

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOĞAN ARPACIĞININ TEMİZLENMESİ VE
SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILACAK AKIŞKAN YATAK
ORTAMLI BİR MAKİNE PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE
BİR ARAŞTIRMA**

Araş. Gör. Türkan AKTAŞ

T.Ü. TEKİRDAĞ ZİRAAT FAKÜLTESİ
TARIM MAKİNALARI BÖLÜMÜ

DOKTORA TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

95328

Bu Tez 24/ 07/ 2000 Tarihinde Aşağıdaki Jüri tarafından Kabul / Red Edilmiştir.

Prof. Dr. Poyraz ÜLGER
Üye

Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR
Danışman

Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU
Üye

Doç. Dr. Ahmet ÇOLAK
Üye

Doç. Dr. Levent ARIN
Üye

**BU ARAŞTIRMA
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
ARAŞTIRMA FONU TARAFINDAN
DESTEKLENMİŐTİR**

Proje No: TŪAF 193

ÖZET

DOKTORA TEZİ

SOĞAN ARPACIĞININ TEMİZLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILACAK AKIŞKAN YATAK ORTAMLI BİR MAKİNE PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

TÜRKAN AKTAŞ

Trakya Üniversitesi
Tekirdağ Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü
Araştırma Görevlisi

Trakya Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR

2000, Sayfa:142

Jüri: Üye :Prof. Dr. Poyraz ÜLGER
Danışman :Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR
Üye : Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU
Üye :Doç. Dr. Ahmet ÇOLAK
Üye : Doç. Dr. Levent ARIN

Bu çalışmada, soğan arpacığının yoğunluklarına göre temizlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla mekanik bir makine yerine kuru akışkan olarak adlandırılan hava akımının kullanıldığı akışkan yatak ortamı bir ayırıcının tasarımı ve uygun prototip

imalatı amaçlanmıştır. Böylece tohumluk olarak kullanılacak arpacığın yoğunluğuna göre ayrılmasıyla dikim işlemi için daha kaliteli arpacıkların elde edilmesi gerçekleşecektir.

Çalışmada materyal olarak Trakya Bölgesinde soğan üreticilerinin arpacıkları temizlemek ve sınıflandırmak için kullandıkları mekanik makine ve akışkan yatak ortamlı prototip makine kullanılmıştır. Bu makinelerin temizleme ve sınıflandırma etkinlikleri ve güç tüketimleri saptanmıştır.

Araştırmada öncelikle akışkan yatak ortamlı ayırıcının tasarım parametrelerini belirlemek amacıyla ürünün fiziksel özellikleri, aerodinamik özellikleri ve yığın halinde oluşturdukları akışkan yataktaki özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmada, akışkan yataklı ayırıcının performansını ortaya koymak amacıyla, besleme miktarı, titreşim stroku, ayırma kanalı içerisinde kullanılan delikli plakanın delik çapı bağımsız parametreler olarak seçilmiştir. Denemeler gerçekleştirilmeden önce, vantilatör ünitesinin ayırma ünitesi içinde yarattığı hava akımının özellikleri belirlenmiş ve vantilatörün ayar kademeleri saptanmıştır. Denemeler sonucunda bağımsız parametrelere bağlı olarak prototip makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinlikleri saptanmıştır.

Prototip makinanın denemeleri; ön denemeler sonucu elde edilen optimum koşullarda gerçekleştirilmiştir. Bu koşullar; titreşim frekansının 12 s^{-1} ve eğimin %8 olduğu koşullardır.

Prototip makinanın güç tüketimi; fanın yüklenme derecesine bağlı olarak artmıştır. Güç tüketimi farklı yüklenme koşullarında fan klapesinin kapalı olduğu durumda minimum 3.8 kW ve maksimum yüklenme koşulunda ise 7.16 kW olarak saptanmıştır (10. Ayar kademesinde).

Akışkan yataklı arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında en yüksek temizleme etkinliğine (üç tekerrür ortalaması: %82) 2 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı (hava akımının etkili olduğu ve materyal yığınının verildiği delikli plakanın yüzey alanı 0.408 m² dir) ve 40 mm strok kullanılması durumunda ve en yüksek sınıflandırma etkinliğine ise (üç tekerrür ortalaması: %73) 2 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 60 mm strok kullanılması durumunda ulaşılmıştır.

Akışkan yataklı arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında en düşük temizleme etkinliğine (üç tekerrür ortalaması: %54) 6 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 20 mm strok kullanılması durumunda ve en düşük sınıflandırma etkinliğine ise (üç tekerrür ortalaması: %62) 6 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 60 mm strok kullanılması durumunda ulaşılmıştır.

Makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin her ikisini de etkileyen en önemli faktör delikli plakanın delik çapı olarak bulunmuştur.

Sonuçta arpacıkların yemeklik olarak pazarlanması amacıyla temizleme ve sınıflandırma yapılması durumunda mekanik arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasının, tohumluk olarak kullanılması amacıyla temizleme ve sınıflandırma yapılıyorsa akışkan yatak ortamlı makinanın kullanılması önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Soğan arpacığı, aerodinamik özellikler, akışkan yatak ortamı, vantilatör, ayırma ünitesi.

SUMMARY

Ph.D. Thesis

**A Research on Development of A Machine Prototype with Fluidized Bed Medium for
Cleaning
and Soring of Onion Sets**

Türkan AKTAS

**Trakya University
Tekirdağ Agricultural Faculty
Research Assistant**

**Trakya University
The Institute of Natural and Applied Sciences
Agricultural Machinery Maintenance Section**

Supervisor: Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR

2000, Page: 142

**Jury: Prof. Dr. Poyraz ULGER
Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR
Prof. Dr. Birol KAYISOGLU
Assoc. Prof. Dr. Ahmet COLAK
Assoc. Prof. Dr. Levent ARIN**

The objective of this study is to design and suitable prototype construction of fluid bed separator that is work with air stream that is called as dry fluid instead of mechanical machine. In this way, it was realized that high-quality onion sets that are used as seed in onion growing.

In research, mechanical cleaning and sorting machine that is used nowadays by onion producer at Trakya Region and prototype machine with fluidized bed medium were used as materials. Effective of cleaning and sorting of this machines and power consumption were determined.

In this research, firstly, physical properties of agricultural materials, aerodynamic properties of agricultural materials and properties of mass in fluidized bed medium were determined. Then, a prototype machine was developed with using this data.

In research, for stating performance of prototype machine; feeding amount, slope of perforated sheet-iron, vibration stroke and diameter of holes at perforated sheet-iron were selected as independent parameters. Before trials were performed, properties of air stream that was formed by ventilator unit in separation unit and adjusting degree of ventilator unit were determined. At result of trials, effective of cleaning and sorting of prototype machine were determined related with independent parameters.

Trials of prototype machine were performed at optimum conditions that were obtaining after primary trials. This conditions were 12 s^{-1} vibration stroke and 8 % slope of separation section.

Power consumption of prototype machine increasing with increasing of ventilator adjusting degree. It is determined as minimum kW 3.8 at closed position and maximum 7,16 kW (at 10th adjusting degree).

Maximum cleaning effective of prototype machine was estimated as 82 % at 2 mm diameter of perforated sheet-iron, 10 kg/0.408 m² feeding amount and 40 mm stroke. Maximum sorting effective of prototype machine was estimated as % 73 at 2 mm diameter of perforated sheet-iron, 10 kg/0.408 m² feeding amount and 60 mm stroke.

Minimum cleaning effective of prototype machine was estimated as 54 % at 6 mm diameter of perforated sheet-iron, 10 kg/0.408 m² feeding amount and 20 mm stroke. Minimum sorting effective of prototype machine was estimated as % 62 at 6 mm diameter of perforated sheet-iron, 10 kg/0.408 m² feeding amount and 60 mm stroke.

It was determined that the most important parameter that is affect to cleaning and sorting effective was diameter of perforated sheet-iron.

At result, it was proposed that mechanical cleaning and sorting machine can use for situation that onion sets are prepare for marketing as a food and prototype cleaning and sorting machine can use for situation that onion sets are prepare for onion growing as seed.

Key words: Onion sets, aerodynamic properties, fluidized bed medium, ventilator, separation unit.



