesi.....	53
Şekil 3.10 İletim tesisinde siklon, hava kilidi ve iletilen dane materyal çıkış ağzı.....	54
Şekil 3.11 İletim tesisinde kullanılan aspiratör	57
Şekil 3.12 Denemelerde kullanılan pnömatik iletim tesisindeki sanayi tipi toz filtreleme düzeneği ve torba filtre elemanı.....	58
Şekil 3.13 Denemede kullanılan iletim tesisinin kumanda paneli ve dijital gösterge.....	59
Şekil 3.14 Denemede kullanılan iletim tesisinde roots tipi üfleyici (blower) ile besleyicinin kumanda panelinden ayar ve kumanda cihazları.....	59
Şekil 3.15 Denemede kullanılan iletim tesisinde, basınç sensörleri ve transmitterler	60
Şekil 3.16 Denemede kullanılan iletim tesisinin dijital gösterge örneği.....	63
Şekil 3.17 Deneme ve ölçümlerde kullanılan elektronik hassas terazi (0.01 g duyarlıklı) ve sayısal kumpas (0.01 mm duyarlıklı).....	64
Şekil 3.18 Araştırmada kullanılacak kanola tohumlarının denemelere hazırlanması	65
Şekil 3.19 Deneme ve ölçümler için materyal örneklerinin oluşturulması ve gruplandırılması.....	67
Şekil 3.20 Myriad v8.0 sayısal görüntü işleme paket programı ile kanola danesi projeksiyon alanı analiz işlemi ekran görüntüsü (Orijinal) (a) ve tanenin şematik izdüşüm düzlemleri ile temel boyutsal büyüklükleri (b).....	69
Şekil 3.21 ImageJ /Fiji 1.47v yazılımı ile projeksiyon alanı analizi ekran görüntüsü	70
Şekil 3.22 ImageJ /Fiji 1.47v yazılımı ile kanola tanesinin projeksiyon alanı analizi ve sonuç çıktısı ekran görüntüsü	70
Şekil 3.23 Terminal hız ölçümleri için dijital bir anemometre örnek modeli ve rüzgâr tünellerindeki kullanımları	74
Şekil 3.24 Terminal hız ölçüm düzeneği şeması.....	75
Şekil 5.1 Nem içeriklerine (y.b.) göre kanolanın 100'er tanelik 3 tekerrürlü örneklemeleri ortalaması olarak tane uzunluğundaki (L) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).	105
Şekil 5. 2 Nem içeriklerine (y. b.) göre kanolanın 100'er tanelik örneklem hacmindeki 3 tekerrürlü örneklemelerinden her birisinin ortalaması olarak tane uzunluğundaki (L) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).	106
Şekil 5. 3 Nem içeriklerine (y.b.) göre kanolanın 100'er tanelik 3 tekerrürlü örneklemeleri ortalaması olarak tane tane genişliğindeki (W=T=kalınlık) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).	107
Şekil 5. 4 Nem içeriklerine (y. b.) göre kanolanın 100'er tanelik örneklem hacmindeki 3 tekerrürlü örneklemelerinden her birisinin ortalaması olarak tane genişliğindeki (W=T=kalınlık) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	108
Şekil 5. 5 Nem içeriklerine(y.b.) göre kanola tanelerinin aritmetik ortalama çaplarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu	

grafiği analizi-boxplot (b).....	109
Şekil 5. 6 Nem içeriklerine(y.b.) göre kanola tanelerinin geometrik ortalama çaplarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).	110
Şekil 5.7 Tane nem içeriklerindeki değişimle birlikte bin tane ağırlıklarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	112
Şekil 5.8 Tanelerin nem içeriklerindeki değişime bağlı küresellikteki sapmaların çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	115
Şekil 5.9 Tanelerin nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak basıklık özelliğindeki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)	117
Şekil 5.10 Tanelerin nem içeriklerine bağlı tane hacimlerinde ortaya çıkan değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	119
Şekil 5.11 Nem içeriğine bağlı X–düzlemine göre tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	121
Şekil 5.12 Nem içeriğine bağlı Y ve Z–düzlemine göre tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	122
Şekil 5.13 Nem içeriğine bağlı tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b). (ImageJ 1.47v yazılımından).....	124
Şekil 5.14 Nem içeriğine bağlı tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b). (Myriad v8.0 yazılımından).....	125
Şekil 5.15 Tanelerin D40x model, 10.1 mega piksel SLR dijital Nikon kamera ile zamanlı görüntülenmesi	127
Şekil 5.16 Myriad v8.0 dijital görüntü işleme yazılımı ile tanelerin gerçek zamanlı görüntüsünü analiz süreci bilgisayar ekran görüntüsü	127
Şekil 5.17 ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı kullanılarak tanelerinin gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz işleminin bilgisayar ekran görüntüsü	128
Şekil 5.18 ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı ile tanelerin gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz sürecinden bilgisayar ekran görüntüsü	128
Şekil 5.19 Nem içeriği (y.b.) ile bağlantılı olarak eşdeğer küre çapındaki değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	132
Şekil 5.20 Nem içeriğine (y.b.) bağlı olarak tane ağırlıklarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	134

Şekil 5.21 Nem içeriği(y.b.) değişimine bağlı olarak tane hacim ağırlıklarının değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)	136
Şekil 5.22 Nem içeriği ile birlikte(y.b.) özgül kütledeki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)	138
Şekil 5.23 Nem içeriklerine (y.b.) göre hacim ağırlığı (bulk density) ve özgül kütlede (true density) değişimler	140
Şekil 5.24 Nem içerikleri (y.b.) ile bağlantılı porozitedeki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).....	142
Şekil 5.25 Nem içeriğindeki (y. b.) değişimlere bağlı terminal hızlardaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)	145
Şekil 5.26 Değişik vasıtalarla belirlenen tane projeksiyon alanlarının kıyaslanması ...	149
Şekil 5.27 Çapı 43.1 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının basınç düşümüne etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	151
Şekil 5.28 Çapı 43.1 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının sürtünme kaybına etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	153
Şekil 5.29 Çapı 54.5 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının basınç düşümüne etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	155
Şekil 5.30 Çapı 54.5 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının sürtünme kaybına etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	156
Şekil 5.31 Çapı 70.3 mm boruda salt hava iletiminde hava hızına bağlı basınç düşümü gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	157
Şekil 5.32 Çapı 70.3 mm boruda salt hava iletiminde hava hızına bağlı sürtünme kaybı gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	158
Şekil 5.33 Çapı 43.1 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının güç tüketimi gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	160
Şekil 5.34 Çapı 54.5 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının güç tüketimi gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	161
Şekil 5.35 Çapı 70.3 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının güç tüketimi gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	162
Şekil 5.36 Farklı 5 kompresör devri ve 3 boru çapında salt hava iletiminin güç tüketimi gelişimine etkilerinin çubuk grafiği-bar plot	164

Şekil 5.37 Farklı 5 kompresör devri ve 3 boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 3.89 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişimine etkilerinin çubuk grafiği-bar plot.....	165
Şekil 5.38 Farklı 5 kompresör devri ve 3 boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 3.89 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	166
Şekil 5.39 Farklı 5 kompresör devrinde 3 farklı boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 5.47 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	168
Şekil 5.40 Farklı 5 kompresör devrinde 3 farklı boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 7.49 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	170
Şekil 5.41 Boru çapı 43.1 mm, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında kıyaslamalı basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	172
Şekil 5.42 Boru çapı 54.5 mm, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında kıyaslamalı basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	174
Şekil 5.43 Boru çapı 70.3 mm, nem % 6.36, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	176
Şekil 5.44 Boru çapı 70.3 mm, nem % 16.54, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında 3 tekerrürlü alınan basınç düşümleri	177
Şekil 5.45 Boru çapı 70.3 mm, nem %16.54, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b-besleme debisi kategorisine göre)	179
Şekil 5.46 Boru çapı 70.3 mm, nem %16.54, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin kutu grafiği analizleri-boxplot (kompresör hava hızı kategorisine göre)	180
Şekil 5.47 Boru çapı 70.3 mm, nem % 25.94, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında 3 tekerrürlü alınan basınç düşümleri.....	181
Şekil 5.48 Boru çapı 70.3 mm, nem %25.94, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızıyla materyal iletiminde basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	183
Şekil 5.49 Boru çapı 70.3 mm, 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h materyal iletim kapasitesinde ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	185

Şekil 5.50 Boru çapı 70.3 mm, 3 farklı nem içeriği, 5.47 t/h materyal iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	186
Şekil 5.51 Boru çapı 70.3 mm, 3 farklı nem içeriği, 7.49 t/h materyal iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	187
Şekil 5.52 Boru çapı 43.1 mm, 3.89 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot	190
Şekil 5.53 Boru çapı 54.5 mm, 3.89 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	191
Şekil 5.54 Boru çapı 43.1 mm, besleme debisi 5.47 t/h, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	192
Şekil 5.55 Boru çapı 54.5 mm, besleme debisi 5.47 t/h, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	193
Şekil 5.56 Boru çapı 43.1 mm, 7.49 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	194
Şekil 5.57 Boru çapı 54.5 mm, 7.49 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot	195
Şekil 5.58 Boru çapı 43.1 mm iken 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	198
Şekil 5.59 Boru çapı 43.1 mm iken 3 farklı nem içeriği, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	199
Şekil 5.60 Boru çapı 43.1 mm iken 3 farklı nem içeriği, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	200
Şekil 5.61 Boru çapı 54.5 mm iken 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	201
Şekil 5.62 Boru çapı 54.5 mm iken 3 farklı nem içeriği, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	202
Şekil 5.63 Boru çapı 54.5 mm iken 3 farklı nem içeriği, 7.49 t/h iletim kapasitesi	

ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	203
Şekil 5.64 Boru çapı 70.3 mm iken 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	205
Şekil 5.65 Boru çapı 70.3 mm iken 3 farklı ürün nem içeriği, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	206
Şekil 5.66 Boru çapı 70.3 mm iken 3 farklı ürün nem içeriği, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	207
Şekil 5. 5.67 Farklı 3-boru çapında %6.36 nemde, 3.89 t/h iletim kapasitesinde ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	209
Şekil 5.68 Farklı 3-boru çapı, %6.36 nem, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	210
Şekil 5.69 Farklı 3-boru çapı, %6.36 nem, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	211
Şekil 5.70 Farklı 3-iletim kapasitesi, %6.36 nem ve 43.1 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	213
Şekil 5.71 Farklı 3-iletim kapasitesi, %6.36 nemle ve 54.5 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	215
Şekil 5.72 Farklı 3-iletim debisi, % 6.36 nemle ve 70.3 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	216
Şekil 5.73 Farklı 3-iletim kapasitesi, %16.54 nemle ve 70.3 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	218
Şekil 5.74 Farklı 3-iletim kapasitesi, %25.94 nem ve 70.3 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	219
Şekil 5.75 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda 3 besleme debisinde % 6.36 nemde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	222
Şekil 5.76 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 15 d/d besleme devrinde mekanik zedelenmenin bireysel saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	224
Şekil 5.77 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda % 6.36 nemde	

20 d/d besleme devrinde mekanik zedelenmenin bireysel saçılım grafiği- scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	225
Şekil 5.78 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 25 d/d besleme devrinde mekanik zedelenmenin bireysel saçılım grafiği- scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	226
Şekil 5.79 Farklı 5 kompresör hava hızında 54.5 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği- scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	228
Şekil 5.80 Farklı 5 kompresör hava hızında 70.3 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği- scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	230
Şekil 5.81 Farklı 5 kompresör hava hızında 70.3 mm çaplı boruda % 16.54 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği- scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	231
Şekil 5.82 Farklı 5 kompresör hava hızında 70.3 mm çaplı boruda % 25.94 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği- scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)	232
Şekil 5.83 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	234
Şekil 5.84 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	235
Şekil 5.85 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	236
Şekil 5.86 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	237
Şekil 5.87 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	238
Şekil 5.88 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	240
Şekil 5.89 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	241
Şekil 5.90 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	242
Şekil 5.91 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1750 d/d	

kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	243
Şekil 5.92 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	244
Şekil 5.93 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	246
Şekil 5.94 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	247
Şekil 5.95 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	248
Şekil 5.96 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	249
Şekil 5.97 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	250
Şekil 5.98 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	252
Şekil 5.99 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	253
Şekil 5.100 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	254
Şekil 5.101 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	255
Şekil 5.102 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	256
Şekil 5.103 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	258
Şekil 5.104 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	259
Şekil 5.105 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 1450 d/d	

kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	260
Şekil 5.106 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	261
Şekil 5.107 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b).....	262

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1 Tarımsal ürünlerin biçiminin (şeklinin) belirlenmesinde kullanılan tanımlamalar.....	9
Çizelge 1. 2 Başlıca kanola üreticisi ülkeler ve üretim miktarları (ton)	15
Çizelge 1. 3 Türkiye’ de yıllara göre kanola üretim verileri.....	16
Çizelge 3. 1 Denemelerde kullanılan LT 65 tip roots üfleyiciyi tahrik eden asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri	49
Çizelge 3. 2 Denemelerde kullanılan LT 65 tip roots üfleyici katalog değerleri	49
Çizelge 3. 3 Denemelerde yedirici düzeneği tahrik eden asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri	51
Çizelge 3. 4 Denemelerde kullanılan yedirici düzenek bileşeni redüktörün katalog teknik özellikleri ve değerleri.....	52
Çizelge 3. 5 Denemelerdeki yedirici düzenek bileşeni frekans inverterin katalog teknik özellikleri ve değerleri.....	52
Çizelge 3. 6 Denemelerde kullanılan ileticinin iletim borularının özellikleri.....	53
Çizelge 3. 7 Denemelerdeki siklon ve hava kilidi tertibatını işleten asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri	55
Çizelge 3. 8 Denemelerdeki siklon ve hava kilidi tertibatında işletilen redüktörün katalog teknik özellikleri ve değerleri	55
Çizelge 3. 9 Denemelerdeki aspiratörü çalıştıran asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri	56
Çizelge 3. 10 Denemelerde kullanılan basınç sensörleri ve transmitterlerine ait katalog teknik özellikleri ve değerleri	61
Çizelge 3. 11 Denemelerde kullanılan dijital göstergelerin katalog teknik özellikleri ve değerleri.....	62
Çizelge 3. 12 Kompresörün devir sayısı, basınç ve debisine bağlı olarak 43.1 mm iç çaplı borudaki hava	80
Çizelge 3. 13 Kompresörün devir sayısı, basınç ve debisine bağlı olarak 54.5 mm iç çaplı borudaki hava hızı (m/s).....	81
Çizelge 3. 14 Kompresörün devir sayısı, basınç ve debisine bağlı olarak 70.3 mm iç çaplı borudaki hava hızı (m/s).....	82
Çizelge 4. 1 Üç farklı nem düzeyinde incelenen materyal kanola (kolza)’nın fiziksel özellikleri	91
Çizelge 4. 2 Besleyiciden (eklüs) kanola besleme debileri ölçüm değerleri.....	93
Çizelge 4. 3 Farklı 3 çapta boruyla iletim hattında yalnız hava iletimi durumunda basınç düşümü ve güç tüketimi ölçüm değerleri (boşta çalışma).....	93
Çizelge 4. 4 Farklı 3 çapta boruyla iletim hattında yalnız hava iletimi durumunda deneme sonuçlarının tümleşik gösterimi.....	94
Çizelge 4. 5 Doğal % 6.36 nemde 3 farklı boru çapında iletimde basınç düşümü ve güç ölçümleri (yükte çalışma) tümleşik deneme sonuçları	95
Çizelge 4. 6 %16.54 (y.b.) nemde 70.3 mm boru çapında iletimde basınç düşümü	

ölçümleri (yükte çalışma) tümleşik deneme sonuçları.....	95
Çizelge 4. 7 %25.94 (y.b.) nemde 70.3 mm boru çapında iletimde basınç düşümü ölçümleri (yükte çalışma) tümleşik deneme sonuçları.....	95
Çizelge 4. 8 Farklı 3 boru çapında %6.36 nemde (y.b.) iletimde tümleşik deneme sonuçları	97
Çizelge 4. 9 Çapı 70.3 mm olan boruyla %16.54(y.b.) nemdeki materyalin iletiminde tümleşik deneme sonuçları.....	98
Çizelge 4. 10 Çapı 70.3 mm olan boruyla %25.94(y.b.) nemde materyalin iletiminde tümleşik deneme sonuçları.....	98
Çizelge 4. 11 Farklı 3 boru çapında % 6.36 (y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme	99
Çizelge 4. 12 Çapı 70.3 mm boruda % 16.54 (y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme	100
Çizelge 4. 13 Çapı 70.3 mm'lik boruda %25.94 nemde materyali iletimde mekanik zedelenme	100
Çizelge 4. 14 Farklı 3 boru çapında %6.36(y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme oranları.....	101
Çizelge 4. 15 Çapı 70.3 mm boruda %16.54(y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme oranları.....	101
Çizelge 4. 16 Çapı 70.3 mm boruda % 25.94(y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme oranları.....	102
Çizelge 5. 1 Farklı ölçüm vasıtalarıyla tane projeksiyon alanları ölçüm sonuçları ortalamaları kıyaslaması.....	126
Çizelge 5. 2 Farklı 3 nem düzeyinde materyalin aerodinamik özelliklerine ilişkin bulgular.....	147
Çizelge 5. 3 Salt hava iletiminde hava hızının boru çapına bağlı basınç düşümü ve sürtünme kaybı oluşumuna etkisi	154

1. GİRİŞ

Doğada var olan materyaller yaygın olarak sıvı, gaz veya katı halde bulunurlar. Materyallerin fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri kendi yapılanmalarından ileri gelen çok geniş çeşitlilikte değişkenlik gösterebilmektedir. Bu durum da; bu materyallerle ilgili yürütülme gereği duyulan tüm işlemlerin görülmesini doğrudan veya dolaylı şekillerde etkileyebilmektedir.

Materyallerin değişik amaçlarla iletimlerine ve taşınmalarına gerek duyulmaktadır.

Yığın materyallerin taşınması; hammaddelerin, yakıtların ve yığın ürünlerin/malların kara, deniz ve hava yolu ile yer değiştirmesi şeklinde tarif edilmektedir (Biles vd. 2006).

İletim (conveying), materyalin sürekli veya süreksiz bir akış halinde yer değiştirecek şekilde harekette olması halidir.

Bir materyalin bir noktadan başka bir noktaya iletimi iki şekilde gerçekleştirilebilir.

- Sürekli/kesintisiz iletim,
- Süreksiz/kesintili iletim.

Her iki sistemde de materyallerin iletimleri düz, eğik veya dikey yönlerde gerçekleştirilebilmektedir (İmrak ve Gerdemeli 2017).

Sürekli iletimde, materyal iletiminde herhangi bir kesiklik söz konusu olmaz. Materyal kesintisiz bir şekilde bulunduğu noktadan iletim hattına alınarak hedeflenen varış noktasına teslim edilir. İletilecek materyallerin ve yerlerin özelliklerine göre kullanılacak sürekli iletim sistemleri çeşitlilik gösterir. Bunlar; yatık ve/veya eğik raylar/yataklar şeklindeki döner-kayar hatlar üzerinde işleyen vidalı, bantlı, rulolu,

elevatörlü, teleferikli ve yürüyen merdivenli gibi iletim sistemleri ile hidrolik ve pnömatik iletim sistemleri şeklinde olabilmektedir.

Kesintili iletim durumunda ise materyalin hedeflenen yere iletiminde, iletimin amacına bağlı olarak tasarlanan iletim sisteminin yapısından ve işlevinden kaynaklanan bir kesiklilik söz konusudur. Bu iletim sisteminde bir iletim işlemi gerçekleştikten sonra, bir sonraki iletim işlemi gerçekleşene kadar ki süre müddetince sistemin işleyişi kesintiye uğrar. İnsan ve yük taşıyıcı asansör iletim sistemleri, yükleme – boşaltma işlevi gören vinç (kancalı çeki halatıyla çekme) ve kreyn (askılama) sistemleri kesikli iletim ilkesiyle işleyen iletim sistemleri arasında yer alır.

Materyal taşıma (handling) ise materyallerin üretimi, dağıtımı, kullanımı, ambarlanması ve imhası safhaları boyunca hareketlendirilmesi, istiflenmesi, denetimi ve saklanması tümüne verilen isimdir (MHI 2017).

Taşıma durumunda taşınan materyalde bir değişim söz konusu olmaz. Nesne koyulduğu veya bırakıldığı kap içerisinde durağan halde tutulur. Bununla birlikte iletim durumunda ise nesnede hedeflenen yere doğru bir taşınma ve yer değiştirme hali birlikte oluşturulur.

Materyallerin bir yerden başka bir yere iletilmesinde, taşınmasında ya da götürülmesinde çeşitli teknikler kullanılır. Günümüzde bu teknik ya da yöntemler, başvuru alan işletim mekanizmalarına göre mekanik, hidrolik ve pnömatik olabilir.

Mekanik iletim yöntemleri çoğunlukla kırılğan, bozulan ve hassas materyallerin iletimlerinde tercih edilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda sıkça rastlanan mekanik iletim sistemlerinden bazıları; bantlı, vidalı, tekerlekli, makaralı/rulolu, kayar-tekerlekli, havai raylı, asansörlü ve kovalı iş organlı iletim sistemleri oluşturmaktadır.

Hidrolik iletim yöntemleri çimento, beton harcı, gıda harcı, mineral ve maden çamurları, hayvan gübresi şerbetleri, petrokimya materyalleri ve şeker pancarı şerbetleri

gibi materyallerin taşınması ve iletimi uygulamalarında geniş kullanım bulmaktadır. Materyallerin uzak mesafelere hidrolik çalışma ilkeleriyle taşınması ve iletilmesi günümüzde bir hayli yaygındır. Özellikle madencilik ve petrokimya sanayi alanında diğer taşıma ve iletim tekniklerine göre daha ekonomik ve pratik çözümler sunabilmesi, yüksek iletim kapasiteleri ve düşük materyal aşınmaları sebebiyle kullanımı öne çıkmaktadır. Oldukça düşük gürültülerle çalışma ortamı sağlayabilmeleri yanında düşük boru çaplarında bile yüksek kapasitelerle iletimlere imkân verebilmelerinin tercih edilmelerinde ayrı bir etkisi olmaktadır (Zeppelin 2017).

Diğer bir taşıma ve iletim yöntemi ise pnömatik iletimdir. Pnömatik iletim sistemleri esasen oldukça yalındır. Üretim yerlerinde ve depolama alanlarında bulunan tanecikli ve toz haline getirilmiş materyallerin iletimlerine ziyadesiyle uygun sistemlerdir. Sistem gereksinimleri; ekseriyetle havanın kullanıldığı sıkıştırılmış bir gaz kaynağı, besleyici bir cihaz, bir iletim boru hattı ve iletilen materyal ile taşıyıcı gazın bağlantısını kesecek bir alıcıdır. Pozitif (yüksek, orta düşük basınçlı) ve negatif (emme) basınçlarla materyalleri iletmeye imkân tanır (Mills 2004). Bu iletim tekniği ile iletilecek materyal; enerji yüklenerek hareket kazandırılmış havayla bulunduğu bir yerden hedeflenen bir yere kapalı devre bir taşıma ve iletim hattı üzerinden aktarılır. Bu sisteminin işleyiş esasını; taşıyıcı-iletici işlevini göreceк havanın ve onun aracılığıyla iletilecek materyalin enerji yüklenerek kapalı devre bir iletim tertibatına alınması ve bu tertibatla yönlendirilmesi, nihai aşamada da taşıyıcı havayla temasının kesilmesi suretiyle hedeflenen varış noktasına bırakılması oluşturur. Pozitif ve negatif basınçlı olmak üzere iki temel pnömatik iletim sistem tipi vardır. Bununla birlikte her ikisinin de birlikte kullanılabildiği kombine pnömatik iletim sistem şeklinde karma tipi de bulunmaktadır. Pnömatik ileticiler; yüksek basınç düşük hava hacimleriyle veya düşük basınç yüksek hava hacimleriyle materyal iletimlerine imkân tanıyan sistemlerdir (Hellevang 1985).

Pnömatik iletim, mekanik ve hidrolik iletim yöntemlerine kıyasla, geniş ölçekte tanecikli yığılma materyallerin iletiminde başvurulmuş bir yöntemdir. Pnömatik sistemlerin yığılma materyallerin iletiminde diğerlerine nazaran tercih edilmelerinin en önde gelen nedeni; taşıyıcı bir hava yastığı oluşturma ile yer çekimi etkisi altında çok daha yüksek

hızlarla ve daha az hasarlarla materyali iletme imkânıdır. Pnömatiğin dökme materyallerin iletiminde tercih edilmesinin diğer belirgin nedenleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. İlk kurulum, işletme ve bakım maliyetleri nispeten daha düşüktür.
2. İş elemanları basit ve düşük maliyetlidir.
3. Sabit ve taşınabilir olarak işletilebilirler.
4. Tümüyle kapalı devre bir yapıda ve gerektiğinde iletilen materyalle temas halindeki aksamalarını hareket ettirmeksizin çalıştırılabilirler.
5. Nispeten daha temiz, çevre dostu ve bakımları kolaydır.
6. İletim kapsamı ve iletim güzergâhında genişletme ve değişiklik yapılabilmesi açılarından esnekler.
7. İletim vasıtası olarak kullanılan hava; kolayca ve maliyetsiz denecek kadar erişilebilir ve depolanabilir. Parlama, yanma ve atık oluşturma gibi çevresel risk taşımaz.
8. Aşırı yük ya da yüklenme durumunda sistem çalışmasını durdurabilir. Aşırı yüklenme kalktığında tekrar çalışmasını sürdürebilir.
9. Nem, hava, sıcaklık vb. dış uyaranlara fazlaca duyarlı materyallerin en az etkilenmeyle iletilmelerine yatkındır (Aykaç 2011, Bhatia 2017).

Pnömatik iletim tekniği, ilk önceleri limanlara getirilmiş malların gemilere yüklenmesi ve boşaltılması işlerinin gerçekleştirilmesinde kullanıma girmiştir (Akkoç ve Arun 1995).

Çalışmada pnömatik iletimi yapılacak kanola, geçmişten günümüze devrin gereklerine bağlı şekilde önemi değişen bir tarımsal ürün ve bir sanayi hammaddesi (emtiyası) şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Kanola; tohumlarından yenilebilir yemeklik yağ üretilebilen ve bu amaçla klasik ıslah metotları ile genetik değişime uğratılmış bir kolza çeşidine verilen özel bir isimdir.

Bu çalışmanın amacını; kanolanın bir konumdan başka bir konuma pnömatik yolla iletimi için gerekli sistem ve yapıların tasarımında etkili iletim karakteristiklerinin ve değişik nem içeriklerine sahip iken bu karakteristiklerindeki değişimlerin araştırılması oluşturmaktadır.

1.1 Tarımsal Tane Materyallerin Özellikleri ve Mühendislik Teknolojileri Açılarından Önemi

Tarımsal üretim ve değerlendirme sistemi içerisinde çok çeşitli girdiler kullanılarak ve işlemler yürütülerek çok çeşitli ürünler üretilmektedir. Bu girdiler ve elde edilen ürünler tarımsal üretim ve değerlendirme sistemi içerisindeki üretim materyallerini meydana getirmektedir. Bu materyaller birbirinden farklı biyofiziksel ve teknik özellikler gösterir. Bu özellikler bakımlarından diğerlerinden farklılıklar göstermeleri nedeniyle taneli materyallerin kendilerine özgü ayrı bir yeri bulunmaktadır. Bu özellikler; taneli materyallerin üretim sistemi içerisindeki iletimi, işlenmesi ve depolanması gibi aşamaları esnasında kullanılması gereği duyulan sistem, tesis ve makinaların seçimi, tasarımı ve projelendirilmesinde başvurulacak en temel belirleyenleri oluşturur.

Bu yüzden, bu materyallerin çeşitli işlem aşamalarından geçişleri esnasında kullanılmasına gerek duyulan sistem, tesis ve makinelerin seçimi, tasarımı ve projelendirilmesinde birincil veri takımını; taşıdıkları biyofiziksel ve teknik özelliklerine ait veriler oluşturur (İmrak ve Gerdemeli 2017). Diğer taraftan materyallerin bu özelliklerinin değişik dış etkenlere karşı gösterdiği davranışlara ilişkin veriler ise ikincil veri setini oluştururlar.

Tarımsal tane materyallerin değerlendirilmesi, iletimi, sınıflandırılması ve depolanması işlemlerini gerçekleştirmede yararlanılacak aygıt, sistem ya da donanımları tasarılma ve projelendirme; temel olarak onların uzaysal ve gravimetrik büyüklüklerine ilişkin verilere sahip olmayı gerektirmektedir. Uzaysal büyüklükler; boyutsal ve yüzeysel büyüklükler olacak şekilde iki alt başlıkta ele alınabilmektedir. Uzunluk, genişlik, kalınlık, aritmetik ve geometrik ortalama çaplar; boyutsal büyüklükler alt başlığı

içerisinde verilebilirken izdüşüm (projeksiyon) alanı, biçim, pürüzlülük ve porozite ise yüzeysel büyükler alt başlığında toplanabilmektedir. Hacim, hacim ağırlığı ve özgül kütle gibi değerleri ise gravimetrik büyüklükler olarak değerlendirilmektedir.

Tarımsal tane materyallerin boyutsal özelliklerinin bilinmesi; istenen malzemelerin istenmeyenlerden ayrılması için araçsal çözümler oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Malzemelerin şekli ya da biçimi sebze ve meyve gibi tarımsal ürünleri soyma, çekirdeklerini ve göbek kısımlarını çıkarma veya içini doldurma gibi işlemlere hazırlamada uygun aygıtsal çözümler üretmekte önemli bir parametreyi oluşturmaktadır.

Materyallerin biyofiziksel ve teknik özellikleri hakkında yeterli ve gerçekçi bilgi ve verilere sahip olunmaksızın değerlendirme, işleme ve depolamaya hizmet edecek makine ve sistemler imal edilmesi sonucu, son derece büyük maliyetlerde kayıplarla karşı kaşıya kalınacağı bir gerçektir. Bugün bunun farkında olarak çeşitli ülkelerce bu özelliklere ilişkin verilerin en kapsamlı şekilde kullanıma hazır hale getirilmesi için yoğun araştırma çalışmaları yürütülmektedir. Bu maksatlarla günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından çok çeşitli yönlerden konuyu ele alan araştırma ve inceleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Ogunjimi vd. 2002, Olaniyan ve Oje 2002, Tabatabaefar 2003, Aviara vd. 2005, Oluwole vd. 2007, Razavi vd. 2007, Öztürk ve Esen 2008, Razavi vd. 2008, Davies 2010).

Tarımsal ürünlerin taşıdıkları özellikleri; onların kalite sınıflandırılmalarında, işlenmelerinde ve bunlara ilişkin yapılacak sistem, cihaz ve yapıların mühendislik tasarımları, kurulmaları, işletilmeleri ve optimizasyonunda temel parametrik belirleyiciler olarak işlev görmektedirler.

Tarımsal materyallerin taşıdıkları nem içeriği, sıcaklık, sürtünme kuvvetleri, ortam basıncı, manyetik ve elektrik alan yükü gibi dış etkenler materyallerin temel özelliklerini etkilemektedir. Örneğin nem içeriği yüksek (%18-20) olan tahılların öğütülmesi daha düşük nem içeriğinde (%12-14) olanlara nazaran oldukça zor

olabilmektedir. Aynı şekilde nem oranı yüksek materyalin az olana göre akışkanlık derecesi ve iletim kabiliyeti değişiklik gösterebilmektedir. Yine ortam sıcaklığı ve basıncı da tahıl, meyve, hayvan yemi gibi herhangi bir tarımsal materyalin su tutma kabiliyetini, yüzey alanını ya da optik değerlerini etkileyebilmektedir.

Bitkisel ve hayvansal materyal ve ürünlerin fiziksel ve diğer özellikleri, onların nasıl işleneceklerini, muhafaza edileceklerini, iletileceklerini ve tüketileceklerini, bu amaçlarla kullanılacak makine, sistem ve tesislerin imal, tasarım ve çalıştırılmalarını doğrudan ve dolaylı olarak belirlemektedir.

Bu alanlarda faaliyet yürüten bilim adamı, sanayici, tacir, işletmeci, ıslahçı, mühendis ve tüketiciler gibi birçok kesim mensuplarınca da bu özelliklerin ve etkili mekanizmaların bilinmesi, yürütecekleri faaliyetlere yön verme açısından önemlidir.

Tarımsal ürünlerin temel bazı özellikleri aşağıdaki gibi verilebilir (Mohsenin 1986; Sitkei 1986):

A. Fiziksel Özellikler

1. Biçim/Şekil
2. Boyut/Ebat
3. Ağırlık
4. Hacim
5. Yüzey alanı
6. İzdüşümü alanı
7. Yoğunluk
8. Boşluk/Porozite
9. Renk
10. Dış görünüm(appearance)
11. Sürüklenme katsayısı
12. Ağırlık merkezi

B. Mekaniksel Özellikler

1. Sertlik
2. Sıkıştırılma gerilmesi
3. Gerilme direnci
4. Çarpma direnci
5. Kesilme direnci
6. Sıkıştırılabilirlik
7. Kayma sürtünmesi katsayısı
8. Statik sürtünme katsayısı
9. Genleşme katsayısı
 - a. Nem
 - b. Isıl
10. Esneklik (elastisite)
11. Plastiklik
12. Eğilme/yatma gerilmesi
13. Aerodinamik vasıfları
14. Hidrodinamik özellikleri

C. Isıl Özellikler

1. Özgül ısı
2. Isıl kapasite
3. Isıl iletkenlik
4. Yüzey iletkenlik
5. Isıl Emicilik
6. Isıl yayıcılık
7. Isıl aktarıcılık

D. Elektriksel Özellikler

1. Elektrik yüklenme
2. Elektrik direnç
3. Kapasitans
4. Dielektrik özellikleri

5. Elektromanyetik ışıma tepki
6. Elektriki yüklenicilik – tohumların bir yüzey yükü tutma kabiliyeti

E. Optik Özellikler

1. Işık geçirgenliği
2. Işık yansıtıcılığı
3. Işık emiciliği
4. Renk
5. Tezatlık (kontrastlık)
6. Yoğunluk

Öte yandan tarımsal materyal ve ürünlerin biçimlerinin belirlenmesinde Çizelge 1.1’ de verilen tanımlardan yararlanılmaktadır (Mohsenin 1986).

Çizelge 1. 1 Tarımsal ürünlerin biçiminin (şeklinin) belirlenmesinde kullanılan tanımlamalar (Mohsenin 1986)

Biçim	Tanımı
Yuvarlak/Küremsi	Küreye yaklaşan şekil (bezelye danesi)
Basık küremsi	Sürgün ucun ile tepe noktada basık (greyfurt, mandalina)
Dikdörtgensi/Çekik Küremsi	Düşey çapı yatay çapından daha büyük (limon)
Konik küremsi	Tepe noktasına doğru gittikçe incelen (havuç)
Silindirik Küremsi	Tepe ve Tabanı Eşit Tam Dairemsi (bal kabağı)
Yumurta küremsi	Yumurta biçimli ve dip/tabana ucunda genişleyen (yumurta)
Üstten yumurta küremsi	Ters yumurtamsı şekilli ve tepe ucunda genişleyen (patlıcan)
Yatık küremsi(budanmış)	Tabana bağlı eksenli ve yana kesik yatık tepeli
Oval küremsi	Ovalsı küreye kaçan (yaklaşan ya da eğilim gösteren)
Uçları kesik küremsi	Her iki ucundan köşeler vermiş veya basık
Orantısız küremsi	Bir yarısı diğer yarısından daha geniş
Dilimli/Çokgen küremsi	Enine kesitte, yan yüzler az ya da çok açılı (koçanlı mısır)
Düzgün/Muntazam küremsi	Yatay kesiti bir daireye yaklaşan/giden (soya danesi)
Çarpık/İntizamsız küremsi	Yatay enine kesiti somut biçimde bir daireden sapma gösteren (karabuğday, mısır danesi)

1.2 Kanolannın Genel Özellikleri

Ayçiçeği, pamuk, susam, aspir, çörek otu, haşhaş ve keten gibi yağlı tohumlu bitkilerden olan kanola, ülkemizde rapiska, rapitsa, namzan ve kolza gibi isimlerle de

bilinmektedir. Kışlık ve yazlık olmak üzere iki ayrı fizyolojik olum döneminde yetiştirilme özelliğine sahip iki değişik fizyolojik çeşidi bulunmaktadır (Süzer 2004).

Kanola; Brassicaceae familyasına dâhil (önceleri Cruciferae familyası üyesi olarak bilinen) bir bitki grubunu oluşturmaktadır (Anonymous 2008). Kanola olarak da adlandırılan kolza, hardalgiller familyasıyla kuzenlik düzeyinde yakın akraba olan ve hardal, yabani turp, şalgam, karnabahar, lahanası ve brokolinin de dâhil olduğu Brassicaceae familyasının bir üyesidir (Anonymous 2011-2016).

Kanola, tohumlarından binlerce yıldır insan gıda kaynağı olarak yenilebilir bir yağ elde edilebilen ve bunun yanında sanayinin çok değişik ve sayısız alanında kullanım yeri bulabilen, ıslah yoluyla kolzanın genetik olarak değişikliğe uğratılmış bir formudur (NSW 2014). Kanola tohumu yağı; kızartma yağı, salata ve margarin yağının yanında makine yağı yapımında ve kozmetik sanayinde, biyo yakıt üretiminde, aydınlatma cihazlarında kullanılmaktadır. Yağı çıkarıldıktan sonra kalan kanola tohumu küspesi ise hayvan yemi rasyonlarında zengin protein içeriği dolayısıyla hammadde olarak değerlendirilir.

Kanola yetiştiriciliğine ilişkin en erken kayıtlara M.Ö. 2000-1500 yıllarına kadar geriye giden Sanskritçe kaleme alınmış yazılarda rastlanmaktadır. 13. yy. ile birlikte Avrupa'nın Kuzey bölgelerinde aydınlatma lambalarında lamba yağı olarak kullanılmak üzere kanola (kolza) yetiştirildiği gözlenmektedir. 17. yy. ile birlikte de Almanya ve İspanya'nın sanayi devriminde kullanılmakta olan çok büyük sayılardaki buharlı motorlarda taşıdığı üstün özellikleri dolayısıyla yağın kayganlaştırıcı yağ olarak kullanmak üzere üretmeye başladıkları görülmektedir. 19. yy.' da fosil yakıtların bulunmasıyla Avrupa'nın birçok bölgesinde kolza üretimlerinin ciddi düzeylerde gerilemesiyle karşı karşıya kalınmıştır (Brown vd. 2009).

İkinci dünya savaşının patlak vermesiyle müttefik donanmalarının ve buharlı savaş ve ticaret gemi filolarının ihtiyaç duyduğu çok yüksek sıcaklık ve ağır çalışma koşullarında işlev görecektir yağlama yağına ihtiyacın ortaya çıkmasıyla özellikle Amerika ve Kanada'

da kanola üretiminin hızla yaygınlaştığı ve arttığı görülmektedir. İkinci dünya savaşı sonrası buhar motorlarıyla çalışan gemilerin sayılarında, dizel ve benzinli motorların kullanımına geçilmesinin de etkisiyle sanayi nitelikli kolza yağına olan ihtiyaç azalmıştır. Bu da kolza ekim alanlarının azalmasına yol açmıştır (Brown vd. 2009).

Kolzanın insan gıdası kullanımındaki en büyük kısıt, insan sağlığı için ciddi tehlike teşkil eden, taşımakta olduğu yüksek yoğunluklu erusik asit içeriğidir. Artan yemeklik yağ taleplerini karşılamak üzere, bu özelliğini gidermek için yoğun araştırmalara girişen Kanadalı araştırmacılarca gerçekleştirilen başarılı çalışmalar sonucu geliştirilen ilk düşük Erusik asitli kolza çeşidi olan “Oro”nun 1966 yılında ticari olarak piyasaya sürüldüğü bir gelişme yaşanır. Bu gelişmeyi takiben de ilk “Çift Sıfırlı” kolza çeşidi (çift düşük; yani düşük erusik asit ve düşük glukosinolatlı) ‘Tower’ 1974 yılı ile birlikte piyasalarda yerini almaya başlar (Brown vd. 2009).

1978 yılına gelindiğinde, yüksek oranda erusik asit içeren kanola ile araştırmayla elde edilmiş düşük asitli kanolanın birbirinden ayrılması için yeni bir isimlendirilmeye ihtiyaç duyulur. Kanada Kolza Cemiyeti (daha sonra Kanada Kanola Cemiyeti) tarafından, “CANadian Oil Low Acid” den “CANOLA” terimini türeterek diğer sanayi tipi yağlık kolza çeşitlerinden farklı olduğunu gösterir bir isimlendirilmeye gidilir (Brown vd. 2009).

1985 yılında, A.B.D. Gıda ve İlaç İdaresi, %2’den daha düşük erusik asit içerikli kolza/kanola yağlarının insan tüketiminde kullanılabileceği, 30 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$ den düşük alifatik glukosinolatlar içeren kolza küspelerininse hayvan yemi olarak kullanılabileceğini bildirmiştir. Bu tür kanolaya “Genel Yapısıyla Güvenilir Sayılan” yani GRAS (Generally Recognized as Safe) statüsü verilmiştir.

İnsan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılabileceğini gösteren GRAS statüsünün kanolaya verilmesiyle kanola üretimi Amerika’yla birlikte tüm dünyada artmaya başlamıştır. Bu artan üretim miktarlarıyla kanolanın uygun koşullarda taşınması,

işlenmesi, depolanması, muhafaza edilmesi ve depolanması ile silo ve işleme merkezlerine kayıpsız ve hasarsız iletimi önem kazanmıştır.

Kanolanın insan gıdası, hayvan yemi ve sanayide kullanımı diğer taneli tarımsal ürünler içinde kendine özgü bir yer kazanmasına neden olmuştur. Bu durum hem ülkemizde ve hem de dünyada kanolanın önemini artırmıştır.

Sanayi devriminden günümüze gelinceye kadar geçen süre içerisinde, kolza veya kanola yağı, diğer birçok yağdan farklı olarak ıslak metallere daha iyi tutunduğu için gemilerde ve buharlı motorlarda kullanımı artmıştır (Anstey 1986).

Kanola bitkisinin ıslah ve araştırma çalışmaları vasıtasıyla besinsel niteliğini ve işleme tekniklerini geliştirme çabaları sürmektedir. Yenilebilir yağın ilk olarak kanoladan 1956 yılında Kanada’ da çıkartılmış olduğu belirtilmektedir (Colton ve Potter, 1999).

Kanola esas itibarıyla, %38 ile %50’ ye varan aralıkta yağ verimleri olan tohumları için yetiştirilmektedir. Yağı temel itibarıyla pişirme yağı olarak kullanılmakla birlikte, aynı zamanda margarin halinde de değerlendirilmektedir. Yağı, tohumlarından çıkarıldıktan sonra arta kalan yan ürün yani kanola tohumu küspesi yüksek proteinli hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Kanola tohumlarında oleik ve linoleik asitler ile %16-24 oranlarında protein bulunmaktadır. Kanola yağının kaynama noktası 238 °C’dir (Anonymous 2008).

Kanola yağı “sağlıklı” yağ olarak kabul gördüğünden, insan beslenmesindeki kullanımı gittikçe artmıştır. Kanola oldukça iyi bir biyoyakıt üretim kaynağıdır da aynı zamanda. Futbol sahası ebatlarına sahip bir kanola arazisi, bir aile arabasının bir yıllık çalışması için yeterli miktarlarda biyodizeli sağlayabilecek güçtedir. Diğer taraflardan, kanola bitkisi yetiştirme dönemleri sürecinde buğdaygillerin ihtiyaç duyduğundan üç kat daha fazla sülfüre ihtiyaç gösterir. Bu da kanolanın yüksek sülfür içeren toprakların iyileştirilmesinde önemli bir yararlı yönünü oluşturmaktadır. Diğer yandan kanolanın toprağı bor, civa, kurşun gibi toksik etkileri olan ağır metalleri emerek arındırma ve temizleme özelliği bulunmaktadır. Çevre kirliliğinden etkilenmiş verimsiz toprakların

ıslahında kanola bitkisi etkili olmuştur. Sulamasız da yetiştirilebilmesi mümkün bir üründür. Aşırı gübreleme ile ekilebilirlik vasfını önemli ölçülerde kaybeden toprakların ve arazilerin geri kazanımlarında önem taşıyan bir yeri vardır. Toprak yorgunluğunu giderir. Yukarıda sıralanan tüm olumlu özellikleri birlikte değerlendirildiğinde kanola ekonomik, ekolojik ve sosyal hayata olumlu etkileri olan bir ürün olarak değerlendirilmektedir.

Kanola tohumlarının morfolojik özellikleri, boyutları ve bileşimleri çeşitlerine bağlı olarak önemli değişiklikler gösterebilmektedir. Bu da tohumların fiziko-mekanik özelliklerinin çeşide göre değişeceğini göstermektedir.

Bu özellikler kanolanın yetiştirilmesinde, işlenmesinde kullanılan makine, alet ve teçhizatın tasarımı ve planlanmasında önemli olmaktadır. Kanola tohumları yaygın şekilde basık küremsi, uzunlamasına küremsi, yayvan ve dikdörtgensel küremsi şekillere sahip olabilmektedir.

Kanola bitkisi çoğu tahıl ve yağlı tohumlu bitkilerin sahip olduklarından daha da küçük tohumlara sahiptir. Tüm bunların sonucu olarak, tohum ağırlığı, hacim ağırlığı ve porozite gibi parametreler nem değişiminden daha fazla etkilenmektedir. Yeşil ekonomi bakımlarından kanola (kolza) tohumu yağı çevreci motor yağları, kayganlaştırıcılar ve biyoyakıtlar şeklinde çeşitli sanayi kesimlerinde kullanım yeri bulmaktadır.

Hem kanola hem de kolza tohumu yağı, farklı su sıcaklıklarında bileşimini ve yapısını koruyabildiğinden deniz araçlarının motor ve aksamalarında tercih edilmektedir. Değişikliğe uğratılmış kolza bitkisi olan kanola; insan gıdası olarak yenilebilir yağlar yanında kayganlaştırıcılar, biyoyakıtlar, hayvan yemi ve kozmetik ürünler için katkı maddeleri sağlamaktadır. Bunların dışında, kanola ve kolza yağlarının kullanım yer ve alanları arasında aydınlatma lambaları, mumlar, matbaa mürekkepleri ve insan cildine zarar vermeyen ve petrol türevlerinden çok daha az kanserojen madde içeriği dolayısıyla dudak boyalarının yapımı bulunmaktadır. Biyoyakıt olarak petrole dayalı yakıt ve ürünlerden çok daha az karbon salımları dolayısıyla çevreye çok daha az tehdit oluşturan bir yakıt seçeneği sunmaktadır.

Kanola tohumları çok çeşitli makinalarda ve makine aksamalarında kullanılmakta olan yağlayıcı ve kayganlaştırıcıların ana kaynağını oluşturmaktadır.

Kanola tohumlarının yağı bunların yanı sıra insan beslenmesinde kızartmalık, ızgaralık ve yemeklik yağı olarak, kişisel bakım ve sağlık alanında ise ciltteki ölü derileri sökücü ürünler ile temizlik ürünleri yapımında taşıyıcı yağ olarak da kullanılmaktadır. Küspesi ise yüksek protein içeriği nedeniyle hayvan yemi rasyonlarında kullanılmaktadır.

1.3 Kanola Üretimi

FAOSTAT (2019) İstatistik verilerine göre 2013-17 arası ülkelerin kanola üretim miktarları Çizelge 1.2' de verilmiştir. FAOSTAT (2016) verilerine göre ise kanola (kolza) üretiminde 1965' li yıllardan günümüze çarpıcı artışlar kaydedildiği görülmektedir. 1965 yılında Avrupa Birliği içerisinde 1.5 milyon ton olan kanola üretimi 2012 yılı için 19.2 milyon ton rakamına ulaşarak 12.8 kat bir artış yaşanmıştır. Aynı yıllar aralığında kanola üretiminde Kanada'da 30.8 kat, Çin'de 12.72 kat, Hindistan'da 4.53 kat ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde 157.14 kat artış görülmüştür. FAOSTAT (2019) verilerine bakıldığında 2013-17 arası dönemlerde ABD'inde ve Kanada'da üretim istikrarlı bir şekilde artarken Almanya ve Çin' de gerilemeler kaydedilmiştir.

Çizelge 1. 2 Başlıca kanola üreticisi ülkeler ve üretim miktarları (ton) (FAOSTAT 2019)

Ülkeler	2013	2014	2015	2016	2017
Cezayir	23.864	23.379	22.895	22.411	21.927
Arjantin	111.900	104.848	104.849	67.381	49.840
Avustralya	4.141.731	3.832.049	3.540.021	2.775.479	4.313.230
Avusturya	196.828	198.286	111.745	141.893	116.835
Bangladeş	294.000	296.000	359.452	361.909	362.860
Bela Rus	675.546	729.622	382.381	260.035	602.451
Belçika	60.900	58.500	50.744	39.452	46.090
Brezilya	36.000	55.000	72.000	60.000	57.000
Bulgaristan	336.731	527.912	422.092	509.251	478.987
Kanada	18.551.000	16.410.100	18.376.500	19.599.200	21.328.000
Şili	155.877	136.331	201.480	212.016	183.191
Çin, anakara	14.458.025	14.772.210	13.859.010	13.128.010	13.274.010
Hrvatistan	47.827	71.228	56.783	112.990	135.810
Çekya	1.443.210	1.537.320	1.256.212	1.359.125	1.146.224
Danimarka	687.655	708.900	826.000	506.200	742.300
Estonya	174.028	166.495	196.300	102.481	165.270
Etiyopya	62.450	53.705	60.674	43.402	51.132
Finlandiya	80.200	62.100	85.300	93.900	91.300
Fransa	4.366.200	5.524.094	5.334.404	4.727.961	5.200.000
Almanya	5.784.300	6.247.400	5.016.800	4.579.600	4.275.600
Yunanistan	12.181	8.173	9.000	9.000	11.100
Macaristan	532.510	699.750	590.444	924.988	881.961
Hindistan	7.820.000	7.877.000	6.282.000	6.797.000	7.917.000
İran	174.999	145.978	133.715	138.194	128.567
İrlanda	49.200	34.200	39.900	34.100	41.700
İtalya	40.242	41.633	28.073	34.926	41.444
Kazakistan	241.796	241.477	138.170	169.761	278.975
Letonya	296.600	185.500	293.200	283.000	326.200
Litvanya	550.600	501.500	512.162	399.439	543.518
Lüksemburg	15.259	15.705	13.834	10.915	11.317
Moğolistan	12.000	11.413	10.531	10.732	10.947
Hollanda	10.275	10.221	8.852	5.279	7.894
Kuzey Makedonya	5.010	7.448	4.133	2.160	6.124
Norveç	6.040	9.700	10.400	11.450	1.000
Pakistan	220.318	220.173	211.432	206.405	209.431
Paraguay	105.000	112.000	107.000	116.000	100.000
Polonya	2.677.665	3.275.806	2.700.776	2.219.270	2.697.265
Moldova Cumhuriyeti	42.823	68.171	16.159	43.191	71.000
Romanya	666.097	1.059.121	919.473	1.292.779	1.673.330
Rus. Fed.	1.259.185	1.337.940	1.012.206	998.932	1.508.973
Sırbistan	26.992	31.419	33.402	39.404	48.740
Slovakya	373.960	448.858	320.626	430.549	448.665
Slovenya	15.113	19.883	3.643	8.590	8.999
Güney Afrika	112.000	121.000	93.000	105.000	93.469
İspanya	107.700	104.262	149.198	225.165	153.665
İsveç	327.500	322.700	359.000	268.100	362.700
İsviçre	72.510	93.945	87.004	71.900	77.612
Türkiye	102.000	110.000	120.000	125.000	60.000
Ukrayna	2.351.730	2.198.020	1.737.600	1.153.910	2.194.790
Birleşik Krallık	2.128.142	2.459.576	2.542.000	1.775.000	2.167.000
ABD	1.003.550	1.140.892	1.306.000	1.408.700	1.424.020
Uruguay	33.000	16.000	40.909	41.000	52.000

Dünyada yaşanan gelişmelerle aynı doğrultuda ülkemizde de kanola tarımına son yıllarda Tekirdağ, Edirne, Kırklareli ve Samsun gibi illerimizde tekrar başlanmıştır. Bitkisel yağ açığının kapatılmasına katkıda bulunmak amacıyla kanola tarımının yaygınlaştırılması çalışmaları yapılmaktadır. Ülkemizde kanola üretiminin yıllar itibarıyla izlediği gelişme Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1. 3 Türkiye’ de yıllara göre kanola üretim verileri (Anonim 2018).

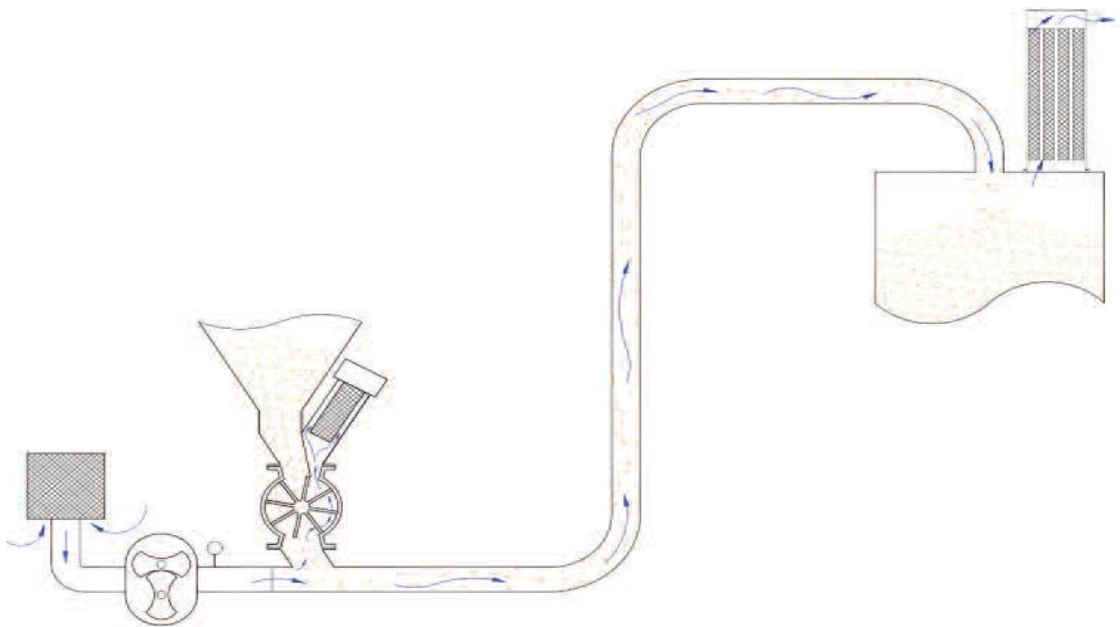
Dönemi	Kanola Ekim Alanı(Da)	Kanola Üretimi(Ton)
2018	378.456	125.000
2017	164.950	60.000
2016	354.300	125.000
2015	350.817	120.000
2014	321.330	110.000
2013	311.272	102.000
2012	295.421	110.000
2011	268.298	91.239
2010	312.496	106.450
2009	327.767	113.886
2008	281.000	83.965
2007	106.830	28.727
2006	53.898	12.615
2005	7.000	1.200
2004	17.000	4.500
2003	28.000	6.500
2002	5.500	1.500
2001	2.900	650
2000	820	187
1999	1.870	330

1.4 Pnömatik İletim Sistemleri

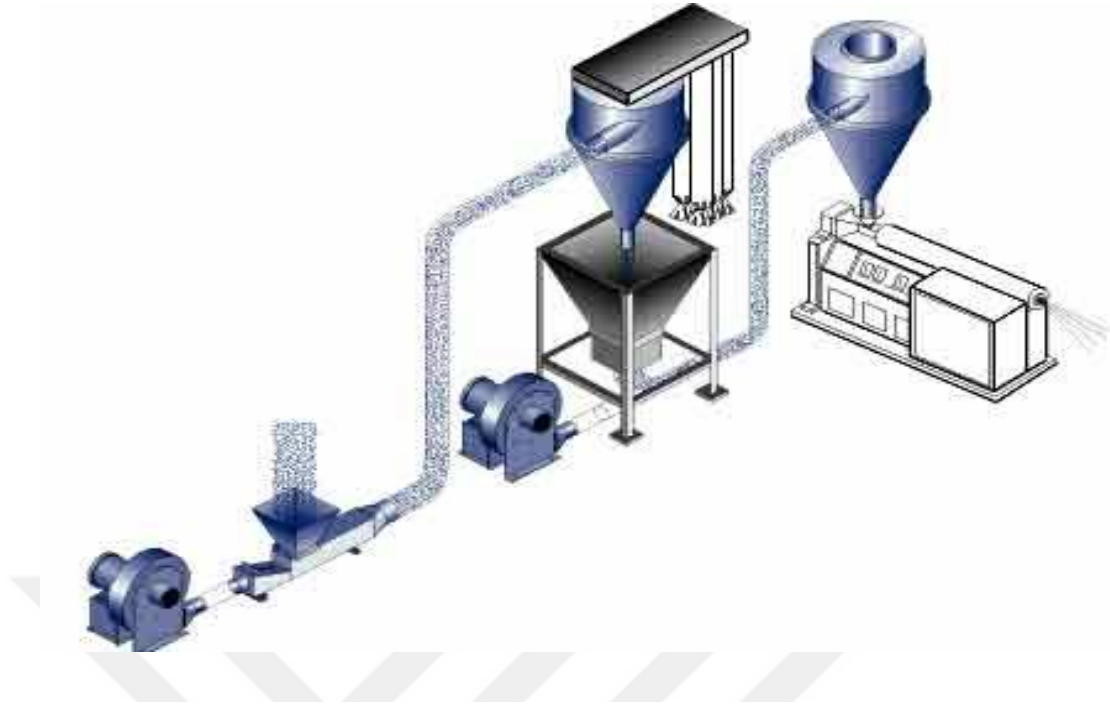
Pnömatik iletim, hava yardımıyla materyallerin kapalı bir sistemde bir yerden başka bir yere iletilmesidir. Materyaller, basınç ve hız kazandırılan havanın içine verilerek iletilir. İletimin yapıldığı tesise pnömatik iletim tesisi denir. Pnömatik iletim tesisinde aşağıdaki elemanların bulunması beklenir.

- Basıncı ve hızı artırılan hava veya gaz formunda akışkan,
- İletilecek materyal,

- Pnömatik sistemde ana iş görücü kaynak olan hava; yanma, alevlenme, atık ve can güvenliği tehdidi ve tehlikesi gibi her hangi bir şekilde çevreye ve yaşama yönelik riskler oluşturmaması yönleriyle en güvenilir kaynak olma özelliği göstermektedir. Bunların yanında hava, neredeyse bedava denilebilecek derecede düşük maliyetle ve kolayca istenilen miktarlarda ve yerlerde bulunabilen, koşullandırılan, yönlendirilen ve çok geniş uygulama seçenekleriyle kullanılabilen çok işlevli bir kaynaktır. Şekil 1.1’de bir pnömatik iletim sistemi genel görünüşü ve şekil 1.2’de sık rastlanan bir pnömatik iletim sistemi uygulama örneği verilmektedir.



17



Şekil 1.2 Sık rastlanan bir pnömatik iletim sistemi uygulama örneği (Anonymous 2017a)

Wypych (2011) geleneksel pnömatik iletimi, bir iletim boru hattı boyunca iletilecek taneli materyali içeri çekmek, havada asılı tutmak ve iletmek olarak tanımlamıştır. Pnömatik iletimde materyal akım tipi “seyreltik-faz”, “yalın-faz” veya “asılı-faz” olarak tanımlanabilmektedir. Bu tarz bir iletimde; venturiler, döner supaplar (rotary valves), vidalı pompalar ve üfleç/hava püskürtme tankları (blow tanks) gibi farklı besleyiciler (feeders) kullanılmaktadır (Wypych 2011).

Pnömatik iletim sistemleri pozitif (basma) basınçlı, negatif (emme) basınçlı ve karma (emme + basma) basınçlı iletim sistemleri olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilmektedir.

Günümüzde pnömatik uygulamalar, çok çeşitli malzemenin iletiminde kullanılmakta, verimin artmasına, işlerin kolaylaşmasına neden olmaktadır. Pnömatik sistemlerde gerekli olan basınç iletim materyaline, pnömatik sistemin tipine, iletim borusunun çapına, hava hızına vb. pek çok faktöre bağlıdır.

1.4.1 Pnömatik iletimde akış türleri

Pnömatik iletim tekniğini kullanarak malzemelerin iletimlerini gerçekleştirmek için uygulamada birkaç yönteme başvurulmaktadır. Bunlar 2 ana grup altında toplanabilir.

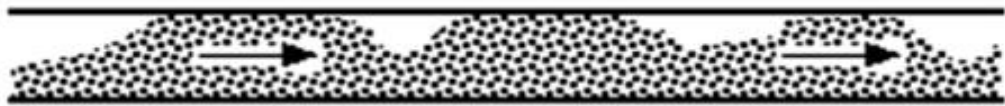
- a) Askıda iletim (seyrelik faz, dilute phase),
- b) Yoğun iletim (yoğun faz, dense phase)

Askıda ya da seyreltik fazda iletimde materyal havanın içerisinde askıda iletilir. Basıncı ya da vakumlu olabilir. Seyreltik fazlı iletim, esas itibarıyla, yüksek hız, düşük basınç ve düşük karışım (malzeme/hava) oranıyla kendini gösteren kesintisiz akış sürecidir. Bu akış türü şekil 1.3’ de gösterilmektedir.



Şekil 1.3 Seyreltik - fazlı (dilute -phase) akış (askıda iletim) (Wypych 2011)

Yoğun iletim ya da yoğun fazlı iletimde pnömatik iletim tarzları için “askılanmamış akış” söylemi de kullanılmaktadır. Bu tarz pnömatik iletim daha çok kömür, çimento, kum, çakıl gibi malzemelerin iletiminde kullanılmaktadır. Yoğun iletimin pek çok tipi bulunmaktadır. Bunlardan birinci akışkanlaştırılmış yoğun faz iletimdir (Şekil 1.4).

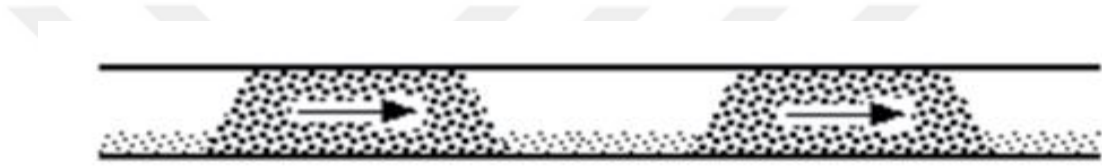


Şekil 1.4 Akışkanlaştırılmış yoğun faz (fluidised dense-phase) veya askılanmamış akış (Wypych 2011)

Akışkanlaştırılmış yoğun faz akış, çok ince tanecikli yığın katı materyallerin birkaç metreden (2-3 m) 2000 metreye kadar olabilen mesafeler arasındaki iletimlerinde en etkili ve güvenilir metot olarak görülmektedir. Bu tarz iletimin, tanecikli ve toz yapılı

yığın materyallerin hava yakalama ve akışkanlaştırılma vasıf ve kabiliyetlerinin getirilerinden istifadeyi gözetdiği bildirilmektedir (Wypych 2011).

Bir diğer yoğun faz tipi düşük hızlı kesikli (aksak) akış (low-velocity slug-flow (LVSF)) şeklinde ifade edilen iletimdir. Bu iletim uygulaması, kolayca kırılıp ufalanabilen ve ezilebilen küçük tanecikli ürünlerin iletiminde tercih edilir. Zedelenmenin ve aşınmanın az olmasının istendiği koşullar da kullanılır (Şekil 1.5). Ezilmiş kömür ve altın madeni gibi geniş bir tanecik boyut dağılımı gösteren materyallerin iletimi için uygun değildir.



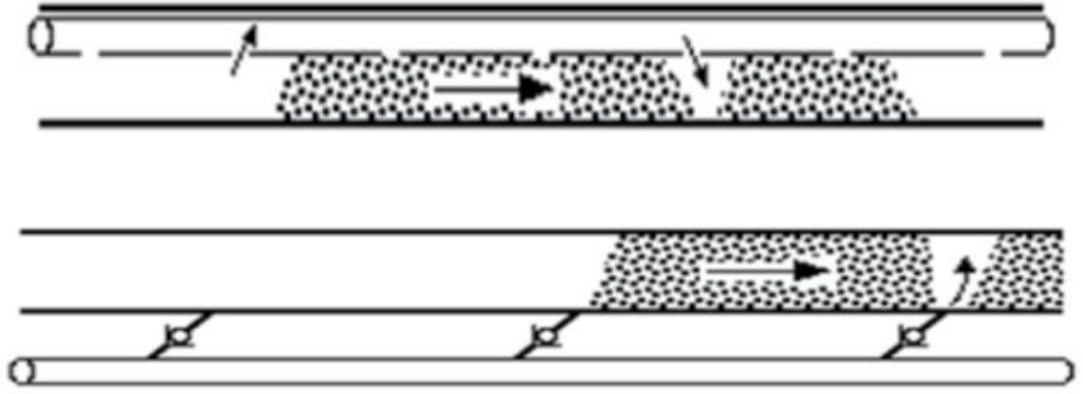
Şekil 1.5 Düşük-hızlı aksak/sürünge-akış (Low-velocity slug-flow (LVSF)) (Wypych 2011)

Düşük hız tapalı akış olarak tanımlanan akış (Şekil 1.6) ise daha ziyade tam yağlı süt tozu, içimlik çikolata ve kakao tozu gibi birbirine yapışkan materyallerin iletimine uygunluk gösteren bir akış şeklidir.



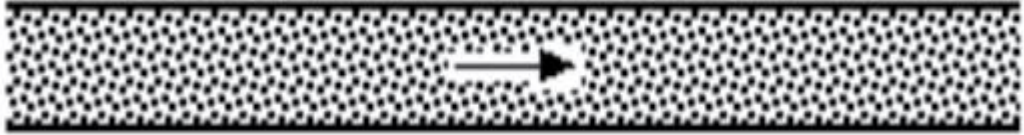
Şekil 1.6 Düşük-hız tapalı-akış(Low-velocity plug-flow (LVPF)) (Wypych 2011)

Bir diğer yoğun faz akış tarzı ise bypass iletim olarak adlandırılan pnömatik iletim yöntemidir (Şekil 1.7). Bu tarz iletim; geleneksel pnömatik iletim tesisinde ciddi tıkanmalara, boru hatları boyunca vuruntu ve titreşimler ile basınç artışı ve dalgalanmalara sebebiyet veren kumlu ve kumsu yapıdaki materyalin iletimine uygunluk göstermektedir. Bu yöntemde materyalin arasına tıkanmaları önlemek ve akışı sürekli hale getirmek için hava verilir. (Wypych 2011).



Şekil 1.7 İçerden bypass (üstte) ve dışarıdan bypass (altta)

Yoğun faz pnömatik iletim türleri arasında yer alan bir başka iletim tarzı ise tıkışık akış olarak adlandırılabilen olan materyalin iletim boru hattı içerisinde tamamen tıkıştırlıp sıkıştırılarak itilmesiyle iletimidir (tıpkı kıymanın sucuğa işlenmesinde olduğu gibi bağırsak içerisine tıkıştırlıp itilerek doldurulması gibi). Bu tarz iletimin (Şekil 1.8) uygulandığı örnekler; işlenerek yumuşatılmış tane tahıllar, sebze ve yeşil ürünlerin konserveye işlenmesi sırasında iletimi şeklinde sayılabilir (Wypych 2011).



Şekil 1.8 Tıkışık akış (extrusion flow)

Toz ve granül/tanecik yapılı yığın materyallerin 100 yıldan fazla bir süredir pnömatik iletimleri uygulamada yer bulmaktadır. Son dönemlerde yığın malzemelerin farklı davranışsal vasıflarından yararlanmaya dayalı farklı yoğun fazlı pnömatik iletim tarzları geliştirilmiştir. Bu farklı yoğun fazlı pnömatik iletim türleri, aynı zamanda sistem güvenliği ve güvenilirliği, ürün kalite denetimi ve enerji kullanım etkinliği gibi sanayide giderek artan şekilde talep edilen gereksinimleri karşılamak için de kullanılmaktadır (Wypych 2011).

1.4.2 Pnömatik iletimin sınıflandırılması

Pnömatik iletim sistemleri çok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Sınıflandırmada kullanılan bazı ölçütler ve bunlara göre sınıflandırılma örnekleri aşağıda verilmiştir (Güner 2006, Homa vd. 2009, Lecreps 2011, Aptech 2017).

a) Basınç düzeylerine göre sınıflandırılma

Pnömatik iletim sistemleri ve tesisleri, gerek duyulan basınç düzeylerine göre yüksek ($0.3\text{MPa} < P < 0.8\text{MPa}$; sıkıştırıcılar/compressors tarafından üretilen sıkıştırma basıncında), orta ($0.02\text{ MPa} < P < 0.08\text{MPa}$; üfleyiciler/blowers tarafından üretilen sıkıştırma basıncında) ve düşük (alçak) ($P < 0.02\text{MPa}$; yüksek basınçlı fanlar/high-pressure ventilators üretilen sıkıştırma basıncında) basınçlı olarak 3 ana grup altında incelenebilir (Homa vd. 2009). Düşük ve orta basınçlı pnömatik sistemler; 600 kg/m^3 yığın hacim ağırlığını aşmayan ince tanecikli materyallerin iletimine uygundur. Yüksek basınçlı olanlar ise iletim hattı boru çapının $1/3'$ ünü aşmayan farklı tanecik boyutlu kuru ve nemli yağma materyallerin iletimlerinde kullanılır (Homa vd. 2009).

b) Akış şekillerine göre sınıflandırılma

Pnömatik iletim sistemleri materyal akış şekillerine bağlı olarak 2 grupta ele alınır (Aptech 2017).

- İletici gaz hacminin yüksek, iletilen materyal hacminin düşük olduğu ve materyal akış oranının yaklaşık 0 - 15 olduğu seyreltik/yalın faz akışlı iletim
- İletici gaz hacminin düşük, iletilen materyal hacminin yüksek olduğu ve materyal akış oranının 15' den büyük olduğu yoğun faz akışlı iletim

c) Basınç oluşturma biçimlerine göre sınıflandırılma

Havaya enerji yükleme ve akış kazandırma şekline göre de pnömatik iletim sistemleri üç başlık altında verilebilmektedir (Güner 2006, Lecreps 2011):

- Negatif/emme basınçlı pnömatik sistemler
- Pozitif/basma basınçlı pnömatik sistemler ve
- Bileşik/melez (negatif + pozitif) pnömatik sistemler

d) İletim hattının düzenlenmesine göre sınıflandırma

- Yatay iletim boru hatlı pnömatik sistemler
- Düşey iletim boru hatlı pnömatik sistemler
 - Yukarı akış yönlü pnömatik sistemler
 - Aşağı akış yönlü pnömatik sistemler

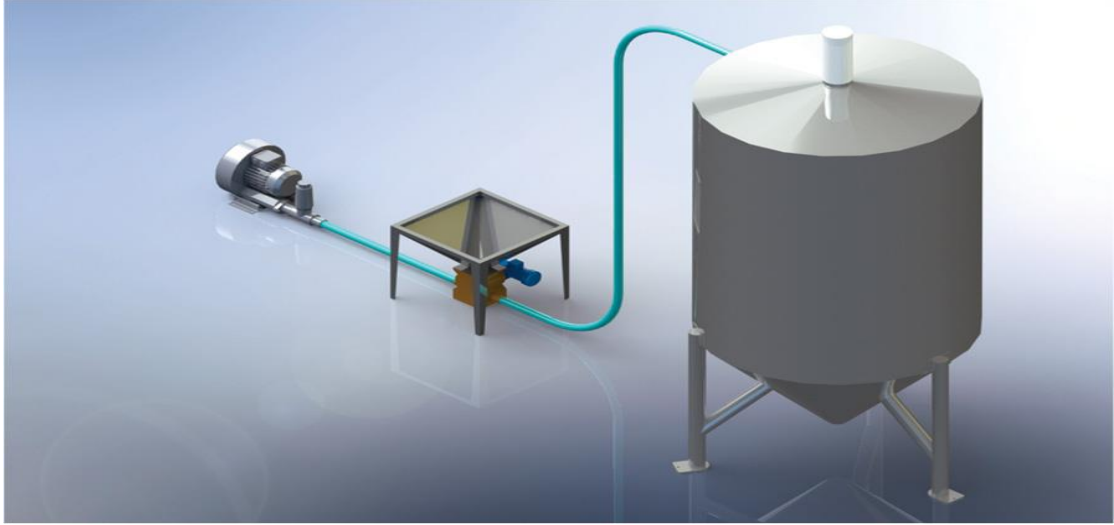
1.5 Pnömatik İletim Tesisinin İşleyişi ve Temel Bileşenleri

1.5.1 Pnömatik iletim sisteminin işleyişi

Pnömatik iletim sistemlerinde bilindiği gibi taşıyıcı gaz olarak hava kullanılır. Basınçlı pnömatik sistemlerde basınç kaynağı kompresör havanın basıncını ve hızını artırarak boruya gönderir. Boru içerisinde hareket eden havanın içine besleyici ile materyal verilir. Hava materyali boru içerisinde istenilen noktaya iletir ve materyal ayırıcı yani siklon yardımıyla hedef noktada havadan ayrılır. Materyal siklonun altında toplanarak hava kilidi yardımıyla dışarı alınır. Hava ise bir boru aracılığıyla aspiratör tarafından emilerek filtrelerle gönderilir. Hava filtrelerde içindeki toz ve küçük parçacıkları bırakarak dışarı çıkartılarak atmosfere verilir (Şekil 1.9).

Negatif basınçlı yani vakumlu tip pnömatik sistemlerde sistemdeki hava aspiratörle emilerek düşük basınç oluşturulur. Materyal içine daldırılmış boru ucundan emilen materyal boşaltma yerindeki ayırıcıyla havadan ayrılır.

Karma tip (pozitif+negatif basınçlı) pnömatik sistemlerde basınç ve vakum birlikte kullanılır. Önce materyal emilerek daha sonrada basılarak iletim gerçekleştirilir.



Şekil 1.9 Pozitif basınçlı pnömatik iletim tesisi (Anonim 2017a)

1.5.2 Pnömatik iletim sisteminin bileşenleri

1.5.2.1 Hava hareketlendiriciler

Pnömatik/havalı iletim tesisinde materyal iletimi; iletici/taşıyıcı olarak kullanılacak havanın enerji yüklenerek hareketlendirilmesi ve iletilecek materyalin hareketlendirilmiş havaya karıştırılması ile oluşturulur. Havanın basıncını ve hızını artırarak enerji veren elemana hava hareketlendirici denir.

Hava hareketlendiricileri; üfleçler/üfleyiciler (fan, vantilatör, blower) ve kompresörler (sıkıştırıcılar) olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Üfleçler düşük basınçta yüksek hava debileri verebilirken, kompresörler (sıkıştırıcılar) düşük hava debilerinde yüksek basınç verirler. Hava hareketlendiricilerinin genel sınıflandırması aşağıdaki gibi verilebilir (Güner 2006).

1. Üfleçler /üfleyiciler (fan, vantilatör, blower)

1.1 Eksenel üfleçler

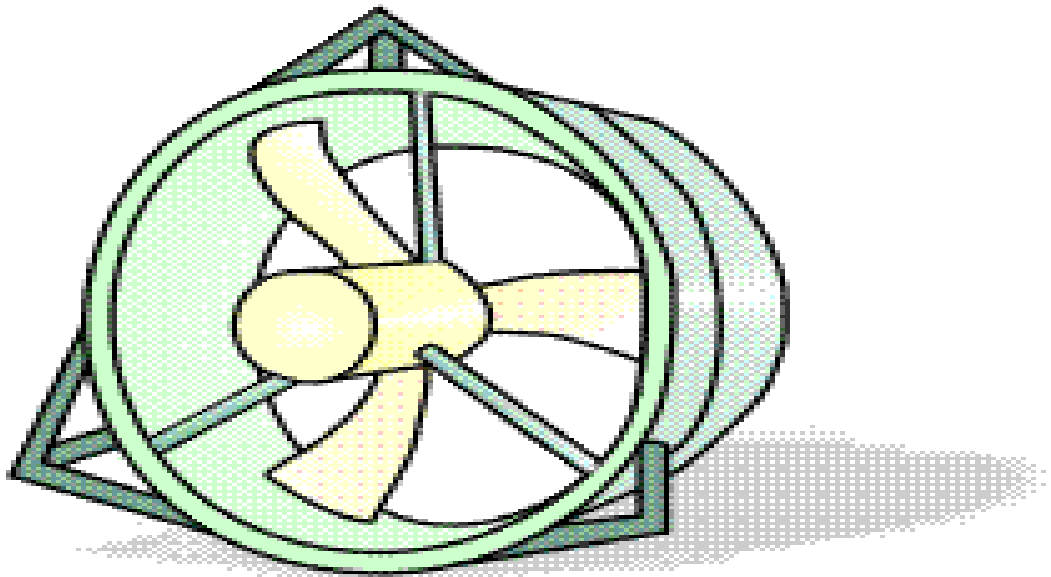
1.2 Radyal (merkezkaç) üfleçler

- 2. Kompresörler (sıkıştırıcılar)
 - 2.1 Doğrusal hareketli (pistonlu) kompresörler
 - 2.2 Döner hareketli kompresörler

1.5.2.2 Üfleyiciler/Çarklı üfleyiciler

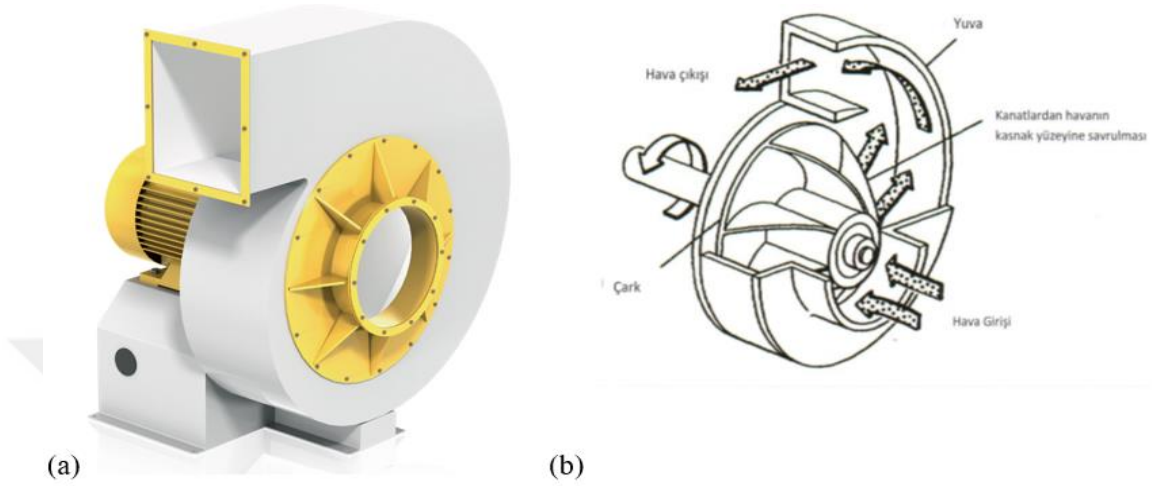
Üfleyiciler (blower); sabit bir yuva içerisinde bir mil üzerinde dönen kanat ya da çarktan meydana gelir. İş elemanı olan kanatlarıyla/çarklarıyla havayı harekete geçirerek ona hız enerjisi kazandırır. Çarklı (turbo) makinalar da denir. Düşük basınç gerektiren ve tozlu çalışma ortamlarındaki uygulamalardaki kullanıma elverişlidir. İki ana tipi vardır: eksenel ve merkezkaç (radyal) üfleyiciler.

Eksenel üfleyicilerin (fanlar); yataklandırıldığı bir mil ekseninde dönen kanatları vardır. Havayı emerek ve basarak enerji kazandırır. Çekmek suretiyle kinetik (hareket) enerji kazandırdığı havaya itme kuvveti de ekleyerek mil ekseninde doğrultusunda havanın basınç enerjisini artırır (Şekil 1.10). Yüksek debi (10.000 – 150.000 m³/h) ve düşük basınç (0 – 500 Pa) gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Bu çeşit fanların kullanım alanlarını; güç santralleri, soğutma kuleleri, toz ve gaz tahliye gerektiren uygulama alanları oluşturmaktadır.



Şekil 1.10 Pnömatik iletim maksatlı kullanılan tipte bir eksenel fan (Anonymous 2017b)

Radyal ya da merkezkaç üfleyicilerde hava merkezden emilir ve 90 derece yön değiştirerek çevreye basılır. Emme tek taraftan yapılabileceği gibi çift taraftan da yapılabilir (Şekil 1.11).

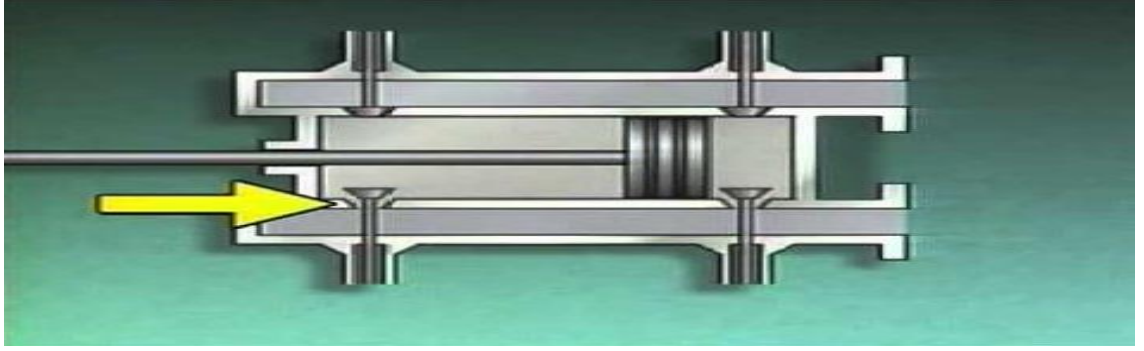


Şekil 1.11 Merkezkaç (radyal) üfleyicinin genel ve yapısal kesit görünüşü ((a) Anonim 2017b, (b) Anonymous 2017c)

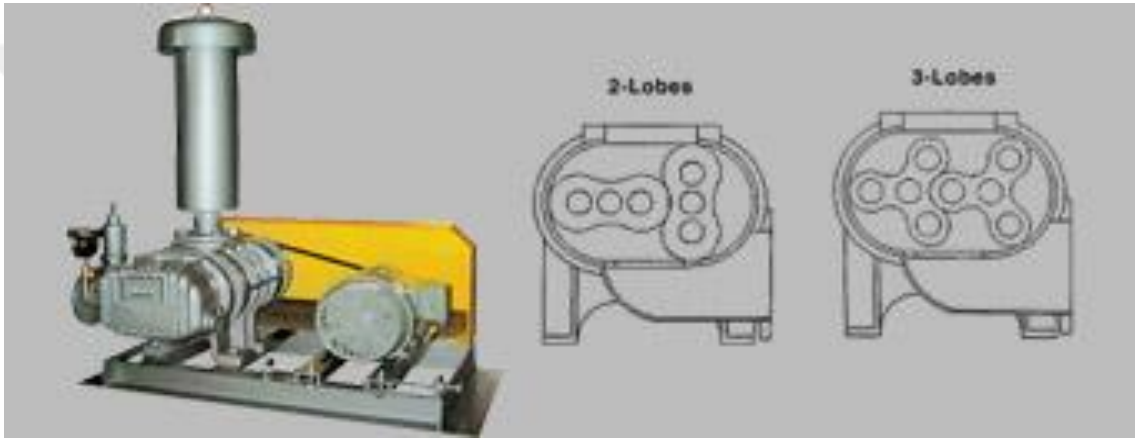
1.5.2.3 Kompresörler

Bu sınıftaki hava hareketlendiriciler de iki ana başlık altında toparlanabilmektedir: doğrusal hareketli iş elemanlı (pistonlu) kompresörler ve döner iş elemanlı (rotary) kompresörler.

Pistonlu kompresörlerde çalışma; kapalı sızdırmaz bir hazne içerisine alınan havanın doğrusal hareket eden bir piston vasıtasıyla, bu haznenin içerisinde hacimce küçültülerek sıkıştırılması ilkesine dayanır (Şekil 1.12). Döner elemanlı kompresörlerde döner elemanlar tarafından bir uçtan emilen akışkan döner eleman tarafından diğer uçtan basıncı artırılarak sisteme basılır. Bunlar da kendi içinde roots (loblu) ve vidalı iş elemanlı olarak iki ana alt başlıkta toplanmaktadır(Şekil 1.13 ve 1.14).



Şekil 1.12 Çift yönlü pistonlu tip bir kompresör enine kesit görüntüsü (Anonymous 2017d)



Şekil 1.13 Pnömatik iletimde hava hareketlendirici olarak kullanılan döner elemanlı kompresörlerden 2 ve 3 loblu roots kompresörler (Anonymous 2017e)



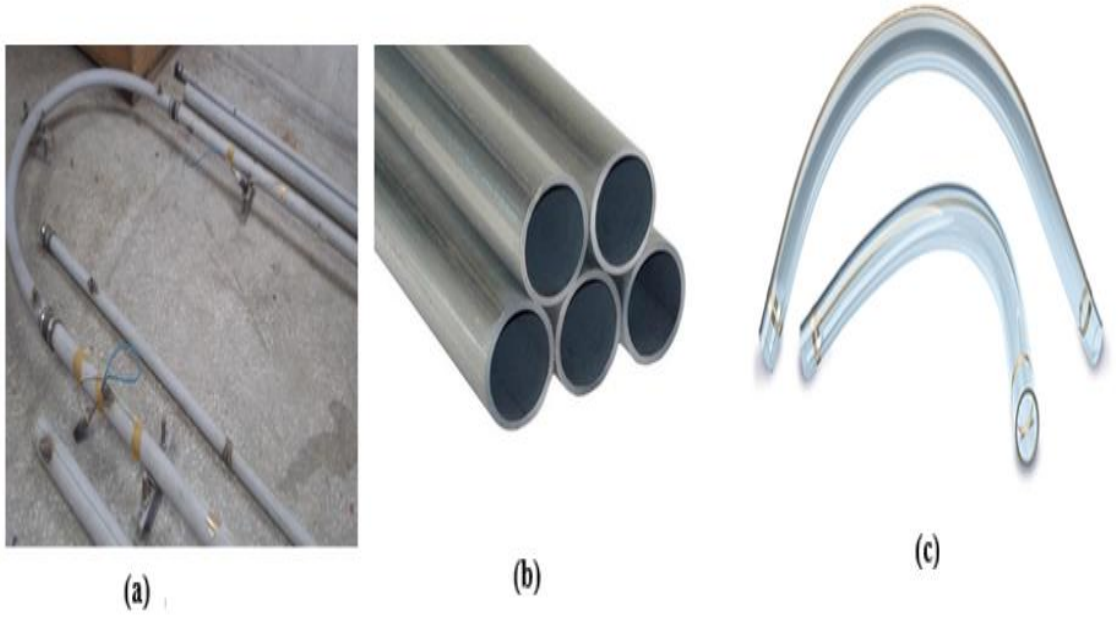
Şekil 1.14 Döner elemanlı kompresörlerden vidalı kompresör (Anonymous 2017f)

1.5.2.4 İletim hattı

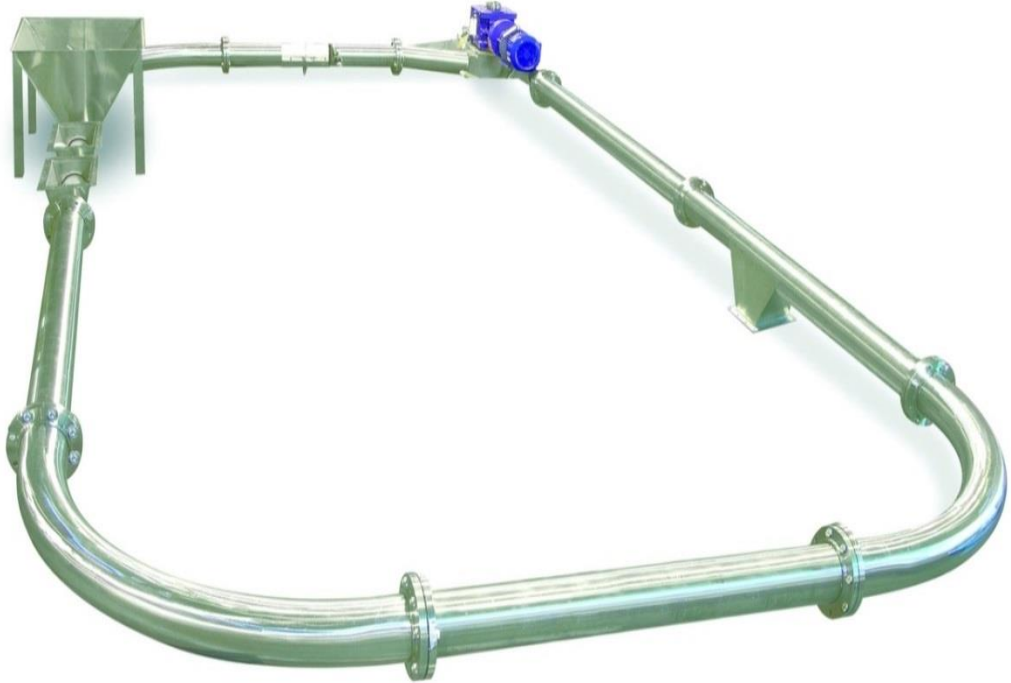
Materyallerin bir yerden istenilen yere yönlendirilerek iletilmesi için pnömatik iletim tesisinde gerekli donatılardan biri de iletim hattıdır. İletim hattında en az hasarla ve enerji kaybıyla materyal iletimi yapacak çelik boru, U-boru, deveboynu, dirsek, toz iletim borusu, diğer borular ve bağlantı elemanları iletim hattını oluşturur. Ana iletim hattı üzerinde materyalin hareketini gözlemlemek amacıyla önceden belirlenen uygun yerlere adaptörler ile şeffaf borular yerleştirilir. Ana iletim hattı üzerinde gerçek zamanlı basınç değerlerini alabilmek için gerekli yerlere basınç sensörleri ve transmitterleri monte edilir.

Pnömatik iletim sistemlerinde iletim hattı boru ve elemanları ile malzemelerinin seçiminde malzemenin cinsi ve özellikleri, iletim mesafesi ile işletme kısıtları (iletim hızı, mesafesi, izin verilen basınç düşümü, iletilecek hava ve malzeme miktarı, sıcaklık, nem, ışık, toz v.b.) etkili olmaktadır.

Pnömatik ileticilerde kullanılacak borular ve çapları ISO/DIN standardında belirlenmiştir. Genelde St 37 malzemedan üretilmiş dikişsiz borular kullanılır. İletilecek materyalin yapısına göre kullanılabilecek borular; paslanmaz çelik (gıda), alüminyum alaşımlı hafif metal (tozsuz plastik malzeme iletimi), plastik hortum veya borosilikat cam borular şeklinde olabilmektedir (Şekil 1.15). Pnömatik iletimde kullanılacak hortumlar; iletim borusu basma ve emme basıncına dayanıklı, kesitçe değişmezlik ve dalgalanmama, kıvrım yerlerinde düşük yarıçap oluşturmama ve gereğinden fazla statik elektrik yüklenmeme özelliklerine sahip olmalıdır. Hortumları üç tipte incelemek de mümkündür; çelik spiral hortumlar, plastik spiral hortumlar ve lastik spiral hortumlar. Şekil.1.16' da pnömatik sistemlerde karşılaşılabilecek iletim boru hattı tesisi uygulama örneği verilmektedir.



Şekil 1.15 Pnömatik iletimde iletim hattında kullanılan boru örnekleri: (a) St 37 çelik boru, (b) galvanize çelik boru (Anonymous 2017g), (c) borosilikat cam boru (Anonymous 2017h)



Şekil 1.16 Bir pnömatik iletim sisteminde boru tesisat uygulama örneği (Anonymous 2017ı)

1.5.2.5 Besleyiciler

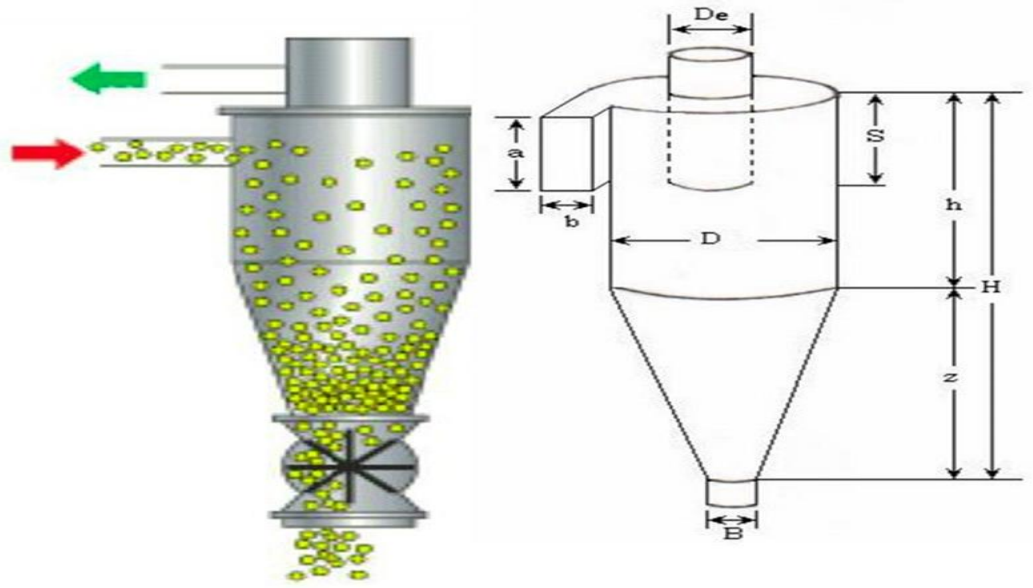
Besleyiciler, pnömatrik iletim sistemlerinde iletilecek materyali bulunduğu yerden ya da depodan alarak iletim hattına veren elemanlardır. Aynı zamanda iletim hattında materyal – hava karışım oranını belirlemek için materyalin debisini ayarlarlar. Besleyici iletim hattındaki kapalı dolaşımı etkilememeli ve basınçlı havanın borudan depoya ulaşmasını engelleyebilecek şekilde sızdırmaz olmalıdır. Günümüzde kullanılan besleyici tipleri (Güner 2006):

- a) Hücreli besleyici
- b) Vidalı besleyici
- c) Venturi tipi besleyici
- d) Akış yastıklı besleyici
- e) Kolon besleyicidir.

1.5.2.6 Siklon

İletilen materyalin hafif taneciklerinden ve havadan ayrıldığı ünitedir (Şekil 1.17). Materyal hava karışımı siklona teğetsel girer. Materyal, merkezkaç kuvvetin ve yer çekiminin etkisi ile silindirik yapı içinde tabana doğru spiral hareket yapar. Materyal hızını kaybettikten sonra tabanda birikir. Hava ise siklonun üst kısmından dışarı atılır. Siklon içinde materyalin havadan ayrılma işleminin iyi olması için merkezkaç kuvvetinin hava direnç kuvvetinden yeterince büyük olması gerekir. Merkezkaç kuvveti, yarıçapla ters orantılı olduğundan çapı küçük siklonlarda merkezkaç kuvveti büyük olur.

Siklonların temel biçim ve işlevlerinde günümüze kadar uzanan 100 yılı geçkin süre içerisinde çok fazla bir değişim olmamıştır. Siklonların tasarım mimarileri; silindirik kazan çapına göre kazan ve koni kısımlarının uzunluğuna bağlı olarak tanımlanmaktadır (Funk ve Baker 2013).



Şekil 1.17 Pnömatik iletim sistemindeki siklon düzeneği ve temel imalat tasarım büyüklükleri (Anonim 2017c)

Tarımsal kullanımlarda 2D2D veya 1D3D siklon tasarım mimarileri yaygın olarak tercih edilmektedir. Burada “D” sembolü; siklon kazan/hazne çapını göstermekte olup ilk iki hane; siklon hazne gövdesi uzunluğunu (2 veya 1 x hazne çapı), ikinci iki hane ise siklon konik kısım uzunluğunu (2 veya 3 x hazne çapı) vermektedir (Anonymous 2017j) (http://web.nmsu.edu/~dwdubois/22_lecture_CEE452.pdf).

Siklonlar genellikle 20 m/s’den küçük, ortalama 15 m/s hava hızları için tasarlanırlar. Koni yüksekliği siklon çapının 1.6 ila 3 katı büyüklüğünde seçilebilir (Akkoç ve Arun 1997). Siklonlar 1000 – 1100 °C gibi yüksek çalışma ortam sıcaklıklarına kadar güvenle kullanılabilir. Genellikle karbon çelik malzemelerden imal edilirler ve yüksek ısıya dayanacak şekilde ateş tuğlasıyla kaplanarak kullanılabilirler. 500 ile 20.000 m³/h debiye sahip siklonlar vardır. Temel olarak %90 – 98 oranında 10 µm ve daha büyük çaplı parçacıkların ayırımını yapabilecek işlevsellik sağlar. Bununla birlikte daha ufak parçacıkların ayırımında ve yüksek çalışma sıcaklıklarında etkinlikleri ciddi düzeylerde gerilemektedir (NREL 2006).

Siklonun içerisine giriş yapan havanın hızı; konik kısmında düşmeye geçer ve konik kısmın dibinde sıfıra iner. Siklonun eksenini doğrultusunda giriş ağzından başlayarak yukarıdan aşağıya doğru şekilde de azalış gösterir.

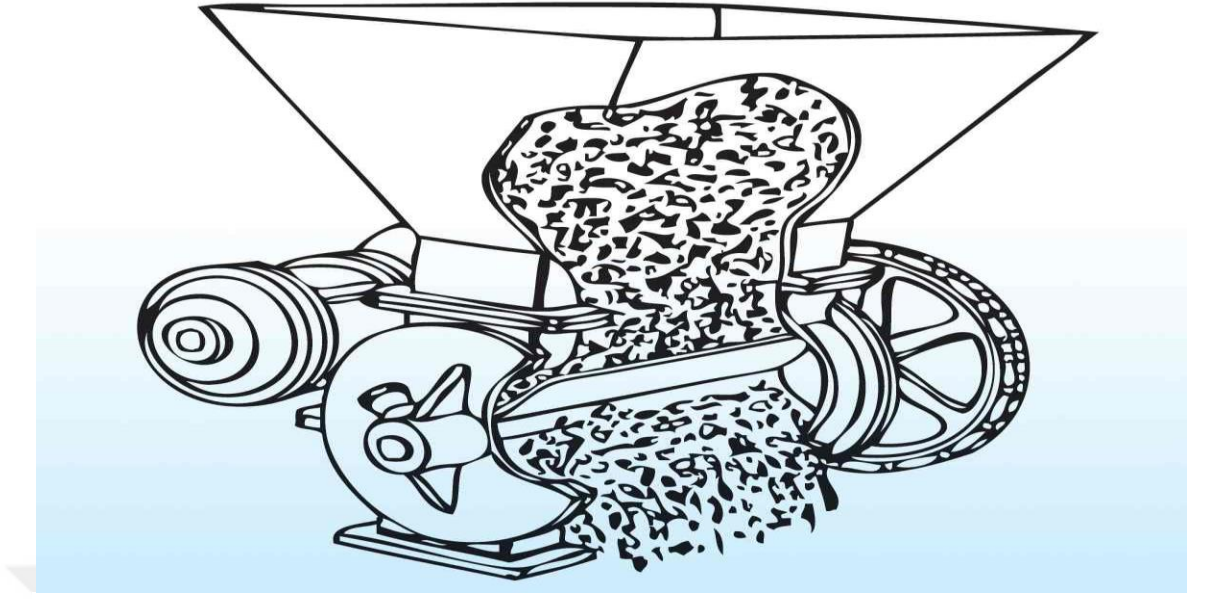
Siklonların sağladığı başlıca faydalar: düşük kurulum ve bakım maliyeti ile yüksek sıcaklıklarda çalıştırılabilme olanağıdır. Düşük ayırma etkinlikleri (özellikle 5 μm ' den küçük parçacıklar durumunda), büyük ölçekli basınç düşümlerine karşı yüksek güç gerektirmeleri, yüksek işletme giderleri, yapışkan ve nemli materyallerin işlenememesi siklonların sakıncalı yönlerini oluşturmaktadır (Anonymous 2017k).

Siklonun kesit alanı borunun kesit alanından 50–150 kat büyük olabilir ve siklonun içindeki hava hızı 0.2 – 0.8 m/s arasında değişir (Duman 2008).

1.5.2.7 Hava kilidi

Hücreli besleyiciye benzer yapıdadır (Şekil 1.18 ve 1.19). Pnömatik iletim sistemlerinin ana bileşenlerinden biridir. Siklonun altına yerleştirilir ve havadan ayrılmış materyalin iletiminin devamını sağlar. Hava kilidinin en büyük özelliği materyalin aktarılacağı bölüme taşıyıcı havanın geçişine izin vermemesi ve materyalin taşıyıcı havayla ilişkisini kesmesidir. Çarkın devri, tahrik eden motorun devrinin değiştirilmesi ile kontrol edilebilir.

Hava kilidi, pnömatik iletim sistemi içerisinde emme, basma veya yer çekimi gibi çeşitli kuvvetlerin etkisi altında bulunan malzemelerin çekileceği ve boşaltılacağı yerler arasında hava girişinin engellenmesi amacıyla kullanılır. Hava kilidi materyalin düzgün ve kararlı akışına yardımcı olur. Uygulama alanlarındaki işlevleri ve çeşitleri bakımlarından hücre tekeri, döner çarklı yedirici, yıldız besleyici, döner vana veya rotary valf ya da eklüs olarak da adlandırılır. Hava kilitleri; çeşitli granül, dane veya toz halindeki malzemenin silo, hazneler, siklon, çırpıcı ve filtre gibi iletim sistemi kısımlardan akışını denetler.



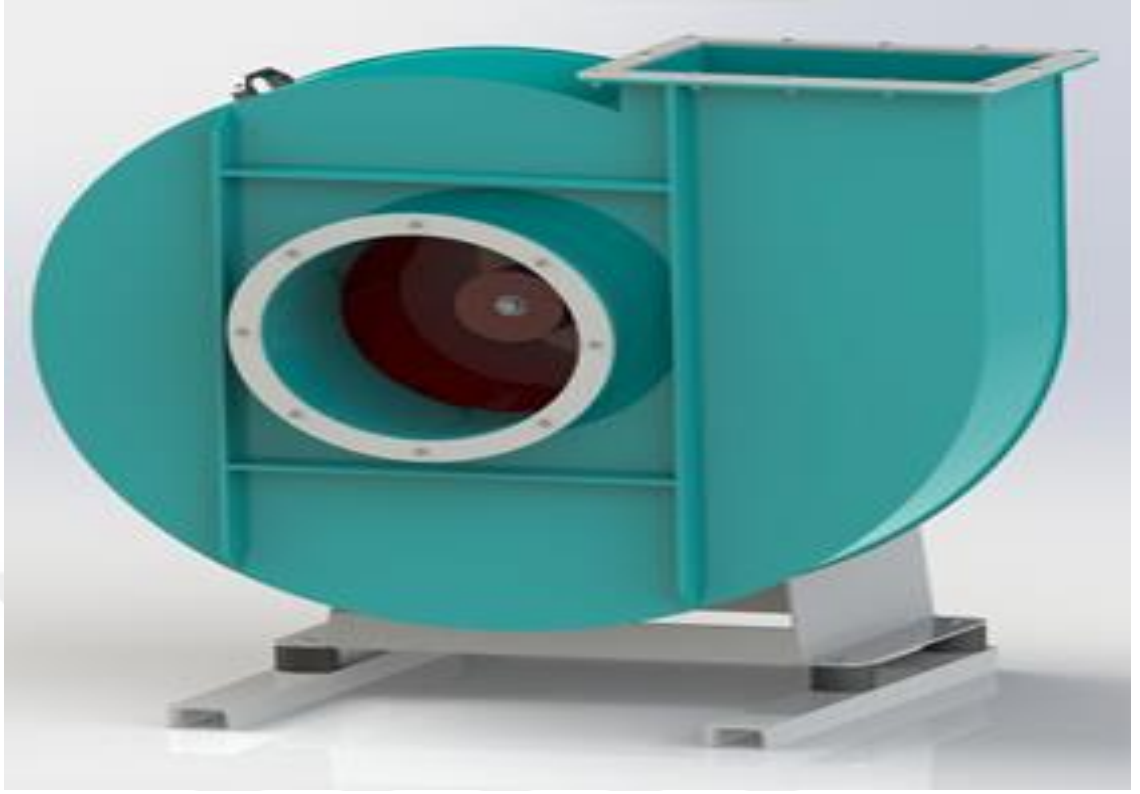
Şekil 1.18 Bir hava kilidi uygulaması şematik gösterimi (Anonim 2014a)



Şekil 1.19 Parçalarına ayrılmış bir hava kilidi örneği (Anonymous 2017l)

1.5.2.8 Aspiratör

Aspiratör, siklondan ayrılan havanın emilerek filtreye iletilmesini sağlar. İşlev ve kullanım yerlerine göre aspiratörler radyal/merkezkaç ve eksenel olmak üzere iki temel tipe ayrılabilir (Şekil 1.20 ve 1.21).



Şekil 1.20 Pnömatik sistemlerde kullanılan radyal salyangoz tip bir aspiratör (Anonim 2017d)



Şekil 1.21 Eksenel tip bir aspiratör (Anonim 2017e)

Oluşturulacak basınç sınıflarına göre ise düşük, orta ve yüksek basınçlı aspiratörler olarak da alt başlıklarda retilenmektedirler.

Bunun dışında yapılış biçimlerine göre de salyangoz ve dikdörtgen aspiratörler de bulunmaktadır (şekil 1.20 ve 1.22).



şekil 1.22 Radyal dikdörtgen tip bir aspiratör (Anonim 2017f)

1.5.2.9 Filtre

Filtrede hava içindeki toz ve yabancı maddeler arındırılır. Filtre; havayı temizledikten sonra atmosfere verir (şekil 1.23). Günümüzde basınçlı hava ile temizlenebilen ve çok kullanımlı torba, paket ve yüzeyi pliseli filtre elemanları kullanılmaktadır (Güner 2006). Filtre geçirgenliği iletilen materyalin özelliklerine göre değişmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1.23 Torbalı tip toz filtre uygulaması örnekleri (a) (Anonim 2014b), (b) (Anonim 2016)

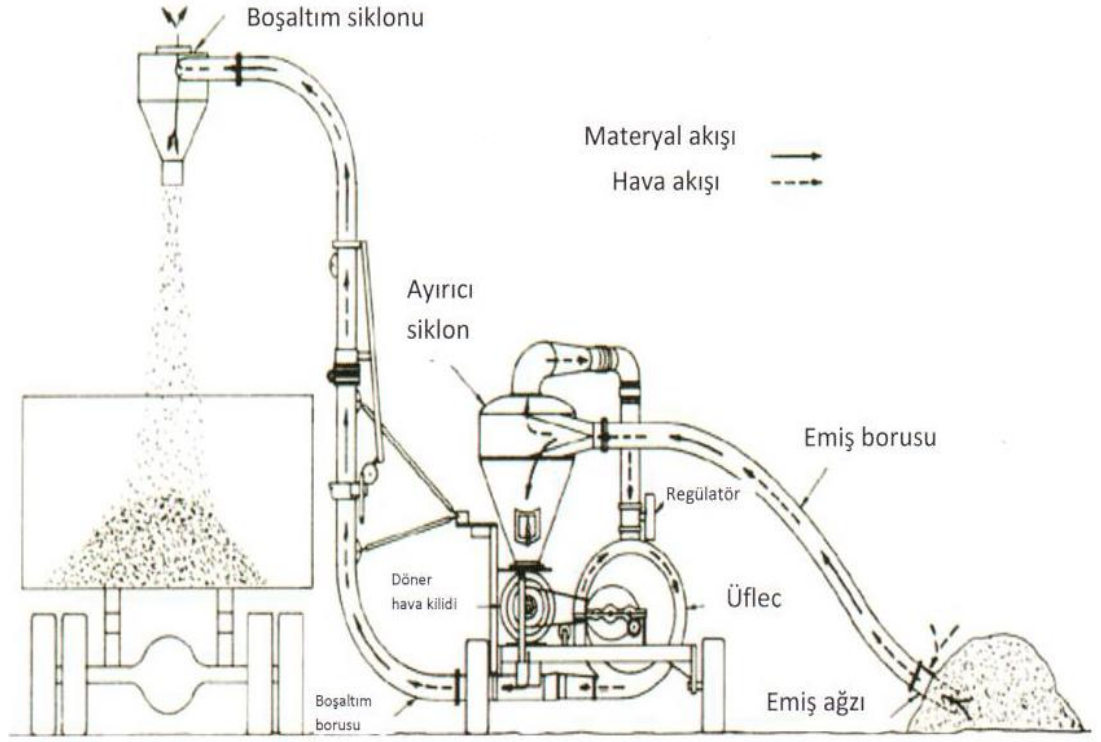
2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde tezin hazırlanmasında yararlanılan, bu teze konuca ve metodolojik benzerlik gösteren çalışmalar özetlenmiştir.

Culgan (1952) tarafından yapılan “Pneumatic conveying of materials of unit density in a three-inch pipe” isimli doktora çalışmasında, taneli materyallerin pnömatik iletimlerinde büyük oranda ampirik temele dayanan tasarımın yetersiz olacağı sonucuna varmıştır. Bu sonuçtan hareketle, pnömatik ileticilerin tasarımında çeşitli faktörlerin önemini ve etkilerini ortaya koymuş, pnömatik iletimin genel problemini incelemeye almış ve pnömatik iletimde sürtünme kayıplarının belirlenmesinde kullanılacak basit bir eşitlik geliştirmeye çalışmıştır. Çalışmada, katı tane materyallerin gerçek hızları, yüksek hızlı hareket yakalama kamerasından yararlanan bir teknik vasıtasıyla ölçülmüştür.

Davison vd. (1974), herhangi bir dış yüke maruziyet halinde kanola/kolzanın mekanik davranışları hakkında çok az bir bilginin olması ve bu bilginin kanola öğütme ve kırma makinalarının tasarımında, bilhassa da öğütücü tambur yüzeylerinin seçiminde gerekli olduğunu belirtmiştir.

Atkins ve Wiens (1982) tarafından yürütülen performans değerlendirme çalışmasında üçü santrifüj ve ikisi de pozitif yer değiştirmeli üfleçli 5 farklı pnömatik iletili kullanılmıştır. Bu ileticinin genel görünüşü Şekil 2.1 de verilmiştir. Bu iletili kullanılarak kanolanın da aralarında olduğu dört farklı tahıl çeşidinin iletili yapılmıştır.



Şekil 2.1 Hava ve materyal akışının gösterildiği pnömatrik ileticinin şematik gösterimi (Atkins ve Wiens 1982)

Çalışmada pnömatrik ileticilerde aşağıdaki kayıpların meydana geleceği ifade edilmiştir.

1. Emme ağızına girişte hava sürtünme kayıpları,
2. Boru uzunluğuna, çapına, tipine ve boru ağı içerisindeki dirseklere bağlı gelişen boru içi hava sürtünme kayıpları.
3. Hava/materyal kütlelerinin enerjisini gevşeterek havadan materyali ayırma işlevi gören siklon haznelerindeki hava sürtünme kayıpları.
4. Sistem içerisinde kaldırma kuvveti farkları etkisiyle yaratılan düşey hava sütununun varlığını sürdürme kayıpları.
5. Materyalin hız kazanmasına bağlı kayıplar,
6. Sistem içerisinde kaldırma kuvveti farkları dolayısıyla oluşan materyal kaldırma kayıpları,
7. Yatay borularda ve dirseklerde ilerleyen materyal nedeniyle oluşan sürtünme kayıpları.

Çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır. (a) Sistem içerisinde tahılın/materyalin etkin hareketi havanın hızına bağlıdır. (b) Gerek duyulan hava hızı iletilen materyalin yığın yoğunluğuna (bulk density) geniş çapta bağlı olan bir değerdir. (c) 20-30 ms⁻¹'lik hızlar, genellikle tavsiye edilen iletim havası hızlarını oluşturmaktadır. (d) İletim hava hızları aynı zamanda materyal akış oranı ve iletim hattı boru çaplarının da belirleyenleridir. (e) Hava hızı ayrıca iletim boruları sistemi içerisindeki materyal akış deseninin de tipini belirleyen parametreyi oluşturmaktadır.

İletilen materyal cinsinin önemi olmaksızın, pozitif yer değiştirmeli üfleç kullanılan pnömatik ileticilerde maksimum iletim oranlarının; santrifüj üfleçle donatılmış konveyörlerinkilerden neredeyse tam iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Çalışma; boru çapının artmasıyla materyal iletim oranlarının (t/h) arttığını göstermiştir.

Çalışır vd. (2005), “Physical Properties of Rapeseed (*Brassica napus Oleifera* L.)” başlıklı çalışmada; kanola tohumu danelerinin bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üç farklı nem (% 4.70, % 13.45 ve % 23.96) içeriklerinde danelerin boyutları (uzunluk ve çap olarak), geometrik ortalama çapı, küresellik, 1000 dane ağırlığı, yığın yoğunluğu, terminal hız, projeksiyon alanı ve porozite gibi fiziksel özelliklerinin ölçümleri yapılmıştır.

Jahromi vd. (2007), “Bazı Fiziksel Niteliklerinden Hareketle Bergamot Meyvesinin(*Citrus medica*) Kütle ve Yüzey Alan Modellemesi” başlıklı çalışmalarında doğrusal modelleme yardımıyla farklı fiziksel karakteristiklerini kullanarak bergamot meyvesinin kütle ve yüzey alanlarının tahminlenmesini yapmışlardır. Çalışma kapsamında; bergamot meyvesinin boyutsal karakteristiklerinin tekli veya çoklu değişkenli regresyonları, iz düşüm alanlarının tekli veya çoklu değişkenli regresyonları, bergamotun kabul edilen (varsayılan) biçimleri (oblate spheroid ve ellipsoid) ile ölçülen (gerçek) hacimlerine dayalı kütle ve yüzey alanlarının tekli veya çoklu regresyonu ve bergamotun kütleyle dayalı yüzey alanının tekli regresyonu şeklinde doğrusal modelleme tahminlenmesine gidilmiştir. Bu çalışmayla kütle modellemesinin ilk grubunda uzunluk ve genişlik değerlerine dayalı belirlilik katsayısı değerleri $R^2=0.87$ ve

$R^2=0.88$ şeklinde olmuştur. Diğer tüm modellemelerde ise $R^2=0.90$ ’ dan daha yüksek olarak bulunmuştur.

Bu çalışmanın yürütülmesinde bergamotun doğrusal boyutları olan uzunluk, genişlik ve kalınlıkları ile izdüşüm(projeksiyon) alanları ileri görüntü işleme ve değerlendirme yöntem ve araçlarıyla ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu doğrusal boyutları ölçümlemek üzere WinArea_UT_06 sistemi kullanılmıştır. Kamera ile yakalanan görüntüler analogtan sayısala (dijitale) dönüştürücü olarak işlev gören bir bilgisayar kartına aktarılmıştır. Görüntüler(imajlar) bu işlemleri takiben oluşturulmuş olan bilgisayar yazılımı kullanılarak işlenmiş ve kullanıcının istediği ihtiyaç duyulan değerler belirlenmiştir.

Razavi vd. (2009), “Moisture Dependent Physical Properties of Canola Seeds)” adıyla verilen çalışmalarında sahip oldukları nem içerikleri % 5.27’ den % 23.69 (y.b.)’ a kadar değişkenlik gösteren İran’ da geliştirilmiş dört farklı kanola çeşidini materyal olarak kullanmışlardır. Çalışmaya göre, ortalama tohum dane uzunlukları ve 1000 dane ağırlıkları sırasıyla 1.925 ile 2.262 mm ve 3.06 ile 4.84 g arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama çap, geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri ise doğrusal olmayan bir düzende 1.475 ile 1.911 mm, 1.625 ile 2.02 mm ve 0.82 ile 0.93 aralığında sırasıyla değişkenlik göstermiştir. Azami ve asgari yığın hacim ağırlıkları (bulk density) 738.8 ile 666.06 kg m⁻³ şeklinde ölçülmüştür. Dolum ve boşaltmada doğal yığılma açısı (repose angles) yayılımları ise sırasıyla 23.37°-28.54°(SLM çeşidi) ve 25.48°-28.68°(Hyola çeşidi) şeklinde belirlenmiştir.

İzli vd. (2009) tarafından “Physical and Mechanical Properties of Rapeseed At Different Moisture Content” başlığı altında yapılan çalışmada; nem içerikleri % 8.3 ile %25.9, % 7.7 ile % 27.4 ve % 7.3 ile % 26.4 kuru baz esasına göre değişen üç yaygın kanola çeşidinin (Capitol, Jetnuf ve Samurai) fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Beyaz vd.(2009) tarafından yürütülen çalışmada olgunluk indeksi olarak ürünün boyutu alınmış ve optimum hasat zamanlarının belirlenmesinde ürünün boyutundan

yararlanılması araştırılmıştır. Bu amaçla bu çalışmada bilgisayar destekli görüntü analiz yöntemi, yeknesak bir biçim göstermeyen Kahramanmaraş kırmızıbiberi üzerinde sınanmıştır.

Riyahi vd. (2011), “Some Physical Characteristics of Pomegranate, Seeds And Arils” başlığı altında yürüttükleri çalışmada narın tohum ve çekirdeklerinin fiziksel özelliklerini incelemeye almışlardır. İncelenen özellikler sırasıyla uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, kriter proje alanı ve poroziteden oluşmuştur.

Wypych (2011), “Modes of pneumatic conveying: which one is best?” başlıklı makalesinde, toz ve tanecik yapılı yığın materyallerin 100 yıldan fazla bir süredir pnömatik şekilde iletimlerinin uygulamada yer bulduğunu belirtmiştir. Ayrıca son dönemlerde yığın materyallerin farklı davranışsal vasıflarından yararlanmaya dayalı farklı yoğun-fazlı pnömatik iletim tarzları geliştirildiğini kaydetmiştir. Bu farklı yoğun-fazlı pnömatik iletim türlerinin, aynı zamanda sistem güvenliği ve güvenilirliği, ürün kalite denetimi ve enerji kullanım etkinliği gibi sanayide giderek artan şekilde talep edilen gereksinimleri karşılamak üzere de geliştirildiğini ifade etmiştir. Makalede seyreltik-fazlı (havalandırılmış) pnömatik iletim türleri ile yoğun-fazlı olanları çeşitli yönleri ile karşılaştırarak değerlendirmiştir. Özellikle hangi tarz bir iletim sisteminin belirli bir materyale ve uygulamaya en uygun olacağına karar vermekle karşı karşıya kalan işe yeni başlayan son-kullanıcılar, mühendisler, bu tür tesis tasarımcıları ve danışmanlar için karar vermenin zorluğuna vurgu yapmıştır.

Wiacek ve Molenda (2011) tarafından ele alınan deneysel ve analitik bir modelleme çalışması niteliğindeki “Moisture-Dependent Physical Properties of Rapeseed – Experimental and DEM (Discrete Element Model) Modelling” başlığı taşıyan uygulamalı araştırmada danelerin fiziksel özellikleri üzerine kanola tohumunun nem içerik düzeylerinin etkileri sorgulanmıştır. Denemeler; % 7.5, % 9 ve % 12 nem içeriklerine sahip kanola tohumu daneleri için yürütülmüş ve tanecik nem içerik düzeylerinin danelerin ve tohumun geometrik ve mekanik özelliklerinin her ikisini de etkilediği sonucuna varılmıştır.

Panasiewicz vd. (2012), “Influence of Moisture Content on Selected Physical Properties of Rapeseeds and the Processes of Cleaning and Separation” başlığı altında verilen araştırmada; kurutma süreçleri esnasında çeşitli zaman – sıcaklık kısıtı koşulları altında kanola tohumlarının fiziksel vasıflarının değişimlerinin saptanması amaçlamıştır. Araştırmada % 6 depolama nemli ve su ilavesi yoluyla % 17’ e arttırılmış nemli kana çeşidi kışlık kanola tohumu daneleri kullanılmıştır. Deneme numuneleri; 60°C, 80°C ve 100°C’ de 20 ve 40’ ar dakika süreyle sıcak hava akımıyla kurutulmuşlardır. Nem arttırma işleminde

$$Q = \frac{W_i(N_f - N_i)}{(100 - N_f)}$$

eşitliğine dayalı hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Shahbazi (2014), “Aerodynamic properties of Makhobeli, tritikale and wheat seeds” başlıklı bildirisinde yaş baz esaslı %7’ den %27’ e kadar değişen nem içeriklerinin bir fonksiyonu olarak makhobeli, tritikale ve buğday tohumlarının belirli aerodinamik özelliklerini değerlendirmeye almıştır. Sonuçlar göstermiştir ki; tritikale ve buğday tohumlarının terminal hızları doğrusal olarak 5.37 ms⁻¹, den 6.42 ms⁻¹, e ve 6.31 ms⁻¹,den 8.02 ms⁻¹,ye şeklinde değişmiştir. Nem içeriklerinde ise %7’ den %27’ ye artış olmuştur. Bu aynı nem içerikleri dağılımında, makhobeli tohumlarının terminal hızları 4.52 ms⁻¹, den 5.07 ms⁻¹, e şeklinde değerlerde polinomiyal ilişki göstererek değişmiştir. Makhobeli tohumları; tritikale ve buğday tohumlarının sahip olduğu ortalama terminal hız değerleri 5.89 ms⁻¹ ile 7.13 ms⁻¹, e kıyasla, farklı nem içeriklerinde, 4.73 ms⁻¹,lik ortalama bir değerde terminal hıza sahip olmuştur. Makhobeli tohumları için ortalama sürüklenme katsayısı; tritikale ve buğday tohumlarında 0.92 ve 0.85 şeklinde oluşan ortalama değerlere kıyasla, 1.12 değerinde bulunmuştur. Varyans analizi; makhobeli’ nin buğday ve tritikaleden aerodinamik ayırımının mümkün olduğunu gösteren, tritikale ve buğday tohumları ile makhobeli tohumlarının terminal hızları (%1’lik olasılık düzeyinde) ile sürüklenme katsayıları(%5’lik olasılık düzeyinde) arasında önemli farklar olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Dizajeyekan vd. (2015) tarafından yürütülen çalışmada; buğdayın pnömatik iletimi esnasında basınç düşümleri ile hız değişimlerinde besleme debisi akış oranı ile iletim borusu tiplerinin etkilerini değerlendirmek üzere bilgisayar hesaplamalı akışkan dinamikleri (Computational Fluid Dynamics-CFD) hesaplama yöntemini kullanmışlardır. Sayısal çözümler; spreadsheet ve ticari CFD kodlu Ansys Fluent 14.5 yazılımı kullanılarak yürütülmüştür. CFD simülasyonları; mükemmel bir şekilde, farklı boru tipleri ve besleme kütlesi akış oranları altında basınç düşümü ile hız alanını tahminlemiştir. Basınç düşümleri çelik borularda sırasıyla 4.33 kg/s, 5.77 kg/s ve 8.66 kg/s kütle akış oranlarında 2780 Pa, 3120 Pa ve 3360 Pa olarak tahminlenmiştir. Aynı şekilde, maksimum basınç düşümünün görüldüğü polietilen borularda; sırasıyla 2940 Pa, 3240 Pa ve 3390 Pa ile çelik borulardan daha yüksek basınç düşümleri meydana gelmiştir.

Öte yandan, son dönemlerde parçacık yapılı materyallerin doğrusal boyutları, izdüşüm alanları ve hacimleri gibi kimi özelliklerin; yakalanan gerçek zamanlı görüntülerinden tahribatsız şekilde tahminlenmesine elverişli geliştirilmiş bazı paket yazılımlar ve matematiksel programlardan yararlanılmaya başlanmıştır. Bu araçlardan bir tanesi de NIH (National Institutes of Health-US)' den ilham almış 350 dosya ve 120.000 kod satırından oluşan Java tabanlı açık kaynak çok geniş yelpazede görüntü formatındaki görüntüleri işleme ve analiz yeteneğine sahip program olan “ImageJ” sayısal görüntü işleme yazılımıdır (Ferreira ve Rasband 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Kanola

Bu araştırmada *Turan* eşidi kanola bitkisi tohumları kullanılmıştır (şekil 3.1, 3.2 ve 3.3). Materyaller; kanola üretiminin yoğun yapıldığı Trakya Bölgesinde yer alan Tekirdağ İli nder ifti Derneğinden temin edilmiştir. Denemeler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.



şekil 3.1 Denemede kullanılan *Turan* eşidi kanola



Şekil 3.2 Turan çeşidi 2014 hasat sezonu kanola taneleri (kavuzları+yabancı tohumlar)
(Tekirdağ yöresi, orijinal)



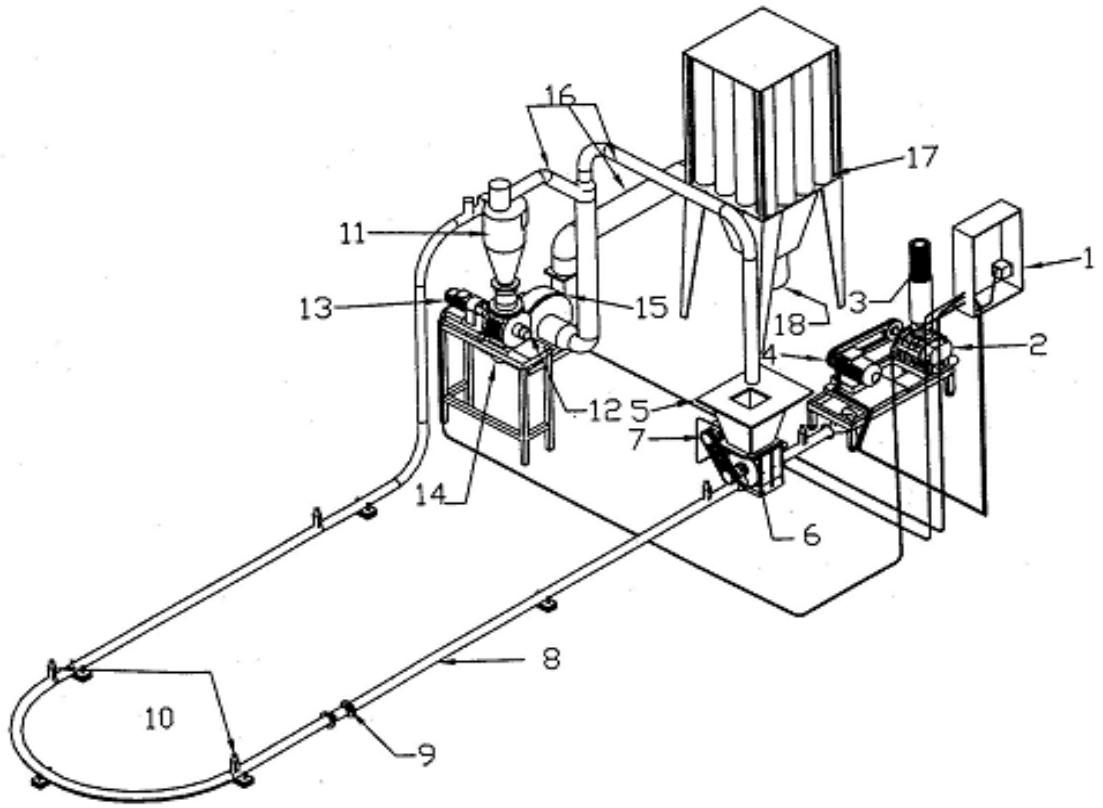
Şekil 3.3 Arındırılmış Turan çeşidi kanola tanelerinin buğday taneleriyle ölçekli mukayesesi (Tekirdağ yöresi, orijinal)

3.1.2 Pnömatik iletim tesisi

Denemeler; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'ndeki Güner (2006) tarafından TOGTAG 3258 numaralı TÜBİTAK projesi ile projelendirilerek imal edilen pozitif basınçlı pnömatik iletim tesisi kullanılarak yürütülmüştür.

Denemede kullanılan iletim tesisinde, materyal iletiminin gerçekleştirilmesi için gerekli basınçlı hava, iletim hattına roots tipi bir üfleyici(kompresör) tarafından sağlanmaktadır. Loblu üfleyiciler olarak da adlandırılan roots tipi üfleyiciler; bir iletim tesisi içerisinde, iletim akışkanını (havayı, gazı v.b.) sıkıştırmadan, istenilen sabit hacimli ve basınçlı iletim akışkanının oluşturulması ve iletilmesi işlevini gören düzeneklerdir. Hareketini bir asenkron AC elektrik motorundan alan üfleyici, emme kanalı girişine yerleştirilmiş emme filtresi üzerinden emdiği gaz akışkana basınç ve hız kazandırarak iletim hattına vermektedir.

Besleyicinin depodan alarak iletim hattına bıraktığı materyal basınçlı hava tarafından taşınmaktadır. İletim hattı boyunca taşınan hava-materyal karışımı hattın sonunda siklona ulaşmaktadır. Siklonda hava ve hafif yabancı maddelerden arınan materyal alt kısımda hava kilidi vasıtasıyla çuvallarda toplanmaktadır. Hafif yabancı maddeler ve içerisinde toz ve küçük tanecikler bulunan hava ise aspiratör ile emilip ikinci bir hat üzerinden torbalı filtreye iletilmektedir. Hava içerisindeki toz ve küçük taneler filtrede tutularak temiz hava ortama verilmektedir. Üfleyici, hücreli besleyici, aspiratör ve hava kilidi elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Üfleyici ve besleyiciyi tahrik eden elektrik motorunun hızı birer frekans inverter tarafından kontrol edilmektedir. Kompresörün devrini değiştirerek farklı hava debisi, besleyicinin devrini değiştirerek farklı materyal debisi elde edilebilmektedir (Şekil 3.4 ve 3.5).



Şekil 3.4 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisi şematize genel görünüşü (Güner 2006): 1. Kontrol birimi, 2. Roots tipi üfleyici, 3. Hava giriş filtresi, 4. Kompresör motoru, 5. Tane deposu, 6. Besleyici, 7. Besleyici motoru, 8. İletim borusu, 9. Saydam gözetleme borusu, 10. Basınç sensörleri ve transmitterleri, 11. Siklon, 12. Hava kilidi, 13. Hava kilidi motoru, 14. Tane çıkışı, 15. Aspiratör, 16. Toz boruları, 17. Torbalı filtre, 18. Taneden hafif yabancı madde boşaltım çıkışı.



Şekil 3.5 Denemede kullanılan iletim tesisinin denemeye ve ölçümlere hazırlanışı

3.1.3 Roots üfleyici

Sistemde kullanılan hava koşullandırıcı/hareketlendirici; LT-65 tipinde roots üfleyicidir (Şekil 3.6). Hareketini iki adet V kayış ve 1/1 oranlı kasnaklar vasıtasıyla elektrik motorundan almaktadır.



Şekil 3.6 Denemede kullanılan tesiste çalışan roots tipi bir üfleyici (blower)

Kompresörün kütlesi 120 kg ve GG20 dökümden imal edilmiştir. Kasnakların çapları eşit olup 176 mm'dir. Kasnak eksenleri arası mesafe 575 mm'dir (Güner 2006). Roots üfleyiciyi tahrik eden asenkron AC elektrik motorunun teknik özellikleri ve değerleri Çizelge 3.1' de belirtilmektedir. Roots üfleyicinin devir ve basınca bağlı debi ve güç değerleri Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Denemelerde kullanılan LT 65 tip roots üfleyiciyi tahrik eden asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Değeri
Marka:	GAMAK
Tip:	AGM 132 M4
Gücü:	7.5 kW
Gerilim:	3x380–415 V
Devir:	1430 min ⁻¹
Frekans:	50 Hz
Akım:	15.8 A
İzolasyon Sınıfı:	F
Koruma Sınıfı:	IP55
Montaj Pozisyonu:	B3
Verim Sınıfı:	EFF2
Çalışma Sınıfı:	S1
cosφ :	0.80

Çizelge 3. 2 Denemelerde kullanılan LT 65 tip roots üfleyici katalog değerleri (Güner 2006)

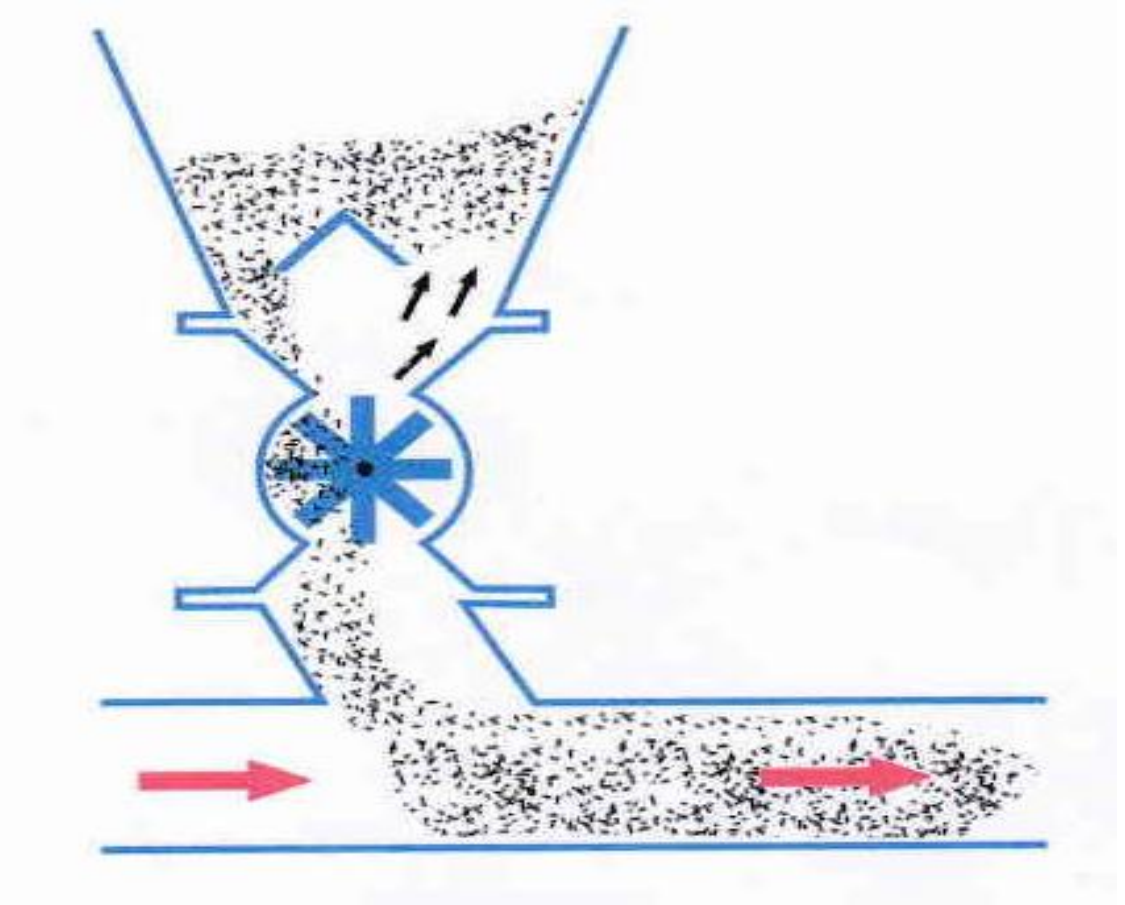
Basınç (mb)	Debi (m ³ .d ⁻¹) / Güç (kW)	Devir (min ⁻¹)				
		850	1150	1450	1750	2250
100	Q _k	2.07	3.10	4.13	5.17	6.89
	N _k	0.62	0.84	1.06	1.28	1.65
200	Q _k	1.89	2.93	3.96	5.00	6.72
	N _k	1.21	1.64	2.06	2.49	3.19
300	Q _k	1.71	2.74	3.77	4.81	6.53
	N _k	1.76	2.38	3.01	3.63	4.67
400	Q _k	1.55	2.58	3.62	4.65	6.37
	N _k	2.29	3.09	3.90	4.71	6.05
500	Q _k	1.14	2.45	3.48	4.51	6.23
	N _k	2.78	3.77	4.75	5.73	7.37
600	Q _k	1.29	2.33	3.36	4.39	6.11
	N _k	3.26	4.41	5.56	6.71	8.61
700	Q _k	1.19	2.22	3.26	4.29	6.01
	N _k	3.71	5.03	6.34	7.65	9.85
800	Q _k	1.09	2.12	3.15	4.19	5.91
	N _k	4.15	5.62	7.08	8.55	11.03

Q_k = kompresör debisi (m³/d);

N_k= kompresör mil gücü (kW)

3.1.4 Yedirici düzenek

Yedirici düzenek iletim hattında kompresörden sonra yer alır. Materyalin depodan alınıp kontrollü debi ile basınçlı havanın önüne verilmesini sağlar (Şekil 3.7). Depo, besleyici, besleyiciyi tahrik eden redüktörlü AC elektrik motoru ve motorun hız kontrolünü sağlayan vektör kontrollü frekans inverterden oluşmaktadır. Redüktörlü motordan alınan hareket 1/1 oranlı zincir dişli mekanizması ile besleyicinin miline iletilmektedir. Besleyici 12 adet çark kanadına sahiptir ve 320 mm x 320 mm ölçülerindedir (Şekil 3.7 ve 3.8). Fazla sayıda çark kanadına sahip olması depoya hava kaçışını önlemektedir. Yedirici düzendeki elektrik motoru, redüktör ve frekans inverterine ait katalog değerleri Çizelge 3.3, 3.4 ve 3.5’de verilmiştir (Güner 2006).



Şekil 3.7 Pnömatik iletim sistemlerinde kullanılan yıldız tip materyal besleyici (INOTEK 2014)



Şekil 3.8 Materyal besleyici

Çizelge 3. 3 Denemelerde yedirici düzeneği tahrik eden asenkron AC elektrik motorunun katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Asenkron AC Elektrik Motoru
Marka	GAMAK
Tip	AGM 80 /4b
Gücü	0.75 kW
Gerilim	220V/380V(Y)
Devir	1370 min ⁻¹
Frekans	50 Hz
Akım	2.1 A
İzolasyon Sınıfı	F
Koruma Sınıfı	IP55
Montaj Pozisyonu	B5
Verim Sınıfı	EFF2
Çalışma Sınıfı	S1
Cos ϕ	0.74

Çizelge 3. 4 Denemelerde kullanılan yedirici düzenek bileşeni redüktörün katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Redüktör
Marka	Yılmaz Redüktör
Tip	MR 13-80/4b
Tahvil	34
Moment	180 Nm

Çizelge 3. 5 Denemelerdeki yedirici düzenek bileşeni frekans inverterin katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Frekans İnverter
Marka	Delta
Tip	VFD-B (Monofaze, vektör kontrollü)
Gücü	0.75 kW
Gerilim	230 VAC

3.1.5 İletim boruları

Materyal iletimi için 3 farklı çapta dikişsiz çelik boru ile U-boru, deveboynu dirsek, toz iletim hattı borusu olarak çeşitli özelliklerde ve boyutlarda boru kullanılmıştır (Şekil 3.9). Tüm iletim tesisi kapsamında kullanılan etkin iletim hattı boru uzunluğu 23 metredir. Ana iletim hattı üzerinde materyal hareketlerini takip etmek üzere 3 farklı bölüme ara bağlantılar kullanılarak yaklaşık 40 cm uzunluğunda ve her üç iletim hattı borusuyla uyumlu çaplara sahip şeffaf borular kullanılmıştır. Her bir çaptaki borularla iletim denemeleri esnasında kendisine uygun çaplardaki şeffaf gözlem boruları hat üzerine bağlanmıştır. Ana iletim hattı üzerinde gerçek zamanlı basınç değerlerini alabilmek için uygun bölgelere basınç sensörleri ve transmitterleri takılmıştır. Sistem genelinde kullanılan boruların teknik ölçüleri Çizelge 3.6’de verildiği gibidir.



Şekil 3.9 Denemelerde kullanılan pnömatik iletim tesisindeki üç farklı çaptaki boru hattı elemanları, döşenmesi ve yerleştirilmesi (Anonim 2016)

Çizelge 3. 6 Denemelerde kullanılan ileticinin iletim borularının özellikleri (Güner 2006)

Çelik Boru	Dış Çap (mm)	Et Kalınlığı	İç Çap (mm)
Düz (18 m)	48.3	2.6	43.1
Düz (18 m)	60.3	2.9	54.5
Düz (18 m)	76.1	2.9	70.3
Deve Boynu Dirsek (2 adet)	48.3	2.6	43.1
Deve Boynu Dirsek (2 adet)	60.3	2.9	54.5
Deve Boynu Dirsek (2 adet)	76.1	2.9	70.3
U Dirsek (1 adet)	48.3	2.6	43.1
U Dirsek (1 adet)	60.3	2.9	54.5
U Dirsek (1 adet)	76.1	2.9	70.3
Sac Toz Borusu	104.0	2.0	100.0
Sac Toz Borusu	146.0	2.0	142.0
Sac Toz Borusu	172.0	2.0	168.0

3.1.6 Siklon ve hava kilidi tertibatı

Tertibat; aynı şase üzerine hava kilidi, siklon ve istenilen devirleri oluşturmak üzere de redüktörlü motorun irtibatlandırılarak yerleştirilmesi ile oluşturulmuştur (Şekil 3.10).

İletim hattı üzerinden iletilmekte olan hava – materyal karışımı; hedef boşaltım

bölgesinin hemen öncesinde siklonun üst giriş ağzından siklon haznesi içerisine doğru taşınır. Siklon içerisinde oluşturulan büyük ölçekli basınç düşümü vasıtasıyla havadan ayrılan materyal, siklonun çıkış ağzı kısmına dökülerek hedef boşaltım toplama yerine havayla tümüyle irtibatı kesilmek suretiyle taşınmak üzere hava kilidi giriş ağzında yığılır.



Şekil 3.10 İletim tesisinde siklon, hava kilidi ve iletilen dane materyal çıkış ağzı

Bu süreci takiben hava kilidi ise kendi giriş ağzında biriken materyali, kanatları yardımıyla hedef toplama mahalline döker veya paketleme birimine aktarır. Materyali siklona taşıyan ve ana taşınan materyalden siklon etkisiyle ayrılan hava ve beraberindeki diğer toz ve hafif istenmeyen malzemeler ise siklonun yukarı bölümündeki tahliye hattından aspiratör aracılığı ile emilerek torba filtreye gönderilir. Torba filtre mekanizmasıyla da filtrelenerek temizlenmiş hava olarak sistemin dışına aktarılır. Sistemde kullanılan hava kilidi KHKM-24/22 model olup katalog bilgileri Çizelge 3.7 ve 3.8 ile verilen redüktörlü motorla işletilmektedir (Güner 2006).

Çizelge 3.7 Denemelerdeki siklon ve hava kilidi tertibatını işleten asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Asenkron AC Elektrik Motoru
Marka	GAMAK
Model	KHKM-24/22
Tip	AGM 80 4a
Gücü	0.55 kW
Gerilim	220V(Δ)/380V(Y)
Devir	1365 min ⁻¹
Frekans	50 Hz
Akım	1.6 A
İzolasyon Sınıfı	F
Koruma Sınıfı	IP55
Montaj Pozisyonu	B5
Verim Sınıfı	EFF2
Çalışma Sınıfı	S1
Cos φ	0.71

Çizelge 3.8 Denemelerdeki siklon ve hava kilidi tertibatında işletilen redüktörün katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Redüktör
Marka	Yılmaz Redüktör
Tip	MR 13-80/40
Tahvil	40
Moment	155 Nm

3.1.7 Aspiratör

İletim hattı üzerinde 20 m³/s debili ve 300 mmSS basıncında, elektrik motoru akupleli, statik ve dinamik balansı yapılmış, lastik takozlu şasi üzerine yerleştirilmiş aspiratör

bulunmaktadır (Şekil 3.11). Aspiratörü tahrik eden elektrik motorunun katalog değerleri Çizelge 3.9’da verilmiştir (Güner 2006).

Çizelge 3.9 Denemelerdeki aspiratörü çalıştıran asenkron AC elektrik motorun katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Asenkron AC Elektrik Motoru
Marka	GAMAK
Tip	AGM 100 L2
Gücü	3 kW
Gerilim	220V(\\)/380V(Y)
Devir	2850 min-1
Frekans	50 Hz
Akım	6.6 A
İzolasyon Sınıfı	F
Koruma Sınıfı	IP55
Montaj Pozisyonu	B5
Verim Sınıfı	EFF2
Çalışma Sınıfı	S1
Cos ϕ	0.80



Şekil 3.11 İletim tesisinde kullanılan aspiratör

3.1.8 Torbalı filtre

Materyalin istenen bir noktadan hedeflenen bir boşaltım bölümüne iletilmesinde taşıyıcı olarak yararlanılan havanın; çalışmalar esnasında çeşitli etkilerle toz ve yabancı maddeler gibi istenmeyen maddelerle yüklenmesi söz konusu olmaktadır. Havanın bunlardan arındırılarak sisteme alınmadan önceki vasıflarında veya ona en yakın değerlerde tekrar ortama verilebilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda denemelerde kullanılan tesiste bu işlevi yerine getirmesi için 1200 mm uzunluğunda, 150 mm çapında 16 adet torba filtre elemanından oluşan bir torbalı filtreleme düzeneğinden yararlanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Denemelerde kullanılan pnömatik iletim tesisindeki sanayi tipi toz filtreleme düzeneği ve torba filtre elemanı

3.1.9 Tesis denetim birimi

Tesis denetim birimi, denemelerin ve ölçümlerin kontrollü yapılmasına yardımcı olan komuta ve kontrol merkezidir. Sistemde bulunan elektrik motorlarının sigortaları, kontaktörleri ve kontrol butonları ile akım-gerilim göstergeleri; IP65 koruma sınıfına sahip bir pano içerisinde muhafaza edilmektedir. Yine kompresör ve besleyici

motorlarının frekans inverterleri de pano içine yerleştirilmiştir. Pano kapağında bulunan potansiyometreler ile her iki motorun hızları analog olarak değiştirilebilmektedir (Şekil 3.13 ve 3.14).



Şekil 3.13 Denemede kullanılan iletim tesisinin kumanda paneli ve dijital gösterge



Şekil 3.14 Denemede kullanılan iletim tesisinde roots tipi üfleyici (blower) ile besleyicinin kumanda panelinden ayar ve kumanda cihazları

3.1.10 Basınçölçerler

Sistemdeki basınç düşümlerini ölçmek için 5 adet basınç sensörü (alma) ve aktarıcı (transmitter) kullanılmıştır. Hat üzerinde kullanılan basınç sensörleri ve aktarıcıları Şekil 3.15’ de ve bunların katalog bilgileri ise Çizelge 3.10 da verilmiştir (Anonim 2007). Sistemde kullanılan değeri okuma göstergelerinin bir örneği ise Şekil 3.16’da resim olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.15 Denemede kullanılan iletim tesisinde, basınç sensörleri ve transmitterler

Çizelge 3.10 Denemelerde kullanılan basınç sensörleri ve transmitterlerine ait katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Basınç sensörü
Marka	Huba Control
Serisi	507
Response süresi	< 5 ms
Moment	155 Nm
Uygunluk Sınıfı	Statik ve dinamik kullanımlara uygun
Çıkış	Analog
Akım	4- 20 mA
Besleme	11.0...0.33 VDC
Çalışma Basınç Aralığı	0...1.6 bar
Maksimum Basınç	3.2 bar
Hassasiyet	$\pm$ % 0.015

Her bir transmittere bağlı olan dijital göstergenin katalog bilgileri ise Çizelge 3.11’ de verilmektedir.

Çizelge 3.11 Denemelerde kullanılan dijital göstergelerin katalog teknik özellikleri ve değerleri (Güner 2006)

Özellik	Tanımı/Değeri
Cihaz	Dijital gösterge
Marka	EMKO
Model	ESM-4900
Proses Göstergesi	20.3 mm Kırmızı 4 dijit LED gösterge
Kalibrasyon Özelliği	Analog girişler için 2 veya çok noktalı kalibrasyon
Haberleşme özelliği	ModBus veya RS232-RS485 seri haberleşme
Koruma Sınıfı	NEMA 4X (önden IP65, arkadan IP20)
Besleme gerilimi ve Güç	100-240 V ~ (-15%,+10%) 50/60 Hz. 6 VA 24 V ~ (-15%,+10%) 50/60 Hz. 6 VA 24 Vdc (-15%,+10%) 6 W
Proses Girişleri	Üniversal Giriş TC, RTD, (dc) Voltaj / Akım
Termokupl Giriş Tipleri	Yapılandırma parametrelerini L (DIN43710), J, K, R, T, S, B, E, N (IEC584.1) (ITS90) tarafından seçilebilir
Termorezistans Giriş Tipleri	PT100 (IEC751) (ITS90)
Voltaj Giriş Tipleri (dc)	0-50 mV, 0-5 V, 0-10 V yapılandırma parametreleri ile seçilebilir
Akım Giriş Tipleri (dc)	Yapılandırma parametreleri 0-20 mA, 4-20 mA seçilebilir
Doğruluk	± 0.25 Termokupl, Termorezistans için Tam skalanın%, ve Gerilim.
Standart Haberleşme Modülü	EMC-400 RS-232 Haberleşme Modülü
Opsiyonel Haberleşme Modülü	EMC-410 RS-485 Haberleşme Modülü
Okuma Sıklığı	Saniyede 3 okuma
Haberleşme Protokolü	MODBUS-RTU



Şekil 3.16 Denemede kullanılan iletim tesisinin dijital gösterge örneği

3.1.11 Denemelerde kullanılan cihazlar

Araştırmada; incelemeye alınan materyale ilişkin özelliklerin ve parametrelerin belirlenmesi, ölçümleri ve analizlerinin yapılmasında 0.01 g duyarlıkta elektronik hassas terazi, 0.01 mm duyarlıklı elektronik dijital kumpas, materyalin hacim ağırlığı ile özgül kütlesinin (gerçek yoğunluğunun) belirlenmesi için 0.1 mL duyarlıkta dereceli silindir kullanılmıştır (Şekil 3.17). Nem tayini için standart fırın kullanılmıştır. Yer değiştirme materyali olarak ise sıvı tolüen ($C_8 H_8$) tercih edilmiştir. Koşullandırma ve nemlendirme materyali olarak damıtık su, koşullandırılmış ve nemlendirilmiş kanola tohumlarını gruplandırmak ve istenilen nem düzeylerinde muhafaza etmek için ağzı kilitlenebilir naylon poşetlerden yararlanılmıştır. Denemeler ve ölçümler süresince deneme materyalini $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sabit sıcaklıkta muhafazası için de ev tipi buzdolabından yararlanılmıştır.



Şekil 3.17 Deneme ve ölçümlerde kullanılan elektronik hassas terazi (0.01 g duyarlılık) ve sayısal kumpas (0.01 mm duyarlılık)

Uygun görüntüleme araçları ile yakalanan görüntü formları üzerinden parçacık/tanecik yapılı cisimlerin tahribatsız şekilde analizinde ve doğrusal boyutlarının, izdüşüm (projeksiyon) alanlarının, hacimlerinin ve kütlelerinin tahminlenmesi, tayini ve ölçümlerinde geliştirilmiş iki farklı yazılımdan yararlanılmıştır. Bu araçlardan bir tanesi NIH (National Institutes of Health-US)' den esinlenilmiş olan 350 dosya ve 120.000 kod satırından oluşan Java tabanlı açık kaynak çok geniş yelpazede görüntü formatındaki görüntüleri işleme ve analiz yeteneğine haiz sayısal görüntü işleme ve analiz programı olan ImageJ/Fiji 1.47v'dır. Diğeri ise Myriad v8.0 paket yazılım programıdır.

Terminal hızların ölçümünde bu özelliğin ölçümüne uygun geliştirilmiş dikey (düşey) rüzgâr tüneli düzeneği ile 0.1 m/s duyarlılık rüzgâr hızı ölçerden (anemometre) yararlanılmıştır. Düzenek; bir roots hava üfleyici, şeffaf bir plastik borudan imal edilmiş ve terminal hızı ölçülecek tanecik yapılı materyalin ölçüm kanalından kaçışını önlemek üzere uygun aralıklarla altta ve üstte yerleştirilmiş tel elekler bulunan gözlem odalı düşey tip rüzgâr tüneli ve hava hızını ölçmek üzere rüzgâr ölçerden (anemometre) oluşmuştur.

3.2 Yöntem

3.2.1 Fizikomekanik özelliklerin belirlenmesi

3.2.1.1 Materyal örneklerinin hazırlanması

İncelemeye alınacak materyaller ilk olarak toz, toprak, taş, sap, saman, kırık, bozuk ve olgunlaşmamış tohumlar gibi yabancı maddelerden arındırılmıştır (Şekil 3.18). Daha sonra, poliüretan materyalden imal edilmiş ağzı kilitlenen plastik poşetler içerisine alınmış ve bir muhafaza odasında 20 ile 25°C sıcaklıklarda bırakılmıştır.



Şekil 3.18 Araştırmada kullanılacak kanola tohumlarının denemelere hazırlanması

Standart fırınlama yöntemiyle ölçülen kanola tohumlarının başlangıç doğal depolama nem içeriği (W); %6.36 olarak bulundu. Denemeler için plastik poşetlerde muhafaza edilmekte olan tohum danelerini hedeflenen nem içeriklerine getirmek üzere tohumlara eklenmesi gereken su miktarları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (1):

$$Q = \frac{W_i(N_f - N_i)}{(100 - N_f)} \quad (1)$$

Burada:

Q : Arzulanan düzeye tohumları nemlendirmek için gerekli ilave su miktarı (kg),

W_i : Materyal örneğinin kütlesi (kg),

N_i : Materyal örneğinin başlangıç nem içeriği (% w. b.),

N_f : Su ilavesinden sonraki materyal örneğinin nihai nem içeriği (% w. b.).

Bir sonraki adımda, kanola tohumlarını yeknesak nem düzeylerine getirmek için, 4°C sabit sıcaklığa sahip serin bir ortamda tutulan tohum poşetleri günde üç kez düzenli olarak karıştırıldı. Bu işleme iki hafta boyunca devam edildi. İkinci haftanın sonunda, nemlendirme dönemi boyunca tohumların erişilen nem değerlerini belirlemek üzere ölçümler yürütüldü. Nem içerik ölçümleri işlemin sonucunda, %6.36 olan doğal depolama nem içeriğinden farklı %16.54 ve %25.94 şeklinde nem içeriklerine sahip iki deneme materyali elde edildi. Kanola tohumlarının fizikomekanik özdeğerlerinin belirlenmesine yönelik bir sonraki çalışmalar ve ölçümler; yukarıda da belirtilen üç farklı nem düzeylerine sahip materyal örnekleri kullanılarak yürütüldü. Kanola tohumlarının fiziksel yapısıyla alakalı özdeğerlerin tümü; her nem düzeyinde üç tekerrürlü olmak üzere her üç nem düzeyinde belirlenmiştir. Bu yöntem izlenerek, kanola tohumlarının fizikomekanik parametreleri üzerine farklı nem içeriklerinin etkileri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

3.2.1.2 Materyallerin boyutsal özelliklerinin belirlenmesi

Denemelere girişmeden önce, tüm test materyal örnekleri hasarlı danelerden ve yabancı materyallerden arındırılmak üzere bir kez daha temizleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Ardından, üç farklı nem içerik düzeylerindeki materyal örnekleri yığınlarının her bir grubundan rastgele seçilmiş 100 tohum danesi içeren 10'arlı gruplar oluşturuldu (Şekil 3.19). Tohumların boyutsal özdeğerlerinin belirlenmesinde, her bir nem düzeyinde her

birisi 100 tohum danesi içeren bu 10'ar grubun her birinden 10 dane alınarak oluşturulan yeni 100'er daneli 3 nem grubundaki 100'er tohum danelerinin uzunluk (L) ve genişlik (W) olmak üzere iki temel boyutunun ölçümleri yapıldı (Kingsly vd., 2006; İzli vd., 2009). Kanola tohumu danelerinin üçüncü boyutu kalınlık (T); biyofiziksel doğalarından dolayı danenin genişlikleriyle son derecede yakın değerler göstermekte olmaları nedeniyle açık bir şekilde ayırt edilebilmeleri mümkün olamamaktadır. Bu özel halden dolayı, danenin üçüncü boyutu kalınlık; bu çalışmada, danenin genişliğine eşdeğer olarak alınmıştır. Boyutsal özdeğerlerin ölçümlerinde 0.01 mm duyarlıklı dijital kumpas kullanılmıştır.



Şekil 3.19 Deneme ve ölçümler için materyal örneklerinin oluşturulması ve gruplandırılması

Uzunluk ve genişlik ölçümleri yoluyla elde edilen veriler kullanılarak, danelerin aritmetik (D_a) ve geometrik ortalama çapları (D_g), hacmi (V_k) ve yüzey (projeksiyon) alanı (S_a); Mohsenin(1986) ve Sitkei(1986) tarafından verilen matematiksel eşitliklerden yararlanarak oluşturulmuş aşağıdaki eşitlikler (2), (3), (4) ve (5) vasıtasıyla belirlenmiştir:

$$D_a = \frac{(L + 2T)}{3} \quad (2)$$

$$D_g = (LT^2)^{1/3} \quad (3)$$

$$V_k = \frac{\pi \cdot L \cdot T^2}{6} \quad (4)$$

3.2.1.3 Materyallerin izdüşüm alanlarının görüntü işleme teknikleri vasıtasıyla belirlenmesi

Kanola tohumu tanelerinin izdüşüm alanlarının belirlenmesinde üç yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde aşağıdaki eşitlikler kullanılmış ve bu eşitliklerdeki uzunluk (L) ve kalınlık (T) değerleri kanola tohumları üzerinden ölçülerek eşitliklerde yerlerine konulmak suretiyle hesaplanmışlardır.

$$S_a = \pi \cdot \left(\frac{T}{2}\right)^2 \text{ [xz-düzlemi]} \quad (5)$$

$$S_a = \pi \cdot \left(\frac{L}{2}\right) \cdot \left(\frac{T}{2}\right) \text{ [xy ve yz- düzlemleri]}$$

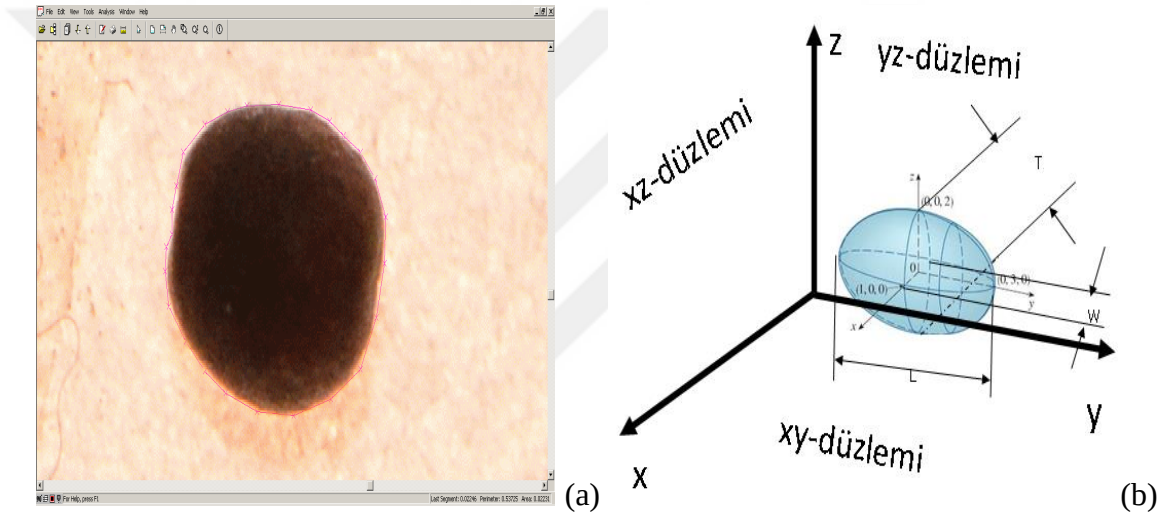
Yukarıdaki formüllerde verilen xz, xy ve yz düzlemleri, Altunkaynak 2019 tarafından verilen bir cisimciğin üç boyutlu kartezyen koordinat gösteriminden yararlanılarak oluşturulan kartezyen koordinat üzerinde Şekil 3.20b’de gösterilmiştir. İkinci ve üçüncü yöntemler ise aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kanola tohumu tanelerinin yüzey izdüşüm (projeksiyon) alanlarının (S_a) belirlenmesi konusunda, piyasada mevcut yazılım geliştiriciler tarafından bilgisayar tabanlı geliştirilmiş görüntü işleme tekniklerinden de yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, çeşitli görüntü işleme yazılımı ürünlerinden iki tanesi kullanılmıştır. Bu kapsamda kullanılan, bilgisayar destekli görüntü işleme yazılımı araçlarından bir tanesi Myriad v8.0 sayısal görüntü işleme paket programıydı. Bu paket program ile birlikte aynı zamanda, her bir nem içeriğindeki materyal örnekleri yığınlarından rastgele seçilen 30’ar adet tanenin

görüntülerini yakalamak üzere aşağıda belirtilen tamamlayıcı donanım da kullanıldı. Kullanılan tamamlayıcı donanım:

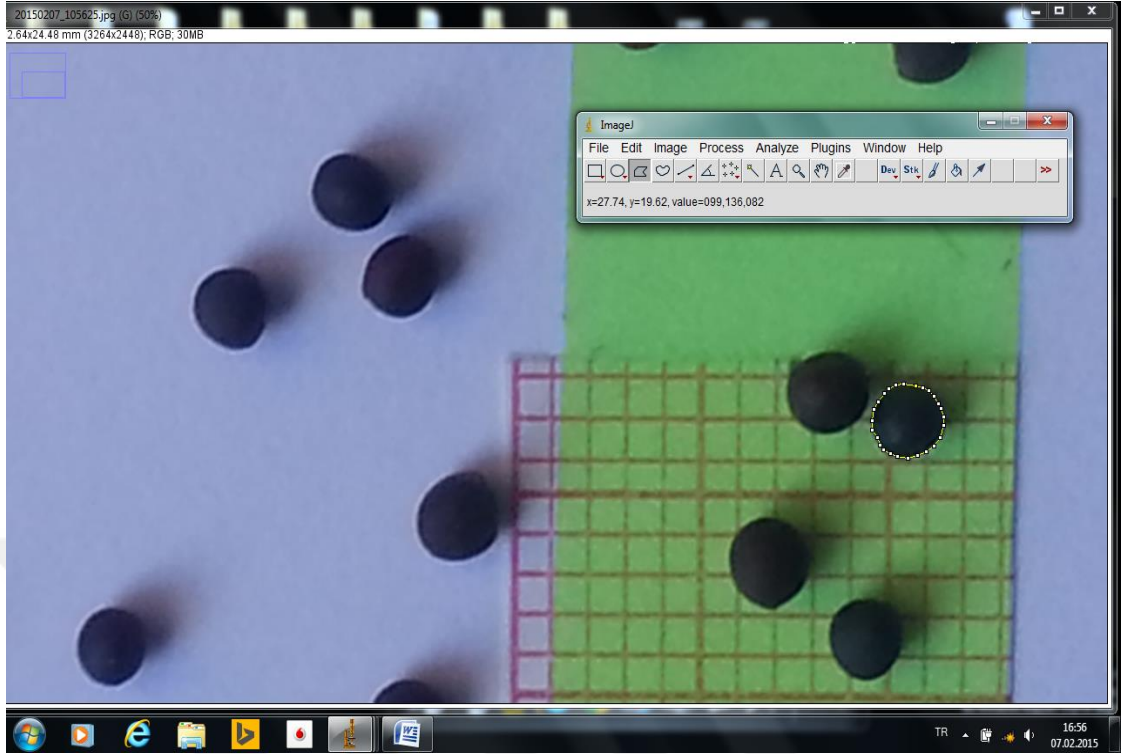
1. Nikon D40X Model 10.1 megapixel SLR dijital kamera,
2. Uygun ebatlı ölçek kalibrasyon plakası,
3. Myriad v8.0 dijital imaj işleme yazılımı.

Myriad v8.0 dijital imaj işleme yazılımı ile gerçekleştirilen projeksiyon alanı belirleme analizi çalışmasından bir örnek Şekil 3.20a' de verilmiştir.

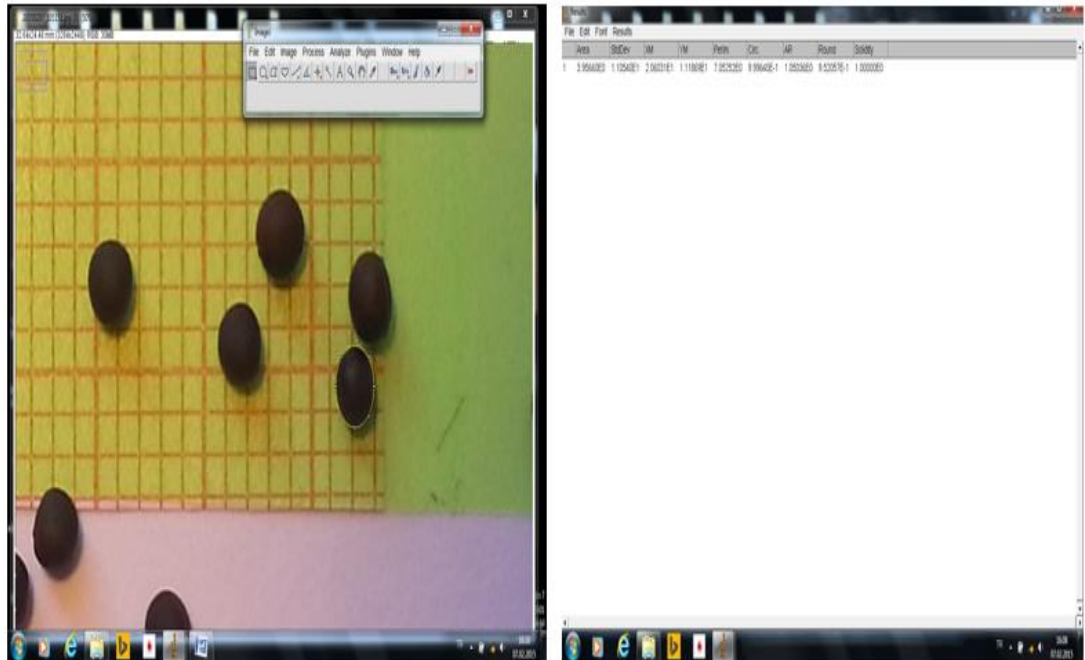


Şekil 3.20 Myriad v8.0 sayısal görüntü işleme programında projeksiyon alanı analiz işlemi öncesi kanola tanesi ekran görüntüsü (Orijinal) (a) ve tanenin şematik izdüşüm düzlemleri ile temel boyutsal büyüklükleri (b)

Çalışmada yararlanılan diğer bir bilgisayar destekli görüntü işleme yazılımı aracı ise ImageJ/Fiji 1.47v ürünüydü. Bir kez daha, uygun ebatlarda ölçek kalibrasyon plakası ve dijital kamera kullanılarak her bir nem içeriğindeki örnek yığınları içerisinde rastgele seçilen 30 kanola tohumu danesinin sayısal görüntüleri alındı. Takiben, dijital kamerayla alınan sayısal tüm tohum danesi görüntüleri; ImageJ/Fiji 1.47v yazılımı ile yüklü bilgisayara işlenmek üzere aktarıldı ve işlendi. Bu yazılımla yapılan kanola danesi projeksiyon alanı belirleme analizi çalışmasına ilişkin ekran görüntüsü ve analiz sonucu Şekil 3.21 ve Şekil 3.22' de verilmiştir.



Şekil 3.21 ImageJ /Fiji 1.47v yazılımı ile projeksiyon alanı analizi ekran görüntüsü



Şekil 3.22 ImageJ /Fiji 1.47v yazılımı ile kanola tanesinin projeksiyon alanı analizi ve sonuç çıktısı ekran görüntüsü

3.2.1.4 Bin dane ağırlığının belirlenmesi

Bin dane ağırlığının belirlenmesi amacıyla, üç farklı nem içeriğindeki materyal örneklerinin her birisinden rastgele 1000 dane alınarak 3 farklı grup oluşturuldu. Ardından, 3 farklı nem içeriğine sahip bu 1000'er daneli 3 grup ayrı ayrı 0.01 g hassasiyetli dijital elektronik tartı cihazı kullanılarak tartıldı ve dijital tartı cihazı ekranındaki rakam okunarak kaydedildi. Bu işlem üç kez tekrarlandı ve bunların aritmetik ortalaması alındıktan sonra, hesaplanmış ortalama değerler bin dane ağırlıkları olarak kabul edildi.

3.2.1.5 Özgül kütle

Kanola, buğday, arpa, pirinç ve diğerleri gibi daneli materyallerin özgül kütlesi onların iletim ve işleme performansını etkileyen önemli bir özelliktir. Özgül kütle; açık ve kapalı tüm boşluklarının hacmi hariç parçacıklı materyallerin birim hacminin kütlesidir. Özgül kütle (ρ_t), dane kütlesinin danenin boşluksuz hacmine oranıyla elde edilmiştir. Bu çalışmada, kanolanın özgül kütlesi ve dane hacmi belirlenirken yer değiştirme yöntemi kullanılmıştır. Tohum danelerinin üzerindeki en küçük boşlukları dahi doldurmaya imkân veren yüzey yoğunluğuna ve daha düşük dağılma kapasitesine sahip olduğundan, su yerine tolüen (C_7H_8) kullanılarak hacim ve özgül kütle saptanmıştır (Mohsenin 1980, Sitkei 1998).

3.2.1.6 Hacim ağırlığı

Hacim ağırlığı (ρ_b); doğal akışta doldurma işlemi uygulanarak materyalle doldurulmuş dereceli kap vasıtasıyla ölçülen hacimdeki (m^3) materyalin hassas terazi ile tartılarak belirlenen kütlesi (kg), ölçülmüş hacmine bölünmesiyle kg/m^3 olarak saptanır. Denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirildi (Jain ve Bal 1997). Materyal örnekleri serbest akış şeklinde 0.01 mL duyarlılık dereceli silindir içerisine boşaltıldı ve silindir içerisindeki materyalin en üst çizgi hattındaki değerleri okunup örnek materyallerin ölçülen hacmi olarak kaydedildi. Daha sonrasında, bu hacim miktarındaki materyaller

0.01 g duyarlıklı dijital terazi ile tartılarak terazi ekranından okunan değerler materyal örneklerinin ölçülen ağırlıkları olarak kaydedildi. Bu değerler kullanılarak oranlama yoluyla hacim ağırlığı kg/m^3 olarak hesaplandı.

3.2.1.7 Küresellik

Küresellik (%); tanecik yapılı cismin ne kadar küresel (yuvarlak) olduğunun bir ölçüsüdür. Kendi doğası itibarıyla küresellik; bir cismin birleşirliğinin (yığılırlığının) özel bir ölçüsünü verir. Bir cismin küreselliği; aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (6) (Çalışır vd., 2005; Razavi vd., 2008-2009):

$$\emptyset = (LT^2)^{1/3} / L \quad (6)$$

3.2.1.8 Basıklık

Basıklık veya diğer deyişle yassılık (%), katı küresel bir cisim ile onun yapıcı emsallerini ayırt etmek üzere başvuru bir kaç parametreden sadece bir tanesidir. Bir küresel cismin mükemmel bir küreden sapış miktarının ölçüsü olup bir cismin ekvatorial çapı ile kutupsal çapı arasındaki farkın ekvatorial çapına oranı olarak tanımlanır. Basıklık aşağıda verilen 7. eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Barnes ve Fortney 2003).

$$g = 1 - T/L \quad (7)$$

3.2.1.9 Eşdeğer küre çapı

Düzensiz şekilli bir cismin eşdeğer küre çapı; eşdeğer hacme sahip bir kürenin çapı olarak ifade edilmekte ve aşağıda verilen Eşitlik 8' den hesaplanmaktadır (Gorial ve O'callaghan 1990):

$$D_e = \left[\left(\frac{m_t}{\rho_t} \right) \cdot \left(\frac{6}{\pi} \right) \right]^{1/3} \quad (8)$$

3.2.1.10 Ortalama tek dane ağırlığı

Üç farklı nem içeriğindeki örnek materyal yığınının rastgele 5000'er dane alındı. Daha sonra bu miktardaki daneler 0.01 g hassasiyette ölçüm yapabilen dijital terazi ile tartıldı ve terazi ekranından okunan kütle ağırlık değeri kaydedildi ve materyal örneklerinin ölçülen ortalama tek dane ağırlığını elde etmek için 5000 danenin ölçülen kütle ağırlığı 5000'e bölündü.

3.2.1.11 Porozite

Açık ve kapalı boşlukların hacmi ile parçacıklar arası boşlukların hacmi topluca dane materyal yığınının porozitesini oluşturur. Materyal yığınlarının porozitesi (%); onların işlenme, taşınma, depolama, mekanik ve kinetik davranışları üzerinde etki yapabilmektedir. Porozite; aşağıda verilen eşitlikten (9) materyal örneklerinin hacim ağırlığı ve gerçek yoğunluk değerlerinden yararlanılarak hesaplandı (Mohsenin 1986, Sing and Goswami 1996):

$$\varepsilon = 100 \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \quad (9)$$

3.2.2 Terminal Hız ve Aerodinamik Özelliklerin Belirlenmesi

Materyal taneleri; pnömatik yollarla iletildiklerinde, ayıklandıklarında, sınıflandırıldıklarında ve akışkanlık kazandırıldıklarında davranışları aerodinamik kuvvetlere tabi şekilde etkilenir. Bu kuvvetler ve tane materyallerin davranışları çeşitli yollarla incelenebilmektedir. Bu yollardan bir tanesi de düşey rüzgâr tüneli yöntemidir (Bilanski vd. 1962).

Kroulik vd. (2016); Sirivastava vd.' nin tarımsal tane materyallerin aerodinamik donatılarının/özelliklerinin onların hava akımı içerisindeki davranışlarını gösteren parametreleri olduğunu ve bunların da esasen tohumların fiziksel özellikleri (ağırlık, biçim, yüzey alanı, boyutları vb.) ve aynı zamanda içerisinde iletiildiği hava ortamı koşulları ile ilişki içerisinde olduklarını rapor ettiklerine vurgu yapmaktadırlar.

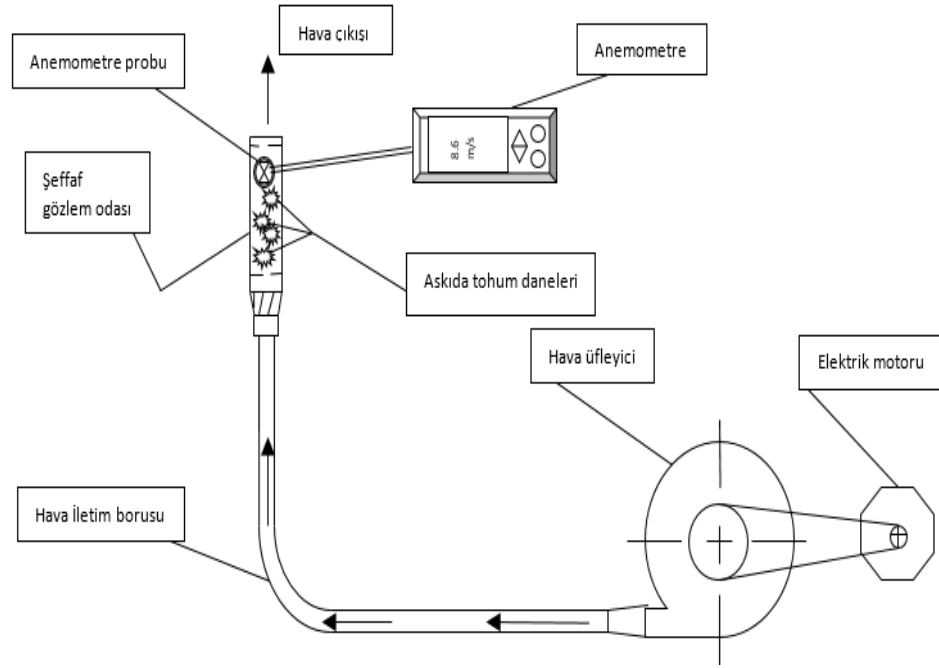
Herhangi bir parçacığın terminal hızı; belirli bir parçacıkla ilgili etkin çalışabilen iletim sistem ve modelleri tasarımı ile iletim başarılarının belirlenmesinde ve birbirinden ayrılmak istenilen tanecikli malzemelerin ayrıştırılmasında yararlanılan önemli bir başka belirleyendir (Klasek vd. 2006).

Terminal hız; hava, su ve benzeri herhangi bir akışkan iletim ortamında arada asılı bir konumda bir cismi (veya taneciği) tutan en yüksek sabit hızdır. Terminal hız, dijital bir anemometre kullanılarak belirlenebilmektedir.

Bu araştırmada, kanola tohumu danelerinin terminal hızlarının yakalanabilmesi için 0.1 ms^{-1} hız ölçüm duyarlılığında bir dijital anemometre kullanılmıştır (Şekil 2.23). Terminal hız ölçüm düzeneğinin şeması Şekil 3.24' de verilmektedir.



Şekil 3.23 Terminal hız ölçümleri için dijital bir anemometre örnek modeli ve rüzgâr tünellerindeki kullanımları



Şekil 3.24 Terminal hız ölçüm düzeneği şeması

Kanolanın aerodinamik özelliklerinden sürüklenme katsayısı ile Reynold sayısı aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 10, 11, 12 ve 13).

$$C_d = \frac{2 F_d}{A_p V_t^2 \rho_a} = \frac{2 G_d}{A_p V_t^2 \rho_a} \quad [10]$$

A_p = Danenin projeksiyon alanı (m^2)

V_t = Terminal hız (m/s)

ρ_a = İletim ortamı havanın yoğunluğu (1.28 kg/m^3)

G_d = Danenin ağırlığı (N)

F_d = Danenin sürüklenme kuvveti (N)

$$G_d = M_d \cdot g \quad [11]$$

$$F_d = G_d \quad [12]$$

kabulüyle,

$G_d = \text{Danenin ağırlığı (N)} = M_d \cdot g$

$M_d = \text{Danenin kütlesi (kg)}$

$g = \text{Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s}^2\text{)}$

$$N_{Re} = \frac{\rho_a v_t \sqrt{A_p}}{\mu} \quad [13]$$

Burada;

$N_{Re} = \text{Reynold Sayısı (Boyutsuz)}$

$\mu = \text{İletim ortamı havanın dinamik viskozitesi (1.79 x10}^{-6} \text{ Pa.s)}$

$A_p = \text{Danenin projeksiyon alanı (m}^2\text{)}$

$V_t = \text{Terminal hız (m/s)}$

$\rho_a = \text{İletim ortamı havanın yoğunluğu (1.28 kg/m}^3\text{)}$

3.2.3 Basınç Düşümünün Belirlenmesi

Denemelerin yapıldığı, düşük basınçlı pozitif iletimli pnömatik iletim tesisi üzerinde 5 farklı noktaya yerleştirilmiş basınç transmitterleri (model: HUBA 0-1600 mb) üzerinden basınç düşüm miktarları belirlenmiştir. Transmitterlerden alınan değerler yine her bir transmittere karşılık gelen göstergelerden (model: ESM-4900 48x90 DIN V) gözlemlenmiştir. Akış esnasında değişimler video kamera ile kayıt edilmiş ve daha sonra tek tek not edilmiştir.

İletim hattı üzerindeki basınç transmitterlerinin yerleri; sırası ile üfleyici çıkışında (besleyiciden önce) (P_1), besleyiciden sonra (P_2), yatay akış - U dönüşten önce (P_3), yatay akış - U dönüşten sonra (P_4), yatay akış - düşey borudan önce (P_5) olarak alınmıştır. Hat üzerinde her hangi bir sebepten oluşan anormal durumda (tıkanma, hava kaçağı, vb.) gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra denemeler tekrarlanmıştır. Düşey borunun sonunda siklondan önce hat üzerinde 110 mm çapında açıklık bırakılarak atmosfer basıncının etkili olması sağlanmıştır.

Materyal iletimlerinde 3 farklı neme bağı basınc düşümlerinin belirlenmesinde; 5 farklı kompresör devri (850 min^{-1} , 1150 min^{-1} , 1450 min^{-1} , 1750 min^{-1} ve 2250 min^{-1}) ile 3 farklı boru çapı (43.1 mm, 54.5 mm ve 70.3 mm), besleyici devri (15 min^{-1} , 20 min^{-1} ve 25 min^{-1}) ve materyal debisi (3.89t/h, 5.47t/h ve 7.49t/h) kullanılmıştır. Denemeler her üç değişkenden ikisi sabit tutularak ve diğer değişkenin değiştirilmesi ile yapılmıştır. Belirlenen hava hızında, materyal debisinde ve boru çapında her bir nem içeriğindeki kanola ürünü için iletim işlemi gerçekleştirilmiş ve basınç değerleri not edilmiştir.

Besleyici düzeneğinin basınç düşümüne etkisi araştırılırken, hem materyal ile denemelerde hem de yalnız hava iletiminde P_1 ve P_5 basınçölçerlerindeki basınç değerlerinin farkı; toplam basınç düşümü değeri olarak alınmıştır. İletim tesisinde efektif iletim hattı olarak 18m'si düz boru ve 5m'si U borudan oluşmak üzere 3 farklı çapta 23'er metre uzunluklarında iletim boruları kullanılmıştır.

Her bir denemede her nem düzeyinde 10 kg kanola tohumu besleyici deposuna doldurularak iletim hattı beslenmiştir.

3.2.4 Hava Hızının ve Malzeme İletim Hızının Belirlenmesi

Kurulu pnömatik iletim sistemi içerisinde geçirilen hava hızı belirlenirken tesiste kullanılan Longtech marka LT-65 tipli roots üfleyici kompresörün katalog değerleri kullanılmıştır. Basınç ve kompresör devrine göre katalogunda verilen debi değerleri tespit edilmiştir. Denemelerde St 37 çelik malzemeden imal edilen 43.1 mm, 54.5 mm ve 70.3 mm iç çapa sahip dikişsiz borular iletim hattı olarak kullanılmıştır. Pnömatik iletim hızı; ölçülen toplam basınç kaybı değeri, kompresör devri ve boru çapından yararlanılarak bulunmuştur. Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'de denemelerde kullanılan kompresörün çalıştırıldığı devirde, ürettiği basıncına ve kullanılan iletim boru çaplarına ilintili olarak elde edilecek katalog hava hızları ve debilerinin değerleri verilmektedir. Katalogunda verilen hava debi değerlerinden yararlanılarak, karşılık gelen hava debisindeki hava hızı;

$$V_h = \frac{4Q_h}{60 \pi D^2} \quad [14]$$

eşitliğinden belirlenmektedir.

Eşitlikte; V_h = Hava hızı (m/s), Q_h = Hava debisi (m^3/min), D = Boru çapı (m)' dir.

Deneme gerçekleştirilen ilgili boru çapında malzemenin iletim hızı (V_m) belirlenirken, toplam basınca ve kompresör devrine bağlı olarak ilgili boru çapına ait katalog değerleri çizelgesinden hava hızı bulunmuştur. Eğer toplam basınç kaybı değerleri çizelgede verilen değerlerin arasında ise orantı kurularak hız değeri elde edilmiştir (Güner 2006).

Şöyle ki, P_1 ve P_5 basınç göstergelerinden okunan basınç değerleri arasındaki toplam basınç farkı ΔP değeri, $\varnothing 70.3$ mm iletim borusuyla iletimde 850 min^{-1} kompresör devrinde 41.4mb olarak elde ediliyor ise bu durumda sistemden gönderilen havanın hızı V_h :

Longtech marka LT-65 kompresör için kataloğunda (Çizelge 3.3); $\varnothing 70.3$ mm iletim borusuyla iletimde,

850 min^{-1} 'da 100 mb basınçlı iletim için karşılık verilen hava hızı; $V_h = 8.89 \text{ m. s}^{-1}$

200 mb basınçlı iletim için karşılık verilen hava hızı $V_h = 8.12 \text{ m. s}^{-1}$

100 mb basınç farkına karşılık oluşan fark hava hızı $V_h = 0.77 \text{ m. s}^{-1}$

bulunur.

Buradan;

1mb basınç farkına karşılık oluşacak fark hava hızı;

$$V_h = \frac{0.77 \text{ m/s}}{100 \text{ mb}}$$

$$V_h = 0.0077 \frac{\text{m.s}^{-1}}{\text{mb}}$$

bulunur.

Bu durumda, 41.4mb basınç değeri için oluşacak hava hızı;

$$V_h = 8.89 \text{ m.s}^{-1} - (41.4 \text{ mb} - 100 \text{ mb}) \times 0.0077 \frac{\text{m.s}^{-1}}{\text{mb}}$$

$$V_h = 8.89 \text{ m.s}^{-1} - (-58 \text{ mb}) \times 0.0077 \frac{\text{m.s}^{-1}}{\text{mb}}$$

$$V_h = 8.89 \text{ m.s}^{-1} - (-0.45 \text{ m.s}^{-1})$$

$$V_h = 8.89 \text{ m.s}^{-1} + 0.45 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_h = 9.34 \text{ m.s}^{-1}$$

değeri elde edilir.

Hava ve iletilen malzemeler arasındaki sürüklenme kuvvetleri sebebiyle, iletim hattından sevk edilen malzemenin iletim hızı V_m ; iletim hattında taşıyıcı ortam olarak basılan/emilen havanın hızından daha düşük gerçekleşmektedir. Hava ve iletilen malzemeler arasındaki hız farkı iri ve sert tanelerde %20, toz materyallerde %10 civarındadır. Malzemelerin boyutlarına kıyasla malzemelerin hızı, iletime aracılık eden hava hızının %70 ila %95'i arasında alınabilir (Agarwal 2005). Çalışmada materyal hızı iletim hızının %80'i kabul edilmiştir (Güner 2006).

Yukarıdaki hesaplanan hava hızı V_h değeri kullanılmak suretiyle materyalin iletim hızı V_m ise;

$$V_m = V_h \times 0.80$$

$$V_m = 9.34 \times 0.80$$

$$V_m = 7.47 \text{ m.s}^{-1} \quad \text{şeklinde elde edilir.}$$

Çizelge 3.12 Kompresörün devir sayısı, basınç ve debisine bağlı olarak 43.1 mm iç çaplı borudaki hava (Güner 2006)

Basınç (mb)	Q _k : Debi(m ³ .min ⁻¹) V _h : Hız(m.s ⁻¹)	Devir (min ⁻¹)				
		850	1150	1450	1750	2250
100	Q _k	2.07	3.10	4.13	5.17	6.89
	V _h	23.65	35.41	47.18	59.06	78.71
200	Q _k	1.89	2.93	3.96	5.00	6.72
	V _h	21.59	33.47	45.24	57.18	76.77
300	Q _k	1.71	2.74	3.77	4.81	6.53
	V _h	19.53	31.30	43.08	54.95	74.60
400	Q _k	1.55	2.58	3.62	4.65	6.37
	V _h	17.71	29.47	41.35	53.12	72.77
500	Q _k	1.14	2.45	3.48	4.51	6.23
	V _h	13.02	27.99	39.75	51.52	71.17
600	Q _k	1.29	2.33	3.36	4.39	6.11
	V _h	14.74	26.62	38.38	50.15	69.80
700	Q _k	1.19	2.22	3.26	4.29	6.01
	V _h	13.59	25.36	37.24	49.01	68.66
800	Q _k	1.09	2.12	3.15	4.19	5.91
	V _h	12.45	24.22	35.98	47.86	67.51

Q_k =kompresör debisi; N_k=kompresör mil gücü

Çizelge 3.13 Kompresörün devir sayısı, basınç ve debisine bağlı olarak 54.5 mm iç çaplı borudaki hava hızı (m/s) (Güner 2006)

Basınç (mb)	Q _k : Debi(m ³ .min ⁻¹) V _h : Hız(m.s ⁻¹)	Devir (min ⁻¹)				
		850	1150	1450	1750	2250
100	Q _k	2.07	3.10	4.13	5.17	6.89
	V _h	14.80	22.15	29.51	36.94	49.22
200	Q _k	1.89	2.93	3.96	5.00	6.72
	V _h	13.50	20.93	28.29	35.72	48.01
300	Q _k	1.71	2.74	3.77	4.81	6.53
	V _h	12.22	19.58	26.93	34.36	46.65
400	Q _k	1.55	2.58	3.62	4.65	6.37
	V _h	11.07	18.43	25.86	33.22	45.51
500	Q _k	1.14	2.45	3.48	4.51	6.23
	V _h	8.14	17.50	24.86	32.22	44.51
600	Q _k	1.29	2.33	3.36	4.39	6.11
	V _h	9.22	16.65	24.01	31.36	43.65
700	Q _k	1.19	2.22	3.26	4.29	6.01
	V _h	8.50	15.86	23.29	30.65	42.94
800	Q _k	1.09	2.12	3.15	4.19	5.91
	V _h	7.80	15.15	22.50	29.94	42.22

Q_k =kompresör debisi; N_k=kompresör mil gücü

Çizelge 3.14 Kompresörün devir sayısı, basınç ve debisine bağlı olarak 70.3 mm iç çaplı borudaki hava hızı (m/s) (Güner 2006)

Basınç (mb)	Q _k : Debi(m ³ .min ⁻¹) V _h : Hız(m.s ⁻¹)	Devir (min ⁻¹)				
		850	1150	1450	1750	2250
100	Q _k	2.07	3.10	4.13	5.17	6.89
	V _h	8.89	13.31	17.73	22.20	29.58
200	Q _k	1.89	2.93	3.96	5.00	6.72
	V _h	8.12	12.58	17.00	21.47	28.85
300	Q _k	1.71	2.74	3.77	4.81	6.53
	V _h	7.34	11.76	16.20	20.65	28.04
400	Q _k	1.55	2.58	3.62	4.65	6.37
	V _h	6.66	11.08	15.54	19.97	27.35
500	Q _k	1.14	2.45	3.48	4.51	6.23
	V _h	4.90	10.52	14.94	19.37	26.75
600	Q _k	1.29	2.33	3.36	4.39	6.11
	V _h	5.54	10.00	14.43	18.85	26.24
700	Q _k	1.19	2.22	3.26	4.29	6.01
	V _h	5.12	9.54	14.00	18.42	25.81
800	Q _k	1.09	2.12	3.15	4.19	5.91
	V _h	4.68	9.10	13.53	17.99	25.38

Q_k =kompresör debisi; N_k=kompresör mil gücü

3.2.5 Güç Tüketiminin Belirlenmesi

Tesiste kullanılan kompresörü harekete geçiren elektrik motorunun gerçek anlık akımı ve gerilim değerleri okunarak kaydedilmiş ve geliştirdiği güç aşağıdaki eşitlikten (Eşitlik 15) yola çıkarak bulunmuştur.

$$N = \sqrt{3} U . I . \cos \varphi \quad [15]$$

Burada;

$$N = \text{Güç (W)}$$

U = Gerilim (V)

I = Akım(A)

Cos ϕ = Güç Faktörü' dür.

3.2.6 İletim Kapasitesinin Belirlenmesi

Besleyicinin devri değiştirilerek farklı iletim kapasiteleri elde edilmektedir. Kütlesi önceden bilinen deneme materyali besleyicinin deposuna doldurulmuş ve ayarlanan besleyici devrinde iletim borusuna materyalin tamamının boşaltılması esnasında geçen süre tespit edilmiştir. Materyal kütlesinin süreye bölümü ile t/h olarak debi hesaplanmıştır. Zaman ölçümü esnasında, besleyicinin nominal devrine ulaşmış olmasına, beslemenin başlama anında ve besleyici deposunun tamamen boşaldığı anda sürenin tam olarak ölçümüne dikkat edilmiştir. Bu işlem, denemenin her bir koşulu için 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiş ve aritmetik ortalaması alınarak ortalama debi değerleri elde edilmiştir.

3.2.7 Karışım Oranının Belirlenmesi

Birim miktarda materyalin, birim zamanda iletilmesi için gerekli hava miktarına oranı karışım oranını verir. Aşağıda belirtilen Eşitlik [16] kullanılarak bulunur (Güner 2006):

$$\mu = 100 \frac{Q_m}{Q_h} \quad [16]$$

Burada;

μ = Karışım oranı (%)

Q_m = İletilen materyal debisi (kg/s)

Q_h = İletimi gerçekleştiren hava miktarı (kg/s)' dir.

Hava debisi ise aşağıda verilen eşitlikler vasıtasıyla belirlenmektedir (Güner 2006):

$$Q_h = A V_h \rho_h \quad [17]$$

$$Q_h = \frac{\pi D^2}{4} V_h \rho_h \quad [18]$$

Burada;

Q_h = İletimi gerçekleştiren hava miktarı (kg/s)

A = Borunun etkin kesit alanı (m^2)

D = İletin borusunun etkin çapı (m)

V_h = İletim borusu içerisindeki taşıyıcı hava hızı (m/s)

ρ_h = Havanın özgül kütlesi ($kg/m^3 = 1.223 \text{ kg/m}^3$)'dir.

3.2.8 Sürtünme Kaybının Belirlenmesi

İletim hattında materyalin neden olduğu birim boru boyundaki sürtünme kaybı aşağıdaki denklemler aracılığıyla belirlenir (Güner 2006):

$$I = \frac{h_L}{L} \quad [19]$$

$$I = \frac{\Delta P}{L \gamma_h} \quad [20]$$

Burada;

I = Birim boru boyundaki sürtünme kaybı (m/m)

h_L = Toplam sürtünme kaybı (m)

ΔP = Borudaki toplam basınç düşümü (P_a)

γ_h = Havanın özgül ağırlığı ($\gamma_h = 12 \text{ N/m}^3$)

L = Toplam boru uzunluğu ($L = 23 \text{ m}$)

İletim esnasında tesis içerisinde karşılaşılan toplam sürtünme kayıpları; tesis içerisinde farklı sürtünme kaynaklarına bağlı gerçekleşir. Bu çalışmada belirlenen sürtünme kaynaklarına göre oluşan sürtünmeler; hava-iletim borusu arasında, hava-iletile materyal arasında, iletim borusu-iletile materyal arasında ve materyal-materyal arasında gerçekleştiği gözlenmiştir.

Bu sürtünme kaynaklarına bağlı sürtünme kayıplarının toplamı olarak toplam sürtünme kayıpları oluşur. Toplam sürtünme kayıplarının sonucu oluşan toplam sürtünme katsayısı ise aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir;

$$f_t = \frac{2.\Delta P.D}{\rho.L.V^2} \quad [21]$$

$$f_t = f_{hd} + f_{hm} + f_{mp} + f_{mm} \quad [22]$$

Burada;

f_t = Toplam sürtünme katsayısı

f_{hp} = Hava-Boru arası sürtünme katsayısı

f_{hm} = Hava-Materyal arası sürtünme katsayısı

f_{mp} = Materyal-Boru sürtünme katsayısı

f_{mm} = Materyal-Materyal arası sürtünme katsayısı

3.2.9 Sadece Hava İletilmesindeki Parametrelerin Belirlenmesi

Hava hızının etkisi; 5 farklı roots üfleyici hızında 10 tekerrürlü yalnız hava iletimi yapılarak elde edilen hava hızlarının aritmetik ortalamaları alınarak incelenmiştir. Farklı kompresör hızları, hareket veren motorun hızının vektör kontrollü frekans inverter cihazı üzerinden değiştirilmesi ile elde edilmiştir. Üç farklı boru çapında denemeler aynı yöntemle yapılmıştır. İletim hattı üzerinde 5 farklı noktada basınç düşümü, sürtünme değerleri ve çekilen güç tespit edilmiştir.

İletimde 5 farklı kompresör devir değerlerine bağlı gelişen yalnız hava hızının değerlerinin etkilerinin incelenmesinde kompresör devirleri; kompresörü çalıştıran elektrik motorunun devrinin frekans çevirici kumanda (konvertör) vasıtasıyla değiştirilmesiyle oluşturulmuştur. Denemeler üç farklı boru çapı için de bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Hava hızlarının tayini için yaklaşımlardan birisi başlangıç (referans) hava hızının belirlenmesidir. Bunun için kompresörün sisteme hava emiş ağzındaki filtre kısmına bağlanmış ve orta bölümünde 12 mm çapında bir delik açılmış 70.3 mm çapında kısa bir borunun ucuna takıldığı emiş hızı ölçüm düzeneğinden yararlanılır. Bu düzenek yoluyla, kompresör tarafından sisteme emilen havanın hızı; Lutron AM-4204 marka anemometrenin probunun boruda açılmış 12 mm'lik delikten içeri sokularak 3 farklı noktadan ölçümle elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiş olur. Bu yöntemle örnek olarak 850 d/d kompresör devrinde emiş ağzındaki emilen havanın hızı 12.70 ms^{-1} olarak ölçülmüş ve bu değer 70.3 mm'lik iletim borusu ile iletimlerde başlangıç hava hızı olarak kullanılmış olur. Bu kompresör devrinde sistemce emilen hava miktarı aynı zamanda iletim hattına aktarılan hava debisi olup aynı devirde diğer boru çapları için de sisteme aktarılan hava debisini vermektedir. Dolayısıyla aynı kompresör devrinde diğer çaplar için hava hızları da bu değerler kullanılarak hesaplamalar yoluyla bulunur (Güner 2006). Diğer bir yaklaşım da kompresör katalog değerlerinden hareketle hava hızlarının belirlenmesidir. Bu yaklaşımla hava hızının belirlenmesi aşağıda örneklenmektedir. Bu çalışmada bu ikinci yöntem işletilmiştir.

Hesaplama yaklaşımı:

Ø 43.1 mm ve n=850 d/d ve $\Delta P = 23 \text{ mb}$ için; $V_h = \dots \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Kompresör kataloğunda

100 mb ile iletimde karşılık gelen hava hızı $V_h = 23.65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

200 mb ile iletimde karşılık gelen hava hızı $V_h = 21.59 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

100 mb' lık basınç farkı için hava hızındaki fark $V_h = 2.06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1 mb' lık basınç farkı için hava hızındaki fark $V_h = 0.0206 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mb}^{-1}$

$\Delta P = 23 \text{ mb}$ için;

$$V_h = 23.65 \text{ m.s}^{-1} - (23\text{mb} - 100\text{mb}) \times 0.0206 \text{ m.s}^{-1}.\text{mb}^{-1}$$

$$V_h = 23.65 \text{ m.s}^{-1} - (-77\text{mb}) \times 0.0206 \text{ m.s}^{-1}.\text{mb}^{-1}$$

$$V_h = 23.65 \text{ m.s}^{-1} + 1.5862 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_h = 25.24 \text{ m.s}^{-1}$$

$$Q_h = A \times V_h . \text{m}^3 . \text{s}^{-1}$$

$$Q_h = \frac{\pi \times D^2 \times V_h}{4}$$

$$Q_h = 0.03680 \text{ m}^3 . \text{s}^{-1}$$

Anemometrenin katalog bilgileri ise;

Marka: LUTRON AM-4204

Kademe	Çözünürlük	Doğruluk
0.2-20 m/s	0.1 m/s	$\pm(\%5+1\text{d})$
0.7-72.0 km/h	0.1 km/h	$\pm(\%5+1\text{d})$
0.5-44.7 mil/s	0.1 mil/s	$\pm(\%5+1\text{d})$

şeklinde verilmektedir.

3.2.10 Zedelenmenin Belirlenmesi

Denemelerden önce 3 farklı nem düzeylerindeki materyalden numune alınmıştır. Denemeler esnasında ise besleyici devirlerinin 15, 20 ve 25 d.d⁻¹ olduğu koşulda, % 6.36 nem içeriğindeki materyalden 5 farklı iletim hızında ve 3 farklı boru çapında iletim yapıldığı durumu için numuneler alınmış ve etiketlenmiştir. Her bir iletim koşulu için önceden tartılarak paketler halinde gruplandırılıp etiketlenmiş 10'ar kg iletim

materyali, iletim denemelerinde kullanılmıştır. Denemelerde pnömatik iletimleri gerçekleştirilirken materyallerde meydana gelen zedelenmeyi belirlemek üzere rastgele örnekleme yolu kullanılmış ve alınan numunelerden mekanik zedelenme oranı bulunmuştur. Bu doğrultuda, 3 farklı nem düzeyine sahip materyallerle denemelere başlamadan önce alınan numunelerden 3'er gramlık 10 grup oluşturulmuştur. Her bir 3'er gramlık grup içindeki kırık dane miktarı tartılarak tespit edilmiş ve ortalamaları alınmıştır.

Deneme iletimlerinin gerçekleştirilmelerini takiben materyallerden alınan numunelerden de yine aynı şekilde gruplar oluşturulmuş ve kırık dane miktarları tartılarak tespit edilip ortalamaları alınmıştır. Pnömatik denemelerini takiben materyallerden alınan numuneler içerisindeki mekanik zedelenmiş danelerin kütlesi artı pnömatik iletim öncesinden gelen kırık danelerin kütlesinden oluşan ve tartımlarla belirlenen ortalama toplam zedeli kütle(M_{tz}), pnömatik iletimlerinden önceki ortalama kırık dane kütlesinden(M_{ok}) çıkarılıp mekanik zedelenmiş dane kütlesi(M_d) bulunmuştur. Bu değer(M_d), toplam danelerin kütlesi(M_{ud}) olan 3 grama bölünerek mekanik zedelenme oranı tespit edilmiştir. Mekanik zedelenme oranının tespitinde aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

$$S_d = 100 \frac{M_d}{M_{ud}} \quad [18]$$

Burada;

S_d = Mekanik zedelenme oranı (%)

M_d = İletimden sonraki zedelenen danelerin kütlesi (g) = $M_{tz} - M_{ok}$

M_{ud} = Toplam danelerin kütlesi (g)' dir.

3.2.11 Bulguların İstatistik Analizi

Denemede nem faktörünün % 6.36, 16.54 ve 25.94 olmak üzere üç seviyesi bulunmaktadır. Üzerinde durulan özellikler bakımından nemler arasında fark olup olmadığının belirlenmesinde varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Varyans analizi

tekniklerinin ön şartları yerine gelmediğinde Box-cox transformasyonu ile yerine getirilmeye çalışılmıştır. Transformasyon uygulanmasına rağmen varyans analizi tekniklerinin ön şartlarının yerine gelmediği özelliklerde ise nemler arasında fark olup olmadığının belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır.

Farklı grupların belirlenmesinde varyans analizi tekniğin ön şartları yerine geldiğinde Duncan çoklu karşılaştırma yöntemi, gelmediğinde ise nonparametrik çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Bulguların sayısal, istatistiksel, digital görüntü işleme ve grafiksel analizleri Myriad v8, ImageJ 1.47v, Minitab 14 ve Minitab 18 ile MS Excel paket programları kullanılarak yapılmıştır.

Araştırma sonuçları; üzerinde durulan özelliklerin tamamı bakımından nemler arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Ayrıca her bir nem alt grubunda değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Materyallerin Fiziksel Özelliklerinin Ölçüm Sonuçları

Araştırmada materyal alınan 3 farklı nem içeriğindeki kanola tohumu danelerinin fiziksel donatılarına (özelliklerine) ilişkin olarak Çizelge 4.1’ de sıralanan boyutsal, kütle ve biçimsel büyüklükleri ile aerodinamik özellikleri ele alınmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’ de toplu olarak verilmektedir.

Çizelge 4.1 Üç farklı nem düzeyinde incelenen materyal kanola (kolza)'nın fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Materyal Nem İçerikleri (%)		
	6.36	16.54	25.94
Boyutsal büyüklükler			
Uzunluk (mm)	2.14±0.011A**	2.195±0.009A	2.271±0.011B
Genişlik (mm)	1.83±0.0097B**	1.952±0.0079A	2.007±0.0005A
Kalınlık (mm) = Genişlik (mm)	1.83±0.0097B**	1.952±0.0079A	2.007±0.0005A
Aritmetik Ortalama Çap (mm)	1.93±0.0086C**	2.033±0.0073B	2.095±0.0080A
Geometrik Ortalama Çap (mm)	1.928±0.0087C**	2.03±0.0074B	2.09±0.0080A
Eşdeğer Küre Çapı (mm)	1.05	1.949	2.034
Kütleli büyüklükler			
Bin Dane Ağırlığı (g)	3.81±0.012C**	4.195±0.038B	4.697±0.072A
Hacim Ağırlığı (Kg/m ³)	643±0.0176A**	621.2±2.06B	597.8±0.521C
Gerçek Yoğunluk (Kg/m ³)	1041.66±0.887C**	1064±0.263B	1075.2±0.658A
Dane Hacmi (mm ³ /dane)	3.75±0.0504C**	4.379±0.0452B	4.79±0.0531A
Dane Ağırlığı (gr)	0.00381	0.004168	0.004688
Biçimsel büyüklükler			
Küresellik(%)	0.91±0.0034C**	0.924±0.0025A	0.921±0.0029B
Basıklık(%)	0.145±0.0048A**	0.111±0.0036C	0.116±0.0042B
Porozite(%)	38.27	42.22	42.22
Danenin Projeksiyon (İzdüşüm) Alanı (mm ²)-[x-Düzlemine Göre]-Eşitlikten	3.597±0.0375A**	3.784±0.0317A	4.05±0.0375B
Danenin Projeksiyon (İzdüşüm) Alanı (mm ²)-[y; z-Düzlemlerine Göre] - Eşitlikten	3.076±0.0269C**	3.365±0.0236B	3.579±0.0269A
Danenin Projeksiyon (İzdüşüm) Alanı (mm ²)-ImageJ 1.47v paket yazılımı ile	3.187	3.480	3.614
Danenin Projeksiyon (İzdüşüm) Alanı (mm ²)-Myriad v8.0 paket yazılımı ile	2.430±0.0005 C**	3.100±0.0006 B	3.380±0.0007A
Terminal Hızı (m/s)	5.8336±0.0674C**	6.8773±0.0472B	7.3064±0.0619 A

**Aynı satırlarda aynı harflerle verilen değerler arasındaki farklar üzerinde durulan özellikler bakımından istatistiksel olarak önemsizdir (P=0.000).

Kanolanın incelenen aerodinamik özelliklerinden terminal hızı değerleri; %6.36 – 16.54 ve 25.94 nem içeriklerine bağlı olarak sırasıyla 5.8336 ms⁻¹, 6.8773 ms⁻¹ ve 7.3064 ms⁻¹ ölçülmüştür. Terminal hızlar; tanecikli malzemelerin özellikle pnömatik iletimlerinde,

iletici, teçhizat ve sistemlerinin tasarımında en temel parametrelerden birisini oluşturmaktadır.

Düzgün, aksamaksızın ve hasarsız tanecikli materyal iletiminde iletim hızlarının belirlenmesi için terminal hızların yeterince hassas ve doğru belirlenmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Uygulamada sorunsuz bir iletim için materyalin pnömatik iletim hızlarının; materyal terminal hızlarının genellikle 2 – 2.5 katı olacak şekilde seçilmesi uygundur (Güner 2006).

Ghasemlou vd. (2010), maş fasulyesi (mung bean) üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmalarında, maş fasulyesinin farklı nem düzeylerindeki (% 8.72, 13.17, 21.92, 24.03 ve 27.41 kuru baz) terminal hızlarının nem içeriklerindeki artışlarla sırasıyla 4.96 ms⁻¹ ile 5.81 ms⁻¹ aralığında artan yönde değişikliklerini kaydetmişlerdir. Terminal hızlar için materyal nem içeriklerindeki artışlara bağlı şekilde aynı artış yönlü sonuçlar kimyonda (Singh ve Goswami 1996), kayısı çekirdeğinde (Gezer vd. 2002), nohutta (Konak vd. 2002) ve kenevir tohumlarında (Saçılık vd. 2003) bildirilmiştir.

Sürüklenme katsayısı (C_d) değerleri ise %6.36 – 16.54 ve 25.94 nem içeriklerine bağlı şekilde ardışık olarak 0.5418 – 0.4701 ve 0.4030 hesaplanmıştır.

Denemelerde ele alınan 3 farklı nem içeriğindeki kanolanın pnömatik iletiminde, boyutsuz aerodinamik büyüklük olan Reynold sayısı (NR_e) değerleri ise %6.36 – 16.54 ve 25.94 nem içeriklerine göre sırasıyla 786.7637 – 951.3296 ve 1045.60685 şeklinde hesaplanmıştır. Bu değer; tanecikli materyalin hava, su ve yağ gibi iletim ortamlarıyla iletimlerinde akışın gerçekleşme davranışını ve biçimini ortaya koymaya imkân veren bir ölçütü sağlamaktadır. Bu değerlerin $NR_e < 2000$ olması; akış seyrinin laminar gerçekleştiğini, $NR_e = 2000 – 10000$ aralığında değer alması akışın geçiş akımı olarak seyrettiğini ve $10000 < NR_e$ değeri aldığı durumlarda ise akış seyrinin türbülanslı bir şekilde gerçekleştiğini tanımlamaktadır.

4.2 Materyallerin Besleme Debileri Ölçüm Sonuçları

Besleyicinin, sabit bir materyal hareketlendirici roots kompresör (Longtech – LT-65) devrinde, üç farklı besleyici devrindeki elde edilen materyal iletimi ölçüm sonuçları Çizelge 4.2’ de verilmektedir.

Çizelge 4.2 Besleyiciden (eklüs) kanola besleme debileri ölçüm değerleri

Besleyici devri (d.d ⁻¹)	Ortalama besleme debileri (kg.s ⁻¹)	Ortalama besleme debileri (t.h ⁻¹)
15	1.08	3.89
20	1.52	5.47
25	2.08	7.49

4.3 İletim Hattında Sadece Hava İletilmesi Deneme Sonuçları

Denemeler esnasında iletim hattı boyunca 5 farklı kompresör devrinde salt havanın iletilmesi halinde basınç düşümündeki değişim davranışlarının ortaya konmasına yönelik gerçekleştirilen ölçümler 10 tekrarlamalı yapılarak, aritmetik ortalaması alınmasıyla elde edilen sonuç değerler aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Farklı 3 çapta boruyla iletim hattında yalnız hava iletimi durumunda basınç düşümü ve güç tüketimi ölçüm değerleri (boşta çalışma)

Kompresör Devri (d.d ⁻¹)	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)			Güç tüketimi (watt)		
	Ø43.1mm	Ø54.5mm	Ø70.3mm	Ø43.1mm	Ø54.5mm	Ø70.3mm
850	23	13	2	1030	860	1040
1150	47	22	8	1150	1060	1120
1450	74	33	15	1320	1030	1180
1750	107	45	22	1590	1210	1270
2250	165	69	33	2190	1600	1580

Farklı boru çapları için belirlenen hava hızları, hava debileri, sürtünme ve güç tüketim değerleri ise aşağıda cetvel şeklinde topluca verilmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Farklı 3 çapta boruyla iletim hattında yalnız hava iletimi durumunda deneme sonuçlarının tümleşik gösterimi

Boru çapları (mm)	n (d/d)	ΔP (mb)	V_h (m.s ⁻¹)	Q_h (m ³ .s ⁻¹)	I (m.m ⁻¹)	f	N (w)
Ø 43.1	850	23	25.24	0.0368	8.33	0.001106	1030
	1150	47	36.44	0.0590	17.03	0.001097	1150
	1450	74	47.68	0.0776	26.81	0.001015	1320
	1750	107	58.93	0.0959	38.77	0.000967	1590
	2250	165	77.45	0.1260	59.78	0.000865	2190
Ø 54.5	850	13	15.93	0.0370	4.71	0.002023	860
	1150	22	23.10	0.0600	7.97	0.001628	1060
	1450	33	30.33	0.0788	11.96	0.001416	1030
	1750	45	37.61	0.0977	16.30	0.001256	1210
	2250	69	49.60	0.1290	25.00	0.001107	1600
Ø 70.3	850	2	9.65	0.0414	0.72	0.001094	1040
	1150	8	13.98	0.0599	2.90	0.002085	1120
	1450	15	18.35	0.0787	5.43	0.002269	1180
	1750	22	22.77	0.0976	7.97	0.002161	1270
	2250	33	30.07	0.1289	11.96	0.001859	1580

4.4 İletim Hattında Materyal İletimi Durumunda Denemelerin Birleşik Sonuçları

4.4.1 Kanolanın 3-farklı nemde pnömatik iletiminde basınç düşümü ve güç tüketimi deneme ölçüm sonuçları

Kanola danelerinin % 6.36 – 16.54 ve 25.94 şeklindeki 3 farklı nem içeriğinde, 5 farklı materyal hızında ve 3 farklı materyal debisiyle pnömatik iletimlerindeki denemelerinden elde edilen basınç kayıpları ve güç tüketimleri sonuçları Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7’ de özetlenmiştir.

Çizelge 4.5 Doğal % 6.36 nemde 3 farklı boru çapında iletimde basınç düşümü ve güç ölçümleri (yükte çalışma) tümleşik deneme sonuçları

Kompresör Devri (d/d)	Materyal debileri(t/h) (Nem: %6.36)																	
	3.89						5.47						7.49					
	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)			Güç tüketimi (watt)			Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)			Güç tüketimi (watt)			Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)			Güç tüketimi (watt)		
	Ø 43.1 mm	Ø 54.5 mm	Ø 70.3 mm	Ø 43.1 mm	Ø 54.5 mm	Ø 70.3 mm	Ø 43.1 mm	Ø 54.5 mm	Ø 70.3 mm	Ø 43.1 mm	Ø 54.5 mm	Ø 70.3 mm	Ø 43.1 mm	Ø 54.5 mm	Ø 70.3 mm	Ø 43.1 mm	Ø 54.5 mm	Ø 70.3 mm
850	265	55	40	1610	1143	1023	387	77	48	1620	1140	1137	396	63	53	1710	1183	1160
1150	359	105	45	2110	1157	1227	428	84	50	2273	1343	1263	471	108	55	2500	1353	1297
1450	401	148	48	2437	1383	1420	509	159	52	2487	1470	1460	526	159	57	2810	1520	1503
1750	451	191	62	3150	1813	1660	545	204	65	3353	1990	1737	594	197	73	3543	2013	1767
2250	572	240	100	3690	2777	2580	597	260	110	3876	2817	2620	631	259	115	4183	3033	2690

Çizelge 4.6 %16.54 (y.b.) nemde 70.3 mm boru çapında iletimde basınç düşümü ölçümleri (yükte çalışma) tümleşik deneme sonuçları

Kompresör Devri (d/d)	Materyal debileri(t/h) (Nem:%16.54)					
	3.89		5.47		7.49	
	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)	Güç tüketimi (watt)	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)	Güç tüketimi (watt)	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)	Güç tüketimi (watt)
	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm
850	42	1123	50	1168	55	1180
1150	37	1260	51	1283	57	1300
1450	40	1460	54	1490	60	1513
1750	53	1700	69	1750	75	1777
2250	124	2600	125	2650	123	2700

Çizelge 4.7 %25.94 (y.b.) nemde 70.3 mm boru çapında iletimde basınç düşümü ölçümleri (yükte çalışma) tümleşik deneme sonuçları

Kompresör Devri (d/d)	Materyal debileri(t/h) (Nem: %25.94)					
	3.89		5.47		7.49	
	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)	Güç tüketimi (watt)	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)	Güç tüketimi (watt)	Basınç kaybı $\Delta P = P_1 - P_5$ (mb)	Güç tüketimi (watt)
	Ø70.3mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm	Ø70.3 mm
850	45	1145	50	1188	58	1199
1150	49	1280	53	1300	60	1335
1450	54	1480	56	1510	63	1520
1750	75	1730	80	1815	82	1803
2250	127	2610	130	2713	136	2760

Çizelge 4.8, doğal nem içeriğinde (%6.36 y.b.) iletilen kanola tohumlarının pnömatik iletimlerindeki basınç düşümü, güç tüketimi, hava hızı, materyal hızı, hava debisi, materyal besleme debisi, karışım oranı, sürtünme kaybı ve katsayısı değerlerine ilişkin ölçüm sonuçları ve bunlara dayalı hesaplamaların çıktılarının özetini göstermektedir.

İncelenen diğer iki nem içeriğindeki (%16.54 ve %25.94 y. b.) iletimlere ilişkin karakteristik değer ölçümleri; oluşan yapışma ve topaklanmalara bağlı yaşanan aksaklıklar sebebiyle, boru çapının 43.1 mm ve 54.5 mm olduğu durumlar için gerçekleştirilememiştir. Boru çapının 70.3 mm olduğu koşul için gerçekleştirilmiş olan denemelerden ölçülen ve elde edilen sonuçlar ile onlara dayalı yürütülen hesaplama çıktıları ise Çizelge 4.9 ve 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.8 Farklı 3 boru çapında %6.36 nemde (y.b.) iletimde tümleşik deneme sonuçları

İletilen Materyal kütlesi- Q_m (t/h)	Boru Çapları- D (m)	n (d/d)	ΔP (mb)	$\Delta P'$ (Pa. m^{-1})	V_h ($m.s^{-1}$)	Q_h ($m^3.s^{-1}$)	Sürtünme Kaybı $I=10^2.\Delta P/L$ γ_h ($m.m^{-1}$)	$V_i=0.80*V_h$ ($m.s^{-1}$)	Karışım oranı (%) $\mu=Q_m/1,223.Q_h$	Sürtünme Katsayısı $f=2.\Delta P.D/1,223.L.(V_h)^2$	N (w)
3.89	0.0431	850	265	1152.17	18.35	0.0268	96.01	14.68	33.13	0.00241	1610
		1150	359	1560.87	30.22	0.0441	130.07	24.18	20.14	0.00120	2110
		1450	401	1743.48	41.33	0.0603	145.29	33.06	14.73	0.00072	2437
		1750	451	1960.87	52.3	0.0764	163.41	41.84	11.62	0.00051	3150
		2250	572	2486.96	74.38	0.1086	207.25	59.5	8.18	0.00032	3690
	0.0545	850	55	239.13	15.39	0.0359	19.93	12.31	24.73	0.00090	1143
		1150	105	456.52	22.09	0.0515	38.04	17.67	17.24	0.00083	1157
		1450	148	643.48	28.92	0.0674	53.62	23.14	13.17	0.00069	1383
		1750	191	830.43	35.83	0.0836	69.2	28.66	10.62	0.00058	1813
		2250	240	1043.48	48.12	0.1122	86.96	38.5	7.91	0.00040	2777
	0.0703	850	40	173.91	9.21	0.0357	14.49	7.37	24.87	0.00236	1023
		1150	45	195.65	13.74	0.0533	16.3	10.99	16.66	0.00119	1227
		1450	48	208.70	17.93	0.0696	17.39	14.34	12.76	0.00075	1420
		1750	62	269.57	22.11	0.0858	22.46	17.69	10.35	0.00063	1660
		2250	100	434.78	29.25	0.1135	36.23	23.4	7.82	0.00058	2580
5.47	0.0431	850	387	1682.61	6.79	0.0099	53.26	5.43	125.54	0.02572	1620
		1150	428	1860.87	27.21	0.0397	107.97	21.77	31.31	0.00177	2273
		1450	509	2213.04	41.27	0.0603	142.39	33.02	20.61	0.00092	2487
		1750	545	2369.57	52.08	0.076	161.23	41.66	16.35	0.00062	3353
		2250	597	2595.65	75.4	0.1101	211.59	60.32	11.29	0.00032	3876
	0.0545	850	77	334.78	15.1	0.0352	27.9	12.08	35.31	0.00131	1140
		1150	84	365.22	22.35	0.0521	37.68	17.88	23.85	0.00065	1343
		1450	159	691.30	28.79	0.0671	57.61	23.03	18.52	0.00074	1470
		1750	204	886.96	35.67	0.0832	73.91	28.54	14.94	0.00062	1990
		2250	260	1130.43	48.3	0.1126	92.75	38.64	11.04	0.00043	2817
	0.0703	850	48	208.70	9.01	0.035	17.39	7.21	35.51	0.00296	1137
		1150	50	217.39	13.55	0.0526	18.12	10.84	23.63	0.00136	1263
		1450	52	226.09	18.1	0.0702	18.84	14.48	17.7	0.00079	1460
		1750	65	282.61	22.43	0.087	23.55	17.94	14.29	0.00065	1727
		2250	110	478.26	29.51	0.1145	39.86	23.61	10.85	0.00063	2620
7.49	0.0431	850	396	1721.74	17.78	0.026	143.48	14.22	65.41	0.00384	1710
		1150	471	2047.83	28.42	0.0415	170.65	22.74	40.98	0.00179	2500
		1450	543	2360.87	41.85	0.0611	196.74	33.48	27.84	0.00095	2810
		1750	619	2691.30	51.66	0.0754	224.28	41.33	22.56	0.00071	3543
		2250	704	3060.87	71.14	0.1039	255.07	56.91	16.37	0.00043	4183
	0.0545	850	63	273.91	15.28	0.0356	22.83	12.22	47.77	0.00105	1183
		1150	108	469.57	20.81	0.0509	39.13	16.65	33.41	0.00097	1353
		1450	159	691.30	28.79	0.0671	57.61	23.03	25.35	0.00074	1520
		1750	197	856.52	35.76	0.0834	71.38	28.61	20.39	0.00060	2013
		2250	259	1126.09	47.21	0.1101	93.84	37.77	15.45	0.00045	3033
	0.0703	850	53	230.43	9.17	0.0356	19.2	7.34	47.77	0.00315	1160
		1150	55	239.13	13.7	0.0531	19.93	10.96	32.03	0.00146	1297
		1450	57	247.83	18.15	0.0704	20.65	14.52	24.16	0.00086	1503
		1750	73	317.39	22.44	0.0871	26.45	17.95	19.53	0.00072	1767
		2250	115	500.00	29.51	0.1145	41.67	23.61	14.85	0.00066	2690

Çizelge 4.9 Çapı 70.3 mm olan boruyla %16.54(y.b.) nemdeki materyalin iletiminde tümleşik deneme sonuçları

Boru Çapı-D (m)	İletilen Materyal kütlesi-Q _m (t/h)	n (d/d)	ΔP (mb)	ΔP (Pa.m ⁻¹)	V _h (m.s ⁻¹)	Q _h (m ³ .s ⁻¹)	Sürtünme kaybı I=102.ΔP/L.γ _h (m.m ⁻¹)	V _i =0.80*V _h (m.s ⁻¹)	Karışım oranı(%) μ=Q _m /1,223.Q _h	Sürtünme Katsayısı f=2.ΔP.D/1,223. L.(V _h) ²	N (w)
0.0703	3.89	850	42	182.61	9.34	0.0362	15.22	7.47	24.53	0.00241	1123
		1150	47	204.35	13.77	0.0534	17.03	11.02	16.63	0.00124	1260
		1450	50	217.39	18.17	0.0705	18.12	14.54	12.60	0.00076	1460
		1750	63	273.91	22.5	0.0875	22.83	18.00	10.15	0.00062	1700
		2250	124	539.13	29.4	0.1141	44.93	23.52	7.78	0.00072	2600
	5.47	850	50	217.39	9.28	0.036	18.12	7.42	34.52	0.00290	1168
		1150	51	221.74	13.75	0.0533	18.48	11.00	23.32	0.00135	1283
		1450	54	234.78	18.12	0.0703	19.57	14.50	17.68	0.00082	1490
		1750	69	300.00	22.55	0.0875	25.00	18.04	14.20	0.00068	1750
		2250	125	543.48	29.76	0.1155	45.29	23.81	10.76	0.00071	2650
	7.49	850	55	239.13	9.2	0.0357	19.93	7.36	47.64	0.00325	1180
		1150	57	247.83	13.57	0.0526	20.65	10.86	32.33	0.00155	1300
		1450	60	260.87	18.18	0.0705	21.74	14.54	24.12	0.00091	1513
		1750	75	326.09	22.54	0.0875	27.17	18.03	19.44	0.00074	1777
		2250	127	552.17	29.73	0.1153	46.01	23.78	14.75	0.00072	2700

Çizelge 4.10 Çapı 70.3 mm olan boruyla %25.94(y.b.) nemde materyalin iletiminde tümleşik deneme sonuçları

Boru çapı-D (m)	İletilen materyal kütlesi-Q _m (t/h)	n (d/d)	ΔP (mb)	ΔP (Pa . m ⁻¹)	V _h (m.s ⁻¹)	Q _h (m ³ .s ⁻¹)	Sürtünme kaybı I=10 ² ΔP/Lγ _h (m.m ⁻¹)	V _i =0.80*V _h (m.s ⁻¹)	Karışım Oranı(%) μ=Q _m /1.223.Q _h	Sürtünme katsayısı f=2.ΔP.D/1.22 3.L.(V _h) ²	N (w)
0.0703	3.89	850	45	195.65	9.20	0.0357	16.30	7.36	24.87	0.00266	1145
		1150	49	213.04	13.59	0.0527	17.75	10.87	16.85	0.00133	1280
		1450	54	234.78	18.11	0.0703	19.57	14.49	12.63	0.00082	1480
		1750	75	326.09	22.35	0.0867	27.17	17.88	10.24	0.00075	1730
		2250	127	552.17	29.38	0.1140	46.01	23.50	7.79	0.00074	2610
	5.47	850	50	217.39	9.22	0.0358	18.12	7.38	34.72	0.00294	1188
		1150	53	230.43	13.65	0.0530	19.20	10.92	23.45	0.00142	1300
		1450	56	243.48	18.10	0.0702	20.29	14.48	17.70	0.00085	1510
		1750	80	347.83	22.48	0.0872	28.99	17.98	14.25	0.00079	1815
		2250	130	565.22	29.62	0.1149	47.10	23.70	10.82	0.00074	2713
	7.49	850	58	252.17	9.21	0.0375	21.01	7.37	45.35	0.00342	1199
		1150	60	260.87	13.54	0.0525	21.74	10.83	32.39	0.00164	1335
		1450	63	273.91	18.15	0.0704	22.83	14.52	24.16	0.00096	1520
		1750	82	356.52	22.50	0.0873	29.71	18.00	19.48	0.00081	1803
		2250	130	565.22	29.68	0.1152	47.10	23.74	14.76	0.00074	2760

4.5 Mekanik Zedelenme

Kanola tohumu danelerinin 3 farklı nem, boru çapı ve besleyici devri düzeyleri ile 5 farklı hava hızlarındaki pnömatik iletimlerinde oluşan mekanik zedelenme durumlarına dair deneme sonuçları Çizelge 4.11, 4.12 ve 4.13’ de özetlendikleri şekilde oluşmuştur.

Çizelge 4.11 Farklı 3 boru çapında % 6.36 (y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme

Materyal nem oranı (%)	Kompresör devri (d/d)	Boru çapları (mm)	İletimlerden sonraki kırık dane miktarı/toplam dane miktarı oranları(gr/gr)			İletimlerden önceki kırık dane miktarı/toplam dane miktarı oranları(gr/gr)		
			Besleyici devirleri (d/d)			Besleyici devirleri (d/d)		
			15	20	25	15	20	25
6.36	850	43.1	0.039678	0.044447	0.054125	0.022134	0.018634	0.021389
		54.5	0.023054	0.03991	0.032323	0.010204	0.023722	0.008584
		70.3	0.041805	0.127407	0.084867	0.032625	0.115472	0.068898
	1150	43.1	0.050277	0.056829	0.060956	0.032364	0.027346	0.023989
		54.5	0.026022	0.037922	0.032423	0.010417	0.018692	0.007432
		70.3	0.040472	0.101799	0.070974	0.028621	0.088611	0.052615
	1450	43.1	0.040069	0.085063	0.09167	0.021765	0.053898	0.052455
		54.5	0.038324	0.057529	0.040128	0.021277	0.037095	0.012862
		70.3	0.042685	0.129195	0.101654	0.030658	0.115472	0.082083
	1750	43.1	0.070931	0.084433	0.072527	0.051164	0.049898	0.028753
		54.5	0.029827	0.032795	0.045297	0.010432	0.009756	0.014469
		70.3	0.040227	0.068203	0.086098	0.027043	0.052237	0.065452
	2250	43.1	0.074101	0.077731	0.081746	0.053115	0.042418	0.036802
		54.5	0.041849	0.036476	0.049722	0.02027	0.011278	0.016706
		70.3	0.044571	0.086206	0.104669	0.028857	0.067940	0.081390

Çizelge 4.12 Çapı 70.3 mm boruda % 16.54 (y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme

Materyal nem oranları (%)	Kompresör Devri (d/d)	Boru çapları (mm)	İletimlerden sonraki kırık dane miktarı/toplam dane miktarı oranları(gr/gr)			İletimlerden önceki kırık dane miktarı/toplam dane miktarı oranları(gr/gr)		
			Besleyici devirleri (d/d)			Besleyici devirleri (d/d)		
			15	20	25	15	20	25
16.54	850	70.3	0.047393	0.055276	0.071835	0.027027	0.030978	0.040136
	1150	70.3	0.042556	0.059197	0.069011	0.020000	0.032944	0.034599
	1450	70.3	0.055876	0.086910	0.068213	0.032077	0.057901	0.032772
	1750	70.3	0.047016	0.076216	0.072390	0.019386	0.046879	0.033850
	2250	70.3	0.065079	0.065857	0.059568	0.036364	0.034000	0.018934

Çizelge 4.13 Çapı 70.3 mm'lik boruda %25.94 nemde materyali iletimde mekanik zedelenme

Materyal nem oranları (%)	Kompresör devri (d/d)	Boru çapları (mm)	İletimlerden sonraki kırık dane miktarı/toplam dane miktarı oranları(gr/gr)			İletimlerden önceki kırık dane miktarı/toplam dane miktarı oranları(gr/gr)		
			Besleyici devirleri (d/d)			Besleyici devirleri (d/d)		
			15	20	25	15	20	25
25.94	850	70.3	0.046130	0.049645	0.049568	0.020058	0.021127	0.014085
	1150	70.3	0.048510	0.042544	0.049979	0.020333	0.010204	0.012414
	1450	70.3	0.044346	0.060127	0.069482	0.012195	0.025862	0.030222
	1750	70.3	0.043987	0.062599	0.070118	0.009615	0.022556	0.026346
	2250	70.3	0.046658	0.056845	0.06121	0.010204	0.014925	0.014857

Kanola tohumu danelerinin 3 farklı nem, boru çapı ve besleyici devri düzeyleri ile 5 farklı hava hızlarındaki pnömatik iletimlerinde oluşan mekanik zedelenme yüzde oranları ise Çizelge 4.14, 4.15 ve 4.16'daki gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.14 Farklı 3 boru çapında %6.36(y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme oranları

Materyal nem oranı (%)	Kompresör devri (d/d)	Boru çapları (mm)	İletimlerden sonra zedelenme oranları (%)		
			Besleyici devirleri (d/d)		
			15	20	25
6.36	850	43.1	1.75440	2.58131	3.27368
		54.5	1.28496	1.61879	2.37389
		70.3	0.91798	1.19351	1.59685
	1150	43.1	1.79130	2.94828	3.69671
		54.5	1.56054	1.92308	2.49914
		70.3	1.18517	1.31882	1.83581
	1450	43.1	1.83038	3.11642	3.92157
		54.5	1.70476	2.04340	2.72662
		70.3	1.20263	1.37233	1.95707
	1750	43.1	1.31840	1.59655	2.06460
		54.5	1.93951	2.30385	3.08280
		70.3	1.31840	1.59655	2.06460
	2250	43.1	2.09861	3.53133	4.49437
		54.5	2.15789	2.51976	3.30159
		70.3	1.57144	1.82666	2.32790

Çizelge 4.15 Çapı 70.3 mm boruda %16.54(y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme oranları

Materyal nem oranları(%)	Kompresör devri (d/d)	Boru çapları (mm)	İletimlerden sonra zedelenme oranları(%)		
			Besleyici devirleri (d/d)		
			15	20	25
16.54	850	70.3	2.03664	2.42984	3.16989
	1150	70.3	2.25564	2.62524	3.44129
	1450	70.3	2.37986	2.90091	3.54413
	1750	70.3	2.76302	2.93372	3.85401
	2250	70.3	2.87157	3.18566	4.06345

Çizelge 4.16 Çapı 70.3 mm boruda % 25.94(y.b.) nemde materyali iletimde mekanik zedelenme oranları

Materyal nem oranları(%)	Kompresör devri (d/d)	Boru çapları (mm)	İletimlerden sonra zedelenme oranları(%)		
			Besleyici devirleri (d/d)		
			15	20	25
25.94	850	70.3	2.60719	2.85185	3.54832
	1150	70.3	2.81767	3.23398	3.75653
	1450	70.3	3.21506	3.42647	3.92599
	1750	70.3	3.43719	4.00421	4.37718
	2250	70.3	3.64541	4.19193	4.63530

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1 Materyalin Üç Farklı Nemde Fiziksel Özellikleri Arasındaki Değişimlerin Değerlendirilmesi

5.1.1 Boyutsal özellikler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi

Farklı 3 neme (% 6.36, 16.54 ve 25.94) göre kanola tanesinin uzunluk(L), genişlik(W), kalınlık(T), aritmetik(D_a) ve geometrik(D_g) ortalama çaptan oluşan boyutsal özelliklerinin grafiksel ve istatistiksel çözümlemelerinin çıktıları Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 ve 5.6'da gösterildiği gibi olmuştur. Kanola tanesinin yapısı gereği genişliği kalınlığına eşdeğer alınmıştır.