ÖNSÖZ

Tohum hazırlamanın en önemli aşamalarından birisi tohumluk olarak kullanılan tarımsal materyallerin çiftçinin kullanabileceği temizliğe getirilmesi, yabancı maddelerden ve yabancı ot tohumlarından ayrılmış olması ve temizlenen ürünün kendi arasında herhangi bir özelliğine göre sınıflandırılmasıdır. Hasat edilmiş olan tohumluğa karışmış çeşitli yabancı materyaller esas üründen uzaklaştırılmalı ve tohum pazara ya da ekime hazır duruma getirilmelidir. Yabancı maddeler aynı zamanda tohumun akışını ve ekilebilmesini etkilemekte ve böcek enfeksiyonlarının oluşmasına ve özellikle de depolama sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Üreticilerimiz kaliteli tohumluğun değerini giderek daha iyi anlamakta ve bunun sonucunda tohumlukla karışık maddelerin uzaklaştırılması, ekilebilecek büyüklükte ayrılması, zarar görmüş ya da bozuk tohumların uzaklaştırılması ve kalitenin iyileştirilmesinin en etkin biçimde olmasını beklemektedirler.

Dünyada tohumluk hazırlamak için geliştirilmiş çok çeşitli ekipmanlar bulunmaktadır. Bunların ortak özelliği istenen materyal (iyi tohum) ile istenmeyen materyal (yabancı unsurlar) arasındaki fiziksel özellik yönünden görülen farklılığa göre iyi tohumluğu; karışımdan ayırmasıdır. Çoğu kez materyalin tohumluktan ayrılması için farklı birkaç makine kullanılması gerekmektedir. Her bir makine; karışımın belli bir kısmını ayırabilmektedir.

Bu çalışmada özellikle tohumluk olarak kullanılan arpacık soğanın ekiminden önce yabancı materyallerin temizlenmesi ve nispeten sınıflandırılması için bir prototip makine tasarımı yapılmış ve imal edilmiştir. Yılda 400 bin ton düzeyinde ihracatıyla Dünyanın en büyük soğan üreticisi olarak bilinen Hollanda dikkate alındığında kuru soğanın hasat sonrası mekanizasyonunda kullanılan (özellikle toprak kesekleri ve taş gibi yabancı materyallerden temizlenmesi ve sınıflandırılması, kabukların soyulması, parlatılması vb.) pek çok makine geliştirilmesine rağmen kuru soğan üretiminde dünyada önemli bir paya sahip olan soğan arpacığının ekim öncesi hazırlığı için kullanılan veya tasarlanan herhangi bir makinaya rastlanmamıştır. Sadece üreticilerin kendi imkanlarıyla geliştirdikleri soğan sınıflandırma makinasının arpacığa uyarlandığı makineler kullanılmaktadır. Bu makinelerle

arpacıklar sadece boylarına göre sınıflandırılabilen fakat kaliteli bir tohumluk elde edilememektedir.

Bu çalışmada ülkemizde soğan mekanizasyonunda özellikle depolamaya ve ekim işlemine olumsuz etkisi olan temizleme işleminin yanlışlığı göz önüne alınarak bir sistem tasarlanmış ve bir prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu makine ile soğan arpacığının kalite kriterlerinden; yoğunluklarındaki farklılıklara göre sınıflandırılması amaçlanmıştır.

Tasarlanan prototip makinanın yapımı Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Atölyesinde ve Tekirdağ Endüstri Meslek Lisesi Atölyesinde gerçekleştirilmiştir. Bu makinanın performansını belirlemek amacıyla Tekirdağ yöresinde yetiştirilen soğan arpacığı bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Ayrıca makinada bazı ayarlar değiştirilerek bu değişmelerin makinanın etkinliği üzerine etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen gözlemlerden prototip makinanın uygulamaya aktarılmasına ilişkin tamamlayıcı öneriler getirilmiştir.

Trakya Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından TÜAF-193 no'lu proje kapsamında desteklenen bu tezin planlanması, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasındaki ilgi ve desteklerinden dolayı başta danışmanım Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'e, eleştiri ve önerileriyle yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Poyraz ÜLGER'e, Prof. Dr. Selçuk ARIN'a, Prof. Dr. Bülent EKER'e ve Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU'na, denemelerin yürütülmesi sırasında bana yardımcı olan mesai arkadaşlarıma ve öğrenci arkadaşlarıma, her türlü konuda desteklerini esirgemeyen Tarım Makinaları Bölümü Öğretim Elemanlarına teşekkür ederim. Önerileri, eleştiri ve literatür yardımlarıyla bana destek olan Doç. Dr. Levent ARIN'a teşekkür ederim.

Araştırmanın gerçekleşmesinde maddi imkanları sağlayan Trakya Üniversitesi Araştırma Fonu Saymanlığına, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dekanlığına, Bitkisel materyali sağlayan ve desteklerini esirgemeyen Sayın Senayi EĞRİBOZ'a teşekkür ederim. Ayrıca Tarım Makinaları Atölyesi personeline, Tekirdağ Meslek Yüksekokulu Atölyesi personeline ve diğer emeği geçen herkese şükranlarımı sunarım.

Araştırmanın imalatçı, araştırmacı ve üreticilere yararlı olmasını dilerim.

Tekirdağ, 2000

Türkan AKTAŞ

KISALTMALAR

SE	: Sınıflandırma Etkinliği
TE	: Temizleme Etkinliği
PDÇ	: Plaka Delik Çapı
BM	: Besleme Miktarı
TS	: Titreşim Sıroku
OECD	: Organisation for Economic Co-Operation and Development
PÇ	: Polar Çap
EÇ	: Ekvatorial Çap
Y	: Yoğunluk
ÖİA	: Ölçülen İzdüşüm Alanı
TİA	: Teorik İzdüşüm Alanı
K	: Kütle
SK	: Sürtünme Katsayısı
KH	: Kritik Hız
RS	: Reynolds Sayısı
SD	: Sürüklenme Direnci
SK	: Sürüklenme Katsayısı
KK	: Küresellik Katsayısı

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ÖZET	I
SUMMARY	IV
ÖNSÖZ	VII
KISALTMALAR	IX
İÇİNDEKİLER	X
ŞEKİL DİZİNİ	XIV
ÇİZELGE DİZİNİ	XVII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kuru Soğan Üretiminde Arpacığın Önemi.....	1
1.2. Akışkan Yatak Ortamının Tanımı.....	8
1.3. Araştırmanın Amacı ve İçeriği	14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	17
2.1. Yumru Bitkilerin Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasına İlişkin Önceki Çalışmalar.....	17
2.2. Bazı Tarımsal Ürünlerin Aerodinamik Özelliklerinin Saptanması ve Yoğunluğun Kalite Karakteristiği Olarak Gösterilmesine İlişkin Önceki Çalışmalar	22
2.3. Tarımsal Ürünlerin Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasında Kullanılan Pnömatik Sistemlere İlişkin Önceki Çalışmalar.....	33
2.4. Akışkan Yatak Prensibine İlişkin Önceki Çalışmalar.....	34
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	39
3.1. Materyal.....	39

3.1.1. Denemelerde kullanılan soğan arpacığı.....	39
3.1.2. Denemelerde kullanılan ırpacık temizleme ve sınıflandırma makinaları.....	40
3.1.2.1. Mekanik ırpacık temizleme ve sınıflandırma makinası.....	40
3.1.2.2. Prototip akışkan yzıklı temizleme ve sınıflandırma makinası.....	42
3.1.3. Prototip akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinasının tasarım parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan deney düzenekleri.....	53
3.1.3.1. Hava kanalı.....	54
3.1.3.2. Materyallerin yoğunluklarının saptanmasında kullanılan düzenek.....	55
3.1.3.3. Sürtünme katsayısı saptanmasında kullanılan düzenek.....	56
3.1.4. Denemelerde kullanılan ölçüm aletleri.....	56
3.1.5. Denemelerde kullanılan cihazlar.....	57
3.1.5.1. Elektronik redüktör.....	57
3.1.5.2. Dijital anemometre ve debi ölçüm cihazı.....	57
3.1.5.3. Basınç ölçüm cihazı.....	59
3.1.5.4. Elektrik akımı ölçüm cihazı.....	60
3.2. Yöntemler.....	62
3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi.....	62
3.2.1.1. Denemeye alınan makinaların iş başarılarının saptanması sırasında denemelerin düzenlenmesi.....	62
3.2.1.1.1. Mekanik ırpacık temizleme ve boylama makinasında denemelerin düzenlenmesi.....	63
3.2.1.1.2. Akışkan yataklı ırpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında denemelerin düzenlenmesi.....	63
3.2.2. Soğan ırpacıklarının fiziksel özelliklerinin saptanması.....	67
3.2.2.1. ırpacıkların ekvatorial çap ve polar çap ve geometrik ortalama çaplarının saptanması.....	68
3.2.2.2. Küresellik katsayılarının saptanması.....	69
3.2.2.3. İzdüşüm alanlarının saptanması.....	70
3.2.2.4. Sürtünme katsayılarının saptanması.....	71