Bunlara göre, kanola tanelerinin % nem içeriklerine (X) bağlı olarak boyutsal özelliklerinin değişim eğilimlerinin aşağıda verilen regresyon eşitlikleri ile kestirilebileceği bulunmuştur.

Uzunluk (L) için;

$$L = 0.000135X^2 + 0.002324X + 2.120; R^2 = 16.1 \text{ (tekerrürler arası ortalama değerler üzerinden)}$$

$$L = 0.000139X^2 + 0.002313 + 2.118; R^2 = 96.5 \text{ (tekerrürler içi ortalama değerler üzerinden)}$$

Genişlik (W) =Kalınlık (T) için;

$$W = T = - 0.000328X^2 + 0.01979X + 1.715; R^2 = 34.5 \text{ (tekerrürler arası ortalama değerler üzerinden)}$$

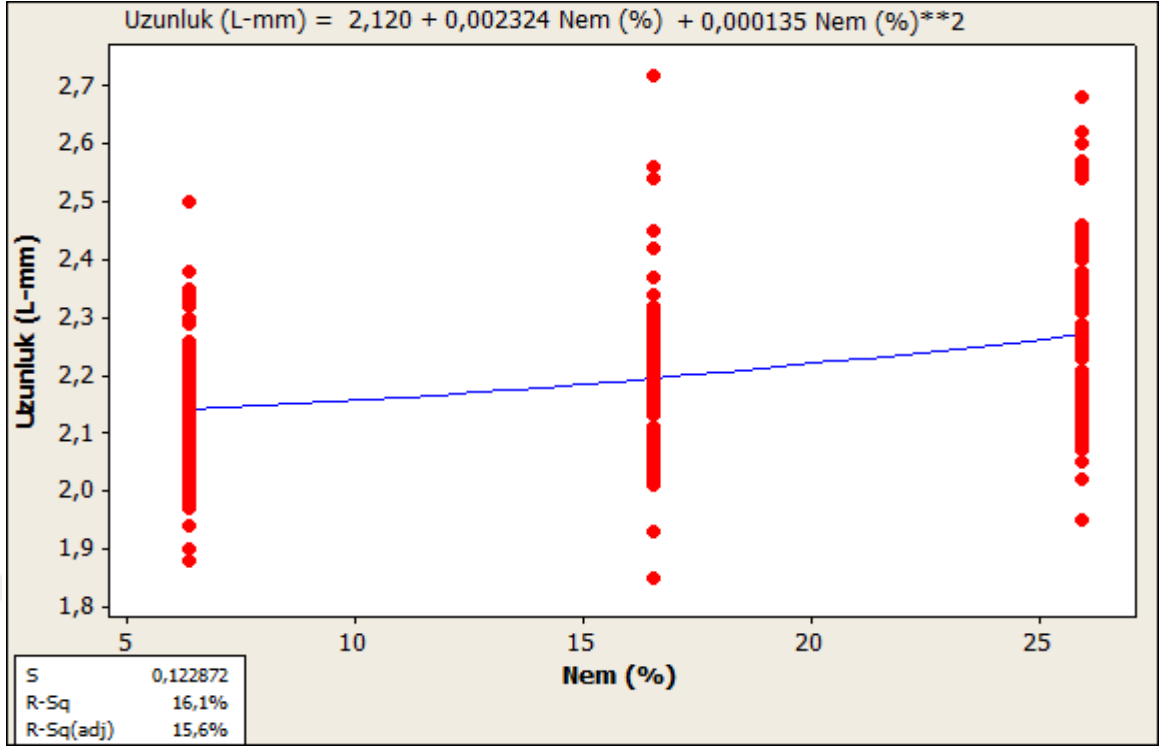
$$W = T = - 0.000318X^2 + 0.01937X + 1.719; R^2 = 98.5 \text{ (tekerrürler içi ortalama değerler üzerinden)}$$

Aritmetik Ortalama Çap (D_a) için;

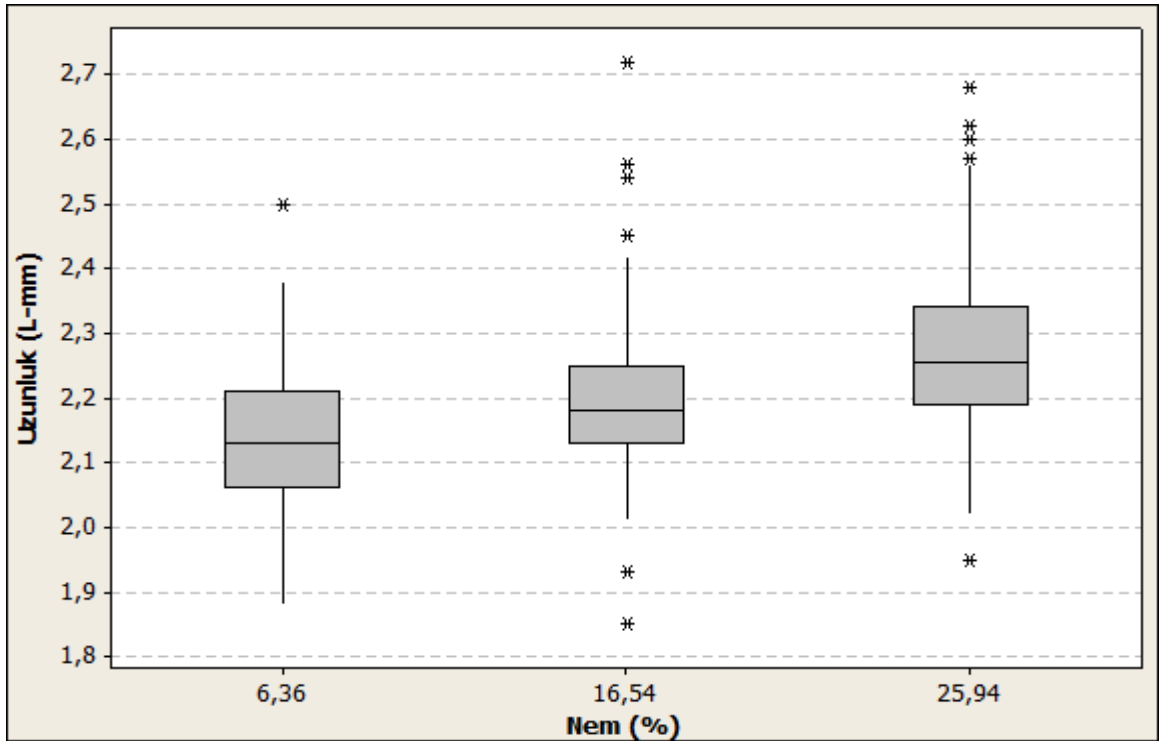
$$D_a = -0.000176 + 0.01403X + 1.849; R^2 = 34.6$$

Geometik Ortalama Çap (D_g) için;

$$D_g = -0.000192X^2 + 0.01464X + 1.840; R^2 = 34.6$$

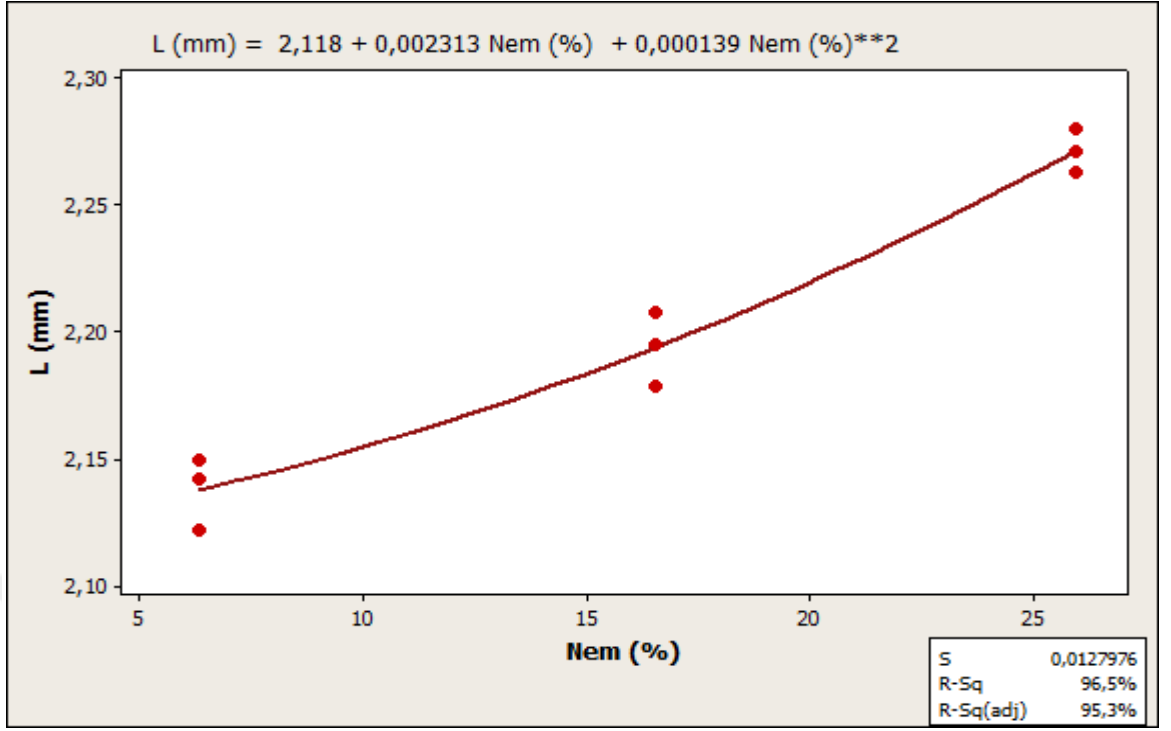


(a)

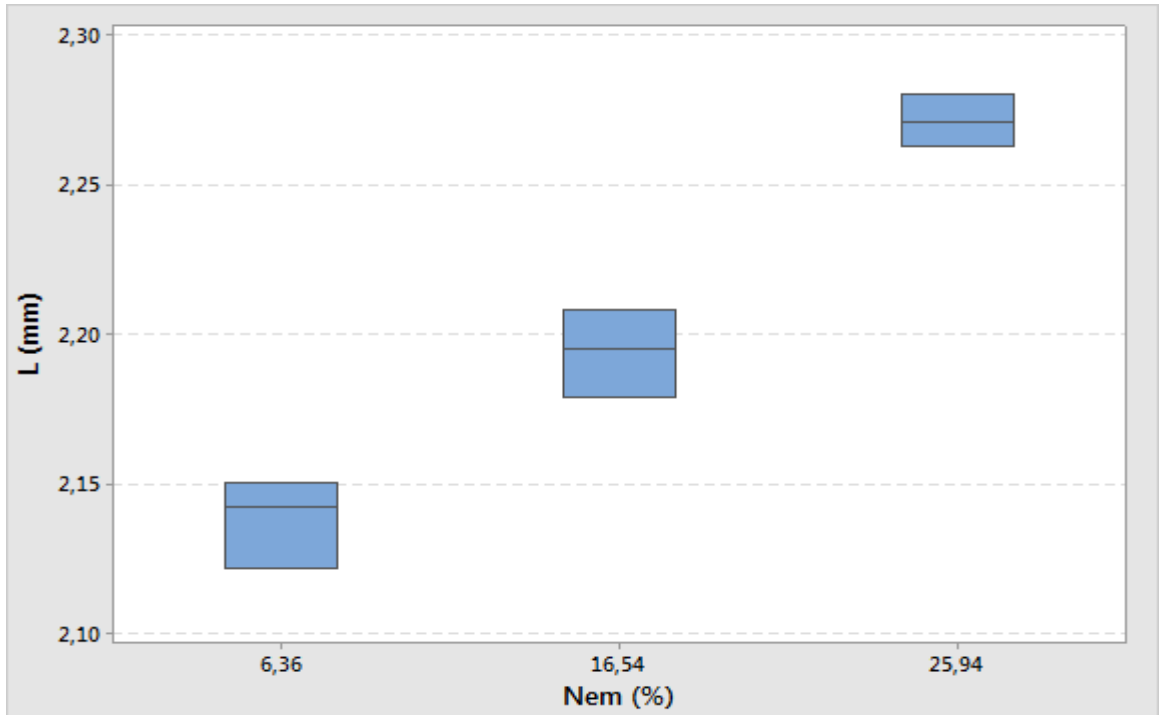


(b)

Şekil 5.1 Nem içeriklerine (y.b.) göre kanolanın 100'er tanelik 3 tekerrürlü örneklemeleri ortalaması olarak tane uzunluğundaki (L) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).

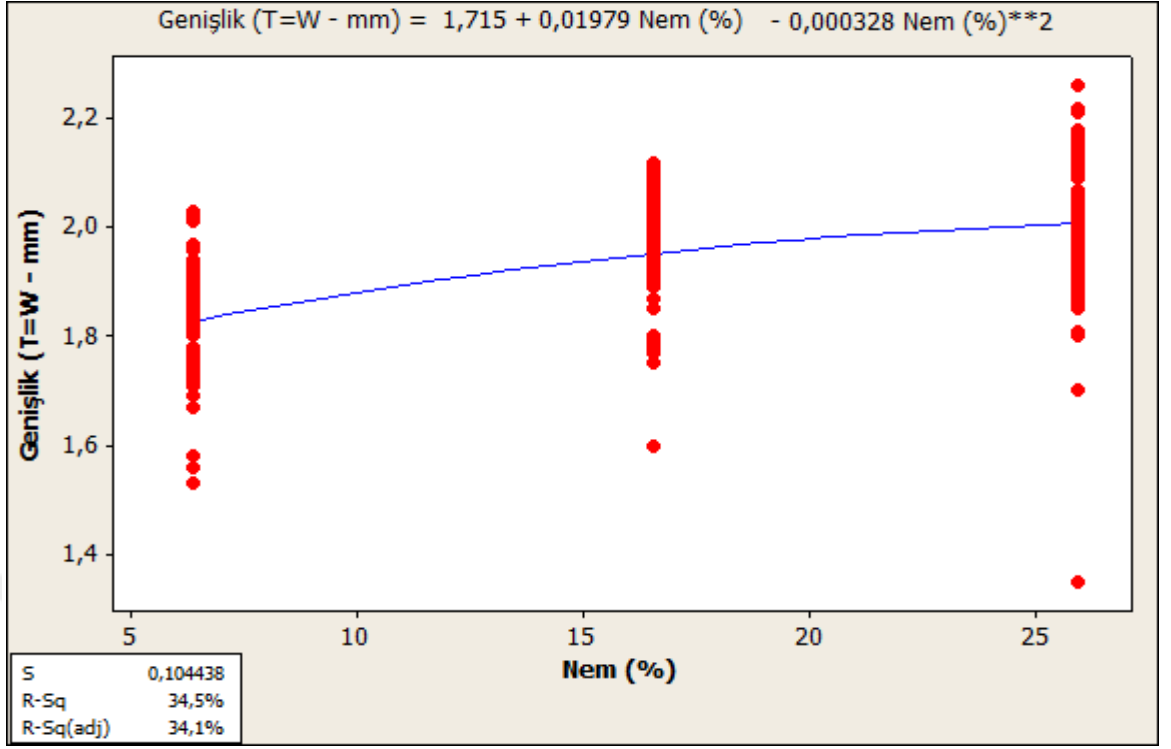


(a)

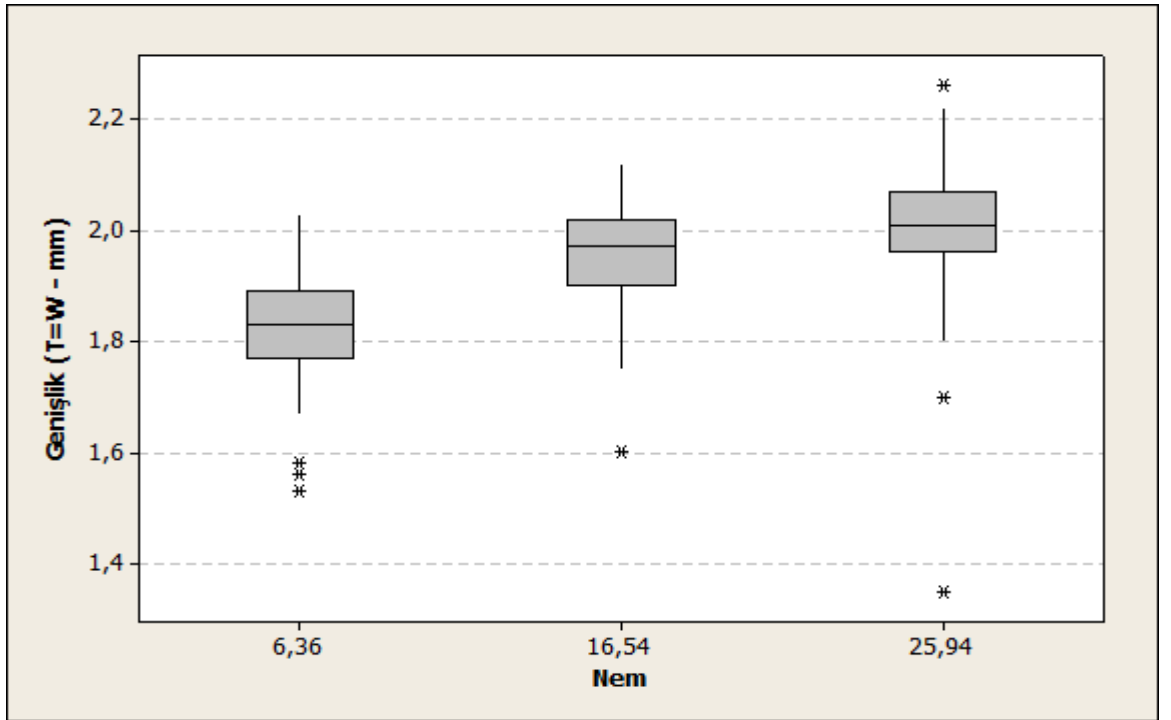


(b)

Şekil 5. 2 Nem içeriklerine (y. b.) göre kanolanın 100'er tanelik örneklem hacmindeki 3 tekerrürlü örneklemelerinden her birisinin ortalaması olarak tane uzunluğundaki (L) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).

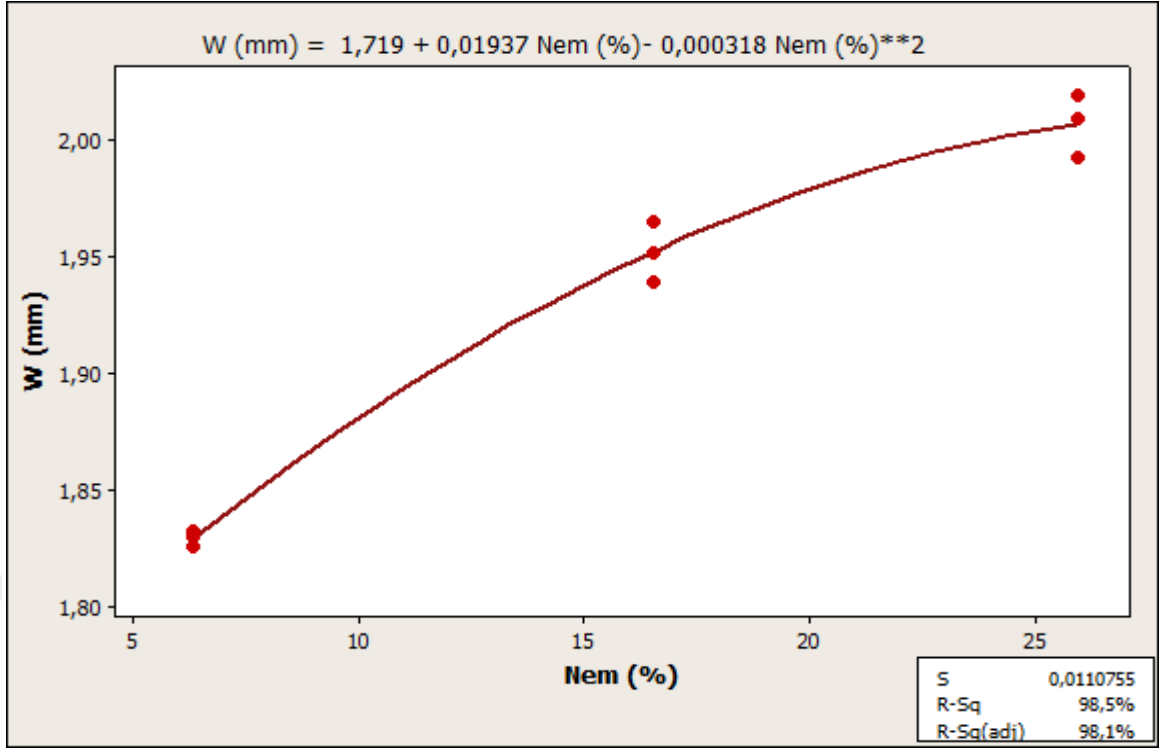


(a)

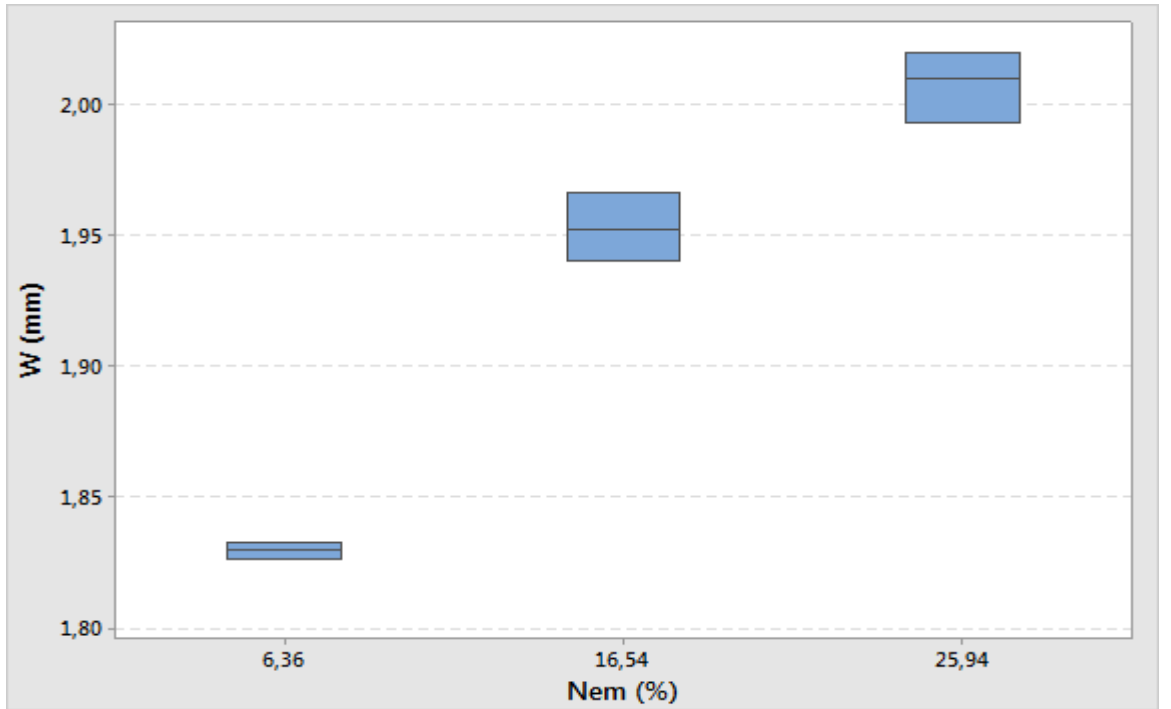


(b)

Şekil 5. 3 Nem içeriklerine (y.b.) göre kanolanın 100'er tanelik 3 tekerrürlü örneklemeleri ortalaması olarak tane tane genişliğindeki (W=T=kalınlık) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).

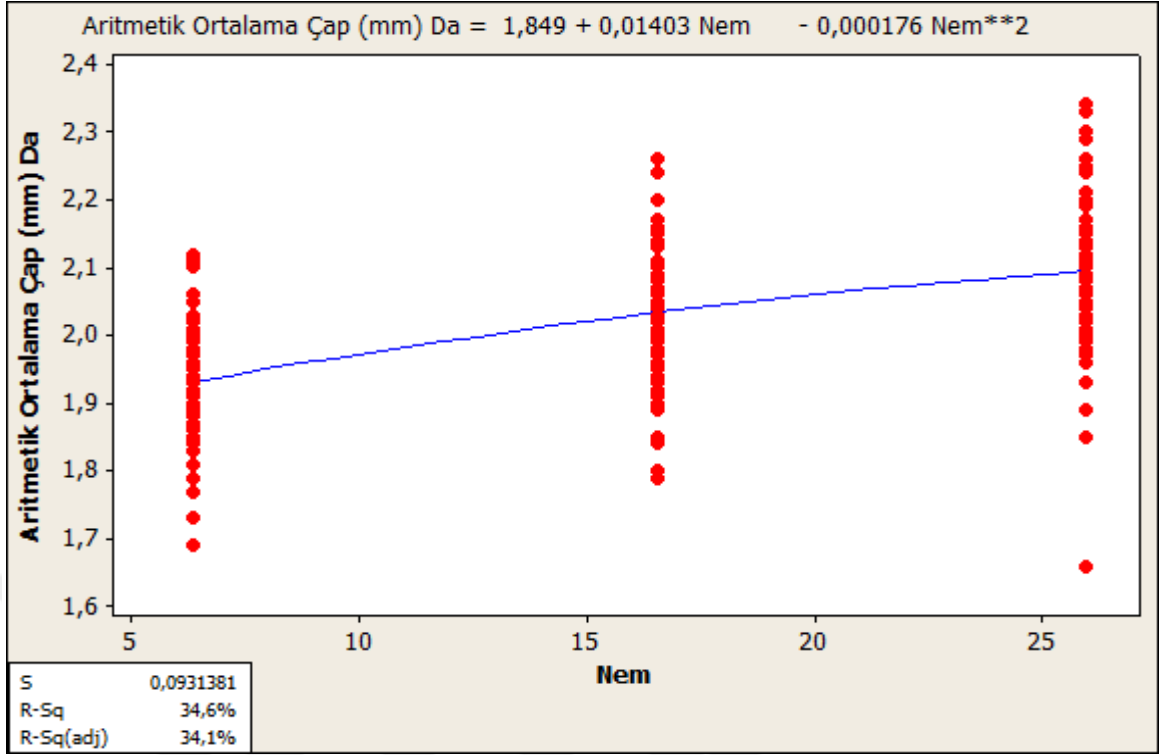


(a)

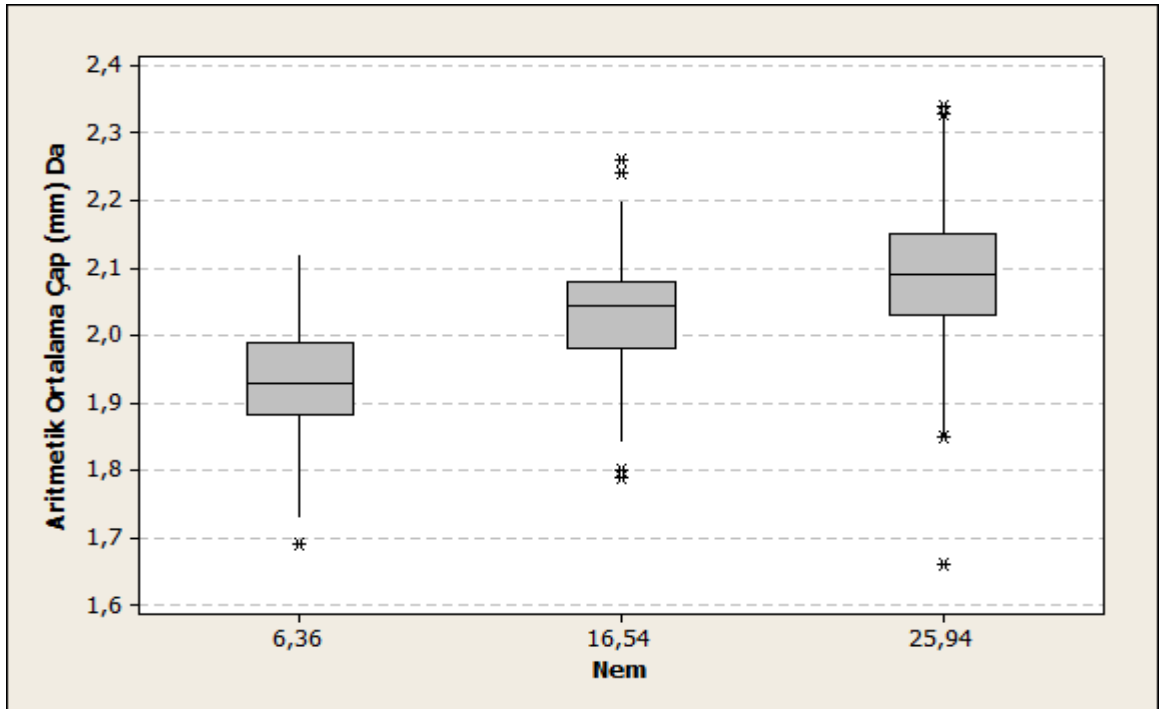


(b)

Şekil 5. 4 Nem içeriklerine (y. b.) göre kanolanın 100'er tanelik örneklem hacmindeki 3 tekerrürlü örneklemelerinden her birisinin ortalaması olarak tane genişliğindeki ($W=T$ =kalınlık) değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).

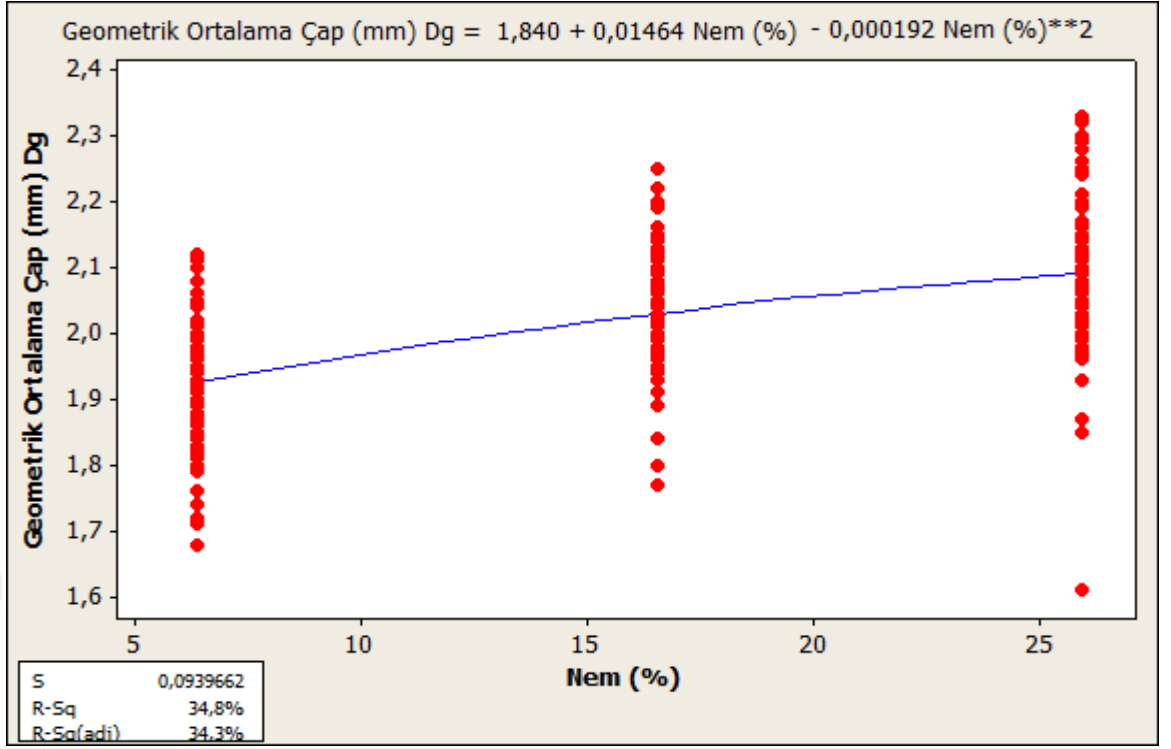


(a)

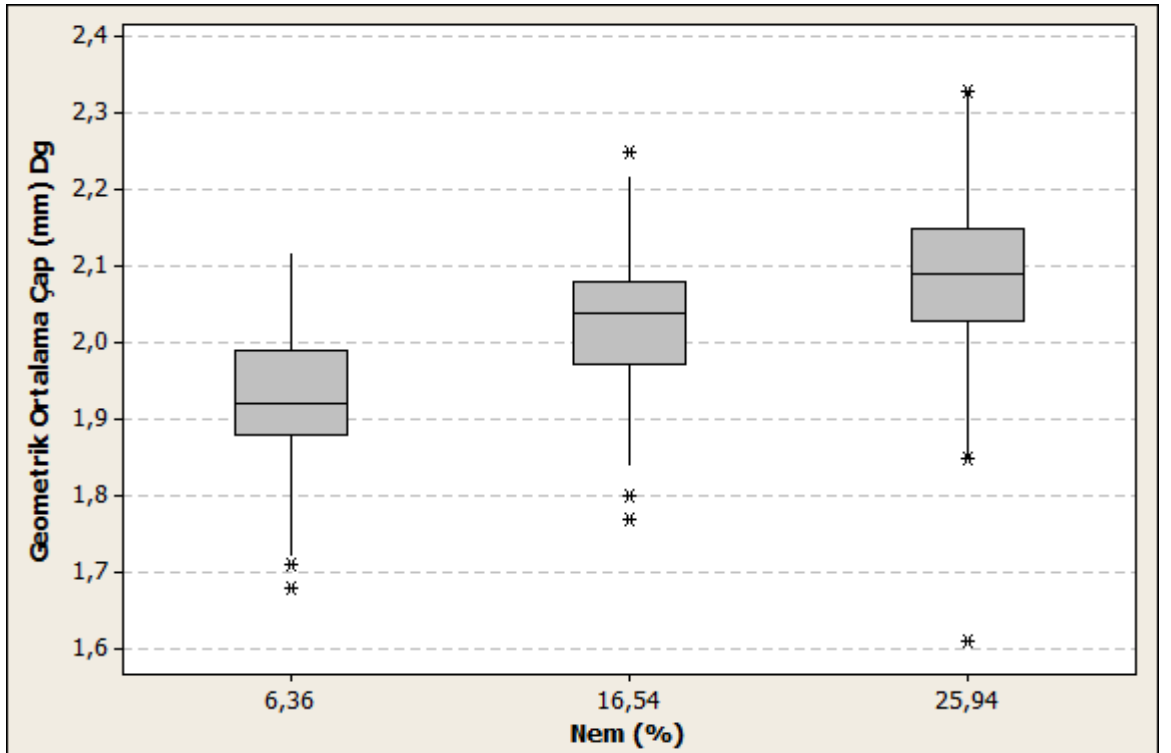


(b)

Şekil 5. 5 Nem içeriklerine(y.b.) göre kanola tanelerinin aritmetik ortalama çaplarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).



(a)



(b)

Şekil 5. 6 Nem içeriklerine(y.b.) göre kanola tanelerinin geometrik ortalama çaplarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b).

Yukarıda verilen Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 ve 5.6'daki davranış eğrilerinden uzunluk, genişlik, aritmetik ve geometrik ortalama çapların tane nem içeriklerinin artışıyla birlikte artış eğilimi sergilediği görülmektedir.

Denemelerden elde edilen bulguların istatistiksel ve grafiksel analizlerine göre; kanola tanelerinin nem içeriklerinde (x) kaydedilen değişimler ile boyut özellikleri arasındaki ilişkilerin ikinci dereceden doğrusal eşitlikler yardımıyla en iyi açıklanabildiği ortaya konulmaktadır.

Duc vd. (2008)' nin nem içeriklerine (%10.03, 14.91, 20.07, 25.06 ve 30.12 y.b.) bağlı kanolanın fiziksel özelliklerinin değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, nemdeki artışla birlikte geometrik ortalama çapın 2.17 mm' den 2.31 mm' e çıktığı rapor edilmiştir.

Ünal ve Sıncık (2009); 3 farklı çeşit kanolanın (her biri %8.3, 7.7 ve 7.3 nem içeriklerinde) fiziksel özelliklerini kıyasladıkları incelemede; her bir çeşit için uzunluğu 2.46, 2.26 ve 2.25, kalınlığı 1.96, 1.85 ve 1.82, geometrik ortalama çapı 2.11, 1.98 ve 1.96 mm değerleri ile bildirmişlerdir.

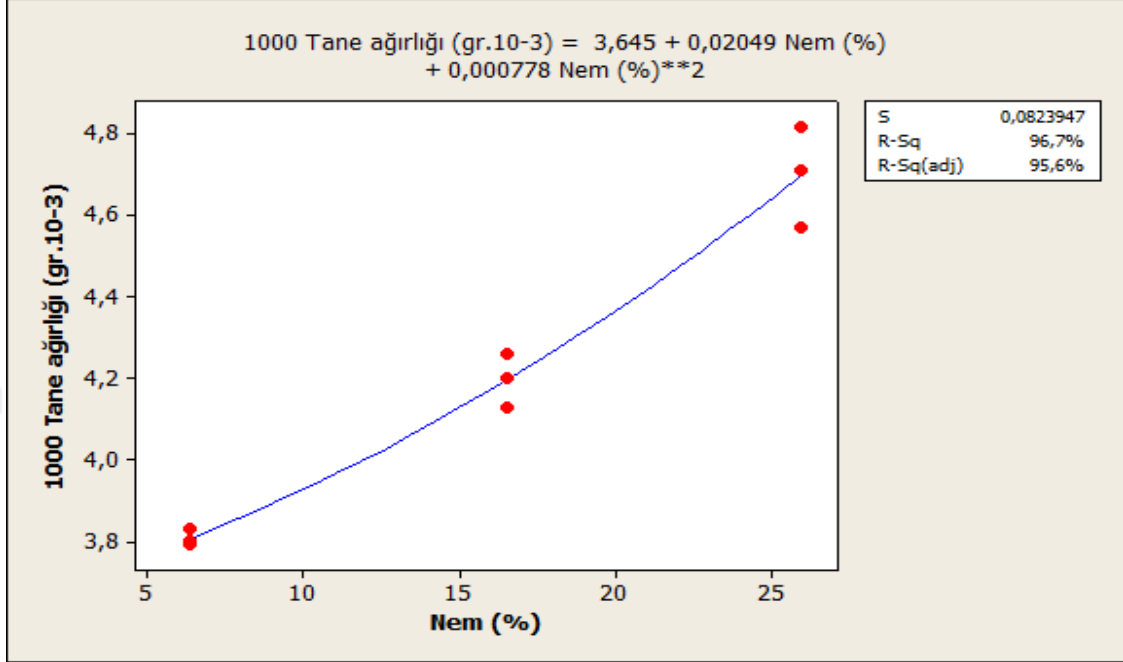
Işık ve İzli (2016)' nin çalışmasına göre 5 farklı nem içeriklerine (%15.60, 17.40, 18.90, 20.60 ve 22.50; k.b.) bağlı şekilde sarımercimekte ortalama kalınlık, çap, aritmetik ve geometrik çaplarda, nemdeki artışla birlikte lineer eğilimli artışlar kaydedilmiştir.

Baran vd. (2016) tarafından %8.34 nem içeriğindeki kanolada uzunluk, genişlik ve ortalama geometrik çapa dair saptanan değerler sırasıyla 2.35 mm, 1.93 mm ve 2.07 mm olarak belirlenmiştir.

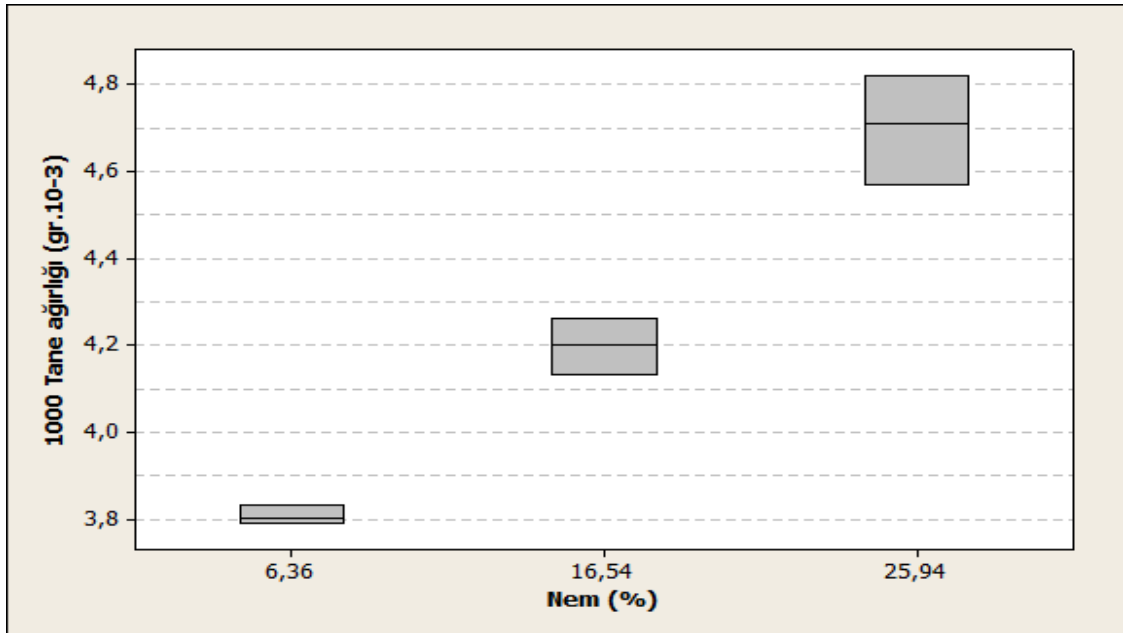
5.1.2 Bin dane ağırlığı

Denemelerde, dane nem içeriği % 6.36'dan % 25.94'e doğru değişirken bin dane ağırlıklarının sırasıyla 3.81 g, 4.195 g ve 4.697 g arasında değişen değerlerde ölçümleri

elde edilmiştir. Kanola danelerinin 1000 dane ağırlıklarına ilişkin ölçüm sonuçları Şekil 5.5 ve 5.5a' da özetlenmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.7 Tane nem içeriklerindeki değişimle birlikte bin tane ağırlıklarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Saptanan değişimler ile ilgili eğilim, aşıağıda verilmekte olan ikinci dereceden doğrusal eşitlik ile en iyi ifade edilebilmektedir:

$$M_{1000} = 0,000778X^2 + 0,02049X + 3,645; R^2 = 96.7$$

Kanola tohumu danelerinin nem içeriklerine bağlı bin dane ağırlık değerlerindeki sapmalar; nem içerik değerleri % 6.36'dan % 25.94'e kayarken sırasıyla 3.81, 4.195 ve 4.697 g olarak oluştukları bulunmuştur. Bu sonuçlar; ikinci dereceli doğrusal bir artış davranışı sergilemiştir.

1000 dane ağırlıklarına ilişkin benzer değişkenlik eğilimleri; Moringa oleifera, yeşil buğday, soya fasulyesi, nohut ve kimyon tohumları için de kaydedilmiştir (Aviara vd. 2013; Al-Manash and Rababah, 2007; Desphande vd. 1993; Dutta vd. 1988; Singh and Goswami, 1996).

Duc vd. (2008); nem içeriklerine (%10.03, 14.91, 20.07, 25.06 ve 30.12 y.b.) bağlı kanolanın fiziksel özelliklerinin değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, nemdeki artışla birlikte bin dane ağırlığının 5.04' den 6.46' ya yükseldiğini rapor etmişlerdir.

Fıratlıgil-Durmuş vd. (2008); kırmızı ve yeşil mercimek fiziksel özellikleri üzerindeki incelemelerinde sırasıyla 1000 dane ağırlıklarını 66.61 ve 138.56 g şeklinde belirlemişlerdir.

Ünal ve Sıncık (2009); 3 farklı çeşit kanolanın (her biri %8.3, 7.7 ve 7.3 nem içeriklerinde) fiziksel özelliklerini kıyasladıkları incelemede; her bir çeşit için 1000 tane ağırlıklarını 5.04, 4.31 ve 4.13 g ile vermişlerdir.

Işık ve İzli (2016)' nin çalışmasında da sarımercimekte bin tane ağırlığının nemdeki (k.b.) artışla birlikte artış şeklinde etkilenmiş olduğu sonucu kaydedilmiştir. Bu çalışma sürecinde sarımercimekte nem içeriğinin %15.60, 17.40, 18.90, 20.60 ve 22.50 (k.b.)

şeklinde 5-farklı değerle artışı halinde 1000 dane ağırlığı değerlerinin doğrusal bir eğilimle artacağı sonucu gözlemlenmiştir.

Yürütülen bir başka çalışmada kapsanan kışlık kanola için bin dane ağırlığı; 5.6 g şeklinde verilmiştir (Kroulik Vd. 2016).

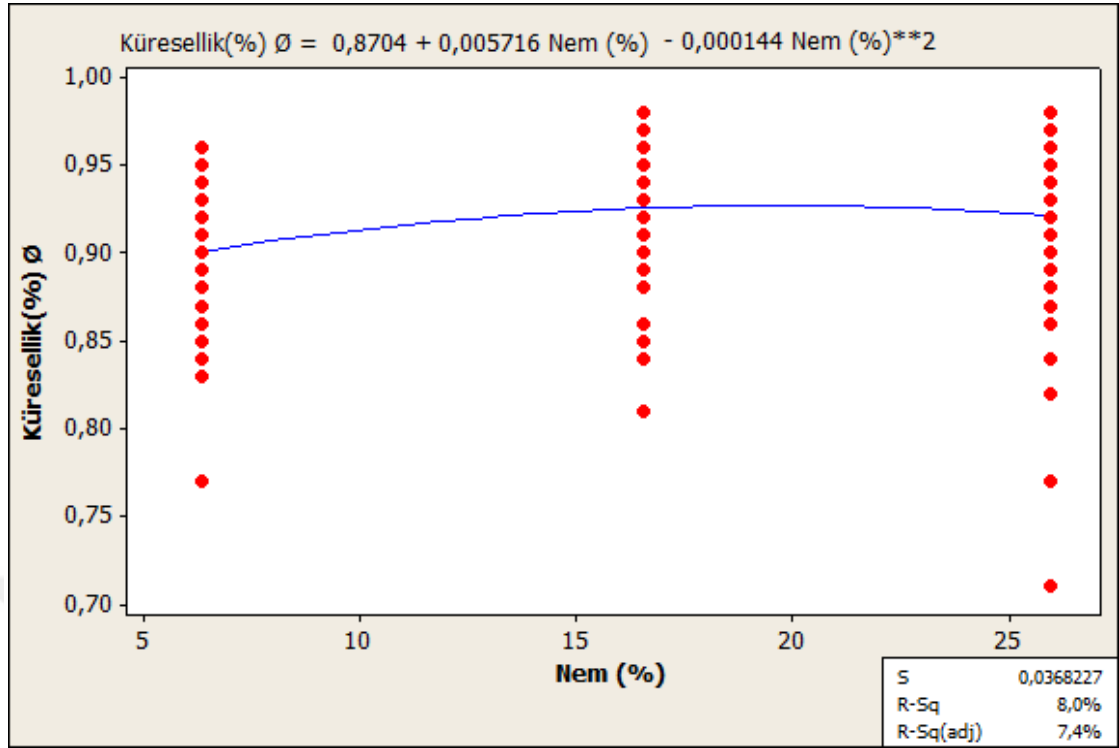
Diğer taraftan, Sangamithra vd. (2016); mısır tanelerinin nem içeriklerinde %8.7, 13.0, 17.4 ve 21.7 şeklinde 4-farklı nem düzeyi (k.b.) ile giderek artan yönlü bir değişim oluşturulduğunda 1000 tane ağırlığı ile küresellik özelliklerinde doğrusal olmayan bir tarzda artışlar izlenmiştir.

Baran vd. (2016) tarafından %8.34 nem içeriğindeki kanolada 1000 dane ağırlığı 4.74 g olarak bulunmuştur.

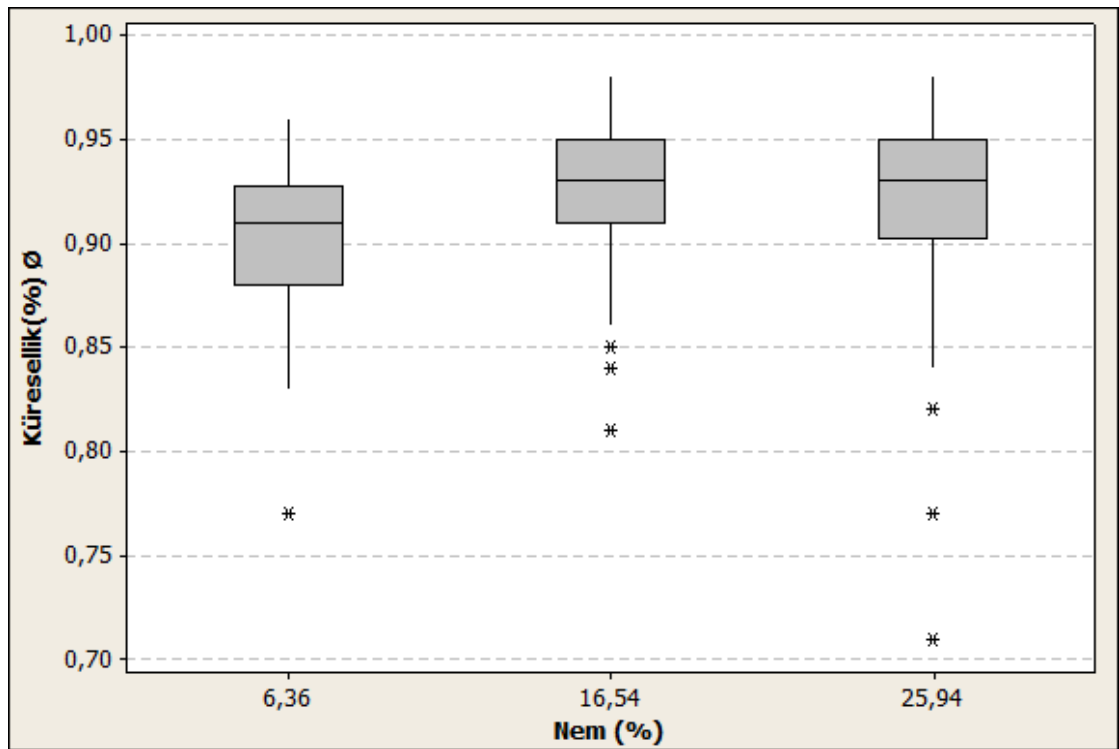
5.1.3 Küresellik

Nem içeriklerindeki değişimlerle birlikte kanola danelerinin küreselliğindeki sapmalar; Şekil 5.6 ve 5.6a'daki gibi bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre küresellik değerlerindeki sapmalar kuadratik tür polinomial bir değişim trendi ortaya çıkartmıştır. Küresellikteki sapma seyrini temsil eden eşitliğin aşağıdaki gibi ifade edilebilmesi mümkündür:

$$\Phi = - 0,000144X^2 + 0,005716X + 0,8704; R^2 = 8.0$$



(a)



(b)

Şekil 5.8 Tanelerin nem içeriklerindeki değişime bağlı küresellikteki sapmaların çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Bu çalışma kapsamı dâhilinde incelemeye alınan kanola tohumu tanelerinin küresellik değerleri; sırasıyla tane nem içerikleri % 6.36, 16.54 ve 25.94'e dayalı olarak % 91.00, 92.40 ve 92.10 olarak hesaplanmıştır. Nem içeriği (y.b.) % 6.36'dan % 16.54'e artarken küresellik % 91.00'den % 92.40'a yükselmiş, ancak nem içeriğinin % 25.94'e arttığı durumda % 92.10'a gerilemiştir. Benzer yönde sonuç ve bulgular, arpada Sologubik vd. (2013) ve bamya için ise Sahoo ve Srivastava (2002) tarafından bildirilmiştir.

Duc vd.' nin (2008) nem içeriklerine (%10.03, 14.91, 20.07, 25.06 ve 30.12 y.b.) bağlı kanolanın fiziksel özelliklerinin değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, nemdeki artışla birlikte küreselliğin 0.946' dan 0.927' e gerilediği rapor edilmiştir.

Ünal ve Sıncık (2009); 3 farklı çeşit kanolanın (her biri %8.3, 7.7 ve 7.3 nem içeriklerinde; k.b.) fiziksel özelliklerini kıyasladıkları incelemede; her bir çeşit için küresellik değerlerini 86.1, 87.4 ve 86.8 vermişlerdir.

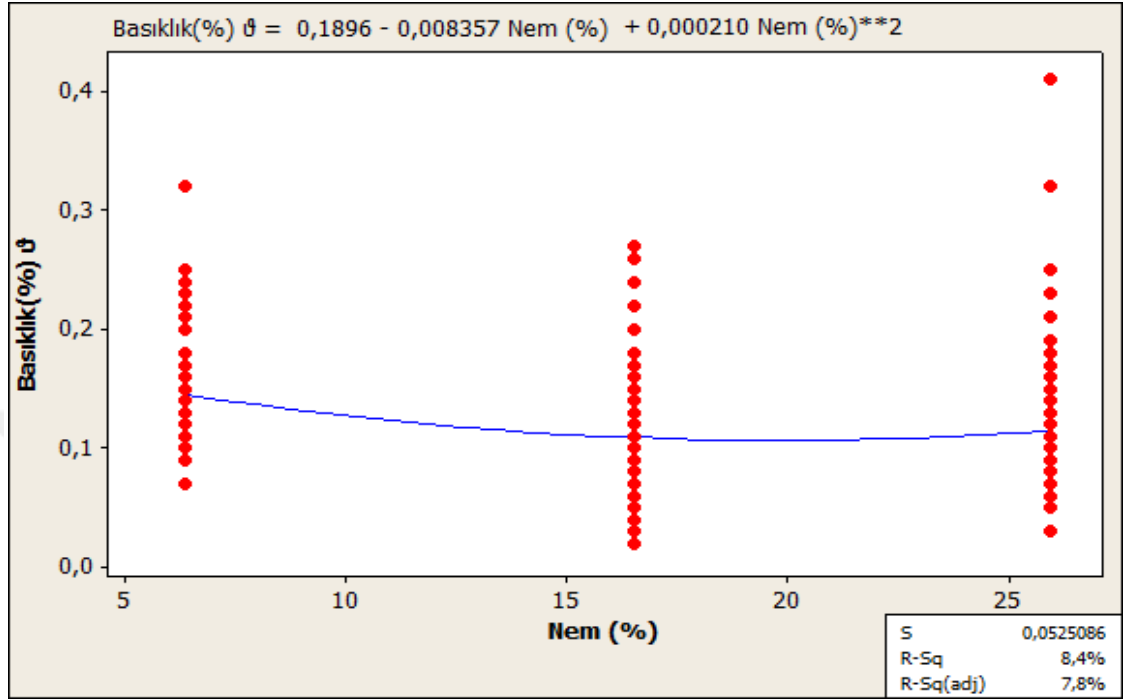
Işık ve İzli (2016)' nin çalışması ile de sarımercimekte küreselliğin doğrusal yönlü bir eğilimle nemdeki (k.b.) artışın bir fonksiyonu olarak artış kaydetmiş ve bu küresellik değerlerinin Yurtlu vd. (2010) tarafından Akdeniz defnesi tohumlarındaki elde edilen küresellik sonuçlarına nazaran daha düşük gerçekleşmiş olduğu bildirilmiştir.

Baran vd. (2016) tarafından %8.34 nem içeriğindeki kanolada küreselliğe dair değer 0.88 şeklinde hesaplanmıştır.

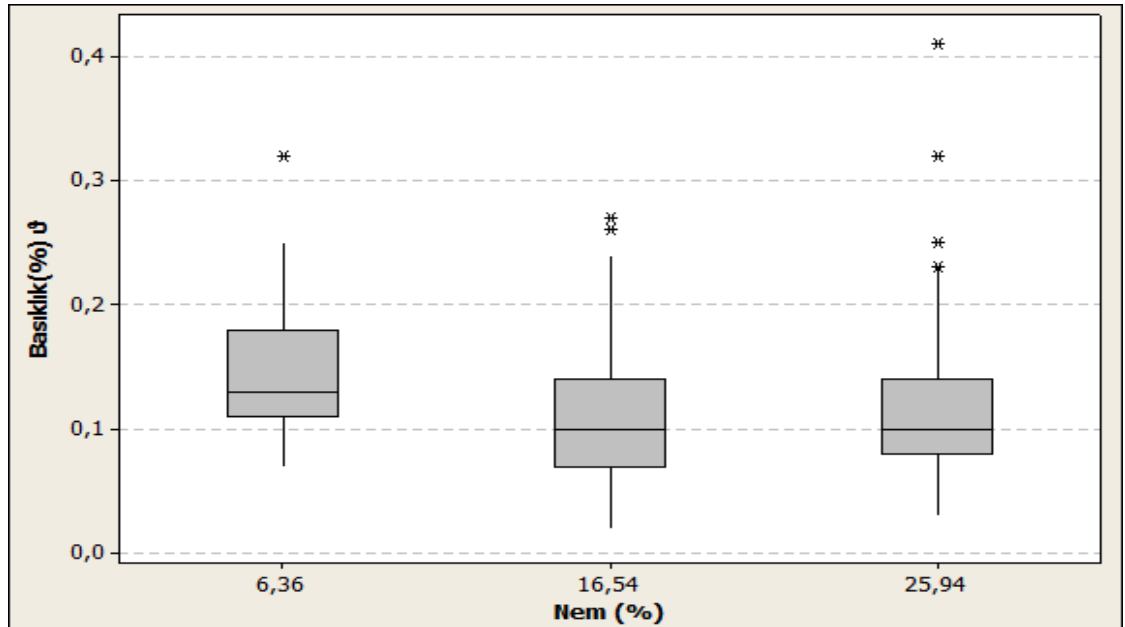
5.1.4 Basıklık

Kanola tohumları danelerinin küreselliğindeki sapmaların tersine, danelerin basıklığında ortaya çıkan değişimler, deneme sonuçlarına göre nem içeriğindeki değişimle birlikte azalarak artan bir eğilim eğrisi ortaya koydu. Basıklık özelliğindeki değişimin gidiş eğrisi, Şekil 5.7 ve 5.7a'da gösterilmekte olduğu biçimde gerçekleşti. Basıklığın sapma seyrini veren eşitliğin aşağıdaki şekilde ifadesi mümkündür:

$$\Theta = 0.00021X^2 - 0.008357X + 0.1896; R^2 = 8.4$$



(a)



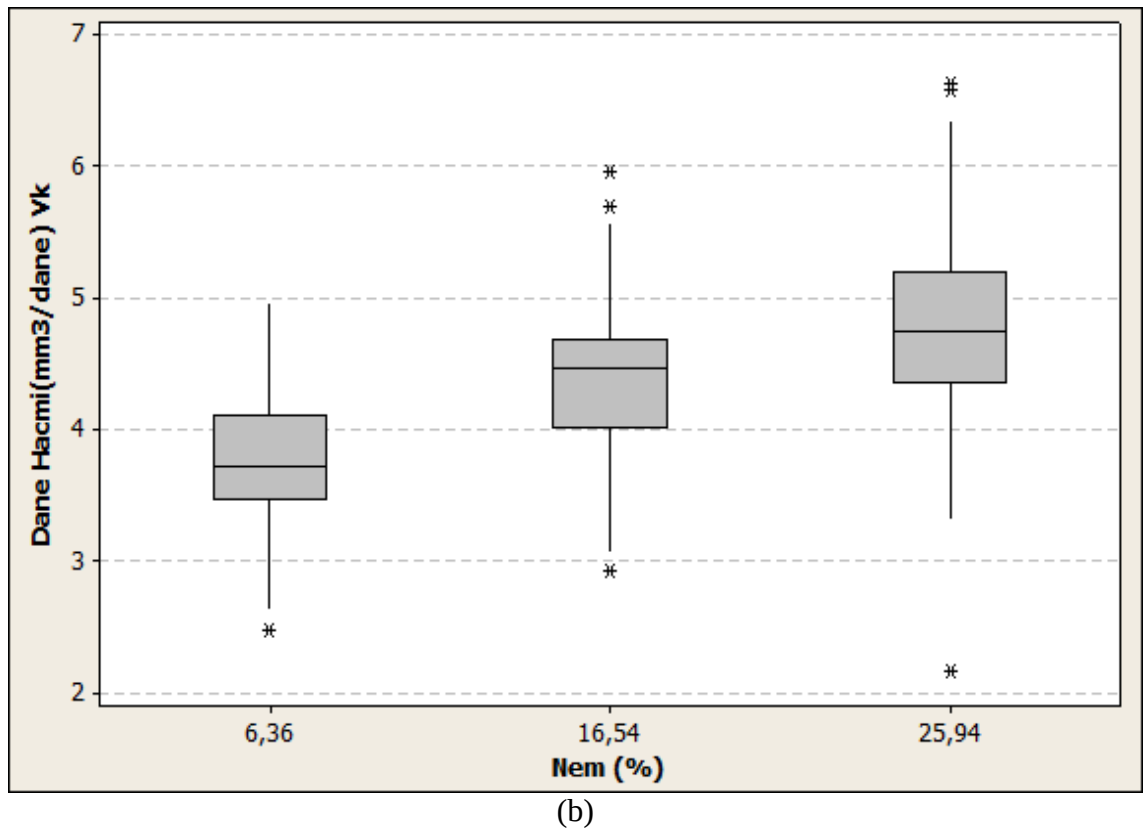
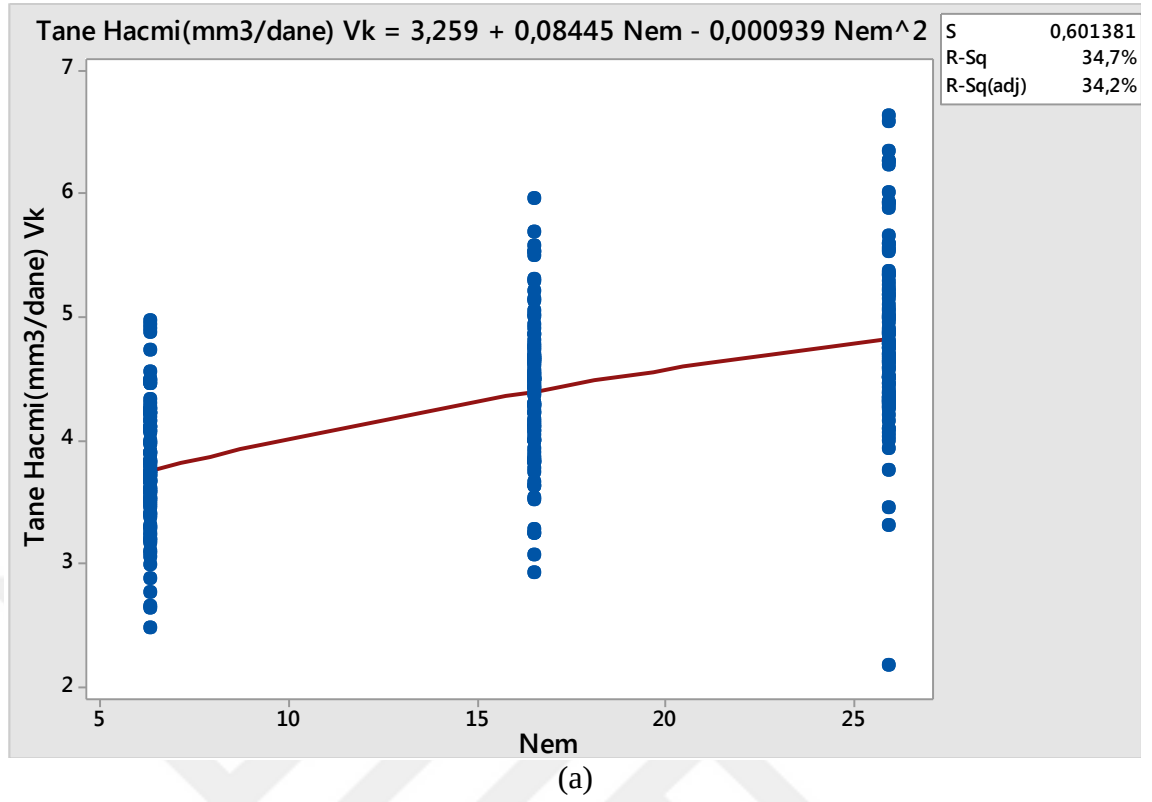
(b)

Şekil 5.9 Tanelerin nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak basıklık özelliğindeki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

5.1.5 Tane hacmi

Sahip oldukları nem içeriklerinin bir fonksiyonu olarak kanola tane hacimlerinde oluşan değişimler, Şekil 5.8 ve 5.8a'daki gibi tespit edilmiştir. % 6.36'dan %25.94'e (y. b.) danelerdeki nem içerikleri artarken tanelerin hacminde 3.75 mm³'den 4.79 mm³'e doğru hafif bir artış kaydedilmiştir. Tane hacimlerindeki oluşan kaymaları temsil eden en yakın eşitlik aşağıda verildiği biçimde formülleştirilebilmektedir:

$$V_k = 0.000939X^2 + 0.08445X + 3.259; R^2 = 34.7$$



Şekil 5.10 Tanelerin nem içeriklerine bağlı tane hacimlerinde ortaya çıkan değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Ünal ve Sıncık (2009); 3 farklı çeşit kanolanın (her biri %8.3, 7.7 ve 7.3 nem içeriklerinde) fiziksel özelliklerini kıyasladıkları incelemede; her bir çeşit için tane hacimlerinde 5.66, 4.56 ve 4.45 mm³ değerlerine ulaşmışlardır.

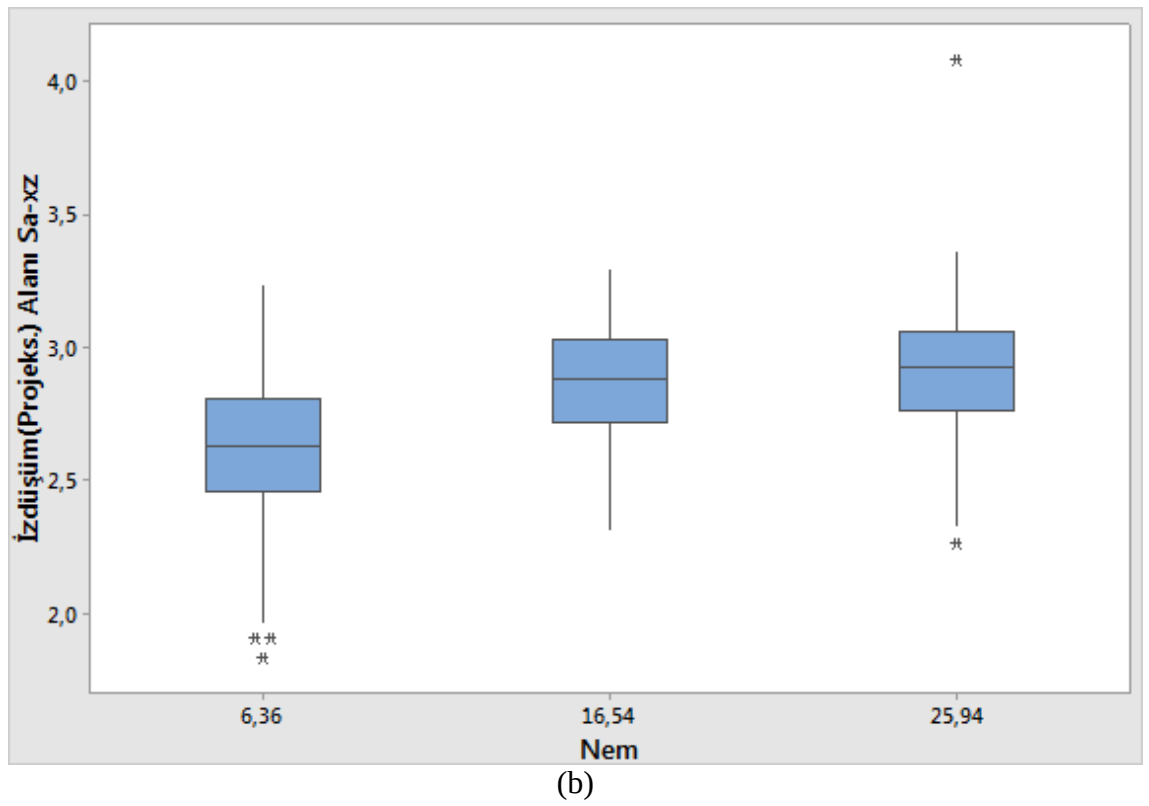
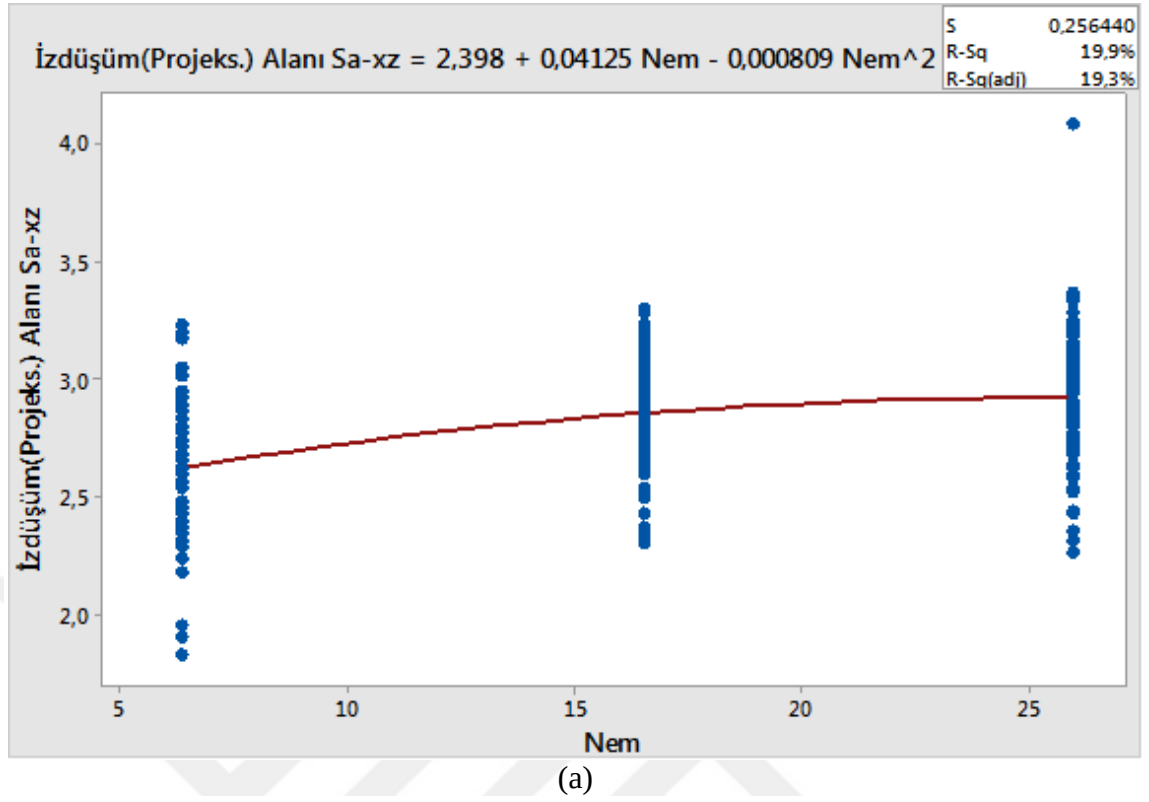
Baran vd. (2016) tarafından %8.34 nem içeriğindeki kanolada tek tane ağırlığı; 0.0047 g olarak belirlenmiştir.

5.1.6 Projeksiyon alanı

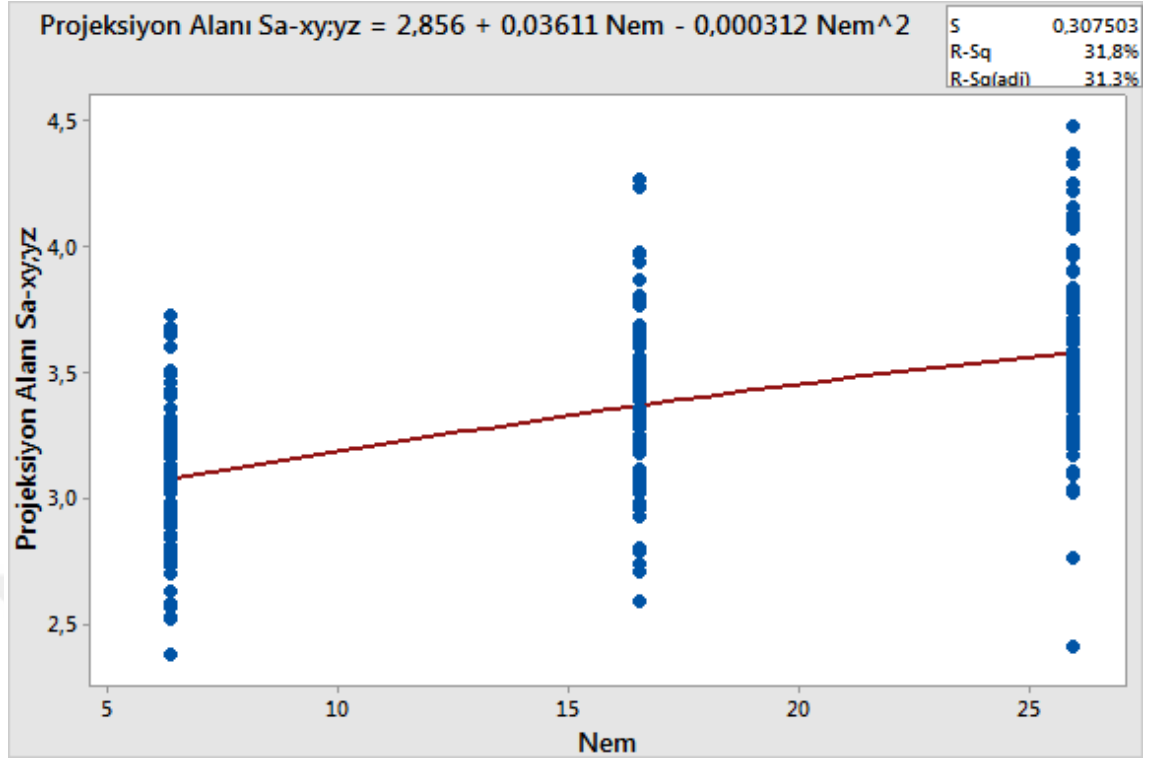
Neme bağlı tane izdüşüm (projeksiyon) alanındaki değişimler Şekil 5.11 ve 5.12’de özetlenmektedir. Elde edilen sonuçlardan, nem içeriklerine (X) bağlı şekilde tanelerin projeksiyon alanlarının XZ – düzlemine göre ortalama değerler üzerinden 2.63 mm²’den 2.92 mm²’ye artarak değiştiği görülürken, XY ve YZ – düzlemlerine göre ise 3.076 mm²’den 3.579 mm²’ye doğru artışla farklılaştığı gözlenmiştir. Kartezyen koordinat sistemindeki düzlemlere göre kanola danelerinin izdüşüm alanlarındaki değişimler Şekil 5.9, 5.9a, 5.10 ve 5.10a’da genel hatlarla verilmektedir. Değişimin seyrini veren eğilim eğrilerini temsil eden eşitlikler ise aşağıda verildiği şekilde en iyi ifade edilebilmiştir:

$$S_{a-xz} = - 0.000809 X^2 + 0.04125 X + 2.398 \text{ (XZ – düzlemine göre); } R^2 = 19.9$$

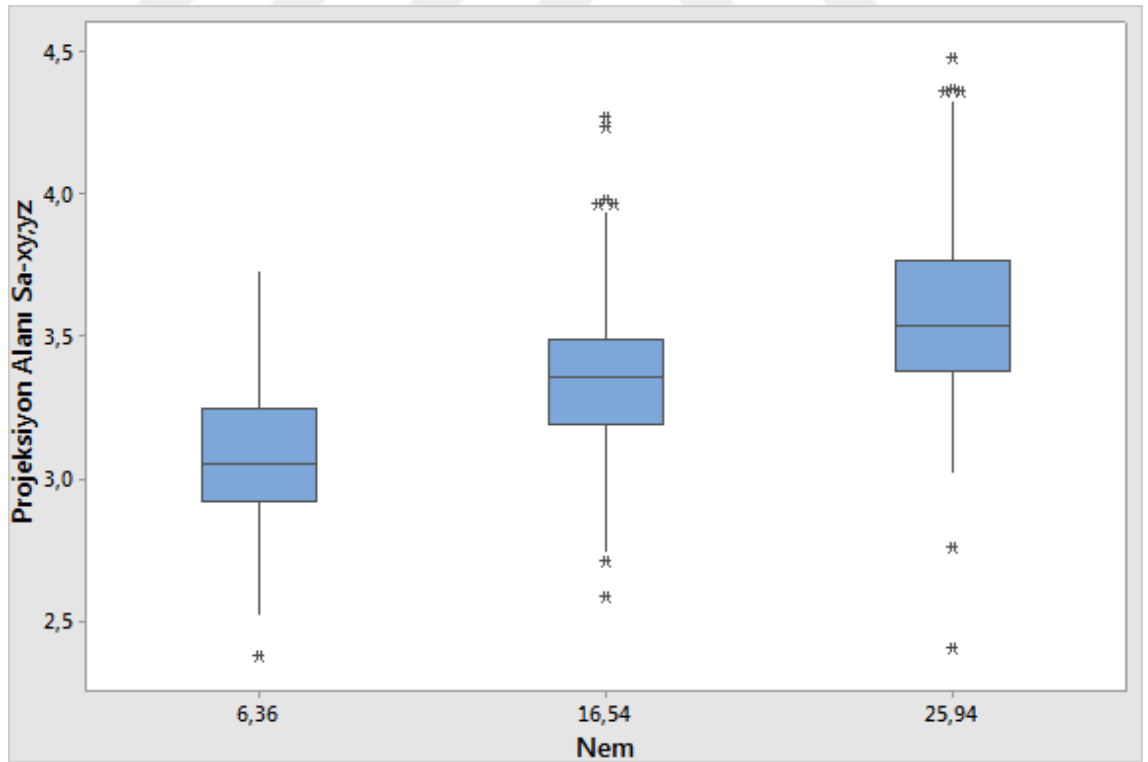
$$S_{a-xy, yz} = - 0,000312 X^2 + 0,03611 X + 2,856 \text{ (XY ve YZ–düzlemlerine göre); } R^2=31.8$$



Şekil 5.11 Nem içeriğine bağlı XZ–düzlemine göre tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)



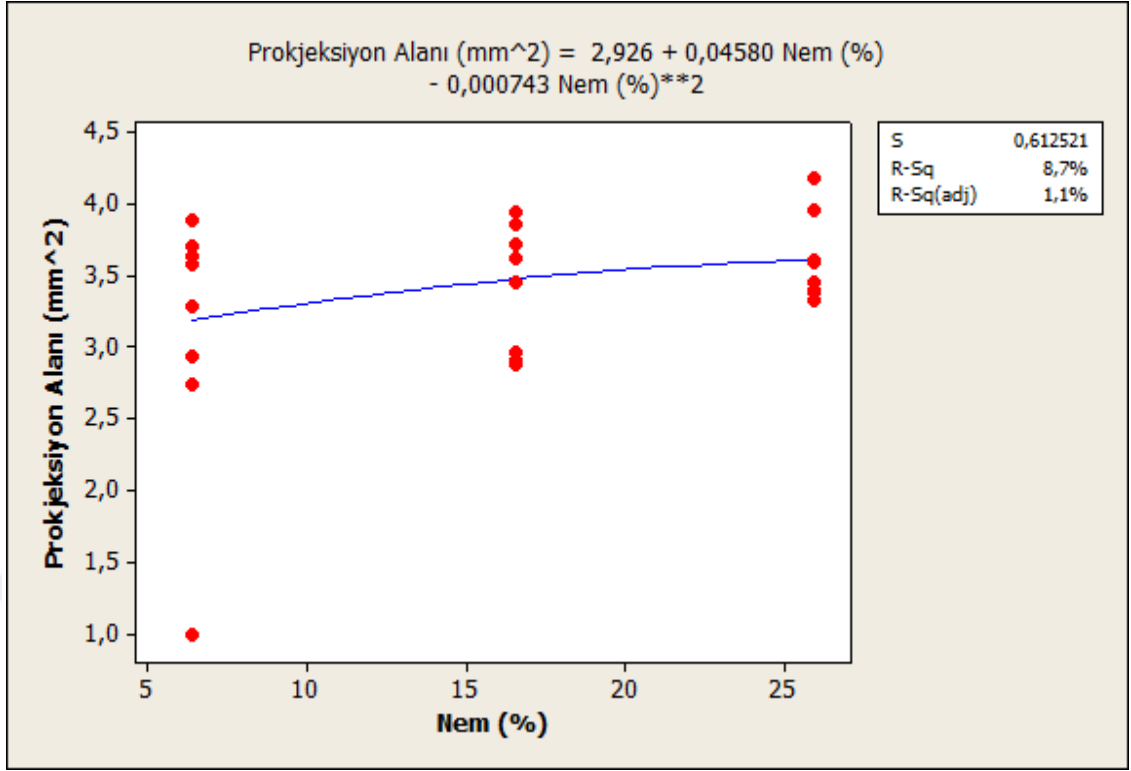
(a)



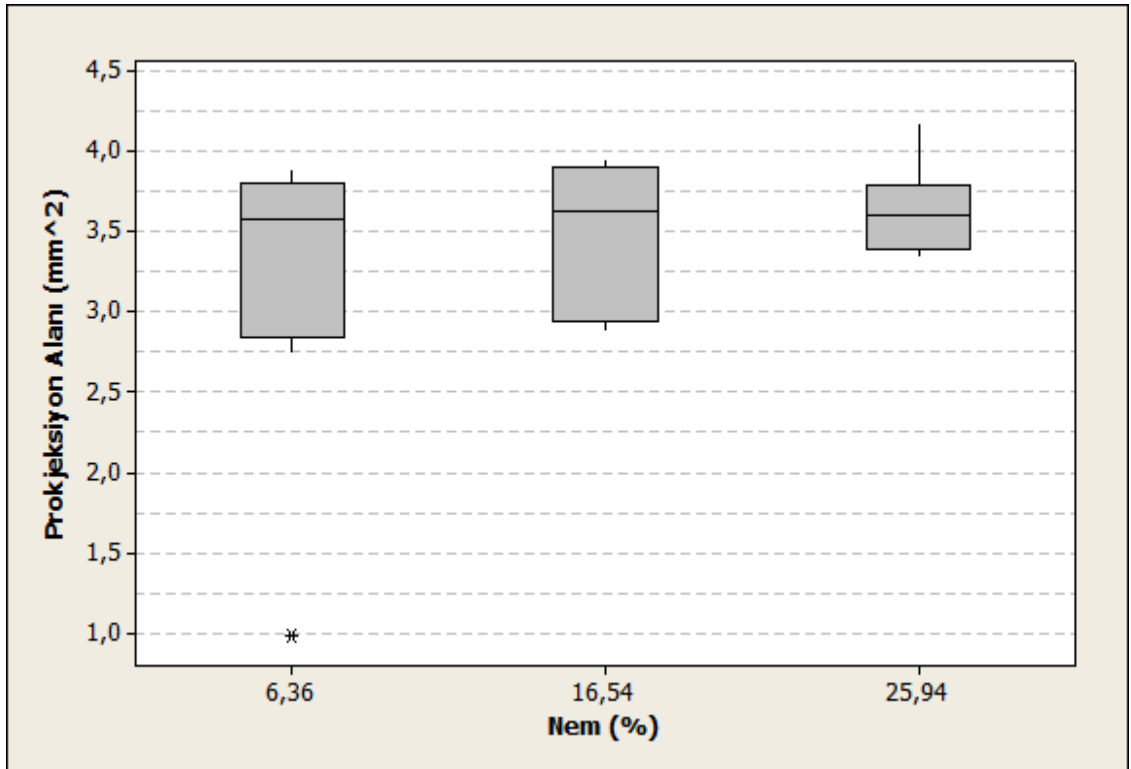
(b)

Şekil 5.12 Nem içeriğine bağlı XY ve YZ–düzlemlerine göre tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Tohum nem içeriklerine bağlı kanola danelerinin projeksiyon alanındaki değişimleri; Myriad v8.0 ve ImageJ 1.47v ticari isimli paket yazılımlardan oluşan piyasada mevcut iki farklı bilgisayar destekli dijital görüntü yakalama ve işleme aracından yararlanmak suretiyle de incelenmiştir. İncelemelerden elde edilen projeksiyon alanı değerlerinin Minitab 14 ortamındaki grafiksel çözümlemeleri aşıağıda Şekil 5.13 ve 5.14 ile verildiği biçimde sonuçlanmıştır.

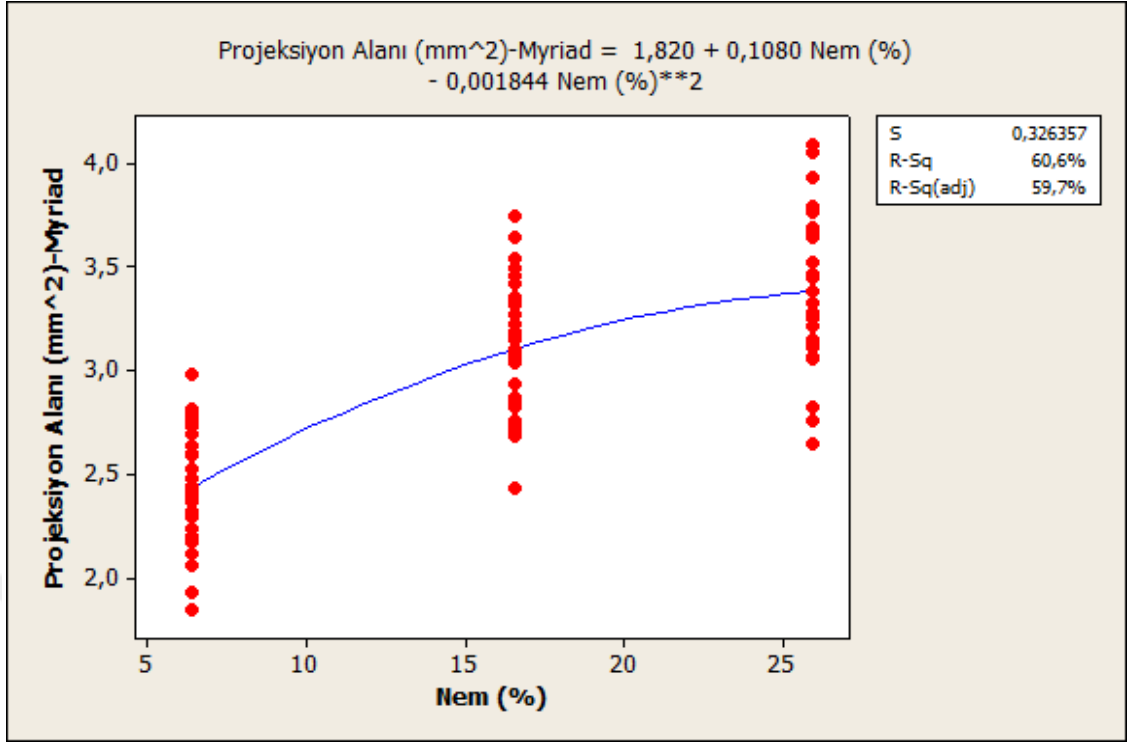


(a)

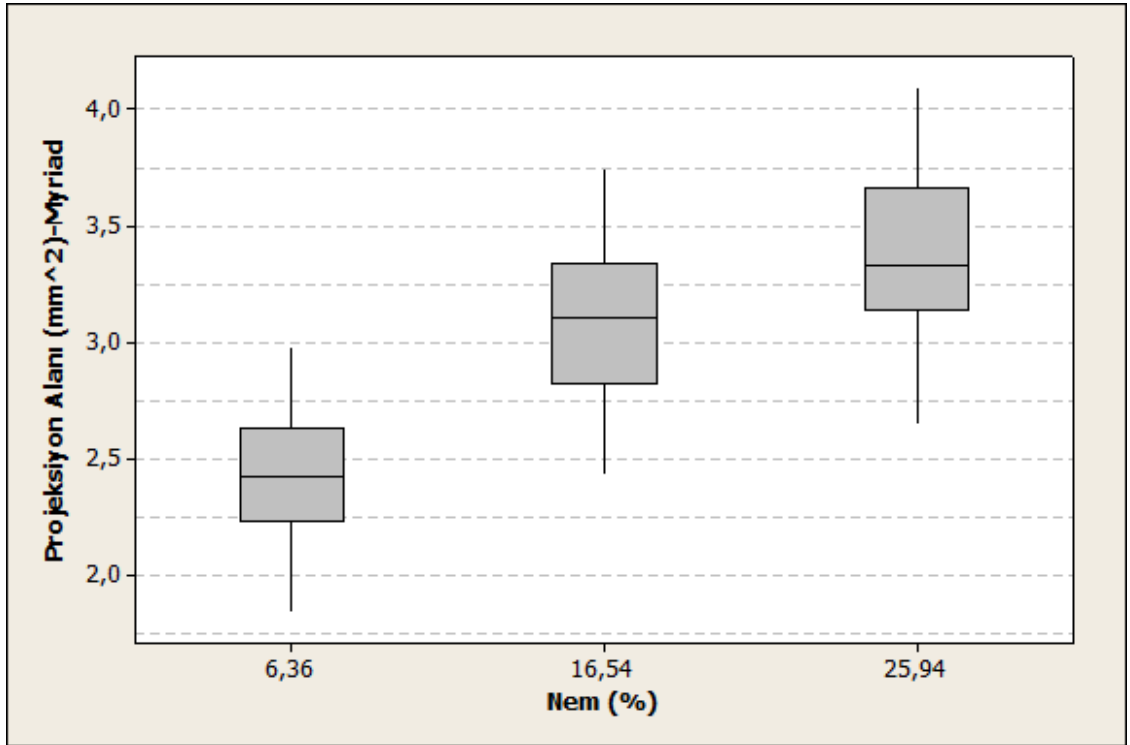


(b)

Şekil 5.13 Nem içeriğine bağlı tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b). (ImageJ 1.47v yazılımından)



(a)



(b)

Şekil 5.14 Nem içeriğine bağlı tane projeksiyon alanı değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b). (Myriad v8.0 yazılımından)

Sözkonusu dijital görüntü yakalama ve işleme vasıtalarıyla yakalanan sayısal görüntülerin bilgisayar destekli yazılımlar ile işlenmesinden elde edilen projeksiyon alan değerlerinin Minitab 14 ile analiz sonucu nem-projeksiyon alanı değişim ilişkisini veren regresyon denklemleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$S_a = - 0.000743X^2 + 0.04580X + 2.926; R^2 = 8.7 \text{ (ImageJ 1.47v)}$$

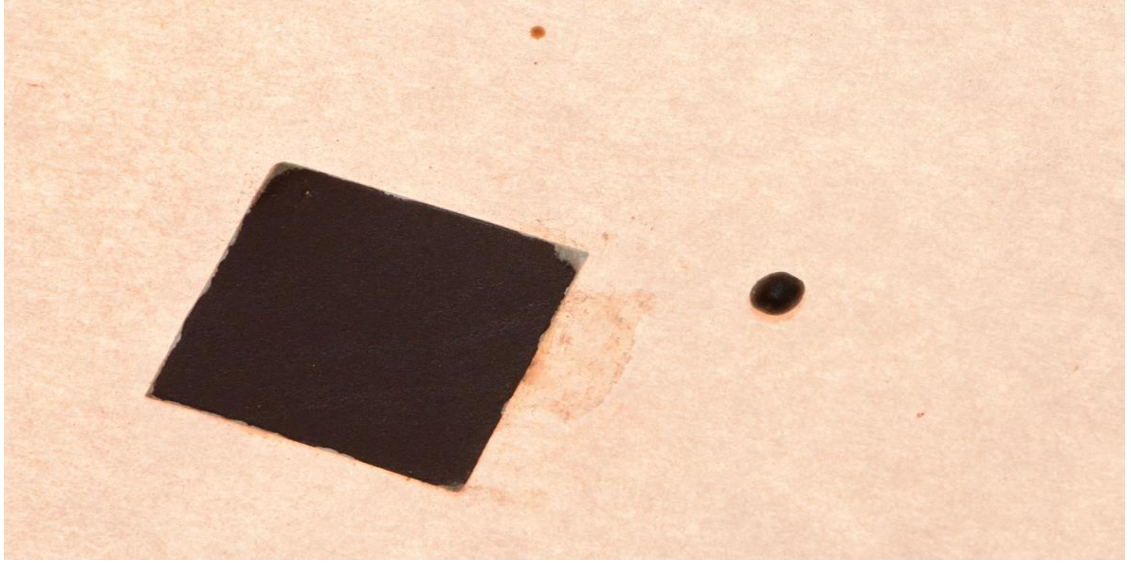
$$S_a = - 0.001844X^2 + 0.1080X + 1.820; R^2 = 60.6 \text{ (Myriad v8.0)}$$

Bu bilgisayar destekli yazılım araçları vasıtasıyla elde edilen ortalama değerler; Çizelge 5.1’de, Bölüm 2.2.2’de verilen ampirik eşitlik (5) vasıtasıyla elde edilen ortalama değerler ile kıyaslanarak özetlenmektedir.

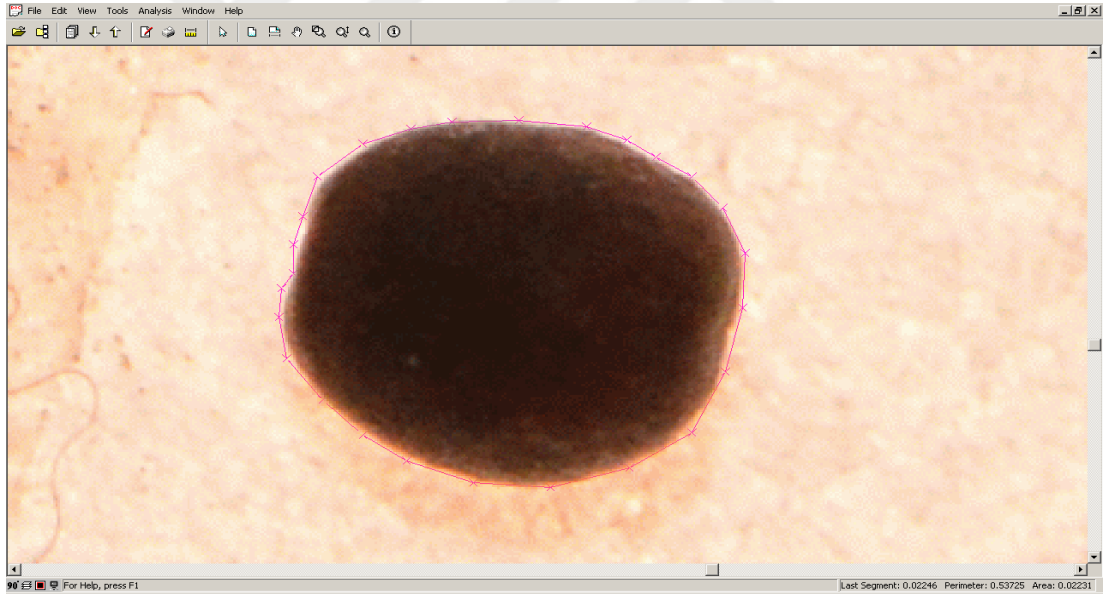
Çizelge 5.1 Farklı ölçüm vasıtalarıyla tane projeksiyon alanları ölçüm sonuçları ortalamaları kıyaslaması

Projeksiyon Alanı Ölçüm Vasıtaları	Nem İçeriğine Göre Projeksiyon Alan Değerleri (mm ²)		
	% 6.36 (y.b.)	% 16.54 (y.b.)	% 25.94 (y.b.)
ImageJ 1.47v paket yazılımı	3.18716	3.48020	3.61400
Myriad v8.0 paket yazılımı	2.43000	3.10000	3.38000
Eşitlik (5) Kullanılarak Hesaplama (x-düzlemine göre)	3.59680	3.78400	4.05000
Eşitlik (5) Kullanılarak Hesaplama (y ve z-düzlemlerine göre)	3.07600	3.36500	3.57900

Şekil 5.15’ de D40x model 10.1 megapiksel SLR dijital Nikon kamera ile alınmış kanola tohumlarının gerçek zamanlı bir görüntüsü ve Şekil 5.16’ de ise alınmış bu dijital görüntünün Myriad v8.0 dijital görüntü işleme yazılımı ile analiz sürecinden bir bilgisayar ekran görüntüsü verilmiştir.

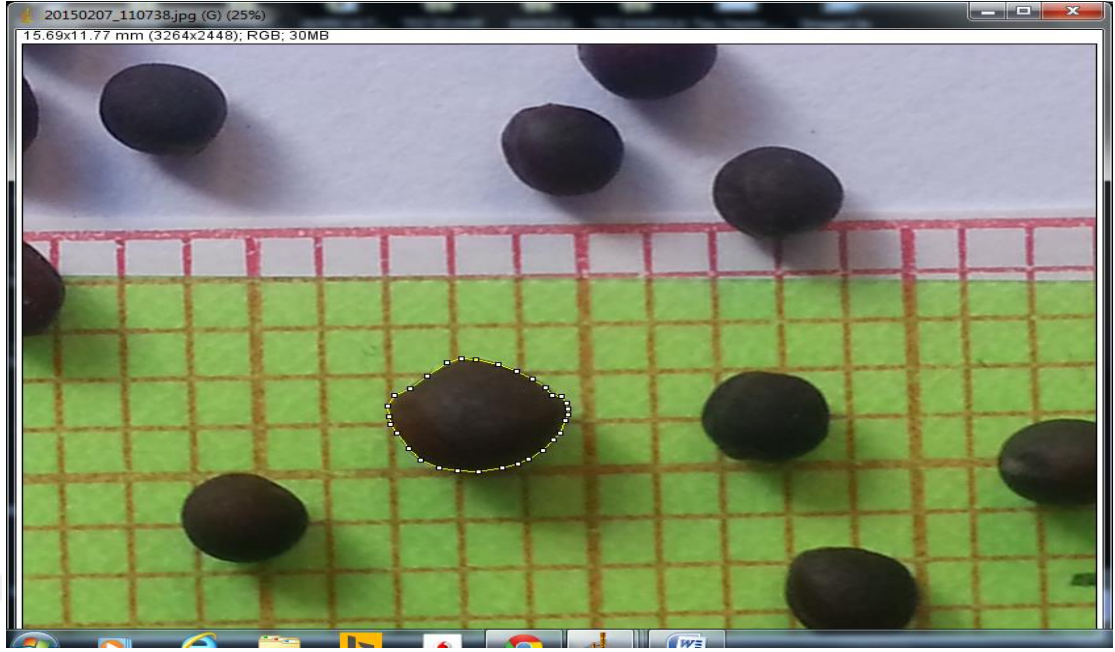


Şekil 5.15 Tanelerin D40x model, 10.1 mega piksel SLR dijital Nikon kamera ile zamanlı görüntülenmesi

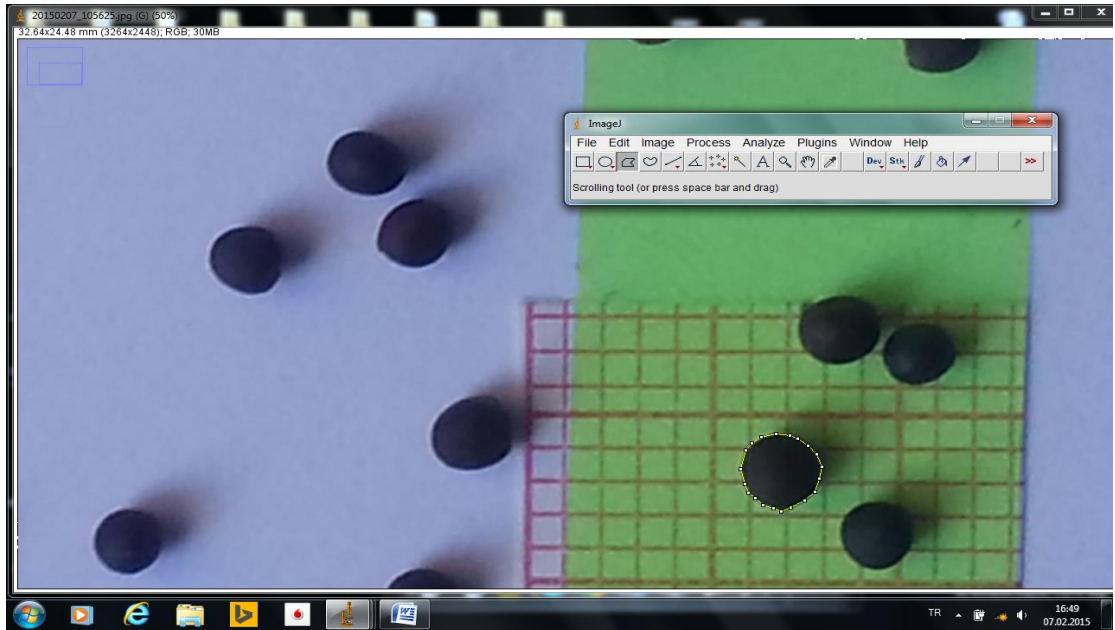


Şekil 5.16 Myriad v8.0 dijital görüntü işleme yazılımı ile tanelerin gerçek zamanlı görüntüsünü analiz süreci bilgisayar ekran görüntüsü

Şekil 5.17 ve 5.18’ da ise ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı kullanılarak kanola danelerinin gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz süreç işlemlerinden poligonlama işlemi ile analize hazırlama çalışmasından bilgisayar ekran görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 5.17 ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı kullanılarak tanelerinin gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz işleminin bilgisayar ekran görüntüsü



Şekil 5.18 ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı ile tanelerin gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz sürecinden bilgisayar ekran görüntüsü

Çalışma ile ampirik eşitlikler kullanılmak suretiyle hesaplanan projeksiyon alanları değerlerinin ImageJ 1.47v yazılımı kullanılarak dijital görüntülerin analizi ile elde edilen değerlerin birbirleriyle uyuşum içerisinde oldukları ve doğruladıkları

değerlendirilmiştir. Myriad v8.0 yazılımı üzerinden dijital görüntülerin analizi ise neme bağlı projeksiyon alanlarının değişimlerini ampirik eşitlikle ve ImageJ ile elde edilenlerle aynı yönlü değişimler şeklinde olduklarını doğrulamakla birlikte değersel büyüklük açılarından hafifçe farklılık ortaya koymuştur. Bunun belli başlı nedeninin de dijital görüntülerin analizi için konturlamalar yapılırken oluşan operatör hassasiyetlerine bağlı faktörlerden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda başka araştırmacılar da kayda değer çalışmalar yapmışlardır. Razavi vd. (2010) tarafından yürütülen bir çalışmada fesleğen (basil seed, *Ocimum basilicum*) tohumlarının fiziko mekanik özellikleri; bilgisayarlı görüş sistemleri (computer vision system – CVS) yardımıyla görüntü işleme tekniği ve klasik deneysel ölçüm tekniği şeklinde iki farklı teknik kullanılmak suretiyle belirlenmiş ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Çalışmada fesleğen tohumu danelerinin bilgisayarlı görüntü işleme tekniği ile elde edilen uzunluk, genişlik ve kalınlık şeklindeki boyutsal özelliklerinin ortalama değerleri sırasıyla 3.216 mm, 1.838 mm ve 1.363 mm olarak ve mikrometre kullanılarak deneysel ölçüm tekniği ile ise bu değerler 3.220 mm, 1.840 mm ve 1.374 mm biçiminde bulunmuştur. Bu sonuçların karşılaştırılmasını yaptıkları çalışmada yürütücüler; elde edilen değerler arasında önemli bir farklılık oluşmadığından hareketle bilgisayarlı görüş sistemlerinin (CVS) daneli tarımsal materyallerin fiziksel özelliklerinden olan boyutsal özelliklerinin belirlenmesinde mükemmel bir şekilde kullanılabileceği sonucunu yorumlamışlardır.

Bilgisayarlı görüş tekniği sistemine dayalı bir başka çalışmanın yürütücüleri Li vd. (2010) ise kanola tohumlarının ıslah amaçlı seleksiyonunda bilinmesi zorunluluğu duyulan ve an itibarıyla zahmetli, zaman alıcı ve tek tip bir standarda oturtulamamış olan el ve göz yordamıyla muayene yöntemiyle belirlenmekte olan danelerin tombulluk özelliğinin tanımlanması ve sayısallaştırılmasını çalışmışlardır. Özellikle kanola tohumu daneleri gibi çok küçük boyutlu dane materyallerin fiziksel özelliklerinin hızlı, doğru, hasarsız/tahribatsız ve zahmetsiz bir şekilde belirlenmesi söz konusu olduğunda oldukça işlevsel, geçerli ve isabetli sonuçların bu tür bilgisayarlı görüş teknikleri ile alınabileceğini değerlendirmişlerdir.

Fıratlıgil-Durmuş vd. (2008); iki mercimek çeşidinde geometrik özellikler ile şekilsel nitelendirilmesinin görüntü işleme teknolojisi üzerinden tanımlanabilirliği konusundaki çalışmaları ile her bir mercimek tanesini; basık küremsi veya iki küre diliminden biçimlenmiş şekiller oldukları varsayılarak iki farklı şekillendirme modeli ile simule etmişlerdir. Çalışma sonucunda; 2 boyutlu (2D) görüntü analizinin tane yükseklik ölçümü yapmadan projeksiyon alanı (eşdeğer çap) temelinde tanelerin yüzey alanları ve özgül hacimlerinin hızlı değerlendirmelerinin yapılabilmesi için uygun olabileceği ifade edilmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri bulgular temelinde, görüntü işlemenin; mercimeğin geometrik niteliklerini ve mühendislik parametrelerini tahminlemekte basit, hızlı ve istilacı olmayan bir metodolojik araç sağladığı görüşünü ileri sürmüşlerdir.

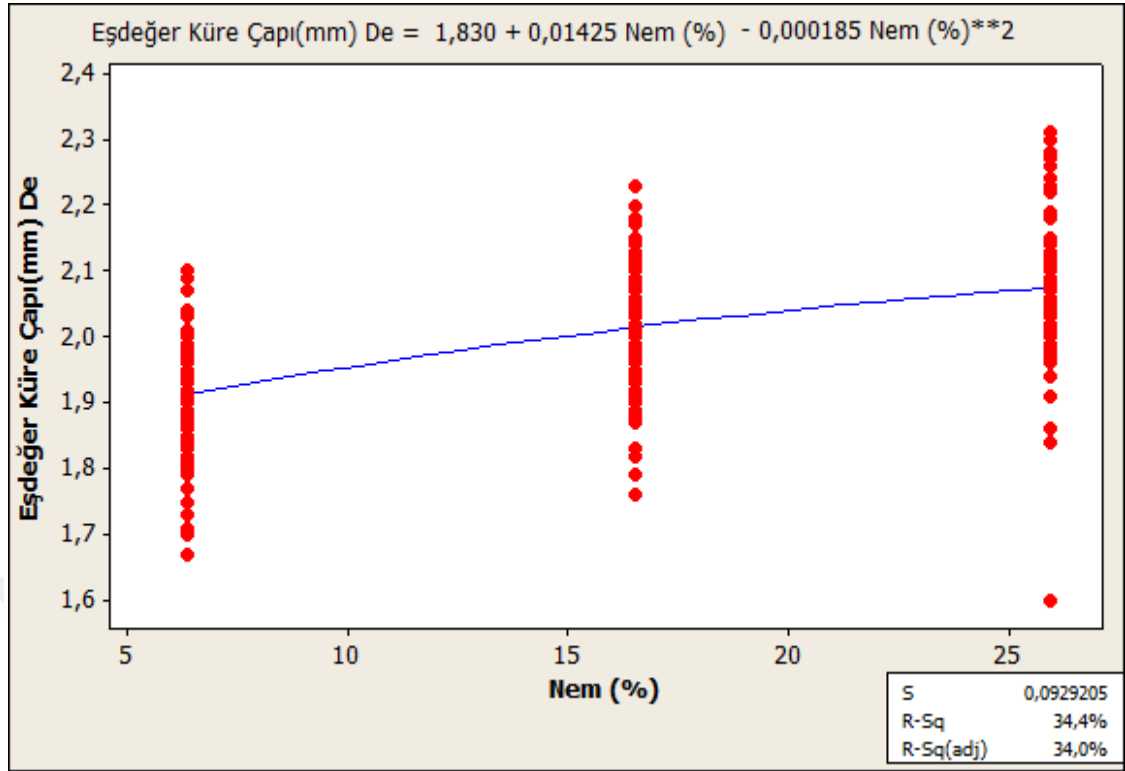
Fıratlıgil-Durmuş vd. (2010); sonlu eleman yöntemi (FEM) yaklaşımını kullanarak oluşturdukları modelleme ve MAPLE 9.0 bilgisayar yazılımına dayalı şekilde imaj analizi ile buğday tanelerinde yüzey alanlarının belirlenmesini çalışmışlar ve sonuçları basit bir yöntemle karşılaştırmışlardır. Bu kapsamda ölçümle bulunan izdüşümü (projeksiyon) alanları ile modelleme yoluyla oluşturulan elipsoidal modelden elde edilen yüzey alanlarının ve hacmin korelasyonunu test etmişlerdir. Araştırmacılar; *Triticum aestivum* çeşidinde ortaya çıkan yüksek korelasyon katsayısının, zaman alıcı kalınlık boyutunu ölçmeksizin, yüzey ve hacim parametrelerinin hızlı tahminlemesi için ancak 2D imaj analizi ölçümünün kullanımına imkan tanıyabildiği sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte aynı çalışma içeriğinden olarak *Triticum durocompactum* çeşidi tanelerinin biçimlerinin biraz farklı olduğunu ve bu yüzden tasarlanan geometrik modelin uygun gelmediğini vurgulamışlardır. Netice itibarıyla araştırmacılarca mühendislik maksatlarıyla buğday tanelerine ilişkin parametrelerin eldesinde basit ve hızlı bir yöntem olarak imaj (görüntü) analizi önerilmektedir.

Bu çalışma ile ulaşılan bulgular da yukarıda verilen önceki çalışmaların sonuçlarını ve çıktılarını destekler şekilde dijital görüntü işleme teknikleri ve yazılımlarının tane tarımsal materyallerin fizikomekanik ve mühendislik parametrelerini yeterli isabetlilikte hızlı ve hasarsız tahminleme ve belirlemede başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

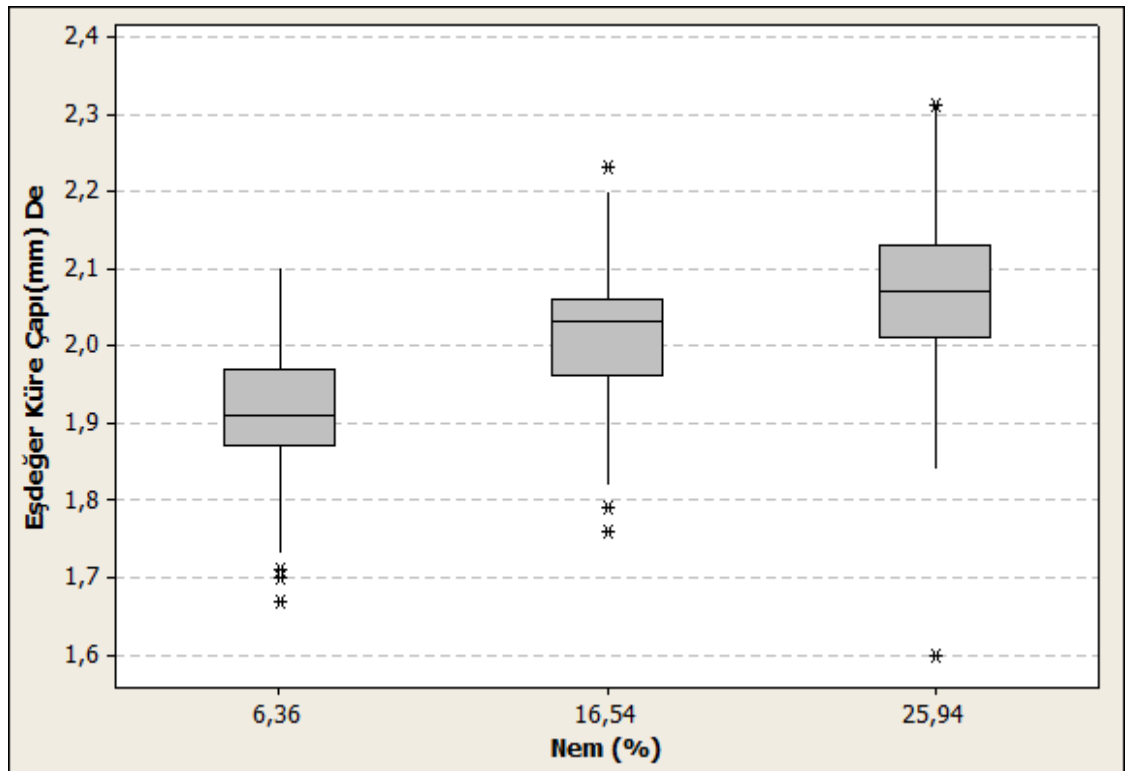
5.1.7 Eşdeğer küre çapları

Şekil 5.17 ve 5.17a, kanola tohumu danelerindeki nem içerik değişimleri karşılığında eşdeğer küre çaplarının değişimlerini ortaya koymaktadır. Araştırma bulgularına göre eşdeğer küre çapları, kanola danesi nem içeriklerindeki artışlarla doğrusal olmayan bir artış şeklinde değişim vermiştir. Danelerin nem içerikleriyle ilişkili olarak eşdeğer küre çaplarının değişim eğilimi, aşağıdaki eşitlik üzerinden tanımlanabilmektedir:

$$D_{es} = - 0,000185X^2 + 0,01425X + 1,83; R^2 = 34.4$$



(a)



(b)

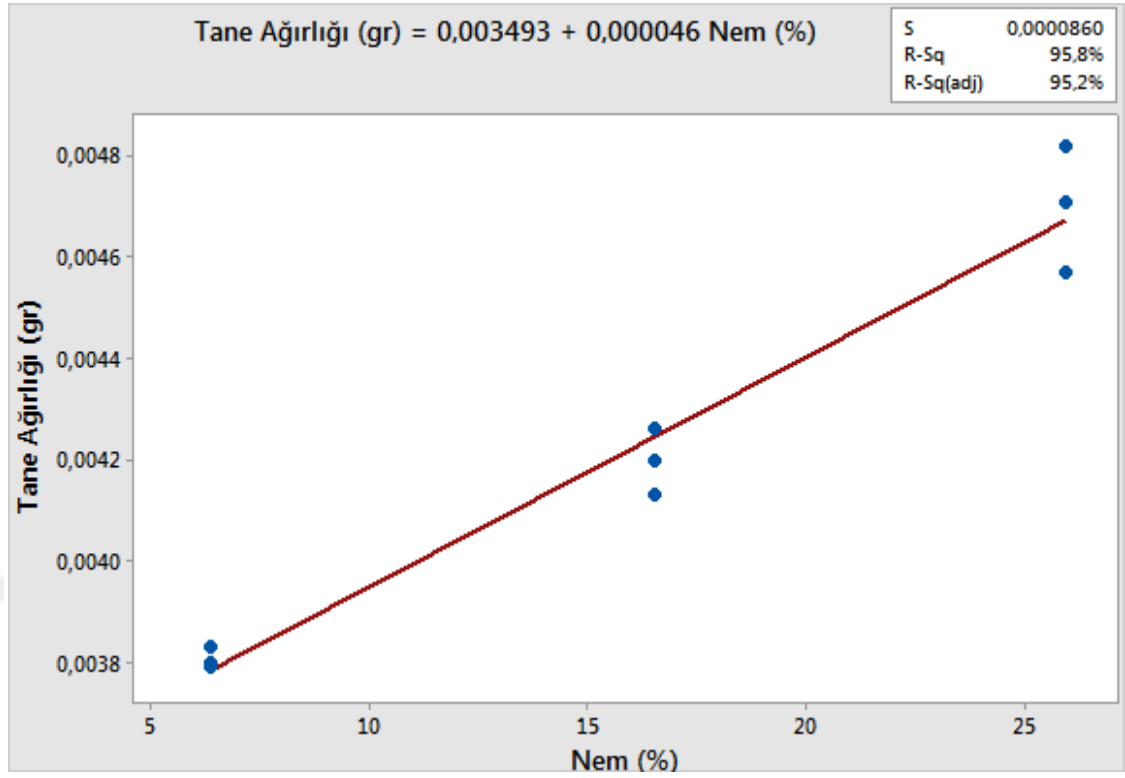
Şekil 5.19 Nem içeriği (y.b.) ile bağlantılı olarak eşdeğer küre çapındaki değişimlerinin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

5.1.8 Tane ağırlığı

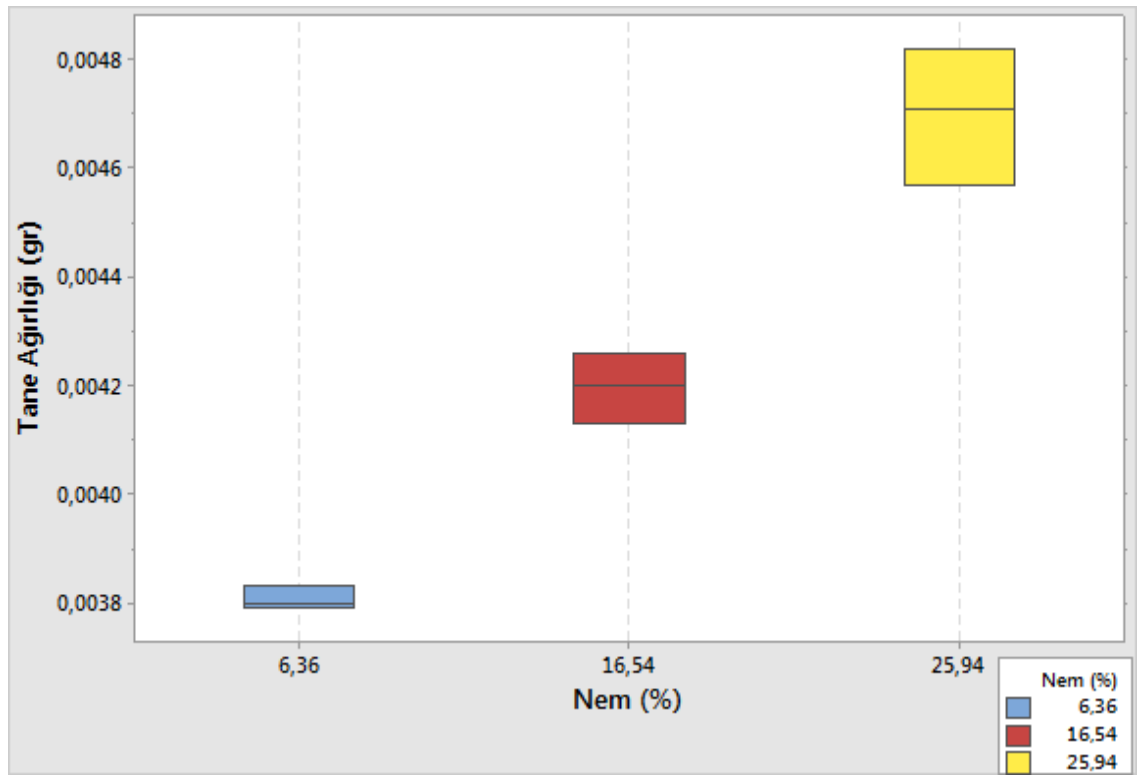
Tane nemi içeriklerindeki artışlara bağlı olarak tane ağırlıklarının artış kaydettiği Şekil 5.18’de görülmektedir. Kanola tanesi ağırlıklarında neme bağlı sapmalar, birinci dereceden doğrusal bir eğilim göstermiştir. Eğilim eğrisi, en iyi aşağıdaki eşitlik ile temsil edilebilmektedir:

$$M_k = 0,000046X + 0,003493; R^2 = 95.8$$





(a)



(b)

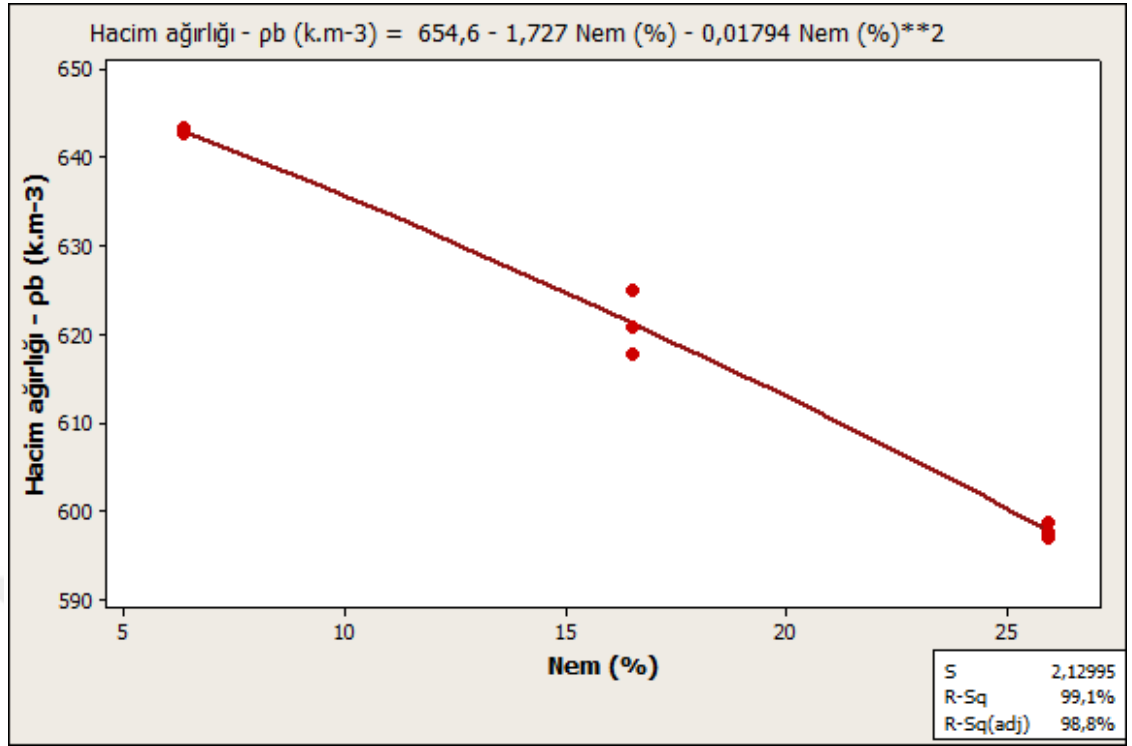
Şekil 5.20 Nem içeriğine (y.b.) bağlı olarak tane ağırlıklarındaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Baran vd. (2016) tarafından %8.34 nem içeriğindeki kanolada tek dane ağırlığı 0.0047 g olarak verilmiştir.

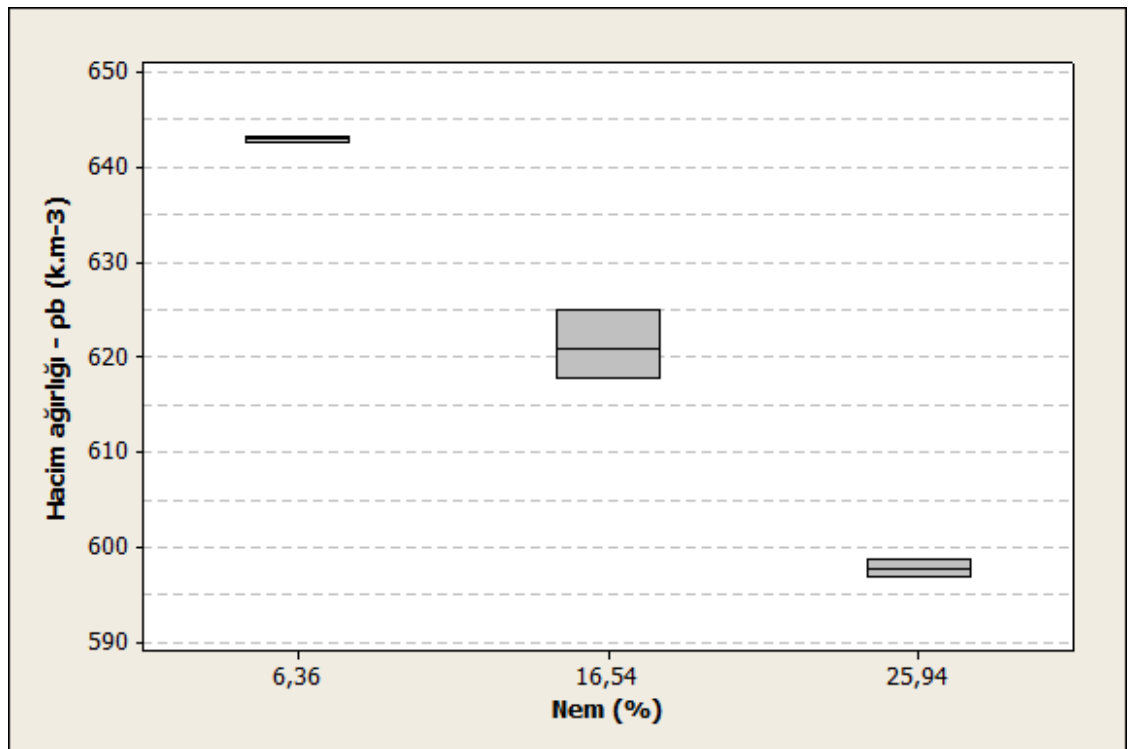
5.1.9 Hacim ağırlığı

Nem içeriklerinin değişimiyle birlikte kanola tohumlarının hacim ağırlığında ortaya çıkan değişimler Şekil 5.19 ve 5.19a’da grafik gösterim olarak genel hatlarıyla çizilmiştir. Şekil 17’de belirtilmekte olan sonuçlara göre, kanola tohumlarının hacim ağırlıkları; nem içeriklerinin artmasıyla bağlantılı olarak üstel şekilde azalan bir eğilim eğrisi ortaya koymaktadır. Bu nedenle, bu eğilim en iyi aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilmiştir:

$$\rho_b = -0,01794X^2 - 1,727X + 654,6; R^2 = 99.1$$



(a)



(b)

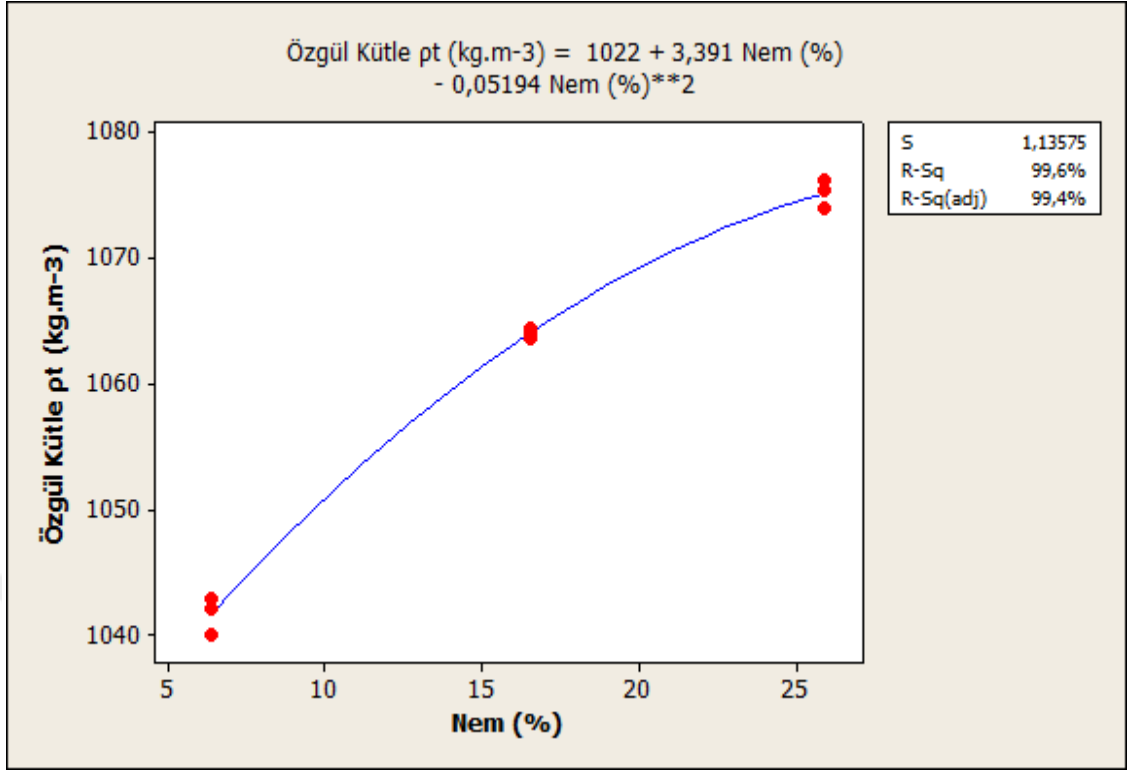
Şekil 5.21 Nem içeriği(y.b.) değişimine bağlı olarak tane hacim ağırlıklarının değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Duc vd.' nin (2008) nem içeriklerine (%10.03, 14.91, 20.07, 25.06 ve 30.12 y.b.) bağı kanolanın fiziksel özelliklerinin değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, nemdeki artışla birlikte hacim ağırlığının 579.3 kgm^{-3} ten geriye gittiği rapor edilmiştir.

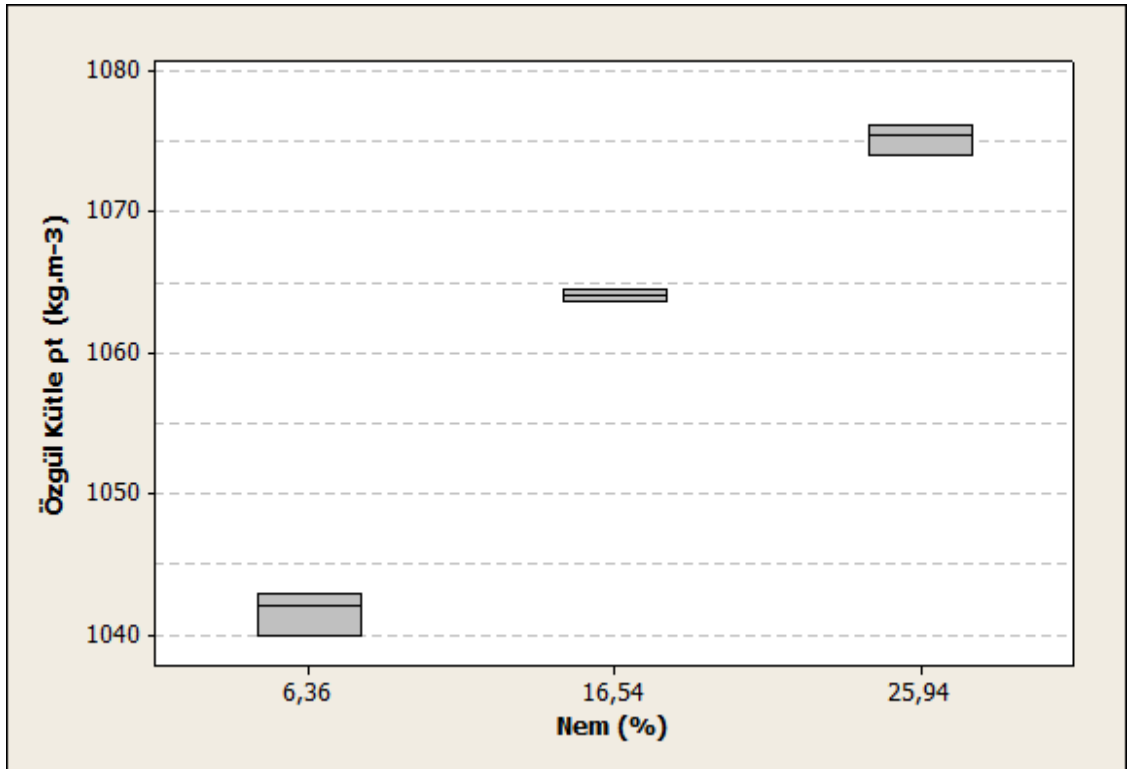
5.1.10 Özgöl kütle

Şekil 5.20 ve 5.20a, nem içeriğinin % 6.36'dan % 16.54'e artmasıyla birlikte kanola tohumu tanelerinin özgöl kütlelerinde keskin bir artışın oluştuğu, ardı sıra nem içeriğinin % 25.94'e çıkması durumunda özgöl kütlede artışın göreceli olarak yavaş bir artışla seyrettiğini ortaya koymaktadır. Özgöl kütledeki değişim eğilimi aşağıda belirtilen eşitlik ile ifade edilebilmektedir:

$$\rho_t = - 0,05194X^2 + 3,391X + 1022; R^2 = 99.6$$



(a)

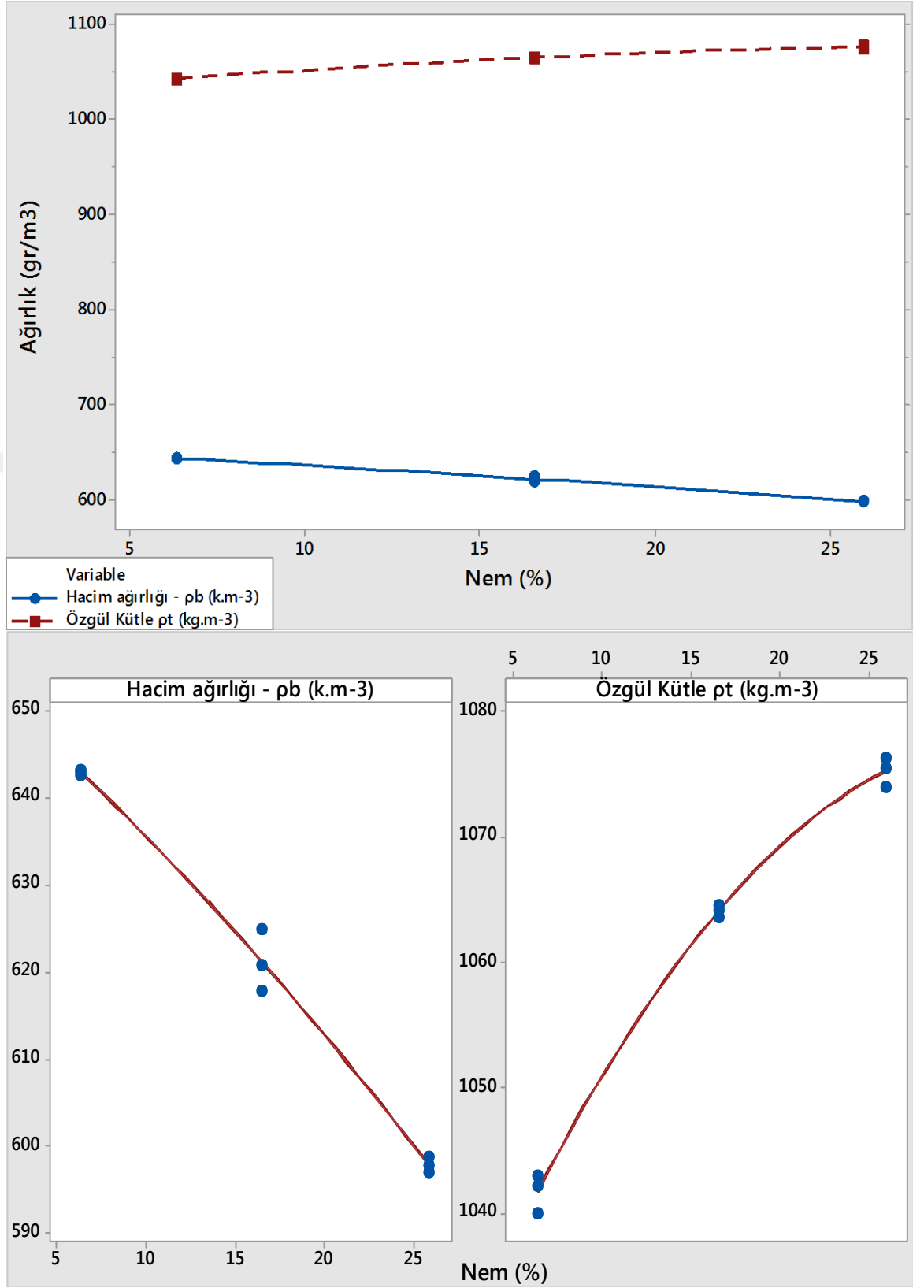


(b)

Şekil 5.22 Nem içeriği ile birlikte(y.b.) özgül kütledeki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Şekil 5.23 ile de kanola tohumu tanelerinin nem içeriklerindeki (y. b.) değişimle hacim ağırlığı ile özgül kütledeki dalgalanmaların kıyaslamalı grafik gösterimi yapılmıştır.





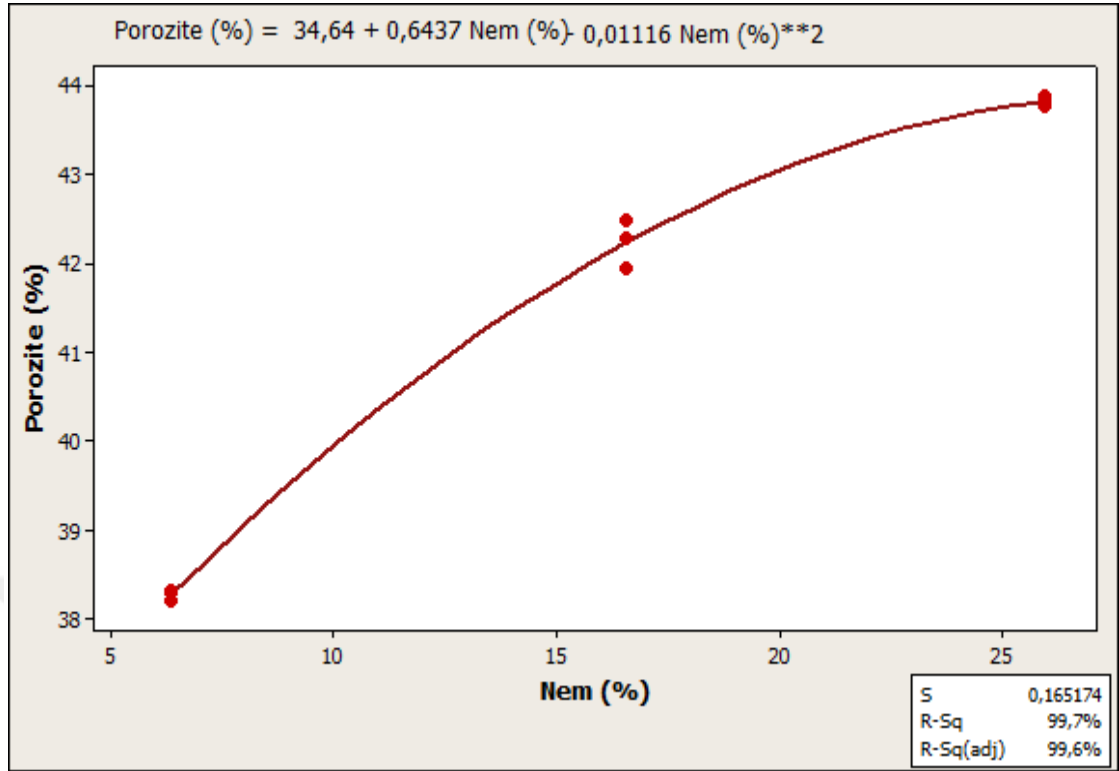
Şekil 5.23 Nem içeriklerine (y.b.) göre hacim ağırlığı (bulk density) ve özgül kütlede (true density) değişimler

Bart – Plange vd. (2012) tarafından farklı nem içeriğinde “Asontem” b r lcesinde yürütülen çalışmada ortalama uzunluk, genişlik, kalınlık değerlerinin nem içeriğindeki azalmayla azaldığı kaydedilmiştir. Geometrik ortalama çap, yüzey alanı, hacim, 1000 dane ağırlığı ve özgül kütle değerlerinde de nem içeriğindeki azalmayla doğrusal olmayan şekilde azalışın ölçüldüğü bildirilmiştir.

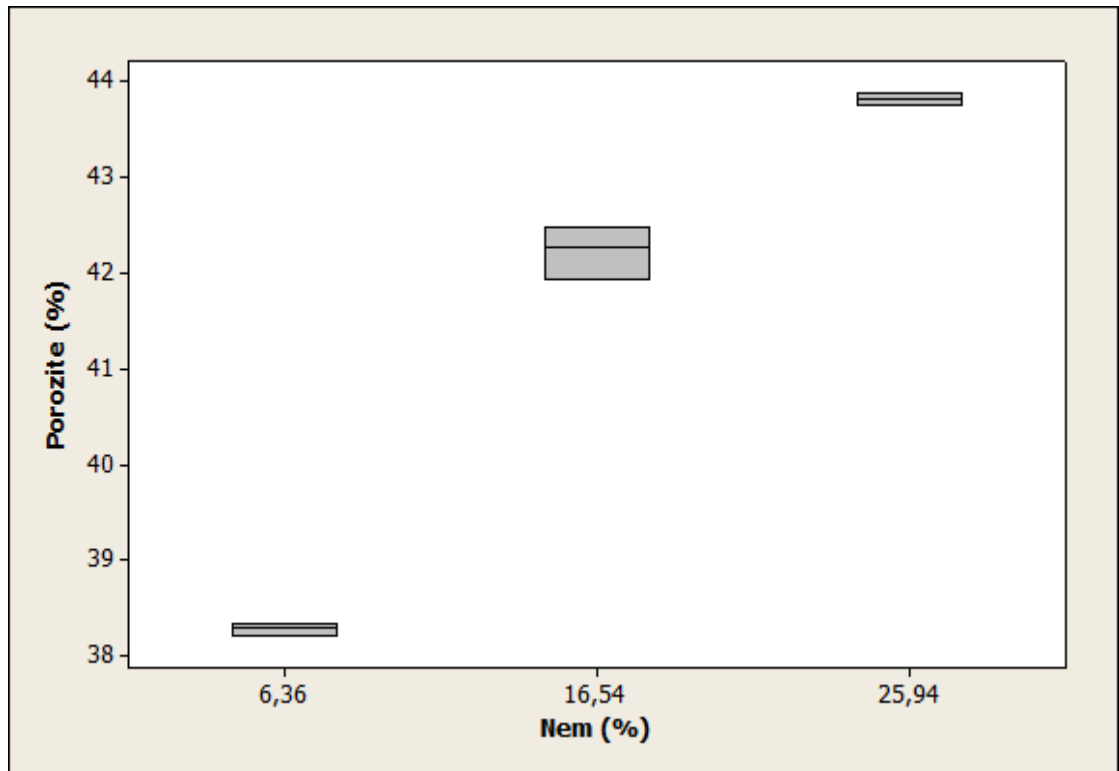
5.1.11 Porozite

Deneme sonuçlarına göre, nem içeriğinin % 6.36’dan % 16.54’e çıkması durumunda porozitenin ortalama değerler üzerinden % 38.27’den % 41.62’ye çıktığı, buna karşın nem içeriğinin % 16.54’de % 25.94’ gidişi ile porozitenin % 2.78’lik bir artış ile %44.40’a eriştiği gözlenmiştir. Bu gözlem, şekil 5.22’de grafik çizimle gösterilmektedir. Ayrıca, porozitedeki bu değişimin eğilim doğrusu da aşağıda verilmekte olan şekilde eşitlik haline getirilebilmektedir:

$$\varepsilon_p = -0.001116X^2 + 0.6437X + 34.64; R^2 = 99.7$$



(a)



(b)

Şekil 5.24 Nem içerikleri (y.b.) ile bağlantılı porozitedeki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Değişik granüler yapılı malzemelerin porozite değerleri ile ilgili olarak, Damian (2014), hardal tohumları için porozite ve nem içerikleri arasında polinomiyal bir ilişkinin varlığını ortaya çıkarmıştır. Baryeh (2002) de akdarı (millet) tohumları için benzer bulguları kaydetmektedir. Porozitenin tanecikli materyallerin hacim ağırlığı ile özgül kütlelerinin bir fonksiyonu olmasından dolayı, porozite düzeyleri üzerindeki sapmaların miktarı; materyallerin nem içeriklerindeki artışlarla birlikte bu iki değişken üzerinde oluşacak değişikliklerden etkilenmiş olacaktır.

Işık ve İzli (2016)' nin çalışmasında da sarımercimekte porozitenin; nemdeki (k.b.) artıştan doğrusal orantılı şekilde artış kaydederek ve fakat Altuntaş ve Yıldız (2007)' ın bakla için bildirdiği artışa nazaran daha düşük bir artışla etkilenmiş olduğu ifade edilmiştir.

Sangamithra vd. (2016); Nem içerikleri 4-farklı düzeyde arttırıldığında mısır tanelerinin hacim ağırlığı ile gerçek yoğunluklarında artışlar ve porozite oranında ise doğrusal olamayan yönlü azalışlar gözlemlediklerini bildirmişleridir.

Ünal ve Sincik (2009); 3 farklı çeşit kanolanın (her biri %8.3, 7.7 ve 7.3 nem içeriklerinde; k.b.) fiziksel özelliklerini kıyasladıkları incelemede; her bir çeşit için porozite değerlerini %36.6, 41.5 ve 38.4 vermişlerdir.

5.2 Aerodinamik Özellikleri

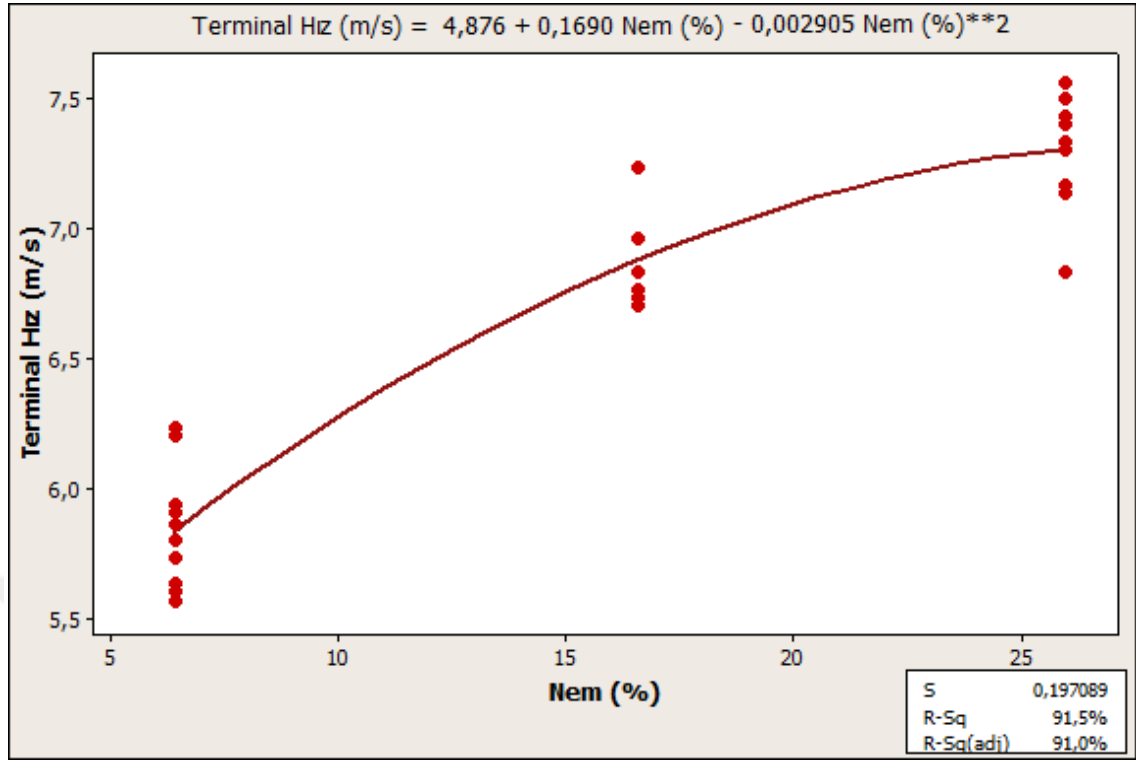
5.2.1 Terminal hız

Bu araştırmada incelemeye tutulan bir diğer önemli özellik de incelenen kanola tohumu tanelerinin terminal hız değerleriydi. Şekil 5.21'de görüldüğü gibi deney sonuçları ile danelerin terminal hızlarının nem içeriklerindeki değişimlerle birlikte değişeceği görülmüştür. Test sonuçları, Şekil 5.21'de verilmekte olan logaritmik bir değişim eğilimi açığa çıkardı. Nem içeriklerinde % 6.36'dan % 25.94'e doğru artış seyri izlenirken, kanola tohumu danelerinin terminal hızlarının ortalama değerler olarak

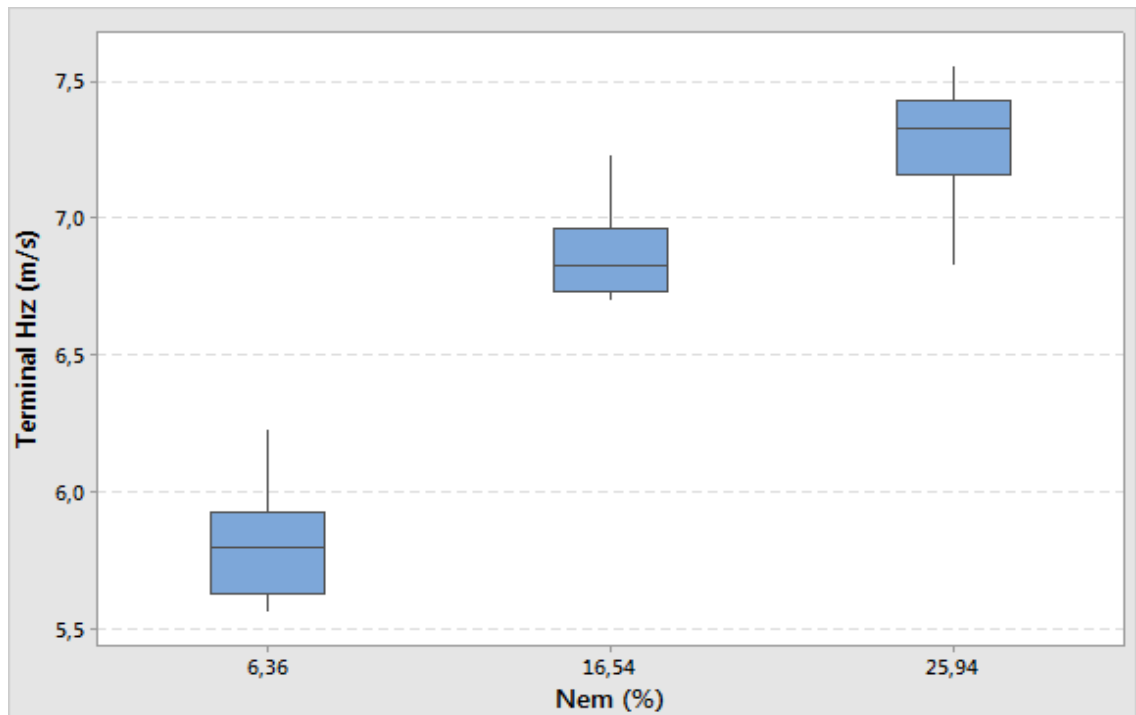
5.8336 ms⁻¹'den 7.3064 ms⁻¹'e doğru arttığı görülmektedir. Kanola tanelerinin neme bağlı terminal hızlarındaki değişime ilişkin bu sonuçlar aşağıda verilen eşitlik ile ifade edilebilir.

$$V_t = -0,002905X^2 + 0,1690X + 4,876; R^2 = 91.5$$

Oluca ve Eze (2014); yürüttükleri çalışmalarında *Nerica* bitkisi tohumları için nem içerikleri ile terminal hızları arasında polinomiyal değişen bir artış ilişkisi bildirmişlerdir.



(a)



(b)

Şekil 5.25 Nem içeriğindeki (y. b.) değişimlere bağlı terminal hızlardaki değişimlerin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizi-boxplot (b)

Duc vd.'nin (2008) nem içeriklerine (%10.03, 14.91, 20.07, 25.06 ve 30.12 y.b.) bağlı kanolanın fiziksel özelliklerinin değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, nemdeki artışla birlikte terminal hızların 3.47 ms^{-1} 'den 3.91 ms^{-1} 'e doğrusal bir şekilde arttığı rapor edilmiştir.

Kroulik vd. (2016) tarafından mısır, şeker pancarı, ayçiçeği, sorgum, beyaz hardal, afyon, tarla bezelyesi, soya, yazlık/kışlık buğday, yazlık/kışlık arpa, kışlık çavdar ve yulaf tohumları için terminal hız değerleri; sırasıyla 13.29, 10.24, 8.38, 10.43, 9.02, 4.67, 12.41, 13.84, 9.54/10.54, 9.44/9.06, 9.53 ve 8.03 ms^{-1} şeklinde verilmektedir.

Güner (2007); buğday, arpa, ayçiçeği ve mercimekte terminal hızları sırasıyla $9.86\text{--}10.27 \text{ ms}^{-1}$, $7.44\text{--}8.25 \text{ ms}^{-1}$, $6.31\text{--}6.61 \text{ ms}^{-1}$ ve $6.99\text{--}7.72 \text{ ms}^{-1}$ aralıklarında değişimler şeklinde vermektedir.

Kroulik vd. (2016); çalışmalarında seçmiş oldukları tohumların kritik hızlarının 8.03 ms^{-1} 'den 10.54 ms^{-1} 'ye kadar değişen bir açılım sergilediklerini bildirmişlerdir. Yürütülen bir çalışmada kapsanan kışlık kanola (kolza) için terminal/kritik hız değeri ise 7.65 ms^{-1} şeklinde verilmiştir (Kroulik vd. 2016).

Bilanski vd. (1962) tarafından kanola için terminal hız, 7.62 ms^{-1} değeri ile rapor edilmiştir.

Heidenreich (2000) tarafından 1.0 – 2.5 mm tane büyüklüklerine bağlı olarak kanola için deneysel terminal hızları; $5.0\text{--}6.5 \text{ ms}^{-1}$ değerleri aralığında verilmektedir. Tartışılan bu çalışmada da ele alınan Turan çeşidi kanola tohumları için tane büyüklükleri arttıkça terminal hızların da arttığı görülmüştür.

Öte yandan Tunde-Akintunde vd. (2007); nem içeriğinin (%4.06-8.29-16.81 k.b.) iki farklı çeşit kavun tohumu tanelerinin terminal hızlarına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında nem içeriğindeki artışla birlikte terminal hızların arttıklarını (sırasıyla çeşit-A: $4.53\text{--}4.74\text{--}4.97$; çeşit-B: $4.62\text{--}4.85\text{--}5.1 \text{ ms}^{-1}$) rapor etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda da neme bağlı olarak elde edilen terminal hız değerleri, Tunde-Akintunde vd.'nin bildirdikleri bulgularındaki değerlerde olduğu gibi nem arttıkça artmıştır.

Işık ve Nazlı (2016), nem içeriğindeki artışa bağlı olarak sarımercimekte terminal hızların arttığını bildirmişlerdir. Çalışmaya göre nem içeriği %15.6' dan %22.5' e (k.b.) değiştiğinde terminal hızlar da sarı mercimekte 1.5-2.09 ms⁻¹ aralığında doğrusal yönlü artışla değişmiştir.

5.2.2 Sürüklenme katsayısı ve Reynold sayısı

Sürüklenme katsayısı ve Reynold sayısına ilişkin elde edilen bulgular; aşağıda verilen Çizelge 5.2'de verilmiştir. Denemelerde ele alınan 3 farklı nem içeriğindeki kanolanın pnömatik iletiminde, boyutsuz aerodinamik büyüklük olan Reynold sayısı (NR_e) değerleri ise %6.36 – 16.54 ve 25.94 nem içeriklerine göre sırasıyla 787.76 – 951.32 ve 1045.60 şeklinde hesaplanmıştır. Bu değer; tanecikli materyalin hava, su ve yağ gibi iletim ortamlarıyla iletimlerinde akışın gerçekleşme davranışını ve biçimini ortaya koymaya imkân veren bir ölçütü sağlamaktadır. Bu değerlerin $NR_e < 2000$ olması; akış seyrinin laminar gerçekleştiğini, $NR_e = 2000 - 10000$ aralığında değer alması akışın geçiş akımı olarak seyrettiğini ve $10000 < NR_e$ değeri aldığı durumlarda ise akış seyrinin türbülanslı bir şekilde gerçekleştiğini tanımlamaktadır.

Çizelgeden görüleceği üzere denemelerdeki iletimlerde akış; laminar akış şeklinde seyretmiştir.

Çizelge 5. 2 Farklı 3 nem düzeyinde materyalin aerodinamik özelliklerine ilişkin bulgular

Aerodinamik özellik	Materyal Nem İçerikleri (%)		
	6.36	16.54	25.94
Terminal hızı (m/s)	5.8336	6.8773	7.3064
Sürüklenme katsayısı (C_d)	0.5418	0.4701	0.4030
Reynold sayısı (NR_e)	786.76	951.32	1045.60

Yürütülen bu çalışmada, *Turan* kanola çeşidinin 3 farklı nem içeriğindeki fizikomekanik özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlar ve bulgular daha önceki çeşitli araştırmacılar tarafından ele alınan benzer doğrultudaki çalışmalarla karşılaştırıldığında aşağıdaki neticeleri dile getirmek mümkün olabilmektedir:

Kanola ve kolza tohumlarının neme bağlı fiziksel ve aerodinamik karakteristiklerine ilişkin bazı araştırmacılar tarafından yürütülen denemelerle kalınlık, uzunluk, genişlik, hacim ve yüzey alanı gibi boyutsal parametrelerinin nem içeriklerindeki artışlarla arttığı gözlemlenmiştir (İzli et al., 2009; Razavi et al., 2009; Panasiewicz et al. 2012). Benzer sonuçlar yukarıda belirtilen incelemelerle uyumlu şekilde bu çalışmada da kaydedilmiştir.

Turan çeşidi kanola tohumu tanelerinin nem içeriklerindeki değişimle birlikte oluşan ve farklı araçlarla belirlenen izdüşüm alanlarında ortalama değerleri üzerinden oluşan farklılaşmalara gelince, her üç düzleme göre de (xz, xy – ve yz – düzlemleri) doğrusal bir artış seyri sergilemiştir.

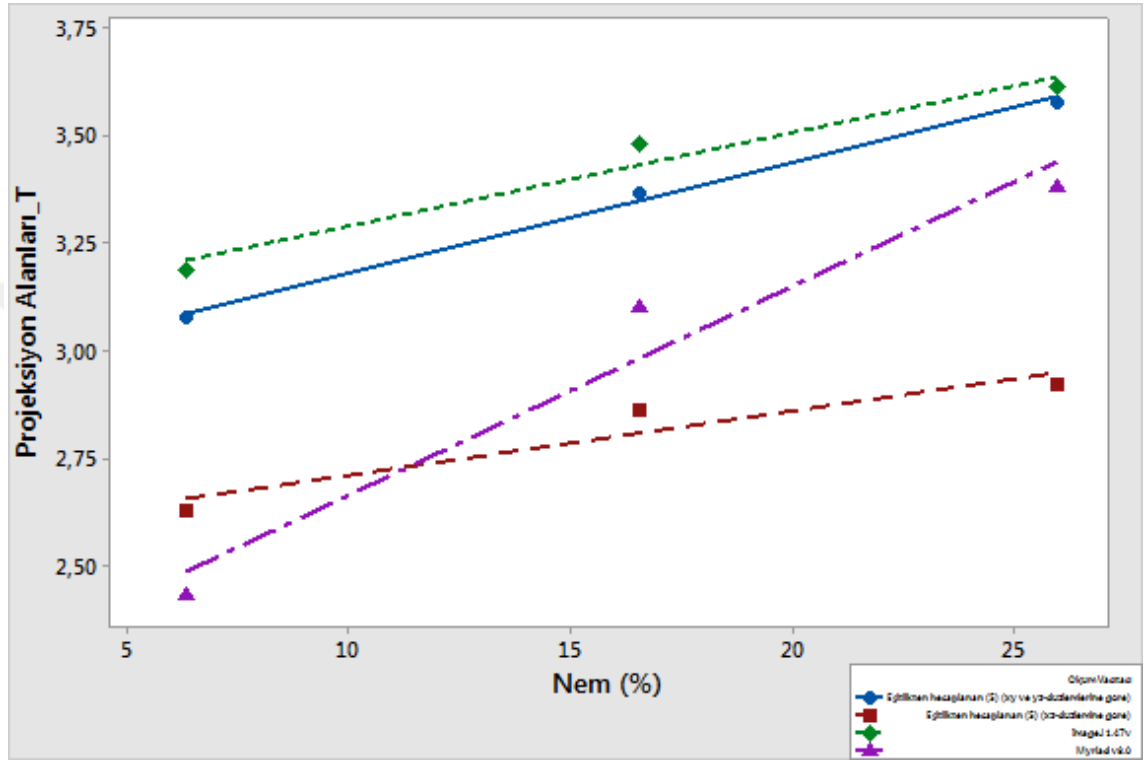
Kanola tohumlarının nem içeriklerindeki yükselişlerin; farklı belirleme araçlarının kullanılması neticesinde belirlenen kanola tohumu tanelerinin ortalama projeksiyon alanı değerlerinde artış eğilimleri doğrduğunu göstermiştir. Bilgisayar destekli sayısal görüntü işleme ve analiz yazılımları olan ImageJ 1.47v ile Myriad v8.0 paket programlarının kullanımı yoluyla ve farklı düzlemlere göre Bölüm 2.2.2’de verilen (5) numaralı eşitliklerin kullanımıyla yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçların ortalama değerler üzerinden bir karşılaştırması Şekil 5.26’da özetlenmektedir. Şekilden de görülebildiği üzere, Eşitlik (5) ile hesaplanmış olanlarla ImageJ 1.47v paket yazılımıyla elde edilen kanola tanelerinin projeksiyon alanı değerleri birbirlerine çok yakın sonuçlar vermiştir. Buna göre Şekil 5.26’da grafiksel olarak gösterilen nemdeki değişime karşılık oluşan tane projeksiyon alanlarındaki ortalama değerler üzerinden değişimlerin kıyaslandığı eğilim eğrilerinin regresyon denklemleri aşağıda verilen şekilde belirlenmiştir.

$$S_a = 0.02190X + 3.071; R^2 = 96.5 \text{ (ImageJ 1.47v)}$$

$$S_a = 0.04876X + 2.176; R^2 = 95.7 \text{ (Myriad v8.0)}$$

$$S_a = 0.01492X + 2.560; R^2 = 91.1 \text{ (XZ – eksenine göre ampirik formülden)}$$

$$S_a = 0.02573X + 2.921; R^2 = 99.6 \text{ (XY ve YZ – eksenlerine göre ampirik formülden)}$$



Şekil 5.26 Değişik vasıtalarla belirlenen ortalama tane projeksiyon alanlarının kıyaslanması

Razavi vd. (2010), deneysel olarak mikrometreyle ölçümle ve dijital görüntü olarak görüntü işleme tekniği ile iki farklı yöntemle fizikomekanik özelliklerini belirledikleri ve değerlendirdikleri fesleğen tohumu tanelerinin uzunluk, kalınlık ve genişlik boyutlarını ikili gruplar halinde sırasıyla 3.216-3.220 mm; 1.838-1.840 mm ve 1.363-1.374 mm şeklinde belirlemişlerdir. Fesleğen tohumu tanelerinin (%5.32 nem içeriği, y.b.) görüntü işleme tekniği ile belirlenmiş ortalama projeksiyon alanı 4.407 mm^2 olarak belirlenmişken mikrometre ile deneysel yolla ölçümlerden 12.796 mm^2 şeklinde hesaplanmıştır. Aynı yaklaşımla görüntü işleme ile küresellik değeri 0.95 bulunmuşken ölçümle elde edilen boyutsal verilerden küresellik 0.62 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada tek tane ağırlığı 0.0020 g ve 1000 tane ağırlığı ise 2.23 g, tek tane hacmi

7.55 mm³, gerçek yoğunluk 1038kgm⁻³, hacim ağırlığı 340.24kgm⁻³ ve porozite %67.2 olarak verilmektedir.

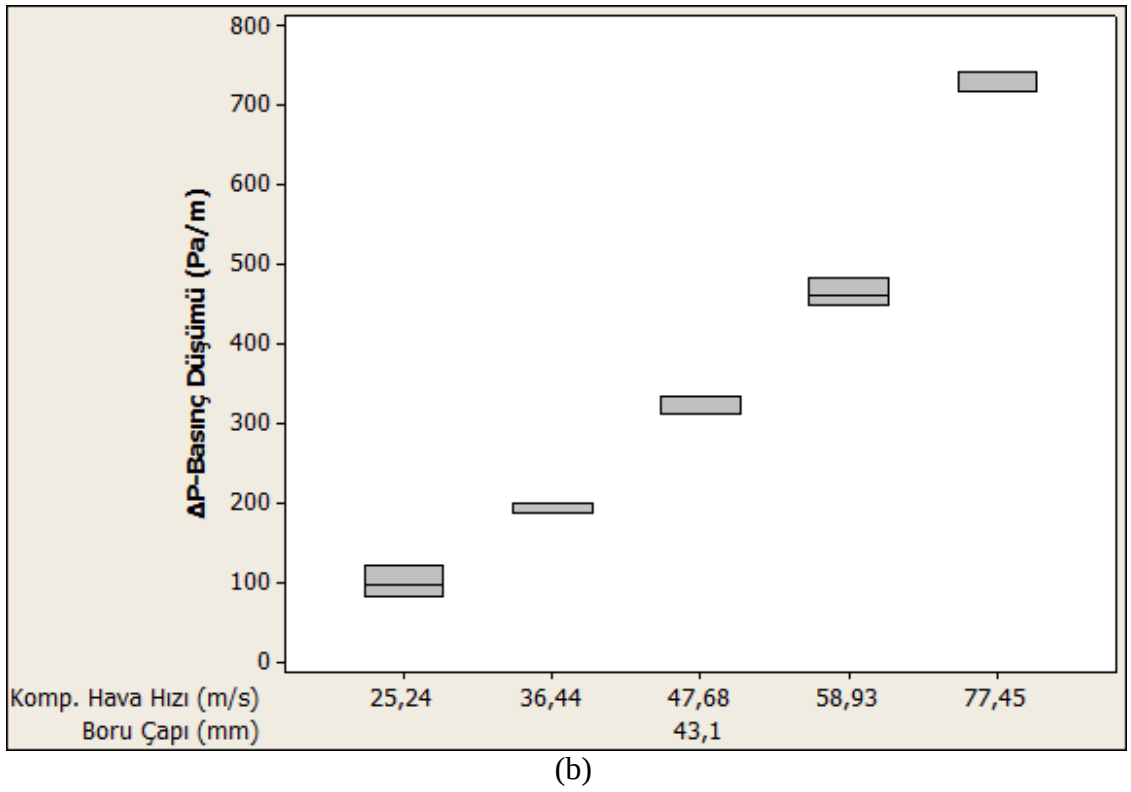
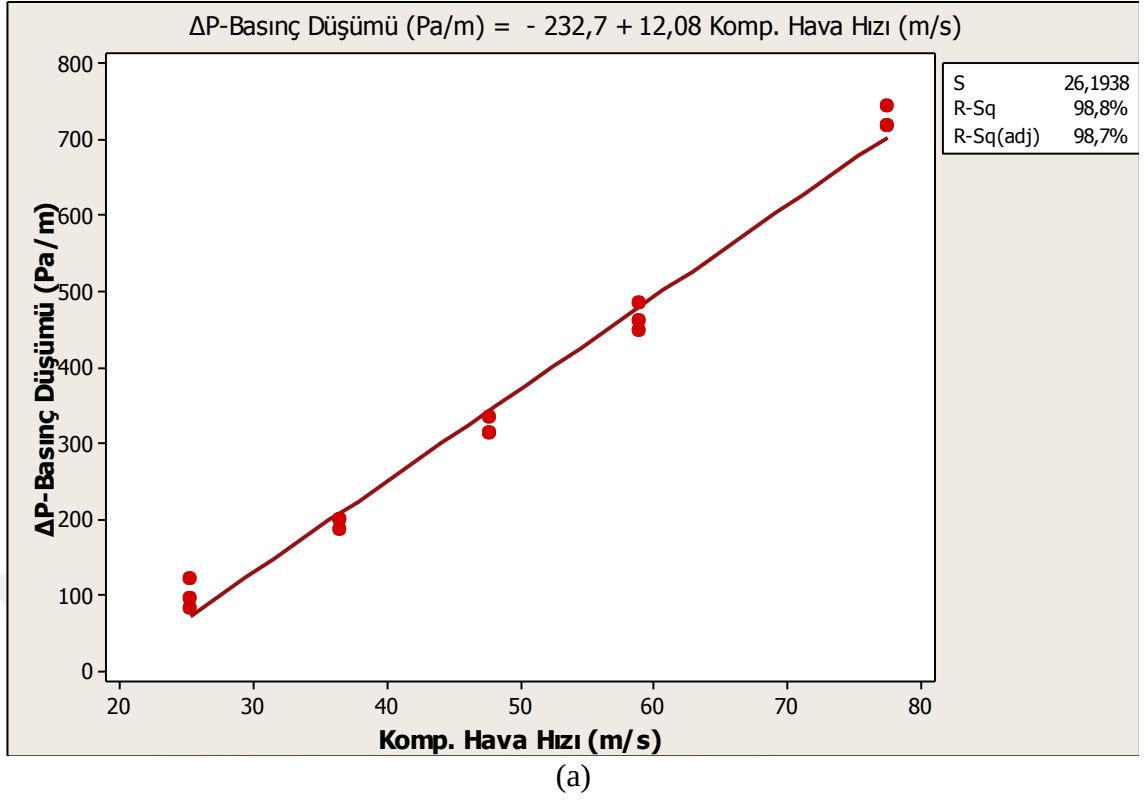
5.3 Salt Hava İletiminde Tanımlanan Kısıtlar ile Kanolanın Pnömatik İletim Karakteristikleri Arasındaki Kaydedilen Etkileşimler

Tezin bu safhasında, 3 farklı iletim hattı boru çapı ve 5 farklı iletim hızı kısıtlarında hava iletilmesinde iletim sisteminde iletim karakteristikleri (basınç düşümü, güç tüketimi ve sürtünme kaybı) ile bu kısıtlar arası oluşan etkileşimler ve gelişen ilişkiler tartışılmıştır.

5.3.1 Hava hızı ve boru çapının iletim tertibatında basınç düşümü ve sürtünme kaybı oluşumuna etkisi

İletim sisteminde, salt havanın 43.1 mm çaptaki boruyla iletilmesi esnasında havaya kazandırılan hızın; basınç düşümü ve sürtünme kaybı oluşumuna ve düzeylerine etkileri Şekil 5.27 ve 5.28’ de verilen grafiksel analizlerinde gösterildiği şekilde ortaya çıkmıştır. Hava hızının her kademe artışı, basınç düşümünde artışa yol açmıştır. Basınç düşümlerinin (ΔP) grafiksel analizlerinden elde edilen eğilim eğrilerini veren eşitlik ise aşağıda verilen şekilde oluşmuştur.

$$\Delta P = - 232.7V_h + 12.08; R^2 = 98.8 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı]}$$

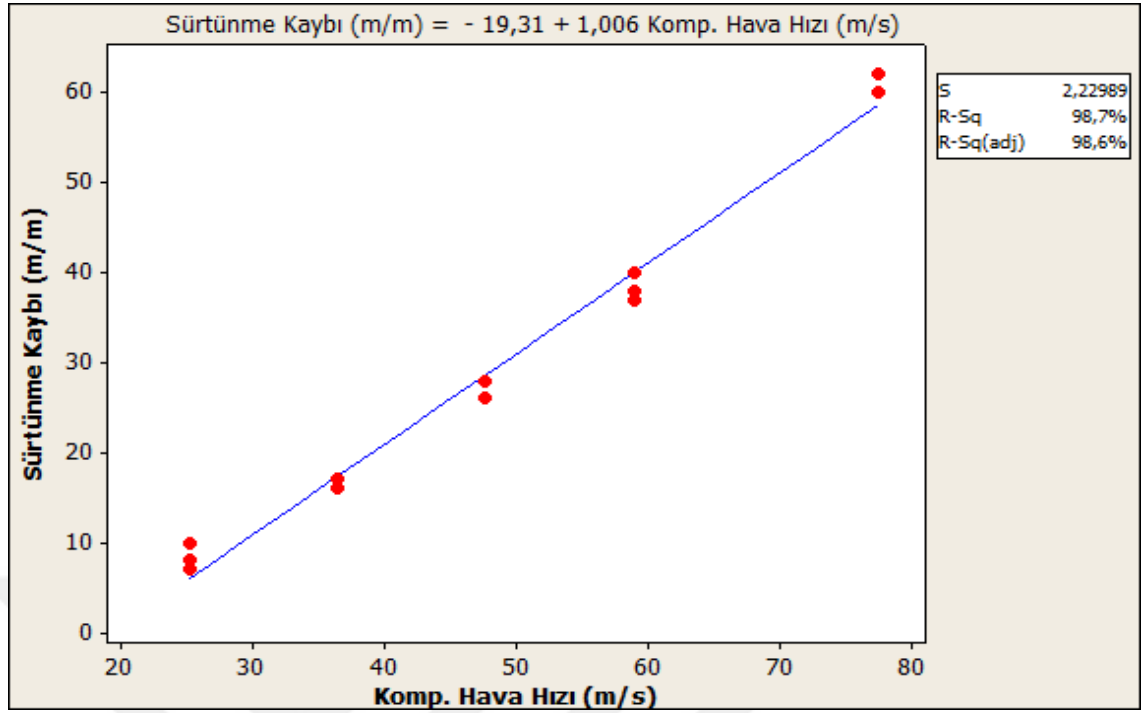


Şekil 5.27 Çapı 43.1 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının basınç düşümüne etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

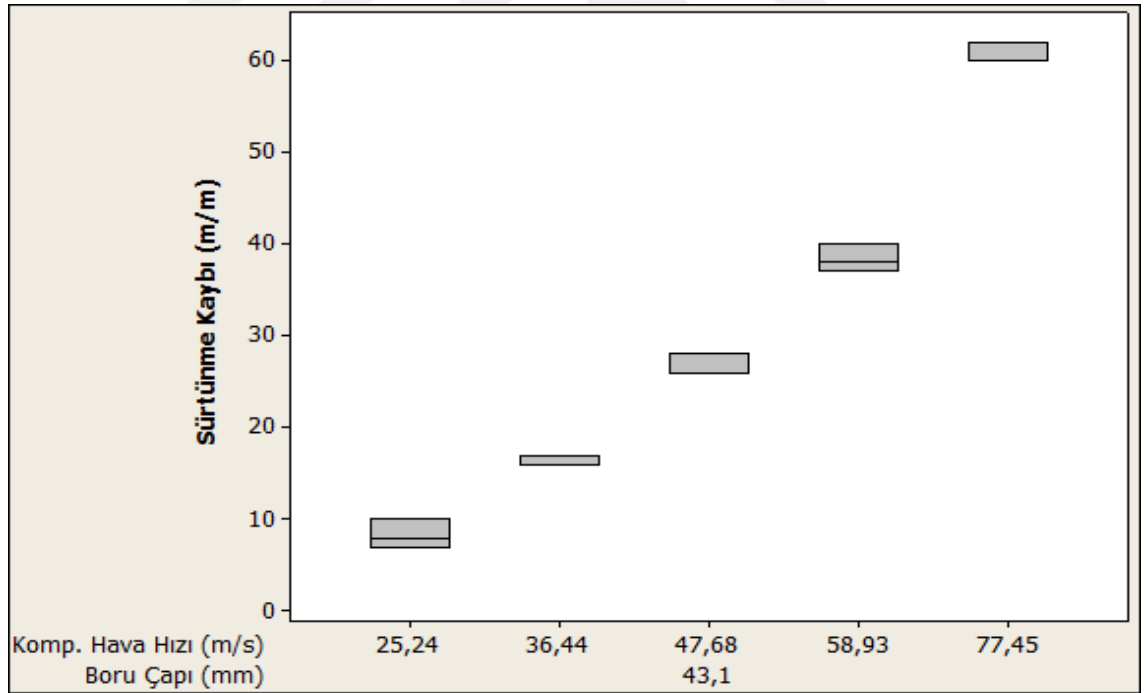
43,1 mm çaplı boruyla salt hava iletiminde boru çapının hava hızıyla ilişkisine bağlı oluşan sürtünme kaybı da Şekil 5.28’ de verilen grafiksel analizlerinde gösterildiği Şekilde hava hızındaki artışla uyumlu Şekilde artarak gerçekleşmiştir. Grafiksel analizlerden elde edilen eğilim eğrilerini veren eşitlik ise aşağıda verilen Şekilde oluşmuştur.

$$I = 1.006V_h - 19.31; R^2 = 98.7 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı]}$$





(a)



(b)

Şekil 5.28 Çapı 43.1 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının sürtünme kaybına etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Tüm denemeler esnasında hava hızının boru çapıyla ilişkili şekilde salt hava iletimi durumunda iletim hattında basınç düşümü ve sürtünme kayıpları, Çizelge 5.3’ de görüldüğü şekilde oluşmuştur.

Çizelge 5.3 Salt hava iletiminde hava hızının boru çapına bağlı basınç düşümü ve sürtünme kaybı oluşumuna etkisi

Boru çapları D (mm)	Kompresör Devri- n (d/d)	V_h (m.s ⁻¹)	ΔP (Pa/m)	I (m.m ⁻¹)
Ø 43.1	850	25.24	100.00	8.33
	1150	36.44	204.35	17.03
	1450	47.68	321.74	26.81
	1750	58.93	465.22	38.77
	2250	77.45	717.39	59.78
Ø 54.5	850	15.93	56.52	4.71
	1150	23.10	95.65	7.97
	1450	30.33	143.48	11.96
	1750	37.61	195.65	16.30
	2250	49.60	300.00	25.00
Ø 70.3	850	9.65	8.70	0.72
	1150	13.98	34.78	2.90
	1450	18.35	65.22	5.43
	1750	22.77	95.65	7.97
	2250	30.07	143.48	11.96

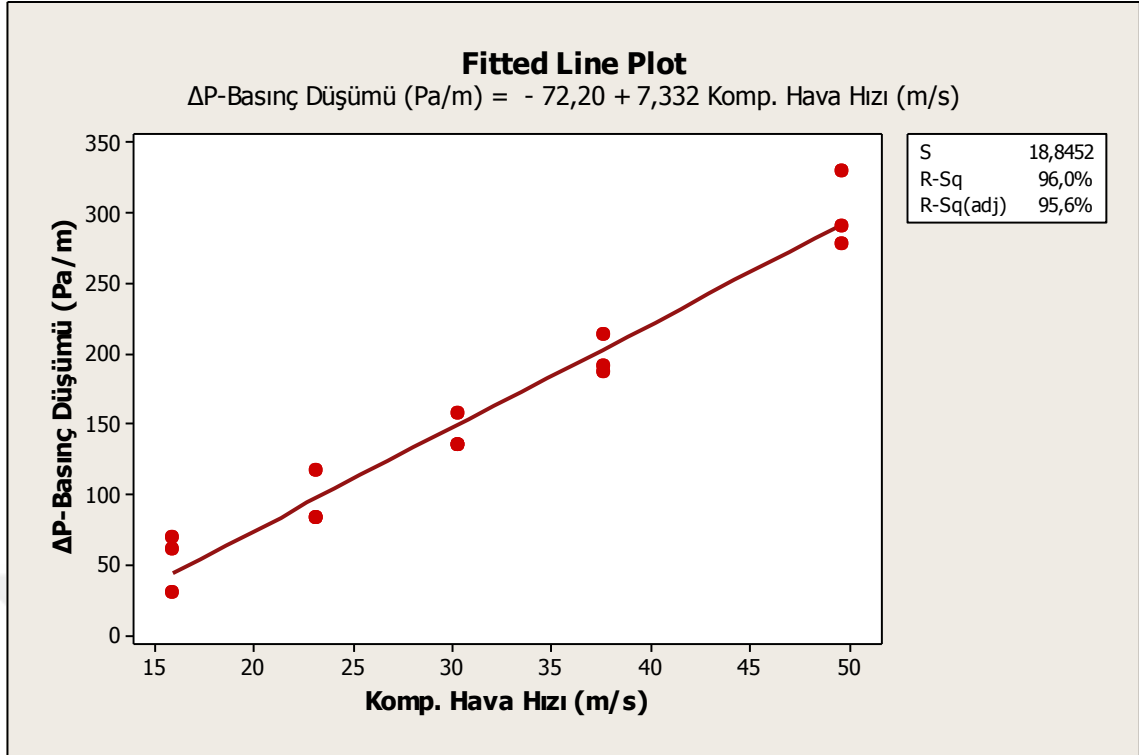
İletim sisteminde, yürütülen denemelere bağlı elde edilen değerler doğrultusunda salt havanın 54.5 mm ve 70.3 mm çaptaki borularla iletilmesi esnasında sistemde basınç düşümü ve sürtünme kaybı gelişim şekli ve düzeyleri ise Şekil 5.29, 5.30, 5.31 ve 5.32’de gösterildiği şekilde gerçekleşmiştir. Hava hızının her kademe artışı; basınç düşümü ve sürtünme kaybında artış şeklinde sonuçlar doğurmuştur. Verilerin grafiksel analizlerinden elde edilen etkileşim eğilim eğrilerini veren eşitlikler ise aşağıda ifade edilen şekilde oluşmuştur.

$$\Delta P = -72.20V_h + 7.332; R^2 = 96.0 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı]}$$

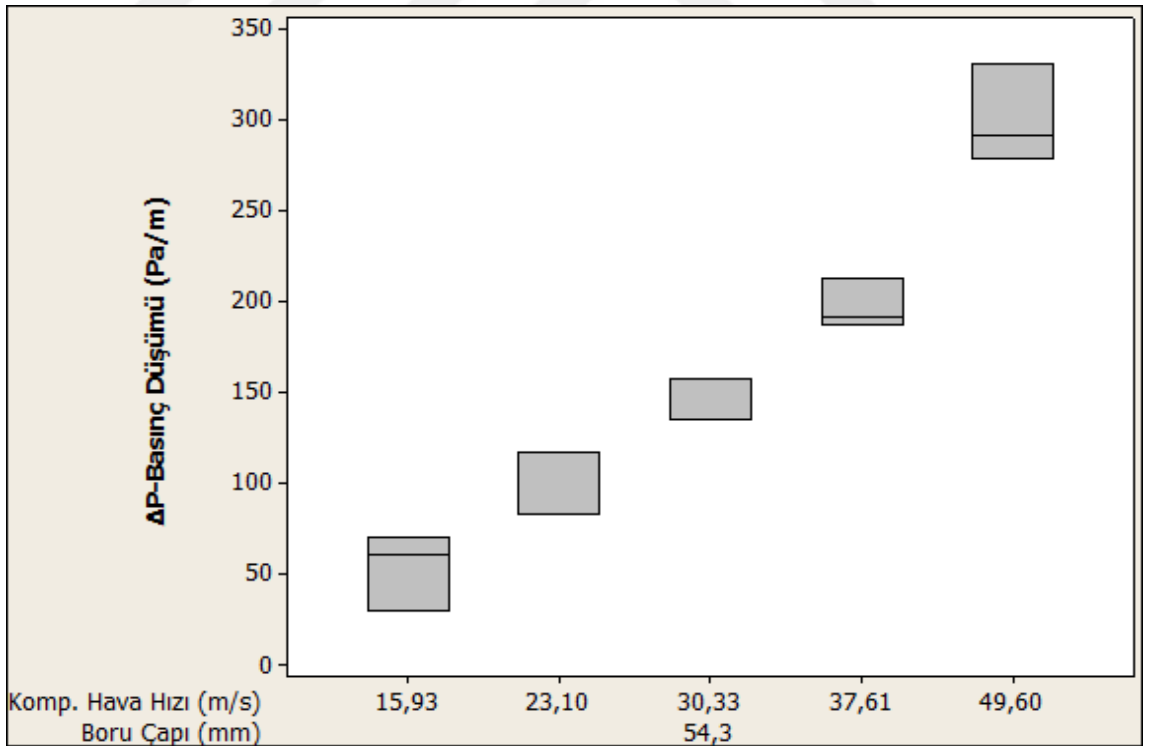
$$I = -5.848V_h + 0.6083; R^2 = 95.4 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı]}$$

$$\Delta P = 6.491V_h - 54.56; R^2 = 97.3 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı]}$$

$$I = 0.5501V_h - 4.832; R^2 = 96.3 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı]}$$

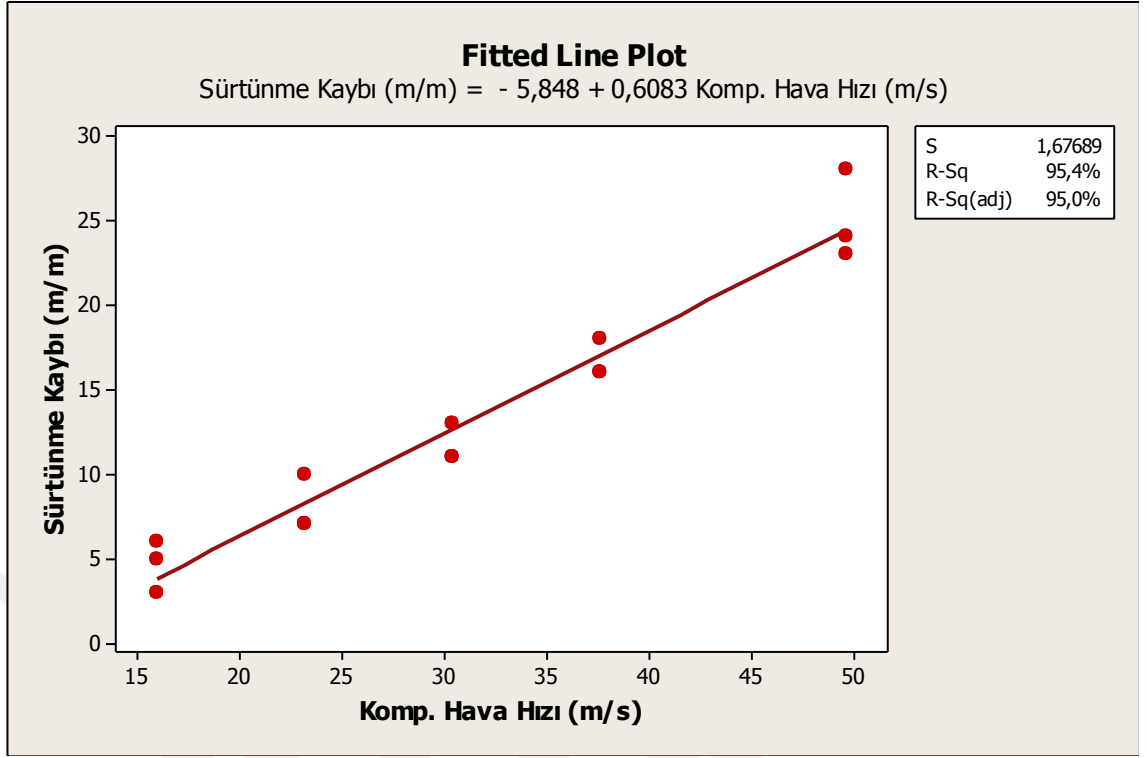


(a)

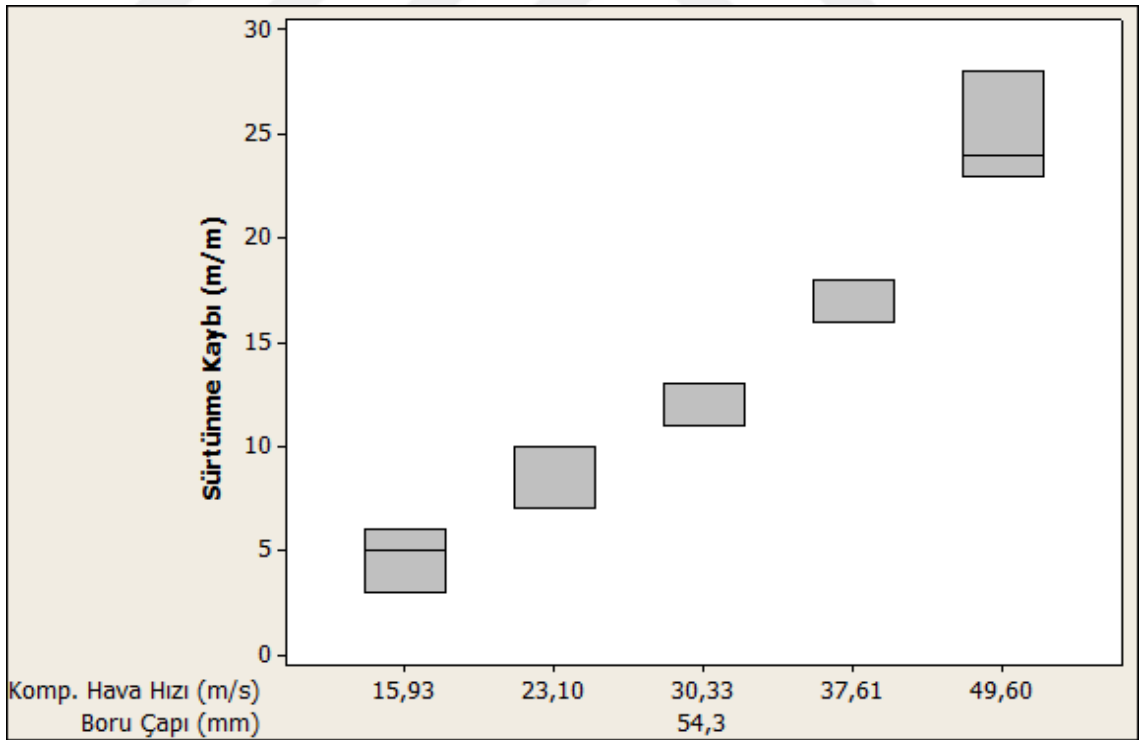


(b)

Şekil 5.29 Çapı 54.5 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının basınç düşümüne etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

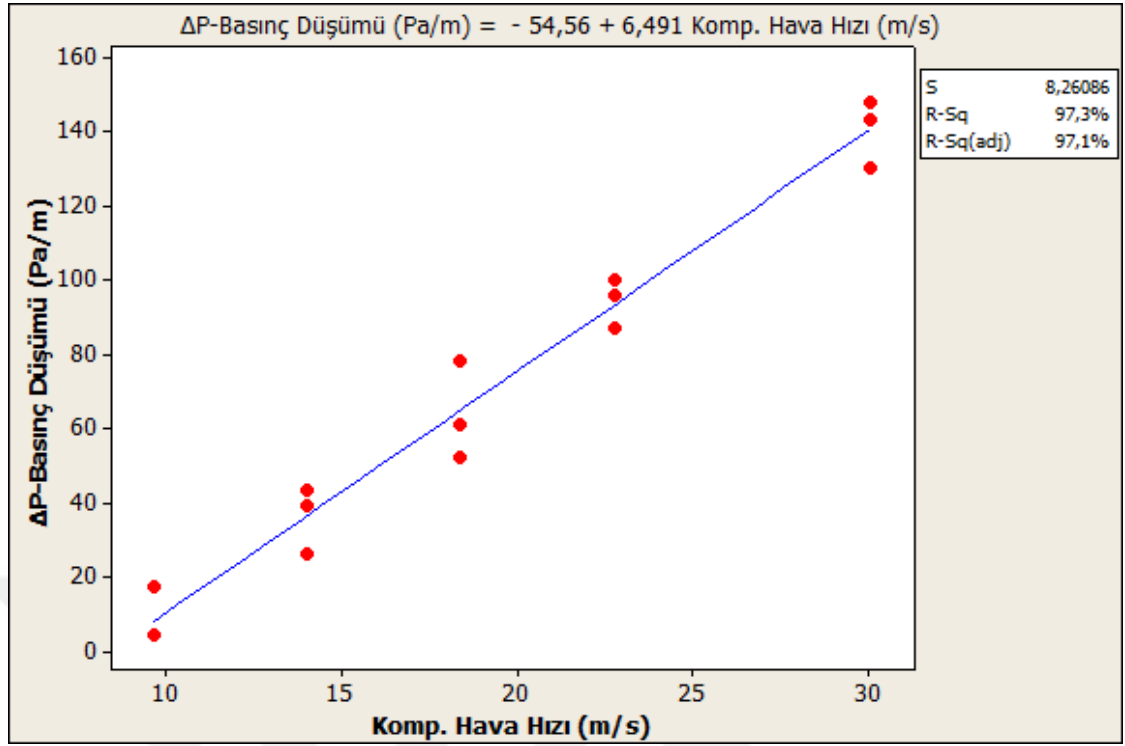


(a)

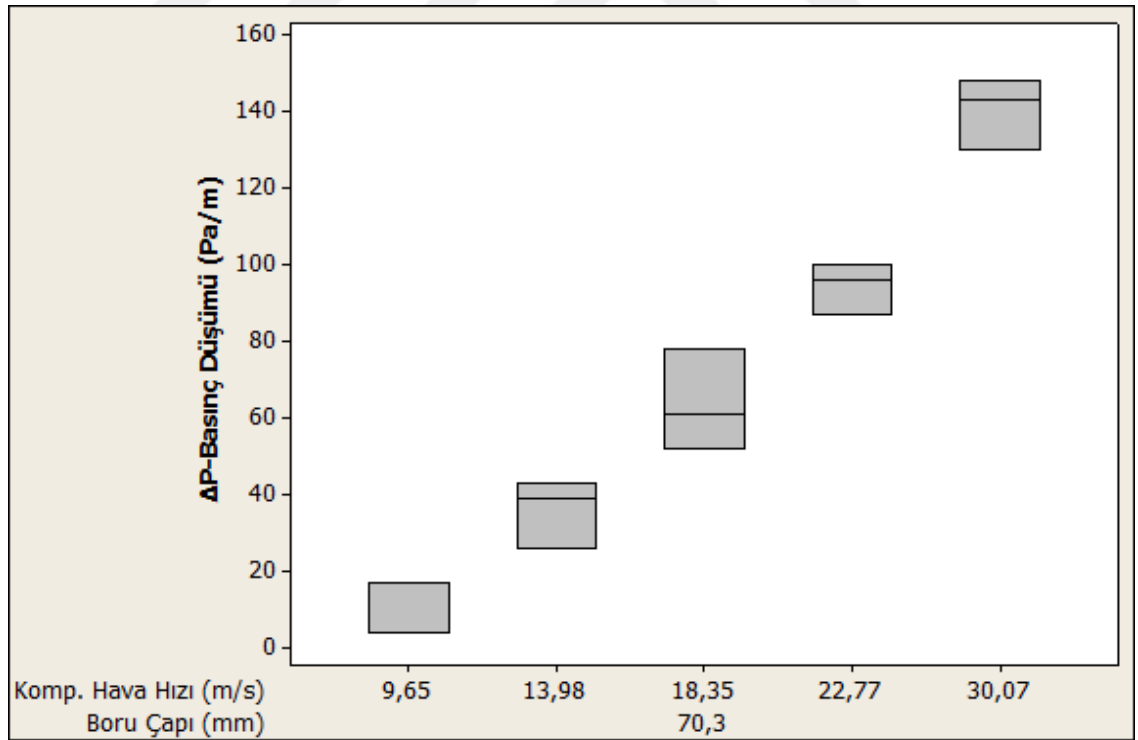


(b)

Şekil 5.30 Çapı 54.5 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının sürtünme kaybına etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

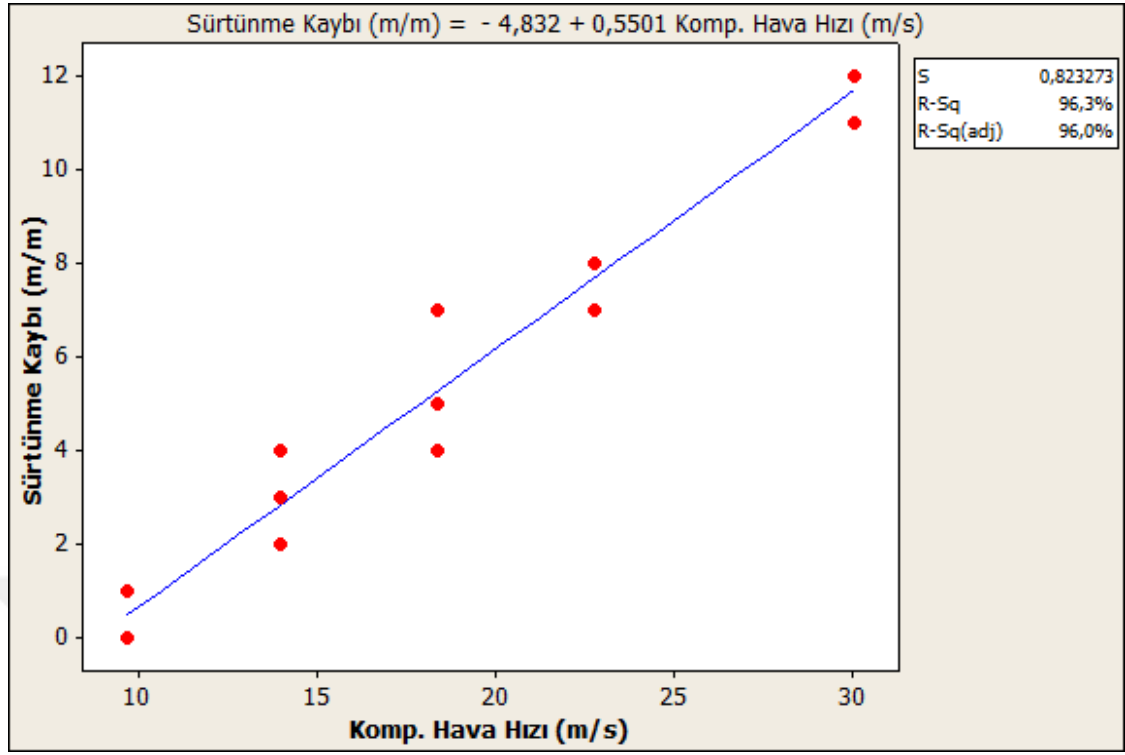


(a)

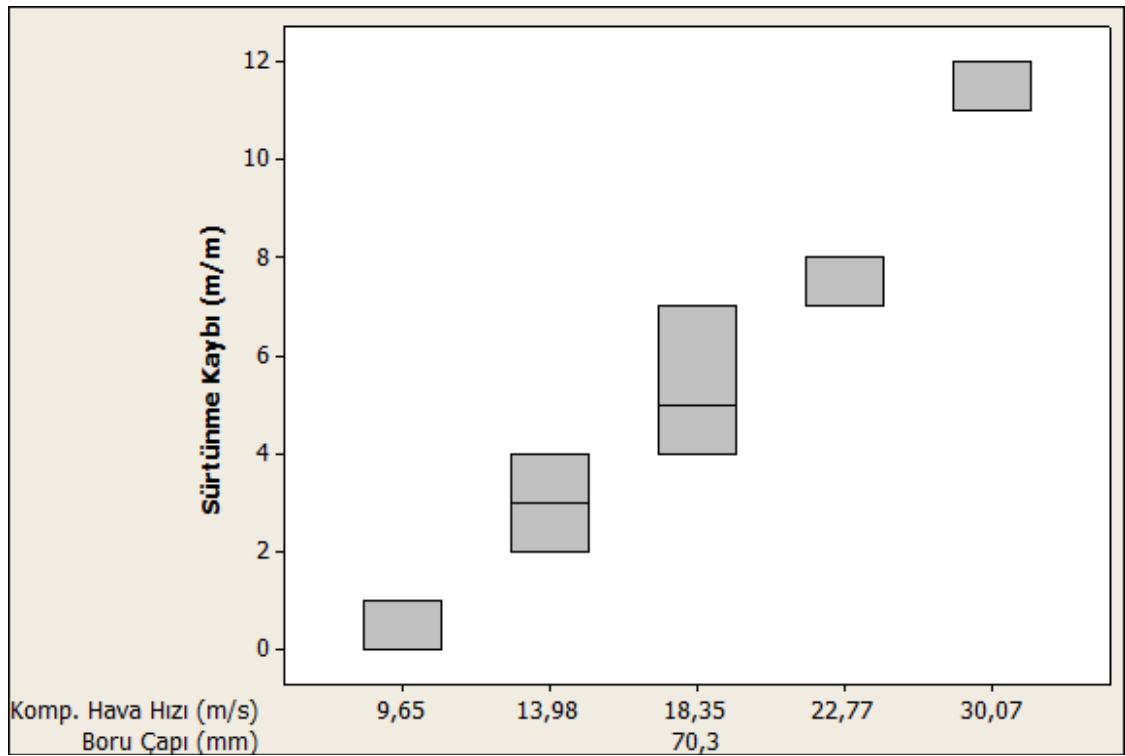


(b)

Şekil 5.31 Çapı 70.3 mm boruda salt hava iletiminde hava hızına bağlı basınç düşümü gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.32 Çapı 70.3 mm boruda salt hava iletiminde hava hızına bağlı sürtünme kaybı gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Ghafori vd. (2011) tarafından mısır ve arpa ile yürütülen bir çalışmada; bu materyallerin 15.25 cm iç çapa sahip iletim borusuyla emme tip pnömatik yolla 7 farklı hava hızlarıyla (10-15-20-25-30-35 ve 40 ms⁻¹) iletimlerinde yalnız hava iletimi kısıtında basınç düşümlerinde hava hızlarındaki artışlarla belirgin bir artışın ortaya çıktığı kaydedilmiştir. Bu sonucun, bu çalışmayla elde edilen sonuçlarla da uyumluluk göstermekte olduğu görülmektedir.

Güner'in (2007) belirttiğine göre yalnız hava iletiminde basınç düşümü ve güç gereksinimi; hava hızındaki artışa bağlı olarak artış göstermektedir.

Dizajeyekan vd. (2015) tarafından ele alınan çalışmayla buğdayın pnömatik iletimleri esnasında basınç düşümüne ve hız alanları üzerine materyal akış oranları ve iletim boru tiplerinin etkilerini tahminlemek ve değerlendirmek üzere hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) tekniği kullanılarak simülasyonlara gidilmiştir. Bu çalışmayla oluşturulan simülasyonların; farklı boru tipleri ve materyal akış oranları altında basınç düşümü ve hız alanlarının mükemmel bir şekilde tahminlenmelerini verdiği ifade edilmiştir. Çalışmada basınç düşüşleri; çelik borularda 4.33, 5.77 ve 8.66 kgs⁻¹ materyal akış oranlarındaki iletimlerde sırasıyla 2780, 3210 ve 3360 Pa olarak ve polietilen borularda ise 2940, 3240 ve 3390 Pa olarak tahminlenmiş ve polietilen borularla iletimlerin daha yüksek basınç düşümleri üretmiş olduğu gösterilmiştir.

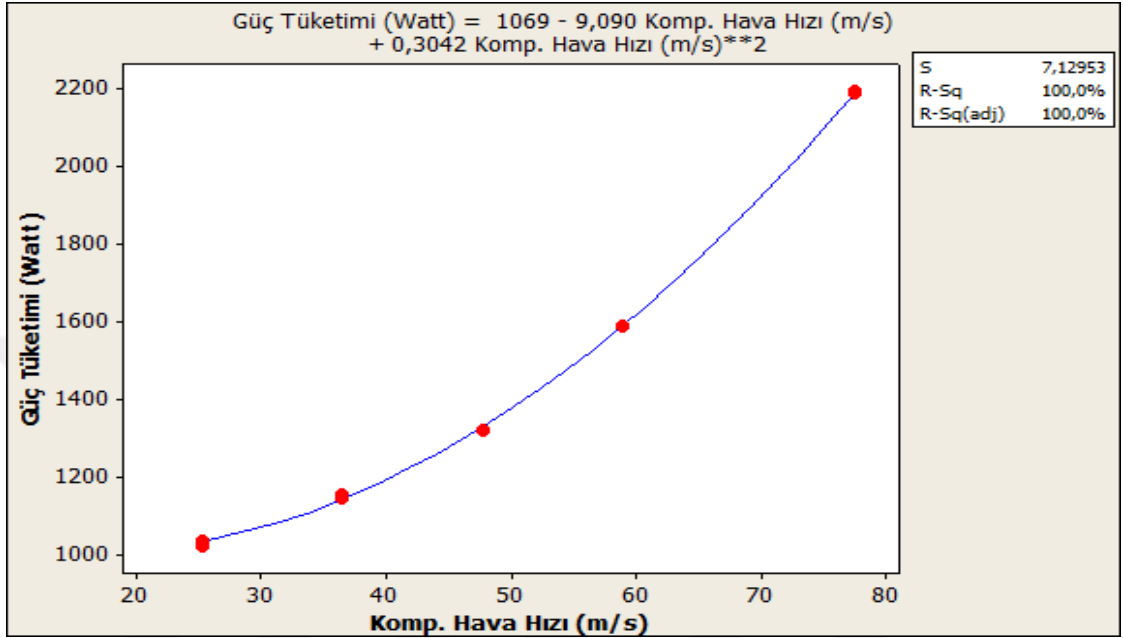
5.3.2 Salt hava hızı iletiminde hava hızı – güç tüketimi ilişkisi

Salt havanın araştırmada kullanılan iletim tesisinde 5 farklı kompresör hava hızı ve 3 farklı boru çapında iletilmesi esnasında tüketilen güç değerlerinin grafiksel analizlerinin çıktıları Şekil 5.33, 5.34 ve 5.35'de verilmiştir. Buna göre araştırmaya konu yukarıdaki kıstlar üzerinden salt hava iletiminde tüketilen güç (N-watt) değerlerinde oluşan değişimlerin tanımlamada kullanılabilecek regresyon denklemleri aşağıda verildiği şekilde belirlenmiştir.

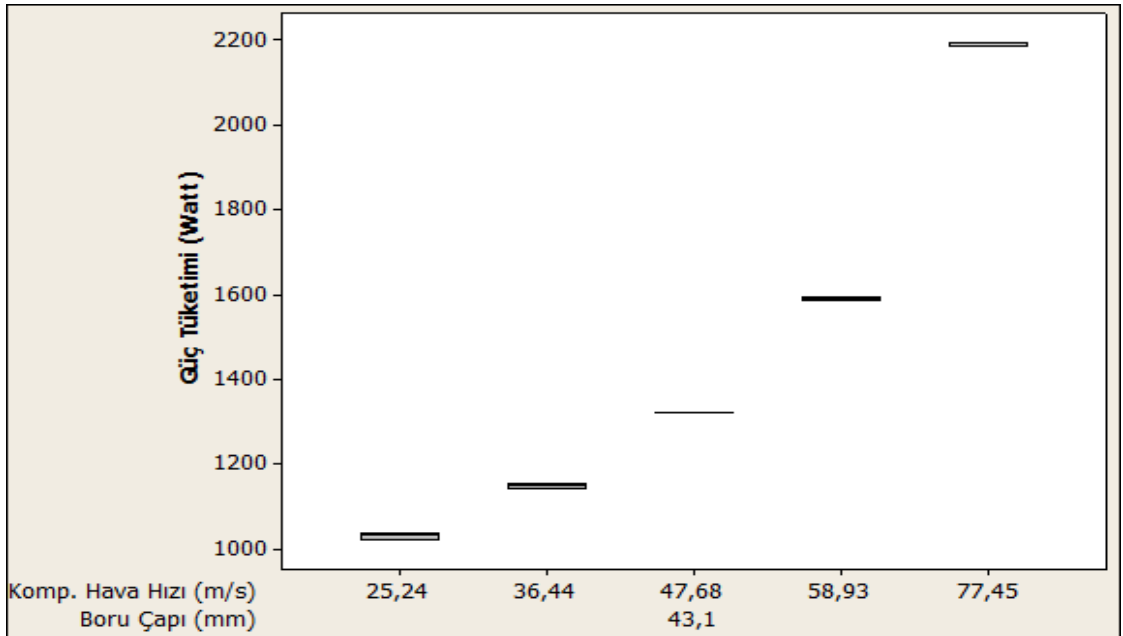
$$N = 0.3042 V_h^2 - 9.090 V_h + 1069; R^2 = 100 \text{ [43.1 mm } \phi \text{ için]}$$

$$N = 0.4332 V_h^2 - 8.009 V_h + 919.2; R^2 = 95.6 \text{ [54.5 mm } \phi \text{ için]}$$

$$N = 0.9822 V_h^2 - 13.60 V_h + 1094; R^2 = 99.2 \text{ [70.3 mm } \phi \text{ için]}$$

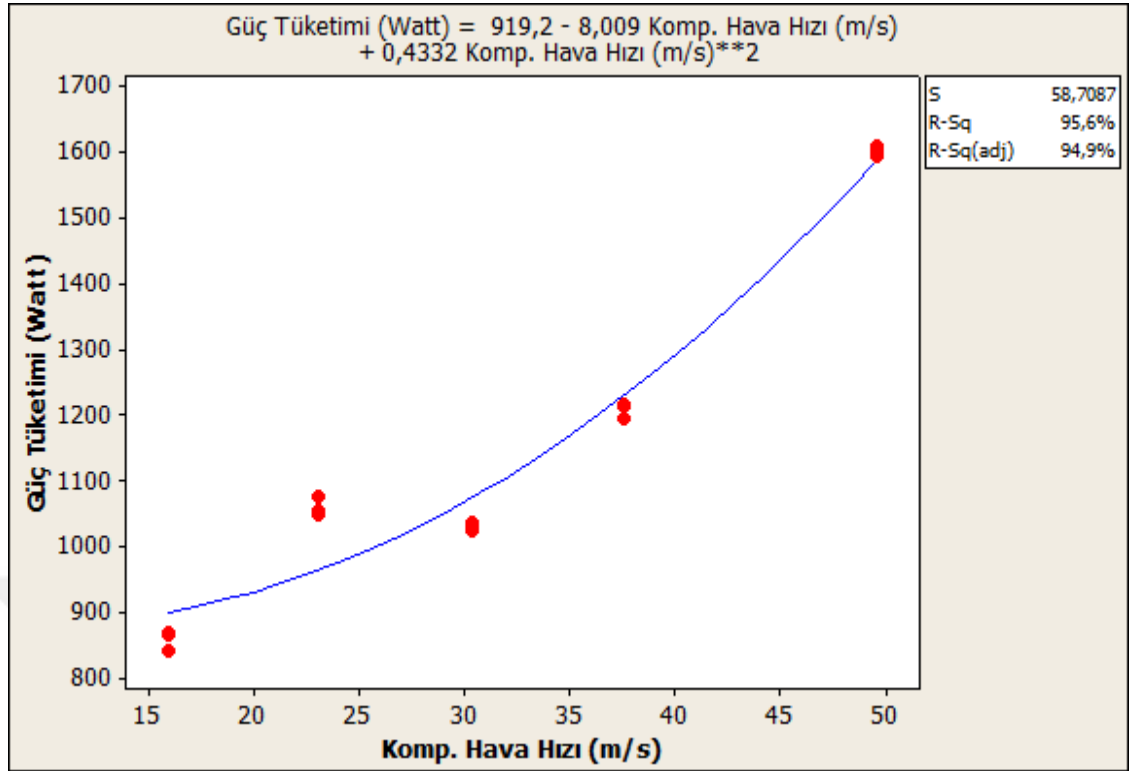


(a)

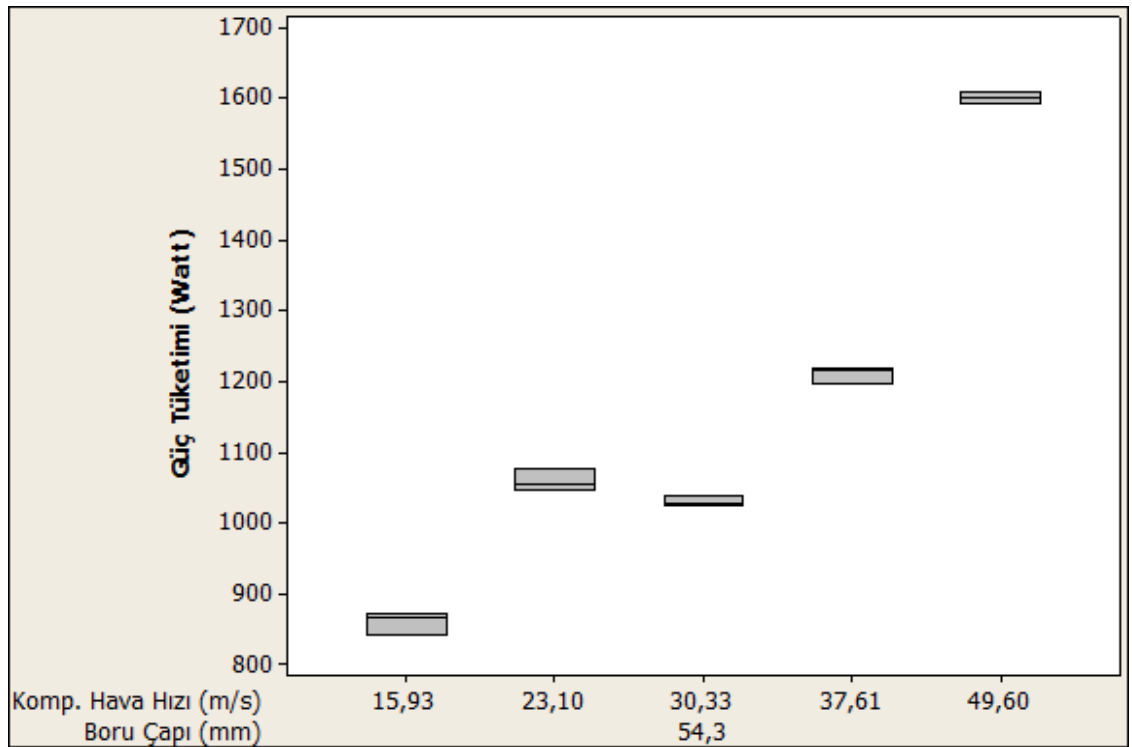


(b)

Şekil 5.33 Çapı 43.1 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının güç tüketimi gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

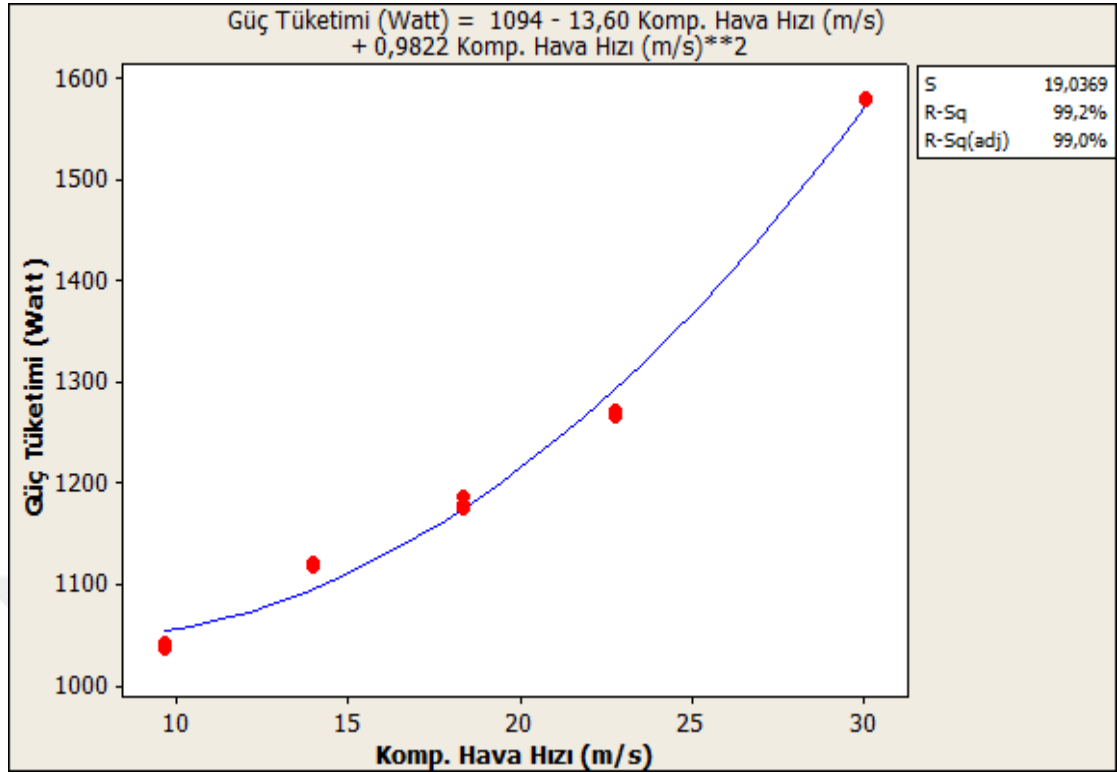


(a)

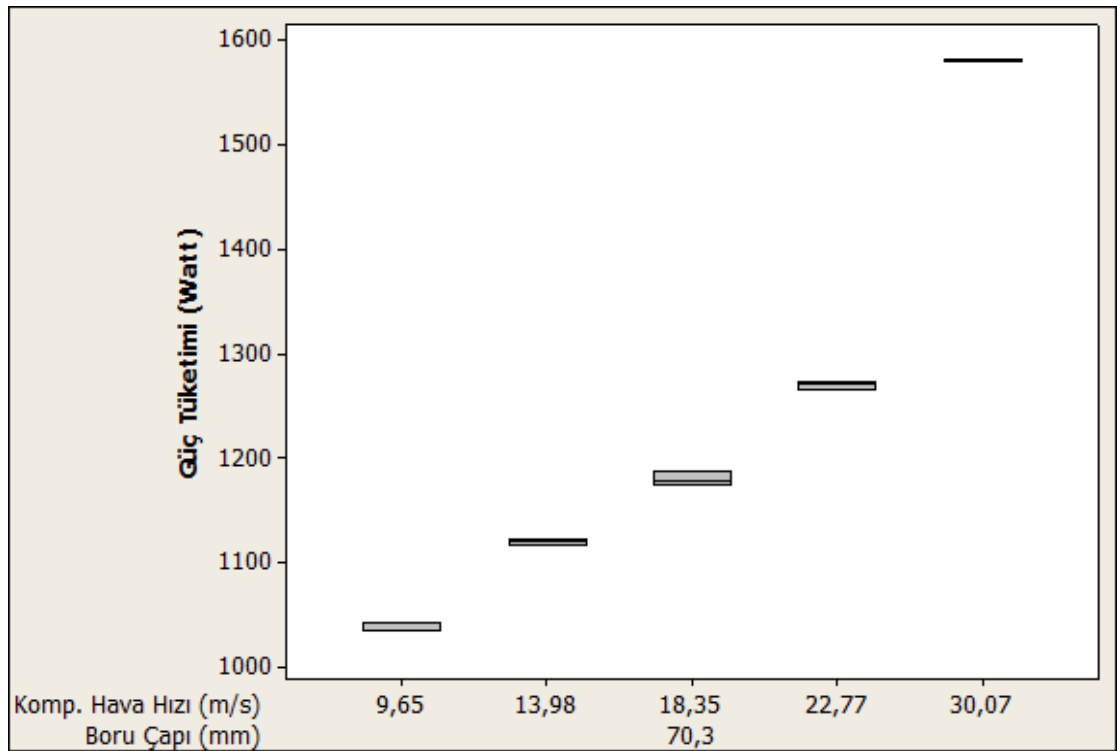


(b)

Şekil 5.34 Çapı 54.5 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının güç tüketimi gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

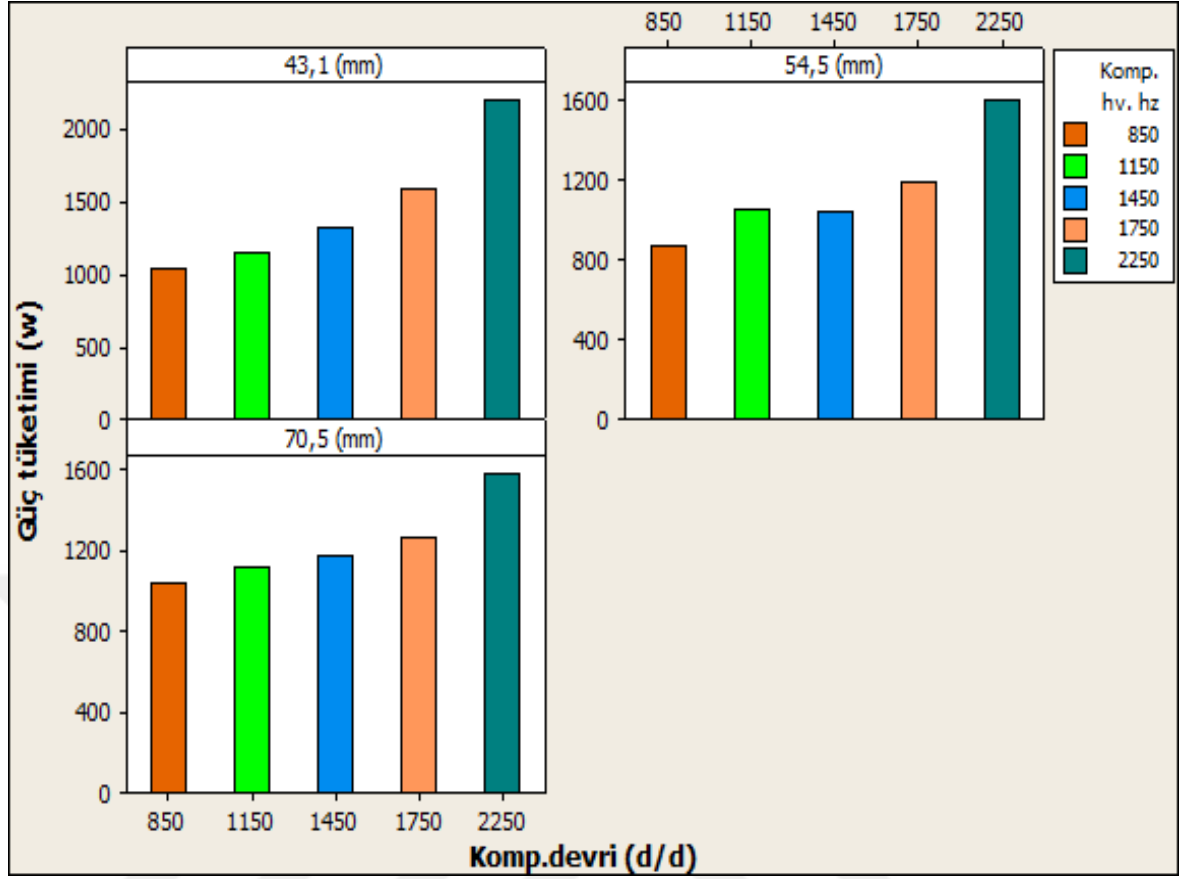
Şekil 5.35 Çapı 70.3 mm boruda salt hava iletiminde hava hızının güç tüketimi gelişimine etkilerinin çizgi grafiği-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Bu eşitliklere göre sistem dâhilinde salt havanın her 3 farklı çapa sahip borularla 5 farklı kompresör devirleriyle iletiminde sistem güç tüketimlerinin kompresör hava hızlarının karesiyle orantılı şekilde artış kaydettiği anlaşılmaktadır.

Ghafori vd. (2011), iç çapı 152.5 mm olan iletim borusuna sahip bir emme tip pnömatik sistemle yürüttükleri araştırmada 7 farklı hava hızlarıyla (10-15-20-25-30-35 ve 40 ms⁻¹) yalnız hava iletimi kısıtında güç tüketimlerinde hava hızlarındaki artışlarla belirgin artışlar oluştuğunu göstermişlerdir. Bu sonucun, bu çalışmayla elde edilen sonuçlarla da uyumluluk göstermekte olduğu görülmektedir.

5.3.3 Salt havanın iletilmesi koşulunda güç tüketimi – iletim boru çapları arasındaki ilişkiler

Salt havanın iletimi koşulunda, güç tüketimi ve iletim boru çapları arasında gelişen ilişki; Şekil 5.30 ile verilen biçimde belirlenmiştir.



Şekil 5.36 Farklı 5 kompresör devri ve 3 boru çapında salt hava iletiminin güç tüketimi gelişimine etkilerinin çubuk grafiği-bar plot

Şekil 5.36 ile verilen grafik incelendiğinde iletim boru çapının 43.1 mm' den 70.3 mm' ye doğru artması halinde güç tüketimlerinin azalmakta olduğu görülmektedir. Bu durumun; boru çapı daraltıkça sistem içerisindeki sıkışmasının artmasına bağlı olarak havanın iletiminde fiziksel dirençlerin yükselmesi neticesinde, iletimin gerçekleşmesi için daha yüksek enerji gereksinimini doğurmuş olduğundan kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

5.4 Kanolanın Pnömatik İletiminde Kısıtların İletim Karakteristikleri Üzerine Etkileri

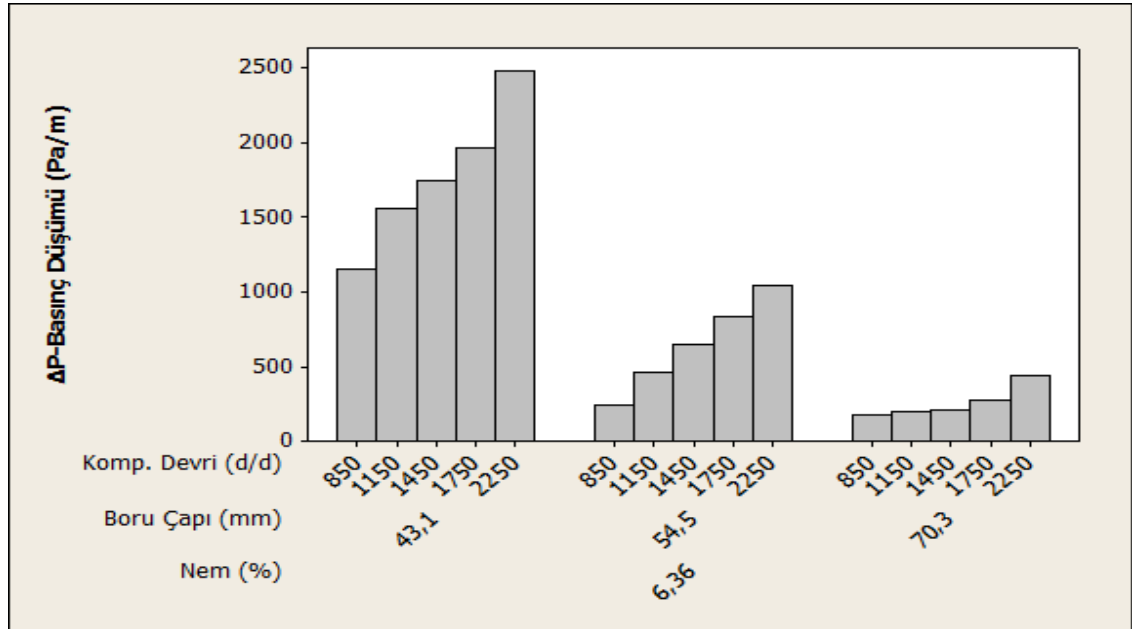
Bu çalışma ile 3 farklı nem içeriği, 3 farklı iletim boru çapı, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı hava hızı kısıtlarında iletim materyali olan kanola tohumunun iletilmesinde

araştırılan iletim karakteristikleri ile bu kısıtlar arası oluşan etkileşimler ve gelişen ilişkiler bu bölümde tartışılmıştır.

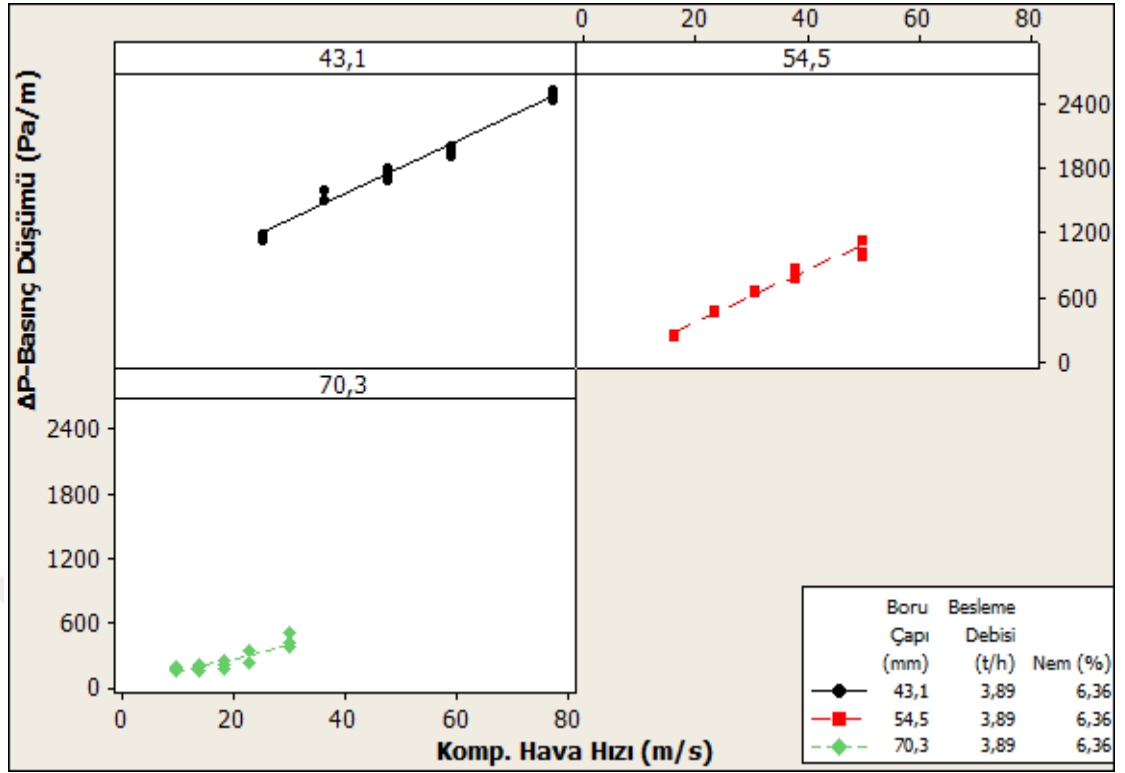
5.4.1 Materyal iletiminde kısıtlara göre basınç kaybı gelişimindeki değişimler

5.4.1.1 Materyal iletiminde boru çapı-basınç kaybı ilişkileri

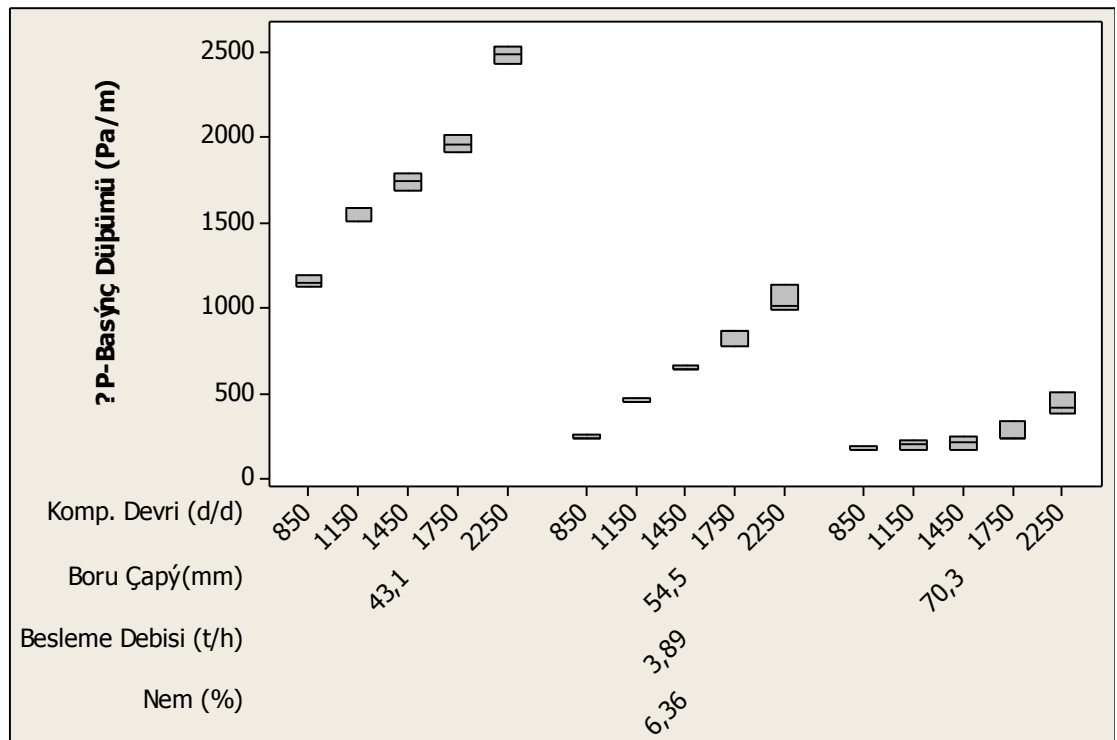
Üç farklı nem değerinde kanola tohumunun iletiminde oluşan basınç kayıpları; 3 farklı boru çapı, 3 farklı iletim kapasitesi ile 5 farklı kompresör hava hızı kısıtlarında araştırılmıştır. Denemeler esnasında % 16.54 ve % 25.94 nem içeriklerine sahip malzemelerin, oluşan topaklanma, sıkışma ve yığışmalardan kaynaklı gerekli değer algılamaları ve ölçümleri sağlanamadığından, 43.1 mm ve 54.5 mm çaplı boru hatlı iletimlerinde bu nem içeriklerine ilişkin basınç kayıpları belirlenememiştir. İletime konu materyalin % 6.36 nem içeriğinde farklı boru çaplarında ölçülen basınç kayıpları (düşümleri); Şekil 5.37, 5.38, 5.39, 5.40, 5.41 ve 5.42’de diğer kısıtlar olan farklı iletim kapasiteleri ve kompresör hava hızlarıyla kıyaslamalı olarak verilmiştir.