3.2.2.5. Yoğunlukların saptanması.....	71
3.2.2.6. Arpacıkların kuru madde oranlarının saptanması.....	72
3.2.3. Arpacıkların ve yabancı materyallerin aerodinamik özelliklerinin Saptanması.....	73
3.2.3.1. Havanın materyale karşı gösterdiği direncin saptanması.....	74
3.2.3.2. Arpacıkların ve yabancı materyallerin kritik hızlarının saptanması.....	75
3.2.4. Materyallerin toplu halde davranış özelliklerinin saptanması.....	76
3.2.4.1. Minimum akışkanlaştırma hızının saptanması.....	77
3.2.4.2. Minimum akışkanlaştırma debisinin saptanması.....	77
3.2.4.3. Direnç katsayısının saptanması.....	78
3.2.5. Ayırma kanalı içinde oluşan hava akımı özelliklerinin saptanması.....	79
3.2.5.1. Ayırma kanalı içerisindeki hava hızının ve hava debisinin saptanması ve ayarlanması.....	80
3.2.5.2. Ayırma kanalı içerisindeki basınç değerlerinin saptanması.....	81
3.2.6. Denemelerde kullanılan makinaların İş başarılarının ve güç tüketimlerinin saptanması.....	83
3.2.6.1. Mekanik tip arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasının temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması.....	83
3.2.6.2. Prototip akışkan yataklı makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması.....	85
3.2.6.3. Makinaların güç tüketimlerinin saptanması.....	87
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	89
4.1. Arpacıkların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar.....	89
4.2. Arpacıkların ve Yabancı Materyallerin Aerodinamik Özelliklerine İlişkin Sonuçlar.....	99
4.3. Arpacıkların Toplu Halde Davranış Özelliklerine İlişkin Sonuçlar.....	105
4.4. Ayırma Kanalı İçerisindeki Hava Hızı ve Hava Debisine İlişkin Sonuçlar.....	110

4.5. Denemelerde Kullanılan Makinaların İş Başarılarına ve Güç Tüketimlerine İlişkin Sonuçlar.....	117
4.5.1. Temizleme ve sınıflandırma etkinliklerine ilişkin sonuçlar.....	117
4.5.1.1. Mekanik tip arpacık temizleme makinasının temizleme ve Sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	117
4.5.1.2. Prototip akışkan yataklı makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	118
4.5.1.2.1. Temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	118
4.5.1.2.2. Sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	125
4.5.2. Makinaların güç tüketimine ilişkin sonuçlar.....	129
4.5.2.1. Mekanik makinanın güç tüketimine ilişkin sonuçlar.....	129
4.5.2.2. Prototip makinanın güç tüketimine ilişkin sonuçlar.....	130
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	132
KAYNAKLAR.....	136
ÖZGEÇMİŞ.....	142

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil No:	Şeklin Adı	Sayfa No:
1.1.	Depolama öncesinde soğanların sınıflandırılmasında akış diagramı	5
1.2.	Akışkanlaştırılmış yatak	9
1.3.	Yatağın çalışma prensibi	10
1.4.	Basınç farkı (ΔP) ile hız değişimi (v_y) arasındaki ilişki	12
1.5.	Akışkan yatak ortamlı separatörün şematik görünüşü	13
2.1.	Soğanların zedelenme miktarlarının saptanmasında kullanılan düzenek	19
2.2.	Rüzgar tünelinin şematik şekli	26
2.3.	Hava akımı direnci ölçüm düzeninin şematik görünüşü	30
2.4.	Pnömatik sınıflandırıcı	32
2.5.	Akışkan yatak seperatörünün şematik şekli	38
3.1.	Mekanik tip arpacık sınıflandırma makinasının şematik görünümü	41
3.2.	Akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinasının şematik görünümü	44
3.3.	Vantilatörün teknik ölçüleri	47
3.4.	Ayırma ünitesinin teknik ölçüleri (α)	49
3.5.	Titreşim hareketinin oluşmasını sağlayan yaylı mekanizma (a) ve stroku ayarlanabilir krank mekanizması (b)	52
3.6.	Deney materyalinin aerodinamik özelliklerinin saptanmasında kullanılan hava kanalı	54
3.7.	Deneme materyallerinin yoğunluklarının saptanmasında kullanılan düzenek	55
3.8.	Değişik çap gruplarındaki arpacıkların sürtünme katsayılarının saptanmasında kullanılan düzenek	56
3.9.	Hava debisi ve hava hızını birlikte ölçen ölçüm cihazı	58
3.10.	Basınç ölçüm cihazı	60
3.11.	Elektrik motorunun çektiği güç saptanmasında kullanılan ampermetre ve kullanımı	61

3.12. Prototip makinanın temizleme etkinliğinin değerlendirilmesinde iş akış Diagramı	65
3.13. Akışkan yataklı makinanın sınıflandırma etkinliğinin değerlendirilmesinde iş akış diagramı	66
3.14. Arpacığın eksen uzunlukları ve başlıca şekilleri	69
3.15. Ortam sıcaklığına bağlı olarak hava hızının ve hava türbülansının değişimi	80
3.16. Hava debisi, hava hızı ve basınç ölçümlerinin yapılması	81
3.17. Statik, toplam ve dinamik basıncının ölçülme prensibi	82
4.1. Arpacıkların ekvatorial çapları ile polar çapları arasındaki ilişkiler	95
4.2. Arpacık yoğunluklarının ekvatorial ve polar çaplarına bağlı olarak değişimi	96
4.3. Hesaplanan izdüşüm alanları ile ölçülen izdüşüm alanlarının arpacık gruplarına bağlı olarak değişimi	97
4.4. Ölçülen izdüşüm alanları ile arpacıkların bazı fiziksel özellikleri arasındaki İlişkiler	98
4.5. Arpacıkların sürtünme katsayıları ile yoğunluk değerleri arasındaki ilişkiler	99
4.6. Arpacıkların ekvatorial çaplarına bağlı olarak kritik hızlarının değişimi	103
4.7. Arpacıkların aerodinamik özelliklerinin yoğunluğa bağlı olarak değişimleri	104
4.8. Arpacıkların küresellik katsayıları ile Reynolds sayısı ve sürüklenme katsayıları arasındaki ilişki	105
4.9. Her bir arpacık grubu için akışkanlaştırma hızı ve debisi arasındaki ilişkiler	109
4.10. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan hava debisi değişimi	115
4.11. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan toplam basınç değişimi	115
4.12. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan statik basınç değişimi	115
4.13. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan dinamik basınç değişimi	116

4.14. Delikli plakanın delik çapının temizleme etkinliği üzerine etkisi	123
4.15. Besleme miktarının temizleme etkinliği üzerine etkisi	124
4.16. Titreşim strokunun temizleme etkinliği üzerine etkisi	124
4.17. Delikli plaka delik çapının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi	128
4.18. Besleme miktarının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi	128
4.19. Titreşim strokunun sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi	129
4.20. Yüklenme durumlarına bağlı olarak fan motorunun g tknetimi	130