Şekil 5.37 Farklı 5 kompresör devri ve 3 boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 3.89 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişimine etkilerinin çubuk grafiği-bar plot



(a)



(b)

Şekil 5.38 Farklı 5 kompresör devri ve 3 boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 3.89 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Yukarıda verili kısıtlardan 5 kompresör devri ve 3 boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 3.89 t/h iletim kapasitesinde üzerinden gerçekleştirilen denemelerden sağlanan verilerin Şekil 5.37 ve 5.38 ile gösterilen grafiksel ve istatistiksel çözümlerinden elde edilen regresyon denklemleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\Delta P = 24.28V_h + 587.3; R^2 = 97.9 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı, 3.89 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 23.92V_h + 106.5; R^2 = 97.3 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı, 3.89 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 12.53V_h + 18.93; R^2 = 76.4 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı, 3.89 t/h iletim kapasitesi]}$$

Bunlara göre, iletimin yukarıda dikate alınan kısıtlar temelinden gerçekleştirildiği denemelerde, her 3 boru çapında da kompresör hava hızlarına bağlı olarak basınç düşümlerinin birinci dereceden doğrusal eğilimli bir artışla sonuçlandığı bir materyal iletiminin gerçekleştiği belirlenmiştir.

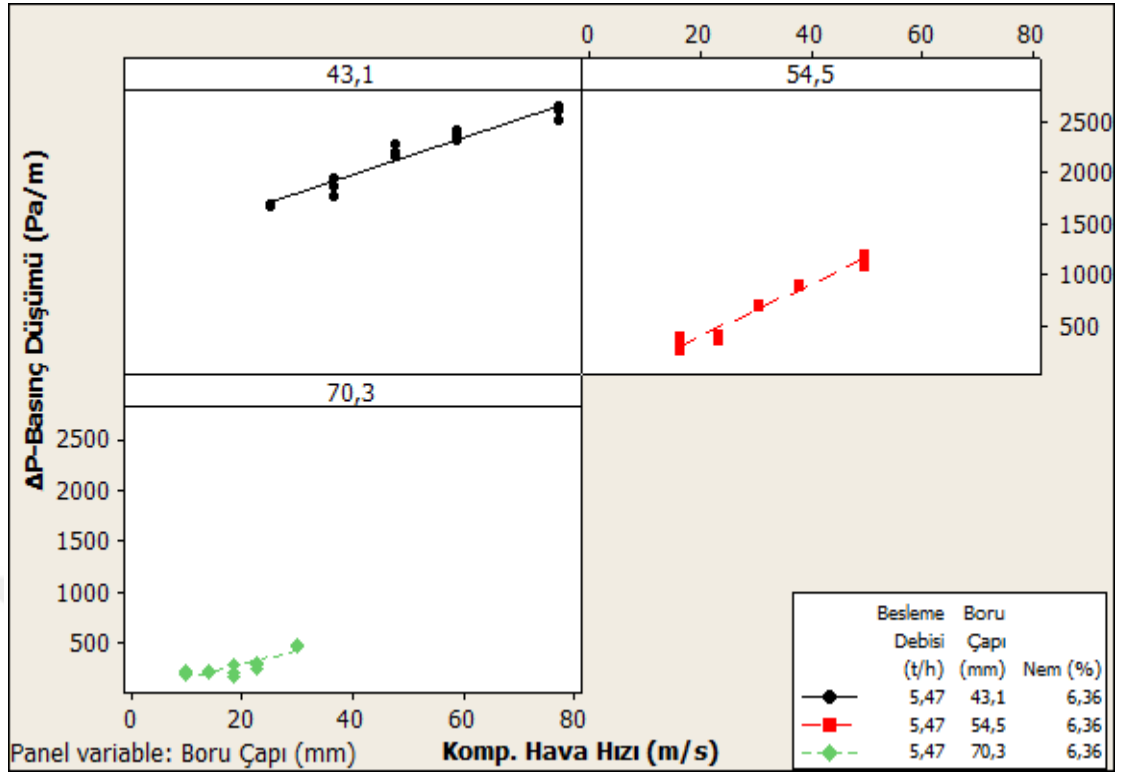
Yukarıda verili kısıtlardan 5 kompresör devri ve 3 boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 5.47 t/h iletim kapasitesinde üzerinden gerçekleştirilen denemelerden sağlanan verilerin grafiksel ve istatistiksel çözümlerine ilişkin grafik çıktıları aşağıdaki Şekil 5.39 ile gösterildiği gibi belirlenmiştir.

Bu çıktıları göre basınç düşümü ile 5 kompresör devri, 3 boru çapı, % 6.36 nem içeriği ve 5.47 t/h iletim kapasitesi kısıtları arasındaki regresyon ilişki denklemleri ise aşağıda yazıldığı tarzda ortaya konulmuştur.

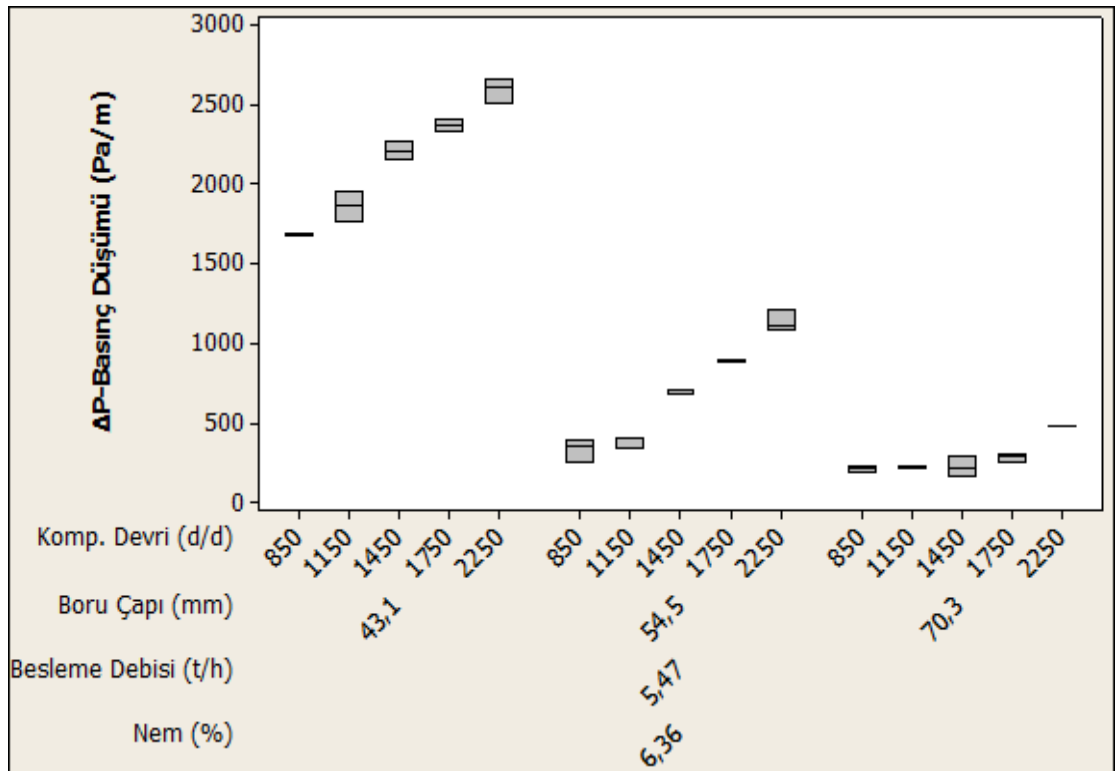
$$\Delta P = 18.09V_h + 1256; R^2 = 94.3 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı; 5.47 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 25.65V_h + 121.6; R^2 = 94.9 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı; 5.47 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 12.89V_h + 38.24; R^2 = 75.9 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı; 5.47 t/h iletim kapasitesi]}$$



(a)



(b)

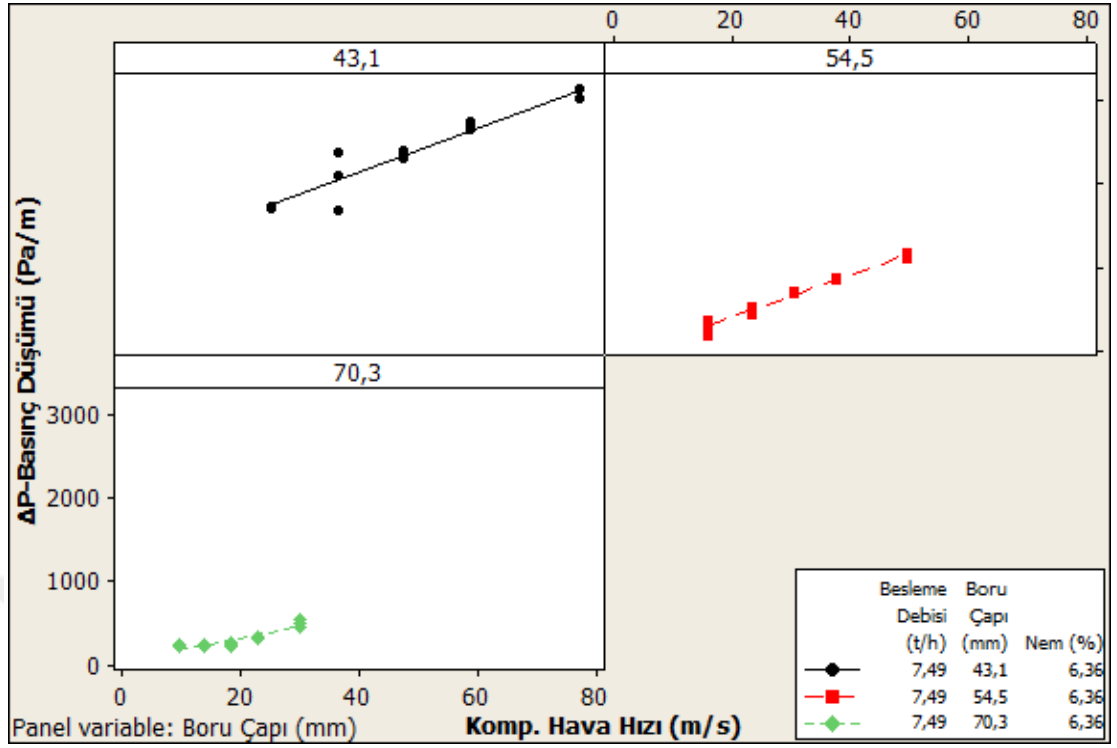
Şekil 5.39 Farklı 5 kompresör devrinde 3 farklı boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 5.47 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Şekil 5.40'da ise farklı 5 kompresör hava hızı, 3 farklı boru çapı, % 6.36 nem içeriği ve 7.49 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizlerinin-boxplot (b) çizimsel çıktıları gösterilmektedir. Bu çıktılar üzerinden elde edilen davranış ilişkilerinin regresyon eşitlikleri de aşağıda ifade edildiği biçimde ortaya çıkmıştır.

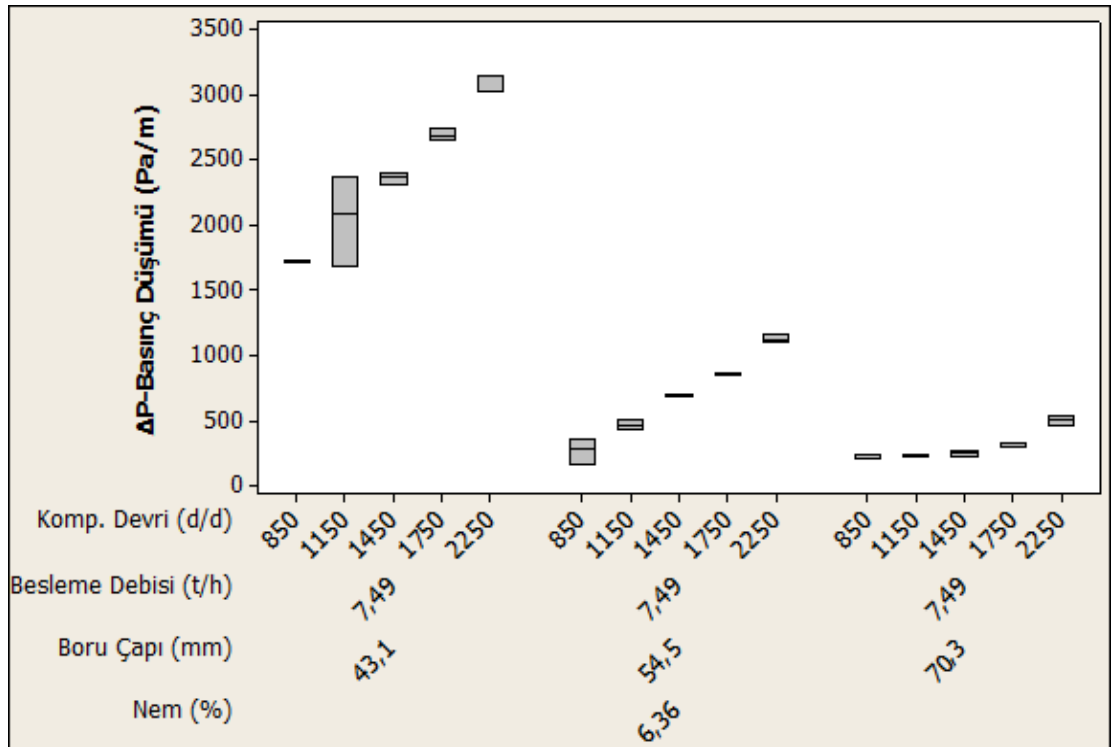
$$\Delta P = 25.92V_h + 1103; R^2 = 92.1 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı; 7.49 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 25.37V_h + 110.9; R^2 = 97.7 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı; 7.49 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 13.11V_h + 58.26; R^2 = 80.8 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı; 7.49 t/h iletim kapasitesi]}$$



(a)



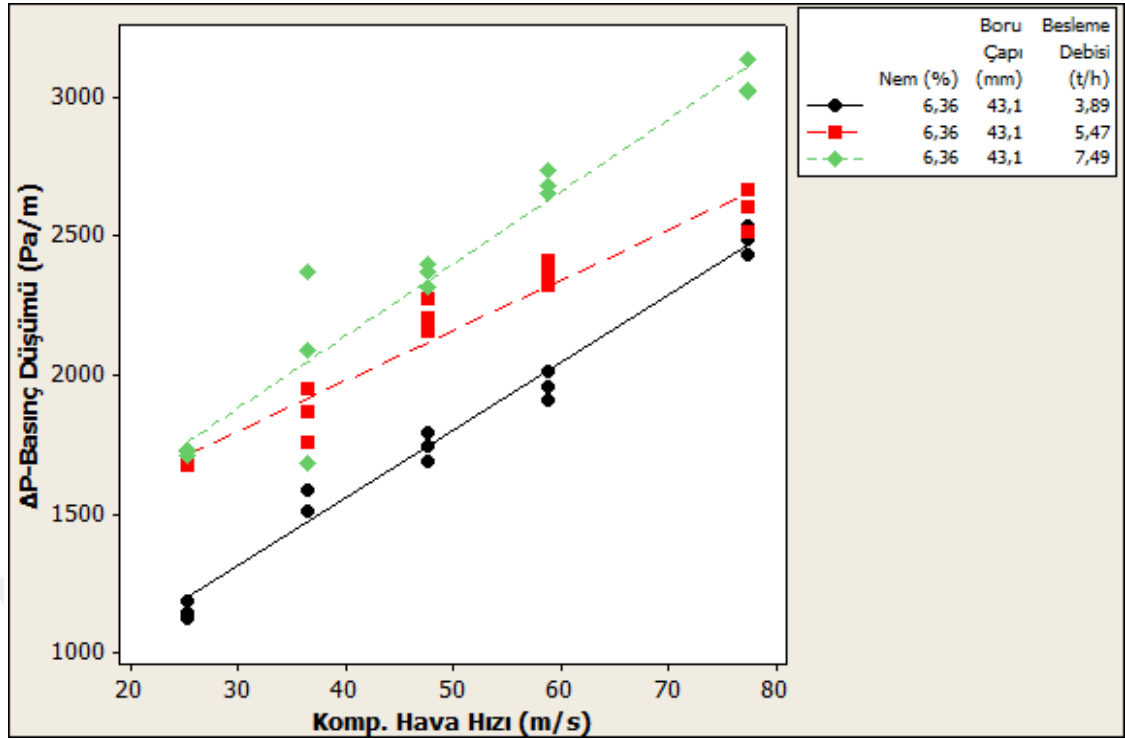
(b)

Şekil 5.40 Farklı 5 kompresör devrinde 3 farklı boru çapında % 6.36 nem içeriğinde 7.49 t/h iletim kapasitesinde meydana gelen basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

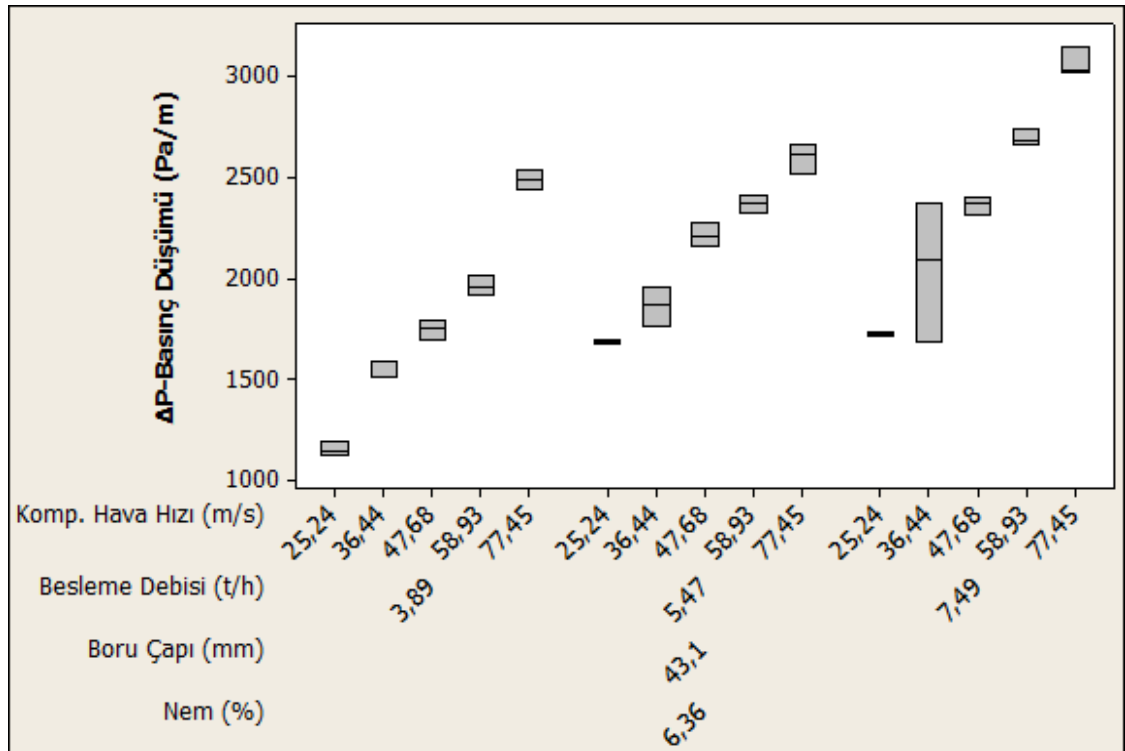
Tüm bu çıktıların değerlendirilmesiyle her üç iletim kapasitesinde de basınç düşümlerinin boru çapındaki artışlarla ters orantılı olduğu ortaya çıkmaktadır. Boru çapı artarken iletim kapasiteleri ve materyal nemi değişmezken basınç düşümleri gerilemiştir. Değişik araştırmacılarca farklı taneli tarımsal ürünler üzerinde yürütülen araştırmalarla da aynı yönde sonuçlara ulaşıldığı kaydedilmiştir (Segler 1951, Raheman ve Jindal 2001). Bu çalışma çerçevesinde tüm bu kısıtlar altında iken yapılan iletimlerde hava hızı artışlarına bağlı basınç düşümü eğilim ilişkilerinin birinci dereceden doğrusal ilişki içerisinde olduğu yargısına gelinmiştir.

5.4.1.2 Materyal iletiminde iletim kapasitesi-basınç kaybı ilişkileri

Materyal iletiminde iletim kapasitesinin (besleme debisinin) basınç düşümü üzerindeki etkilerinin araştırılmasına ilişkin denemelerden edinilen bulguların istatistiksel ve grafiksel analizlerinden sağlanan sonuçlar Şekil 5. 41, 5.42, 5.43, 5.44 ve 5.45’ de toparlandıkları biçimlerde ortaya çıkmıştır. Denemeler; %6.36 nem ve çap değişmez buna karşın besleme debileri ve kompresör hava hızları değişirken gerçekleştirilmiştir. Tüm bu şekillerde görselleştirilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesinden, genel bir seyir olarak, aynı kompresör hava hızında iletim gerçekleşiyorken besleme debisindeki artışlara karşılık basınç düşümlerinde de eş yönlü şekilde artışlar kaydedildiği gözlenmiştir. Öte yandan nem, çap ve besleme debisi değişmezken kompresör hava hızı arttırıldığında ise basınç düşümlerinin artışlarının doğrusal yönlü olduğu görülmüştür.



(a)



(b)

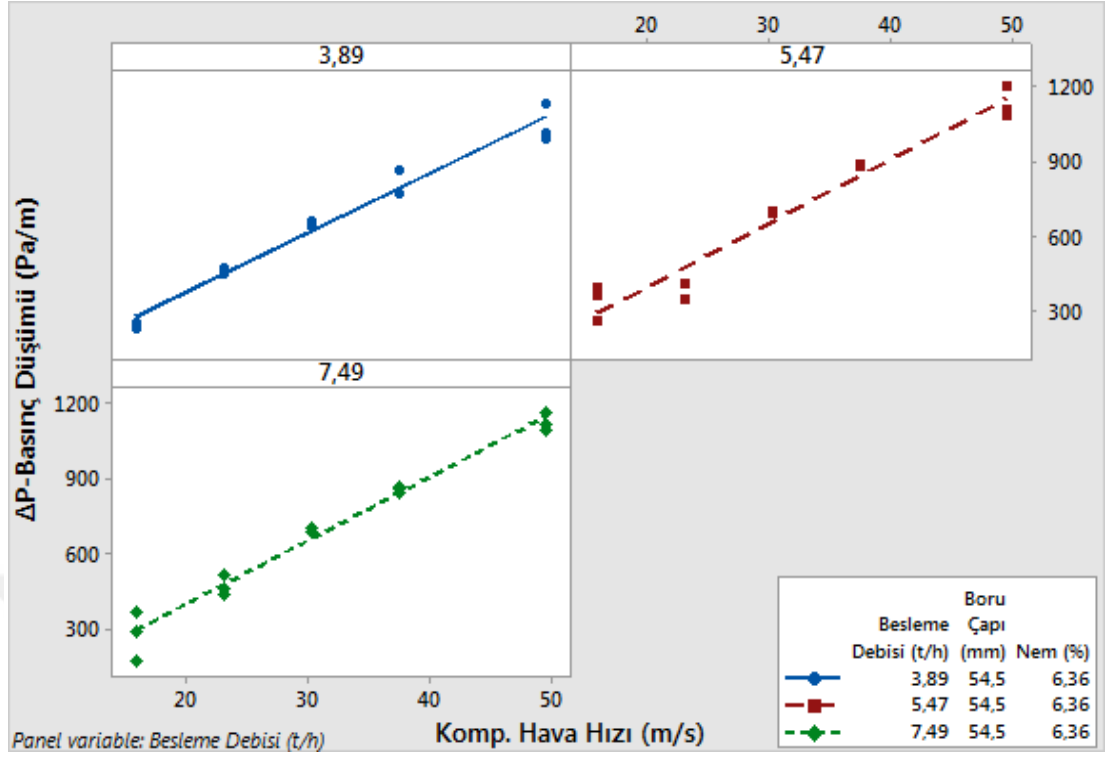
Şekil 5.41 Boru çapı 43.1 mm, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında kıyaslamalı basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Şekil 5.41’de grafik ve istatistiksel analizleri görsel olarak verilen 43.1 mm çap, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında iletimin basınç düşümleri eğilim regresyon eşitlikleri aşağıdaki gibi ifade bulmuştur.

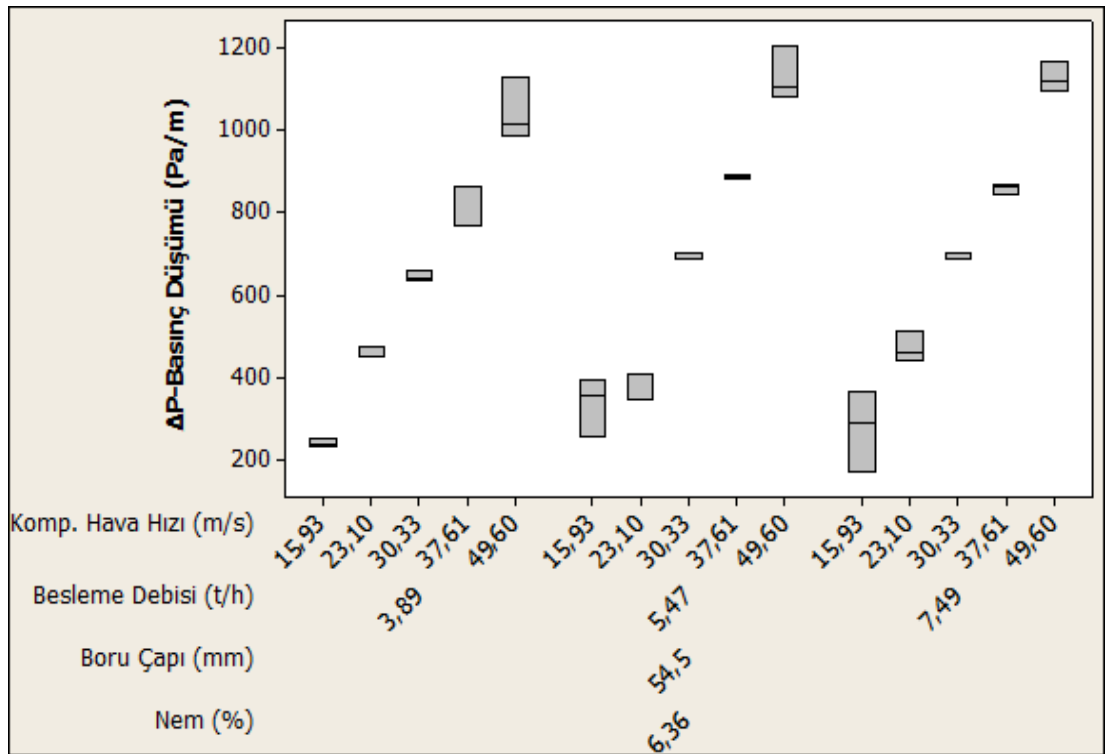
$$\Delta P = 24.28V_h + 587.3; R^2 = 97.9 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı; 3.89 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 18.09V_h + 1256; R^2 = 94.3 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı; 5.47 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 25.92V_h + 1103; R^2 = 92.1 \text{ [43.1 mm iletim boru çapı; 7.49 t/h iletim kapasitesi]}$$



(a)



(b)

Şekil 5.42 Boru çapı 54.5 mm, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında kıyaslamalı basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

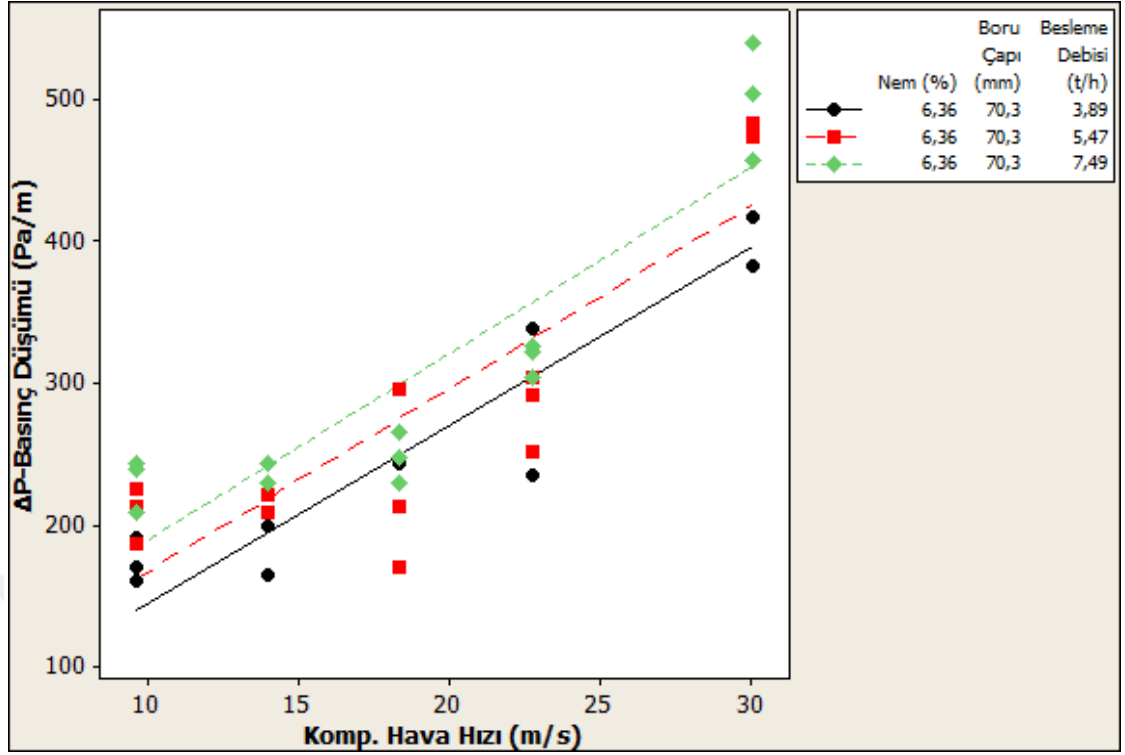
Grafik ve istatistiksel analizleri görsel olarak Şekil 5.42’de verilen 54.5 mm çap, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında iletimin basınç düşümleri eğilim regresyon eşitlikleri ise aşağıdaki gibi ifade bulmuştur.

$$\Delta P = 23.92V_h + 106.5; R^2 = 97.3 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı; 3.89 t/h iletim kapasitesi]}$$

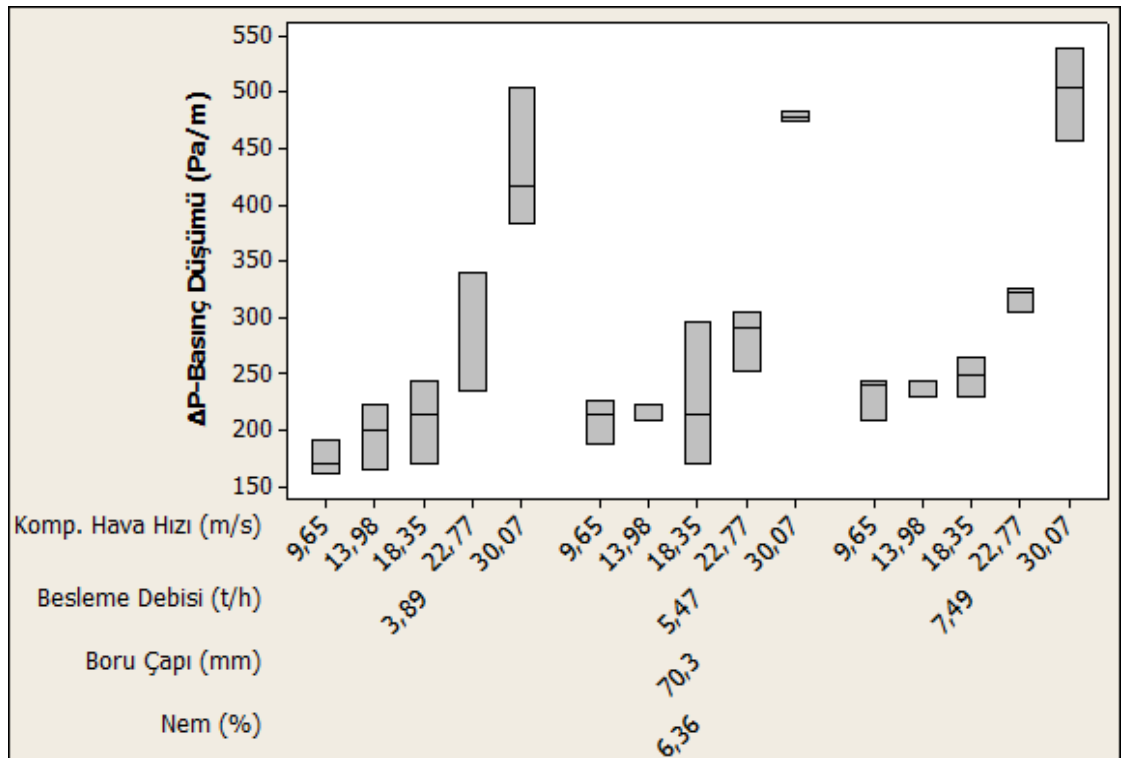
$$\Delta P = 25.65V_h + 121.6; R^2 = 94.9 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı; 5.47 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 25.37V_h + 110.9; R^2 = 97.7 \text{ [54.5 mm iletim boru çapı; 7.49 t/h iletim kapasitesi]}$$





(a)



(b)

Şekil 5.43 Boru çapı 70.3 mm, nem % 6.36, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

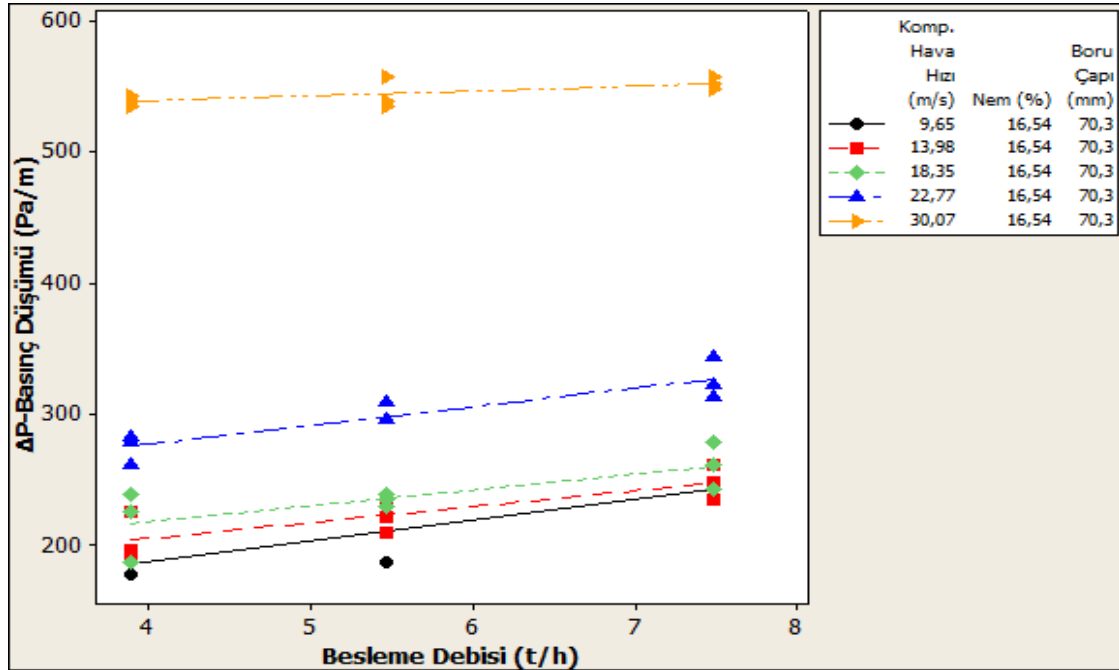
Bununla birlikte Şekil 5.43’de grafik ve istatistiksel analizleri görsel olarak verilen 70.3 mm çap, %6.36 nem, 3 farklı iletim kapasitesi (besleme debisi) ve 5 farklı kompresör hava hızında iletimin basınç düşümleri eğilim regresyon eşitlikleri ise aşağıdaki gibi kaydedilmiştir.

$$\Delta P = 12.53V_h + 18.93; R^2 = 76.4 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı; 3.89 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 12.89V_h + 38.24; R^2 = 75.9 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı; 5.47 t/h iletim kapasitesi]}$$

$$\Delta P = 13.11V_h + 58.26; R^2 = 80.8 \text{ [70.3 mm iletim boru çapı; 7.49 t/h iletim kapasitesi]}$$

Diğer taraftan, % 16.54 ve % 25.94 nemli materyalin 40.1 mm ve 54.5 mm çaplı iletim borularıyla iletimlerinde iletim karakteristikleri; oluşan topaklanma, sıkışma ve materyal yığışmalarına (saltasyon) bağlı değer algılayamamalar dolayısıyla gözlemler gerçekleştirilememiştir. Bu % 16.54 ve % 25.94 nem içeriklerinde materyalin 70.3 mm boru çapındaki iletimlerinde, iletim kapasitelerine göre basınç düşüm sonuçları ise aşağıda Şekil 5.44, 5.45, 5.46, 5.47 ve 5.48 ile gösterildiği gibi gelişmeler vermiştir.



Şekil 5.44 Boru çapı 70.3 mm, nem % 16.54, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında 3 tekerrürlü alınan basınç düşümleri

70.3 mm boru çapı, % 16.54 materyal nemi, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızıyla tanımlı kısıtlar çerçevesinde elde edilen 3 tekerrürlü deneme verilerinin grafik çözümlemesi Şekil 5.44'yi üretmiştir. Buna göre kompresör hava hızları (V_h) kategorileri üzerinden basınç düşümlerinin besleme debileri (B_d) ile olan etkileşimlerini veren eğilimlerin regresyon denklemleri aşağıda yazıldığı şekilde bulunmuştur.

$$\Delta P = 15.61B_d + 125.3; R^2 = 72.4 \text{ [70.3 mm boru çapı; 9.65 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 12.16B_d + 156.5; R^2 = 67.4 \text{ [70.3 mm boru çapı; 13.98 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 12.07B_d + 169.7; R^2 = 57.3 \text{ [70.3 mm boru çapı; 18.35 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 14.37B_d + 219.4; R^2 = 82.1 \text{ [70.3 mm boru çapı; 22.77 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 3.73B_d + 524; R^2 = 43.7 \text{ [70.3 mm boru çapı; 30.07 m/s iletim hava hızı]}$$

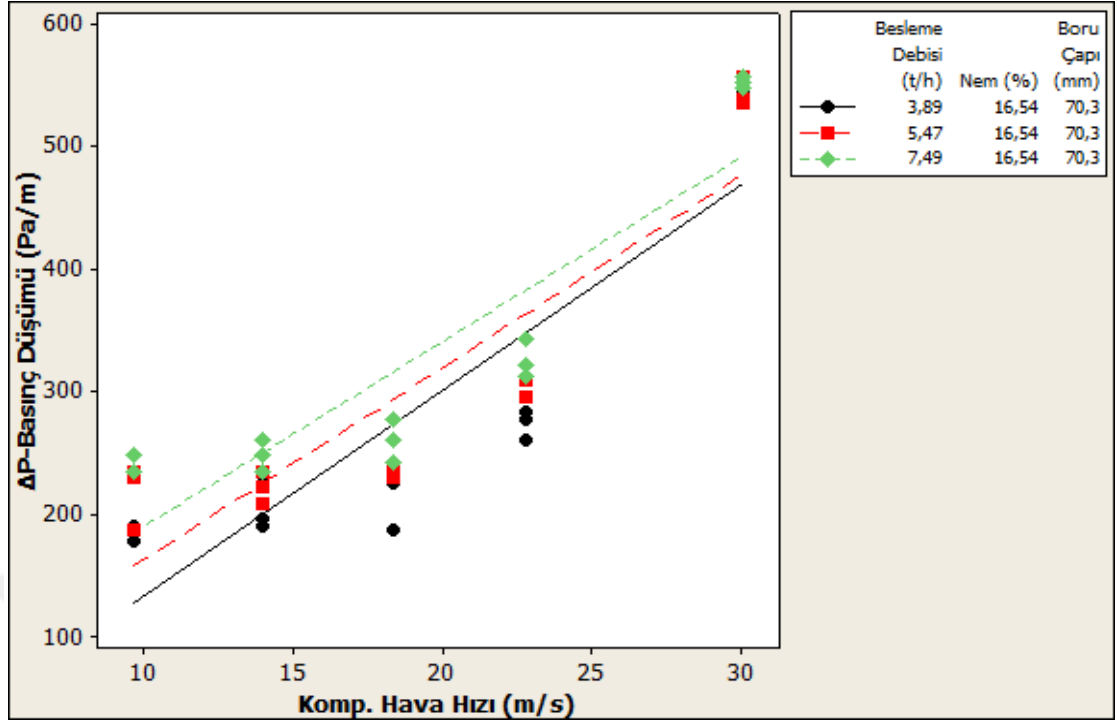
Bu regresyon eşitlikleri ile basınç düşümlerinin, materyalin aynı çaplı borudaki iletimlerinde besleme debilerinde artış yönlü değişime gidilmesi durumunda iletim hava hızları değişmez tutulursa arttığı ifade bulmaktadır. Bu eşitlikler, artışların ise birinci dereceden ve doğrusal olduğunu göstermiştir.

Materyalin % 16.54 nem içeriklerinde besleme debileri kategorilerine göre 70.3 mm boru çapındaki iletimleri yönünden deneme bulgularının grafiksel ve istatistiksel değerlendirilmelerinin çıktıları Şekil 5.45 ve 5.46 ile özetlenmiştir. Şekil 5.45'e göre besleme debileri kategorileri üzerinden basınç düşümlerinin kompresör hava hızları ile olan etkileşimlerini veren eğilimlerin regresyon denklemleri aşağıda yazıldığı şekilde ifade bulmuştur.

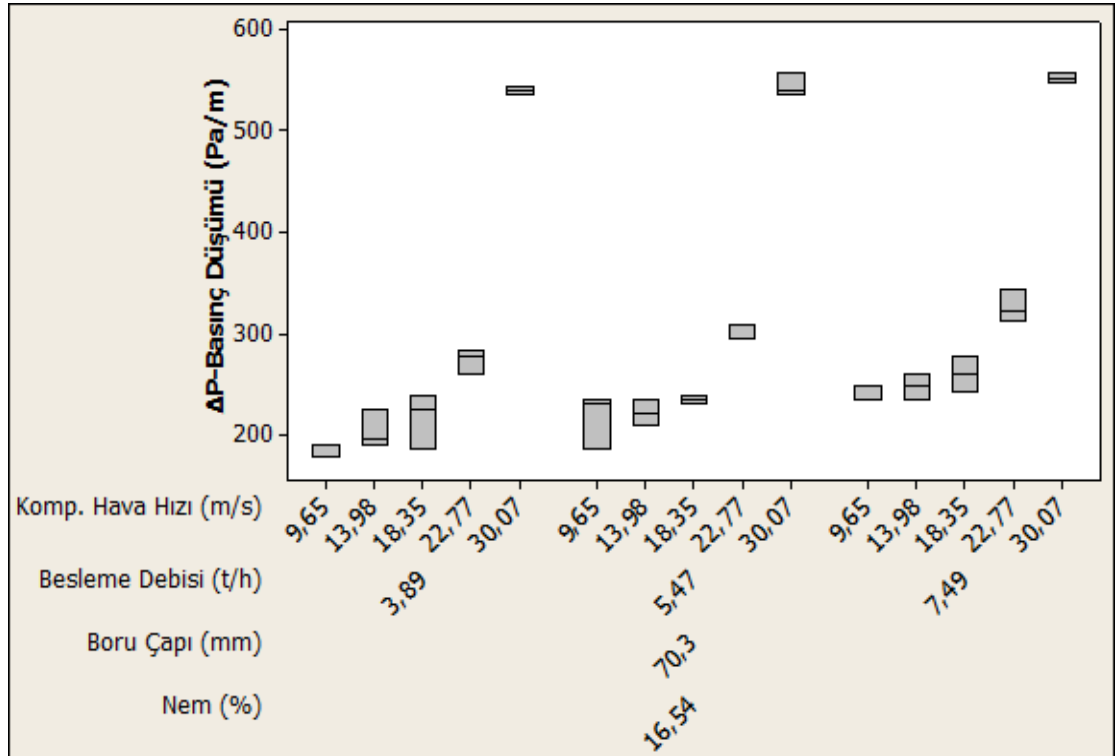
$$\Delta P = 16.73V_h - 33.85; R^2 = 80.2 \text{ [70.3 mm boru çapı; 3.89 t/h besleme debisi (kapasitesi)]}$$

$$\Delta P = 15.64V_h + 7.05; R^2 = 79.1 \text{ [70.3 mm boru çapı; 5.47 t/h besleme debisi]}$$

$$\Delta P = 15.01V_h + 40.60; R^2 = 80.9 \text{ [70.3 mm boru çapı; 7.49 t/h besleme debisi]}$$

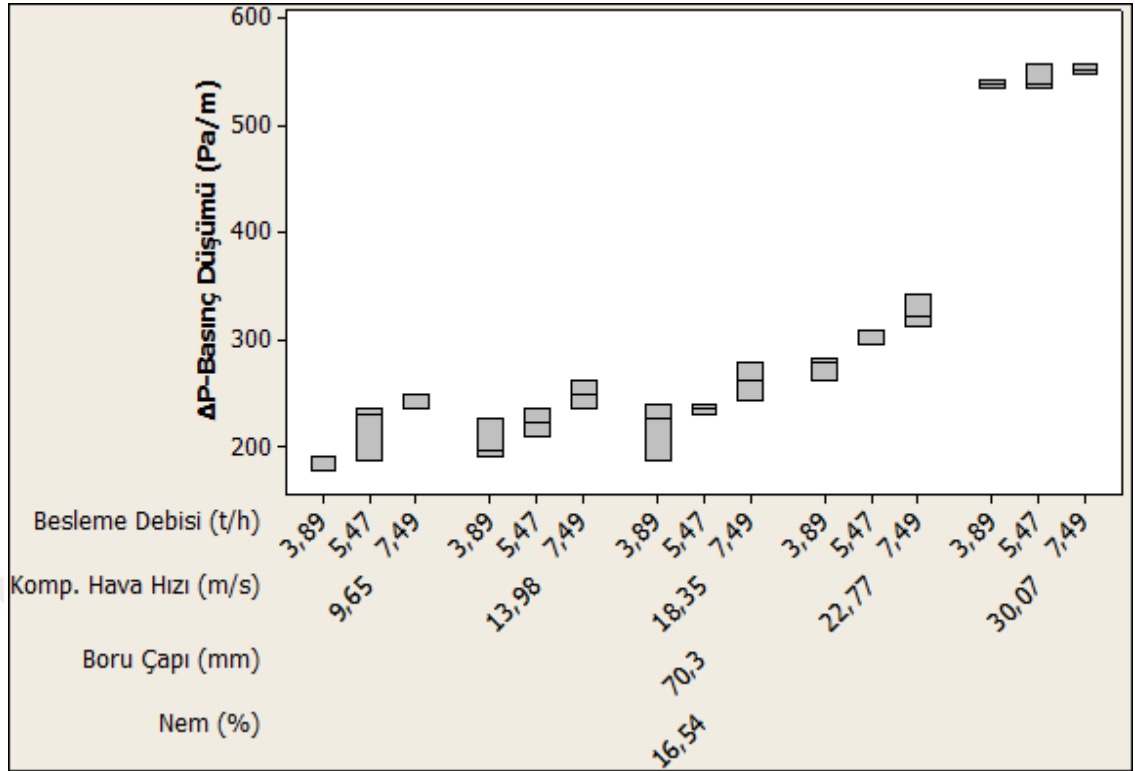


(a)



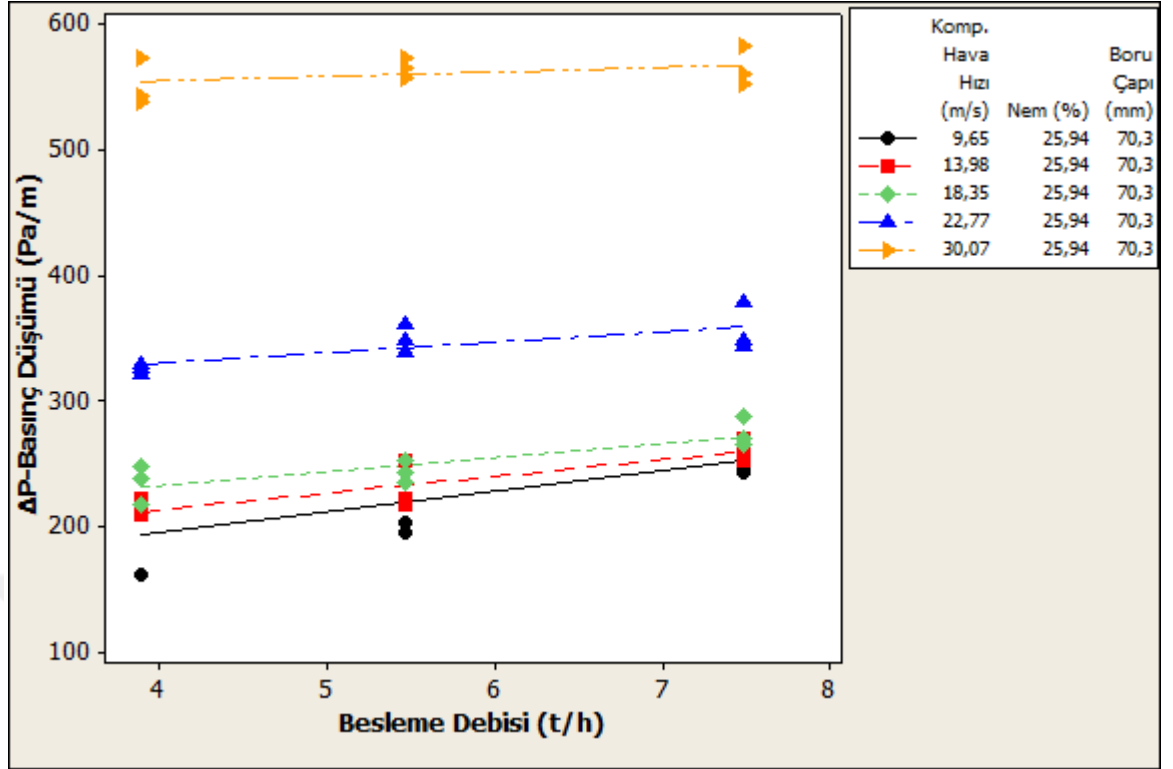
(b)

Şekil 5.45 Boru çapı 70.3 mm, nem %16.54, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b-besleme debisi kategorisine göre)



Şekil 5.46 Boru çapı 70.3 mm, nem %16.54, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin kutu grafiği analizleri-boxplot (kompresör hava hızı kategorisine göre)

Şekil 5.46'da verilen kompresör hava hızı kategorisine göre %16.54 nemli materyalin 70.3 mm çaplı boruyla iletiminin basınç düşümü analizleri değerlendirilmeye alındığında, benzer hava hızı kategorisindeyken iletim kapasiteleri değiştirildiğinde basınç düşümlerinin belirgin şekilde doğrusal yönlü artışa geçtiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5.47 Boru çapı 70.3 mm, nem % 25.94, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında 3 tekerrürlü alınan basınç düşümleri

70.3 mm boru çapı, % 25.94 materyal nemi, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızıyla tanımlı kısıtlar çerçevesinde elde edilen 3 tekerrürlü deneme verilerinin grafik çözümlemesi Şekil 5.47'yi üretmiştir. Buna göre kompresör hava hızları (V_h) kategorileri üzerinden basınç düşümlerinin besleme debileri (B_d) ile olan etkileşimlerini veren eğilimlerin regresyon denklemleri aşağıda yazıldığı şekilde bulunmuştur.

$$\Delta P = 16.20B_d + 131.3; R^2 = 55.5 \text{ [70.3 mm boru çapı; 9.65 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 13.33B_d + 160.0; R^2 = 77.3 \text{ [70.3 mm boru çapı; 13.98 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 11.20B_d + 188.2; R^2 = 69.4 \text{ [70.3 mm boru çapı; 18.35 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 8.20B_d + 297.8; R^2 = 52.4 \text{ [70.3 mm boru çapı; 22.77 m/s iletim hava hızı]}$$

$$\Delta P = 3.535B_d + 541; R^2 = 14.0 \text{ [70.3 mm boru çapı; 30.07 m/s iletim hava hızı]}$$

Bu regresyon eşitlikleri ile basınç düşümlerinin, materyalin aynı çaplı borudaki iletimlerinde besleme debilerinde artış yönlü değişime gidilmesi durumunda iletim hava

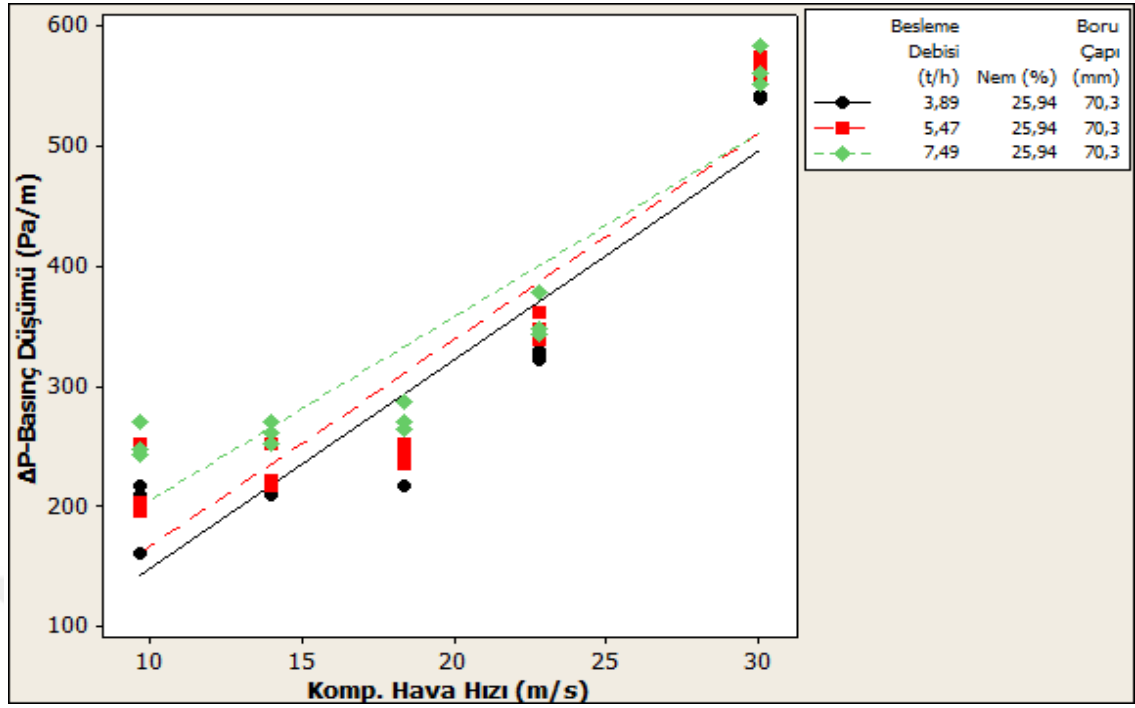
hızları değişmez tutulursa arttığı ifade bulmaktadır. Bu eşitlikler, artışların ise birinci dereceden ve doğrusal olduğunu göstermiştir.

Materyalin % 25.94 nem içeriklerinde besleme debileri kategorilerine göre 70.3 mm boru çapındaki iletimleri yönünden deneme bulgularının grafiksel ve istatistiksel değerlendirilmelerinin çıktıları ise Şekil 5.47 ve 5.48 ile şekle dökülmüştür. Şekil 5.48'e göre göre besleme debileri kategorileri üzerinden basınç düşümlerinin kompresör hava hızları ile olan etkileşimlerini veren eğilimlerin regresyon denklemleri aşağıda yazıldığı şekilde ifade bulmuştur.

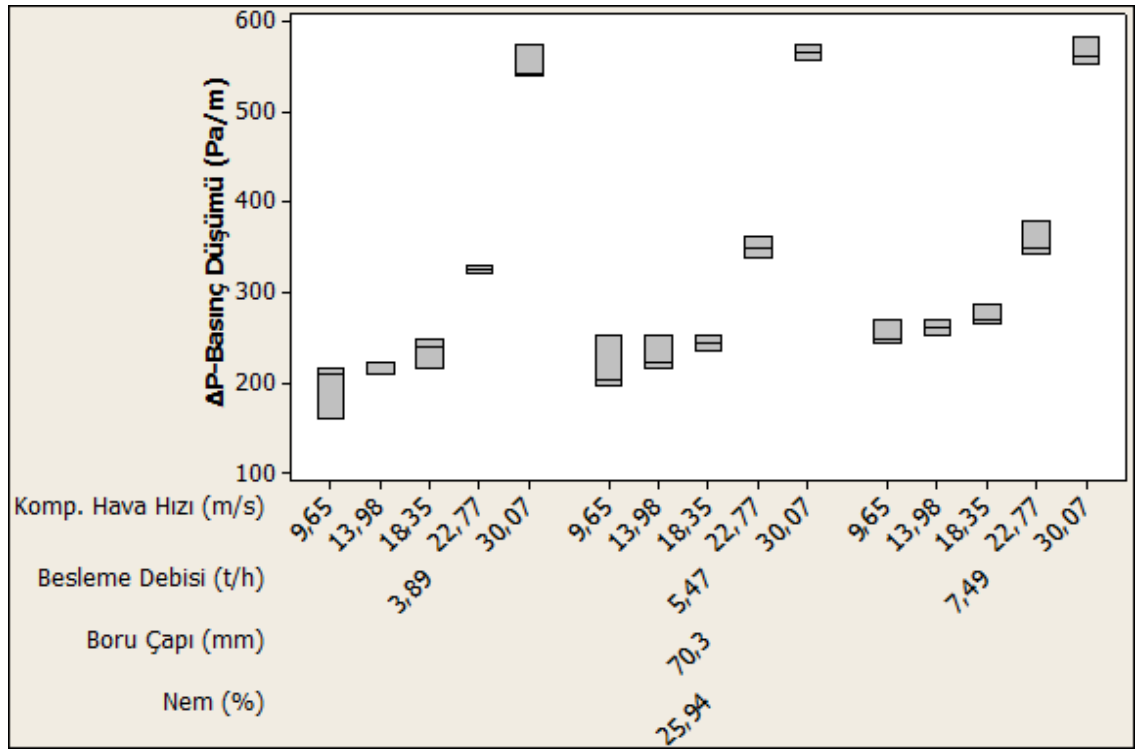
$$\Delta P = 17.38V_h - 25.26; R^2 = 85.9 \text{ [70.3 mm boru çapı; 3.89 t/h besleme debisi (kapasitesi)]}$$

$$\Delta P = 17.16V_h - 4.29; R^2 = 85.0 \text{ [70.3 mm boru çapı; 5.47 t/h besleme debisi]}$$

$$\Delta P = 15.22V_h + 53.35; R^2 = 83.0 \text{ [70.3 mm boru çapı; 7.49 t/h besleme debisi]}$$



(a)



(b)

Şekil 5.48 Boru çapı 70.3 mm, nem %25.94, 3 farklı iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızıyla materyal iletiminde basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Tüm bu grafik çözümlemelerin incelenmesinden görüleceği üzere boru çapı ve materyal nemi değişmezken materyal besleme (iletim) debisi kategorileri üzerinden aynı kompresör hava hızlarında, bir alt besleme debisi kategorisine kıyasla bir üst besleme debileri kategorisinde basınç düşümleri hafif düzeyli ancak doğrusal artışlar üretmiştir. Ghafori vd. (2011) tarafından emme tip pnömatik iletim sisteminin kullanılarak mısır ve arpanın iletimlerinin araştırıldığı çalışmada; hava hızında artışa gidildiğinde basınç düşümünün mısırdaki doğrusal olmayan şekilde, arpada ise doğrusal olarak artış seyri verdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından en düşük basınç düşümlerinin mısırdaki 20 ms^{-1} ve arpada ise 15 ms^{-1} hava hızlarında geliştiği ifade edilmiştir.

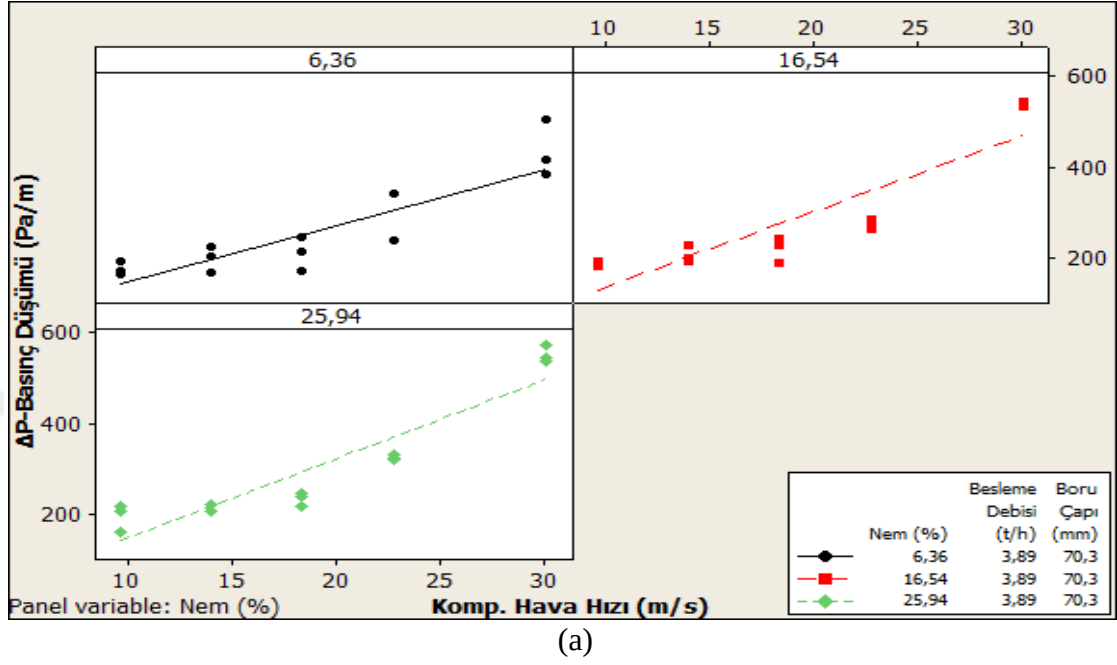
Konuyla ilişkili hesaplamalı akışkanlar tekniğini kullanarak yaptıkları inceleme çalışmasında Dizajeyekan vd. (2015), buğdayın pnömatik iletiminde materyal akışı oranlarının ve iletim borusu malzemesinin etkilerini araştırmışlardır.

5.4.1.3 Materyal iletiminde nem içeriği-basınç kaybı ilişkileri

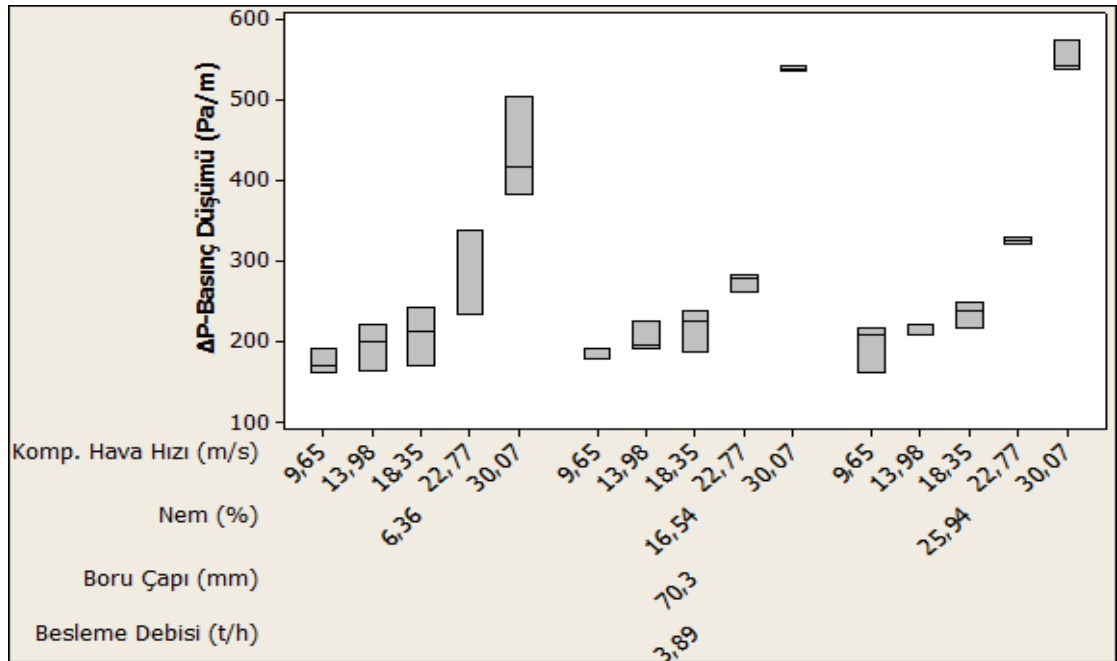
Bu çalışmada, kanola tohumunun farklı nem içerikleriyle iletiminin iletim hatlarında doğurduğu basınç düşümleri ya da kayıpları; 3 farklı boru çapı, 3 farklı iletim kapasitesi ile 5 farklı hava hızı koşullarında araştırılmıştır. Yürütülen denemelerde, % 16.54 ve % 25.94 nem içeriklerine sahip malzemelerin, oluşan topaklanma ve yığılmalar kaynaklı 43.1 mm ve 54.5 mm boru çaplarında değer algılamaları ve ölçümleri sağlanamadığından, iletimlerde bu nem içeriklerine ilişkin basınç kayıpları belirlenememiştir. İletime konu materyalin % 6.36, % 16.54 ve % 25.94 nem değerlerinde 70.3 mm boru çapında ölçülen basınç kayıpları (düşümleri) Şekil 5.49, 5.50 ve 5.51’ de verilmiştir.

Şekillerin değerlendirilmesinden boru çapı ve iletim debileri (kapasitesi) değişmezken kompresörün devirlerinin (hava hızlarının) değişmesine bağlı, sırasıyla materyalin nem içerikleri kategorilerine göre basınç kayıplarının düşük nem kategorisinde en düşük, izleyen nem kategorilerinde ise göreceli şekilde hafif artışlar gösterdiği gözlenmiştir. Öte yandan şekillerden, 70.3 mm boru çapında nem içeriği sabitken, iletim kapasitesinin

artması durumunda kompresör devirlerindeki artışlarla bağlantılı olarak basınç kayplarının nispeten daha değişken yönlü davranışlar gösterdiği sonucu elde edilmiştir.

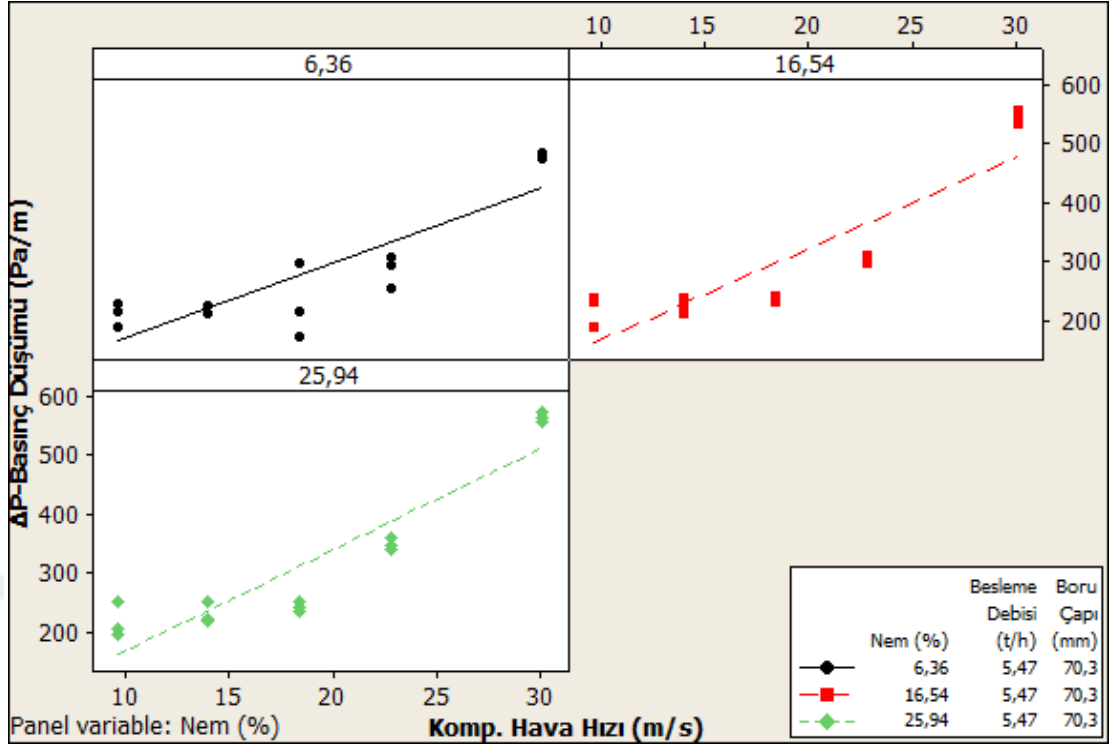


(a)

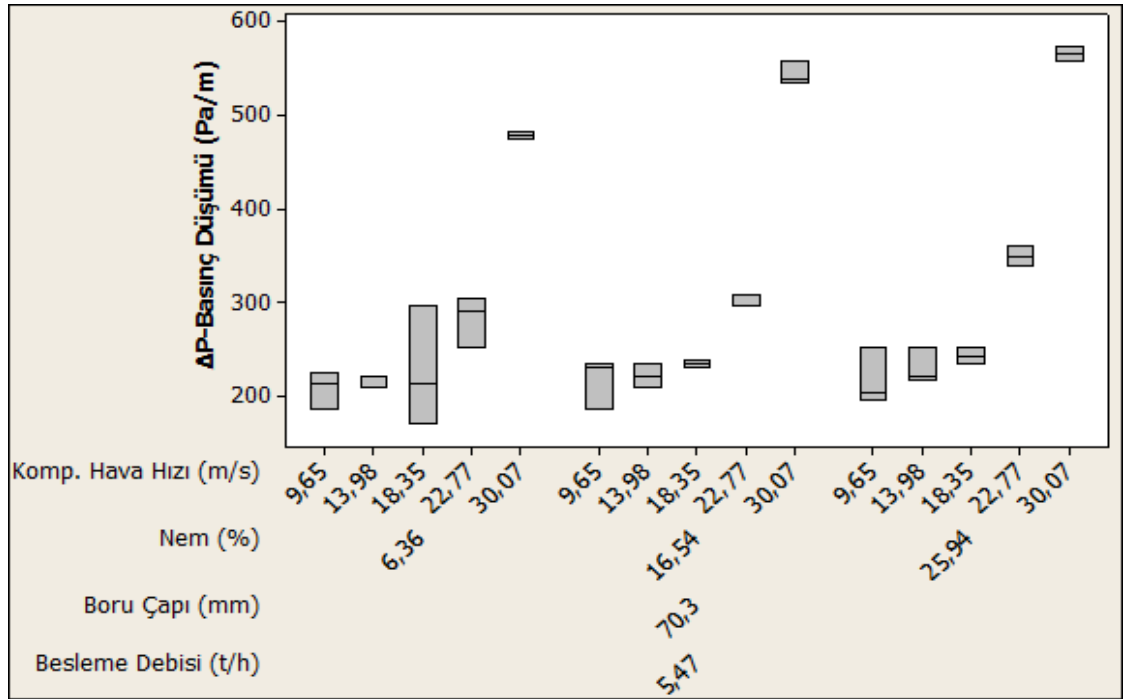


(b)

Şekil 5.49 Boru çapı 70.3 mm, 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h materyal iletim kapasitesinde ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

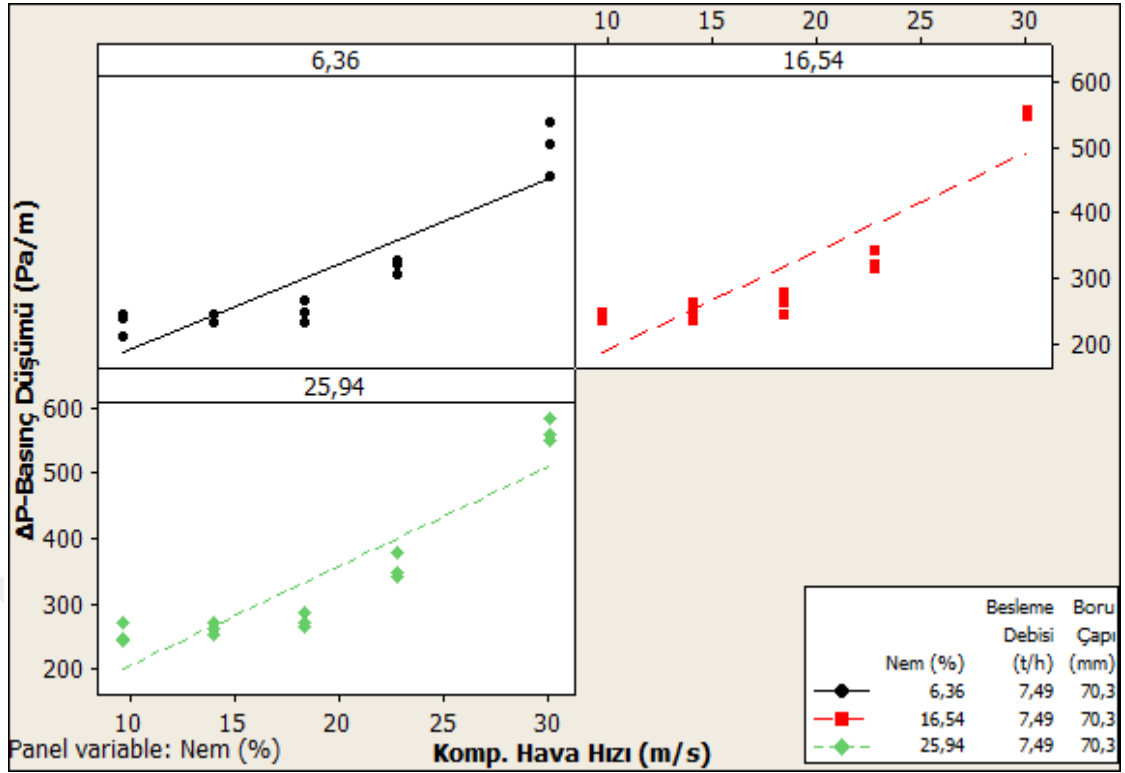


(a)

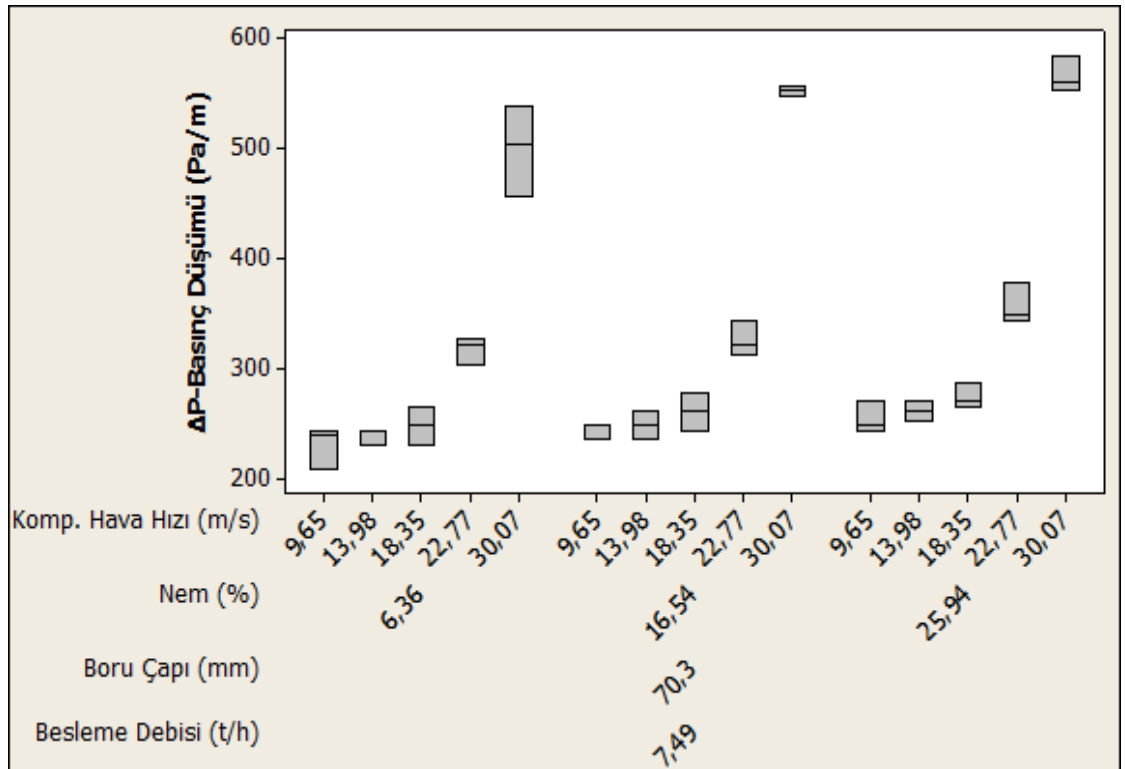


(b)

Şekil 5.50 Boru çapı 70.3 mm, 3 farklı nem içeriği, 5.47 t/h materyal iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.51 Boru çapı 70.3 mm, 3 farklı nem içeriği, 7.49 t/h materyal iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Nem içeriği artışının basınç düşümü üzerindeki işlevi, yukarıdaki şekiller üzerinden ele alındığında; sabit iletim kapasitesi (besleme debileri) ve boru çapında 5 farklı iletim hız [850(9.65ms⁻¹) – 1150(13.98ms⁻¹) – 1450d/d(18.35ms⁻¹), 1750(22.77ms⁻¹) ve 2250(30.07ms⁻¹) d/d]] kademelerinde materyalin iletimi yoluna gidildiğinde ilk üç hız kademesinde hafif artışlar şeklinde karakterize olmuştur. Son iki hız kademesinde ise materyal nem içeriğindeki artışın etkisi; iletimler sırasında daha belirgin artışlarla basınç düşüşleri şeklinde ortaya çıkmıştır. Yukarıdaki bu kısıtlar altındaki basınç düşümelerini karakterize eden eğilim regresyon denklemleri de aşağıda yazıldığı şekilde belirlenmiştir.

$$\Delta P = 12.53V_h + 18.93; R^2 = 76.4 \text{ [70.3 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = 16.73V_h - 33.85; R^2 = 80.2 \text{ [70.3 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = 17.38V_h - 25.26; R^2 = 83.9 \text{ [70.3 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$\Delta P = 12.89V_h + 38.24; R^2 = 75.9 \text{ [70.3 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = 15.64V_h + 7.05; R^2 = 79.1 \text{ [70.3 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = 17.16V_h - 4.29; R^2 = 85.0 \text{ [70.3 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$\Delta P = 13.11V_h + 58.26; R^2 = 80.8 \text{ [70.3 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = 15.01V_h + 40.60; R^2 = 80.9 \text{ [70.3 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = 15.22V_h + 53.35; R^2 = 83.0 \text{ [70.3 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

Tüm bunların yanında, nem içeriğindeki 3-kademeli artışlarla bağlantılı şekilde 43.1 mm ve 54.5 mm çaplı borularla iletimlerdeki denemelerden erişilen bulgular Şekil 5.52, 5.53, 5.54, 5.55, 5.56 ve 5.57’ de düzenlenerek gösterilmiştir. Bu şekillerle toparlanan bulgular üzerinden, gerçekleştirilen denemelerde gelişen durumlar değerlendirildiğinde; %16.54 ve 25.94 nem içerik düzeylerinde 43.1 mm ve 54.5 mm çaplı borularda yürütülen iletim denemelerinden nemdeki artışlara bağlı materyalin bünyesel durumunda yapışkanlık, yığılma ve topaklanarak ufalanma hali geliştiği gözlenmiştir. Bunların neticesi olarak sensörler ve transmitterlerde veri algılaması ve iletimi aksamaları oluşarak tutarlı veri eldesi yapılamamıştır. Denemelerden alınabilen kısmi

verilerden hareketle oluşturulan grafikler temelinde ise kompresör hava hızlarındaki artışların; 3 değişik besleme debisiyle (3.89, 5.47 ve 7.49 t/h) tekli nem içeriğinde (%6.36) materyalin iletimlerinde basınç düşümlerini dikkate değer ölçeklerde arttırdığı sonucuna götürmüştür. Bu çerçevelerde elde edilen basın düşümleri gelişimini temsil eden regresyon denklemleri ise aşağıda kaydedildiği şekilde bulunmuştur.

$$\Delta P = 24.28V_h + 587.3; R^2 = 97.9 \text{ [43.1 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [43.1 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [43.1 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$\Delta P = 23.92V_h - 106.5; R^2 = 97.3 \text{ [54.5 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [54.5 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [54.5 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$\Delta P = 18.09V_h + 1256; R^2 = 94.3 \text{ [43.1 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [43.1 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [43.1 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$\Delta P = 25.65V_h - 121.6; R^2 = 94.9 \text{ [54.5 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [54.5 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [54.5 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$\Delta P = 25.92V_h + 1103; R^2 = 92.1 \text{ [43.1 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

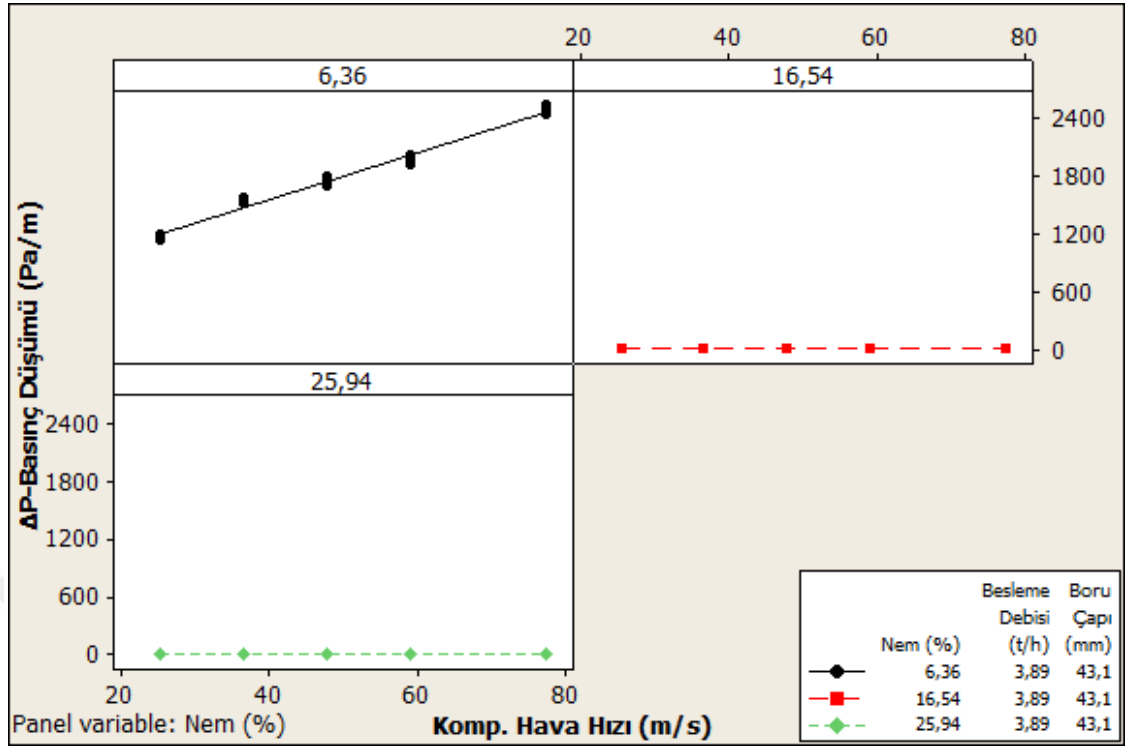
$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [43.1 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [43.1 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

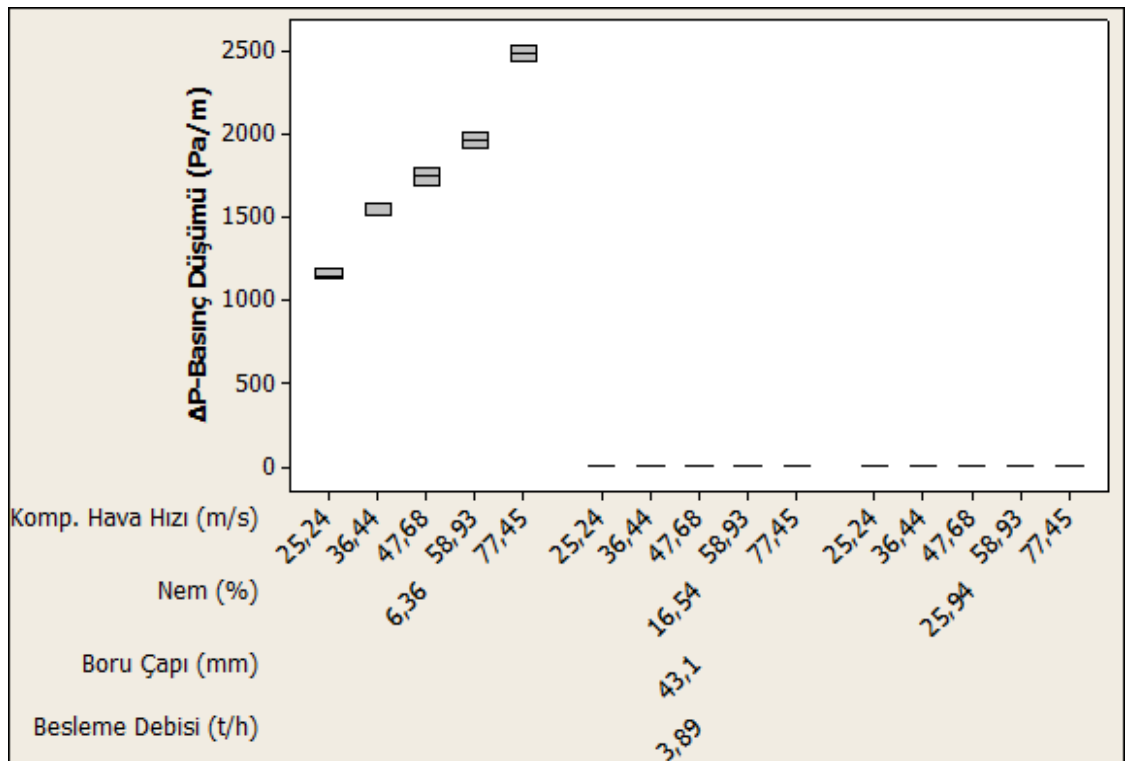
$$\Delta P = 25.37V_h - 110.9; R^2 = 97.7 \text{ [54.5 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [54.5 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$\Delta P = \text{Ölçülenemedi [54.5 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

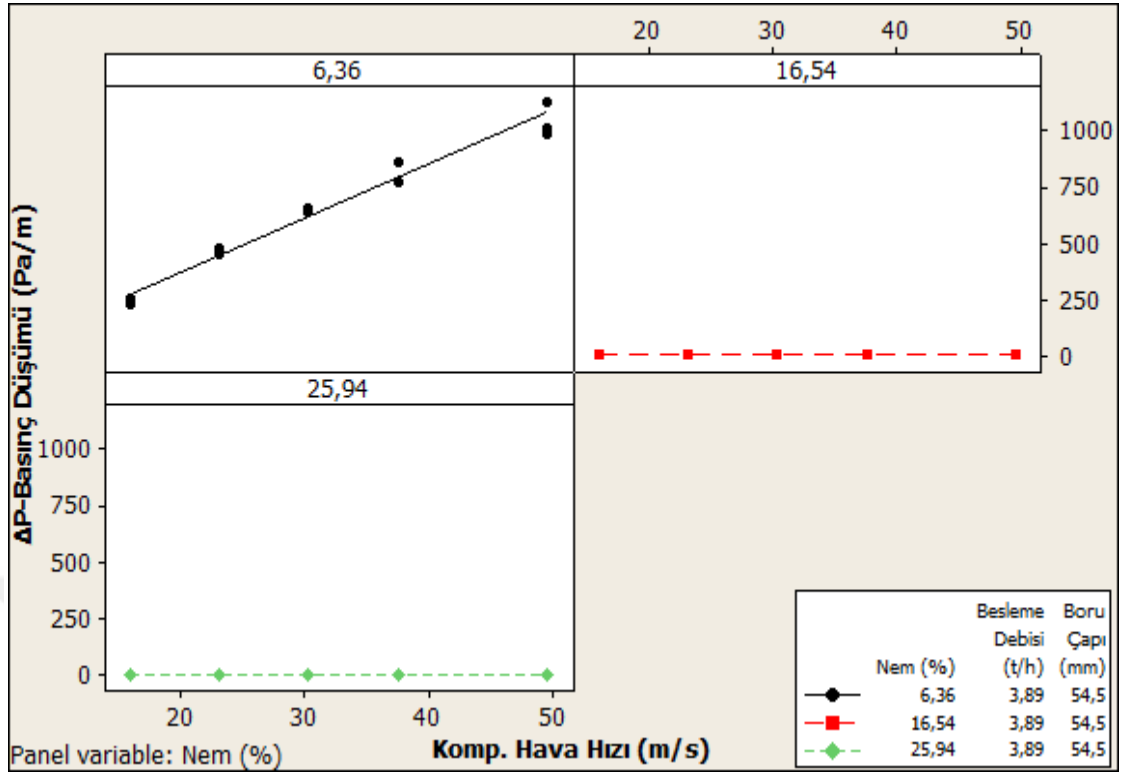


(a)

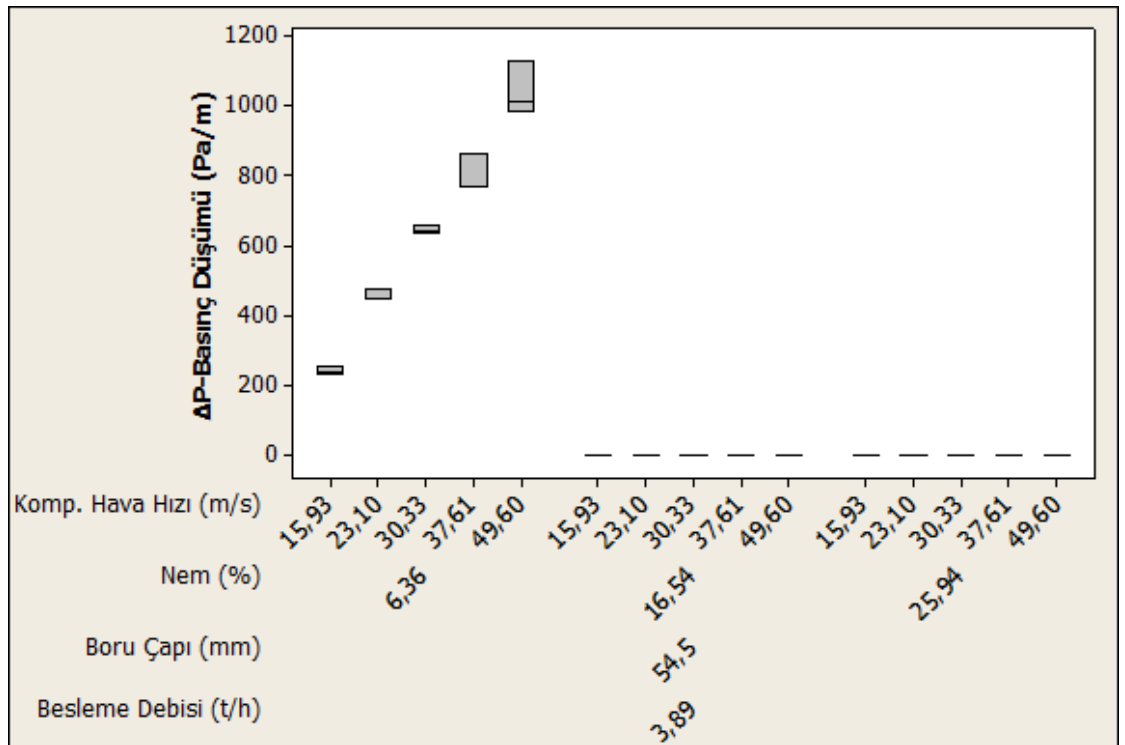


(b)

Şekil 5.52 Boru çapı 43.1 mm, 3.89 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot

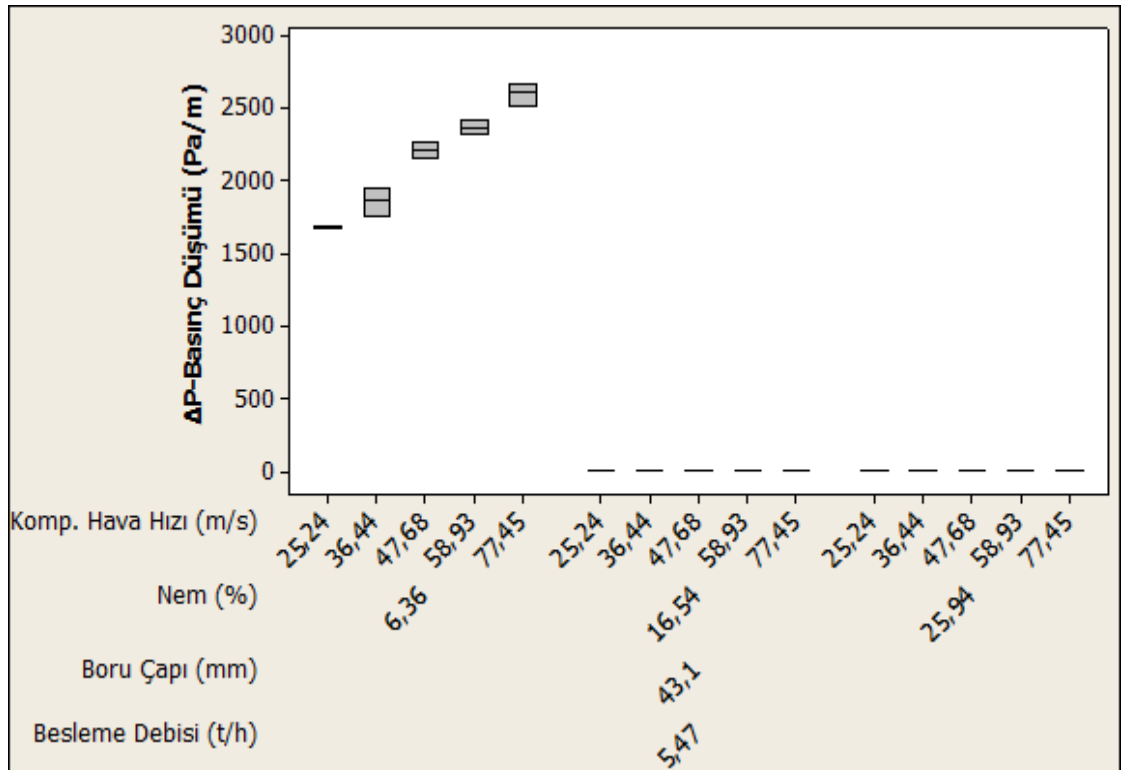
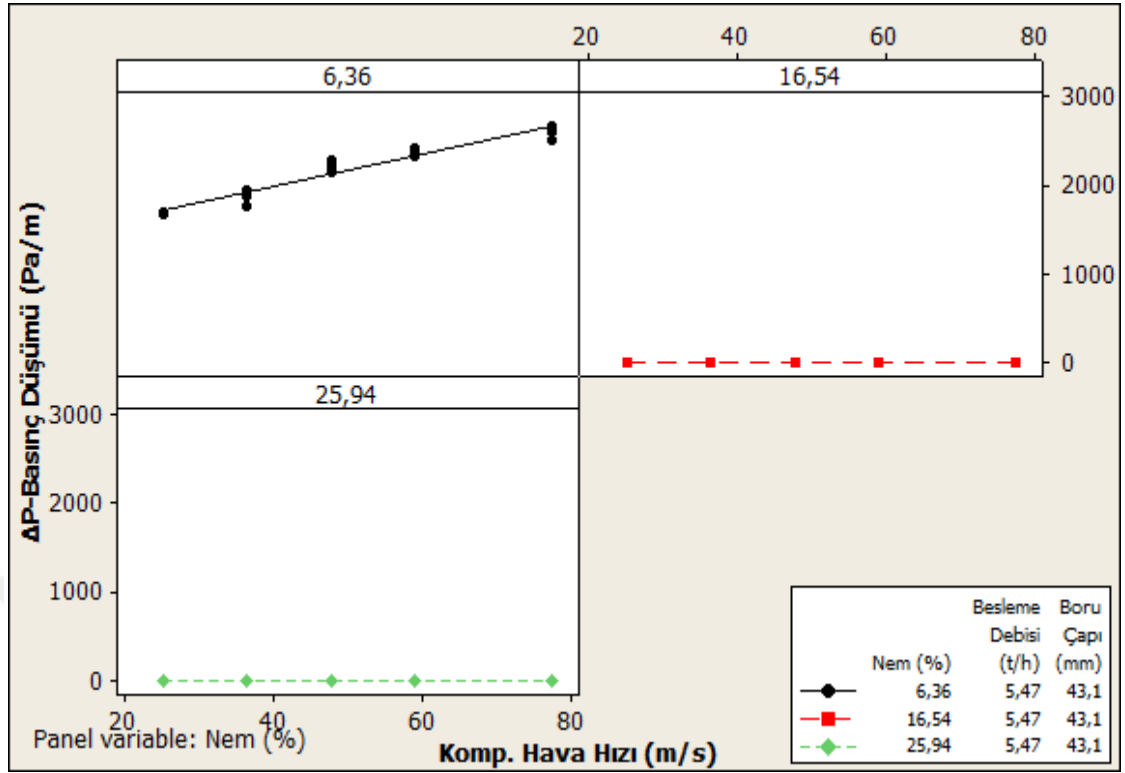


(a)



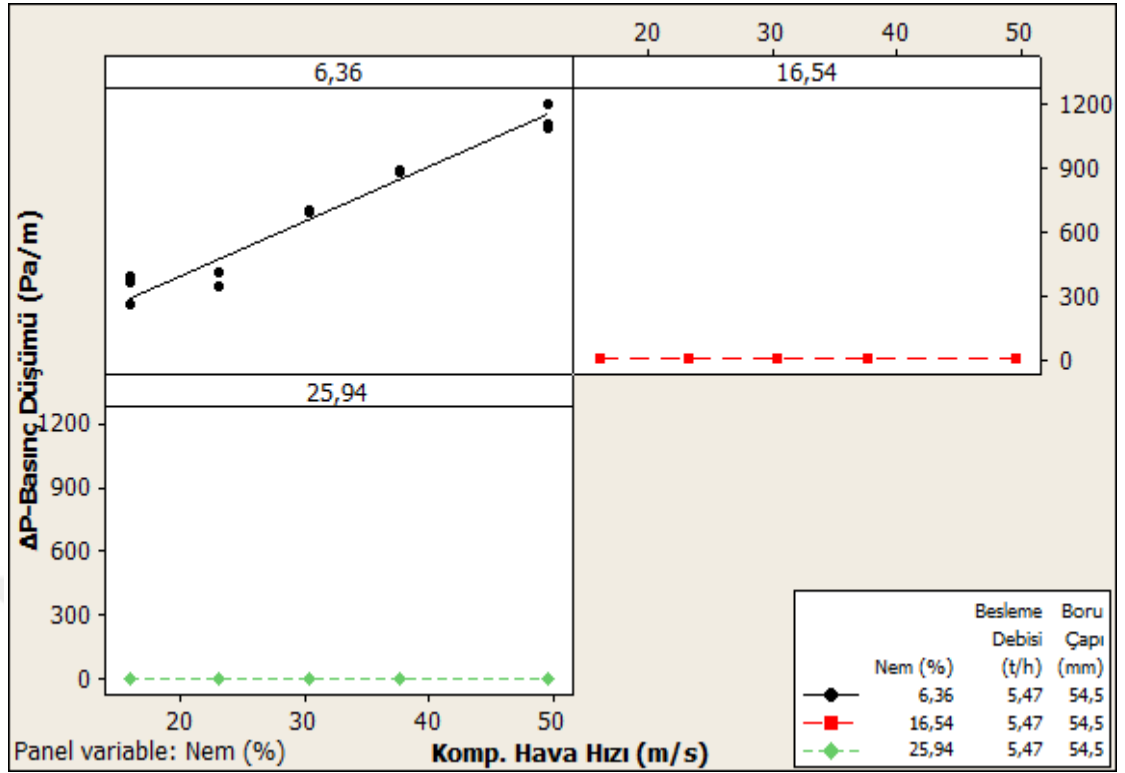
(b)

Şekil 5.53 Boru çapı 54.5 mm, 3.89 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

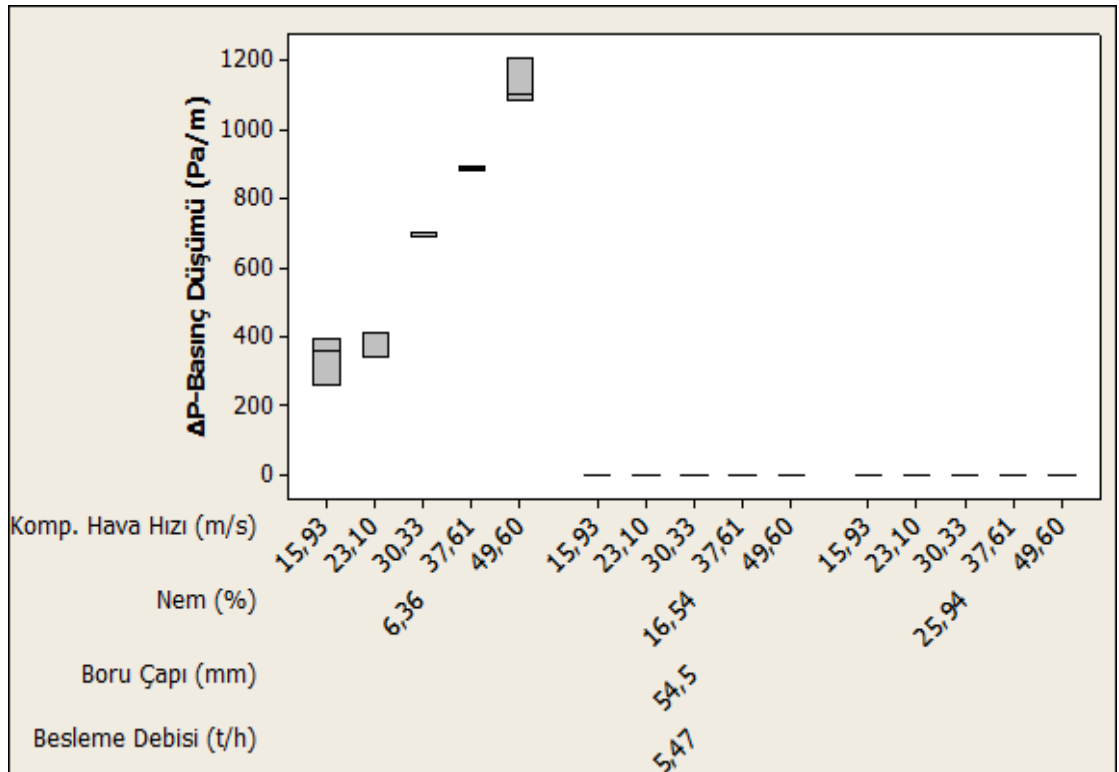


(b)

Şekil 5.54 Boru çapı 43.1 mm, besleme debisi 5.47 t/h, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

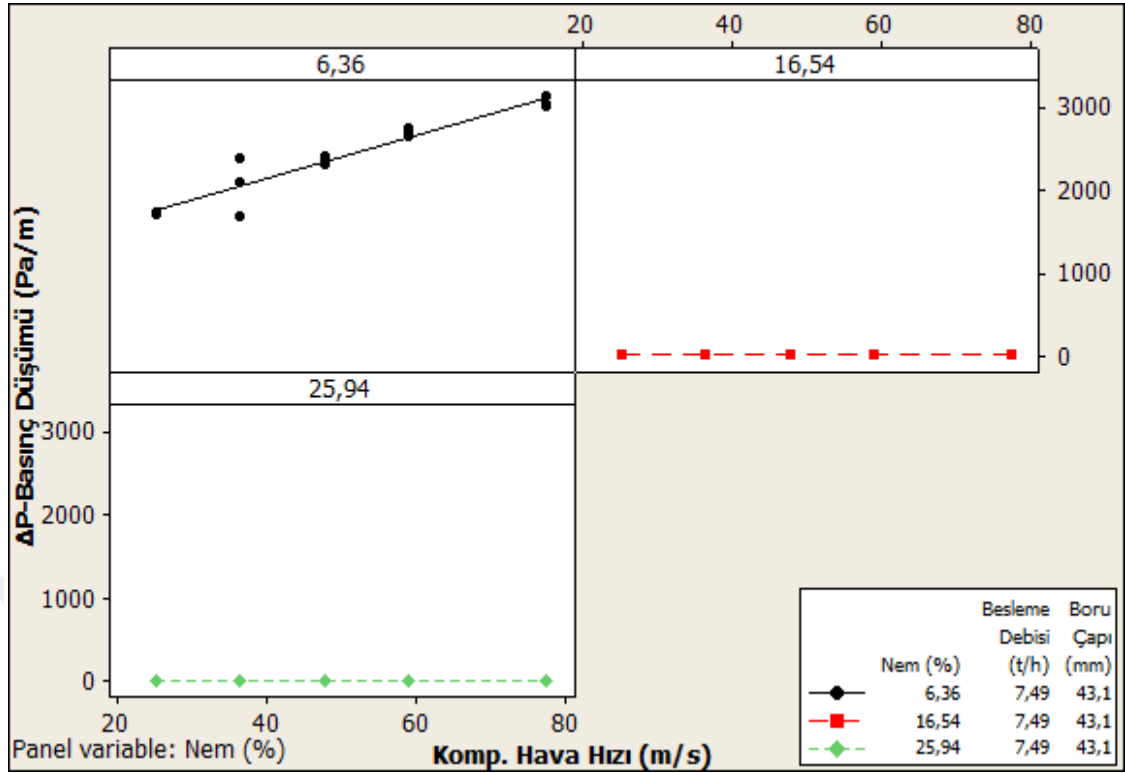


(a)

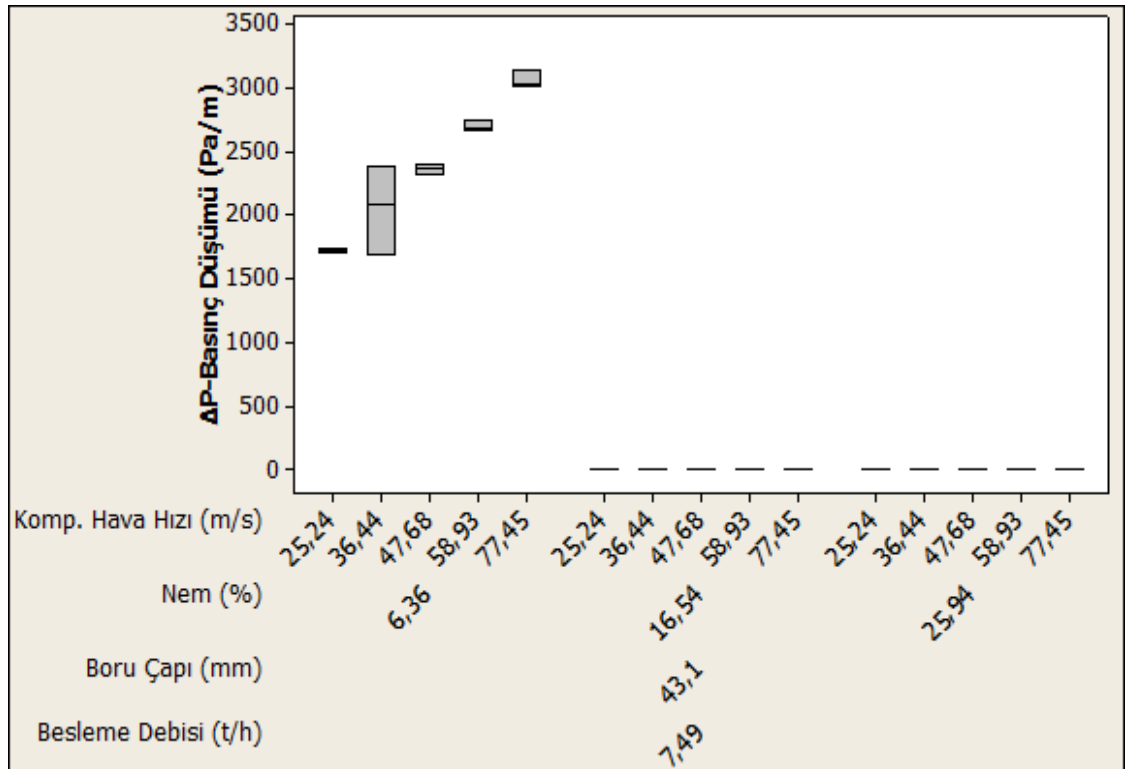


(b)

Şekil 5.55 Boru çapı 54.5 mm, besleme debisi 5.47 t/h, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

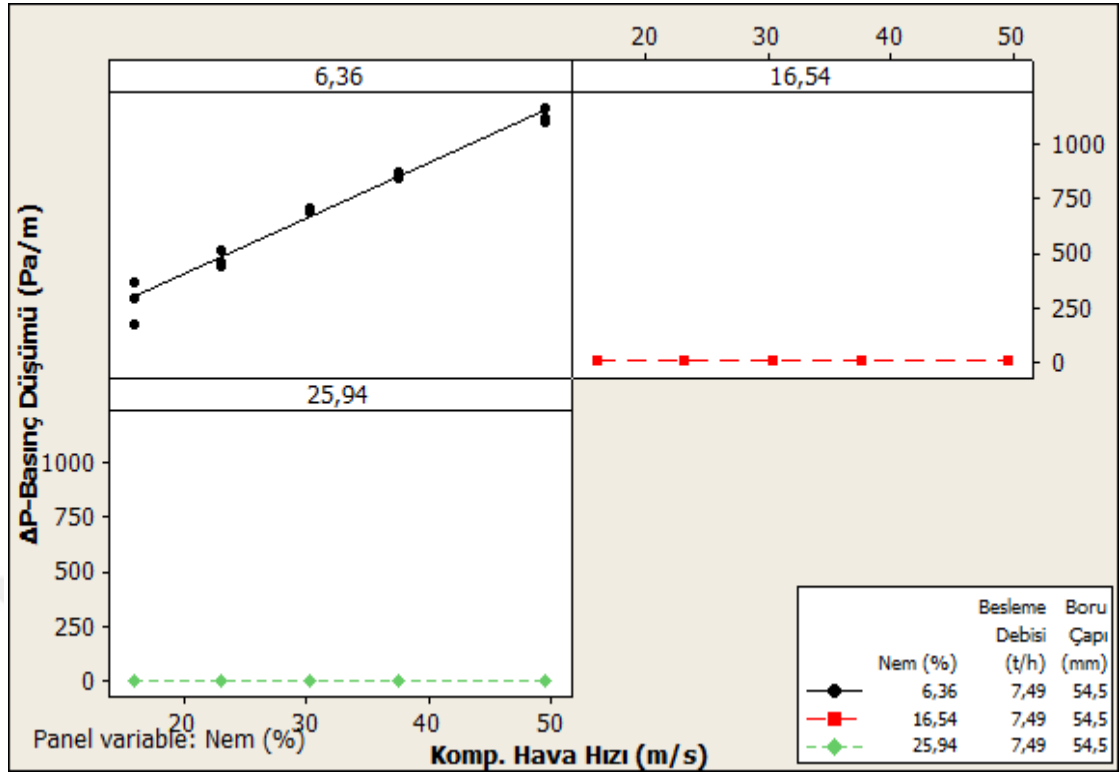


(a)

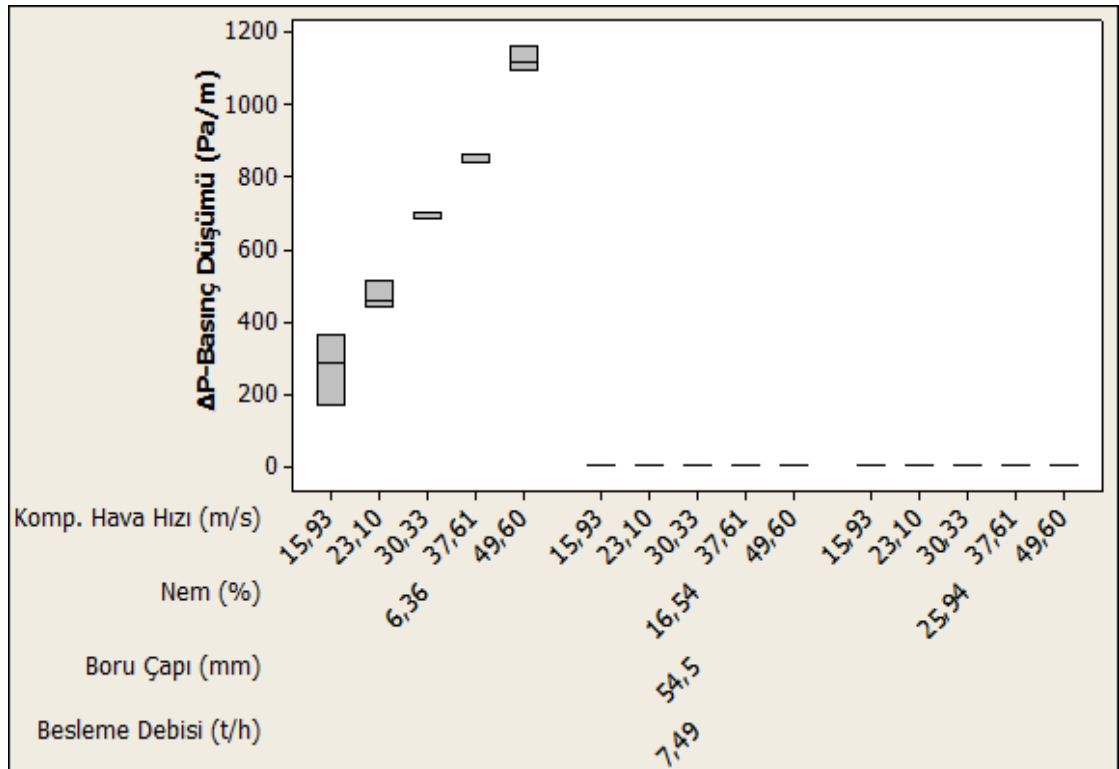


(b)

Şekil 5.56 Boru çapı 43.1 mm, 7.49 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.57 Boru çapı 54.5 mm, 7.49 t/h besleme debisi, 3 farklı nem içeriği ve 5 farklı kompresör hava hızında basınç düşümleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot

5.4.2 Materyal iletiminde kısıtlara bağı güç tüketimi ilişkileri

5.4.2.1 Materyal iletiminde materyal nemi-güç tüketimi ve hava hızı ilişkileri

Denemelerde araştırılan kısıtlardan 3 farklı nem içeriğinde materyal iletimlerinin güç tüketimine etkisi yönünden çıktıları; %16.54 ve 25.94 nem içeriklerinde 43.1 ve 54.5 mm çaplarda materyal yapısında gelişen taneler arası ve boru içi yapışkanlaşmalar ve topaklanmalara atfen veri akışı dengesizlikleri dolayısıyla güç göstergelerinden sağlıklı olarak alınamamıştır. Bu bağlamda veri elde edilebilen % 6.36 nem içeriği ile 43.1 mm ve 54.5 mm boru çapları ve 3 ayrı besleme debilerinde materyal iletiminin güç tüketimine etkilerine ilişkin bulgular Şekil 5.58, 5.59, 5.60, 5.61, 5.62 ve 5.63 ile verilmiştir. Buna göre, grafikler incelendiğinde diğer faktörler sabitken hava hızı-nem içeriği ikilisine bağı olarak hava hızı artışıyla güç tüketimi (N-watt) değerinde de belirgin artışlar oluştuğu görülmektedir. Bu kısıtlar üzerinden denemelerin bulgularının grafiksel analizlerinin ürettiği eğilimleri veren regresyon eşitlikleri de aşağıda verildiği biçimlerde belirlenmiştir.

$$N = 40.66V_h + 601.3; R^2 = 97.7 \text{ [43.1 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [43.1 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [43.1 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$N = 43.68V_h + 576.4; R^2 = 97.0 \text{ [43.1 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [43.1 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [43.1 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$N = 46.74V_h + 652.1; R^2 = 97.3 \text{ [43.1 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [43.1 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [43.1 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$N = 49.68V_h + 98.8; R^2 = 89.6 \text{ [54.5 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = \text{Ölçümlenemedi [54.5 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

N = Ölçümlenemedi [54.5 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi;%25.94 nem]

$N = 50.10V_h + 183$; $R^2 = 94.0$ [54.5 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; %6.36 nem]

N = Ölçümlenemedi [54.5 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi;%16.54 nem]

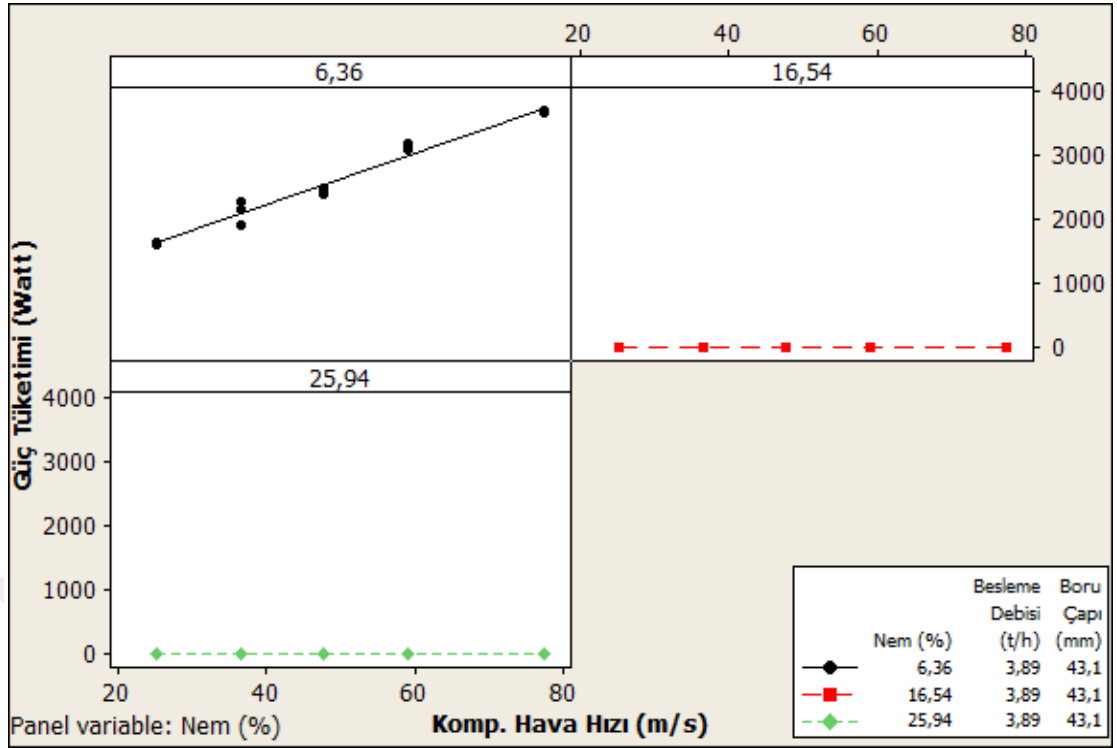
N = Ölçümlenemedi [54.5 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi;%25.94 nem]

$N = 54.96V_h + 99.5$; $R^2 = 92.3$ [54.5 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; %6.36 nem]

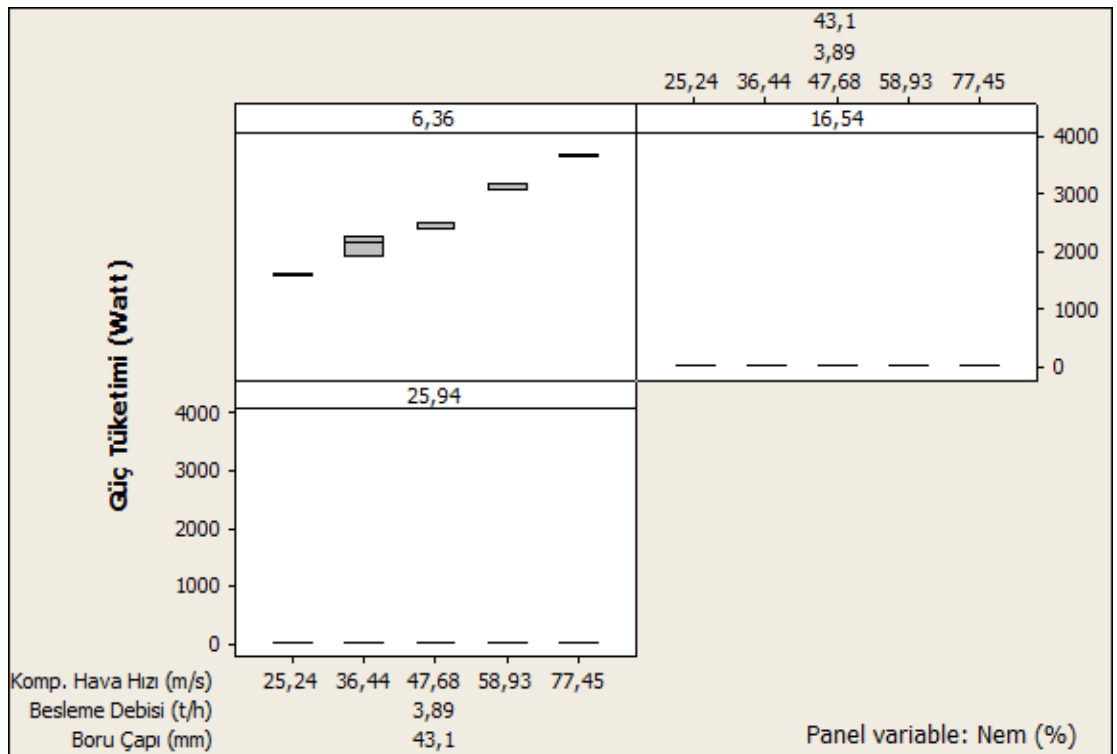
N = Ölçümlenemedi [54.5 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi;%16.54 nem]

N = Ölçümlenemedi [54.5 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi;%25.94 nem]



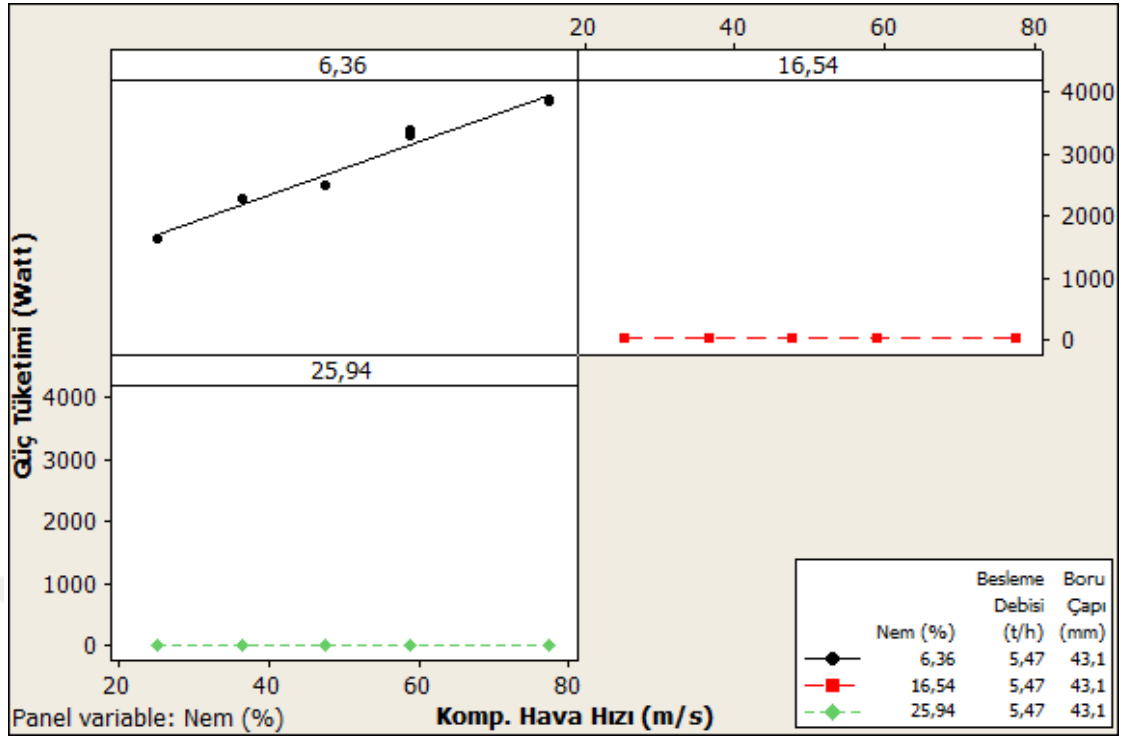


(a)

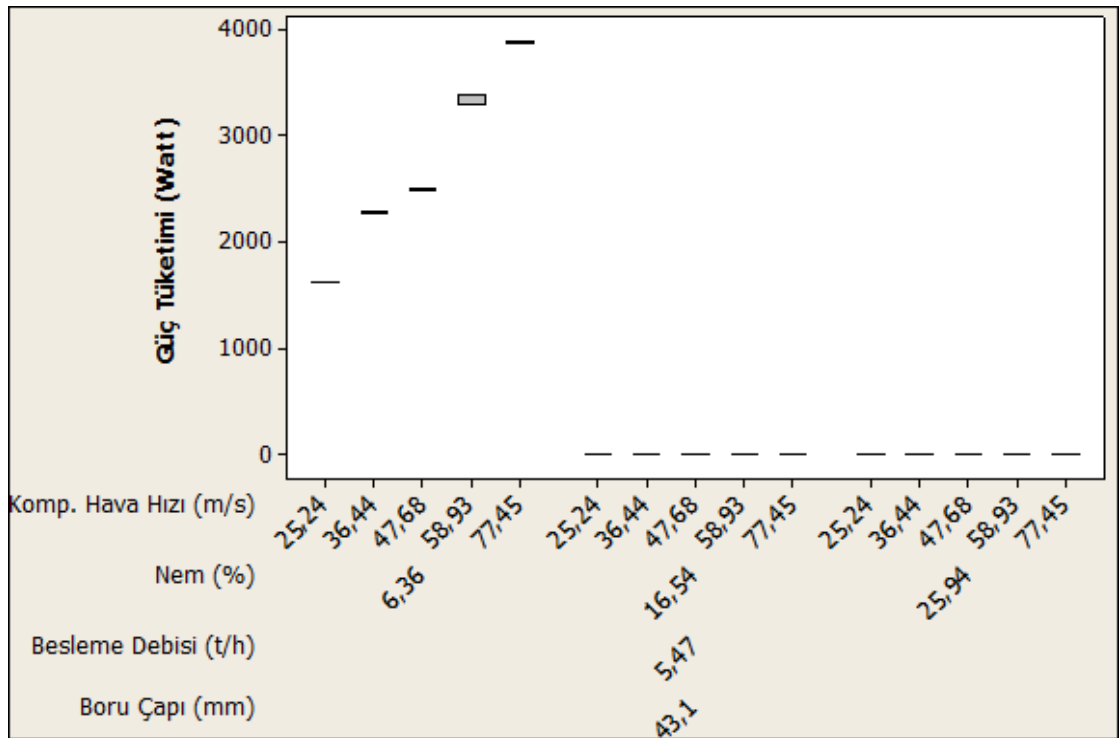


(b)

Şekil 5.58 Boru çapı 43.1 mm iken 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

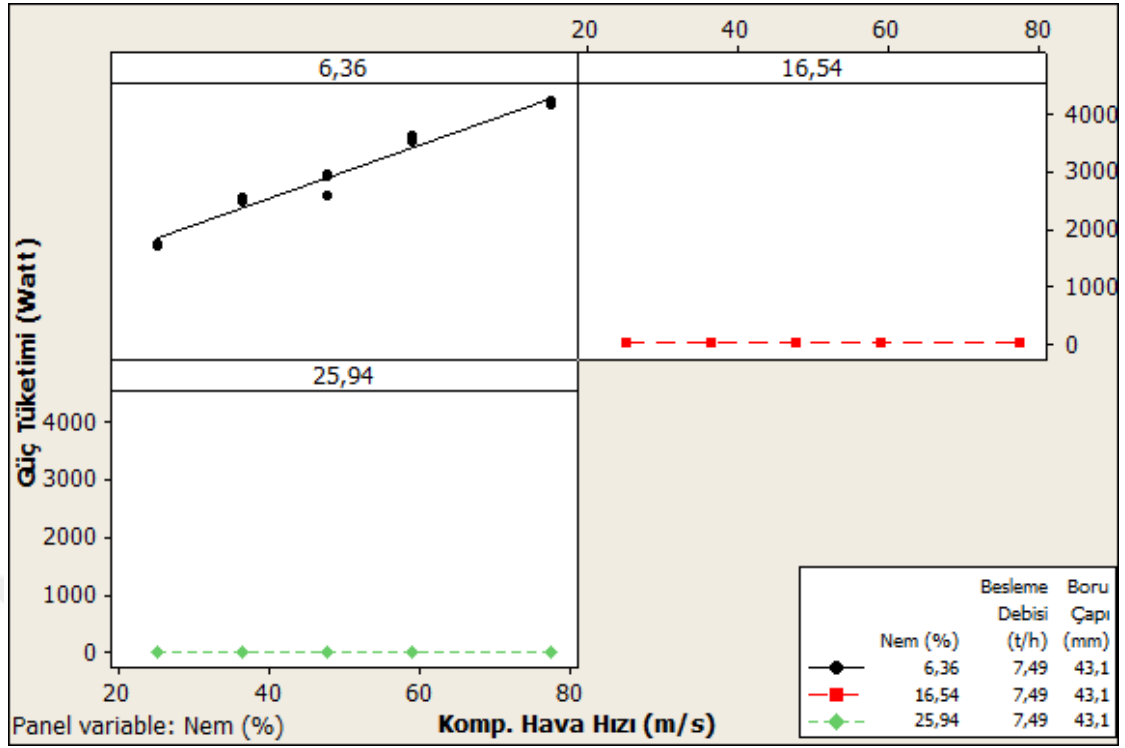


(a)

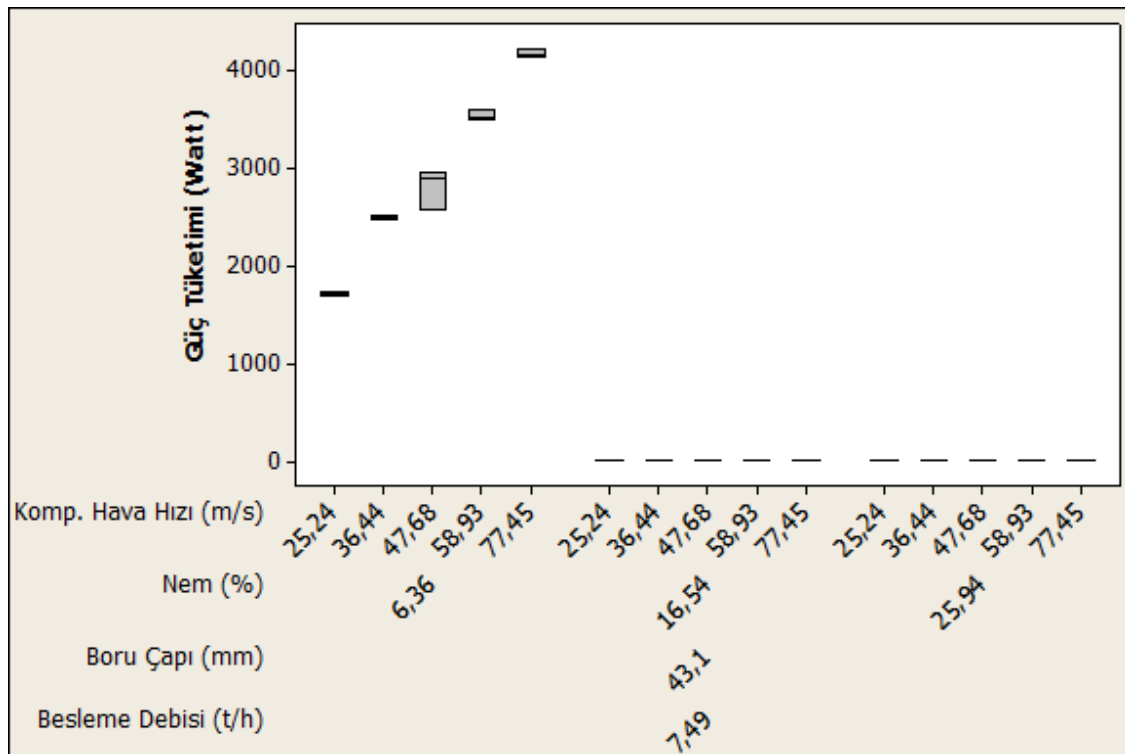


(b)

Şekil 5.59 Boru çapı 43.1 mm iken 3 farklı nem içeriği, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

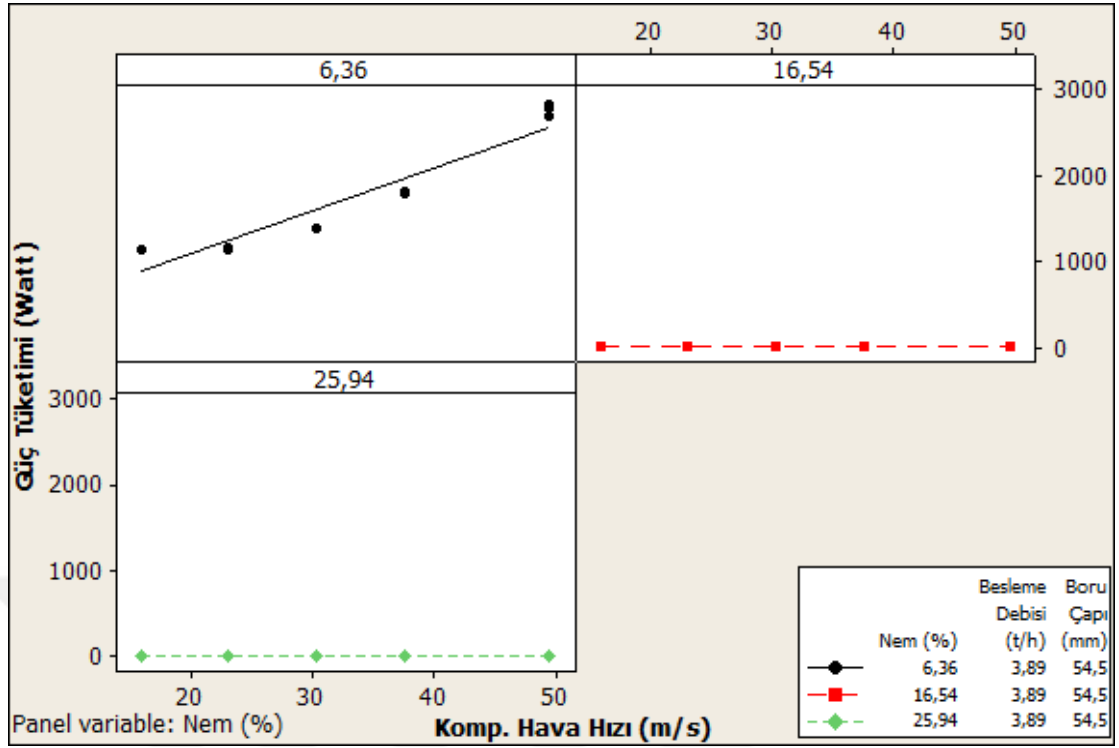


(a)

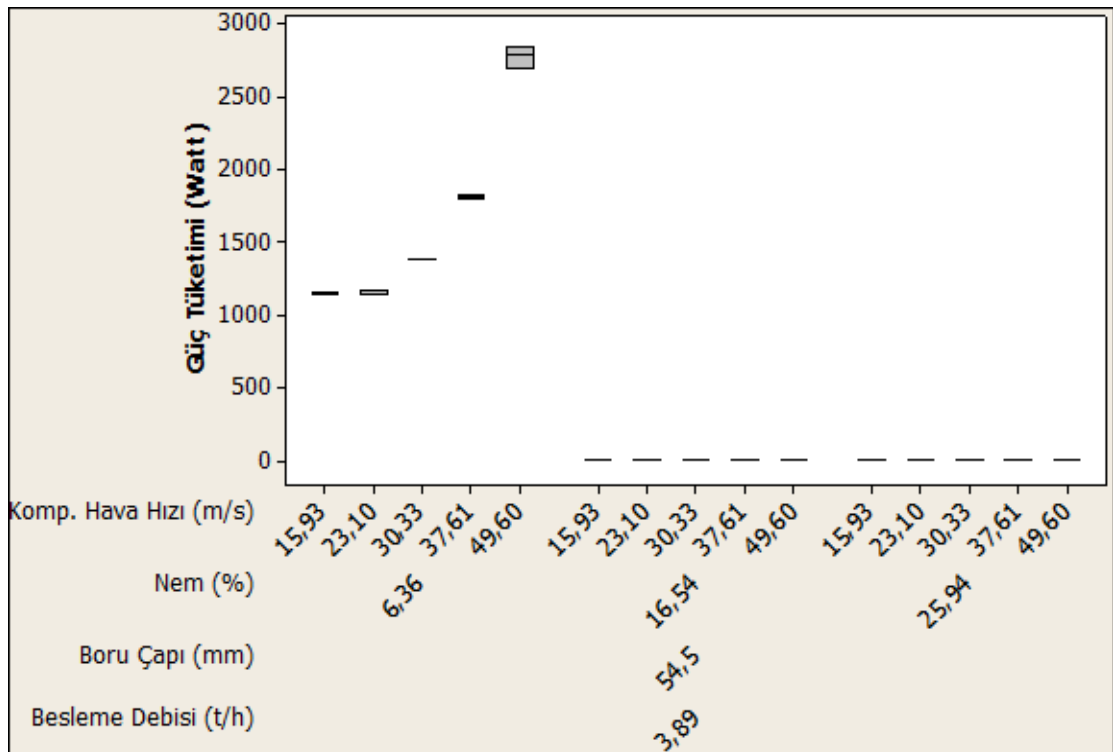


(b)

Şekil 5.60 Boru çapı 43.1 mm iken 3 farklı nem içeriği, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

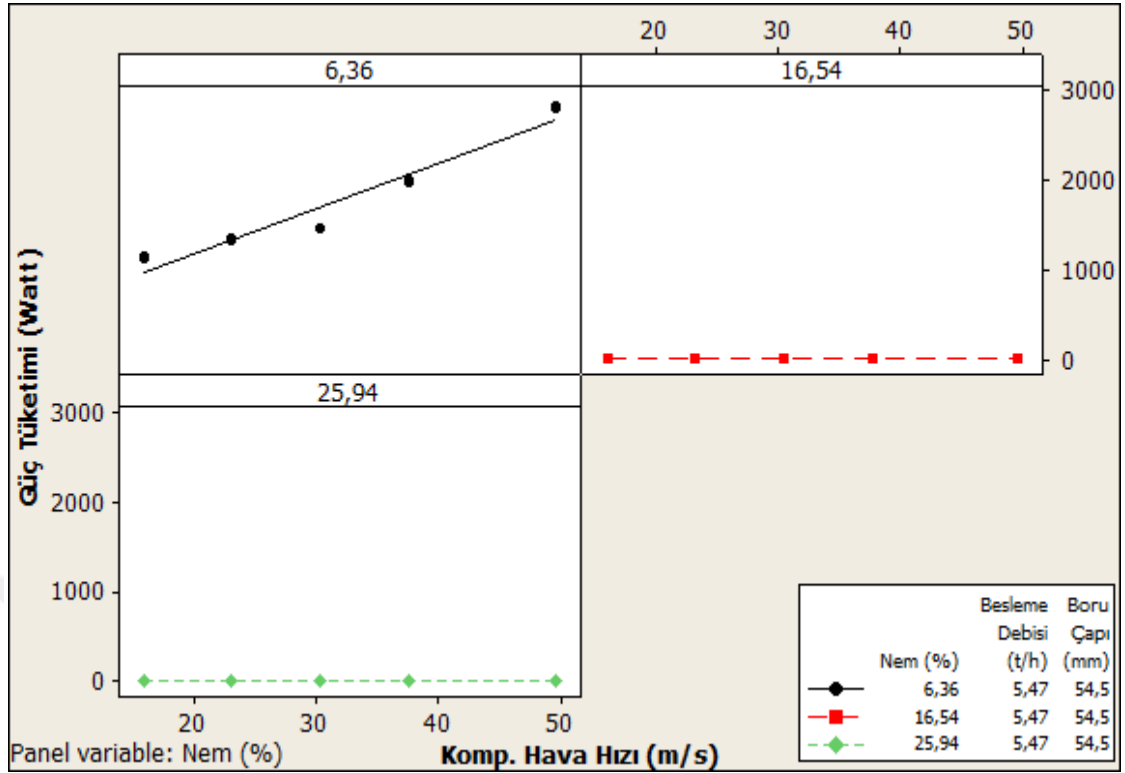


(a)

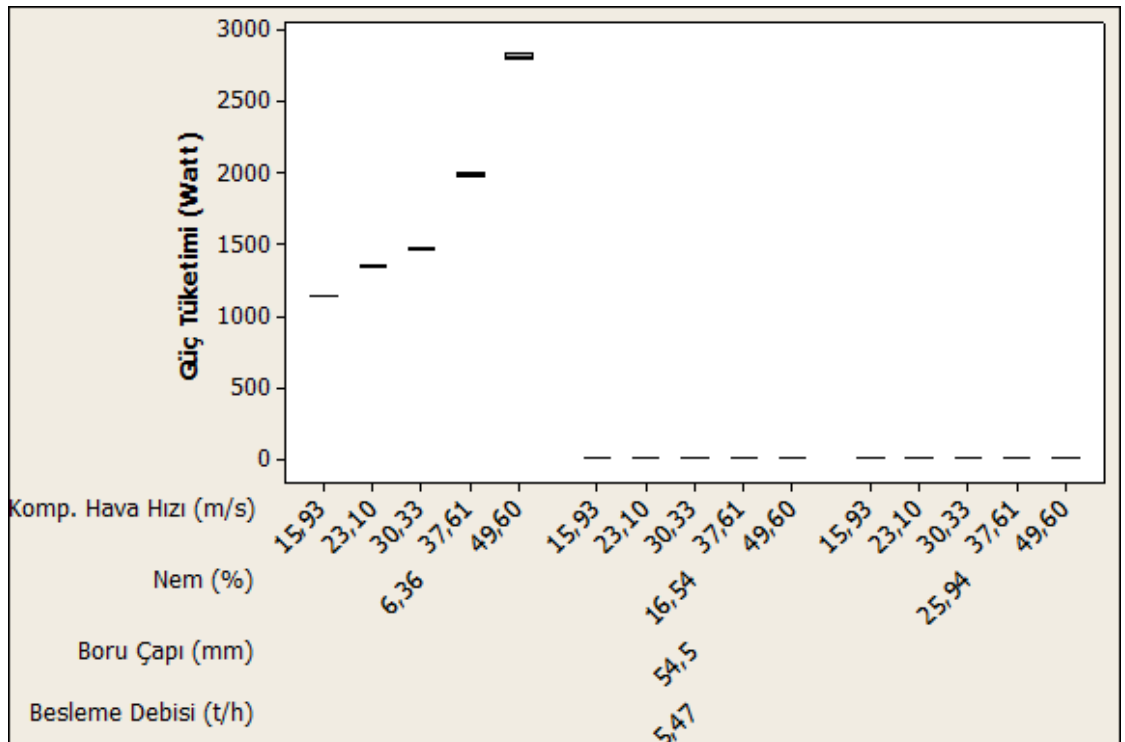


(b)

Şekil 5.61 Boru çapı 54.5 mm iken 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

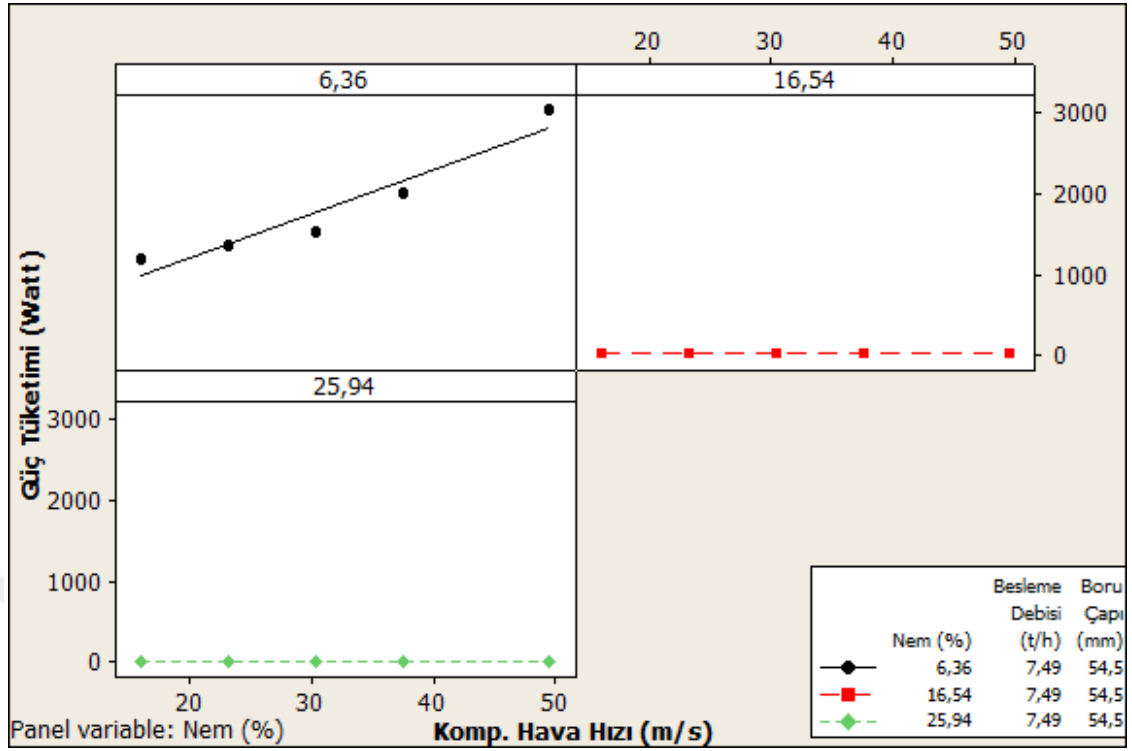


(a)

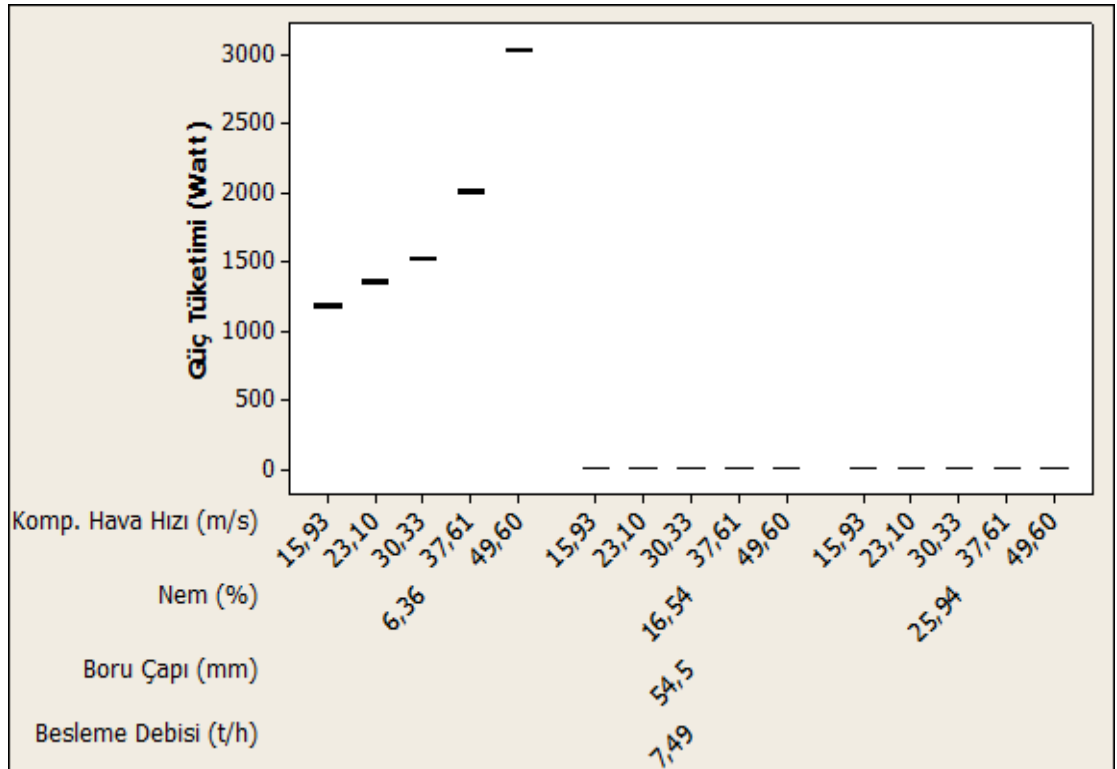


(b)

Şekil 5.62 Boru çapı 54.5 mm iken 3 farklı nem içeriği, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.63 Boru çapı 54.5 mm iken 3 farklı nem içeriği, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Öte yandan verilerin alınabildiği, ürünün 3 ayrı nem içerikleri kategorisinde iletim boru çapının 70.3 mm, iletim kapasiteleri değişmez ve kompresör devirleri (hava hızları) değişken alındığı iletimlerin incelendiği denemelerde nemdeki artışa bağlı güç tüketimlerinde birbirlerine çok yakın değerlerin elde edildiği görülmektedir (Şekil 5.64, 5.65, 5.66 ve 5.67).

Bu çerçevede ilişkilerin eğilimini veren regresyon eşitliklerinin ifadeleri aşağıdaki biçimlerde belirlenmiştir.

$$N = 72.69V_h + 280.1; R^2 = 97.7 \text{ [70.3 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = 70.09V_h + 284.2; R^2 = 91.5 \text{ [70.3 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$N = 70.53V_h + 311.5; R^2 = 92.0 \text{ [70.3 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

$$N = 71.62V_h + 283.2; R^2 = 91.8 \text{ [70.3 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

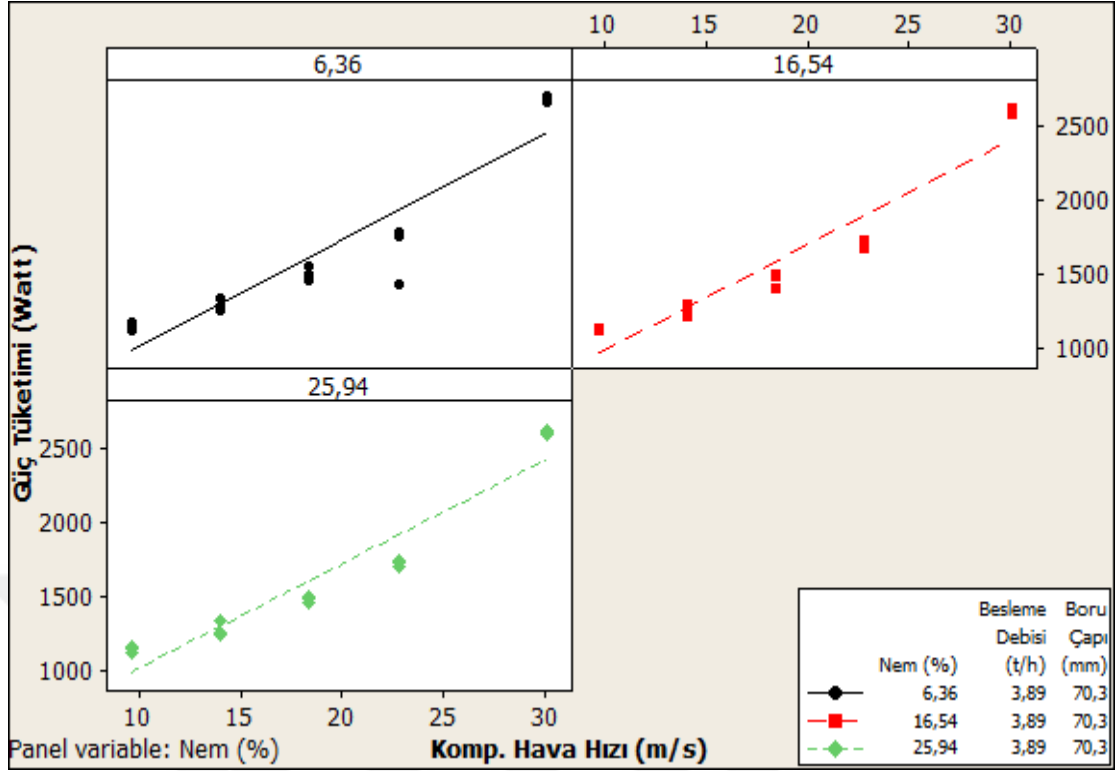
$$N = 71.68V_h + 309.1; R^2 = 91.5 \text{ [70.3 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$N = 74.32V_h + 296.0; R^2 = 92.1 \text{ [70.3 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

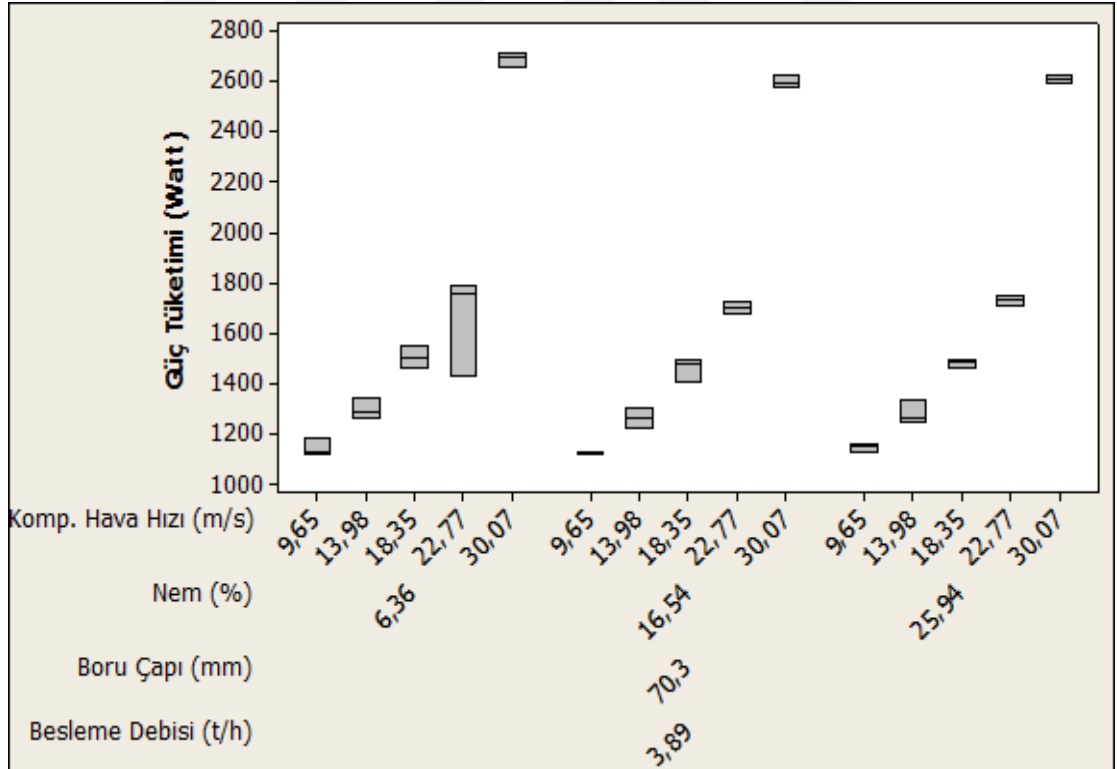
$$N = 73.70V_h + 285.7; R^2 = 91.7 \text{ [70.3 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = 73.47V_h + 300.9; R^2 = 91.5 \text{ [70.3 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%16.54 nem]}$$

$$N = 75.11V_h + 299.2; R^2 = 90.9 \text{ [70.3 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi; \%25.94 nem]}$$

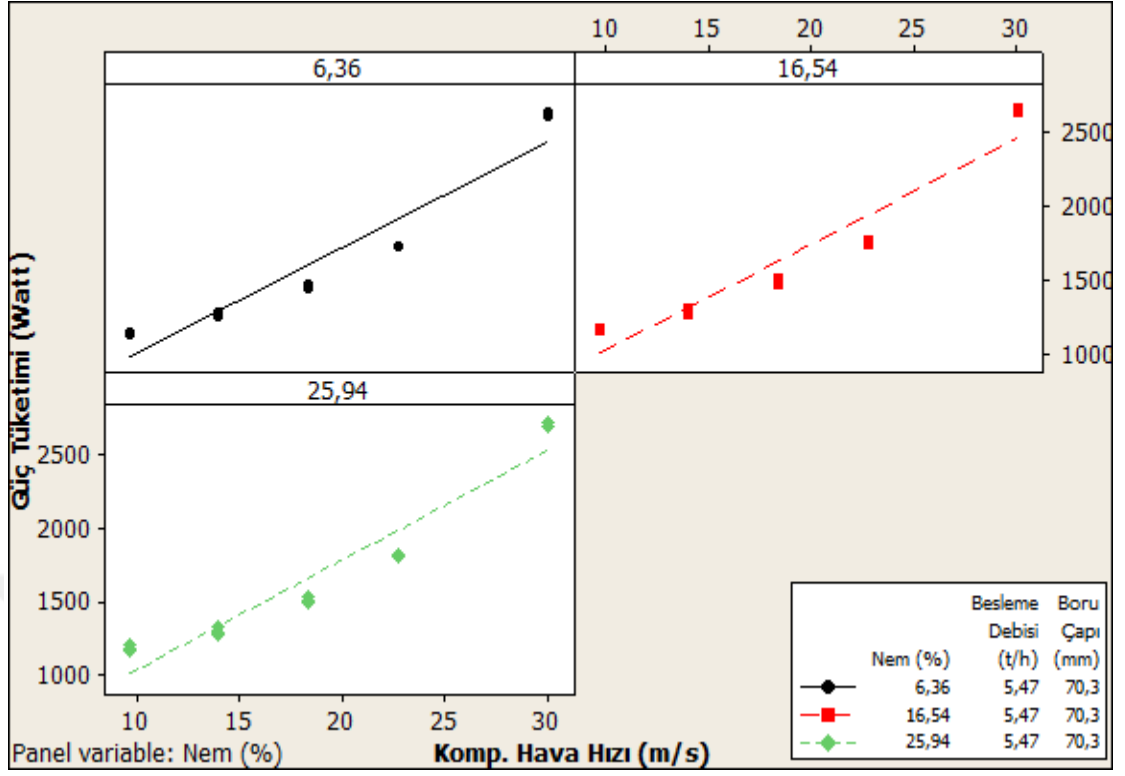


(a)

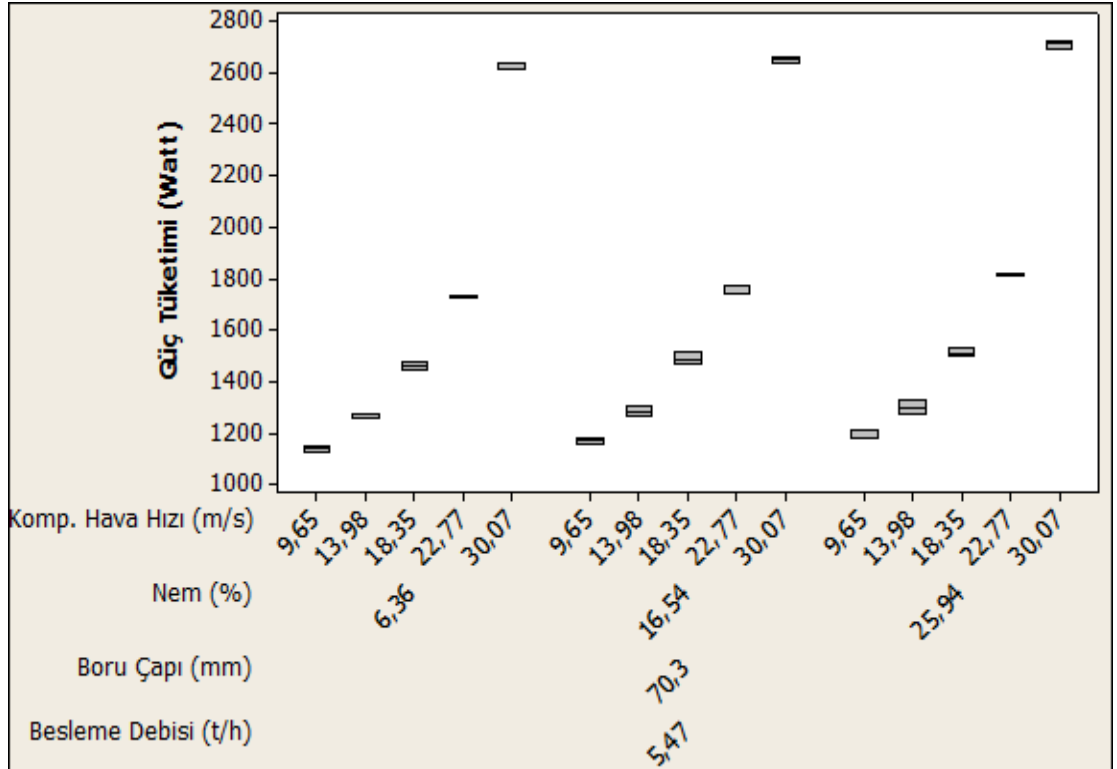


(b)

Şekil 5.64 Boru çapı 70.3 mm iken 3 farklı nem içeriği, 3.89 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

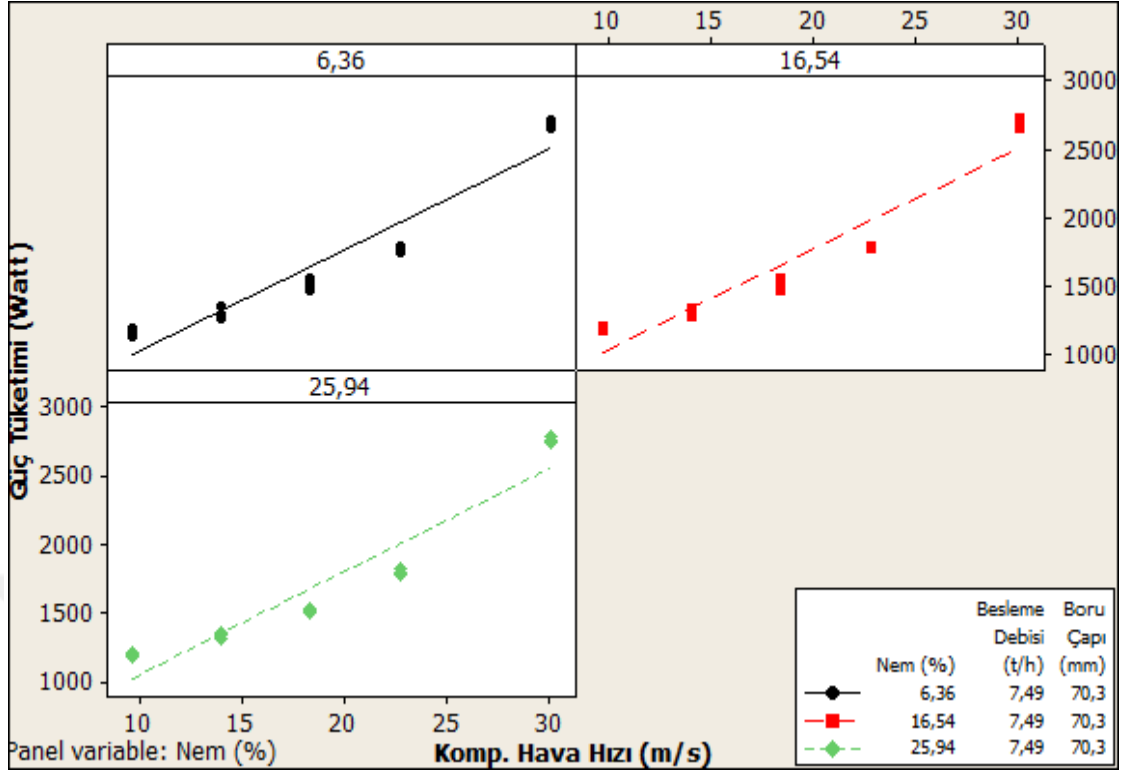


(a)

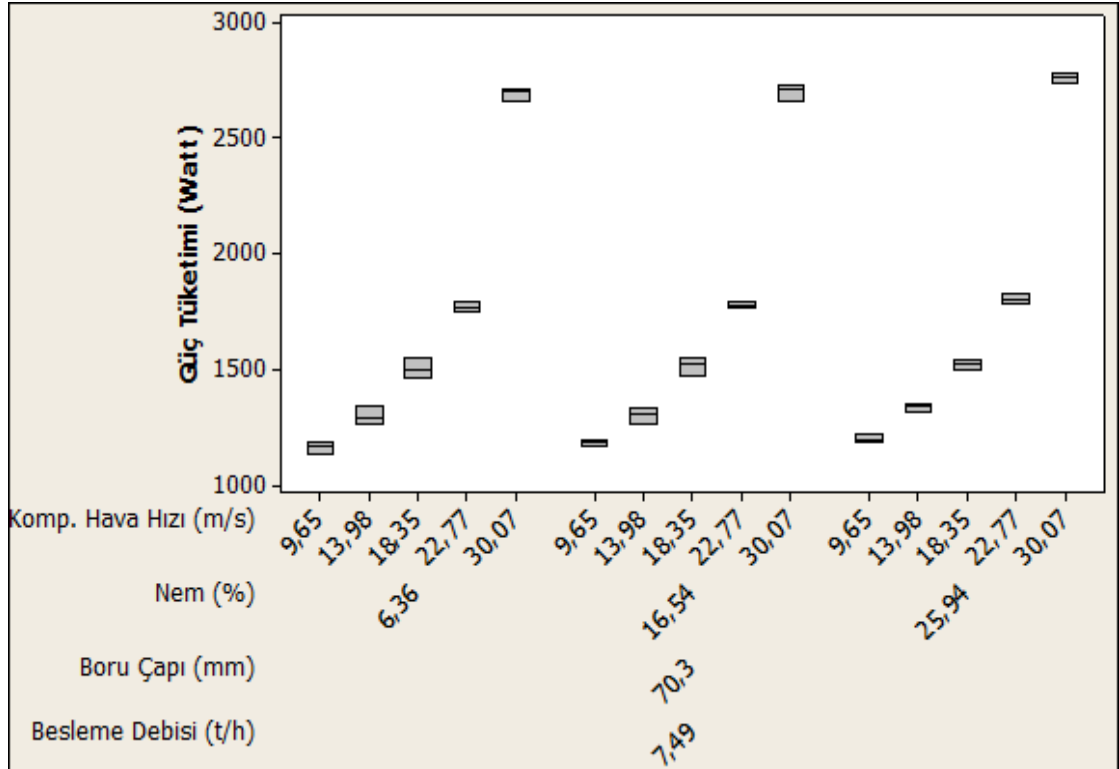


(b)

Şekil 5.65 Boru çapı 70.3 mm iken 3 farklı ürün nem içeriği, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.66 Boru çapı 70.3 mm iken 3 farklı ürün nem içeriği, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

5.4.2.2 Materyal iletiminde boru çapı-güç tüketimi ve hava hızı arasındaki ilişkiler

Denemeler kapsamında araştırılan kısıtlardan 3 farklı boru çapındaki iletimlerin güç tüketimlerine etkileri yönünden neticelerine bakıldığında; söz konusu etkilerin Şekil 5.69, 5.70 ve 5.71 ile resmedilen şekilde gerçekleştiği gözlenmiştir. Buna göre, boru çaplarındaki artışla %6.36 nem içeriğindeki ürünün iletimlerinde güç tüketimlerinde azalışlar olmaktadır. Güç tüketimindeki azalışlar; 54.5 mm çaplı boru ile 70.3 mm çaplı borularda nispeten hafif ölçeklerle gerçekleşmiştir. Bu kısıtlar bakımlarından ilişkilerin belirlenen eğilim regresyon denklemleri altta ifade edilmiştir.

$$N = 40.66V_h + 601.3; R^2 = 97.7 \text{ [43.1 mm çap; 3.89 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = 49.68V_h + 98.8; R^2 = 89.6 \text{ [54.5 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 72.69V_h + 280.1; R^2 = 87.2 \text{ [70.3 mm çapı; 3.89 t/h besleme debisi;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 43.68V_h + 576.4; R^2 = 97.0 \text{ [43.1 mm çap; 5.47 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

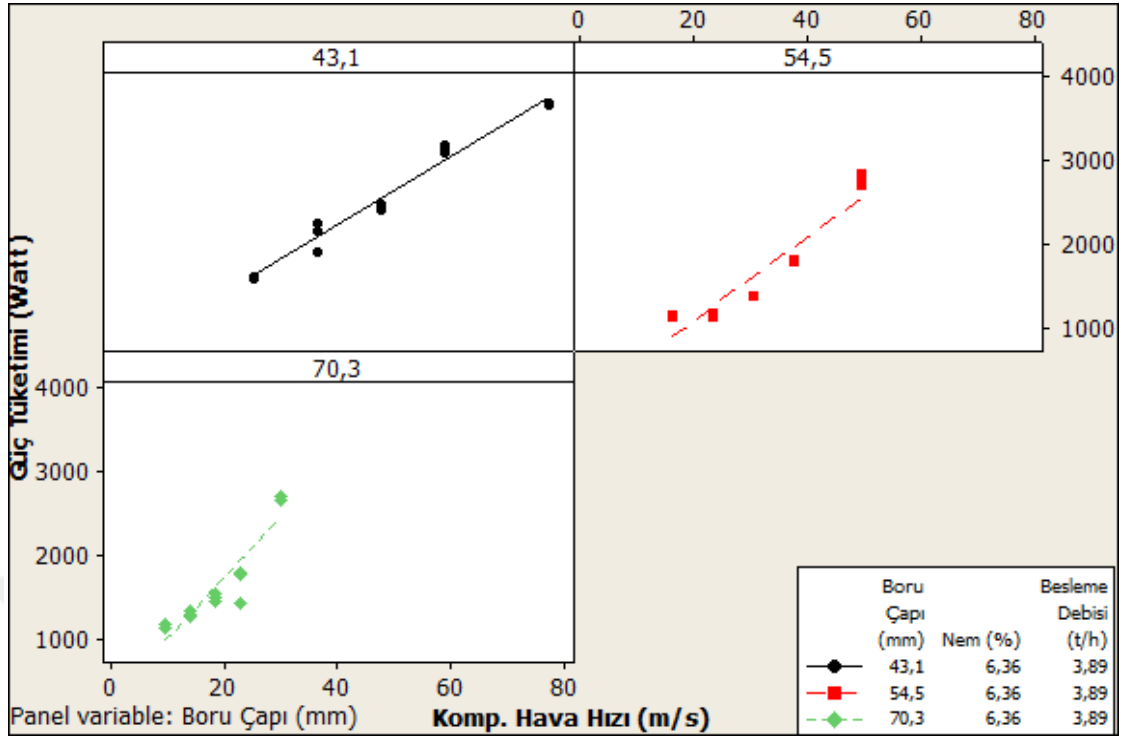
$$N = 50.10V_h + 183.3; R^2 = 94.0 \text{ [54.5 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 72.62V_h + 283.2; R^2 = 91.8 \text{ [70.3 mm çapı; 5.47 t/h besleme debisi;\% 6.36 nem]}$$

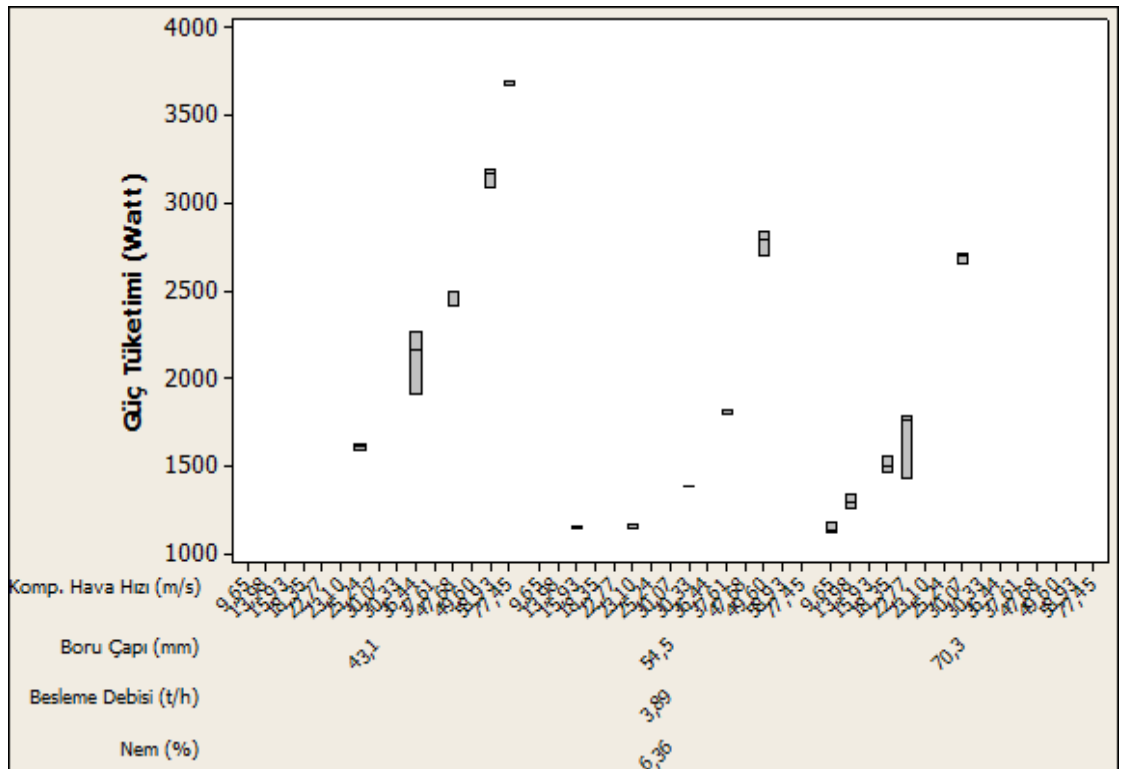
$$N = 46.74V_h + 652.1; R^2 = 97.3 \text{ [43.1 mm çap; 7.49 t/h besleme debisi; \%6.36 nem]}$$

$$N = 54.96V_h + 99.5; R^2 = 92.3 \text{ [54.5 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 73.70V_h + 285.7; R^2 = 91.7 \text{ [70.3 mm çapı; 7.49 t/h besleme debisi;\% 6.36 nem]}$$

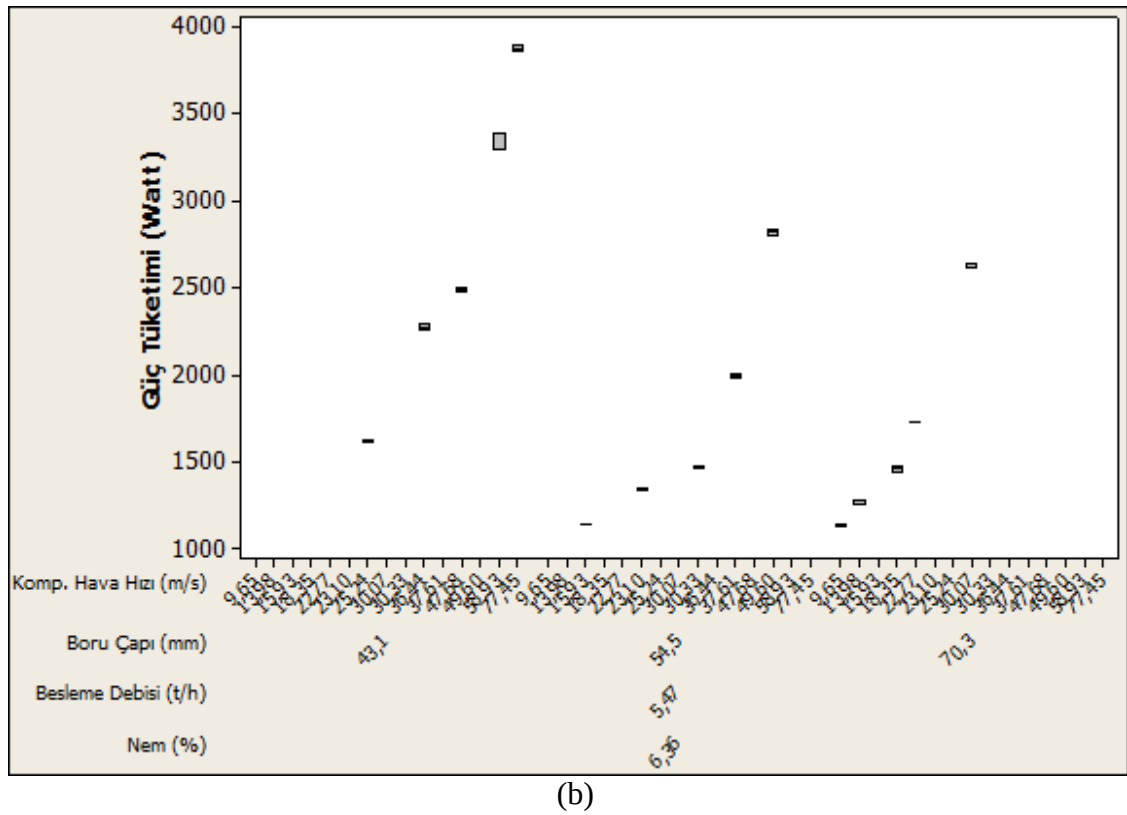
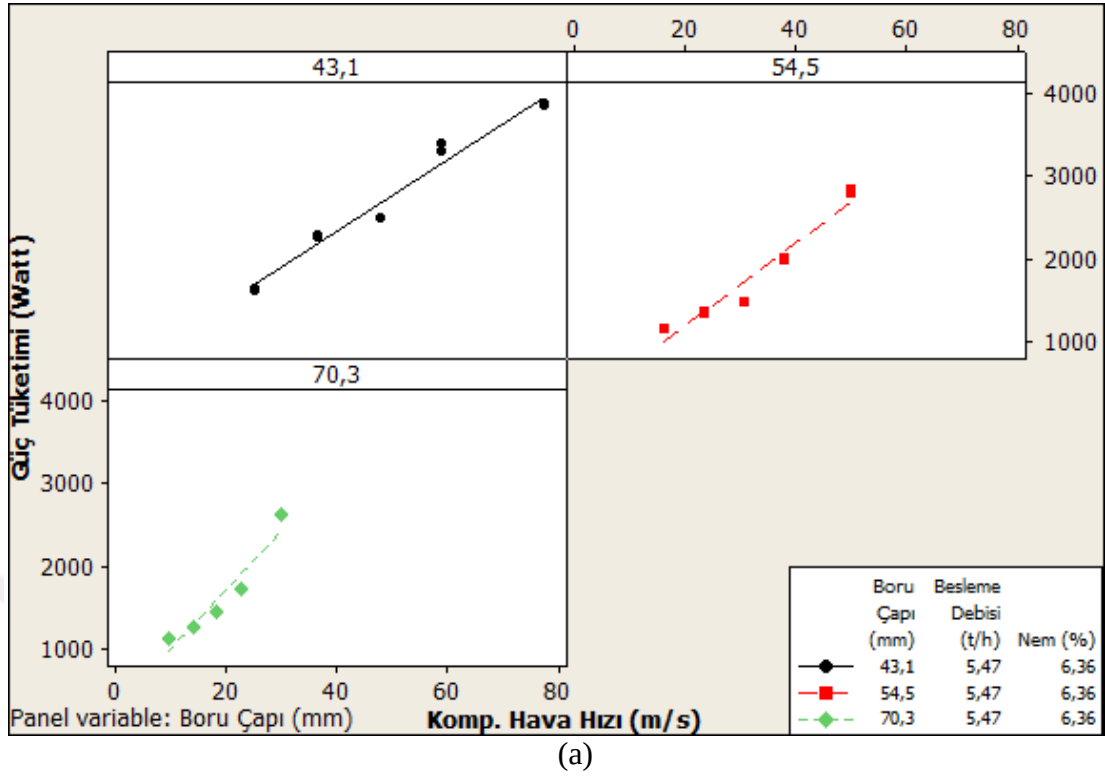


(a)

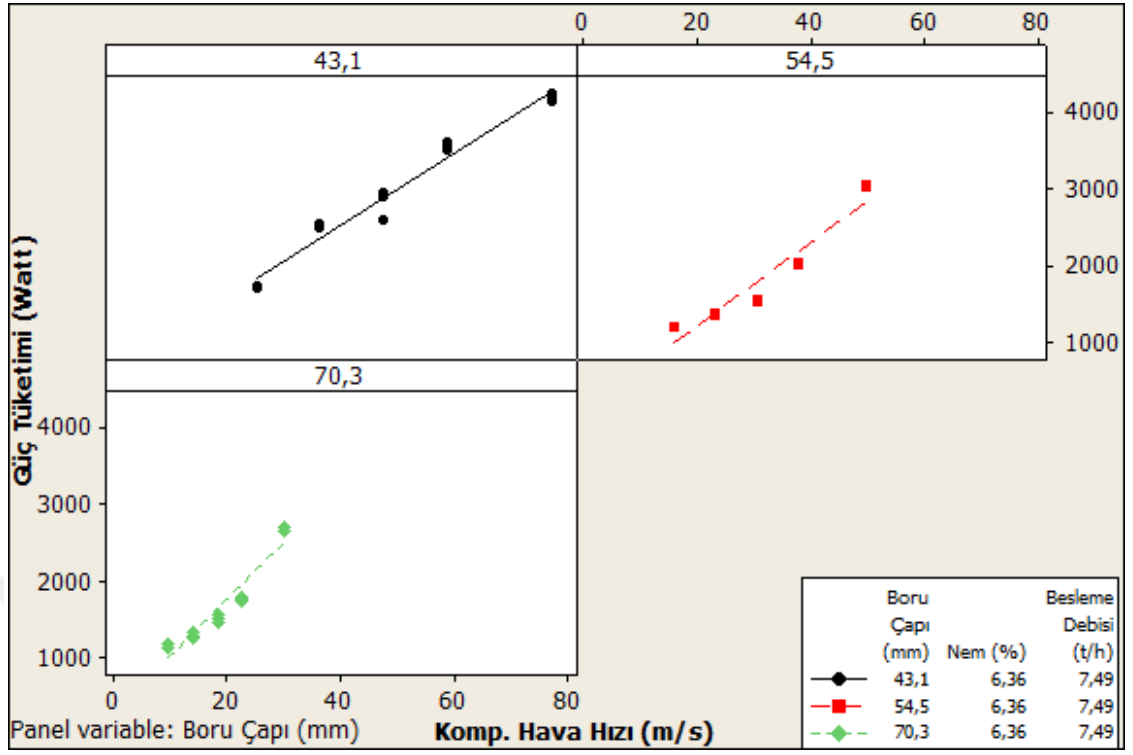


(b)

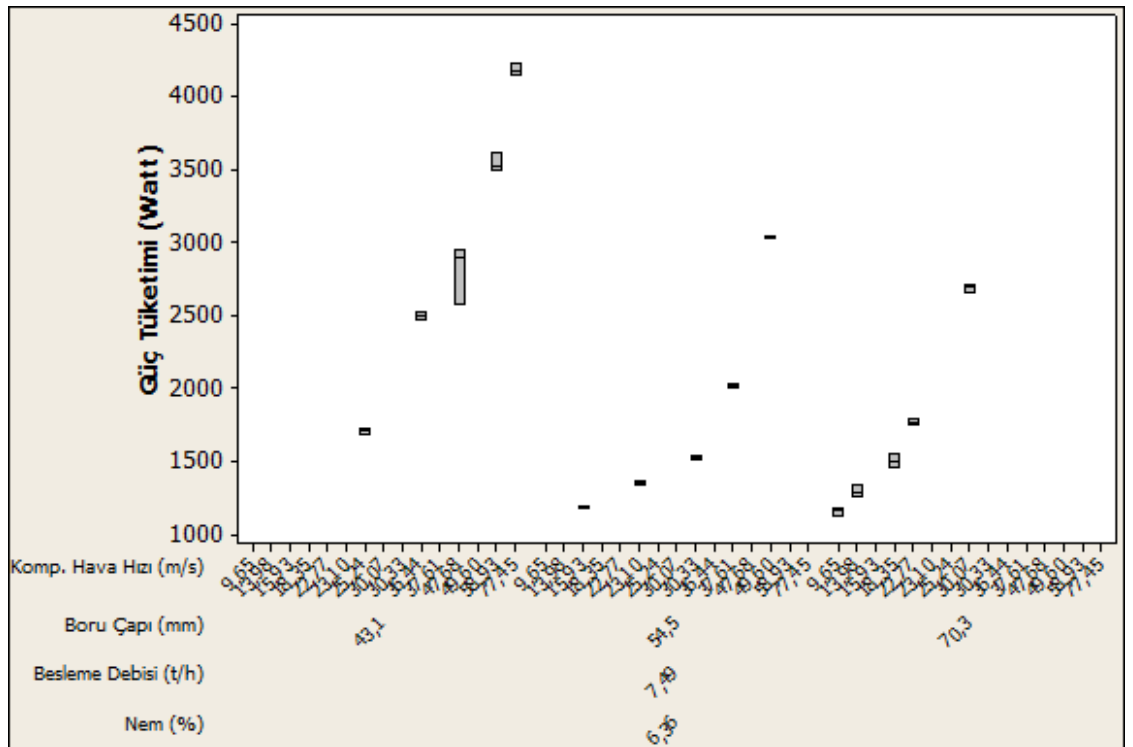
Şekil 5.67 Farklı 3-boru çapında %6.36 nemde, 3.89 t/h iletim kapasitesinde ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



Şekil 5.68 Farklı 3-boru çapı, %6.36 nem, 5.47 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

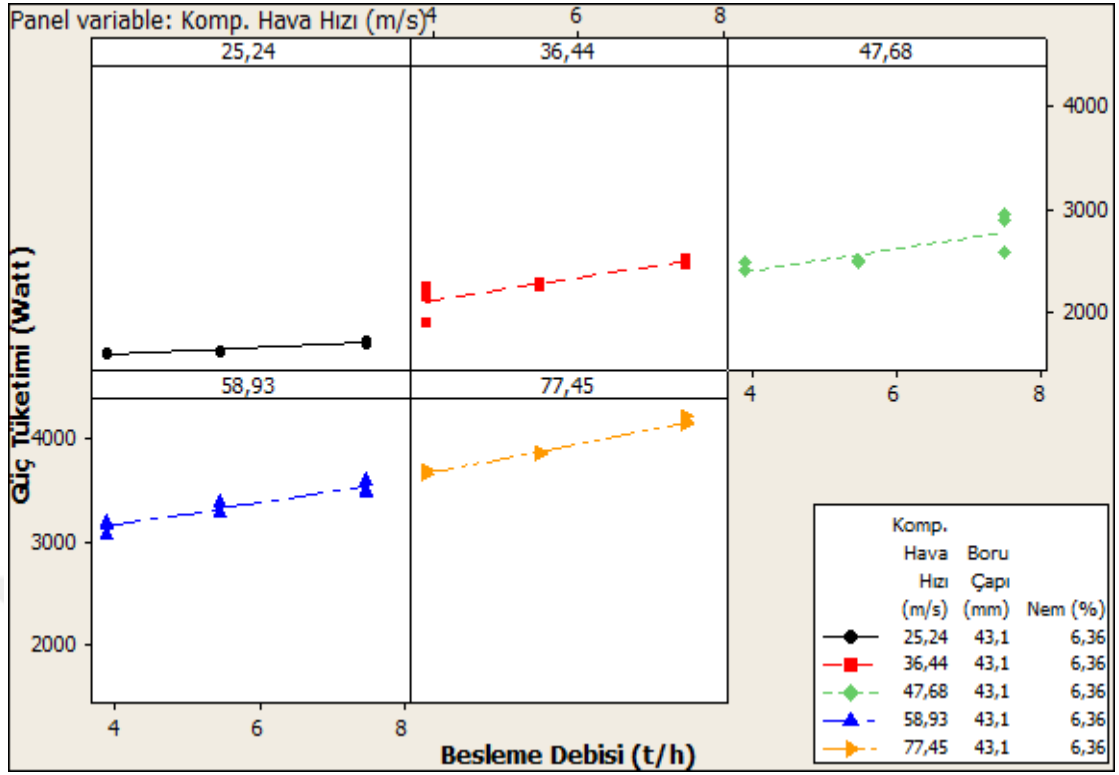
Şekil 5.69 Farklı 3-boru çapı, %6.36 nem, 7.49 t/h iletim kapasitesi ve 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Kılıçkan ve Güner (2010); nohutun pnömatik iletimiyle ilgili yürüttükleri çalışmada 6 farklı kompresör devri (1150 – 1300 – 1450 – 1600 – 1750 ve 2000 d/d), 2 farklı boru çapı (54.5 ve 70.3 mm) ve 5 t/h iletim kapasitesinde sistem güç gereksinimlerinin boru çapının artmasıyla gerilediğini ortaya koymuşlardır. Bu nedenle de düşük güç tüketimi için geniş çaplı boruların seçilebileceğini bildirmişlerdir. Kılıçkan ve Güner (2010)' in bahse konu bu çalışmalarıyla ortaya koydukları yukarıdaki sonuçlar bu çalışmada elde edilen bulgularla örtüşmektedir. Diğer taraftan, nohudun pnömatik iletiminde en yüksek basınç düşümü ve güç ihtiyacının 54.5 mm çaplı boruyla iletimi sırasında ortaya çıktığı, en düşük basınç düşümünün ise 70.3 mm boru çapıyla iletimlerde geliştiği ifade edilmiştir. Çalışmanın bir başka bulgusu olarak da boru çapının genişlemesiyle nohudun pnömatik iletim kapasitesinde gerileme ortaya çıktığı bildirilmiştir.

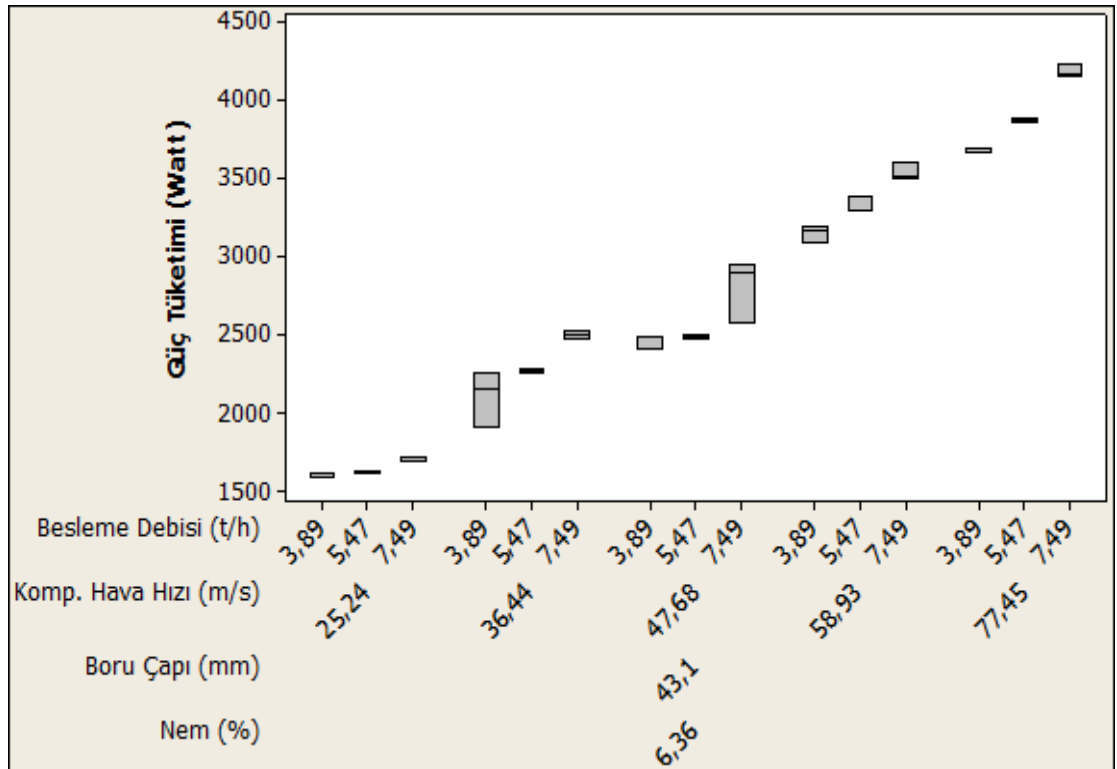
5.4.2.3 Materyal iletiminde besleme debisi-güç tüketimi ilişkileri

Buna karşın, boru çapları değişmezken iletilen % 6.36 nemli ürünün besleme debilerinin (B_d) 3.89 th^{-1} ten 7.49 th^{-1} 'e 3 kademeli değişimi ile 5 farklı kompresör devrinde iletimlerinde güç tüketimlerinin Şekil 5.72, 5.73 ve 5.74' de özetlendiği yönde davranışlar gösterdiği saptanmıştır. Bunlara göre sabit nem, aynı boru çapı ve hava hızında materyal iletildiğinde 3 farklı besleme debisi arasındaki güç tüketimlerinde artış yönlü değişimler kaydedildiği görülmektedir.

PAMI (1979) tarafından Neuero 675 pnömatik tahıl ileticisinin değerlendirme testleri sonuçlarına göre maksimum iletim kapasitelerinde (besleme debisi) (sırasıyla 36.9, 32.1, 34.7 ve 27.4 th^{-1}) iletimlerin uygulandığı buğday, arpa, yulaf ve kanolada ortalama güç gereksinimlerinin sırasıyla 35, 30, 26 ve 25 kW şeklinde olduğu verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.70 Farklı 3-iletim kapasitesi, %6.36 nem ve 43.1 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Şekil 5.72 ile verilen 43.1 mm çaplı borudaki iletimin deneme bulgularının grafik analizlerinden belirlenen eğilim regresyon eşitlikleri aşağıda ifade edilmiştir.

$$N = 28.36B_d + 1488; R^2 = 82.2 \text{ [43.1 mm çap; 25.24 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$N = 108.50B_d + 1685; R^2=77.5 \text{ [43.1 mm çapı; 36.44 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 106.30B_d+1981.1; R^2=66.6[43.1 \text{ mm çapı; 47.68 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem}]$$

$$N = 108.56B_d+2741.3; R^2=91.9 \text{ [43.1 mm çap; 58.93 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$N = 137.70B_d + 3143; R^2=98.4 \text{ [43.1 mm çapı; 77.45 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

Şekil 5.73 ile gösterilen 54.5 mm çaplı borudaki iletim deneme bulgularının grafik analizlerinden belirlenen eğilim regresyon eşitlikleri de aşağıda kaydedilmiştir.

$$N = 11.67B_d + 1090; R^2 = 69.6 \text{ [54.5 mm çap; 15.93 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$N = 52.19B_d + 991.3; R^2=71.9 \text{ [54.5 mm çapı; 23.10 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 37.46B_d + 1248.1; R^2=94.0 \text{ [54.5 mm çapı; 30.33 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 53.46B_d + 1639; R^2 = 77.1 \text{ [54.5 mm çap; 37.61 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$N = 72.92B_d + 2466; R^2 = 82.9 \text{ [54.5 mm çapı; 49.60 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

Şekil 5.74 ile gösterilen 70.3 mm çaptaki boruyla yürütülen deneme bulgularının grafik analizlerinden belirlenen eğilim regresyon eşitlikleri ise aşağıda yazılı şekilde gösterilmiştir.

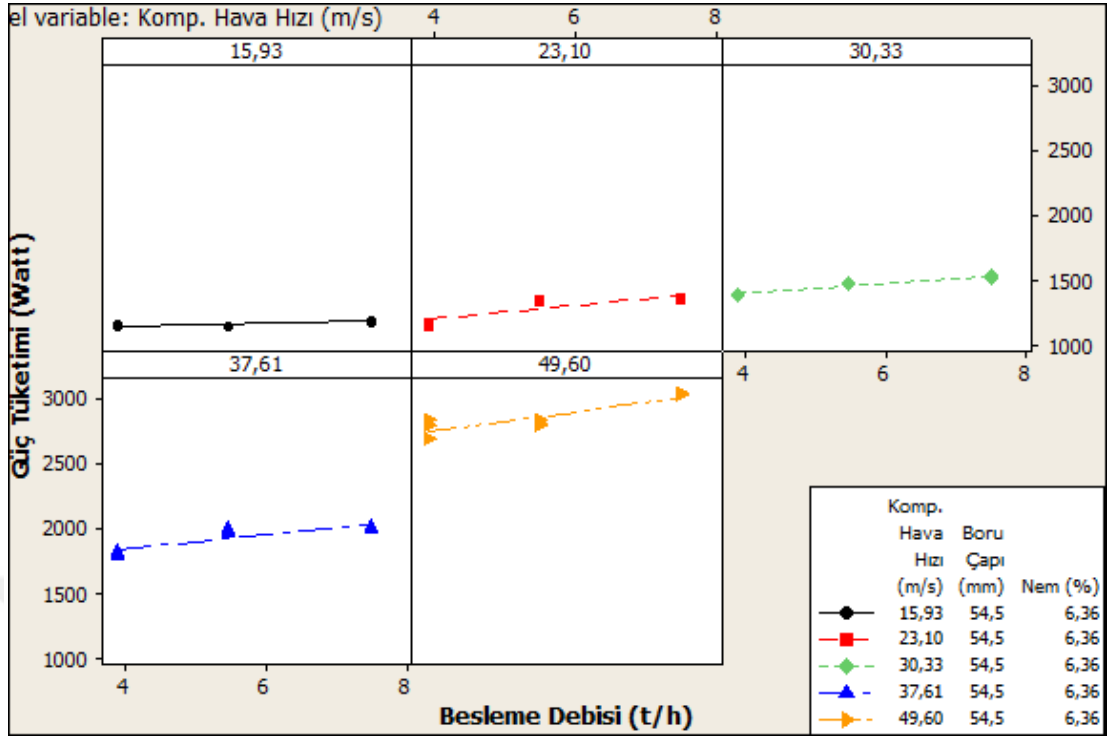
$$N = 4.945B_d + 1119; R^2 = 10.5 \text{ [70.3 mm çap; 9.65 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$N = 0.751B_d + 1281; R^2 = 0.10 \text{ [70.3 mm çapı; 13.98 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

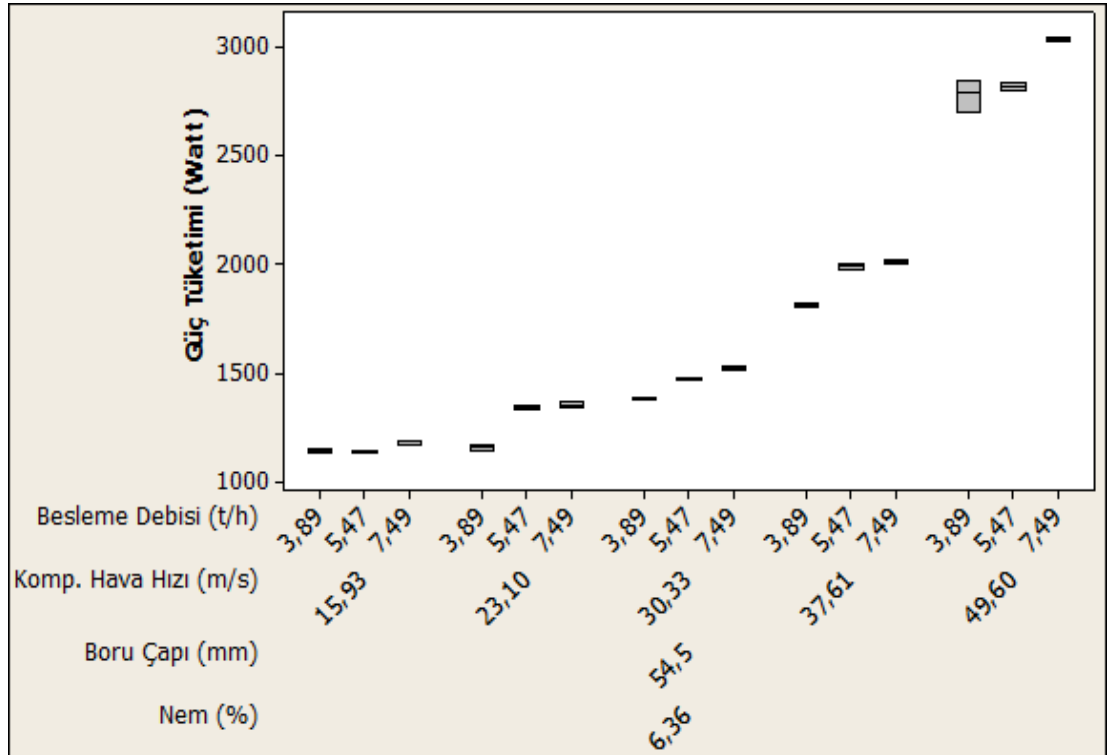
$$N = 0.976B_d + 1483; R^2 = 94.0 \text{ [70.3 mm çapı; 18.35 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

$$N = 29.18B_d + 1554; R^2 = 16.91 \text{ [70.3 mm çap; 22.77 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$N = 1.577B_d + 2658; R^2 = 0.40 \text{ [70.3 mm çapı; 30.07 m/s komp. hava hızı;\% 6.36 nem]}$$

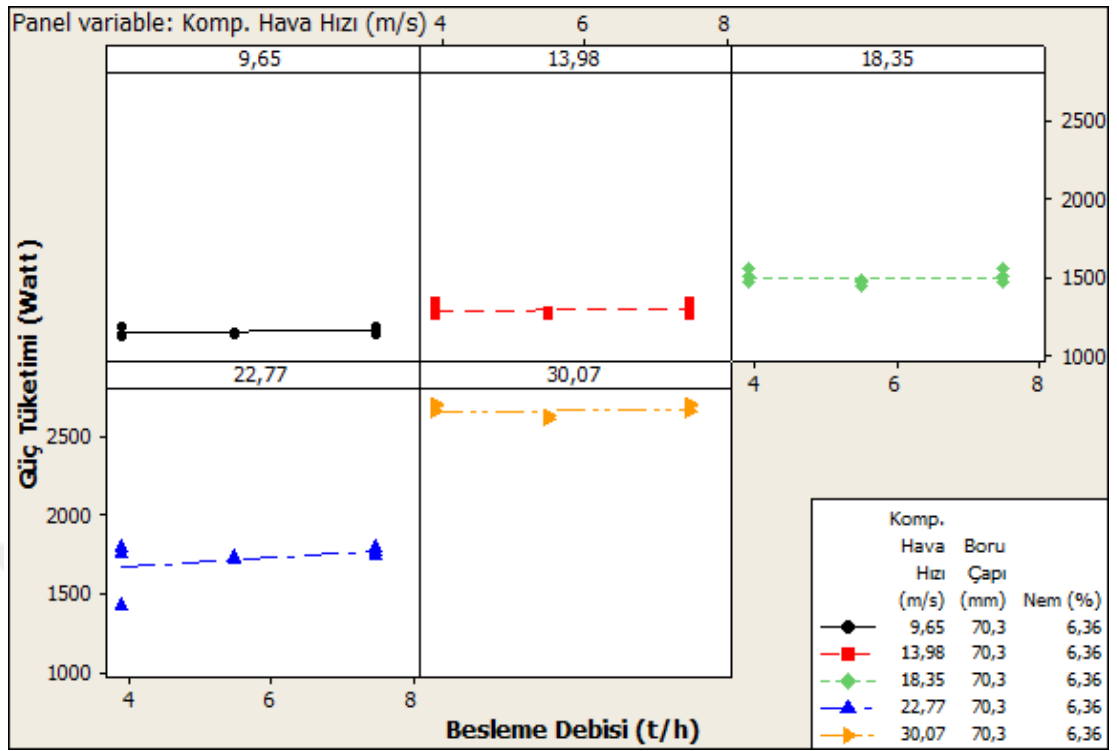


(a)

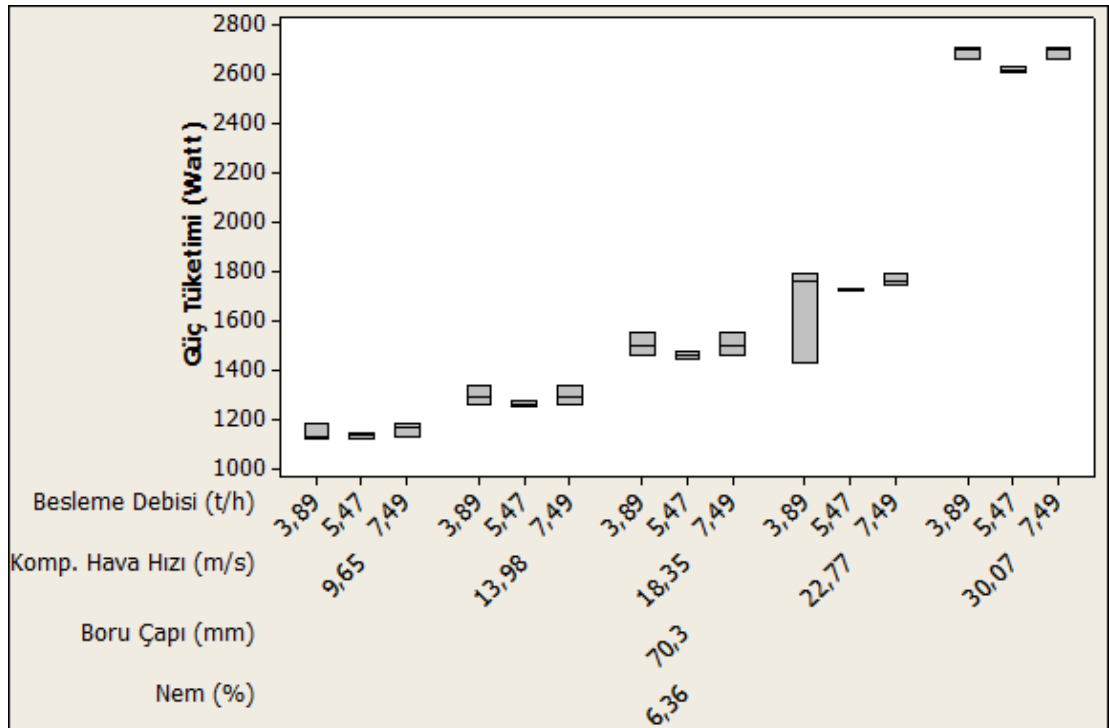


(b)

Şekil 5.71 Farklı 3-iletim kapasitesi, %6.36 nemle ve 54.5 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.72 Farklı 3-iletim debisi, % 6.36 nemle ve 70.3 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Bununla birlikte, materyalin 43.1 ve 54.5 mm çaplı borulardaki iletimlerinin denemelerinde veri algılamaları ve ölçümlerinin yapılamadığı % 16.54 ile 25.94 nem içeriklerinde 70.3 mm çapta iken verilerin algı ve ölçümleri gerçekleştirilebilmiştir. Bu durumdaki ölçümlerden erişilen veriler üzerinden iletim debilerine (B_d) bağlı kaydedilen güç tüketim değerlerindeki değişimler ise Şekil.5.75 ve 5.76 ile verilmekte olan biçimde oluşmuştur. Şekillerden de okunabileceği üzere diğer tüm değişkenler sabit iken iletim kapasiteleri artarken materyal iletiminde tüketilen güçlerde hafif yönlü artışlar ortaya çıkmaktadır. Bu değişimleri gösteren regresyon denklemleri de burada altta verildiği gibi bulunmuştur.

$$N = 15.295B_d + 1071; R^2 = 76.2 \text{ [70.3 mm çap; 9.65 m/s komp. hava hızı; \%16.54 nem]}$$

$$N = 10.99B_d + 1219; R^2=27.90 \text{ [70.3 mm çapı; 13.98 m/s komp. hava hızı;\%16.54 nem]}$$

$$N = 14.66B_d + 1406; R^2=30.9 \text{ [70.3 mm çapı; 18.35 m/s komp. hava hızı;\%16.54 nem]}$$

$$N = 21.02B_d + 1625; R^2=76.50 \text{ [70.3 mm çap; 22.77 m/s komp. hava hızı; \%16.54 nem]}$$

$$N = 27.55B_d + 2495; R^2=79.50 \text{ [70.3 mm çapı; 30.07 m/s komp. hava hızı;\%16.54 nem]}$$

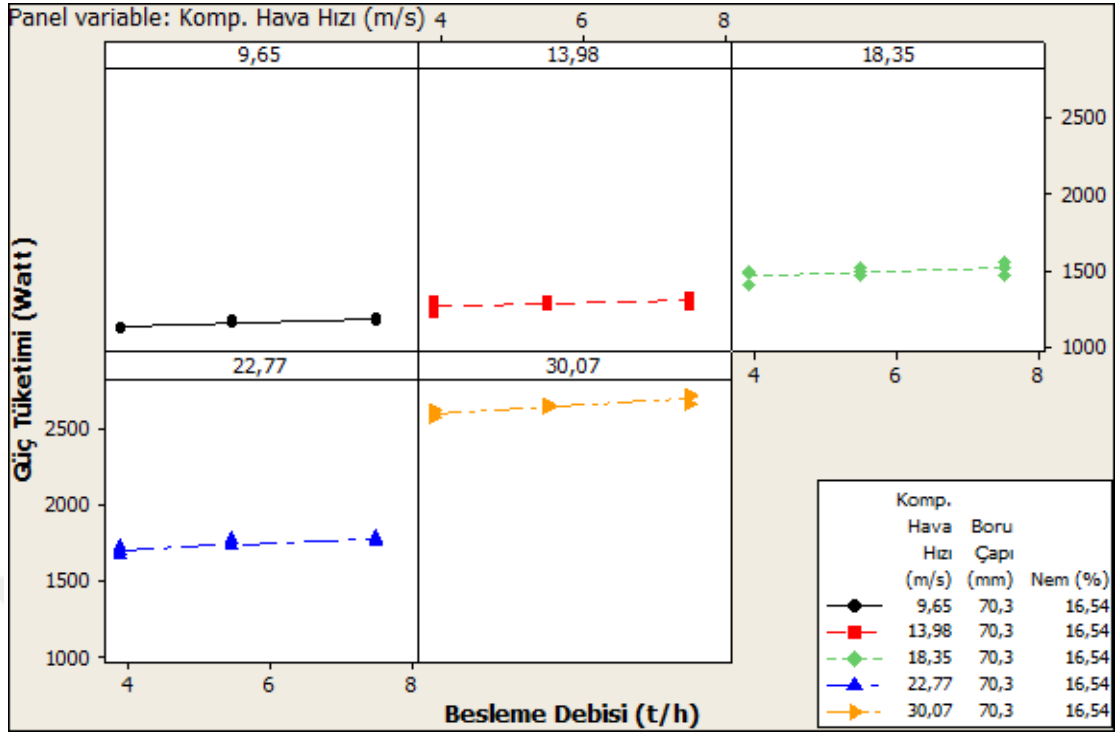
$$N = 14.56B_d + 1096; R^2 = 60.4 \text{ [70.3 mm çap; 9.65 m/s komp. hava hızı; \%25.94 nem]}$$

$$N = 15.37B_d + 1219; R^2=39.00 \text{ [70.3 mm çapı;13.98 m/s komp. hava hızı;\%25.94 nem]}$$

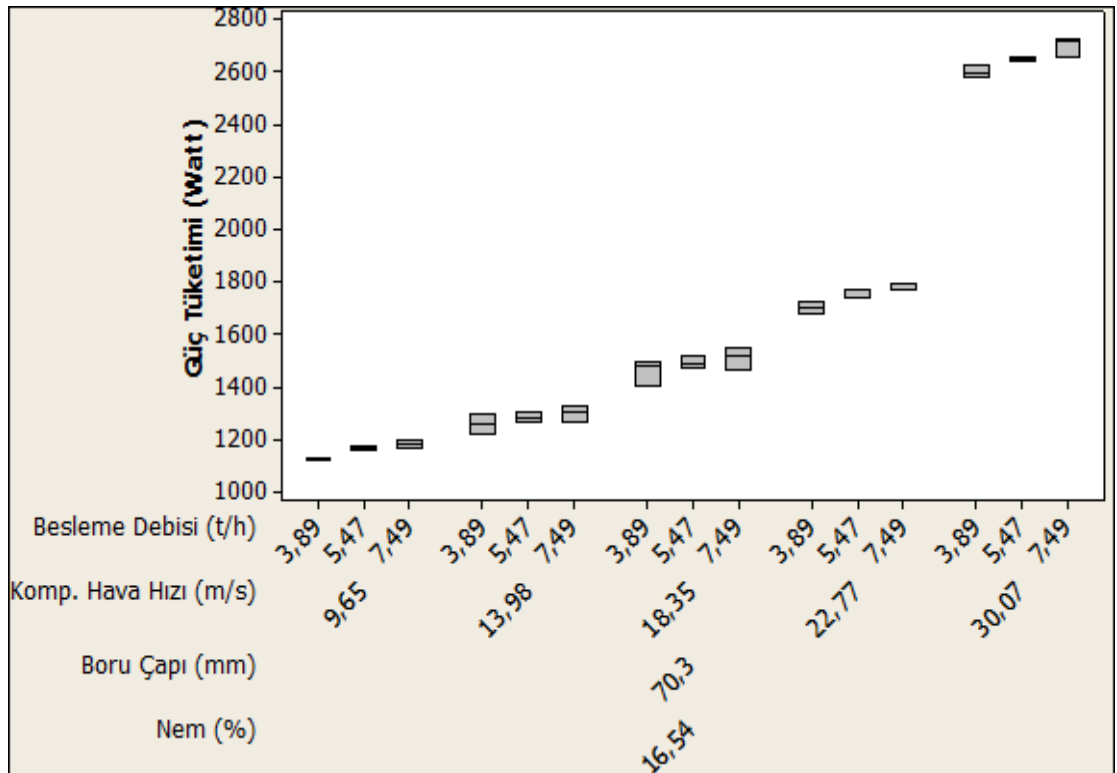
$$N = 10.92B_d + 1442; R^2=48.5 \text{ [70.3 mm çapı; 18.35 m/s komp. hava hızı;\% 25.94 nem]}$$

$$N = 19.17B_d + 1675; R^2=48.10 \text{ [70.3 mm çap; 22.77 m/s komp. hava hızı; \%25.94 nem]}$$

$$N = 40.83B_d + 2465; R^2=79.50 \text{ [70.3 mm çapı;30.07 m/s komp. hava hızı;\%25.94 nem]}$$

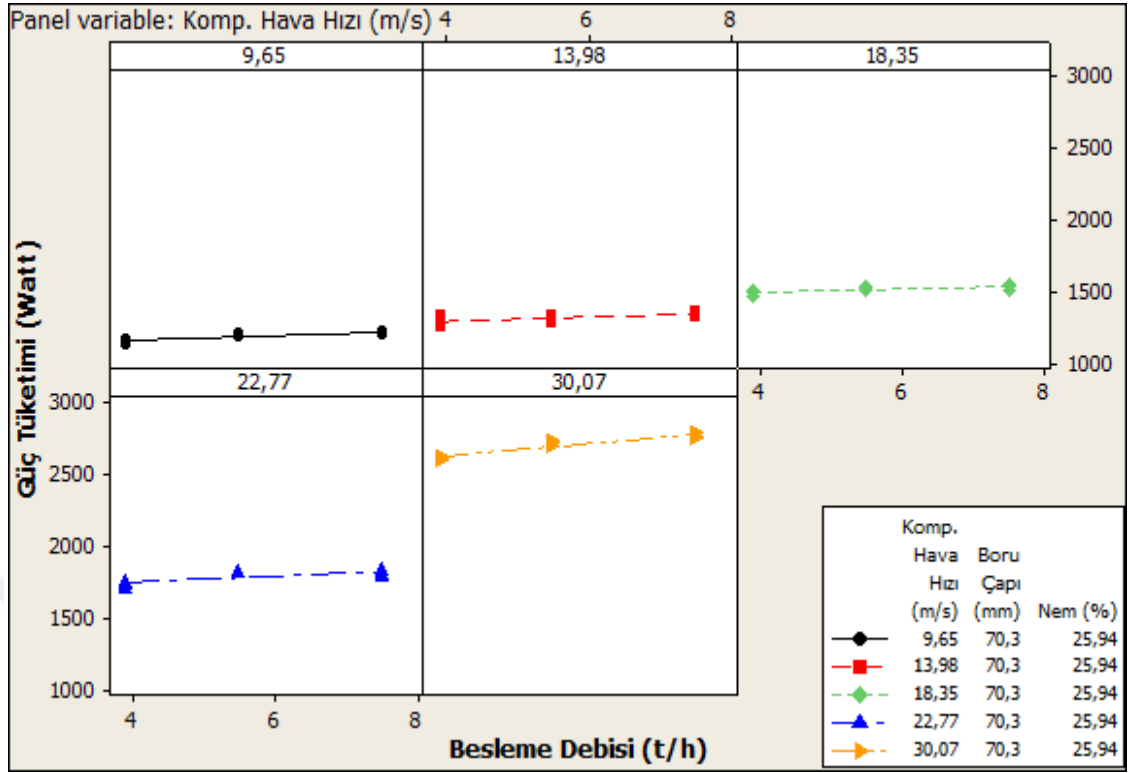


(a)

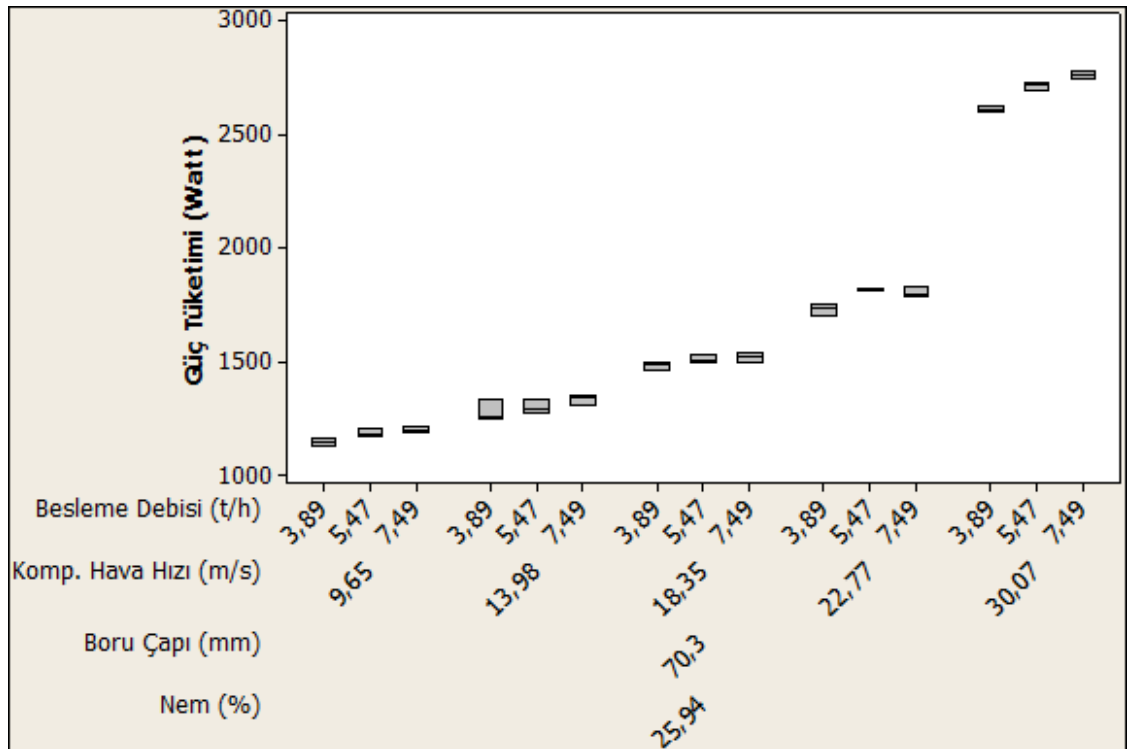


(b)

Şekil 5.73 Farklı 3-iletim kapasitesi, %16.54 nemle ve 70.3 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.74 Farklı 3-iletim kapasitesi, %25.94 nem ve 70.3 mm boru çapında 5 farklı kompresör hava hızında güç tüketimleri gelişiminin saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Ghafori vd. (2011) tarafından emme tip pnömatik iletim sisteminin kullanılarak mısır ve arpanın iletimlerinin araştırıldığı çalışmada eriştikleri bulgulara dayanılarak 15 ton h⁻¹ iletim kapasitesinde mısır ve arpanın özgül enerji tüketimlerini aşağı çekmek için pnömatik iletimlerde sırasıyla hava hızlarının 20 ve 15 ms⁻¹ nin altına çekilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Lalit ve Chung (1993)'ın yürüttükleri çalışmada belli bir hava/materyal karışım oranında farklı iletim hızları arasındaki toplam güç tüketiminde küçük bir fark oluşmuş ve materyal akış oranı artarken tüketilen özgül enerji (W.h.kg⁻¹) düşmüştür. Bununla birlikte, güç gereksiniminde; iletim hızında artış olurken çok az miktarlarda artış gözlemlenmiş olduğu, daha fazla bir materyal kütlesini iletmek için daha çok güç gerektirildiğinden Hava/materyal karışım oranının arttığı hallerde güç gereksiniminin düştüğü bulgusuna ulaşıldığı ifade edilmiştir. Dolayısıyla da daha yüksek iletim hızlarıyla iletimlerde sistemin daha etkin şekillerde işletilmiş olacağı ve bunun ise daha rahat materyal akışı ile kendini göstereceği şeklinde yorumlanmıştır.

Yürütülen bu çalışmanın bulguları; yukarıda verilen literatür bildirişleriyle de uyum göstermektedir. Yukarıdaki verilen grafiklerden hava hızı, boru çapı ve nem içeriği değişmez alındığında; besleme debisi artarken güç gereksiniminin hafif şiddetlerde artmakta olduğu anlaşılmaktadır. Tersî şekilde besleme debisi düşerken güç gereksiniminin de düşme eğilimi sergileyeceği sonucunu vermektedir.

5.5 Mekanik Zedelenme

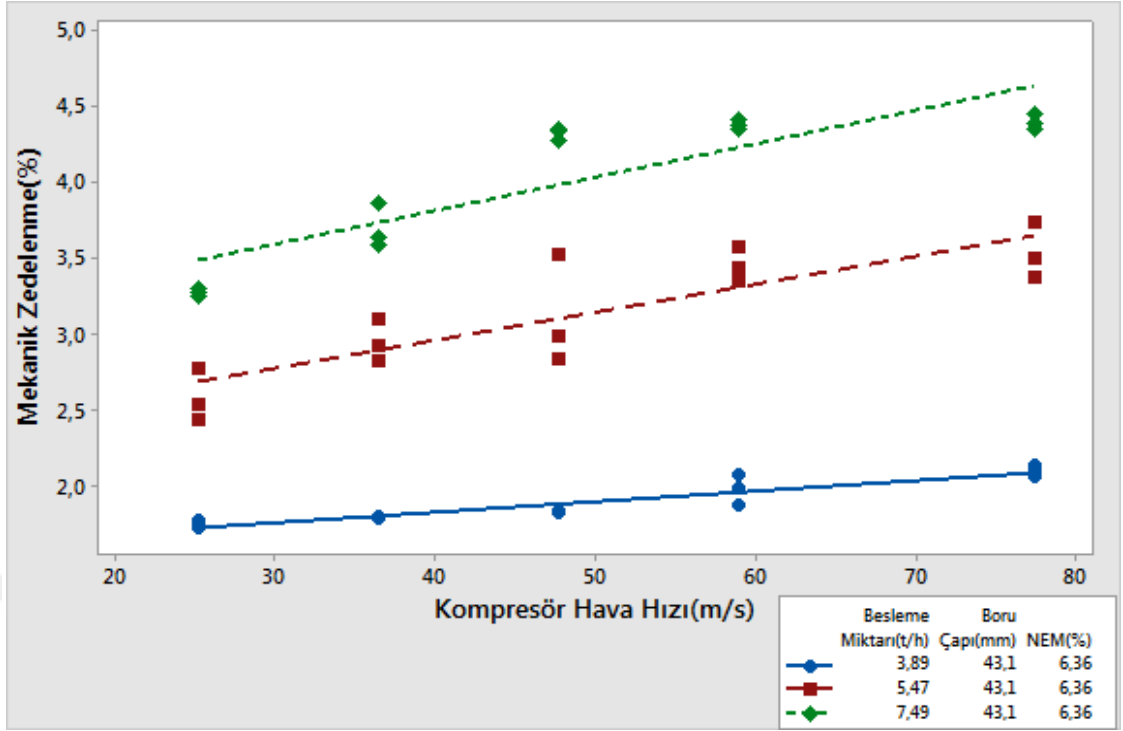
Araştırma kapsamındaki denemeler ve ölçümler neticesi 3 ayrı nem içeriğindeki materyalin 3 ayrı boru çapı, 5 farklı kompresör devirleriyle üretilen hava hızları ve 3 ayrı besleme debisiyle iletimlerinden belirlenen mekanik zedelenmeler aşağıda grafiksel analiz dökümleri ile verilmiştir (Şekil 5.73, 5.74, 5.75, 5.76 ve 5.77). Mekanik zedelenme; denemeye konu materyal yığınlarının pnömatik iletimlerinden önce ve sonrasında rastgele alınan miktarlardaki örneklerden ayırt edilerek belirlenen kırık ve/veya mekanik zedeli tanelerin miktarlarının kıyaslanmaları yoluyla belirlenmiştir.

Kıyaslamalar; iletimler öncesi ve sonrası materyal yığınlarından alınan örneklerin birim miktarlarındaki kırık ve/veya zedeli tanelerin miktarları arasındaki farklar üzerinden yürütülmüştür.

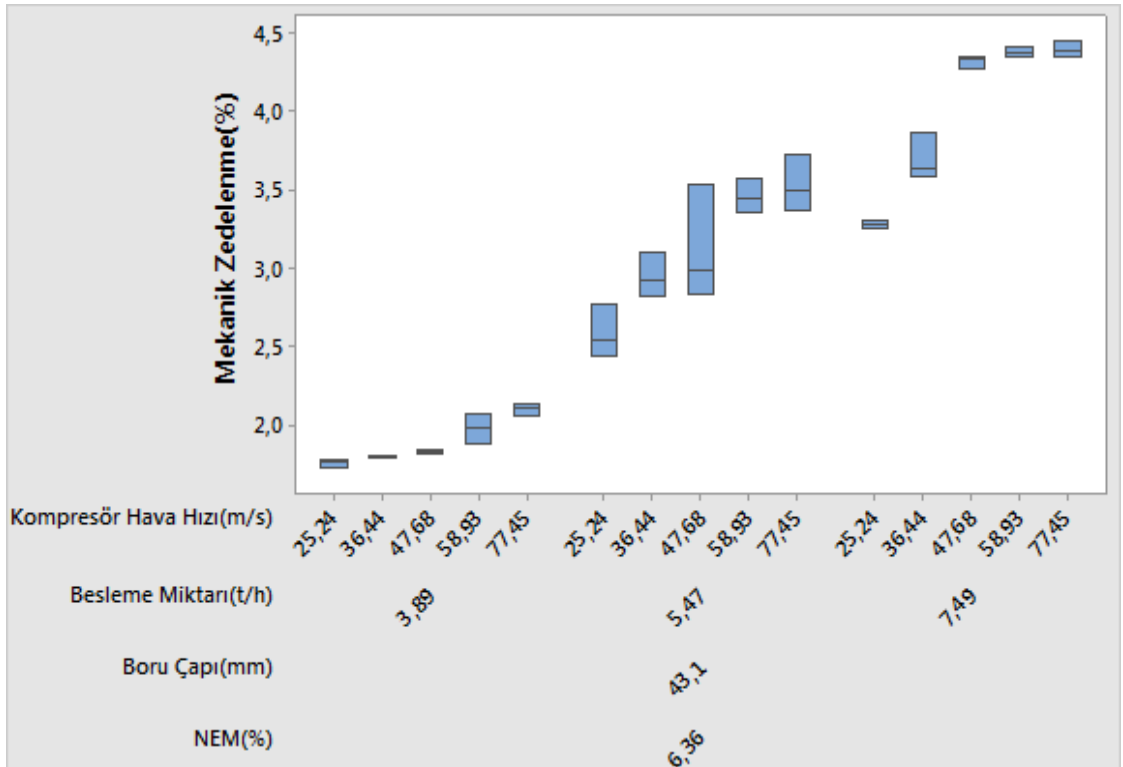
Elde edilen sonuçların grafik dökümlerinin incelenmesinden, oluşan mekanik zedelenmelerin besleme debileri kategorileri temelinde kompresör hava hızlarındaki artışlarla doğrusal yönlü artışlar verdikleri gözlenmektedir. Bu durumlar; başka tarımsal ürünlerle gerçekleştirilen pnömatik iletim araştırmalarındaki bulgularla önemli ölçüde uyuşum göstermektedir. Kanola tohumu taneleri yapısal bakımlardan yüksek oranda yağ ve yumuşak doku gösterirler. Bu özellikleri, onların zedelenmelere karşı daha hassas hale gelmelerine zemin oluşturmaktadır. Nem içeriklerindeki artışlarla bu hassasiyetleri daha da fazlalaşmaktadır. Bu bakımlardan, pnömatik iletimler esnasında tohum aksamalarının mekanik etkilere maruz kalmaları sonucu ufalanıp zedelenme oranlarının diğer hassasiyeti düşük ürünlere nazaran bir miktar daha yüksek oluşabilmektedir. Pnömatik yolla iletimleri halinde kanola tanelerindeki mekanik zedelenme oranlarının nem içeriklerindeki artışlarla birlikte artışa geçebileceği sonucu deneme bulgularının grafiksel analiz dökümlerinden de yorumlanmaktadır.