ÇİZELGE DİZİNİ

Cizelge No:	Cizelgenin Adı	Sayfa No:
1.1.	Orta büyüklüğe (148 g) sahip bir soğanın içeriği	1
1.2.	Ülkemizde kuru soğan üretim aşamaları	3
1.3.	OECD Uluslararası Kalite Standardına göre soğan için istenen minimum koşullar	4
1.4.	Tarım ürünleri için kalite göstergesi olarak yoğunluk	8
2.1.	Şekle bağlı olarak soğanın kütle, yüzey alanı, hacim ve yoğunluklarının değişimi	22
2.2.	Yatay ve dikey hava akımı için Ergun eşitliği sabitleri	29
2.3.	Deneysel amaçlı akışkan yatak ortamlı patates ayırıcılarının karakteristikleri	35
3.1.	Denemelerde kullanılan farklı çap gruplarındaki arpacıkların bazı özellikleri	39
3.2.	Arpacık sınıflandırma makinasının elek ölçüleri	42
3.3.	Makinanın ana ölçüleri	43
3.4.	Vantilatörün teknik özellikleri	46
3.5.	Elektronik devir ayarlayıcının önemli özellikleri	57
3.6.	Denemelerde değiştirilen parametreler	63
4.1.	Denemelerde kullanılan arpacıkların fiziksel özellikleri	90
4.2.	Farklı gruplardaki arpacığın fiziksel özelliklerine ilişkin sonuçlar	93
4.3.	Denemelerde kullanılan arpacıkların aerodinamik özellikleri	100
4.4.	Farklı gruplardaki arpacığın aerodinamik özelliklerine ilişkin Sonuçlar	102
4.5.	Denemelerde kullanılan arpacıkların akışkan yatak ortamındaki özellikleri	106
4.6.	Arpacıkların hava akımı içinde toplu halde davranış özelliklerine ilişkin sonuçlar	108

4.7. 2 mm delik φ na sahip olan delikli plakanın kullanılması durumunda makinanın ayırma odası başında oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi	111
4.8. 2 mm delik φ na sahip olan delikli plakanın kullanılması durumunda makinanın ayırma odası sonunda oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi	112
4.9. 6 mm delik φ na sahip olan delikli plakanın kullanılması durumunda makinanın ayırma odası başında oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi	113
4.10. 6 mm delik φ na sahip olan delikli plakanın kullanılması durumunda makinanın ayırma odası sonunda oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi	114
4.11. Mekanik makinanın temizleme etkinliği	117
4.12. Mekanik makinanın sınıflandırma etkinliği	118
4.13. Optimum deneme koşullarında makinanın temizleme etkinlikleri	121
4.14. Temizleme etkinliğine ilişkin varyans analizi	122
4.15. Plaka delik φ x Titreşim stroku x Besleme miktarı için temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları	123
4.16. Optimum deneme koşullarında makinanın sınıflandırma etkinlikleri	126
4.17. Sınıflandırma etkinliğine ilişkin varyans analizi	127
4.18. Plaka delik φ x Titreşim stroku x Besleme miktarı için sınıflandırma etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları	127
4.19. Fan motorunun ve titreşim ünitesindeki motorun farklı yüklenme koşullarında güç tüketimleri	131

1. GİRİŞ

1.1. Kuru Soğan Üretiminde Arpacığın Önemi

Soğan, (*Allium cepa L.*) sistematikte Monocotylodoneae' lerden Liliaceace familyasının Allium cinsine üye olan bir bitkidir (Bayraktar, 1970). Anavatanı Orta Asya olup, buradan batı Asya ve Akdeniz ülkelerine yayılmıştır. Taze ya da kuru olarak tüketildiği gibi, son yıllarda kurutma sanayinde işlenerek bazı yiyeceklerin hazırlanmasında da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kaynaş vd., 1984).

Arpacık ise normal olarak yetiştirilen büyük boyutlu soğan çeşitlerinden çok daha küçük boyuta sahip soğanlardır. Soğan tohumlarının çok sık ekilmesi sonucu, bitkiler arasında yetişme alanı, nem ve besin açısından bir rekabet yaratılarak elde edilmektedir. Bu rekabet sonucu küçük ama erken olgunluğa erişmiş soğanlar elde edilmekte ve bunlar yetiştiriciler tarafından erkenci kuru ve yeşil soğan yetiştirilmesinde kullanılmaktadır (Tiessen vd., 1986).

Çok eski devirlerden günümüze kadar insan beslenmesinde ve çeşitli hastalıkların giderilmesinde mükemmel bir ilaç olarak kullanılan soğanın içerdiği vitaminler yanında mineral maddeleri ve diğer besleyici maddelerce zenginliği bu kültür sebzesinin üretim ve tüketimini vazgeçilmez kılmaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Orta büyüklüğe (148 g) sahip bir soğanın içeriği (Anonim, 1999a)

Kalori değeri	60 cal	Potasyum içeriği	200 mg
Protein içeriği	1 g	Lif içeriği	3 g
Karbonhidrat içeriği	16 g	C vitamini miktarı	%15
Toplam yağ içeriği	0	Kalsiyum miktarı	%4
Doymuş yağ içeriği	0	Demir miktarı	%2
Sodyum içeriği	5 mg		

1996 istatistiklerine göre ülkemizde soğan ekim alanları 98.000 hektar ve elde edilen verim 19.338 kg/ha' dır (Anonim, 1996a). Ülkemizde soğan üretiminde

önemli paya sahip olan Tekirdağ yöresinde 1996 yılında 5657 ha alandan 91.350 ton (kuraklık sebebiyle verimde düşüş meydana gelmiştir), 1997 yılında ise 5523 ha alandan 100.010 ton kuru soğan elde edilmiştir (Anonim, 1997a).

Soğan, genel olarak iki yıllık bir bitkidir. Birinci yıl baş, ikinci yılda ise tohum oluşmaktadır. Ancak bazı soğanlar üç yıllık olup, birinci yıl tohumdan arpacık, ikinci yıl arpacıktan baş ve üçüncü yıl baştan tohum meydana gelmektedir. Bu durum bazı çeşitlere özgü genetik bir özelliktir.

Ülkemizde kuru soğan üretimi genellikle arpacıkla, az miktarda da doğrudan ekimle (tohumla) yapılmaktadır. Üretilen soğan 3 yıllık olup birinci yıl tohumdan arpacık, ikinci yıl arpacıktan baş ve üçüncü yıl ise baştan tohum üretimi yapılmaktadır. Baş soğan üretiminde doğrudan tohumdan üretim yapılması genelde sulama imkanının olduğu yerlerde gerçekleştirilebilmektedir. Türkiye’de özellikle soğanın yetiştirildiği alanlarda, sulama yatırımlarının yetersiz olması nedeniyle arpacıktan kuru soğan üretimi yaygın olarak yapılmaktadır (Akdemir, 1990). Bunun yanında soğuk bölgelerde kuru soğan yetiştiriciliğinde arpacık tercih edilmektedir. Arpacıktan yetiştirilen bitkilerin dayanımı tohumdan yetiştirilenlere göre daha iyi olmaktadır.

Türkiye’de tarımsal üretimin birçok sektöründe, yeterli mekanizasyon zinciri kurulabilmişken, soğan tarımında kullanılan mekanizasyon araçlarının sayısı oldukça düşüktür. Kuru soğan üretimi, makine kullanımının toprak işlemede yoğunlaştığı, diğer işlemlerde ise emek-yoğun bir üretim biçimi olarak sürdürülmektedir (Eker vd., 1994). Ülkemizde kuru soğan üretim aşamalarında sadece ekim, sökme ve sınıflandırma işlemlerinde makine kullanılmakta diğer işlemler ise insan iş gücü ile gerçekleştirilmektedir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Ülkemizde kuru soğan üretim aşamaları (Eker vd., 1994)

1. Aşama (Tohum üretimi)		2. Aşama (Tohumdan arpacık üretimi)		3. Aşama (Arpacıktan soğan üretimi)		4. Aşama (Tohumdan direkt soğan üretimi)	
İşlemler	Zamanlama	İşlemler	Zamanlama	İşlemler	Zamanlama	İşlemler	Zamanlama
Dikim	Mart	Ekim*	Mart	Dikim*	Şubat Mart	Ekim*	Mart
Çapalama	Mayıs Haziran	Çapalama	Mayıs Haziran	Çapalama	Nisan Haziran	Çapalama	Mayıs Haziran
Hasat	Ağustos	Söküm	Ağustos	Söküm*	Temmuz Ağustos	Sulama	Haziran başı- Temmuz sonu (genelde 3 defa)
		Sınıflandırma		Sınıflandırma*	Depolamadan önce	Söküm*	Ağustos
		Depolama		Depolama		Sınıflandırma*	
						Depolama	

*makine kullanılan işlemler

Ürünlerin temizlenmesi; belli bir karışım içindeki esas ürünün istenmeyen maddelerden ayrılması ve ürünlerin sınıflandırılması ise; temizleme işleminden sonra elde edilmiş temiz ürünün çeşitli özelliklerinden yararlanılarak kendi aralarında ayrılması olarak tanımlanmaktadır (Eker, 1983).