5.5.1 Kompresör hava hızlarına göre mekanik zedelenme

Araştırma çerçevesinde kurulan deneme düzeneği ile iletimler boyunca kompresör hava hızlarına bağlı gerçekleşen mekanik zedelenmelere ilişkin bulguların grafiksel ve istatistiksel çözümlemeleri ve yorumları Şekil 5.73, 5.74, 5.75, 5.76, 5.77, 5.78, 5.79 ve 5.80 ile toplu şekiller biçiminde verilmiştir. Kompresör hava hızlarındaki artışların tüm kısıtlar altındaki mekanik zedelenmeler üzerindeki işlev ve etkilerinin zedelenme oranlarını doğrusal yönlü arttırıcı şekilde olduğu görülmektedir.



(a)



(b)

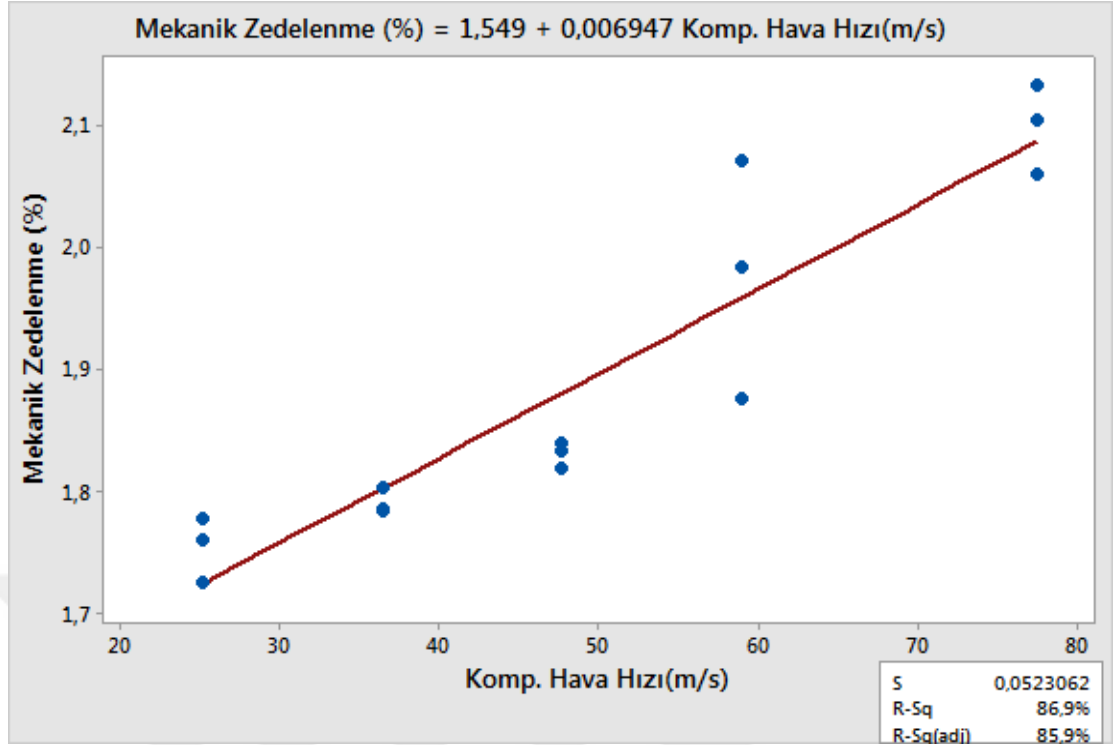
Şekil 5.75 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda 3 besleme debisinde % 6.36 nemde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

İletim boru çapının 43.1 mm, materyal nem içeriğinin %6.36 olduğu düzenleme ile 3 ayrı besleme debisi ile yapılan iletimlerde, Şekil 5.73’de verilen deneme sonuçlarının toplu grafiksel analiz dökümleri çerçevesinde mekanik zedelenme değerlerini veren regresyon denklemleri aşağıda kaydedildiği Şekilde belirlenmiştir. Bu sonuçların bireysel grafik dökümleri ise Şekil 5.74, 5.75 ve 5.76 ile verilmiştir.

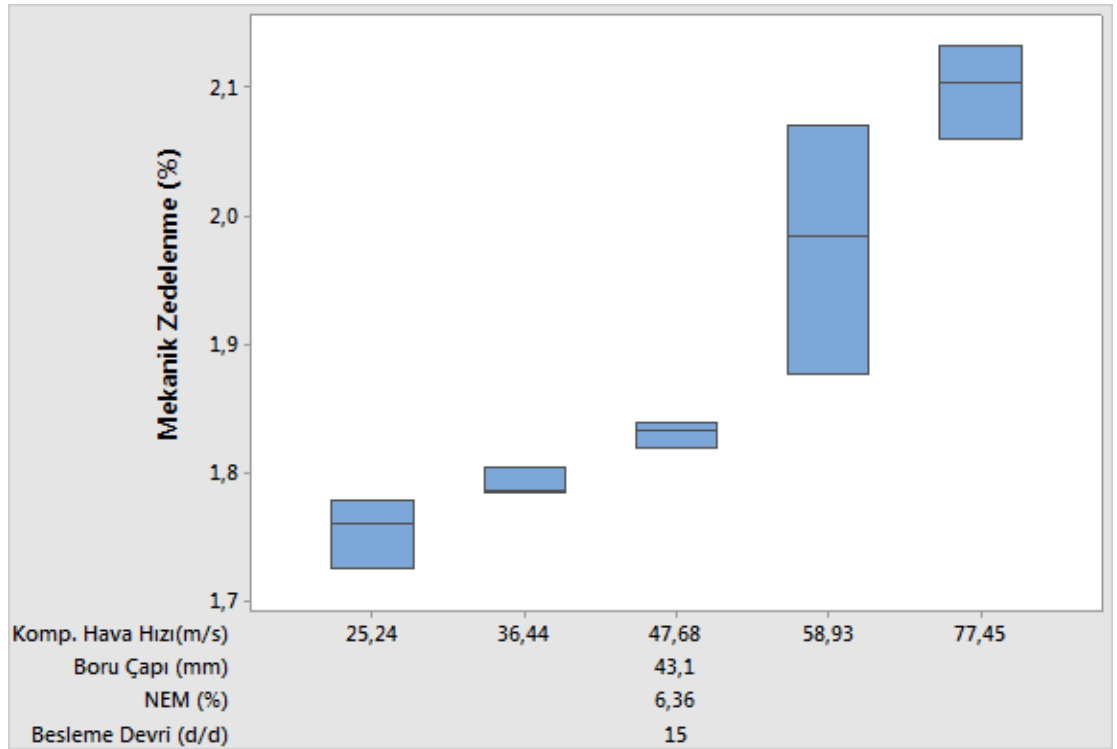
$$M_z = 0.02181V_h + 2.941; R^2 = 74.8 \text{ [25 d/d besleme devri = 7.49 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.01836V_h + 2.224; R^2 = 73.3 \text{ [20 d/d besleme devri = 5.47 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.006947V_h + 1.549; R^2 = 86.9 \text{ [15 d/d besleme devri = 3.89 t/h besleme debisi]}$$

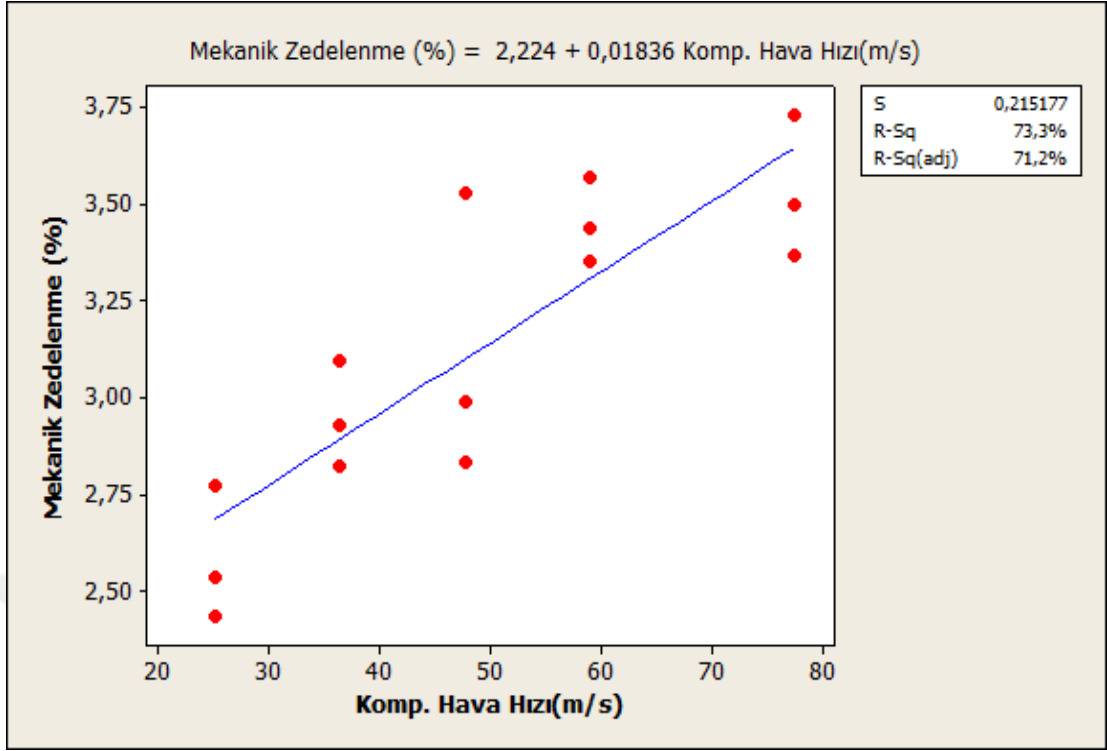


(a)

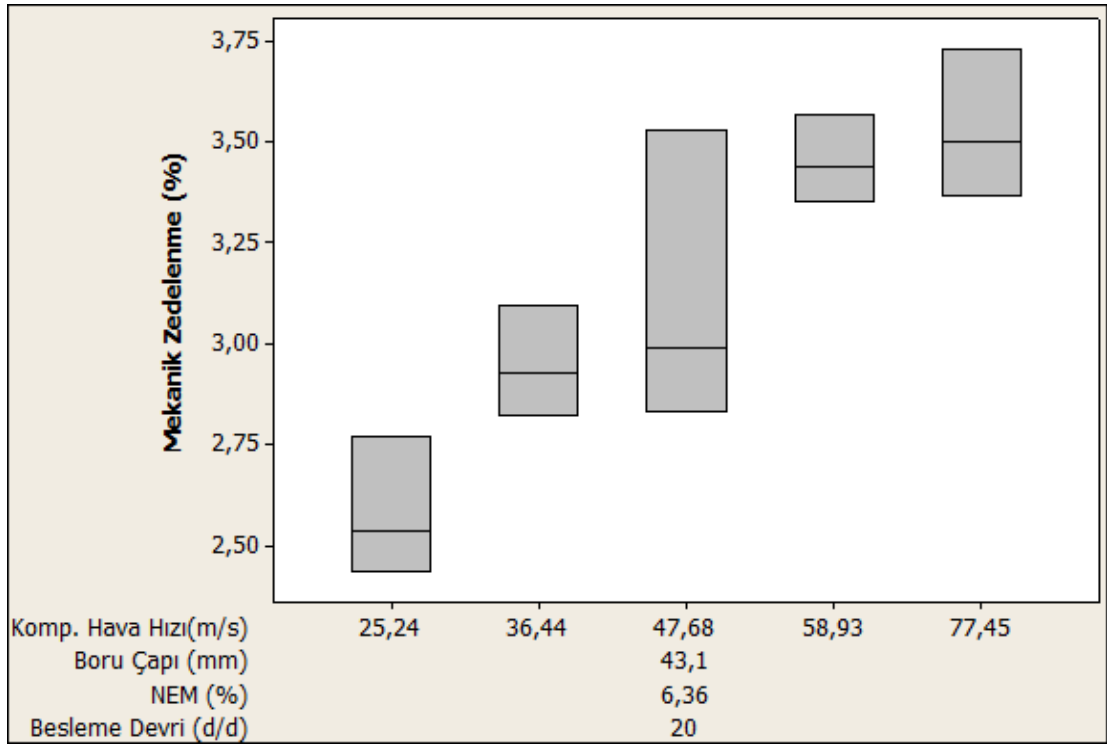


(b)

Şekil 5.76 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 15 d/d besleme devrinde mekanik zedelenmenin bireysel saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

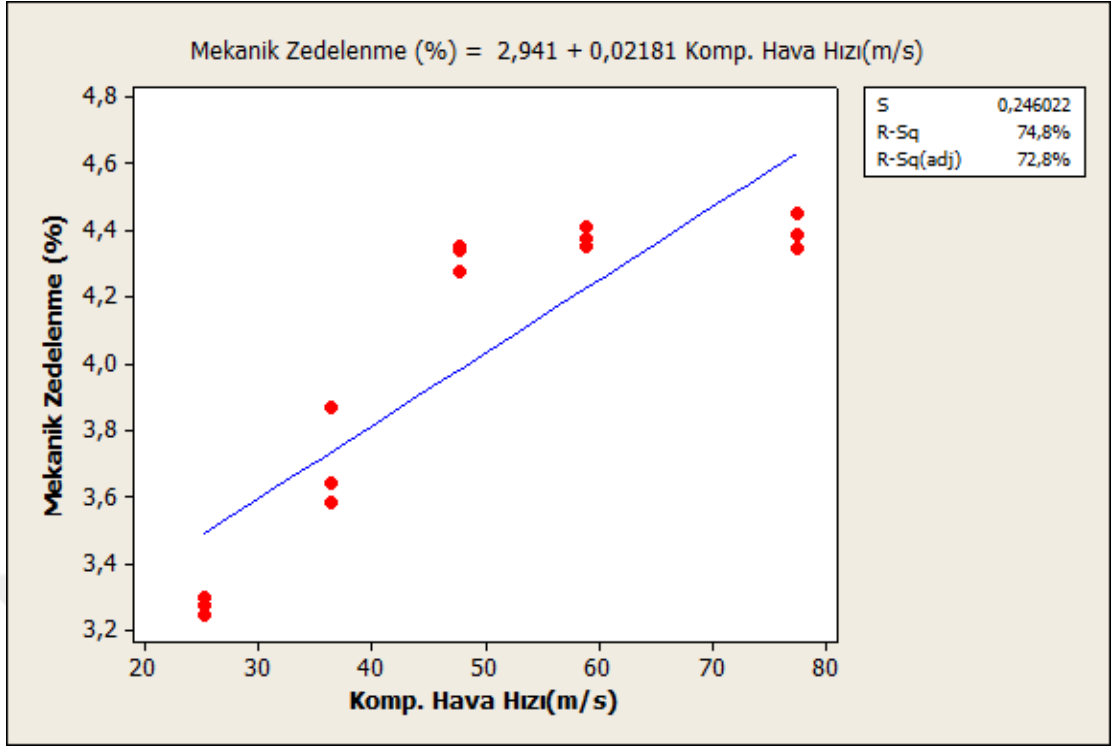


(a)

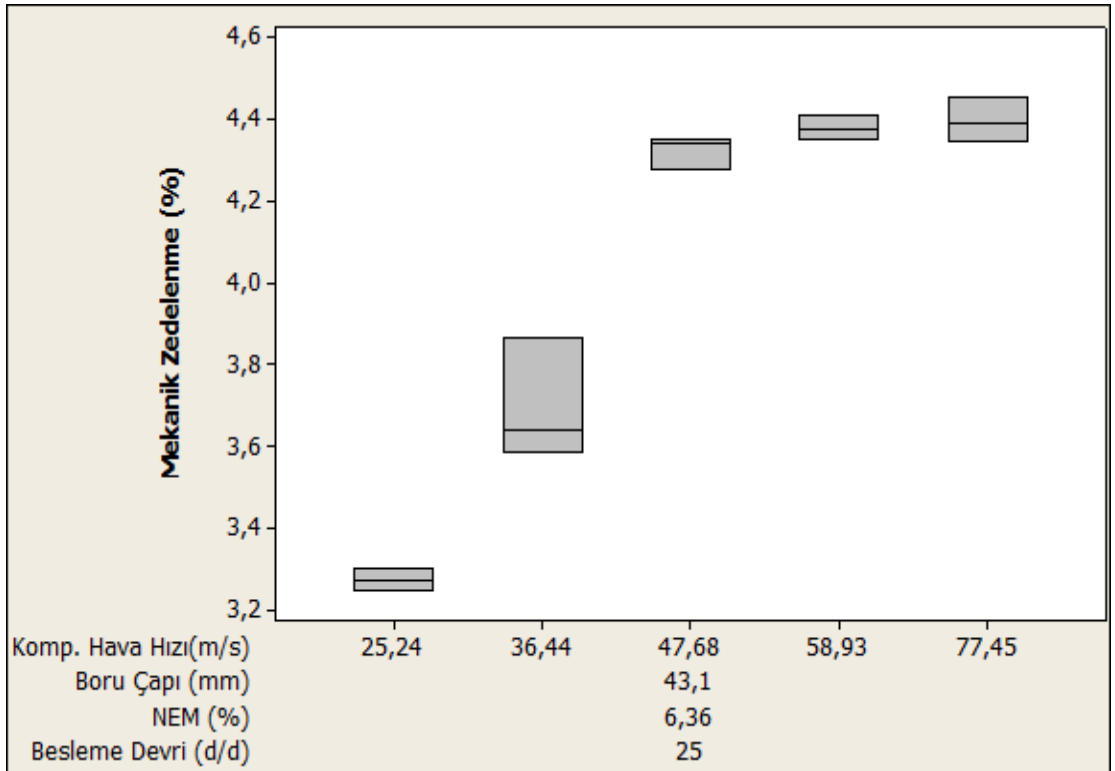


(b)

Şekil 5.77 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 20 d/d besleme devrinde mekanik zedelenmenin bireysel saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

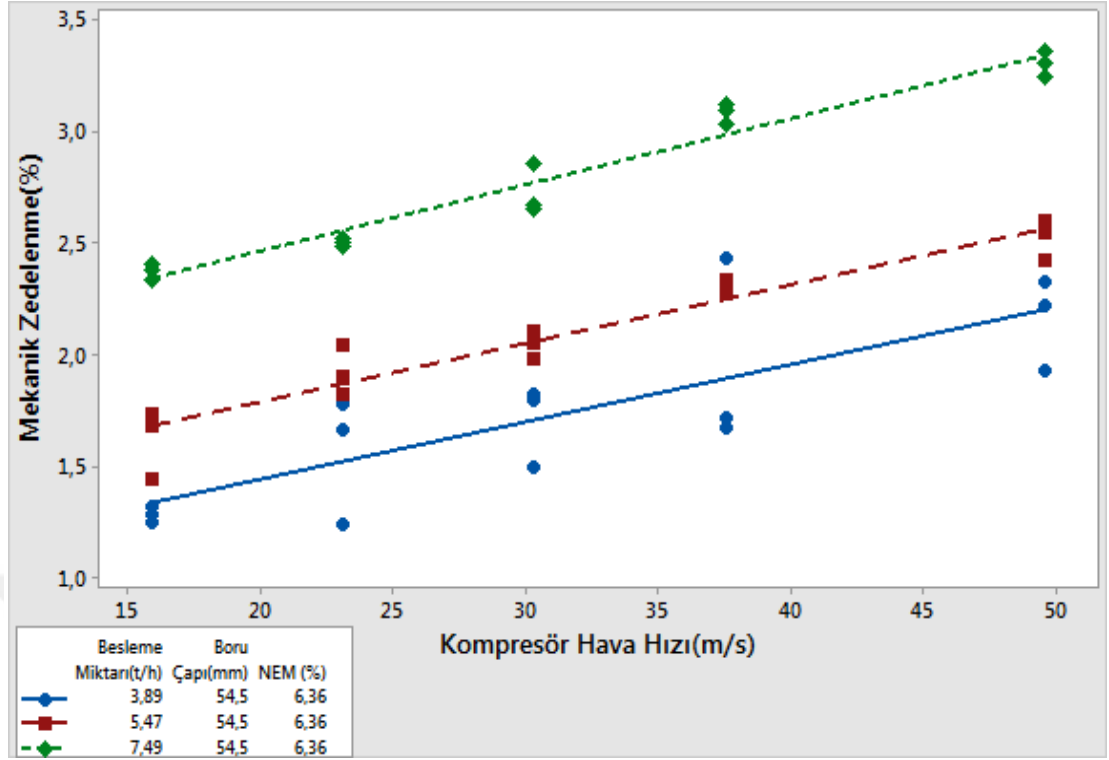
Şekil 5.78 Farklı 5 kompresör hava hızında 43.1 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 25 d/d besleme devrinde mekanik zedelenmenin bireysel saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Boru çapının 54.5 mm, materyal nem içeriğinin %6.36 olduğu düzenleme ile 3 farklı besleme debisi ile yapılan iletimlerde, Şekil 5.77’de verilen deneme sonuçlarının toplu grafiksel analiz dökümleri çerçevesinde mekanik zedelenme değerlerini veren regresyon denklemleri aşağıda kaydedildiği Şekilde belirlenmiştir.

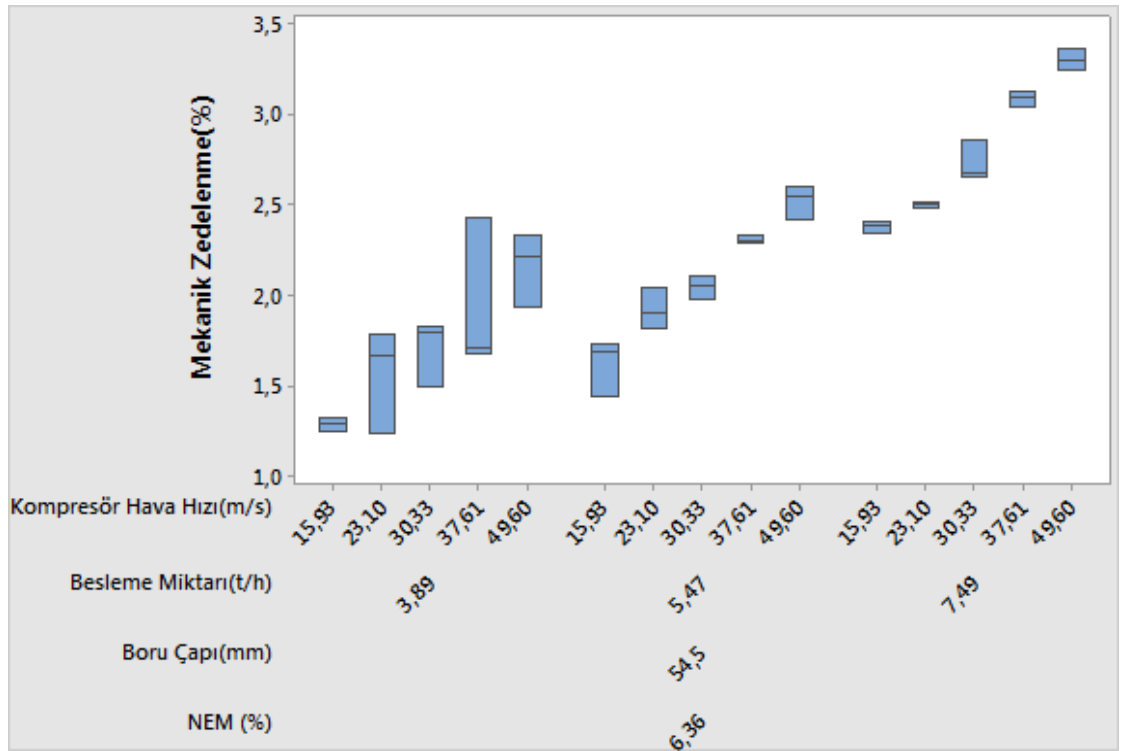
$$M_z = 0.02953V_h + 1.872; R^2 = 95.2 \text{ [25 d/d besleme devri = 7.49 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.02631V_h + 1.258; R^2 = 91.3 \text{ [20 d/d besleme devri = 5.47 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.02563V_h + 0.9269; R^2 = 65.5 \text{ [15 d/d besleme devri = 3.89 t/h besleme debisi]}$$



(a)



(b)

Şekil 5.79 Farklı 5 kompresör hava hızında 54.5 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Boru çapının 70.3 mm, materyal nem içeriğinin %6.36 olduğu düzenleme ile 3 farklı besleme debisi ile yapılan iletimlerde, Şekil 5.78’de verilen deneme sonuçlarının toplu grafiksel analiz dökümleri çerçevesinde mekanik zedelenme değerlerini veren regresyon denklemleri ise aşağıda kaydedildiği Şekilde belirlenmiştir.

$$M_z = 0.02324V_h + 1.485; R^2 = 79.0 \text{ [25 d/d besleme devri = 7.49 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.03069V_h + 0.9334; R^2 = 63.6 \text{ [20 d/d besleme devri = 5.47 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.02912V_h + 0.6868; R^2 = 71.4 \text{ [15 d/d besleme devri = 3.89 t/h besleme debisi]}$$

Boru çapının 70.3 mm, materyal nem içeriğinin %16.54 olduğu düzenleme ile 3 farklı besleme debi kategorisinde yapılan iletimlerde, Şekil 5.79’de verilen deneme sonuçlarının toplu grafiksel analiz dökümleri çerçevesinde mekanik zedelenme değerlerini veren regresyon denklemleri ise aşağıda kaydedildiği Şekilde belirlenmiştir.

$$M_z = 0.02658V_h + 2.782; R^2 = 94.6 \text{ [25 d/d besleme devri = 7.49 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.02198V_h + 2.127; R^2 = 94.3 \text{ [20 d/d besleme devri = 5.47 t/h besleme debisi]}$$

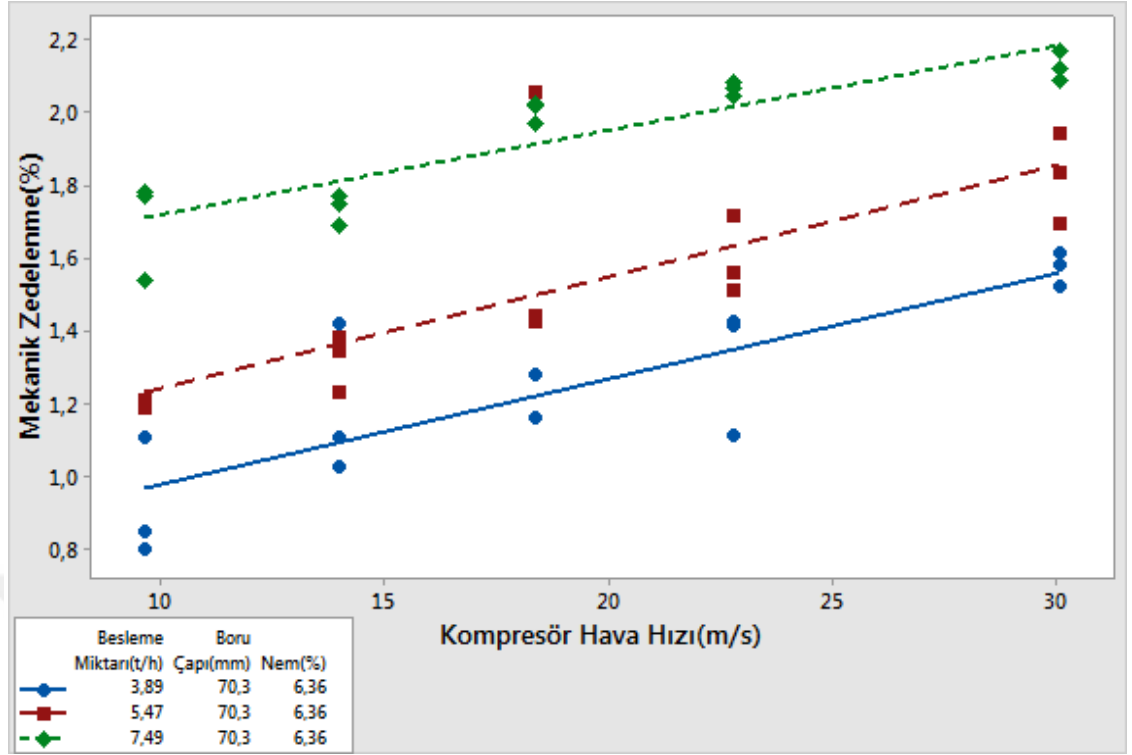
$$M_z = 0.02606V_h + 1.646; R^2 = 85.4 \text{ [15 d/d besleme devri = 3.89 t/h besleme debisi]}$$

Boru çapının 70.3 mm, materyal nem içeriğinin %25.94 olduğu düzenleme ile 3 farklı besleme debi kategorisinde yapılan iletimlerde, Şekil 5.80 ile verilen deneme sonuçlarının toplu grafiksel analiz dökümleri çerçevesinde mekanik zedelenme değerlerini veren regresyon denklemleri de aşağıda kaydedildiği Şekilde belirlenmiştir.

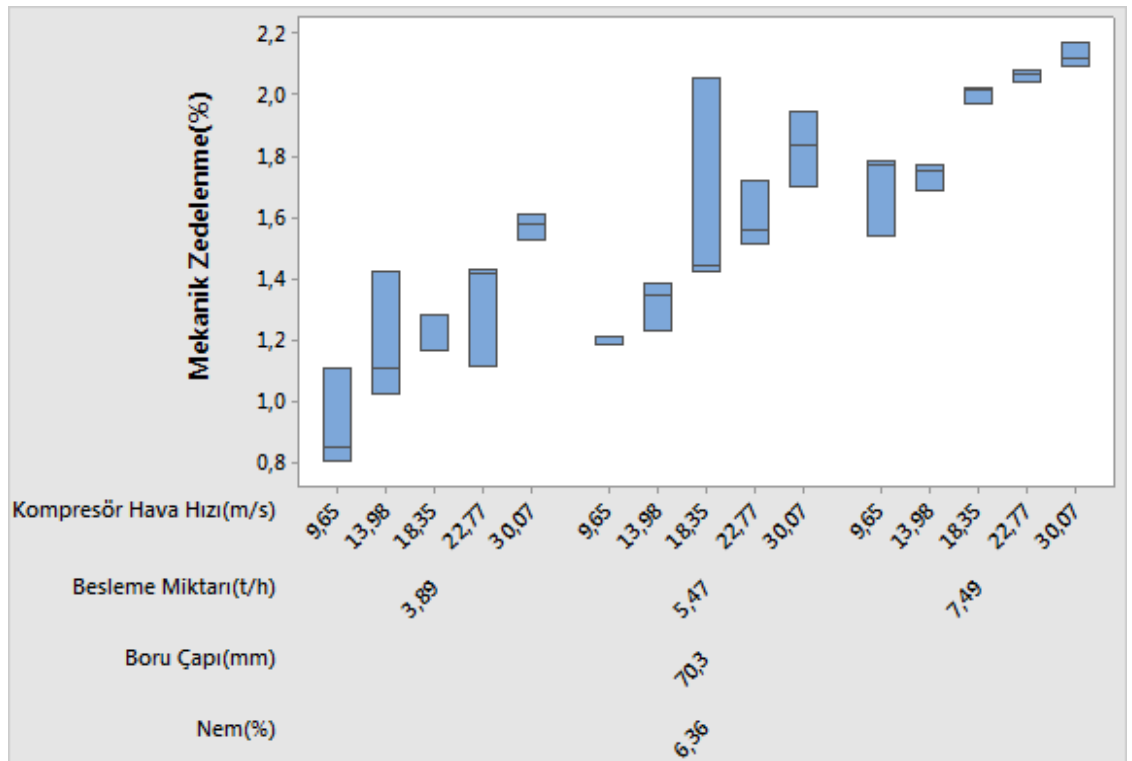
$$M_z = 0.05587V_h + 2.989; R^2 = 97.0 \text{ [25 d/d besleme devri = 7.49 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.06810V_h + 2.250; R^2 = 94.6 \text{ [20 d/d besleme devri = 5.47 t/h besleme debisi]}$$

$$M_z = 0.05311V_h + 2.137; R^2 = 95.4 \text{ [15 d/d besleme devri = 3.89 t/h besleme debisi]}$$

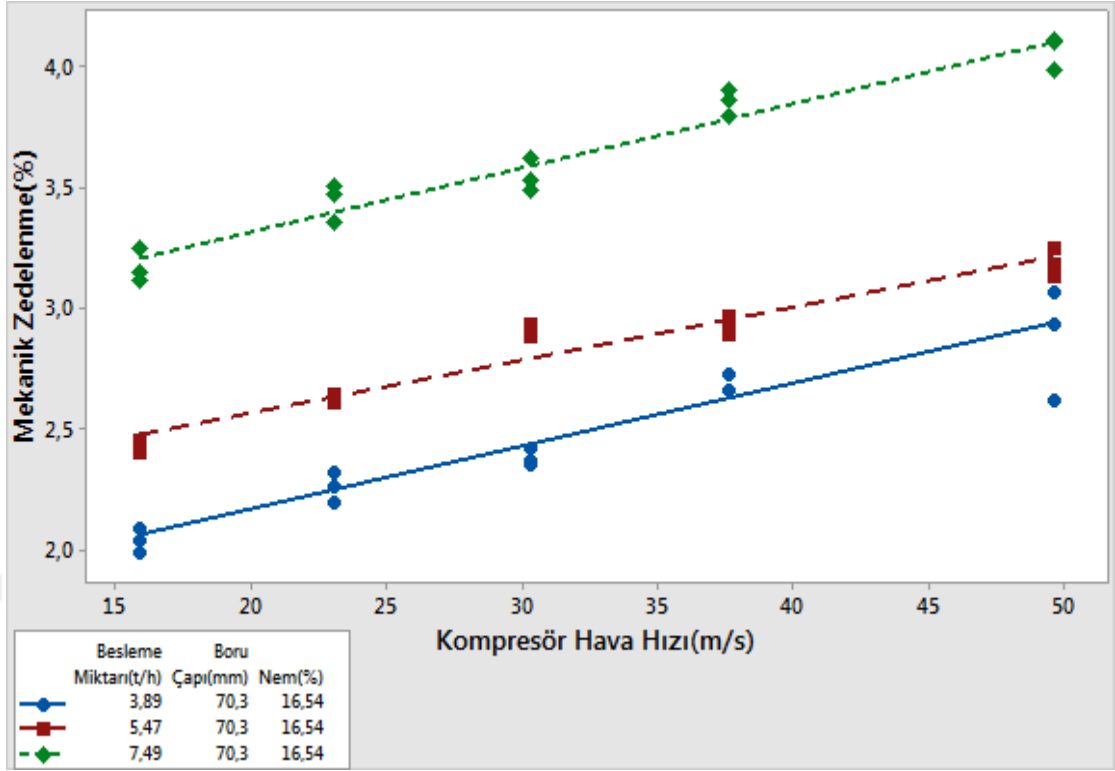


(a)

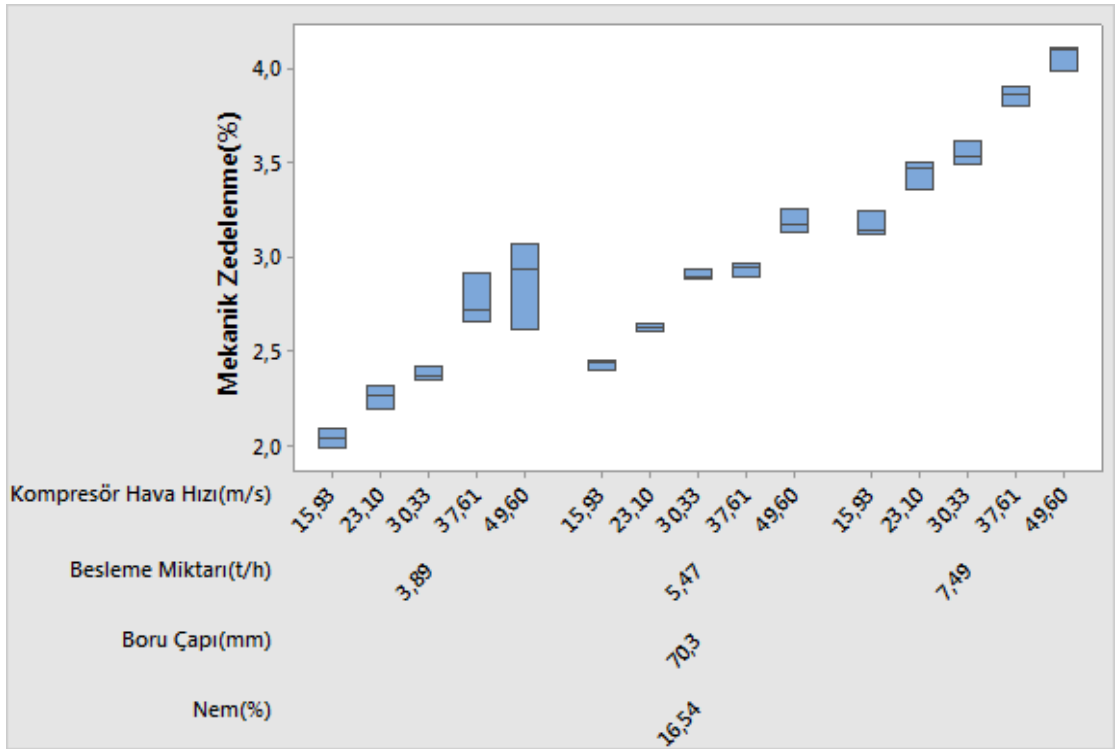


(b)

Şekil 5.80 Farklı 5 kompresör hava hızında 70.3 mm çaplı boruda % 6.36 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

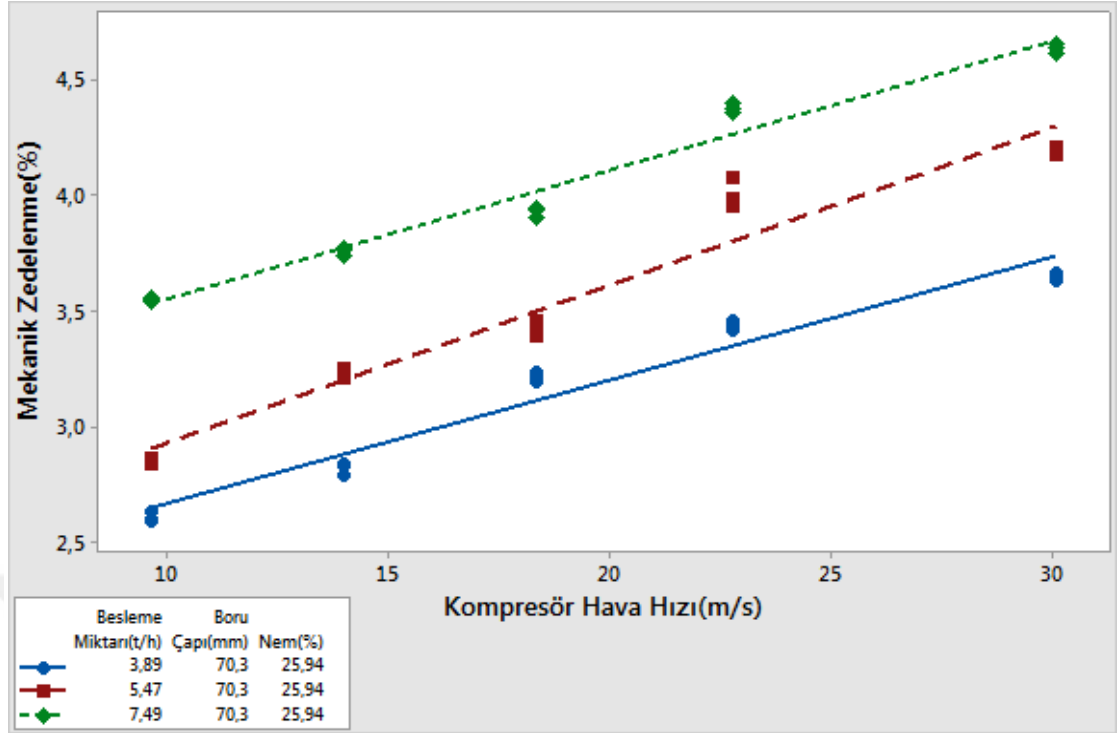


(a)

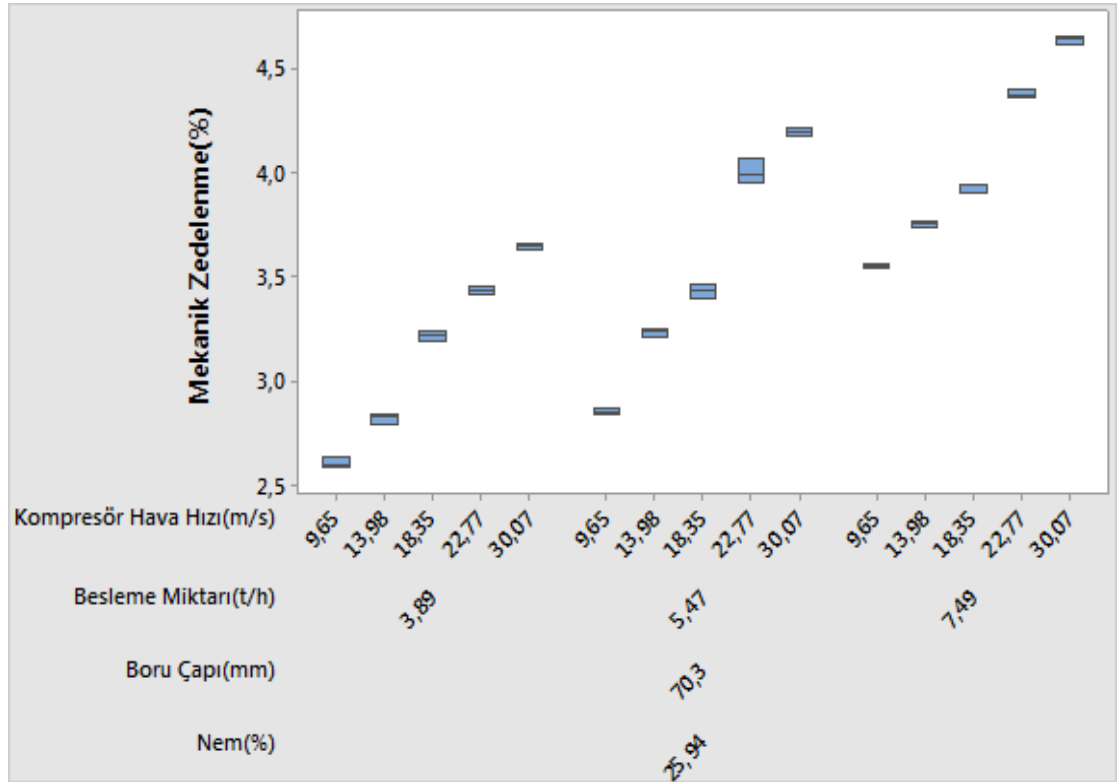


(b)

Şekil 5.81 Farklı 5 kompresör hava hızında 70.3 mm çaplı boruda % 16.54 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.82 Farklı 5 kompresör hava hızında 70.3 mm çaplı boruda % 25.94 nemde 3 ayrı besleme devrinde mekanik zedelenmenin toplu saçılım grafiği-scatter plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

5.5.2 Materyal besleme debilerine bağı mekanik zedelenme

Öte yandan 3 besleme debisi(B_d) kategorisine bağı olarak 3 nem ve 5 kompresör hava hızı kategorileri altındaki mekanik zedelenmeler topluca Şekil 5.81, 5.82, 5.83, 5.84, 5.85, 5.86, 5.87, 5.88, 5.89, 5.90, 5.91, 5.92, 5.93, 5.94, 5.95, 5.96, 5.97, 5.98, 5.99, 5.100, 5.101, 5.102, 5.103, 5.104 ve 5.105’de verilmiştir.

Buna göre 3 besleme debisi(B_d) kategorisine bağı 43.1 mm çapta mekanik zedelenmelerin oluşumunu veren deneme bulgularının %6.36 nem ve 5 kompresör hava hızı kısıtları temelinde grafiksel ve istatistiksel analizleri Şekil 5.81, 5.82, 5.83, 5.84, 5.85’de ayrı ayrı verilmiştir. Bu grafiksel ve istatistiksel analizlere dayalı belirlenen mekanik zedelenme oranlarını hesaplamaya olanak veren regresyon denklemlerinin ise aşağıya yazılı olarak dökümleri yapılmıştır. Bu değışkene bağı olarak da yapılan iletimlerde mekanik zedelenmeler üzerinde artışlar oluşturduğu gözlenmiştir. Artışlar doğrusal yönlü olarak belirlenmiştir.

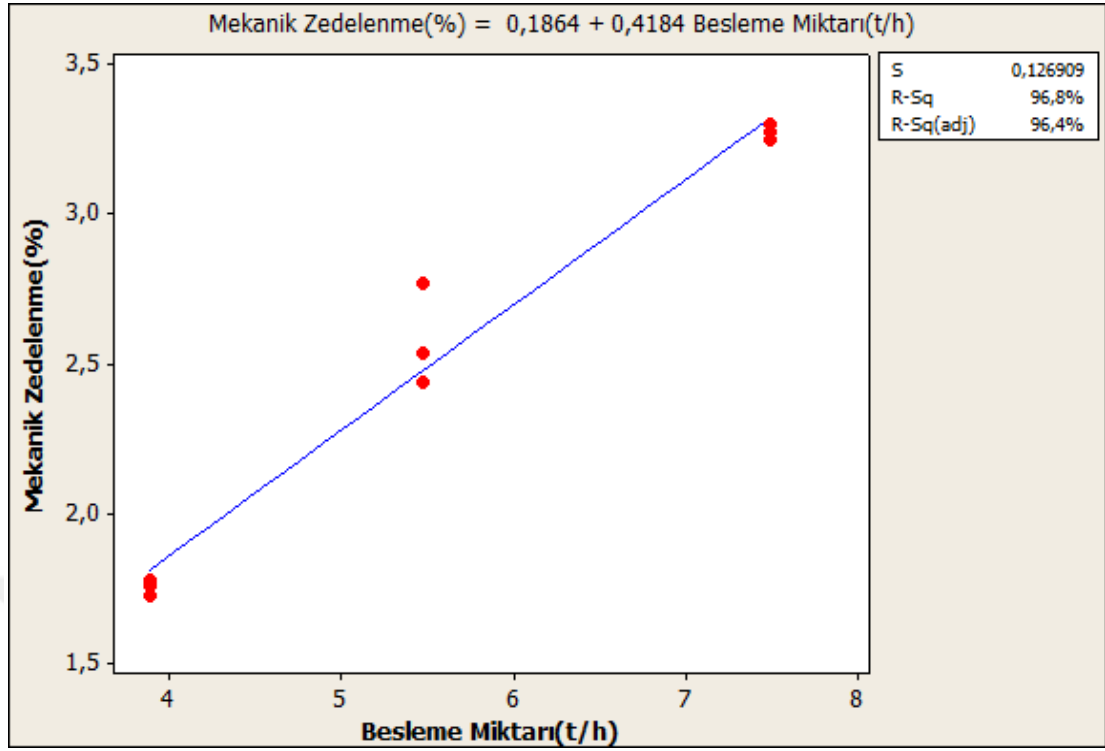
$$M_z = 0.4184B_d + 0.1864; R^2 = 96.8 \text{ [43.1 mm çap; 25.24 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$M_z = 0.5221B_d - 0.1201; R^2 = 94.9 \text{ [43.1 mm çap; 36.44 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem;]}$$

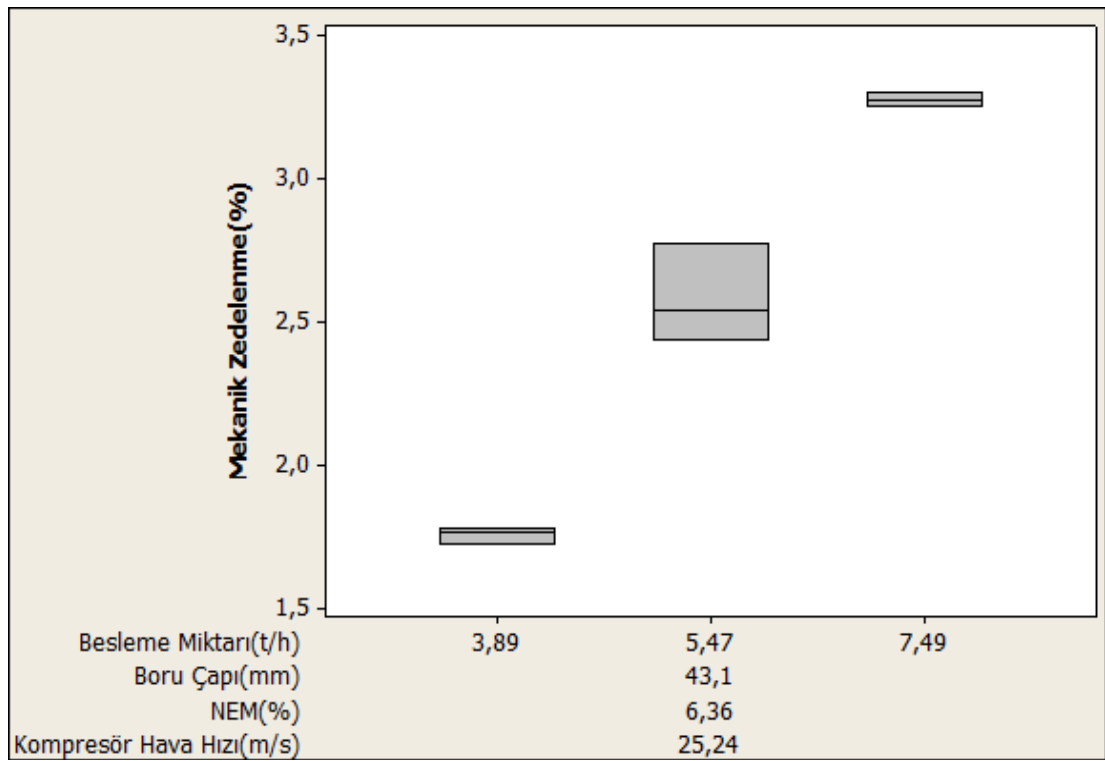
$$M_z = 0.6877B_d - 0.7729; R^2 = 96.4 \text{ [43.1 mm çap; 47.68 m/s komp. hava hızı;\%6.36 nem;]}$$

$$M_z = 0.6573B_d - 0.4228; R^2 = 95.5 \text{ [43.1 mm çap; 58.93 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$M_z = 0.6281B_d - 0.1866; R^2 = 94.7 \text{ [43.1 mm çap; 77.45 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

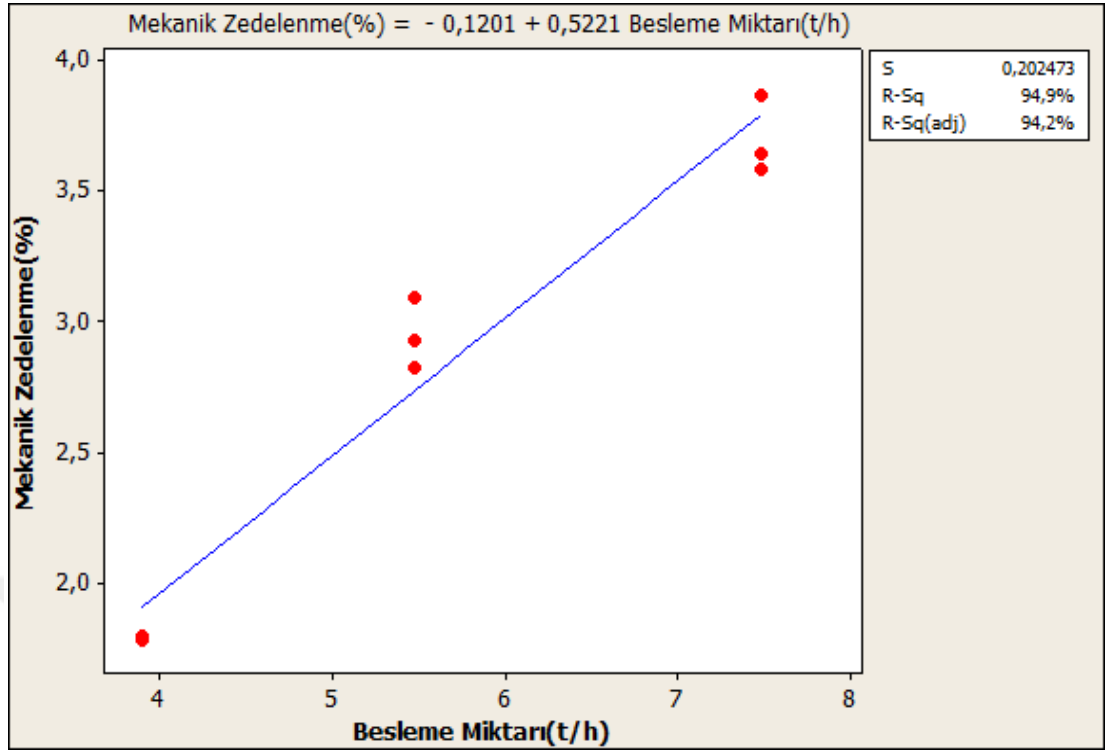


(a)

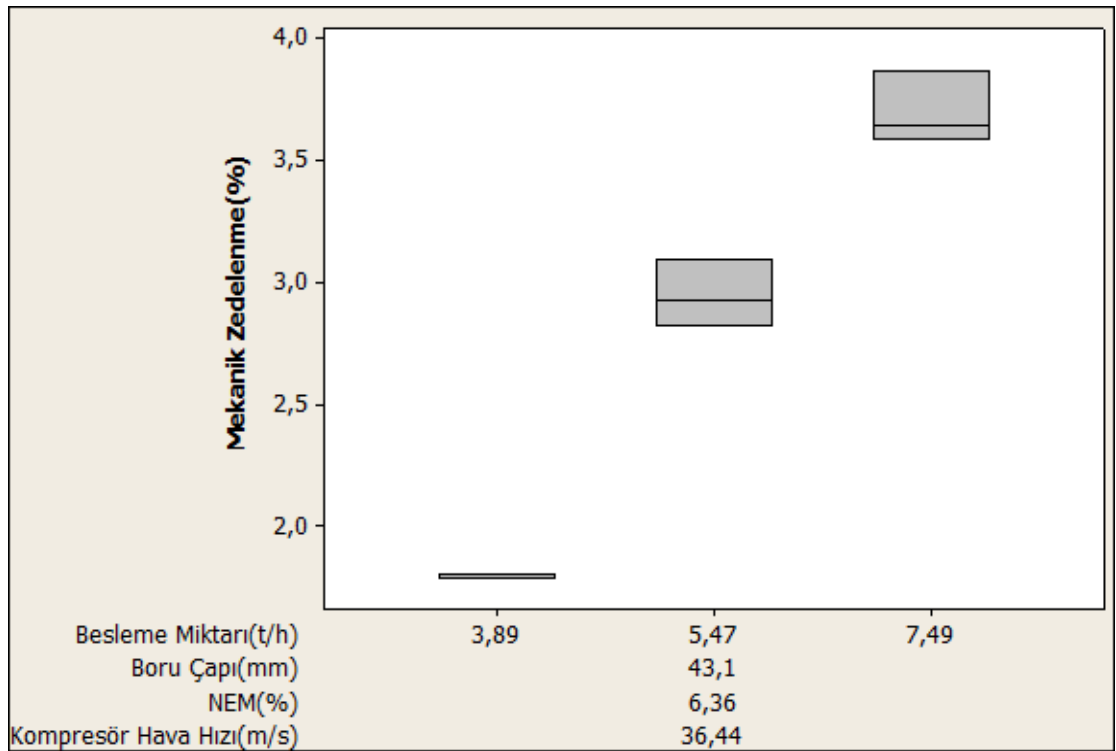


(b)

Şekil 5.83 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

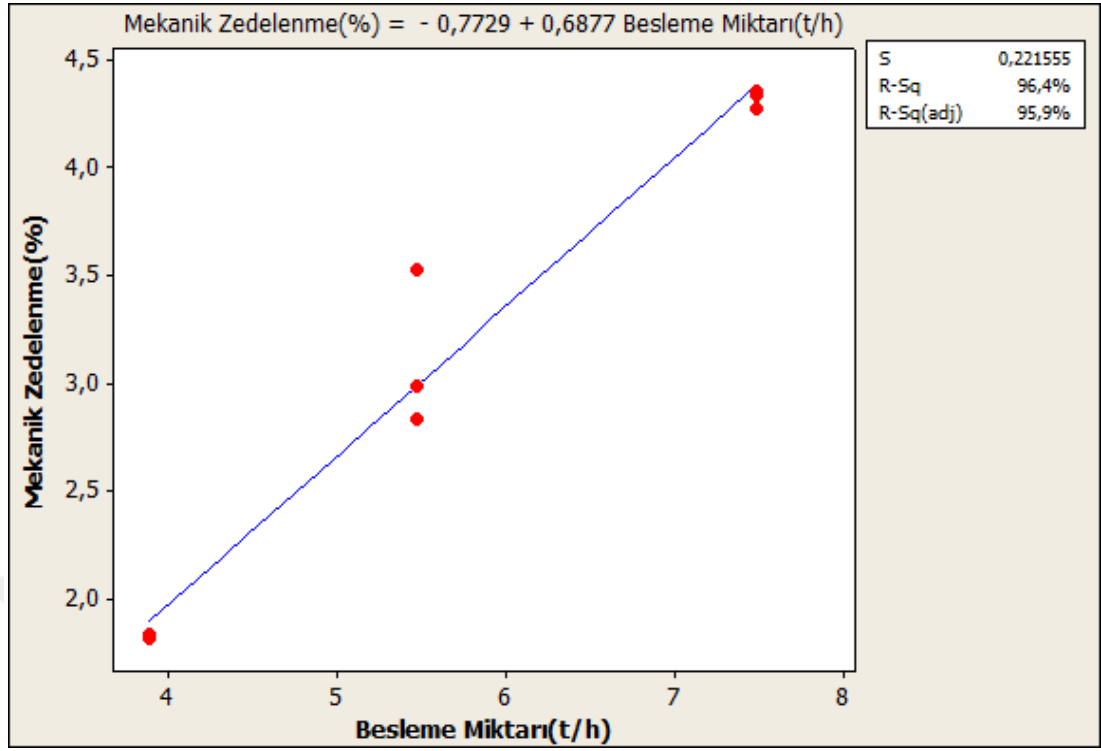


(a)

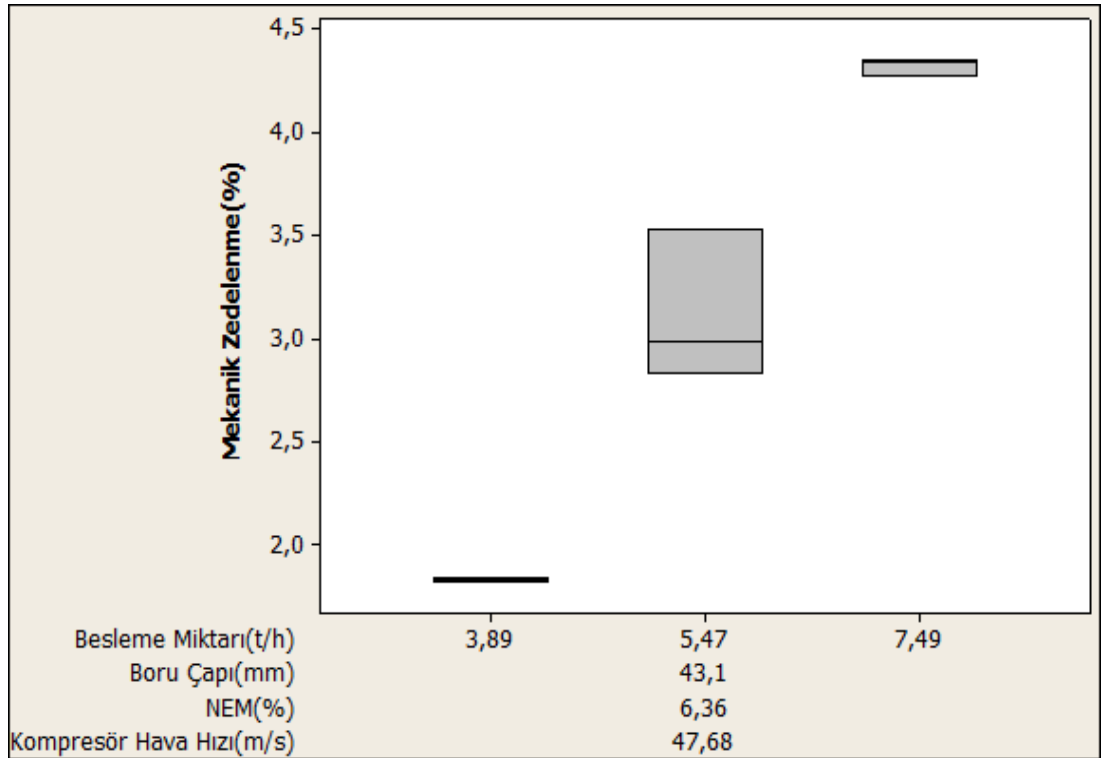


(b)

Şekil 5.84 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

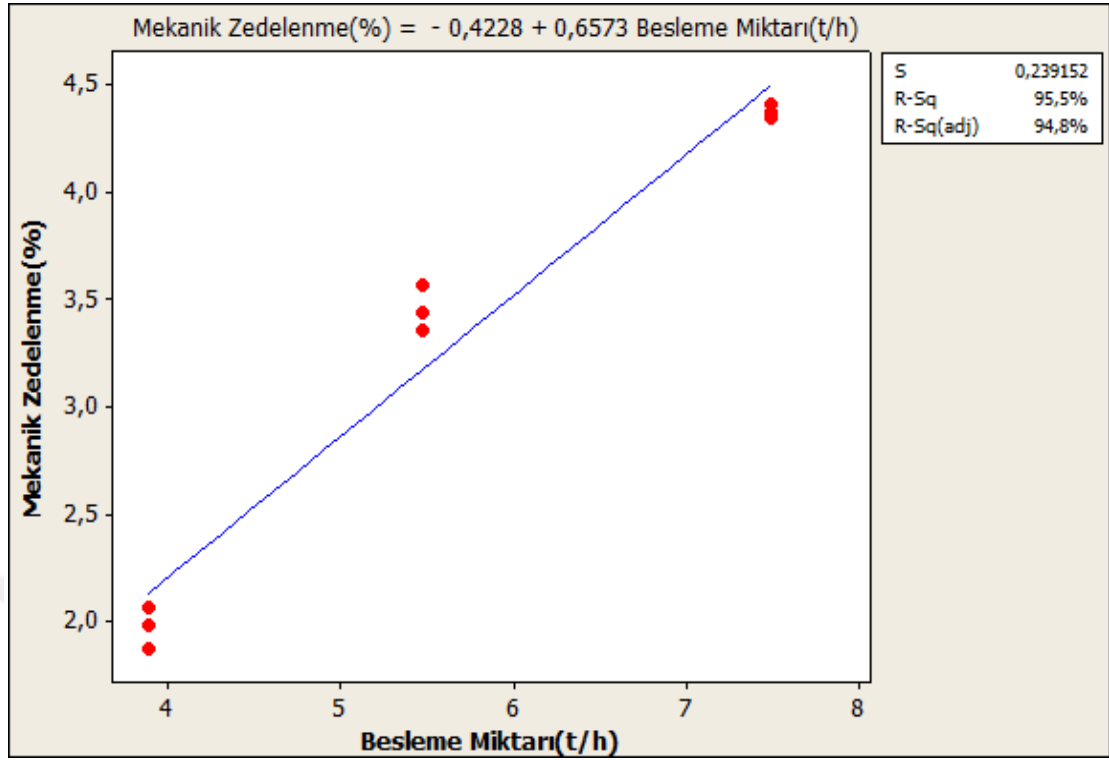


(a)

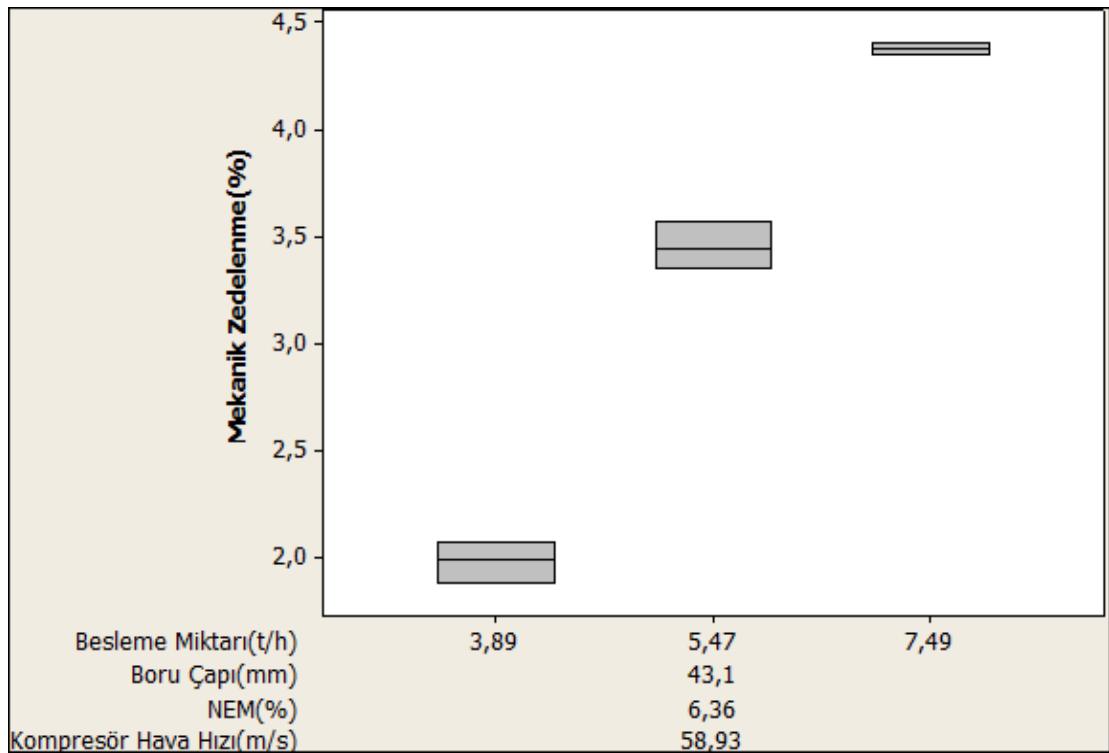


(b)

Şekil 5.85 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

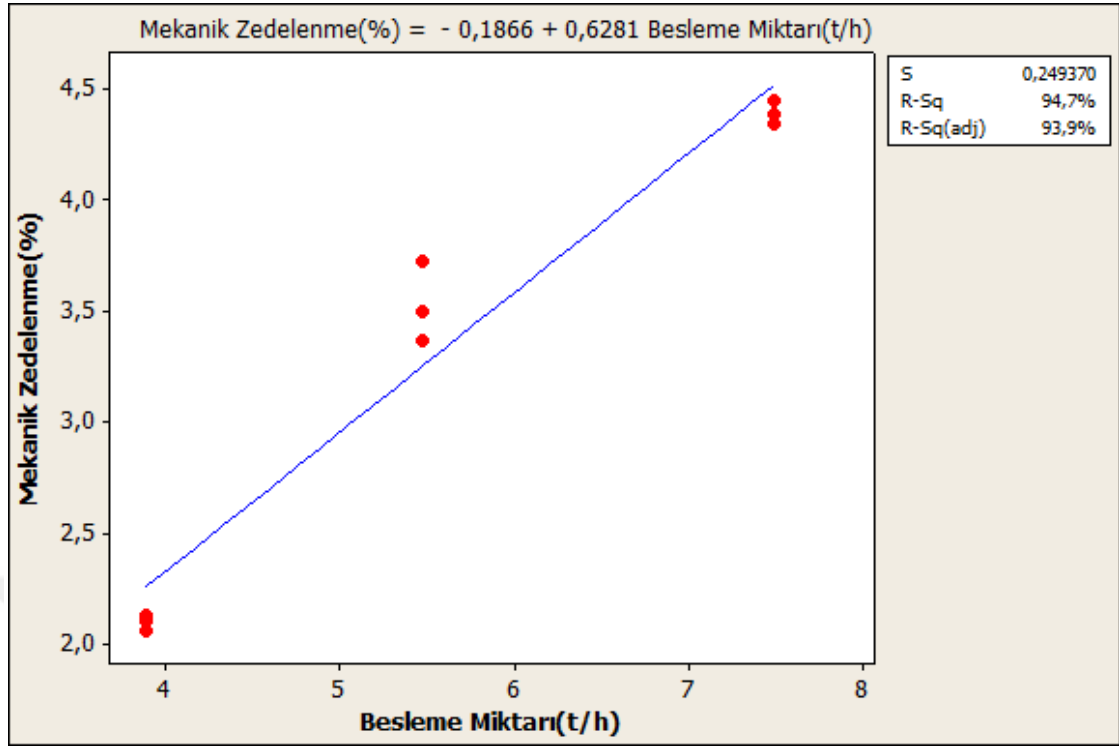


(a)

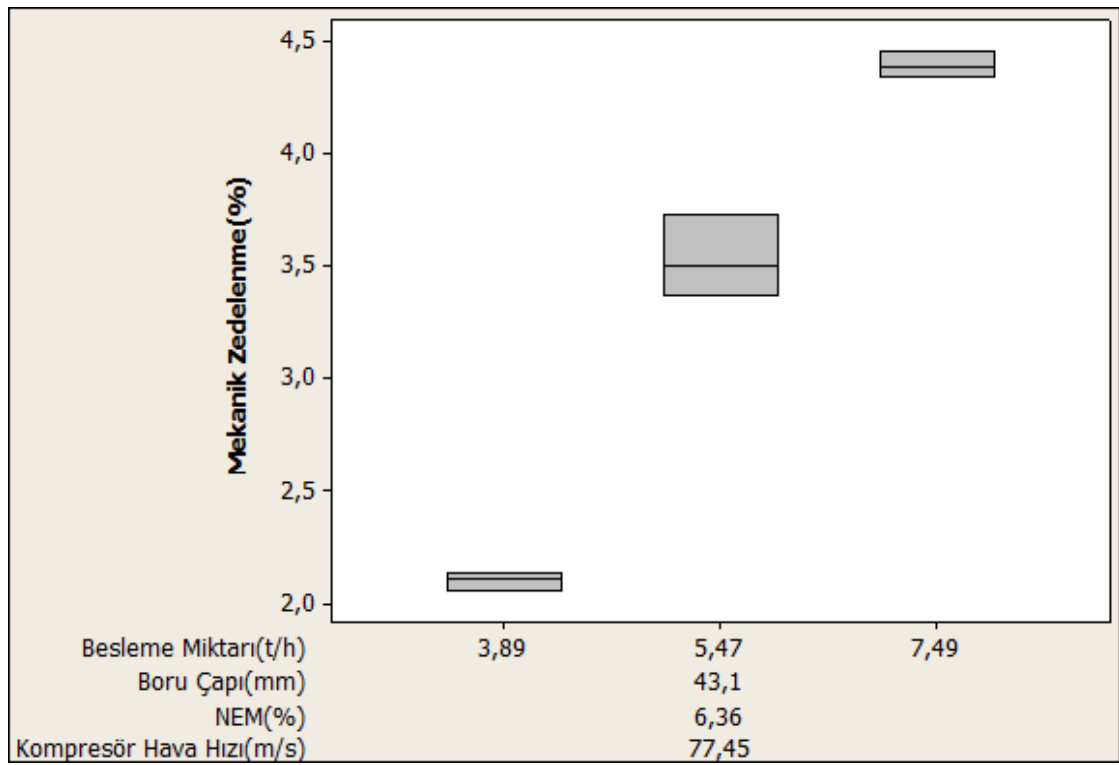


(b)

Şekil 5.86 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.87 Farklı 3 besleme devri, 43.1mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Keza, 3 besleme debisi(B_d) kategorisine bağı 54.5 mm çapta mekanik zedelenmelerin oluşumunu veren deneme bulgularının %6.36 nem ve 5 kompresör hava hızı kısıtları temelinde grafiksel ve istatistiksel analizleri ise Şekil 5.86, 5.87, 5.88, 5.89 ve 5.90’da ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu grafiksel ve istatistiksel analizlere dayalı belirlenen mekanik zedelenme oranlarını hesaplamaya olanak veren regresyon denklemlerinin ise aşağıya yazılı olarak dökümleri yapılmıştır.

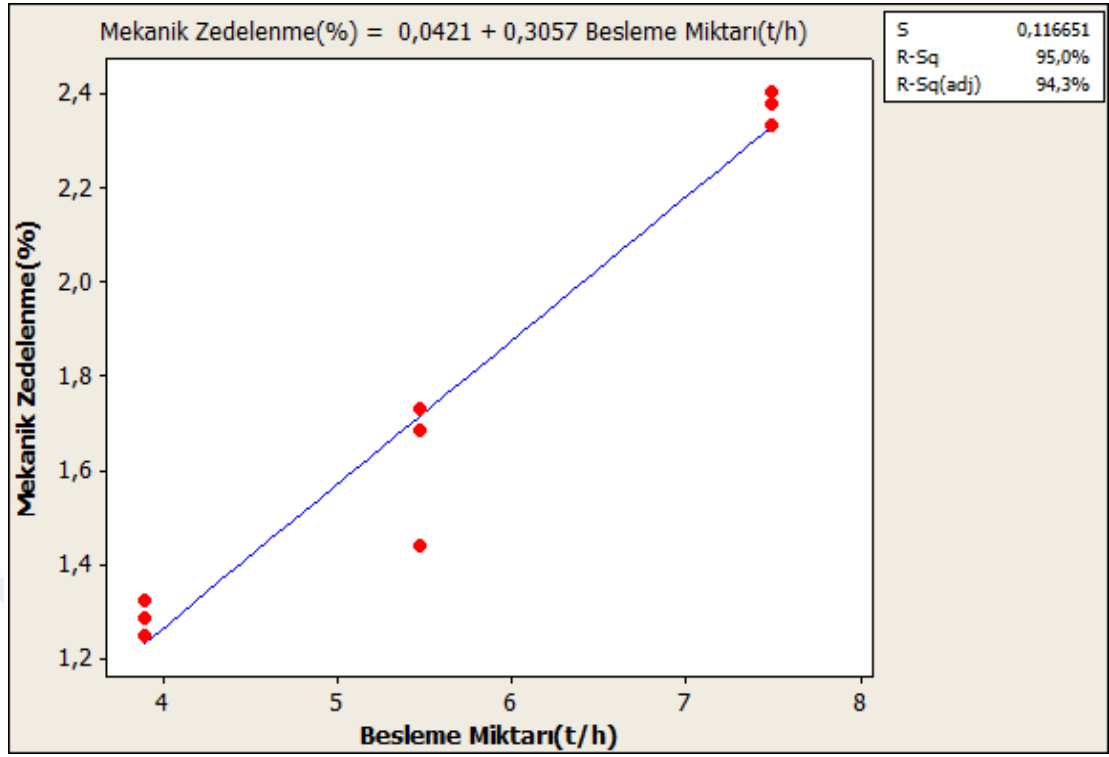
$$M_z = 0.3057B_d + 0.0421; R^2 = 95.0 \text{ [54.5 mm çap; 15.93 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$M_z = 0.2618B_d + 0.5236; R^2 = 87.4 \text{ [54.5 mm çap; 23.10 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem;]}$$

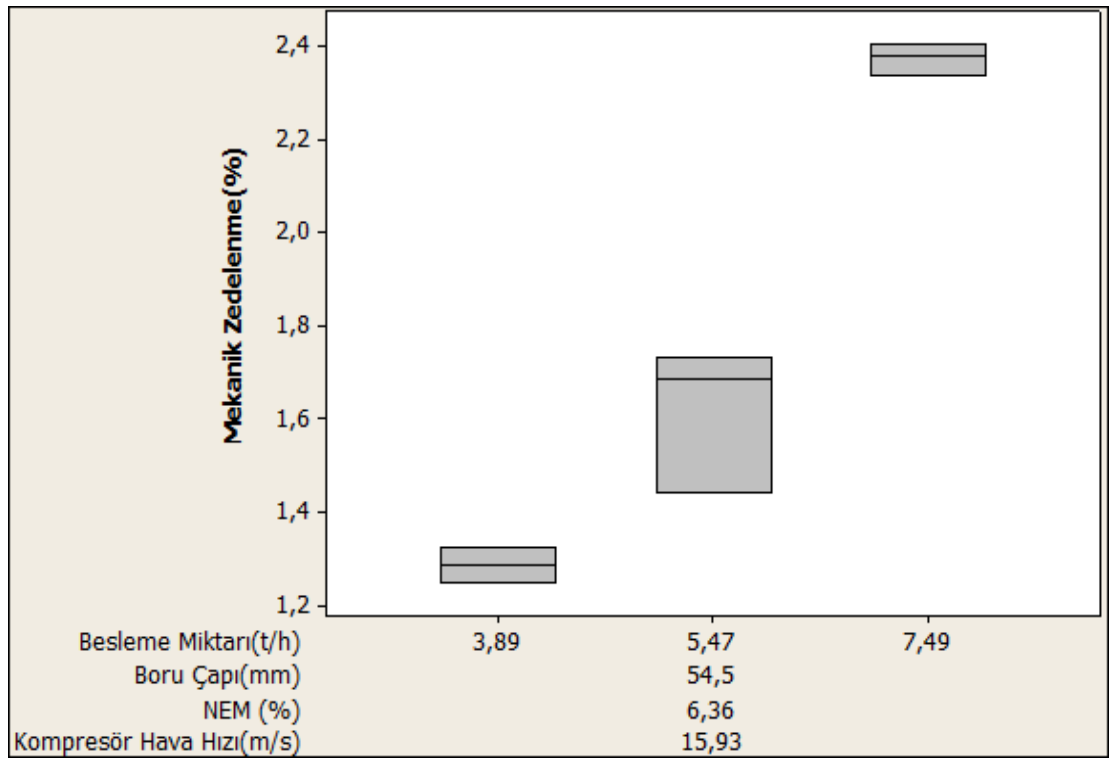
$$M_z = 0.2863B_d + 0.5501; R^2 = 92.8 \text{ [54.5 mm çap; 30.33 m/s komp. hava hızı;\%6.36 nem;]}$$

$$M_z = 0.3207B_d + 0.6409; R^2 = 83.2 \text{ [54.5 mm çap; 37.61 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$M_z = 0.3208B_d + 0.8576; R^2 = 93.3 \text{ [54.5 mm çap; 49.60 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

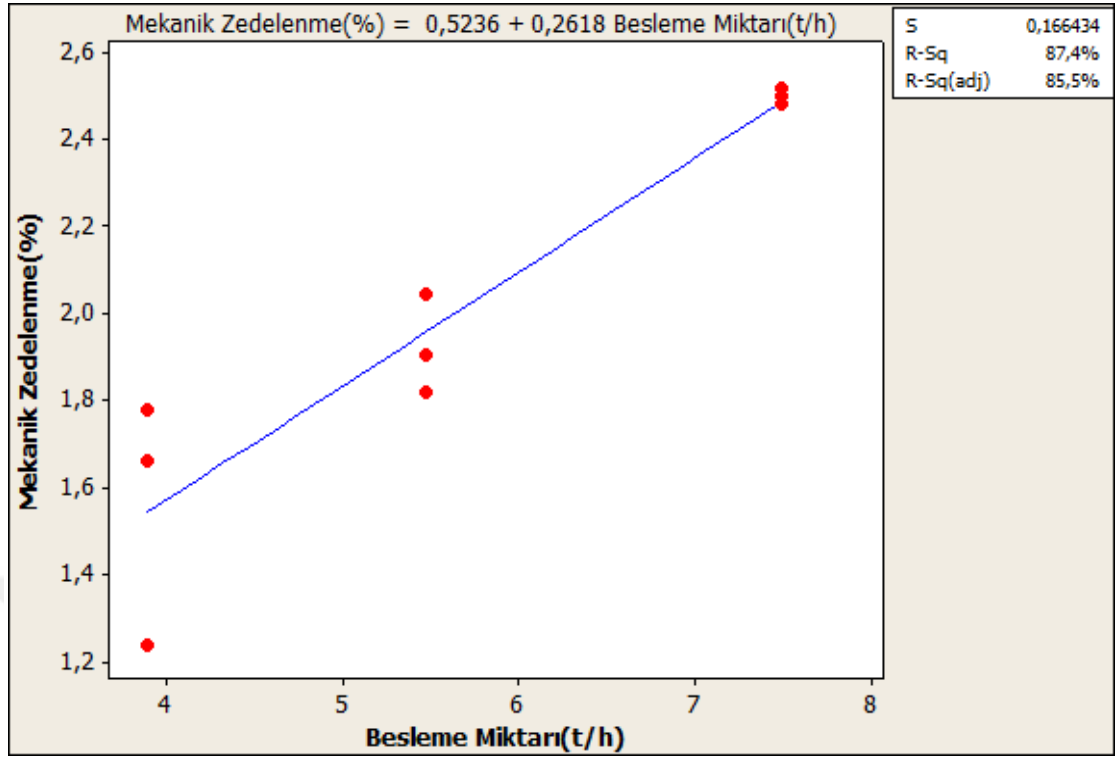


(a)

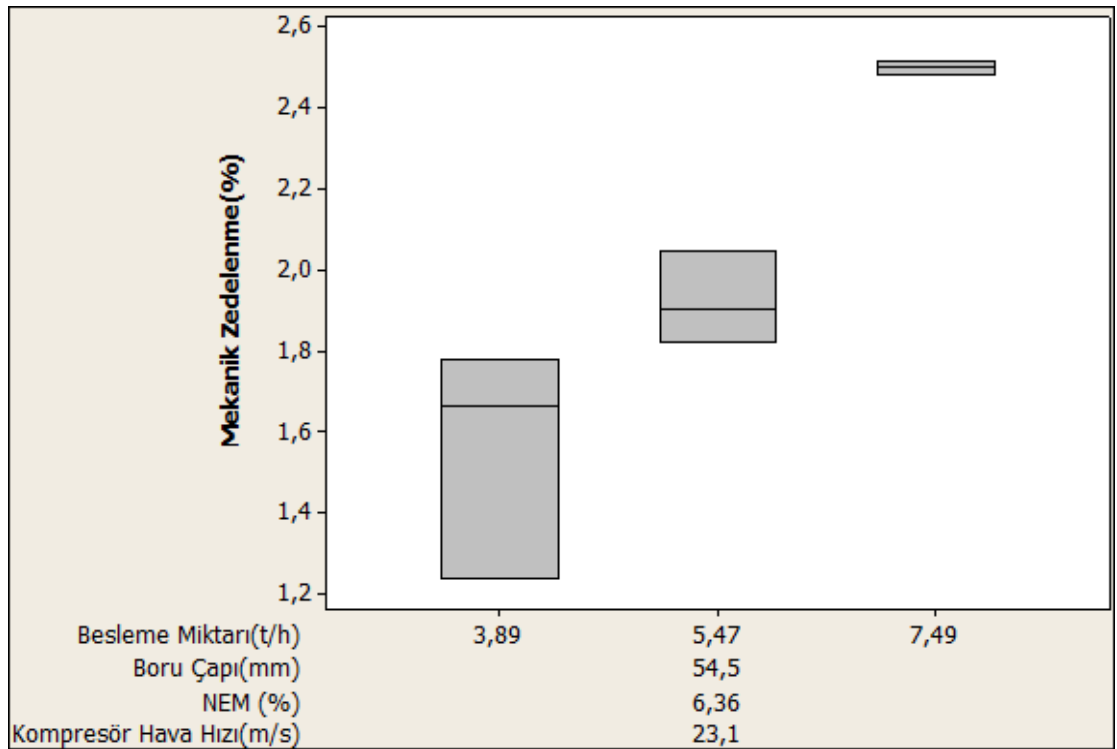


(b)

Şekil 5.88 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

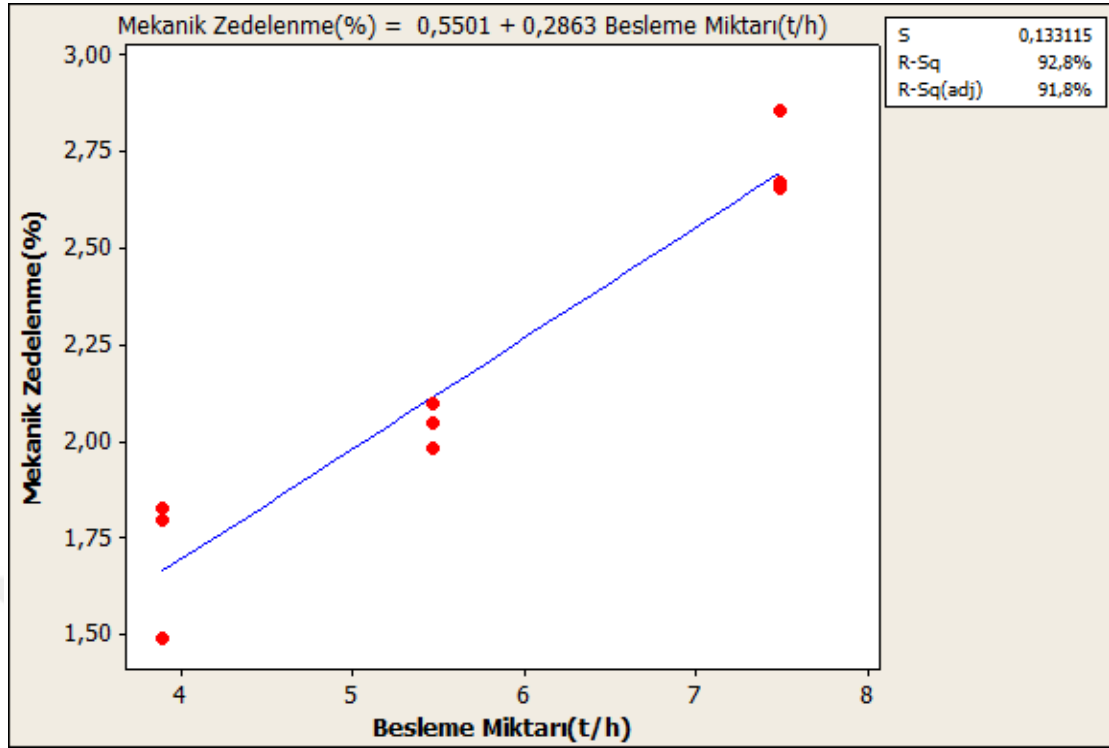


(a)

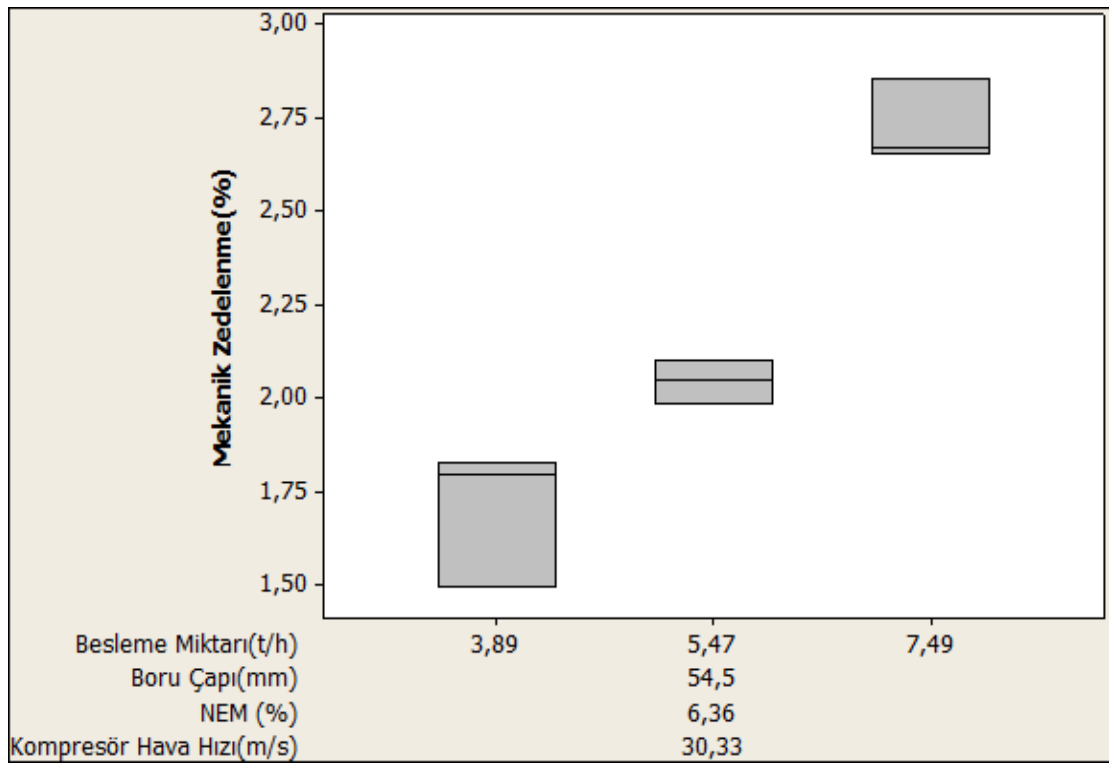


(b)

Şekil 5.89 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

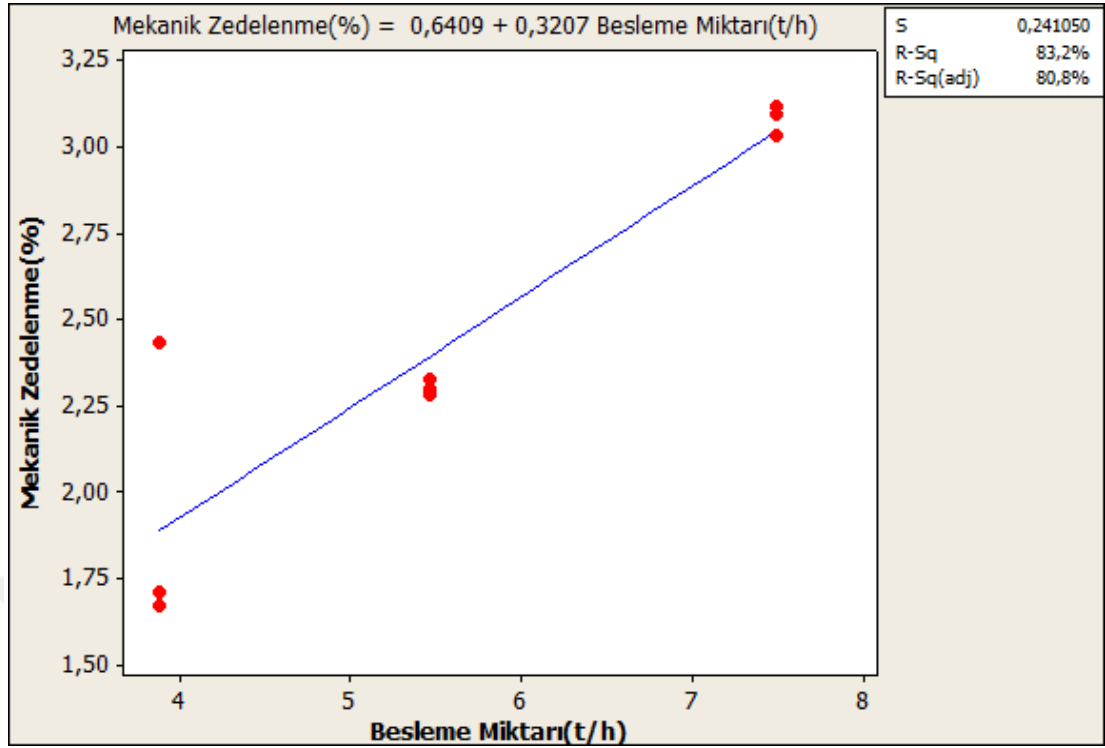


(a)

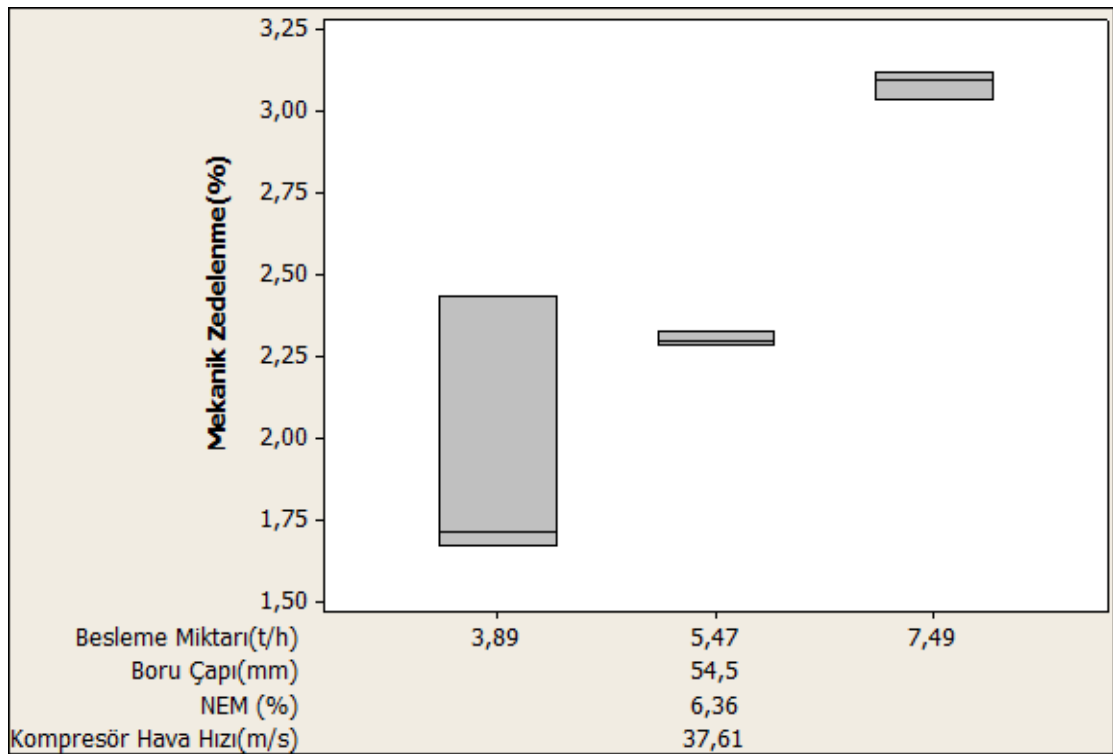


(b)

Şekil 5.90 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

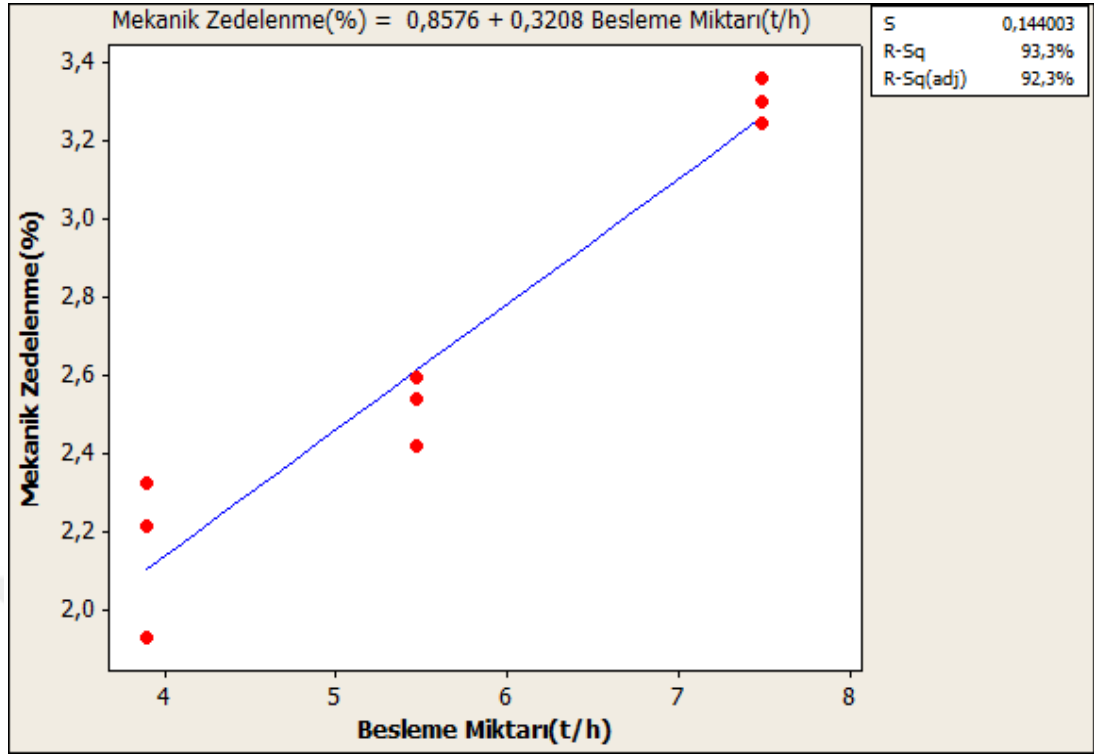


(a)

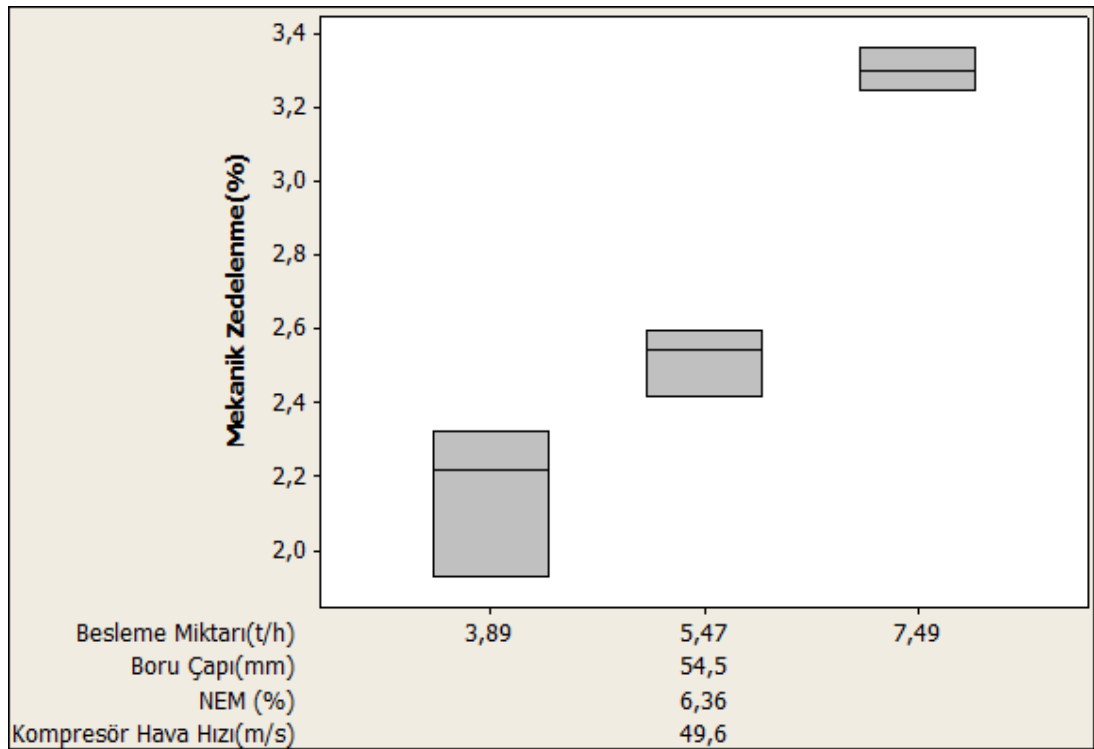


(b)

Şekil 5.91 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.92 Farklı 3 besleme devri, 54.5mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Son olarak, 3 besleme debisi(Bd) kategorisine bağı 70.3 mm çapta mekanik zedelenmelerin oluşumunu veren deneme bulgularının %6.36 nem ve 5 kompresör hava hızı kısıtları temelinde grafiksel ve istatistiksel analizleri ise şekil 5.86, 5.87, 5.88, 5.89 ve 5.90’da ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu grafiksel ve istatistiksel analizlere dayalı belirlenen mekanik zedelenme oranlarını hesaplamaya olanak veren regresyon denklemlerinin ise aşağıya yazılı olarak dökümleri yapılmıştır.

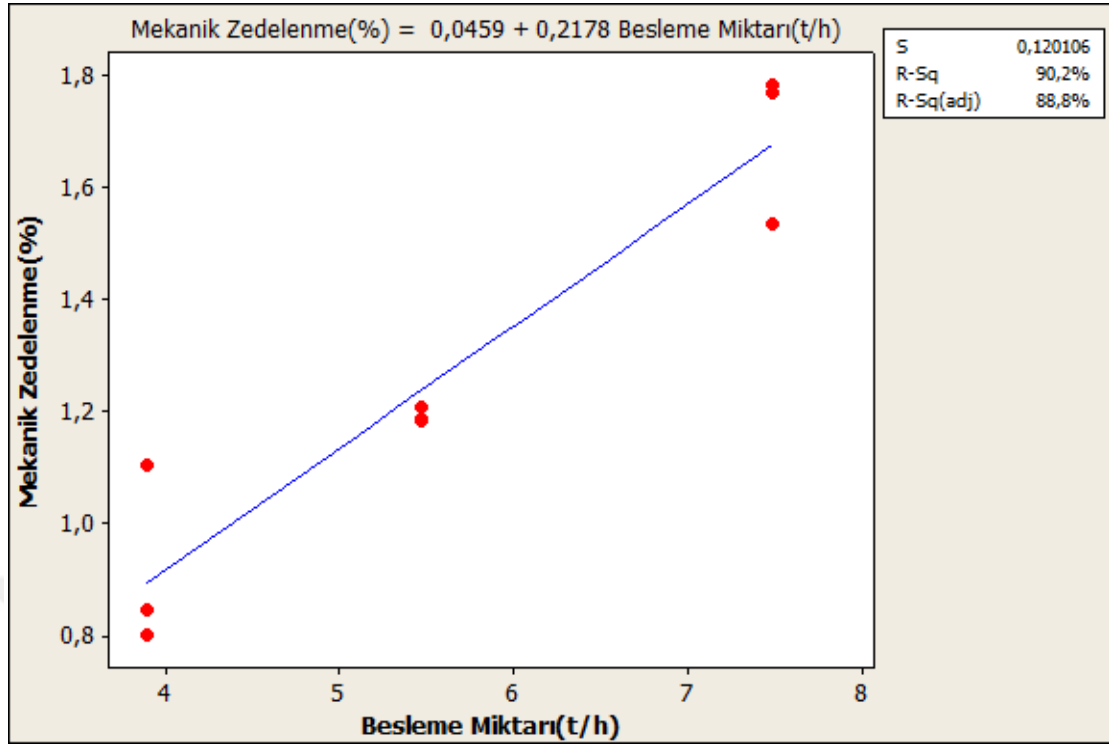
$$M_z = 0.2178B_d + 0.0459; R^2 = 90.2 \text{ [70.3 mm çap; 9.65 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$M_z = 0.1554B_d + 0.5405; R^2 = 78.8 \text{ [70.3 mm çap; 13.98 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem;]}$$

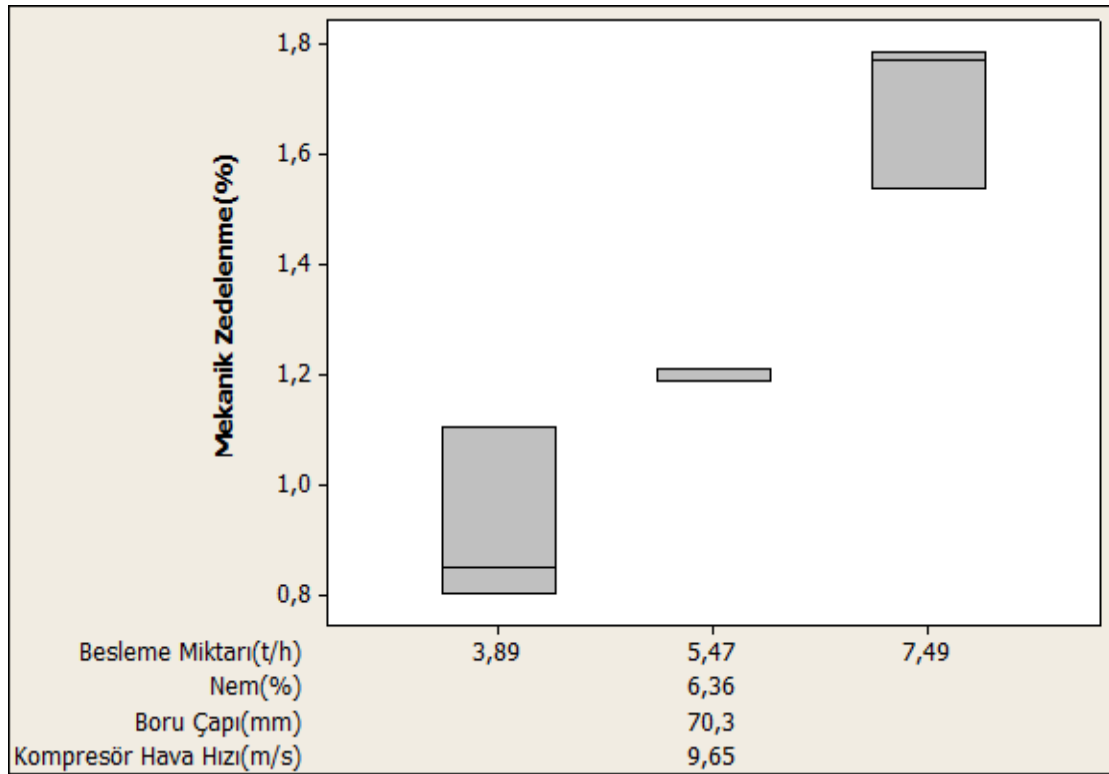
$$M_z = 0.2206B_d + 0.3769; R^2 = 76.9 \text{ [70.3 mm çap; 18.35 m/s komp. hava hızı;\%6.36 nem;]}$$

$$M_z = 0.2084B_d + 0.4894; R^2 = 90.3 \text{ [70.3 mm çap; 22.77 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

$$M_z = 0.1543B_d + 0.9752; R^2 = 92.4 \text{ [70.3 mm çap; 30.07 m/s komp. hava hızı; \%6.36 nem]}$$

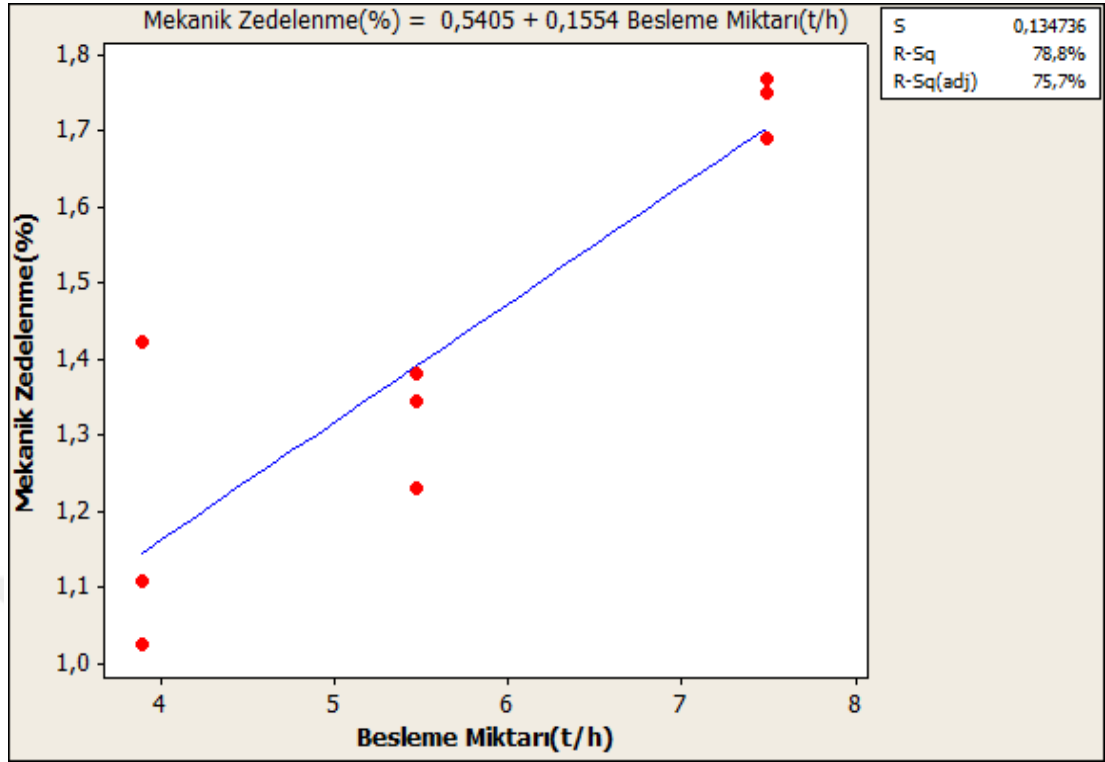


(a)

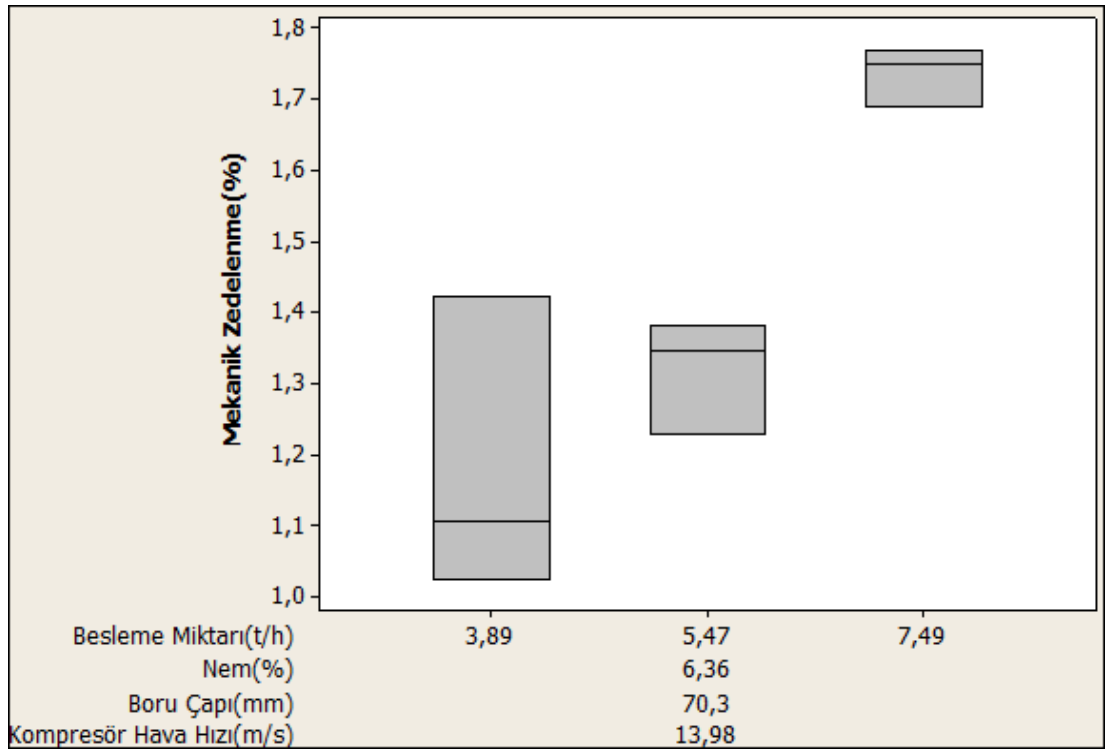


(b)

Şekil 5.93 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

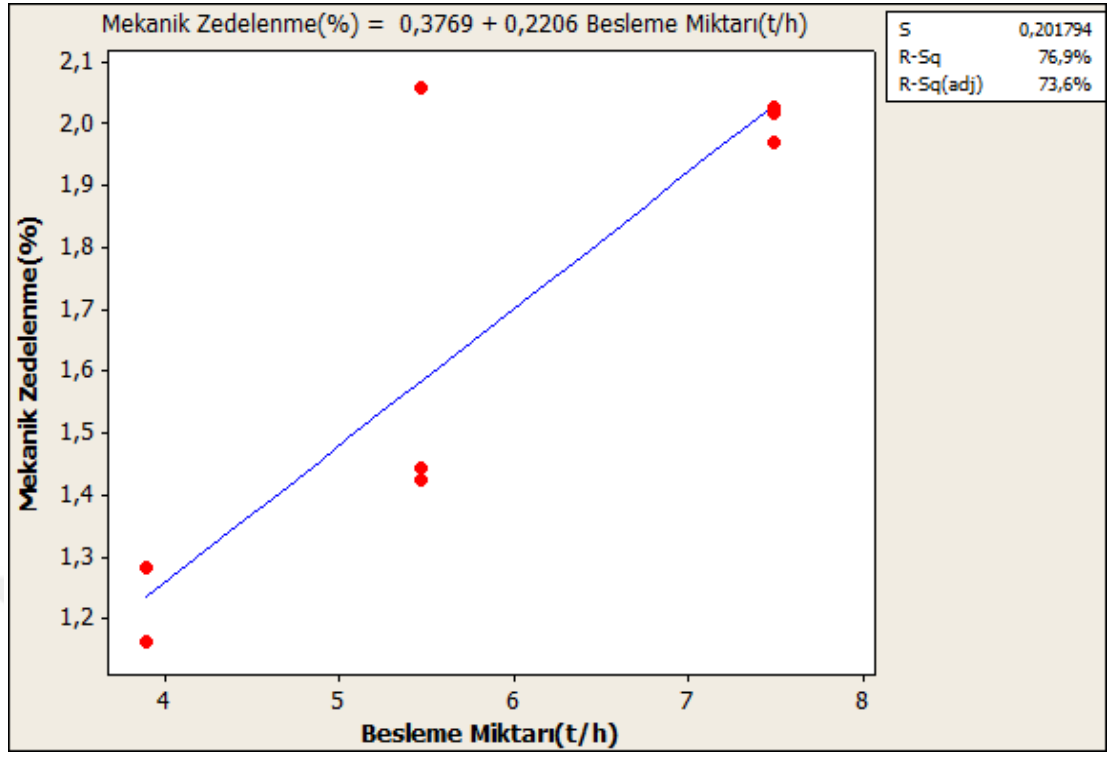


(a)

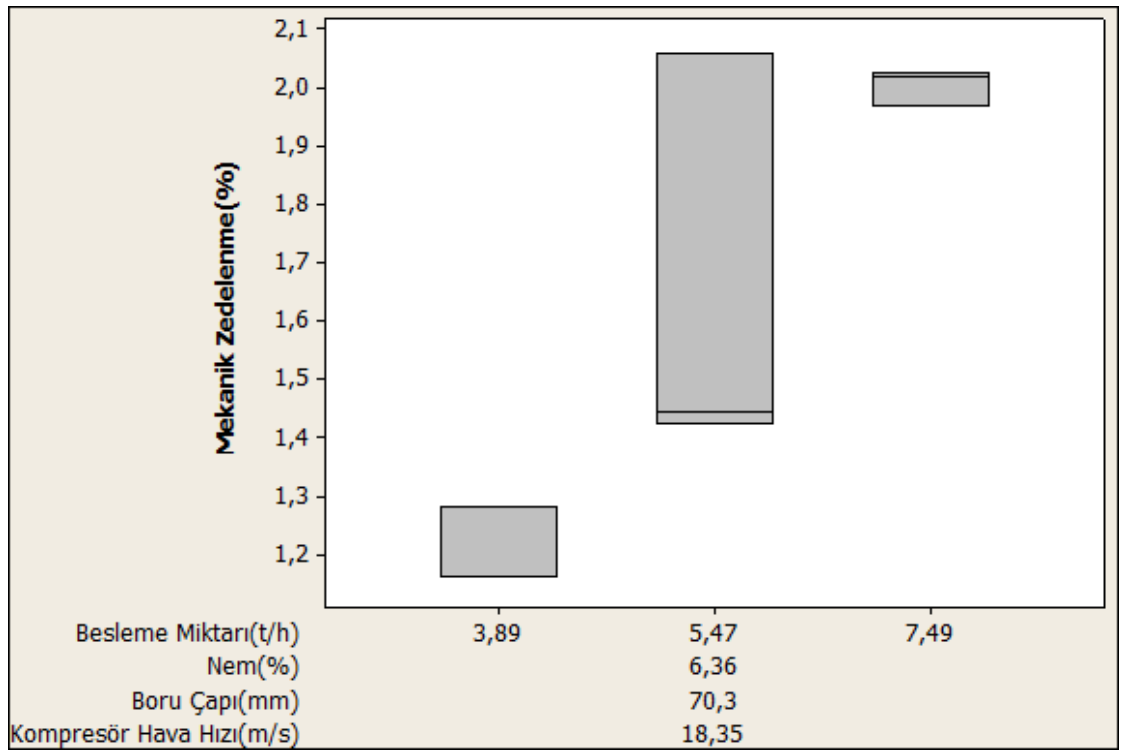


(b)

Şekil 5.94 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

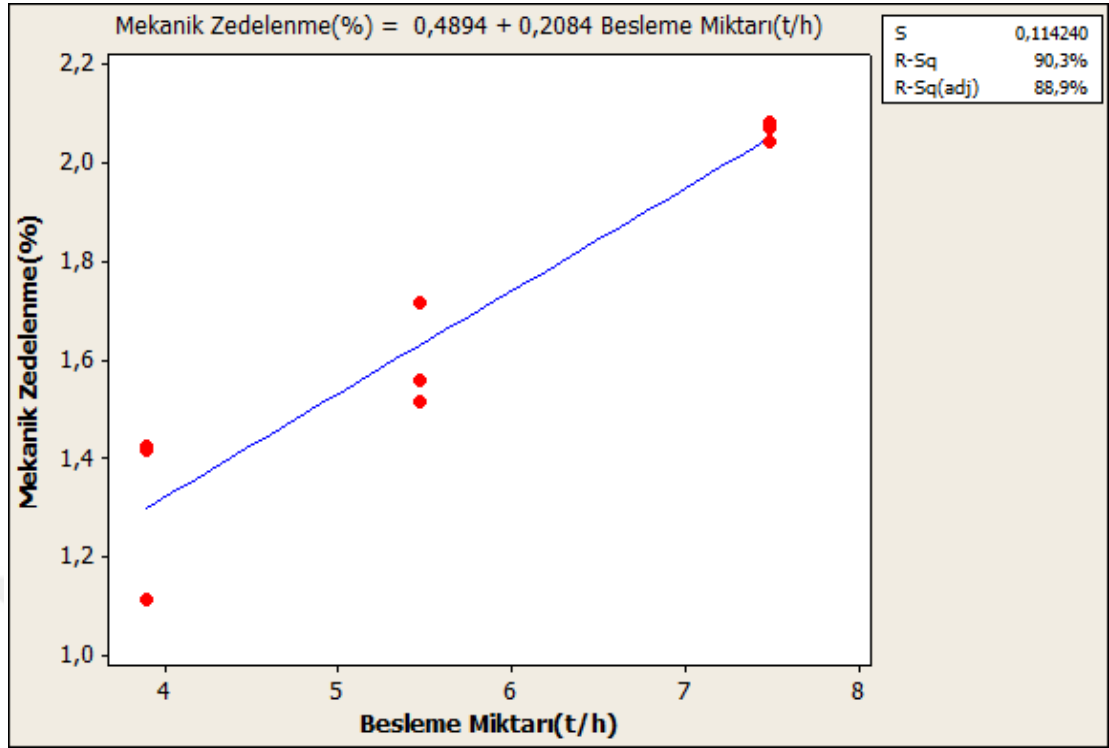


(a)

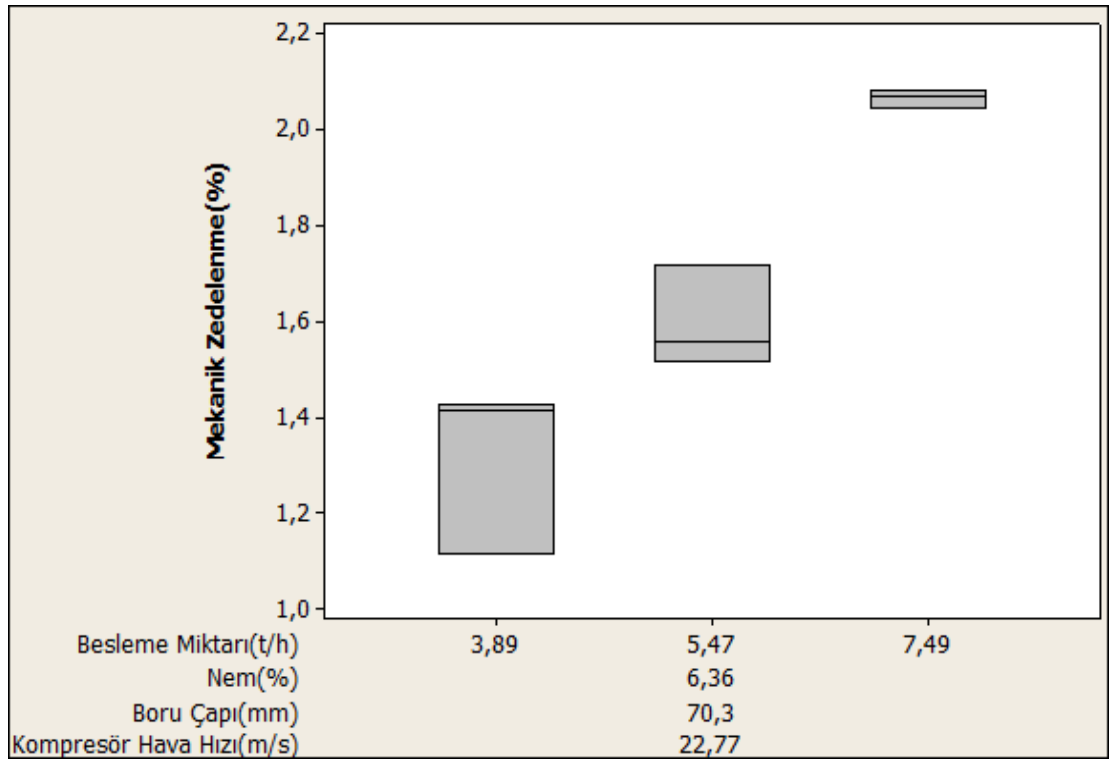


(b)

Şekil 5.95 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

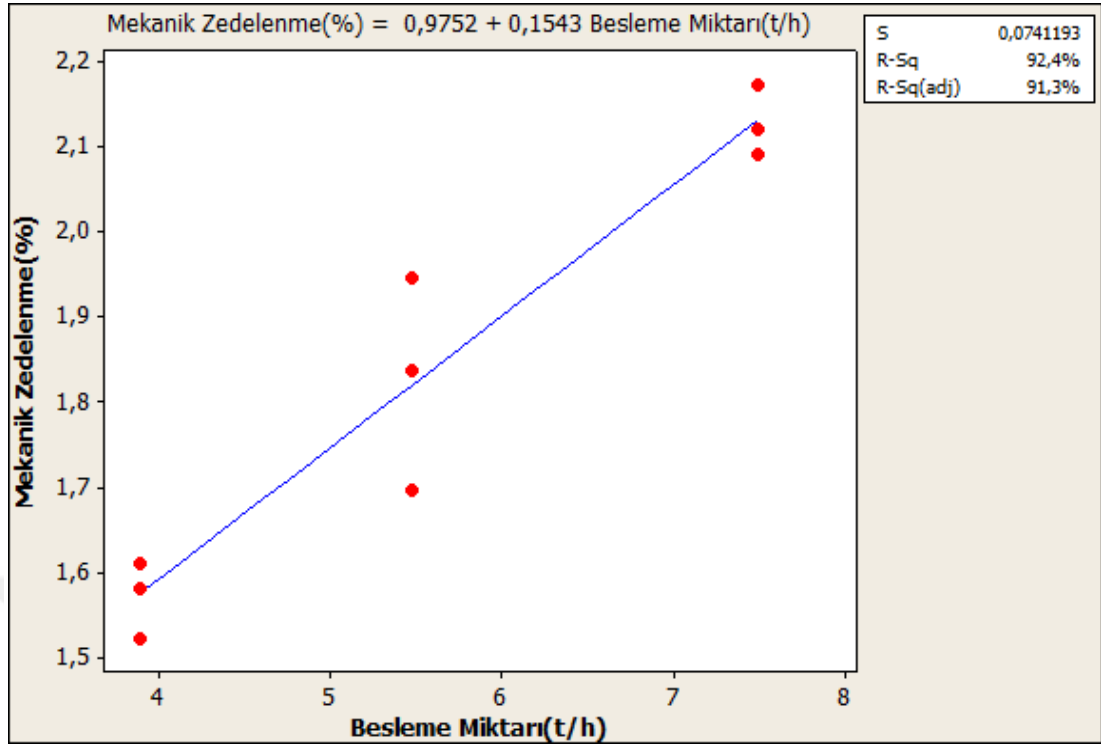


(a)

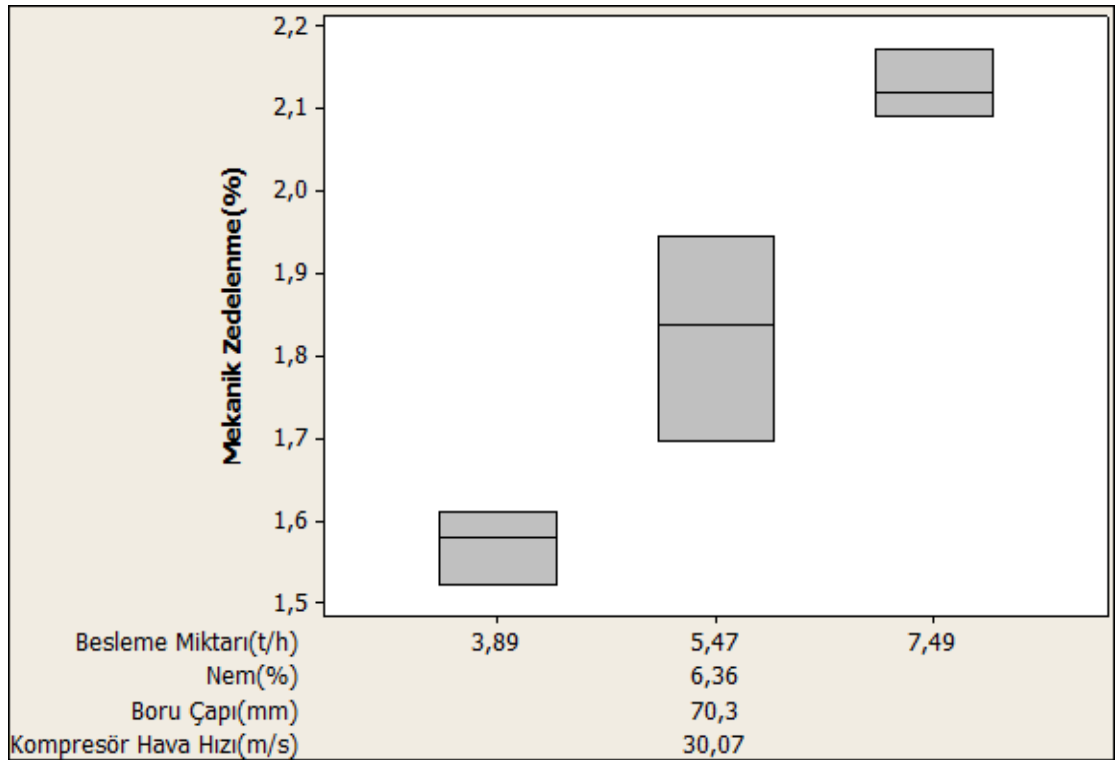


(b)

Şekil 5.96 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.97 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, % 6.36 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Sonraki kısıt olarak, 3 besleme debisi(B_d) kategorisine bağlı 70.3 mm çapta mekanik zedelenmelerin oluşumunu veren deneme bulgularının %16.54 nem ve 5 kompresör hava hızı kısıtları temelinde grafiksel ve istatistiksel analizleri ise Şekil 5.96, 5.89, 5.89, 5.89 ve 5.100’de ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu grafiksel ve istatistiksel analizlere dayalı belirlenen mekanik zedelenme oranlarını hesaplamaya olanak veren regresyon denklemlerinin ise aşağıya yazılı olarak dökümleri yapılmıştır.