Kuru soğan üretimi ile ilgili aşamalardan tohum üretimi aşaması hariç tüm aşamalarda insan işgücünün yoğun olarak kullanıldığı temizleme ve sınıflandırma işlemi önem taşımakta ve bu işlem depolama işleminden önce gerçekleştirilmektedir (Gönüloğlu, 1996). Uluslararası kalite standartlarına göre sınıflandırma işlemi sonucunda, soğan için istenen minimum koşullar soğanların görünümünü ve tadını etkileyecek koşullar dikkate alınarak belirlenmiştir (Çizelge 1.3) (Anonim, 1999b).

Çizelge 1.3. OECD Uluslararası Kalite Standardına göre soğan için olması istenen minimum koşullar (Anonim, 1999b).

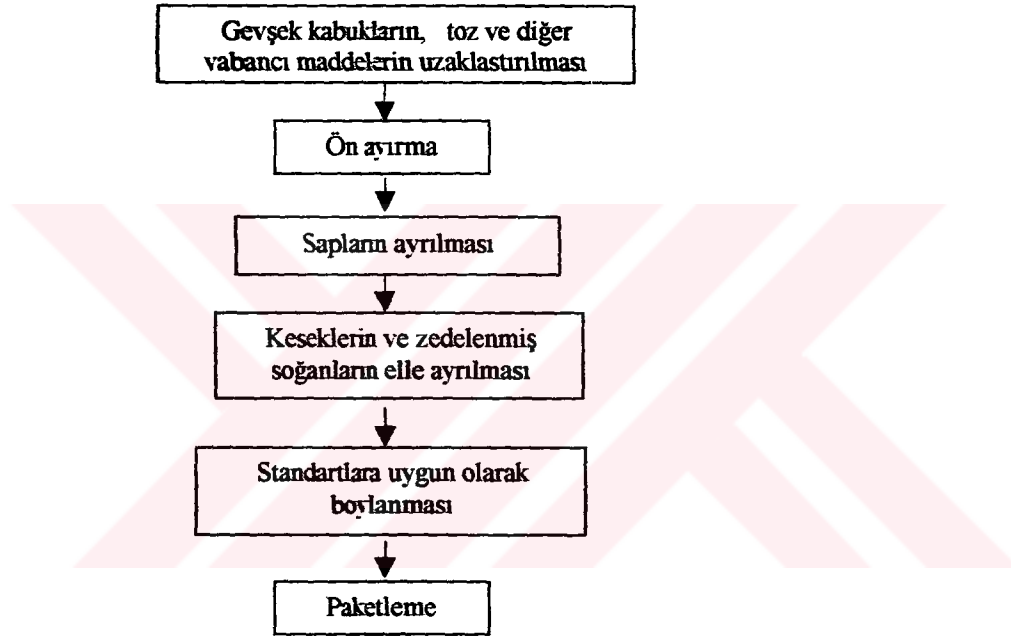
Minimum koşullar	Açıklama
Soğanın bütün olması (dış kabukları da içerecek şekilde)	Yetiştirilme, sökülme, hasat, paketlenme ve diğer işlemler sırasında soğanların görünüşünde herhangi bir bozukluk oluşmamalıdır.
Sağlam olması	Hastalık veya parazitlerden ciddi bir şekilde etkilenmiş soğanlar ayrılmalıdır.
Temiz olması	Göze görülebilen yabancı materyallerin ayrılmış olması gerekmektedir.
Donun neden olduğu zararlara uğramamış olması	Hasat sonrasındaki işlemler sırasında sıcaklığın 0 °C' nin altına düşmesi durumunda soğanlar bu sıcaklıktan çok çabuk etkilenmekte ve donmaktadır.
Kullanım amacına uygun olarak yeterince kuru olması	Soğan tamamen olgunlaştığında hasat edilen soğanda "yeterince kuru" ifadesi ile; soğanların nemli havada higroskopik özellikleri açısından; dış kabuklarının önemsiz düzeyde nemli olması ve boyun bölgesine yakın olan yaprakların oldukça kuru olması istenmektedir.
Anormal dış ortam neminden etkilenmemiş olması	Soğanların yüklenmesi sırasında; taşıma ve yükleme kalitesinin bozuk olmasından kaynaklanan ve doğal olmayan sebeplerden dolayı oluşan aşırı nem oluşması istenmeyen bir durumdur.
Yabancı tat ve kokuya sahip olmaması	
Sapların düzgün bir şekilde kesilmiş olması	

Kuru soğan üretim aşamalarından; tohumdan arpacık üretimi, arpacıktan soğan üretimi sırasında arpacıkların temizlenmesi ve sınıflandırılması gerekmektedir. Kuru soğanın üretiminde direkt tohumluk olarak kullanılan ve bunun yanında sofralık olarak da tüketilen arpacığın temizlenmesi ve sınıflandırılması, hem pazarlama açısından ürünlerin homojenliğinin istenmesi hem de tohumluk olarak belli özelliklere sahip olması istendiğinden ayrıca önem taşımaktadır.

Arpacık sınıflandırma işleminin, Trakya bölgesinde genellikle basit eleklerle, insan kuvvetine dayalı olarak sürdürüldüğü görülmektedir. Ülkemizde arpacık temizlenmesi ve sınıflandırılmasına yönelik herhangi bir makine imalatı

yapılmamaktadır. Uygulamada sadece büyük soğan üreticilerinde özel amaçla yapılmış olan arpacık temizleme ve sınıflandırma makinalarına rastlanmıştır. Bu makinalar dışarıdan ithal edilen soğan tasnif makinalarının çalışma prensiplerine sahip fakat boyutları arpacık özelliklerine uygun olarak değiştirilmiş, arpacıkları çaplarına göre 6 sınıfa ayıran mekanik boylama makinalarıdır.

Kuru soğan ve arpacıkların sınıflandırılması depolama işleminden önce yapılmaktadır. Mekanik boylama makinalarında yapılan sınıflandırmada işlem akışı Şekil 1.1' de görüldüğü gibidir (Anonim, 1999b).



Şekil 1.1. Depolama öncesinde soğanların sınıflandırılmasında akış diagramı (Anonim, 1999b)

Arpacıkların mekanik boylama makinalarıyla temizlenmesi ve sınıflandırılması arpacıktan soğan üretimi yapan işletmelere pek çok avantajlar getirmiştir. Bunların en önemlileri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Arpacıkların dikiminde kullanılan dikim makinalarının dikim ünitesini oluşturan kaşıkçık boyutları belirlidir. Bu sebeple makine ile başarılı bir dikim

yapılabilmesi için arpacık boyutlarının kaşıkçık boyutlarına uygun olması gerekmektedir.

- Kuru soğan üretiminde çiçeklenme, baş bağlama ve sapa kalkma yönünden arpacıkların sınıflandırılması gereklidir. Çünkü yapılan araştırmalar; çiçeklenme ve baş bağlama olayları ile arpacık büyüklükleri arasında önemli ilişkiler olduğunu göstermiştir (Günay, 1983).

Baş soğan üretiminde kullanılmak üzere yapılan arpacık yetiştiriciliğinde farklı irilikte arpacıklar oluşmakta ve bunlardan 1.0 – 1.5 cm çapa sahip olanlar üretimde tercih edilmektedir. Dikimi yapılan farklı irilikteki arpacıklardan; 2.5-3.5 cm çapa sahip olanlarından elde edilen soğanlarda %100 oranında çiçeklenme, 1.5-2.5 cm çaplı arpacıklardan elde edilen soğanlarda %50 oranında çiçeklenme ve 1.0-1.5 cm çaplı arpacıklardan elde edilen soğanlarda ise çiçeklenme yerine baş bağlama olayı saptanmıştır (Tacıkan, 1997). Araştırma sonuçlarından da anlaşıldığı gibi arpacık büyüklüğü arttıkça çiçeklenme oranı da artmaktadır.

Kuru soğan üretiminde ideal arpacık çapı; çiçeklenme yerine baş bağlamanın olduğu 1.0-1,5 cm çapa sahip gruptur. Daha büyük çapa sahip olanlarda sapa kalkma oranı artmakta ve 1 cm'den küçük çapa sahip arpacıklar ise zayıf bitkinin oluşmasına neden olmaktadır ve elde edilen soğanların depolanması sırasında meydana gelen kuruma ile ağırlık kaybı artmaktadır. Ayrıca yapılan denemelerde; iri ve küçük arpacıkların aynı zamanda dikilmesi durumunda iri arpacıkların daha çabuk baş bağladığı saptanmıştır (Aybak, 1997).

- İç ve dış piyasada standartlara uymayan ürünlerin pazarlanması artık mümkün olmamaktadır. Bunun yanında tüketicinin ürün kalitesine karşı hassasiyeti gün geçtikçe artmaktadır. Kuru soğan üretiminde kullanımının yanı sıra yemeklik olarak sofralanmada yerini alan arpacık için de bu durum geçerlidir. Bundan dolayı satış açısından sınıflandırılmış arpacığın yararı büyüktür.

- Depolama sırasında ürün içerisinde bulunan yabancı materyallerin oluşturabileceği zararlar temizleme ve sınıflandırma ile önlenmektedir. Bu zararlar toprak ve keselerde bulunan toprak kökenli hastalıkların oluşturduğu zararların yanı

sıra taş vb. yabancı materyallerin vereceği mekanik zararlar olabilmektedir (Ertan, 1968).

Arpacıkların sınıflandırılması ve temizlenmesi amacıyla mekanik boylama makinalarının kullanılması önemli yararlar sağlamaktadır. Günümüzde özellikle İsrail’de soğan ve patates gibi yumru bitkilerin temizlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla mekanik boylama makinalarının yanı sıra hava akımının akışkan yatak olarak kullanıldığı akışkan yatak ortamlı sistemler kullanılmaktadır. Bu makinaların kullanılması ile ürünler yoğunluklarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu sistemlerin kullanılması, mekanik sistemlerin kullanılması ile elde edilen yararların yanında aşağıda belirtilen yararları getirmektedir:

- İstenmeyen arpacıklar ve yabancı maddeler çoğu zaman istenen kalitedeki yüksek çimlenme gücüne sahip arpacıklarla aynı boyut ve şekle sahiptir, bu yüzden bunların etkin olarak ayrılması sadece yoğunluklarına göre olmaktadır. İstenmeyen bu arpacıklar toprak kökenli zararlılardan kaynaklanan ağırlık kaybına uğramış arpacıklar olabileceği gibi içi boşalmış arpacıklar da olabilmektedir.

- Soğanda olduğu gibi arpacıkta da eğer üretiminin her aşamasında aşırı bir itina gösterilmezse ürünün depolama ömrü çok kısa olmaktadır. Soğanın ömrü mekanik zedelenmelerden dolayı oldukça azalmaktadır. Bundan dolayı hasat sonrası bütün işlemler mekanik ve fiziksel zararlardan korunarak yapılmalıdır. Aksi takdirde yara yerleri mantar ve bakterilerin giriş yerleri olup soğanların çürümesine sebep olmaktadır. Soğan arpacığının diğer tohumlara göre daha iri, zedelenmeye karşı daha hassas olan bir tohumluk olduğu da bilinmektedir (Önal vd., 1988). Bundan dolayı mekanik sistem yerine hava akımının kullanıldığı sistemlerin kullanılması bu yönden daha avantajlıdır.

- Boyları uzunca, genişlikleri az olan yoğunlukları düşük olan ve erkek olarak adlandırılan arpacıklar taze soğan yetiştiriciliğinde kullanılan, baş bağlama özelliği az olan arpacıklardır. Tombul, findığa bezeyen dolgun yuvarlak şekilli ve yoğunluğu daha yüksek olan ve dişi arpacık olarak adlandırılan arpacıklar ise baş bağlama özelliği yüksek olan ve kuru soğan yetiştiriciliğinde kullanılan arpacıklardır (Aybak, 1997). Pnömatik sistemlerin kullanılması iri dolgun arpacıkların (yoğunluk özellikle

dolgunluğun bir göstergesi olduğundan) sağlayacağı yararların kazanılması yönünden de önemlidir.

- Meyve ve sebzelerin hasat sırasında büyük bir kısmının homojen olmayan kalite ve olgunluğa sahip olduğunu ve bir örnek kalitenin sağlanması ve hasattan sonra pazarlamaya yönelik istenen kalitedeki ürünlerin seçimi için kaliteye göre sınıflandırma yapılması en yaygın yöntemdir (Zaltzman vd. 1988). Yapılan çalışmalar sonucunda tarımsal ürünlerin kalite karakteristikleri ile yoğunlukları arasında çok önemli ilişkiler olduğu saptanmıştır (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Tarım ürünleri için kalite göstergesi olarak yoğunluk (Zaltzman vd., 1988)

Tarım Ürünü	Yoğunluğun gösterge olarak kullanıldığı bazı kalite özellikleri
Patates	Nişasta içeriği-kuru materyal
Bezelye, şeftali, domates, yaban mersini, yerfıstığı	Olgunluk
Turunçgiller	Donmadan dolayı oluşan hasarlar, iç kalitesi, öz su içeriği
Greyfurt	Kabuk kalınlığı

1.2. Akışkan Yatak Ortamının Tanımı

Katı taneciklerden oluşan bir grubun sanki akışkan gibi hareket etmesi ya da bu davranışı gösterir duruma getirilmesi “akışkanlaştırma” ve bu şekilde oluşturulan ortam “akışkanlaştırılmış yatak” olarak tanımlanmaktadır (Özgür, 1994).

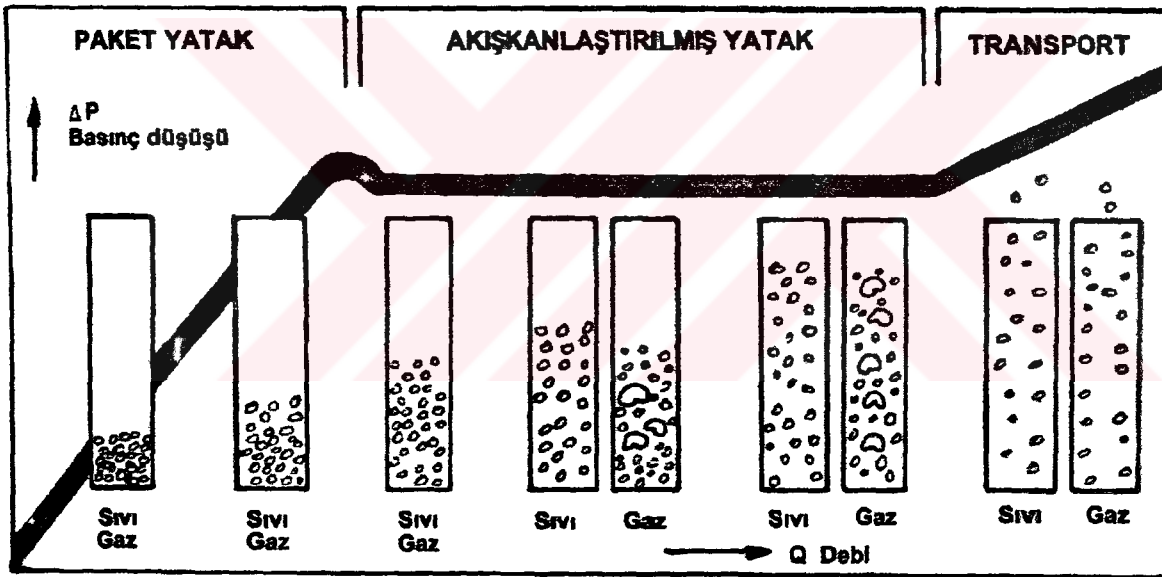
Akışkan yatak ortamı, yüksek viskoziteli bir sıvı akışkanın özelliklerine sahiptir ve iki tipe ayrılmaktadır (Zion, 1995). Bunlar:

-İçerisine materyal eklenen akışkan yataklar: bu tip akışkan yataklarda gaz akışkanın içerisine çok küçük parçalı kum eklenmektedir. Eklenen bu kum akışkan yatak içerisinde oluşan baloncukların daha küçük ve daha homojen olmasını sağlamaktadır.