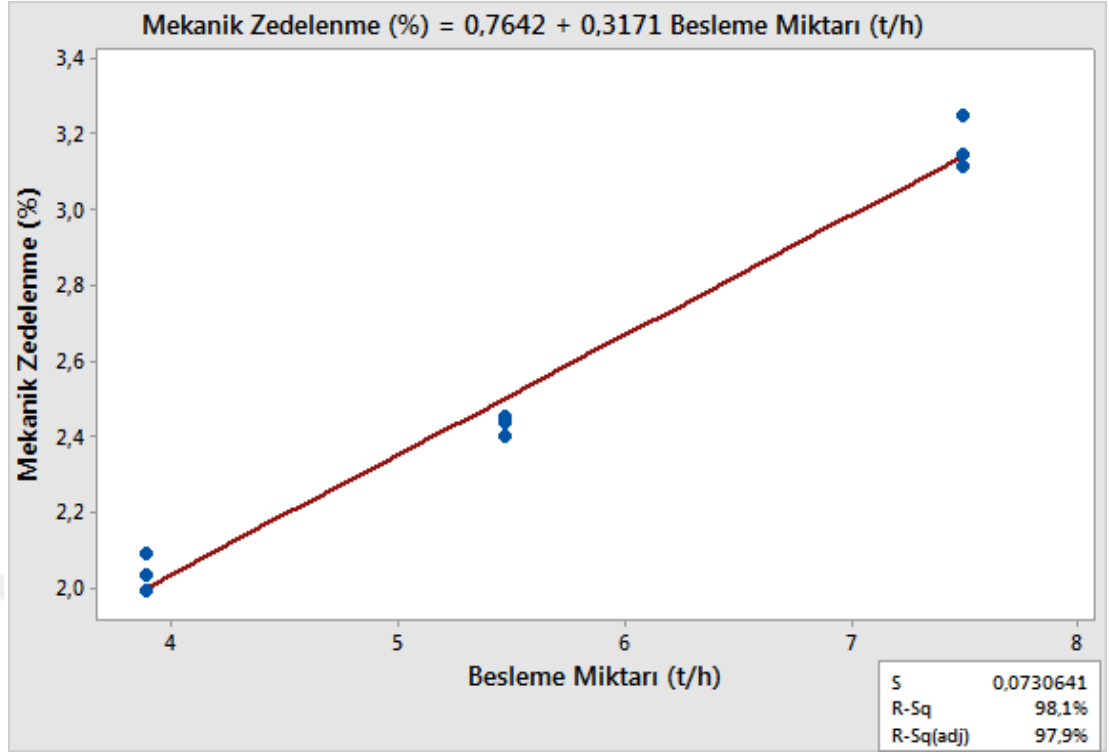
$$M_z = 0.3171B_d + 0.7642; R^2 = 98.1 \text{ [70.3 mm çap; 9.65 m/s komp. hava hızı; \%16.54 nem]}$$

$$M_z = 0.3325B_d + 0.9068; R^2 = 97.0 \text{ [70.3 mm çap; 13.98 m/s komp. hava hızı; \%16.54 nem;]}$$

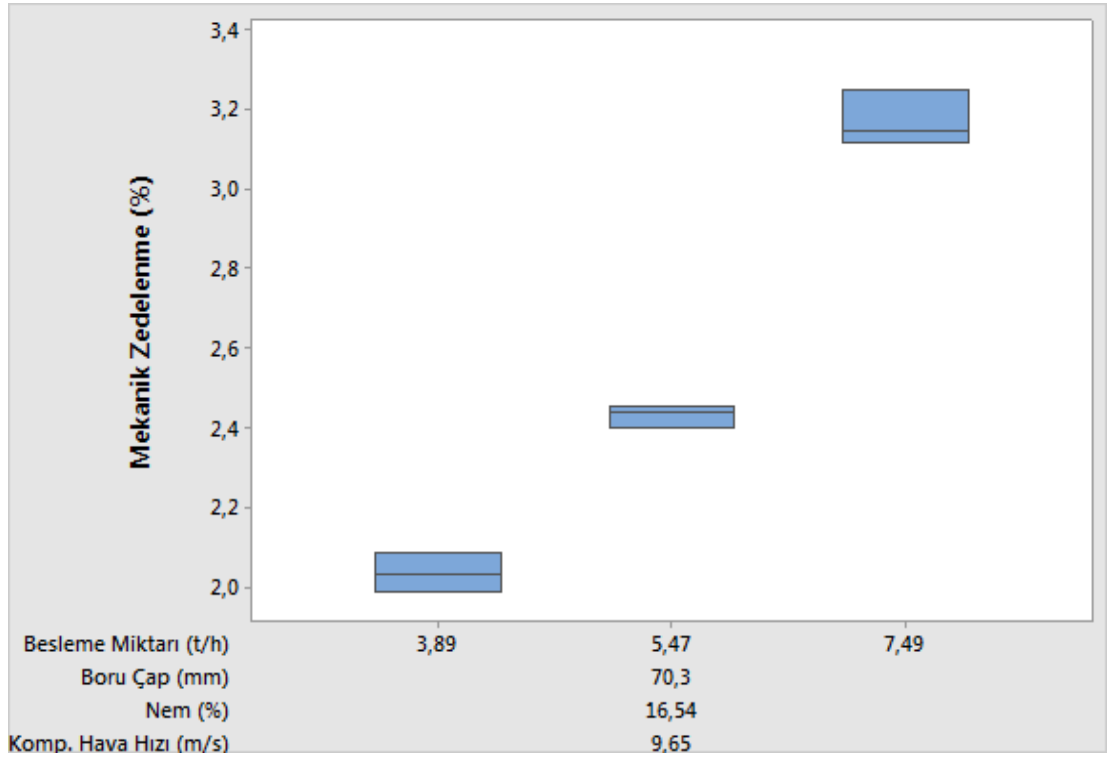
$$M_z = 0.3232B_d + 1.126; R^2 = 99.4 \text{ [70.3 mm çap; 18.35 m/s komp. hava hızı \%16.54 nem;]}$$

$$M_z = 0.3203B_d + 1.396; R^2 = 89.0 \text{ [70.3 mm çap; 22.77 m/s komp. hava hızı; \%16.54 nem]}$$

$$M_z = 0.3367B_d + 1.469; R^2 = 90.2 \text{ [70.3 mm çap; 30.07 m/s komp. hava hızı; \%16.54 nem]}$$

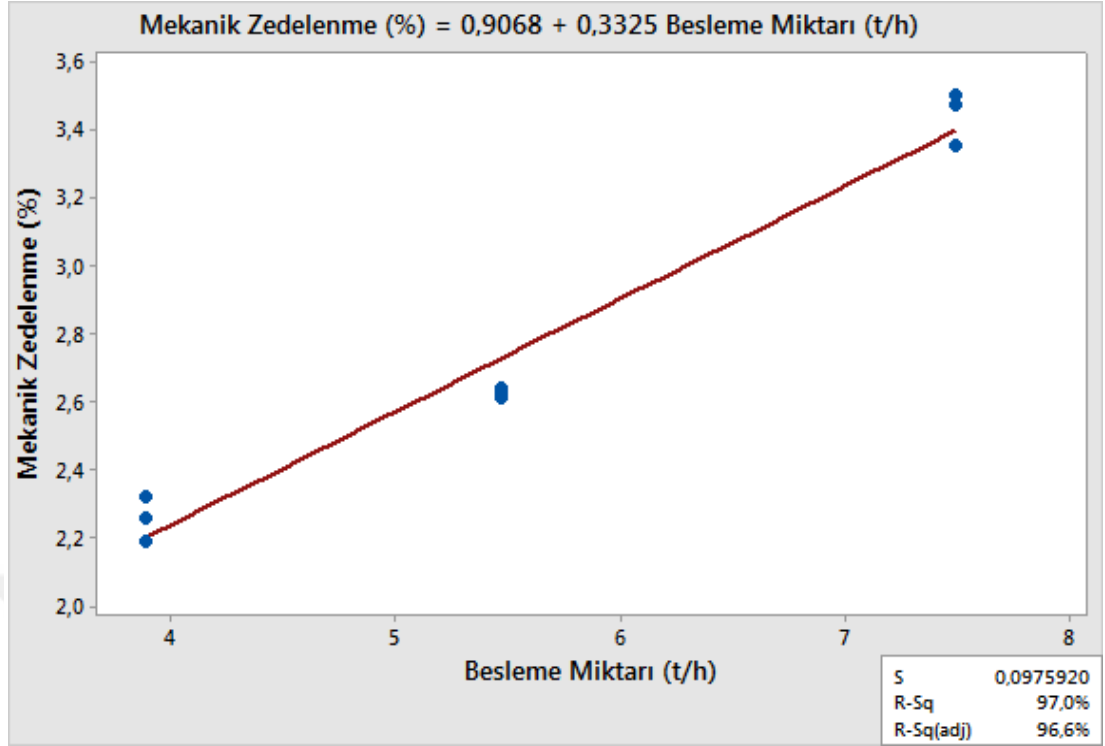


(a)

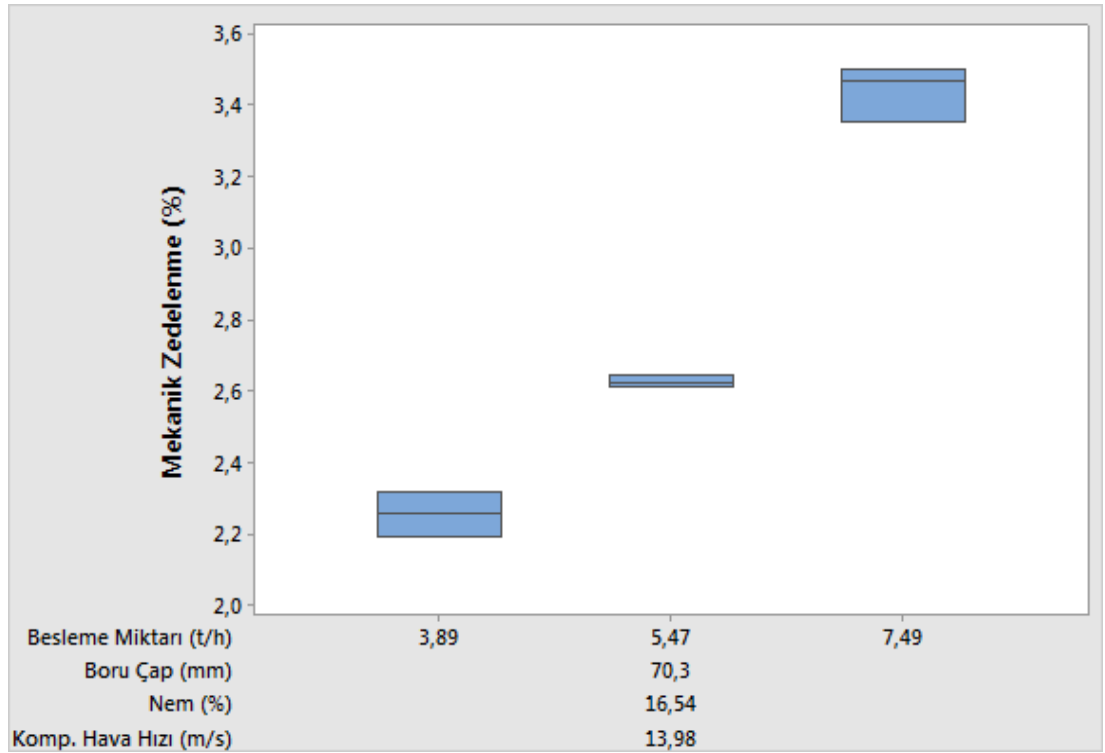


(b)

Şekil 5.98 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

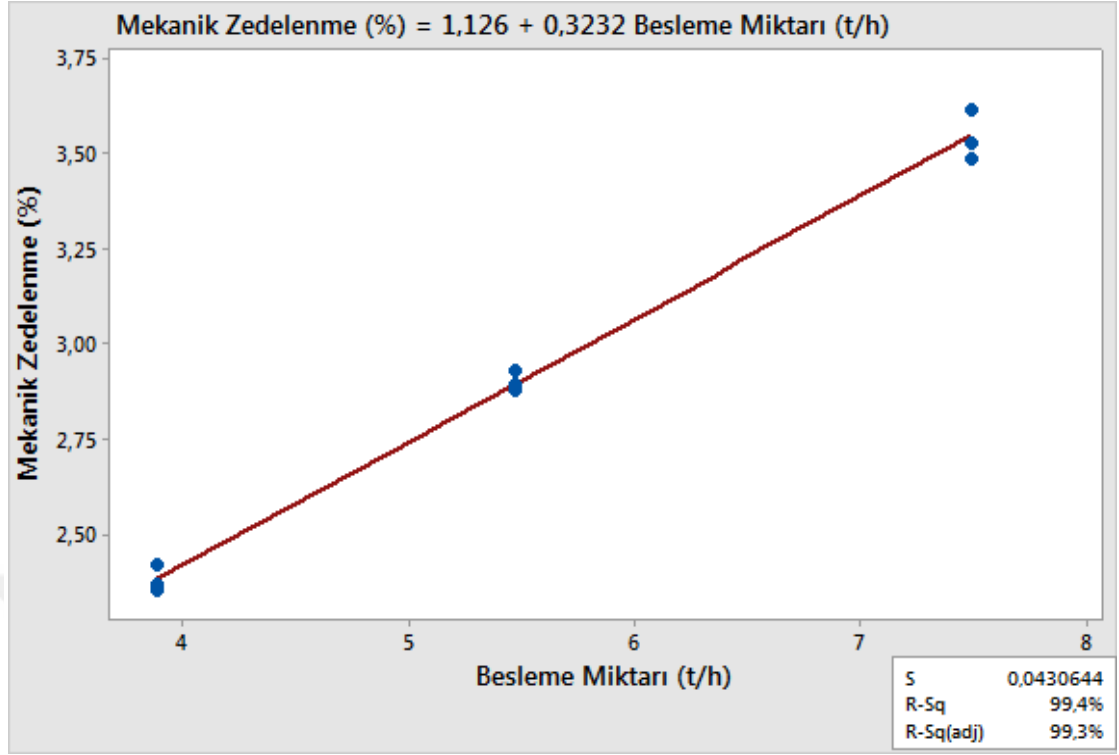


(a)

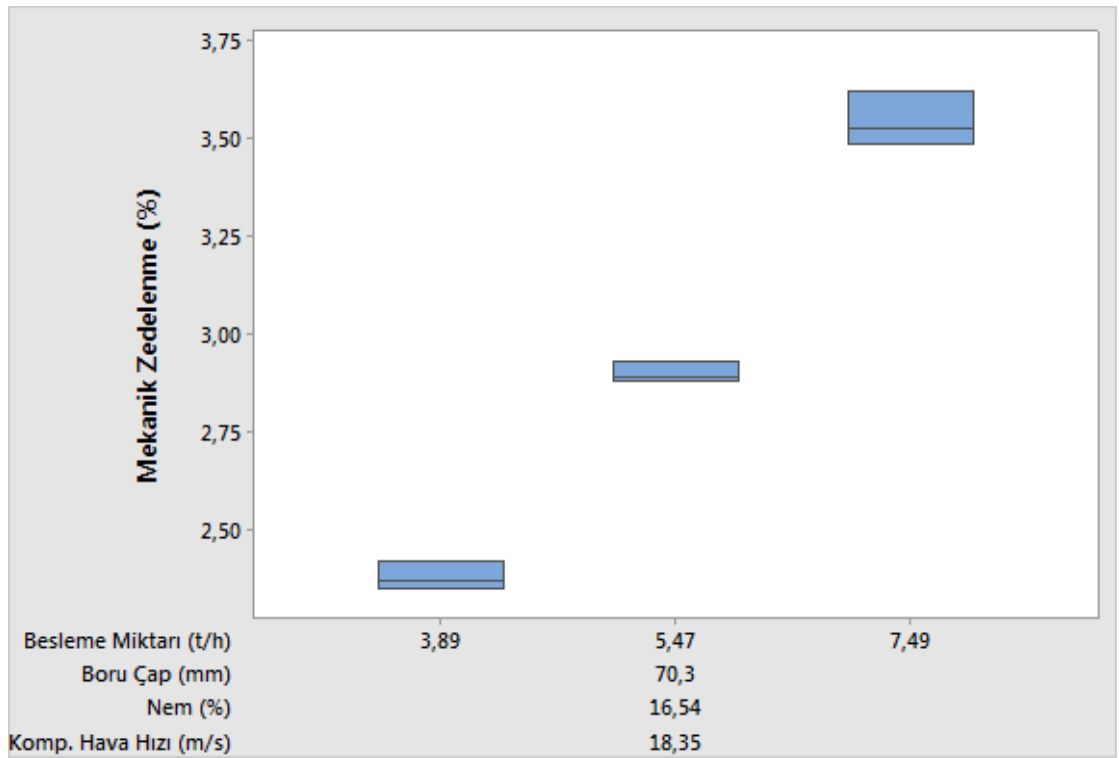


(b)

Şekil 5.99 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analiz-i-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

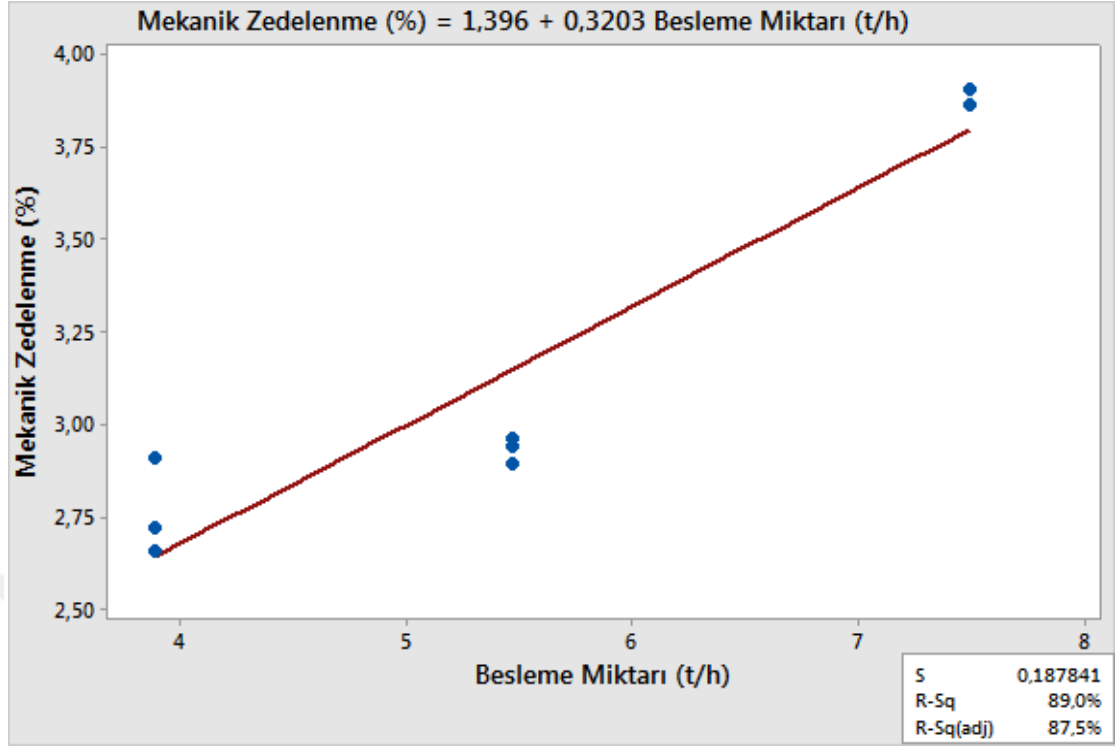


(a)

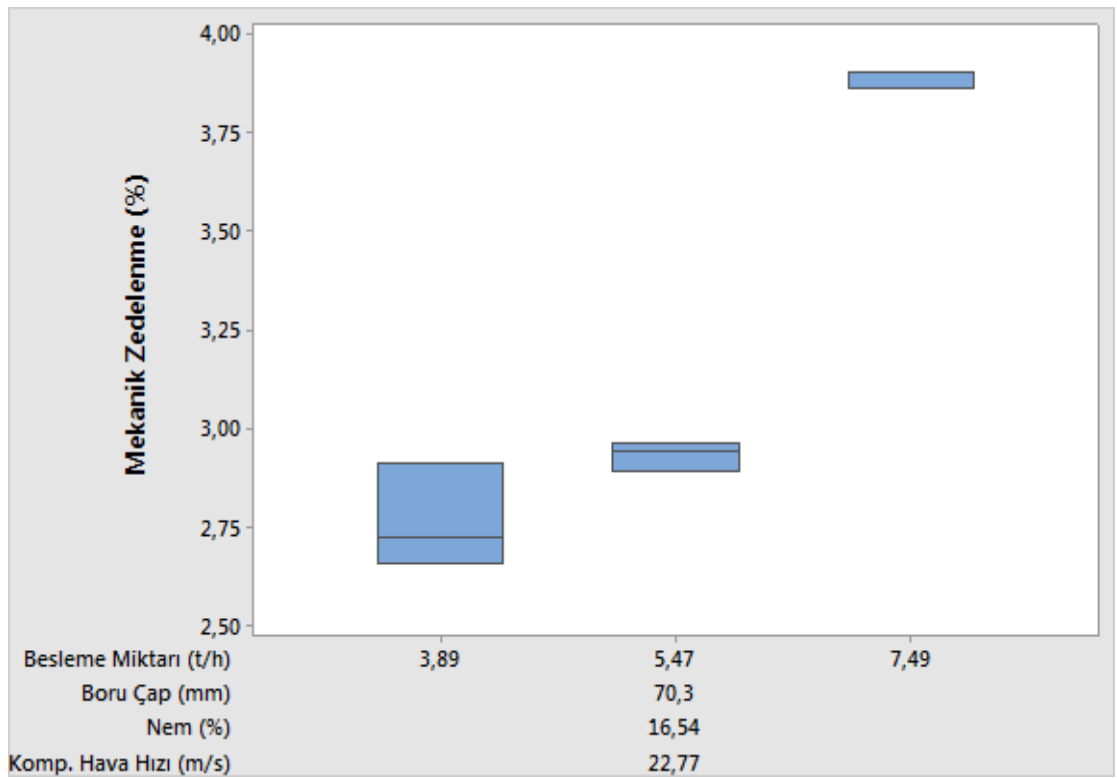


(b)

Şekil 5.100 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

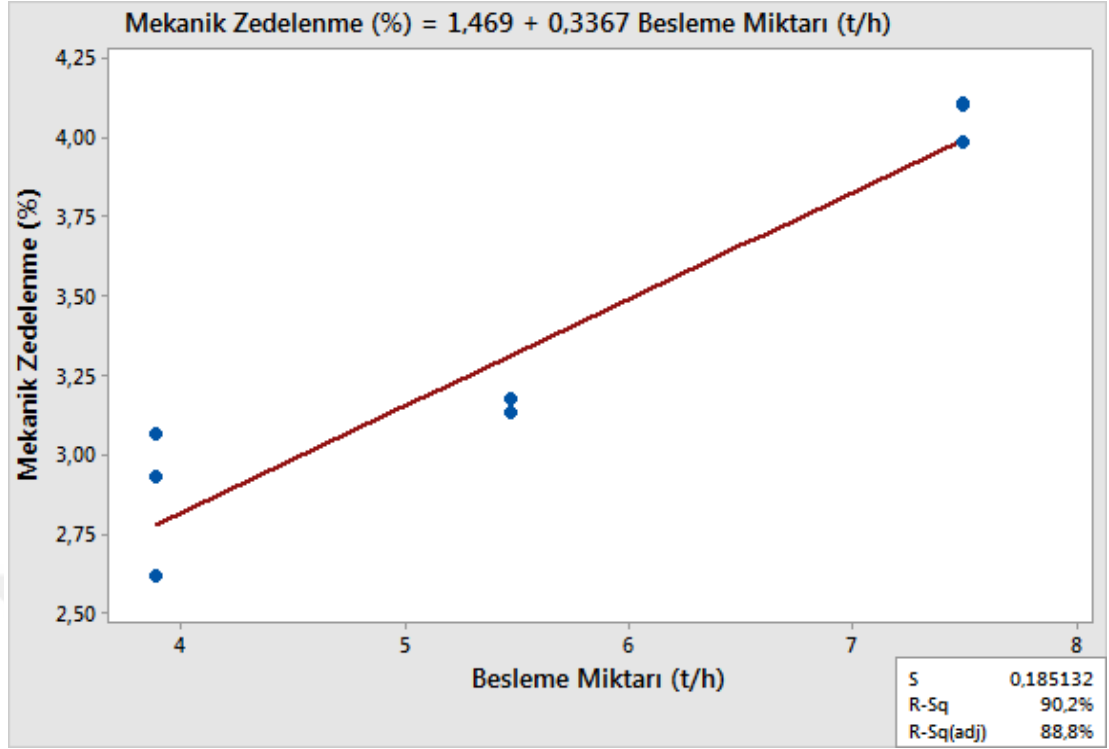


(a)

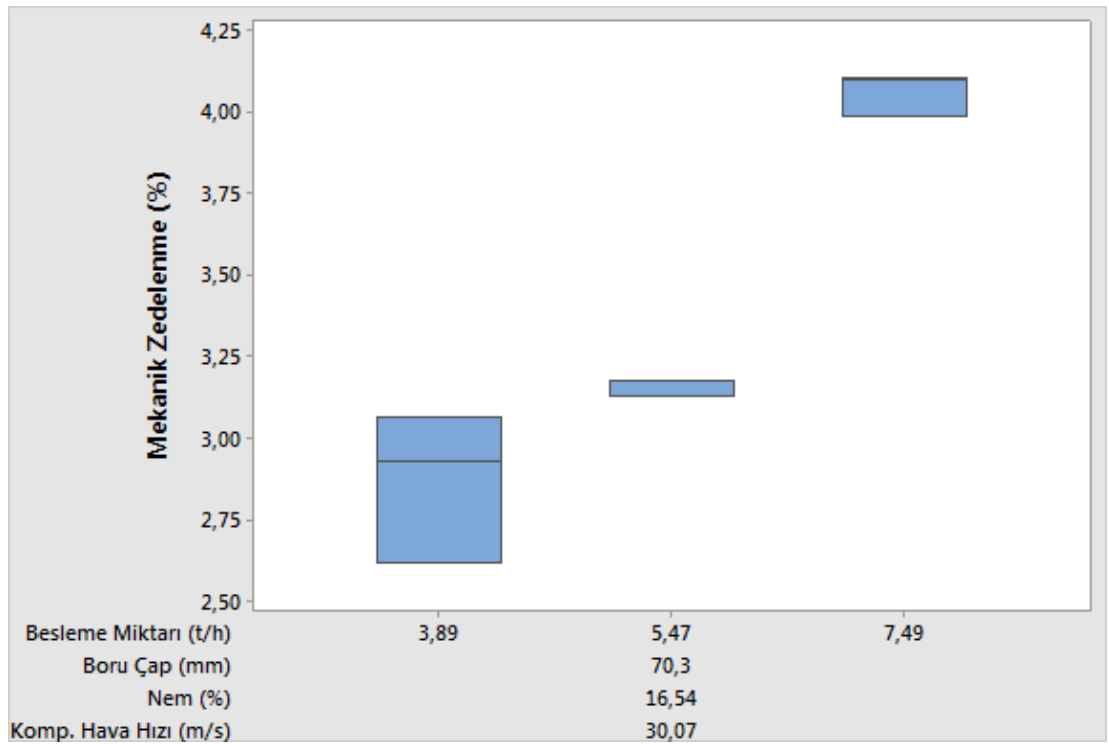


(b)

Şekil 5.101 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.102 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Son olarak, 3 besleme debisi(B_d) kategorisine bağı 70.3 mm çapta mekanik zedelenmelerin oluşumunu veren deneme bulgularının %25.94 nem ve 5 kompresör hava hızı kısıtları temelinde grafiksel ve istatistiksel analizleri ise Şekil 5.101, 5.102, 5.103, 5.104 ve 5.105’de ayrı ayrı gösterilmiştir. Bu grafiksel ve istatistiksel analizlere dayalı belirlenen mekanik zedelenme oranlarını hesaplamaya olanak veren regresyon denklemlerinin ise aşağıya yazılı olarak dökümleri yapılmıştır.

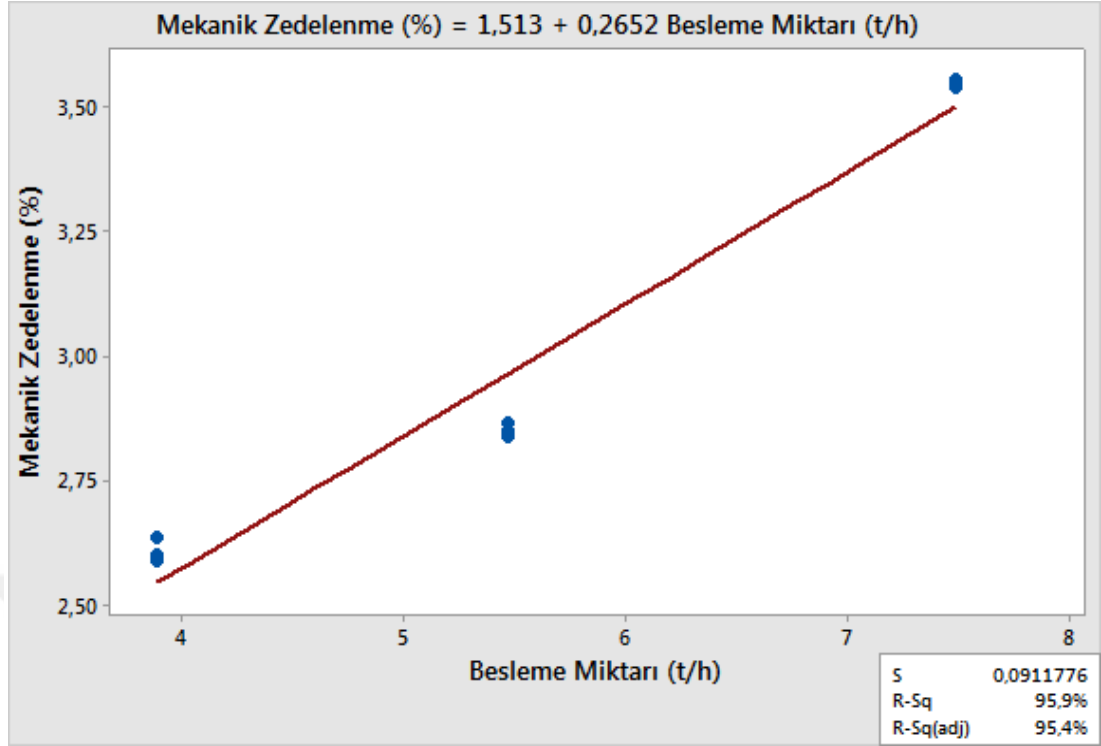
$$M_z = 0.2652B_d + 1.513; R^2 = 95.9 \text{ [70.3 mm çap; 9.65 m/s komp. hava hızı; \%25.94 nem]}$$

$$M_z = 0.1997B_d + 2.401; R^2 = 96.9 \text{ [70.3 mm çap; 13.98 m/s komp. hava hızı; \%25.94 nem;]}$$

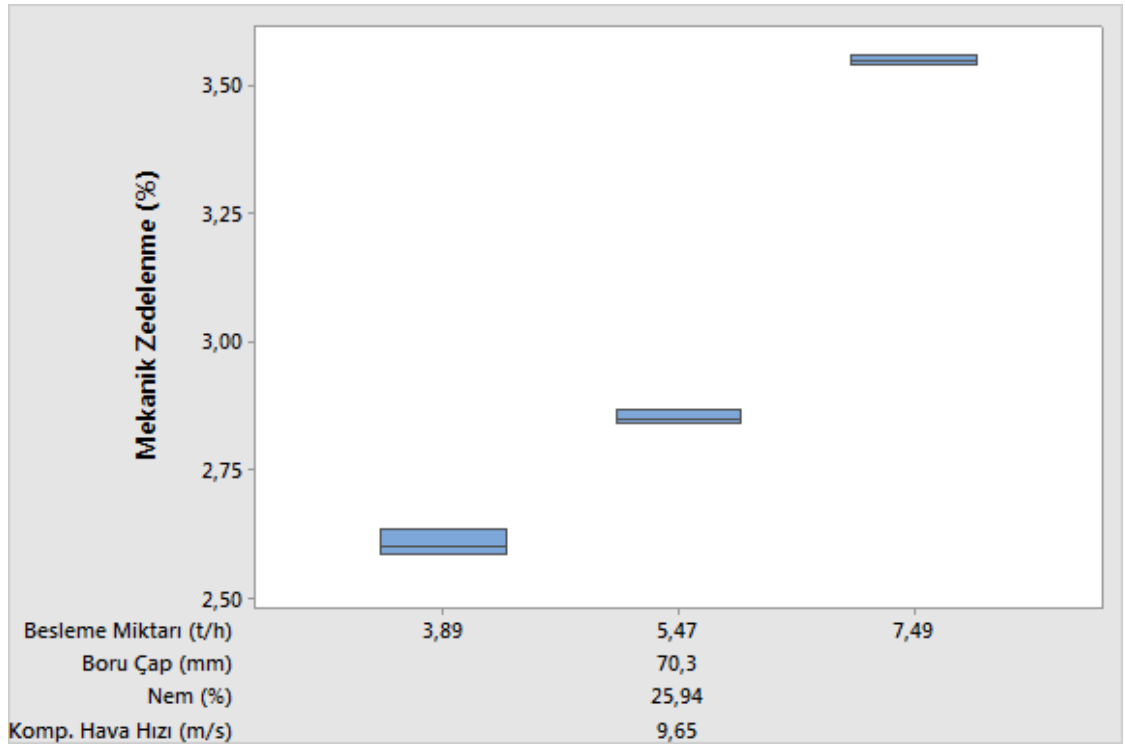
$$M_z = 0.2607B_d + 1.805; R^2 = 99.8 \text{ [70.3 mm çap; 18.35 m/s komp. hava hızı;\%25.94 nem;]}$$

$$M_z = 0.2576B_d + 2.493; R^2 = 95.8 \text{ [70.3 mm çap; 22.77 m/s komp. hava hızı; \%25.94 nem]}$$

$$M_z = 0.2724B_d + 2.627; R^2 = 98.2 \text{ [70.3 mm çap; 30.07 m/s komp. hava hızı; \%25.94 nem]}$$

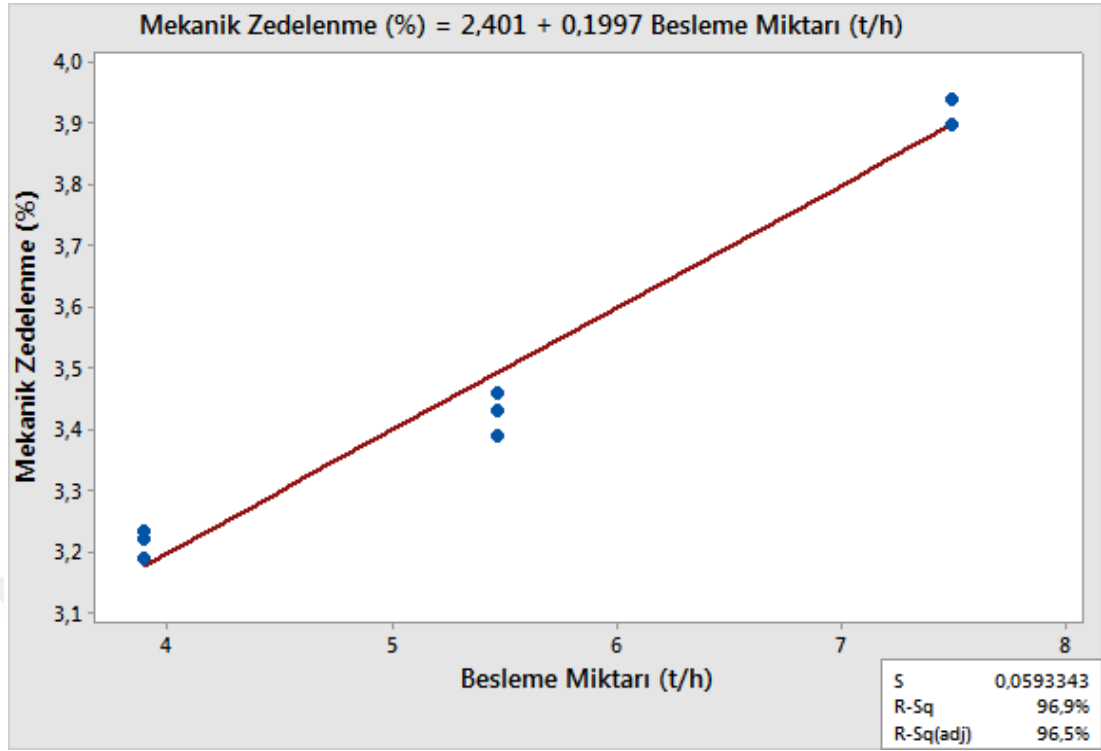


(a)

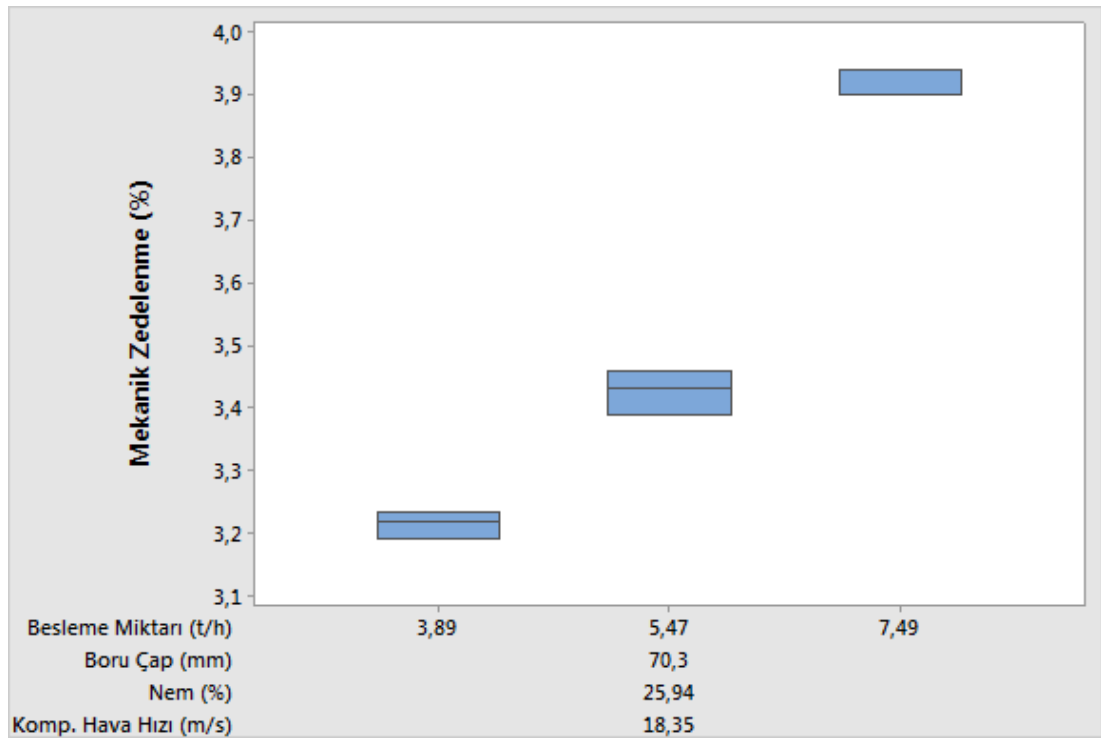


(b)

Şekil 5.103 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %16.54 nem ve 850 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

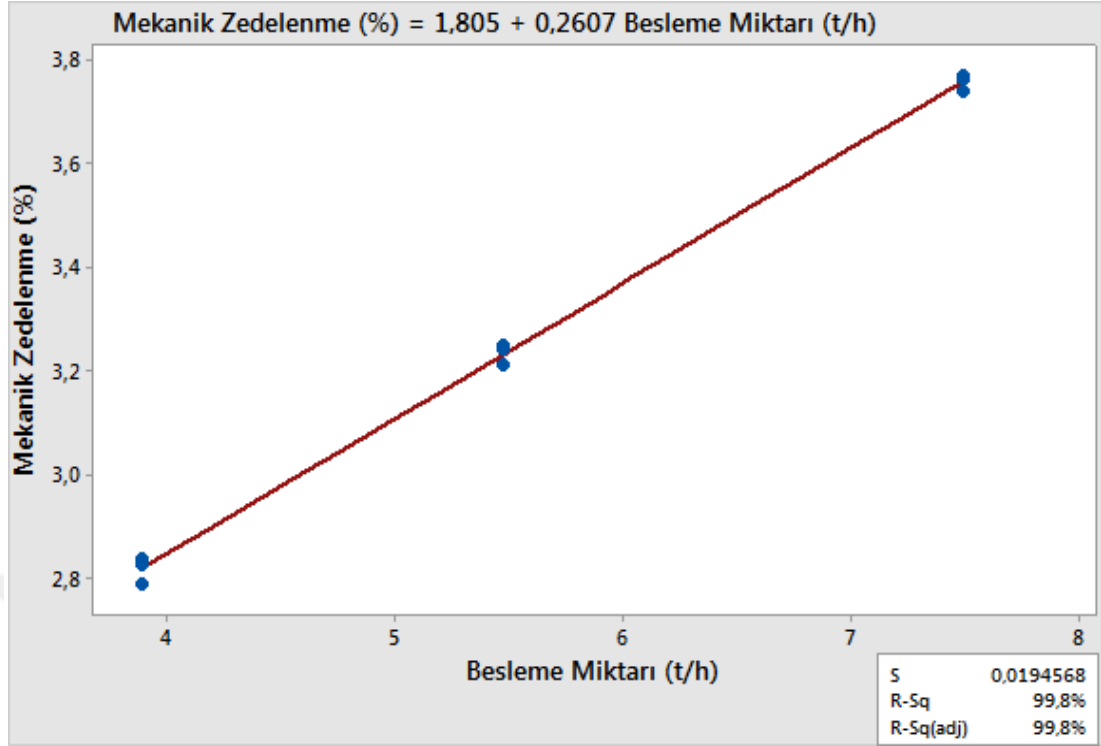


(a)

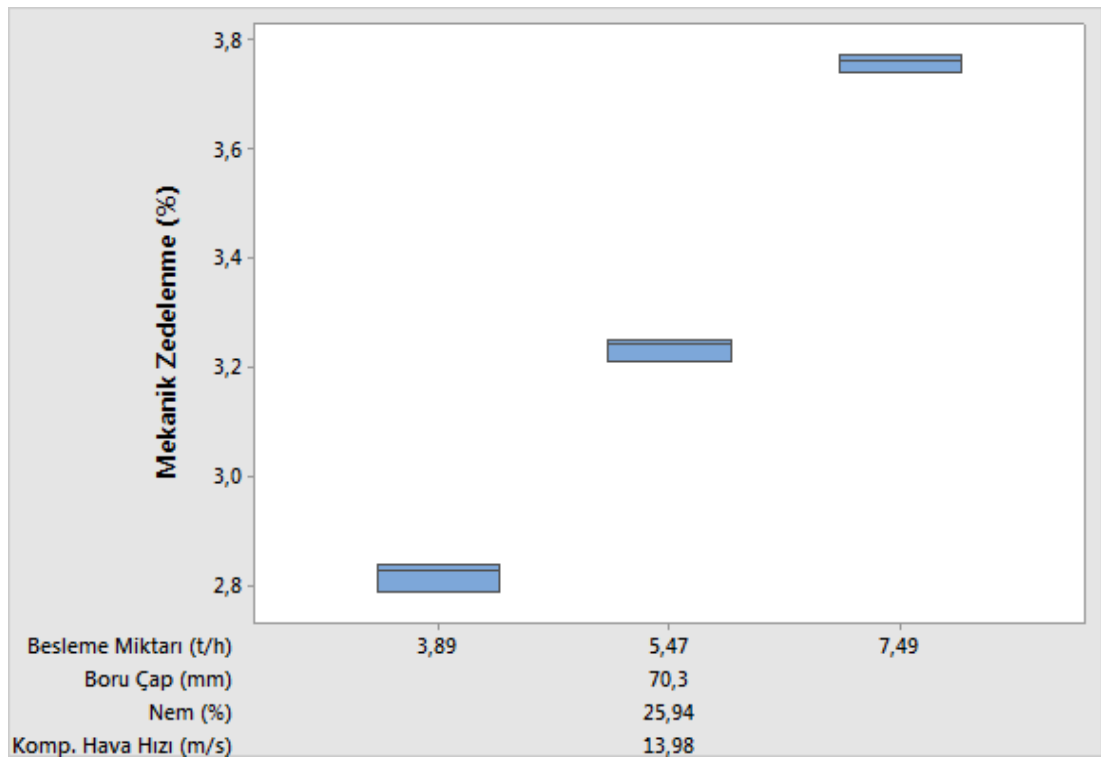


(b)

Şekil 5.104 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 1150 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

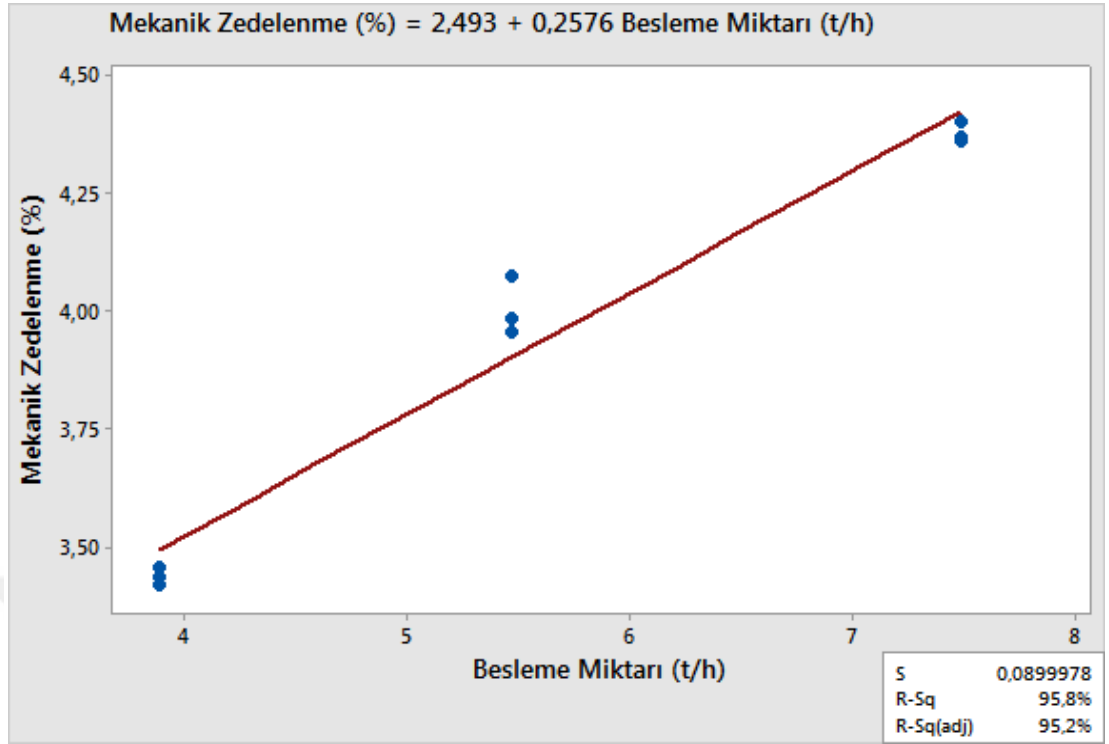


(a)

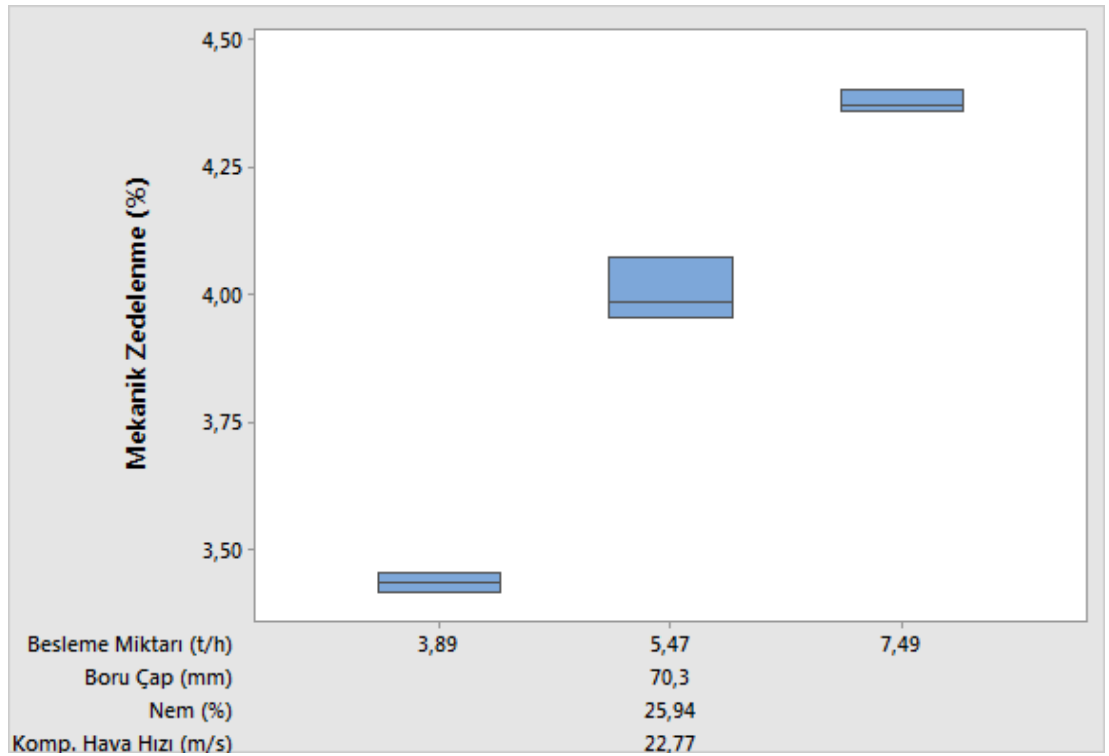


(b)

Şekil 5.105 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 1450 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

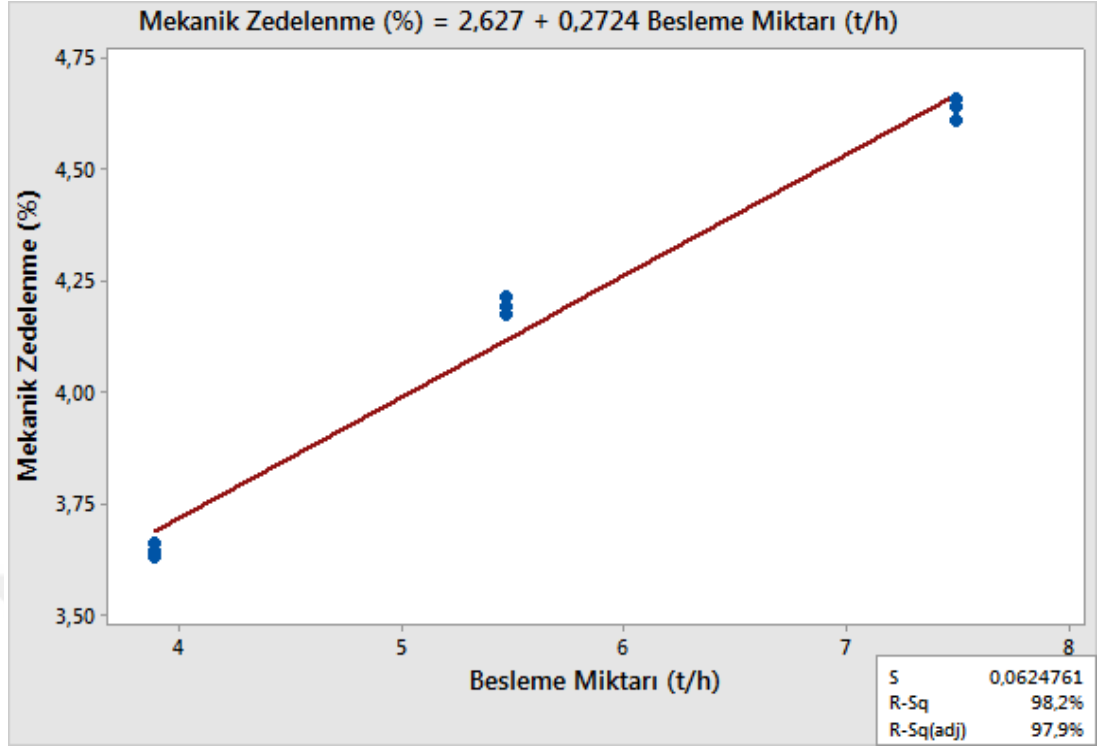


(a)

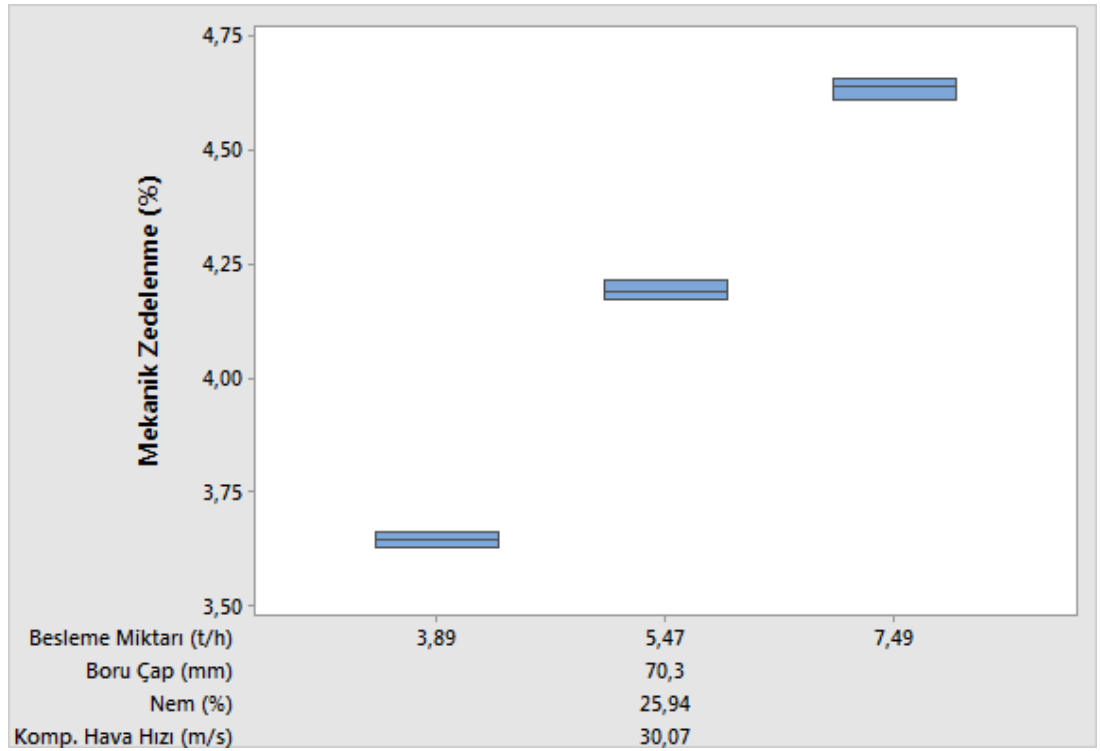


(b)

Şekil 5.106 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 1750 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)



(a)



(b)

Şekil 5.107 Farklı 3 besleme devri, 70.3mm çaplı boru, %25.94 nem ve 2250 d/d kompresör devrinde mekanik zedelenmenin çizgi grafiği analizi-fitted line plot (a) ve kutu grafiği analizleri-boxplot (b)

Chung (1973) tarafından 2 farklı nem içeriğindeki (%12 ve 20) dane mısırın 4 farklı hava hızlarındaki (3,960; 5,160; 6,000 ve 7,200 f.p.m) pnömatik iletimlerinde oluşan zedelenmeler araştırılmıştır. Bu çalışmayla, % 20 nem içerikli dane mısırın pnömatik iletimlerinde hava hızlarındaki artışlarla orantılı şekilde toplam zedelenmenin arttığı, ancak 5,400 f.p.m hava hızı karşılığında % 12 nemli dane mısırdaki toplam zedelenmenin keskin bir artış sergilediği belirtilmiştir. Bu yüzden düşük nemli dane mısırın pnömatik iletimlerinde aşırı zedelenmelerin önüne geçmek için iletim hava hızı değerlerinde 5,400 f.p.m.’nin üzerlerine çıkılmaması önerilmiştir.

Verma ve Chung (1993)’ın çalışmasında; 4 farklı hava/materyal karışım oranında, 5 farklı iletim hava hızının buğday, soya fasulyesi ve 2 farklı çeltik çeşidinin pnömatik iletiminde mekanik zedelenmeleri ile bu tür iletimlerdeki güç gereksinimlerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada; hava hızının mekanik zedelenmeye etkilerinin çeltikte mekanik zedeli danelerin miktarları üzerinde artış doğurma şeklinde olduğu, bununla birlikte iletimci hava hızları arasındaki farkın her iki çeltik çeşidi için düşük olduğu belirtilmiştir.

Kılıçkan ve Güner (2010) tarafından 54.5 ve 70.3 mm iletim boru çaplarında iletim hatlarıyla iletimlerinde pnömatik iletim karakteristikleri araştırılan nohuta verilen mekanik zedelenmenin her iki boru çapında da üfleyicinin devri arttırıldıkça arttığı ifade edilmiştir.

Ghafori vd. (2011)’nin mısır ve emme tip pnömatik iletim sisteminin kullanılarak mısır ve arpanın iletimlerinin araştırdıkları çalışmada; danelerin mekanik zedelenmelerinde hava hızındaki artışlarla doğru ilişkili yönde artışlar gözlemledikleri verilmiştir. Bu çalışmadan erişilen bulgulara dayanılarak 15 ton h⁻¹ iletim kapasitesinde mısır ve arpanın mekanik zedelenme düzeylerini aşağı çekmek için pnömatik iletimlerde sırasıyla hava hızlarının 20 ve 15 ms⁻¹’nin altına çekilmesi gerektiği belirtilmiştir.

5.6 Sonuçlar

Turan eşidi kanola tohumlarının neme bağlı fizikomekanik özellikleri üzerinde gerçekleştirilen bu araştırma çalışmaları, aşağıda sıralanan kestirimlere götürmektedir:

1. *Turan* eşidi kanola bitkisi tanelerinin fiziksel özellikleri, nem içeriklerinin bir fonksiyonu olarak sapmalar göstermiştir. Uzunluk, kalınlıkla birlikte genişlik, aritmetik ve geometrik ortalama çaplar, yüzey izdüşüm (projeksiyon) alanları, hacimleri, küresellik, basıklık ve eşdeğer küre çapları ki hepsi de kanola tohumu danelerinin fiziksel özelliklerinden boyutsal özellikleri olup, tümü de nem içerik düzeyleri ile birlikte kuadratik şekilde değişmişlerdir.
2. Araştırma çerçevesinde üzerinde durulan özellik bakımlarından yürütülen Varyans analizi sonucunda kanolanın boyutsal, hacimsel, kütlesel ve kinematik özelliklerinin değişikliğe uğrayacağı ve bu değişikliklerin de tesadüfi, bir hata ya da kasti bir işlem (maniplasyon) kaynaklı olmadığı gözlemlenmiştir($P \leq 0.001$).
3. Denemelerde başvurulan farklı yöntemlerle yapılan izdüşüm alanı belirlemelerinde elde edilen değerler; birbirlerini doğrular bulunmuştur. Bu durum; bilhassa tahribatsız ve hızlı sonuçlara götürebilen dijital bilgisayarlı görüntü işleme tekniklerinin kullanımının kanola gibi çok küçük boyutlu, üstelik yumuşak dokulu malzemelerle çalışmalarda ağırlık kazanacağını göstermiştir. Yumuşak dokulu, küçük tane malzemelerin sayısal mikrometre, kumpas gibi araçlarla boyut ölçümlerinin el - göz yordamlarıyla hasarsız gerçekleştirilmeleri zahmetli ve zaman alıcı olabilmektedir. Ayrıca kartezyen koordinat sisteminde  düzlemde farklı iz düşüm alanları gösterebilen karmaşık yüzeyli tanecikler için tek düzleme dayalı sayısal görüntü işleme tekniği ile izdüşüm alanı belirlemelerinde bazı kısıtlar olabileceği de dikkatlerden uzak tutulmamalıdır.
4. Tohum nem içerikleri artışı karşısında hacim ağırlığındaki değişim; kuadratik azalış trendi üretmiş, buna mukabil kanola tohumlarının zgl kütlesi (gerçek

yoğunluğu) doğrusal olmayan ikinci derece eğilim eğrisi izlemiştir. Ölçülen porozite; ikinci mertebe değişim trendi eğrisi ortaya koyan, % 38.27'den % 42.22'e doğru değişim gösteren değerleri almıştır. Öte yandan bu deneysel araştırma çalışmasıyla incelemeye tabi tutulan kanola tohumu tanelerinin terminal hızlarının onların nem içeriklerindeki değişimlere karşı kuadratik bir değişim seyri izleyeceği sonucu bulunmuştur.

5. % 6.36' lık doğal nemin üzerinde (% 16.54 ve 25.94) materyalinin 40.3 mm ve 54.5 mm çaplı borularla iletimlerinde yapışma, öbekleşme ve sıkışmaların etkisiyle aksamalar oluşmuş, veri eldesi mümkün olamamıştır. Bu nedenle % 16.54 ve % 25.94 (y. b.) nemdeki materyal iletim denemeleri 70.3 mm boru çapında sürdürülmüş ve denemeler bu çıktılar üzerinden değerlendirilmiştir.
6. Bu çalışma; kanolanın doğal depolama nem içeriklerinden (%6-10) daha yüksek nem içeriklerinde ve 70 mm'den daha dar çaplı borularla pnömatik iletilebilirliklerinde, tanelerin fizikomekanik etkilere karşı duyarlılıklarında gelişen artışlar dolayısıyla ciddi düzeylerde riskler oluştuğunu göstermiştir. Öyle ki %16.54 ve 25.94 nem içerikli tane kanola materyalinin 43.1 ve 54.5 mm çaplı borularla pnömatik iletilebilirliklerinde herhangi bir türlü yargıya götürebilecek değer ölçümleri dahi alınamamıştır.
7. Genel bir ifade ile sistem içerisinde iletici işlevi gören hava hızındaki artışlara bağlı basınç düşüşlerinde artışlar oluşmaktadır. Güç tüketimlerinin de benzer yönde iletim hava hızında artış kaydedilmesiyle birlikte artış eğilimine girdiği değerlendirilmiştir.
8. İletim hattında basınç kaybına kaynaklık eden üç temel etken işlev görmektedir. Bunlar; hava – boru etkileşim direnci, iletim hattına verilen malzemenin akış hızını kesen materyal – boru etkileşim dirençleri, malzeme taneciklerinin kendi aralarındaki çarpışma, yapışma, tutunma, sürtünme, çökme ve saptırma gibi öz etkileşim dirençleri şeklinde gözlemlenmektedirler.

Denemelerden elde edilen sonuçlar çerçevesinde salt hava iletiminde basınç düşümü sistem içerisinde akan havanın karesi ile orantılı bir artan yönlü değişim sergilediği dikkate alındığında, basınç düşümünü en azada tutabilmek için hava hızının olabildiğince küçük seçilmesi ve sistem içerisindeki yön saptırışların en az sayıda tutulmasına özen gösterilmesi önem arz etmektedir. Diğer taraftan iletim hattı boruları içerisindeki kontrolleri son derece güçlü gösteren materyal öz etkileşim dirençleri ile nispeten daha kolay kontrol edilebilir durumdaki materyal – iletim boruları arasındaki etkileşim dirençlerini en aza çekebilmek için de akış rejimi ile boru malzemesinde uygun seçimler gerçekleştirebilmek gerekmektedir. Genel bir davranış eğilimi olarak ise materyal öz etkileşim dirençleri kaynaklı basınç düşümlerinin pnömatik iletimde, artan hava miktarı ve hızına bağlı olarak materyalin kendi iç temasları yüksek düzeylerde kesileceği ve öz etkileşim dirençleri kaybolacağı için hava hızındaki artışla azalan yönlü bir gidişat sergilemesi beklenir. Bu etkileşim nedeniyle de hava hızının olabildiğince yüksek seçilmesi gerekecektir. Bununla birlikte, materyal ile iletim borusu yüzeyleri arasındaki etkileşim dirençleri kaynaklı basınç düşümleri ise hava hızındaki ve boru malzemesinin pürüzlülük derecesindeki artışında etkisiyle birlikte artış gösterdiğinden basınç düşümünü en aza çekebilmek için yine hava hızının olabildiği kadar düşük ve boru çapının ise büyük seçilmesi gerekir. Bu üç temel değişken altında yapılacak bir optimizasyon uygulamasıyla pnömatik sistem tasarımına gidilmesi; işletme performansını maksimize, maliyetleri minimize etmede temel yaklaşımı oluşturur.

9. Kanola gibi yağ içeriği ve yapışkanlaşma olasılığı yüksek dane malzemelerin doğal depolama nem içeriklerinden yüksek nemlerde (%16.54 ve 25.96 gibi) pnömatik iletimlerinin teknik ve ekonomik olarak verimli ve işlevsel neticelere götürmeyeceği gözlemlenmiştir. Benzer biçimde, doğal depolama değerlerinden yüksek nem içerikleriyle bu tür ürünlerin pnömatik iletimleri için tesisler tasarlanmasında iletim boru çaplarının mümkün olduğu durumlarda 70 mm' den büyük seçilmesinin ekonomik bir işletme sağlayacağı değerlendirilmektedir.

10. Bununla birlikte, doğal depolama nem içeriklerinde ürünlerin pnömatik iletimlerinin daha düşük mekanik zedelenmeler getireceği denemelerden anlaşılmaktadır. Şöyle ki ortalama mekanik zedelenme değerleri; 70.3 mm çap ($\emptyset$), %6.36 nem, 5 kompresör hava hızı (850, 1150, 1450, 1750 ve 2250 d/d) ve 3.89 t/h besleme debileri (B_d) ile iletimlerde sırasıyla %0.92, 1.19, 1.20, 1.32 ve 1.57; 5.47 t/h B_d 'nde iletimde %1.19, 1.32, 1.37, 1.60 ve 1.83 ve 7.49 t/h B_d 'nde iletimde ise 1.60, 1.84, 1.96, 2.07 ve 2.33 hesaplanmışken 70.3 mm çap ($\emptyset$), %16.54 nem, 5 kompresör hava hızında ve 3.89 t/h besleme debileri (B_d) ile iletimlerde sırasıyla %2.04, 2.26, 2.38, 2.76 ve 2.87; 5.47 t/h B_d 'nde iletimde %2.43, 2.63, 2.90, 2.93 ve 3.19 ve 7.49 t/h B_d 'nde iletimde ise %3.17, 3.44, 3.54, 3.85 ve 4.06 olarak bulunmuş ve 70.3 mm çap ($\emptyset$), %25.94 nem, 5 kompresör hava hızında ve 3.89 t/h besleme debileri (B_d) ile iletimlerde de sırasıyla %2.61, 2.82, 3.22, 3.44 ve 3.65; 5.47 t/h B_d 'nde iletimde 2.85, 3.23, 3.43, 4.00 ve 4.19 ve 7.49 t/h B_d 'nde iletimde ise %3.55, 3.76, 3.93, 4.38 ve 4.64 şeklinde elde edilmiştir.

11. Nem içeriklerindeki artışlarla basınç düşümlerinin ve güç gereksinimlerinin yükselme davranışına gireceği görülmüştür. Bunun da pnömatik iletim tesisi işletme maliyetlerinde artışlara kaynaklık edeceği değerlendirilmektedir. Ortalama güç gereksinimleri bu çalışma kapsamında aşağıdaki gibi gözlemlenmiştir:

Materyal %6.36 nem, 43.1 mm çap, 3.89, 5.47 ve 7.49 t/h besleme debileri (B_d) ile 850 d/d kompresör hava hızında (V_h) iletilirken ortalama güç gereksinimleri sırasıyla 1.61, 1.62 ve 1.71 kW; 1150 d/d V_h 'da 2.11, 2.27 ve 2.50 kW; 1450 d/d V_h 'da 2.44, 2.49 ve 2.81 kW; 1750 d/d V_h 'da 3.15, 3.35 ve 3.54 kW ve 2250 d/d V_h 'da 3.69, 3.88 ve 4.18 kW olmuştur.

%6.36 nem, 54.5 mm çap, 3.89, 5.47 ve 7.49 t/h besleme debileri (B_d) ile 850 d/d V_h 'da iletilirken ortalama güç gereksinimleri sırasıyla 1.14, 1.14 ve 1.18 kW; 1150 d/d V_h 'da 1.16, 1.34 ve 1.35 kW; 1450 d/d V_h 'da 1.38, 1.47 ve 1.52 kW; 1750 d/d V_h 'da 1.81, 1.99 ve 2.02 kW ve 2250 d/d V_h 'da 2.78, 2.82 ve 3.03 kW olmuştur.

%6.36 nem, 70.3 mm çap, 3.89, 5.47 ve 7.49 t/h besleme debileri (B_d) ile 850 d/d Vh'da iletilirken ortalama güç gereksinimleri sırasıyla 1.03, 1.14 ve 1.16 kW; 1150 d/d Vh'da 1.23, 1.26 ve 1.30 kW; 1450 d/d Vh'da 1.42, 1.46 ve 1.51 kW; 1750 d/d Vh'da 1.66, 1.73 ve 1.77 kW ve 2250 d/d Vh'da 2.58, 2.62 ve 2.69 kW olmuştur.

%16.54 nem, 70.3 mm çap, 3.89, 5.47 ve 7.49 t/h besleme debileri (B_d) ile 850 d/d Vh'da iletilirken ortalama güç gereksinimleri de sırasıyla 1.12, 1.17 ve 1.18 kW; 1150 d/d Vh'da 1.26, 1.28 ve 1.30 kW; 1450 d/d Vh'da 1.46, 1.49 ve 1.52 kW; 1750 d/d Vh'da 1.70, 1.75 ve 1.78 kW ve 2250 d/d Vh'da 2.60, 2.65 ve 2.70 kW olmuştur.

%25.94 nem, 70.3 mm çap, 3.89, 5.47 ve 7.49 t/h besleme debileri (B_d) ile 850 d/d Vh'da iletilirken ortalama güç gereksinimleri sırasıyla 1.15, 1.19 ve 1.20 kW; 1150 d/d Vh'da 1.28, 1.30 ve 1.34 kW; 1450 d/d Vh'da 1.48, 1.51 ve 1.52 kW; 1750 d/d Vh'da 1.73, 1.82 ve 1.80 kW ve 2250 d/d Vh'da 2.61, 2.71 ve 2.76 kW olmuştur.

12. Denemelerden elde edilen terminal/kritik hız bulgularına dayalı yapılan hesaplamalar ışığında kanolanın pnömatik iletimlerinde iletim borularından akışların laminar akış şeklinde gerçekleşme sergileyeceği anlayışına varılmaktadır.

13. Denemeler neticesinde % 6.36 – 16.54 ve 25.94 nem içeriklerinde kanola taneleri için sürüklenme katsayıları sırasıyla 0.54, 0.47 ve 0.40 değerleri şeklinde hesaplanmıştır. Bu değerler temelinde kanola tanelerinin pnömatik iletimlerinde tesis tasarımında nem içeriklerindeki artışlarla birlikte iletimleri için gereksinim duyulacak enerji ve g harcamalarının da artacağı yargısı oluşmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akkoç, H., Arun, N. 1995. Pnömatik İletim. II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı. 277-316. MMO. İzmir.
- Anonim. 2014a. (<http://www.inotekscrew.com/kapak03.pdf>)
- Anonim. 2014b. (<http://www.sistemendustriyel.com.tr/>.)
- Anonim. 2016. (<http://www.minganhavalandirma.com/u/toz-toplama-sistemleri-13.html>.)
- Anonim. 2007. (www.ontrol.com.tr/pdf/diger/db-507dt-e.pdf)
- Anonim. 2017a. (<http://www.der-san.com/havali-tas%CC%A7ima-sistemleri/>)
- Anonim. 2017b. (<http://www.millteknoloji.com/urunler/46-aspirasyon-ve-filtreleme/19-pnomatik-fan>). Erişim: 14.03.2017.
- Anonim. 2017c. (<http://www.tkmmakina.com.tr/tr/siklon.html>). Erişim: 14.03.2017.
- Anonim. 2017d. (<http://www.duramakina.com.tr/salyangoz.html>). Erişim: 14.03.2017.
- Anonim. 2017e. (<http://www.yeniaymotor.com/urundetay.1733.PKT%20Fanex%20Galvaniz%20Kanal%20Tipi%20Aksiya%20Fanlar.html>). Erişim: 15.03.2017.
- Anonim. 2017f. (<http://www.guctay.com.tr/urun-detay.asp?id=33>). Erişim: 11.03.2017.
- Anonim. 2018. TÜİK. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Web sitesi: (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001). Erişim: 01.03.2019.
- Anonymous. 2008. Biology of Brassica Napus L. (Canola). Version 2. Australian Government. Office of Gene Technology Regulator (OGTR). February 2008. [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola-3/\\$FILE/biologycanola08_2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola-3/$FILE/biologycanola08_2.pdf). Erişim Tarihi: 16.03.2016.
- Anonymous. 2011-2016. Rapeseed Oil / Canola Oil. <http://rapeseedcanolaoil.com/>. Erişim Tarihi: 29.11.2016.
- Anonymous. 2017a. Sık rastlanan bir pnömatik iletim sistemi uygulama örneği

(<http://www.cnsilos.com/auxiliary/pneumatic-conveying-system.html>).
Erişim

Tarihi: 11.09.2017.

Anonymous. 2017b. (<http://www.thermopedia.com/de/content/546/>). Erişim
Tarihi:18.09.2017.

Anonymous. 2017c.

<http://www.waybuilder.net/sweethaven/MechTech/Automotive/Automotive02/default.asp?iNum=1&uNum=040202>. Erişim Tarihi: 18.09.2017.

Anonymous. 2017d. (<http://aermech.com/rotary-compressors-and-typesworking-principleengineering-explained/>). Erişim Tarihi: 18.09.2017.

Anonymous 2017e. (<http://www.airspec.com.my/p-airspec.php>). Erişim Tarihi:
11.09.2017.

Anonymous 2017e. (<http://aermech.com/reciprocating-compressors-and-typesworking-principle engineering-explained/>)

Anonymous. 2017f. (<http://www.air-compressor-guide.com/learn/compressor-types/rotary-screw-compressor>). Erişim Tarihi: 12.09.2017

Anonymous 2017g. (<https://www.perfect-10.tv/Webstore/ProductDetail.aspx?ID=9080>).

Erişim Tarihi: 11.09.2017

Anonymous 2017h. (<http://hs-umformtechnik.de/en/glass-pipe-bends/>). Erişim Tarihi:
11.09.2017.

Anonymous 2017i. <http://www.directindustry.com/prod/hapman/product-55673-398854.html>.

Erişim Tarihi: 12.09.2017.

Anonymous 2017j. (http://web.nmsu.edu/~dwdubois/22_lecture_CEE452.pdf).

Anonymous. 2017k. (<https://www3.epa.gov/ttnecatc1/dir1/fcyclon.pdf>).

Anonymous.2017l.(<http://www.powderbulksolids.com/sites/powderbulksolids.com/files/articles/images/pb35517Prater.jpg>). Erişim Tarihi: 12.09.2017.

Aptech 2017. Advances in Pneumatic Conveying. Aptech (Powder Systems) Limited. Unit 1, Sutton Court, Bath Street, Market Harborough, Leicestershire LE16 9EW, England. <http://www.aptech.uk.com/file/2015/06/Aptech-Advances-in-Pneumatic-Conveying-Editorial.pdf>. Erişim tarihi:27.02. 2017.

Al-Manash, M. A. and Rababah, T. M. 2007. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Green Wheat. Journal of Food Engineering, 79.

Altuntaş, E ve Yıldız, M. 2007. Effect of Moisture Content on Some Physical and Mechanical Properties of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Grains. Journal of Food Engineering, 78(1): 174-183.

Anstey, T. H. 1986. One Hundred Harvests (Canola. Page:224). Research Branch Agriculture Canada 1886-1986. Historical Series No. 27.

Atkins, R. P. ve Wiens, E. H., 1982. “Assessment of the Functional Performance of Pneumatic Grain Conveyors”. Presentation at the 1982 annual meeting. Canadian society of agricultural engineering. Prairie Agricultural Machinery Institute. Paper No. 82-101. Vancouver, B.C. Canada.

Aviara, N. A., Power, P. P. and Abbas, T. 2013. Moisture Dependent Physical Properties of *Moringa oleifera* Seed Relevant in Bulk Handling and Mechanical Processing. Industrial Crops and Products, 42. 96-104. www.elsevier.com/locate/indcrop.

Aviara, N.A., Oluwole, F.A., Haque, M.A., 2005. Effect of moisture content on some physical properties of sheanut (*Butyrospermum paradoxum*). *International Agrophysics* 19, 193–198.

AYKAÇ, E. S., 2011. PNÖMATİK – HİDROLİK. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi. Genç Ofset Gıda San. ve Tic.Ltd. Şti. İstanbul Cad. Sedef Sok. No: 1 İskitler / Ankara.

Baran, M. F., Durgut, M. R., Aktaş, T., Ülger, P ve Kayışoğlu, B. 2016. Determination of Some Physical Properties of Rapeseed. *International Journal of Engineering Technologies*. Vol.2, No.2:49-55.

Barnes, J. W. ve Fortney, J. J., 2003. Measuring The Oblateness And Rotation Of Transiting Extrasolar Giant Planets. *The Astrophysical Journal*, 588:545–556, 2003 May 1, 2003. The American Astronomical Society.

Bart – Plange, A., Dzisi, K. A. ve Ampah, J., 2012. Effect of Drying on Selected Physical Properties of “Asontem” Cowpea Variety. *ISRN Agronomy*. 2012. Article ID 496026, 7 pages.

Baryeh, E. A., 2002. Physical Properties of Millet. *Journal of Food Engineering*, 51.

Bell, K. 2000., Visual Identification Of Small Oilseeds And Weed Seed Contaminants. Canadian Grain Commission(CGC). *Grain Biology Bulletin* No. 3. 34 pages.

Beyaz, A., Özgüven, M. M., Öztürk, R. Ve Acar, A. İ., 2009. Volume Determination of Kahramanmaraş Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) by Using Image Analysis Technique. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*(*Journal of Agricultural Machinery Science*). 5(1), 103-108.

Bhatia, A., 2017. Pneumatic Conveying Systems. Course Document. CED Engineering. <https://www.cedengineering.com/userfiles/Pneumatic%20Conveying%20Systems.pdf>). Erişim Tarihi: 09.02.2017.

- Bilanski, W. K., Colins, S. H. ve Chiu, C. L. 1962. The Bheavior of Seed Grains in a Vertical Wind Tunnel. Dept. Of Engineering Science. Ontario Agricultural College. Guelph, Ontario. http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/5/5_1_29_raw.pdf. Erişim: 07.06.2017.
- Biles, W. E., Usher, J. S. and Zohdi, M. E., 2006. Mechanical Engineers' Handbook: Manufacturing and Management, Volume 3, Third Edition. Edited by Myer Kutz, Copyright : 2006 by John Wiley & Sons, Inc.
- Brown, J., Davis, J. B., Lauver, M. & Wysocki, D. 2009. Canola Growers Manual. USCA. University of Idaho & Oregon State University.
- Chung, D. S., 1973. Damage to corn from pneumatic conveying. Agricultural research Service. U.S. Department of Agriculture. ARS-NC-5. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30200525/Damage%20To%20Corn%20From%20Pneumatic%20Conveying.PDF>. Erişim Tarihi: 27.12.2016.
- Colton, B., Potter, T., 1999. History. In "Canola in Australia: The First Thirty Years". (Eds: Salisbury, P. A., Potter, T. D., McDonald, G., Green, A. G.). pp.1-4. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress.
- Culgan, J. M. 1952., Pneumatic conveying of materials of unit density in a three-inch pipe. Georgia The School of Chemical Engineering, Georgia Institute of Technology.
- Çalışır, S., Marakoğlu, T., Öğüt, H. and Öztürk, Ö., 2005. Physical Properties of Rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). Journal of Food Engineering. 69(1), 61 – 66.
- Dash, A. K., Pradhan, R.C., Das, L.M., and Naik, S.N., 2008. Some Physical Properties of Simarouba fruit and Kernel. Int. Agrophysics, 22. 111-116.
- Davies R.M. 2010. Some physical properties of arigo seeds. Int. Agrophys., 24, 89-92.

- Davison, E., Middendorf, F. J. and Bilanski, W. K., 1975. Mechanical Properties of Rapeseed. Canadian Agricultural Engineering. 17(1).
- Desphande, S. D., Bal, S. and Ojha, T.P., 1993. Physical Properties of Soybean. Journal of Agricultural Engineering Research, 56. 89-98.
- Dizajeyekan, S. N., Shahgholi, G. and Fanayi, A. R., 2015. The influence of the Pipe's Material and the Mass Flow Rate o the Pressure Drop and Velocity Variation During Pneumatic Conveying of Wheat Using Computational Fluid Dynamics. Internatioal Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 3 (2), 124-133.
- Duc, L. A., Han, J. W., Hong, d. J. and Keum D. H. 2008. Physical Properties of Rapeseed (I) and (II). DOI: 10.5307/JBE.2008.33.2.101; DOI: 10.5307/JBE.2008.33.3.173.
https://www.researchgate.net/publication/264113009_Physical_Properties_of_Rapeseed_I.
https://www.researchgate.net/publication/315685326_Physical_Properties_of_Rapeseed_II. Erişim Tarihi: 08.06.2017.
- Dutta, S. K., Nema, V. K. and Bhardwaj, R. K. 1988. Physical Properties of Gram. Journal of Agricultural Engineering Research, 39. 269-275.
- Ergür, H. S. ve Pancar, Y. 2014. Pnömatik taşımada sistem bileşenlerinin önemi. Uluslararası Katılımlı VII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi. İstanbul.
- Faulkner, W. B. 2006. The effects of inlet velocity and barrel diameter on cyclone performance. Master of Sciences Thesis. Biological and Agricultural Engineering. Texas A&M University. Pp.7.
- FAOSTAT (2016). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim Tarihi: 09.12.2016.

FAOSTAT (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim Tarihi: 01.03.2019.

Fıratlıgil-Durmuş, E., Šárka, E., Bubník, Z. 2008. Image Vision Technology for the Characterisation of Shape and Geometrical Properties of Two Varieties of Lentil Grown in Turkey. Czech J. Food Sci., 26:109-116.

Fıratlıgil-Durmuş, E., Sýkorová, A., Šárka, E., Bubník, Z., Schejbal, M. and Přihoda, J. (2010). Geometric Parameters of Wheat Grain Determined by Image Analysis and FEM Approach. Cereal Research Communications 38(1):122-133. DOI: 10.1556(CRC.38.2010.1.13).

Funk, P. A. and Baker, K. D. 2013. Engineering and Ginning: Dust Cyclone Technology – A Literature Review. The Journal of Cotton Science 17: 40 – 51.

Ghafori, H., Hemmat, A., Borghaei, A. M ve Minaei, S., 2011. Physical properties and conveying characteristics of corn and barley seeds using a suction type pneumatic conveying system. African Journal of Agricultural Research Vol. 6(27), pp. 5972-5977.

Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., Gharibzahedi, S. M. T., Moayedi, A. ve Keshavarz, B., 2010. Study on postharvest physico-mechanical and aerodynamic properties of mungbean [*Vigna radiate* (L.) Wilczek] seeds. International Journal of Food Engineering. Vol. 6. Issue 6. Article 1.

Gorial, B. Y. ve O'callaghan, J. R., 1990. Aerodynamic properties of grain/straw materials. J. Agric. Eng. Res., 46: 275-290.

Güner, M. 2006. Determination of Pneumatic Conveying Characteristics of Some Agricultural Crops. TÜBİTAK Project, TOGTAĞ 3258.

Heidenreich, C. 2000. Engineering Solutions for the Removal of Meghemite from Canola Seed. Australian Oilseeds Federation. Melbourne, Australia.

Hellevang, K. J., 1985. Pneumatic Grain Conveyors. Cooperative Extension Service North Dakota State University Fargo. North Dakota. USA.

Homa, D., Szlumczyk, H. and Janerka, K., 2009. Operation of Pneumatic Conveying Systems in Technological Processes. Archives of Foundry Engineering. Volume 9. Issue 1/2009. Pp. 73 – 78. ISSN (1897 – 3310). 17/1. The Organ of the Foundry Commission of Polish Academy of Sciences.

İmrak, C. E. ve Gerdemeli, İ., 2017. Malzemelerin ve Transport Makinalarının Sınıflandırılması. Ders Notları. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi. <http://transport.itu.edu.tr/docs/librariesprovider99/dersnotlari/dersnotlarimak4023/2-malzemelerin-ve-transport-makinalar%C4%B1n%C4%B1n-s%C4%B1n%C4%B1fland%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>. Erişim Tarihi: 09.02.2017.

İNOTEK 2014. Conveying System. Combination Of Innovation And Technology. <http://www.inotekscrew.com/kapak03.pdf>. Erişim Tarihi: 09.12.2016.

İşık, E. and İzli, N. 2016. Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of Yellow Lentil. Journal of Agricultural Sciences. 22 (2016) 307-316.

İzli, N., Ünal, H. ve Sincik, M. 2009. Physical and Mechanical Properties of Rapeseed at Different Moisture Content. International Agrophysics. 23. pp. 137 -145.

Jahromi, M. K., Rafiee, S., Mirasheh, R., Jafari, A., Mohtasebi, S. S. and Varnamkhasti, M. G. 2007. “Mass and Surface Area Modelling of Bergamot (Citrus medica) Fruit with Some Physical Attributes (Bazı Fiziksel Niteliklerinden Hareketle Bergamot Meyvesinin (Citrus medica) Kütle ve Yüzey Alan Modellemesi)”. Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 029. Vol. IX.

- Kılıçkan, A. ve Güner, M., 2006. Pneumatic conveying characteristics of cotton seeds. Biosystems Engineering, doi:10.1016/j.biosystemseng.2006.08.015.
- Kılıçkan, A. ve Güner, M., 2010. The determination of pneumatic conveying characteristics of chickpea. Turk. J. Agric & Forestry 34 (2010) 265 – 274. Doi:10.3906/tar-0905-32. TÜBİTAK.
- Kingsly, A. R. P., Singh, D. B., Manikantan, M. R. ve Jain, R. K. 2006. Moisture Dependent Physical Properties of Dried Pomegranate Seeds (Anardana). Journal of Food Engineering. 75, 492 – 496.
- Klasek, S. E., Womac, R., Yoder, D. C. ve Hayes, D. G. 2006. Terminal Velocity Determination for Component Separation of Biomass. ASABE Meeting Presentation. Paper Number: 066218.
- Lalit, R. V. ve Chung, M. T. M. 1993. Pneumatic Conveying of Grains. J. HAW. PAC. AGRI.4:1-13.
- Lecreps, I. J. M., 2011. Physical Mechanisms Involved in the Transport of Slugs During Horizontal Pneumatic Conveying. Doctorate Thesis. Technische Universität München.
- Li, J., Liao, G., Yu, X. ve Tong, Z., 2010. Plumpness Recognition and Quantification of Rapeseeds using Computer Vision. Journal of Software, vol. 5, no. 9, september 2010. pp. 1038 -1047.
- MHI, 2017. Glossary. Material Handling Institute. <http://www.mhi.org/fundamentals/material-handling>. Erişim tarihi: 10.02.2017.
- Mills, D., 2004. Pneumatic Conveying Design Guide. Second Edition. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803. Greate Britain.

- Mohsenin, Nuri N., 1986. Physical Properties of Plant And Animal Materials(Second Revised and Updated Edition). Gordon and Breach, Science Publishers, Inc., Newyork, USA.
- Novelli, F. ve Weyandt, M. 2017. Web Sitesi: <http://www.nol-tec.com/a-quick-look-at-pneumatic-conveying-system-basics.html>. Erişim Tarihi: 12.03.2017.
- NREL 2006. Equipment Design and Cost Estimation for Small Modular Biomass Systems, Synthesis Gas Cleanup, and Oxygen Separation Equipment Task 2: Gas Cleanup Design and Cost Estimates – Wood Feedstock. National Renewable Energy Laboratory. Golden, Colorado. www.nrel.gov. Erişim Tarihi: 07.12.2016.
- NSW 2014. Variability of quality traits in canola seed, oil and meal - a review. Department of Primary Industries. www.dpi.nsw.gov.au. Erişim Tarihi: 11.09.2018.
- Ogunjimi, L. O., Aviara, N. A., ve Aregbesola, O. A. 2002. Some Engineering Properties of Locust Bean Seed. Journal of Food Engineering, 55(2), 95–99.
- Oluka, S.I. ve Eze, P. C. 2014. Selected Physical and Aerodynamic Properties of Nerica. Journal of Agricultural Engineering and Technology (JAET), Volume 22 (No.3).
- Olaniyan, A.M. ve Oje, K.. 2002. Some Aspects Of The Mechanical Properties Of Shea Nut. Biosystems Engineering 81(4): 413-420.
- Oluwole, F., Aviara, N. ve M. Haque. 2007. Effect of Moisture Content and Impact Energy on the Crackability of Sheanut. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 002 Vol. IX. October.
- Öztürk, T. ve Esen, B., 2008. Physical and mechanical properties of barley. Agric. Trop.Subtrop. 41 (3), 117–121.

- PAMI (Prairie Agricultural Machinery Institute). 1979. Neuero 675 Pneumatic Grain Conveyor. Evaluation Report No.E1878.
- Panasiewicz, M., Nadulski, R., Zawislak, K., Mazur, J. ve Sobczak, P. 2012. Influence of Moisture Content on Selected Physical Properties Of Rapeseeds And The Processes Of Cleaning And Separation. TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 12(1), 191 – 194.
- Razavi, S.M.A., Mohammad, A. A., Rafe, A., and Emadzadeh, B., 2007. The Physical Properties Of Pistachio Nut And Its Kernel As A Function Of Moisture Content And Variety. Part III. Frictional Properties. J. Food eng., 81, 226-235.
- Razavi, S. M. A., Moghaddam, T. M. and Amini, A. M. 2008. Physical – Mechanical Properties and Chemical Composition of Balangu (*Lallemantia royleana* (Benth. In Walla)) Seed. International Journal of Food Engineering. 4(5), 10 pages.
- Razavi, S. M. A., Yeganehzad, S. and Sadeghi, A. 2009. Moisture Dependent Physical Properties of Canola Seeds. J. Agric. Sci. Technol. 11, 309 – 322.
- Razavi, S. M. A., Bostan, A. ve Rezaie, M., 2010. Image processing and physico-mechanical properties of basil seed (*Ocimum basilicum*). Journal of Food Processing. Volume 33, Issue 1. February 2010. Pages 51–64.
- Riyahi, R., Rafiee, S., Dalvand, M. J. and Keyhani, A. 2011. Some physical characteristics of pomegranate, seeds and arils. Journal of Agricultural Technology. 7(6),1523 – 1537.
- Sahoo, P. K. ve Srivastava, A. P. 2002. . Physical Properties of Okra Seeds. Biosystems Engineering, 83. 441 – 448.
- Segler, G., 1951. Pneumatic Grain Conveying with Special Reference to Agricultural Application. Published by Prof. Dr. Ing. G. Segler, Braunschweig, Germany.

- Singh, K.K. and Goswami, T.K. 1996. Physical Properties of Cumin Seed. Journal of Agricultural Engineering Research. Volume 64, Issue 2, June 1996, Pages 93–98.
- Sitkei, G. and Bars, S. 1986. Mechanics of agricultural materials. Budapest: Academia Kiadó.
- Sologubik, C. A., Campanone, L. A., Pagano, A. M. and Gely, M. C. 2013. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Barley. Industrial Crops and Products, 43. 762-767. www.elsevier.com/locate/indcrop.
- Süzer, S. 2004. Kanola Tarımı. Çiftçi Broşürü: 54. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama Ve Araştırma Merkezi. Ekim-2004.
- Sangamithra, A., Swamy, G. J., Sorna, P. R., Nandini, K., Kannan, K., Sasikala, S. And Suganya, P. 2016. Moisture Dependent Physical Properties of Maize Kernels. International Food Research Journal 23(1):109-115 (2016).
- Sağlam, S. 2009. Tarla Bitkileri Yetiştirme Uygulama Ders Notları. http://www.agri.ankara.edu.tr/fcrops/1416_TarlaBitkileriYetistirme_Hafta_5.pdf. Erişim Tarihi: 24.01.2011.
- Shahbazi, F., Valizadeh, S. and Dowlatshah, A. 2014. Aerodynamic Properties of Makhobeli, Triticale and Wheat Seeds. International Agrophysics. 28. 389 – 394.
- Sitkei, G., 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Revised English version of “ A mezőgazdasági anyagok mechanikája” published by Akadémiai Kiadó, Budapest. Translation by S. Bars.
- Süzer, S., 2004. Kanola Tarımı. Çiftçi Broşürü: 54. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama Ve Araştırma Merkezi.

agr.ege.edu.tr/files/depo/ciftci_brosur/KanolaTarimi.doc. Erişim Tarihi: 23.02.2017.

şahin, S., Sumnu, S. G., 2006. Physical Properties of Foods. Springer Science+Business Media, LLC. USA. 251 pages.

Tabatabaeefar, A. 2003. Moisture – Dependent Physical Properties of Wheat. International Agrophysics, 17. 207-211.

Tunde-Akintunde, T. Y., Akintunde, B. O. and Oyelade, O. J. 2007. Effect of Moisture Content on Terminal Velocity, Compressive Force and Frictional Properties of Melon Seeds. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 022. Vol.IX. November.

Ünal, H. ve Sincik, M. 2009. Comparison of Some Engineering Properties of Rapeseed Cultivars. Industial Crops and Products. Vol.30, Issue1.

Verma, L. R. Ve Chung, M. T. M., 1993. Pneumatic conveying of grains. J. HAW. PAC. AGRI. 4:1 – 13. <https://hilo.hawaii.edu/academics/cafnrm/research/documents/PneumaticConveyingofGrains-Verma1-13.pdf>. Erişim:27.12.2016.

Wiacek, J. ve Molenda, M. 2011. Moisture-dependent physical properties of rapeseed – experimental and DEM(Discrete Element Model) modelling. International Agrophysics. 25. 59-65.

Wypych, P. 2011. Modes of pneumatic conveying: which one is best? Australian Bulk Handling Review. p:52-55.

Yurtlu, Y. B., Yeşiloğlu, E. ve Arslanoğlu, F. 2010. Physical Properties of Bay Laurel Seeds. International Agrophysics 24(3):325-328.

Zeppelin. 2017. Hydraulic Conveying Systems made by Zeppelin. Innovative technology for a gentle transport of bulk solids. <https://www.zeppelin-systems.com/media/zeppelin-systems-7-hydraulic-conveying-systems.pdf>.
Erişim Tarihi: 10.02.2017.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Refi Ratip ÖZLÜ
Doğum Yeri : Yeşilyurt/MALATYA
Doğum Tarihi : 23.01.1960
Medeni Hali : Evli, 1 Çocuklu
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İzmir İnönü Lisesi (1974-1977)
Lisans : Buca Eğitim Enstitüsü Fen Bilg. Öğretmenliği (1977-1978)
Lisans : Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Mekanizasyon (1978-1982)
Yüksek Lisans: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon
Anabilim Dalı, Tarım Traktörleri Bilim Dalı (Ekim 1982-Haziran 1984)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

1985-1989: Tarım ve Orman Bakanlığı. İl Müdürlüğü (Mülga TOKB)- Diyarbakır.
1989-1993: Tarım ve Orman Bakanlığı. İl Müdürlüğü(Mülga TOKB)-Yozgat.
1993-1996: Tarım ve Orman Bakanlığı. Yayın Dairesi Başkanlığı (Mülga TKB)-Ankara.
1996-1999: Tarım Ve Orman Bakanlığı. Dış İlişkiler Ve Avrupa Topluluğu
Koordinasyon Daire Başkanlığı(Mülga TKB) -Ankara.
1999-2006: Tarım Ve Orman Bakanlığı. Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğü,
Etüd Ve Proje Daire Başkanlığı (Mülga GTHB). Ankara.
2006-2014: Tarım Ve Orman Bakanlığı. Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Organik
Tarım Ve İyi Tarım Uygulamaları Daire Başkanlığı (Mülga GTHB).
Ankara.
2014-2019 (Halen Devam): Tarım Ve Orman Bakanlığı. Bitkisel Üretim Genel
Müdürlüğü. Bitki Besleme Ve Teknoloji Geliştirme Daire Başkanlığı.
Ankara.

Yayınlar (SCI)

Özlü, R.R., 2013, Türkiye Biçerdöver Parkının Oluşumu, Dönüşüm Gereklilikleri ve
Gelecek Yönelimi(The Formation Of Combine Harvesters Park In Türkiye,
And Its Transformation Requirements And Future Trends) , Ankara
Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Programı Seminerleri. 2013-
05-14, Ankara, TURKEY.

Özlü, R. R., İntişah, A.S., Ediz, D., 2001, Direct Income Support Pilot Project. Agricultural Economics Research Institute, Middle East Technical University, METU, Ankara, TURKEY.

Özlü, R. R., Keçeci, V.(Çevirmenler), 1988. Çiftçi Şartlarında Denemelerin Ekonomik Analizine Giriş: Taslak Çalışma Kitabı. (Kaynak. The Introduction to The Economic Analysis of the On-Farm Trials: Draft Workbook. CIMMYT Economics Programme, 13 Nov. 1985. Revised Printing. 1985. Mexico). Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Çeviriler No.:88/1. 1988. DİYARBAKIR.

Hakemli Dergiler

Özlü, R.R., Güner, M. 2016. Farklı Nem Düzeylerinde Kanola Tohumlarının Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. JAFAG ISSN:1300-291 E-ISSN:2147-8848(2016) 33 (Ek Sayı), 10-24 <http://ziraatdergi.gop.edu.tr/>.

Dergiler

Özlü, R.R., 2015. Renewable Energy; Its Types and What Should Be Turkey's Investment Perspective? Rural Development Journal. July-August-September 2015. No.1, pp. 32-38.

Özlü, R. R., 2003. "Ulusal Program Kapsamında AB'ne Uyum Çalışmaları." Çiftçi ve Köy Dünyası, sayı 220 (Nisan 2003), s. 22-24.

Özlü, R. R., 2003. Türkiye'nin AB'ye Uyum Taahhütlerine Kimlik Kazandıran Ulusal Program Kapsamında AB'deki Arazi Kayıt Sistemleri Üzerine Değerlendirmeler ve Türkiye'de Benzer Sistemleri Kurmak (Sistemsal Yaklaşım)(Some Evaluations Upon The Land Registration Systems Within The Context Of The National Program For The Alignment Commitments Of Türkiye To The Eu's Acquis Communautaire, And The Establishing Similar Systems In Türkiye), Türktarım, ss.48-53.

Özlü, R. R., 2000. Ciddi Sünger Hastalık Salgınının Kontrolü: Türkiye Cephesi. (Çeviri. Kaynak: Control of the Severe Sponge Disease Epidemic Near East and Europe, Technical Report, FAO, 1994. Roma). Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:136. Sayfalar: 38-39. ANKARA

- Özlü, R. R., DOĞAN, S., 1999. Avrupa Birliğinde Tohumluk Mevzuatı (The European Union's Seed and Seedling Legislation). Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:125. Sayfalar: 44-46. ANKARA.
- Özlü, R. R., Şener, H. B., 1998. Sözleşmeli Tarım, Tarımsal Yetiştiricilik Sözleşmesi(The Contract Farming, and the Agricultural Production Contracts). Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:124. Sayfalar: 72-73. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1996. Zırai Ticaret: Yeni Bir Döneme Giriş. (Çeviri. Yazar: Melanie YOUNG. Kaynak: The State of Food and Agriculture-1995, FAO Agriculture Series, No.28) Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:108. Sayfalar: 18-23. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1995. Multimedyanın Akıl Karıştıran Mesajları. (Çeviri. Yazar: Melanie YOUNG. Kaynak: INTERSECT, Aug. 1993. Vol.9, Nr.8, PHP) Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:106. Sayfalar: 18-23. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1995. Uzman Sistemler(Expert Systems). Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:106. Sayfalar: 13-15. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1995. Düşük Maliyetlerle Kanalizasyon Atığını İşleme.(Çeviri/Translation. Kaynak/Source: DIALOG., Sayı.4., 1994) Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:103. Sayfalar: 37-38. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1994. Üzerinde Yapılan En Son Çalışmalarla Patates (Çeviri/Translation. Kaynak/Source: Yazar: Norman DUNN). Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:99. Sayfalar: 34-36. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1993. Kırsal Gelişme ile İlgili FAO'nun Fikirleri ve Yaklaşımları (Çeviri/Translation..Yazar: Hans MELICZEK. Kaynak/Source: Entwicklung+Landlicher raum,27. Jahrgang, Heft-2/93. Pp. 21-23). Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:90. Sayfalar: 24-27. ANKARA.
- Özlü, R. R., 1993. ÇEVRE: Amerikan Tecrübesinden Alınacak Dersler. (Çeviri. Yazar: David JACOBY and Abbie EREMICH. Kaynak: Polution Prevention, Volume:2, Issue:3, June 1992, pp. 47-51) Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:88. Sayfalar: 38-41. ANKARA.

Özlü, R. R., 1993. Soya Yağı Kalitesi. (Çeviri. Yazar: Nic. Michelakis. Kaynak: Agricultural Research Magazine, July, 1992. US Department of Agriculture) Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:87. Sayfalar: 39-40. ANKARA.

Özlü, R. R., Karakuş, N., 1993. Dünü, Bugünü ve Geleceğiyle: ZEYTİNYAĞI. (İnceleme-Çeviri. Yazar: Nic. Michelakis. Kaynak: OLIVAE, 1992/6. Institute for Subtropical Plants and the Olive, Chania, Crete) Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:87. Sayfalar: 32-38. ANKARA.

Özlü, R. R., Solmaz, Z., 1993. Kuşlarla Hayat ve Hayvan Sevgisi. Araştırma-Röportaj/Research- Reportage. Tarım ve Köy Dergisi. Sayı:86. Sayfalar: 29-30. ANKARA.

Ulusal Kongre Sunum

Özlü, R.R., 2012. Organik Tarımda Yasal Düzenlemeler ve Bakanlık Düzeyinde Yapılanma, Organik Tarım Çalıştayı, 07 Şubat 2012, Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yalova, TURKEY

Özlü, R. R., Şahin, N., 2003. Arazi ve Çiftçi Kayıt Sistemi (The Land And Farmer Registration Systems In Türkiye). 9. Türkiye Harita Bilimsel Ve Teknik Kurultayı., 31 Mart - 04 Nisan 2003. Bilkent Otel Ve Konferans Merkezî. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara,TÜRKİYE.

Uluslararası Kongre Sunum

Özlü, R.R., Dede I., Şerefoğlu C., 2015. Water Framework Directive and Its Implementations In Europe, II. International Agriculture, Food and Gastronomy Congress, 8-12 April 2015, Antalya/TURKEY

Özlü, R.R., Dede İ., Başarır E.P., 2015, “Critical and Analytical Thinking of Globalization, the Financial Crisis and the Internal Conflicts to Analyze the Future of the European Union”. I. International Symposium on Critical and Analitical Thinking. 10 April 2015 in Sakarya University, Sakarya/TURKEY.