-İçerisine materyal eklenmeyen akışkan yataklar: Bu tip akışkan yataklarda içerisine materyal eklenmediği için baloncuklar daha geniş yapıdadır. Bu nedenle ortam kum ortamında olduğu kadar homojen değildir.

Günümüzde ticari olarak imal edilen akışkan yatak sistemlerinin kullanıldığı temizleme ve sınıflandırma makinelerinde ikinci tip akışkan yatak ortamı kullanılmaktadır. Bu makinelerde ürün ve yabancı materyallerden oluşan karışım hava akışıyla karşılaştırılmaktadır. Diğer pnömatik sistemlerde olduğu gibi akışkan yataklı sistemlerde de ürünlerin kritik hızları, yoğunlukları, boyutları ve şekil gibi özellikleri temizleme ve sınıflandırma işlemleri üzerinde etkili olmaktadır.

Akışkan yatakta katı parçacıklar sıvı ya da gaz ile beslenerek ağırlıkları direnç kuvvetleri ile dengelenmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Akışkanlaştırılmış yatak (Özgür, 1994).

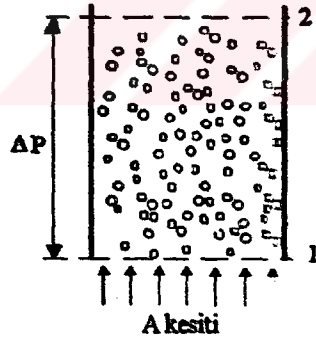
Şekil 1.2' de görüldüğü gibi bir paket yatak altındaki aralıklardan sıvı veya gaz akımı verilince ilk olarak basınç kaybı (ΔP) debi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu sırada üstteki parçacıkların hareketlendiği görülmektedir. Akışkanlaştırma başlayınca bütün parçacıklar hareketlenmekte ve artık basınç farkı sabit kalmaktadır. İster sıvı ister

gaz ile olsun debi arttıkça akışkanlaştırılmış yatakta bir hacim artması gözlenmektedir. Ancak bu genişlemenin mekanizması sıvılı yatak ve gazlı yatakta farklı olmaktadır.

Sıvı ile akışkanlaştırılmış bir yatakta genişleme homojen bir şekilde olmaktadır. Yani yatağın parçacıklar arası mesafeler artmaktadır.

Gaz ile akışkanlaştırılmış yatakta ise durum başkadır. Burada fazla gaz gözenekleri arttırmayıp kabarcıklar oluşturmaktadır. Bu kabarcıklar içinde parçacık bulunmayan gaz ile dolu hacimlerdir. Bu hacimler düzgün bir hız ile yukarı çıkarlar. Bu hareketleri sırasında da yatağı karıştırırlar. Böyle bir yatağın avantajları arasında ısı ve kütle transferinin kolaylaştırılması gelmektedir. Katı parçacıklar ile akışkan arasında çok genişlemiş olan temas yüzeyi ısı ve kütle transferini arttırdığı gibi yatağın gaz halinde karışması cidar ile kütle arasındaki transferi de kolaylaştırmaktadır. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında da akışkan yatak ortamlarının yaygın olarak kullanılmasının nedeni budur (Özgür, 1994).

Akışkan yatağın çalışma prensibi iki şekilde düşünülebilir. Yatağın toplam ağırlığı; giriş (1) ve çıkış (2) arasındaki basınç farkından kaynaklanan kaldırma kuvveti ile dengelenmektedir (Şekil 1.3) (Özgür, 1994).



Şekil 1.3. Yatağın çalışma prensibi (Özgür, 1994)

Aşağıdaki eşitlik gerçekleşince akışkanlaştırma başlamaktadır (Özgür, 1994):

$$W = \Delta P * A / 9.81 \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

Burada:

W : Yatağın toplam ağırlığı (kg),

ΔP : (1) ve (2) noktaları arasındaki basınç farkı (Pa),

A: Kesit alanı (m²),

($\Delta P \cdot A$): Kaldırma kuvvetidir (kgf).

Bu eşitliğe göre yatağın toplam ağırlığı sabit olduğuna göre parçacıklar yatakta kaldığı süre boyunca basınç farkı sabit kalacaktır.

Akışkan yatağın çalışma prensibi ile ilgili olarak diğer bir görüş ise; her bir parçacığın ağırlığının ($m \cdot g$); direnç katsayısı, hava hızı ve hava yoğunluğuna bağlı olan aerodinamik direnç kuvveti ile dengelenmekte olduğudur (Özgür, 1994).

$$m * g = C_D * A_p * \frac{1}{2} * \rho_a * V^2 = F_d \quad \dots\dots\dots(1.2)$$

Burada:

m: materyalin kütlesi (kg),

g: yerçekimi ivmesi (m/s²),

A_p : materyalin izdüşüm alanı (m²),

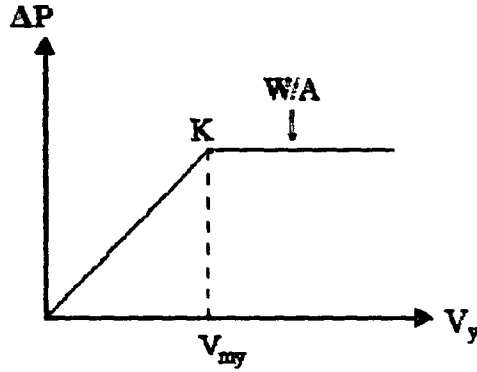
V: hava hızı (m/s),

C_d : Direnç katsayısı,

ρ_a : Havanın yoğunluğudur (kg/m³).

F_d : Aerodinamik direnç kuvvetidir (kg).

Ancak burada C_D katsayısı tek bir parçacığın direnç katsayısı değil toplu parçacıklara ait bir katsayıdır. Yatak boyunca basınç kaybı yüzeysel akış hızı cinsinden değişimi Şekil 1.4' de görünmektedir.



Şekil 1.4. Basınç farkı (ΔP) ile hız değişimi (V_y) arasındaki ilişki (Özgür, 1994)

Buna göre hız arttırıldıkça başlangıçta basınç farkı hız ile orantılı olarak artmakta ve K noktasında yüzeysel hız minimum akışkanlaştırma hızına erişmekte ve akışkanlaştırma başlamaktadır. Minimum akışkanlaştırma hızı ise akışkanlaştırma debisine ve akışın olduğu kanalın yüzey alanına bağlı olarak aşağıdaki gibi değişmektedir (Özgür, 1994).

$$V_{my} = \frac{Q_a}{A} \dots\dots\dots (1.3)$$

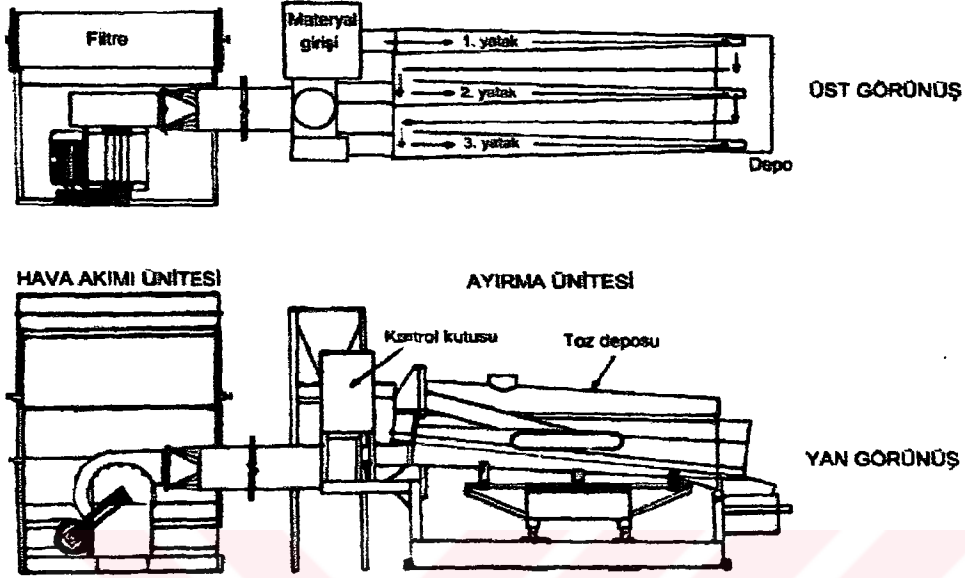
Burada:

V_{my} : Minimum akışkanlaştırma hızı (m/s),

Q_a : akışkanlaştırma debisi (m^3/s),

A: Akışın olduğu kanalın yüzey alanıdır (m^2).

Şekil 1.5^o de günümüzde özellikle tahıllar, yağ bitkileri ve fındık gibi tarımsal ürünlerin yabancı tohumlardan ve yabancı materyallerden ayrılması amacıyla kullanılmakta olan akışkan yataklı sistemlerden birisi görülmektedir.



Şekil 1.5. Akışkan yatak ortamlı separatörün şematik görünüşü (Anonim, 1997b)

Akışkan yataklı ayırıcıda temizlenecek olan ürün 1 numaralı akışkan yatak ortamına düzenli olarak verilmektedir. Altta bulunan çok küçük deliklerden verilen hava akımı ürünün bir akışkan gibi davranmasını sağlamaktadır. Makine üzerindeki ayırma odaları ürünün yerçekimi etkisiyle aşağıya doğru akışını sağlamak için hafifçe eğimlendirilmiştir. Ürünün aşağıya doğru akışı gerçekleşirken ağır olan materyaller batmakta, hafif olan materyaller ise yükselmektedir. Tabakalar halinde bulunan bu materyaller ayırma odasının sonuna yerleştirilmiş bir valf yardımıyla birkaç akışa bölünebilmektedir. Hastalıklı, hasarlı ve gelişmemiş tohumlar hafif materyallerle beraber akışın üst tarafından ayrılmaktadır. Daha ağır olan materyaller ise (sağlıklı ve yüksek yoğunluğa sahip olanlar) ayrı bir bölüme alınmaktadır. Orta nitelikteki ürünler ise daha iyi bir ayırma için bir konveyör yardımıyla ikinci ayırma odasına iletilmektedir. Bu ayırma odası birinci ayırmada ayrılamayan ağır olan tohumlukların %99'unu ayırabilmektedir. Ayırma odalarının sayısının artırılmasıyla daha hassas bir ayırma sağlanabilmektedir.

1.3. Araştırmanın Amacı ve İçeriği

Günümüzde tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kalite kavramına verilen önem, sanayi alanlarında olduğu kadar tarımsal üretim alanlarında da gittikçe artmaktadır. Bu durum gerek iç pazarda ve gerekse dış pazarda üreticilerin ve tüketicilerin ürün kalitesine karşı hassasiyetini arttırmaktadır. Böylece üretim ve pazarlama alanında bir rekabet ortamı doğmaktadır. Rekabetin tüm şiddetiyle devam ettiği dünya piyasalarında artık standartlara uymayan ürünlerin pazarlanması mümkün olmamaktadır. Bu sebeplerden dolayı hasat sonrasında ürünlerin kullanılma amaçlarına uygun bir şekilde hazırlanmaları gerekmektedir. Bu hazırlama sırasında en önemli işlemler arasında temizleme ve sınıflandırma işlemleri gelmektedir (Zion, 1995).

Tohumluk olarak kullanılan ve sofralık kullanımı da gün geçtikçe yaygınlaşan arpacığın kalite karakteristiklerine göre temizlenmesi ve sınıflandırılması maliyeti arttırmasına rağmen sonuçta elde edilen karı yükseltmekte ve temizleme makinaları sayesinde satışın kolaylaştığı ve standardize edilmiş ürünler daha geniş pazarlama imkanı bulmaktadır (Klejin, 1991).

Bölüm 1.1' de açıklandığı gibi arpacıkların sınıflandırılmasında mekanizasyon düzeyi oldukça düşüktür. Az sayıda üreticinin bu amaçla kullandığı mekanik makinalar pek çok açıdan önemli yararlar sağlamakla birlikte özellikle tohumluk amaçlı kullanılan arpacıkların sınıflandırılmasında akışkan yataklı sistemlerin kullanılması önemli avantajlar sağlayacaktır. Bu tip makinalarda; ürünler yoğunluklarına göre ayrılmakta yani ayırma kıstası materyalin dış görünüşüne bağlı olmamakta ve iç özellikleriyle ilişkili olmaktadır. Çünkü yapılan ayırma tohumluk üretimine yönelik ayırmadır.

Akışkan yatak ortamlı ayırıcılar, günümüzde yurt dışında daha çok, soğan ve patates ve sarımsak gibi yumru bitkilerin taş ve keseklerden temizlenmesi ve yoğunluklarına göre ayrılmasında kullanılmaktadır.

Birçok tohumluk ağırlık, yoğunluk ve özgül ağırlık bakımından farklılık göstermektedir. Bu tohumluklar ağırlık yada yoğunluklarına göre, hava akımlı-elekli makinalarda, hava akımı ile etkin bir şekilde ayrılmaktadır. Bununla beraber tohumların

ağırlık yada özgül ağırlığa göre ayrılmasında kullanılan özgül ağırlık ayırıcıları, taş ayırıcı, aspiratör ve havalı ayırıcılar yapılmıştır (Şehirali,1989). Büyüklük ve yapısal özellik bakımından diğer tohumluklarda farklı olan arpacığın temizlenmesi ve sınıflandırılması için de pnömomatik sistemlerden yararlanılabilir. Yapılan çalışmalar; arpacıkların birbirleri arasındaki ve yabancı materyaller ile aralarındaki yoğunluk farklarının, bu yöntemle ayrılmalarını sağlayacak miktarda olduğunu göstermiştir.

Yapılan ön araştırmalarda, akışkan yatak ortamlı separatörün kullanımına ülkemizde sadece fındık sanayinde kaliteli fındık elde edilmesinde rastlanmıştır. Oldukça yüksek bir temizleme etkinliğine sahip olan akışkan yataklı makinaların özellikle tohumluk üretim tesislerinde yaygınlaşmadığı bunun yerine genellikle gravite masalarının yoğun bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. 7 çeşit sorgumda yapılan bir araştırmada çimlenmenin tohum büyüklüğü ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Yığının çimlenme gücü, hava tabanlı bir temizleyici ve gravite tablası kullanılmasıyla artmıştır fakat bu sistemlerde tohum kaybı çok olmuştur (Cortes, 1988). Dolayısıyla kaliteli tohumluk eldesi için akışkan yatak ortamlı seperatörlerin ülkemizde de yaygınlaşması gerekmektedir.

Bu teknikle çalışan makinalarda ayrılacak ürünler arasındaki yoğunluk farkı %2 ye kadar düştüğü durumda bile ayrılmanın sağlanabildiği saptanmıştır. Oysa gravite masalarında bu oran %13 olarak kalmaktadır. Dolayısıyla bu tip separatörlerle alternatif makinalara göre %25 oranında daha kaliteli ürün alınabilmektedir (Anonim, 1997b).

Bu çalışmada; soğan arpacığının yoğunluklarına göre temizlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla akışkan olarak hava akımının kullanıldığı akışkan yatak ortamlı bir deneme makinasının tasarımı ve imalatı yapılmıştır.

Bu amaçla öncelikle makinanın denemeleri sırasında tarımsal materyal seçilen arpacıkların makinanın tasarımına ve materyalin temizlenme-sınıflandırılmasına yönelik özellikleri saptanmıştır. Bu özellikler; materyalin fiziksel özellikleri, aerodinamik özellikleri ve yığın halindeki materyalin hava akımı içerisinde gösterdiği davranışlarla ilgili özelliklerdir.

Soğan arpacığının temizlenmesi ve sınıflandırılması problemine yönelik problemin çözümünü gerçekleştirmek için tasarımı yapılan ve imal edilen bu makine ile

öncelikle ürünün temizlenmesi ve 3 ayrı yoğunluk grubuna ayrılması hedeflenmiştir. Prototip makine, halen arpacık temizlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla kullanılmakta olan arpacıkların boyutlarına göre ayrılmasında kullanılan mekanik boylama makinası ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma özellikle makinaların iş başarıları açısından yapılmıştır.

Çalışma giriş, önceki araştırmalar, materyal ve metot, araştırma sonuçları, sonuç ve öneriler olmak üzere beş bölüme ayrılmıştır. Giriş bölümünde; konunun amacı, materyal olarak kullanılan arpacığın genel yetiştirme teknikleri ve kalite özellikleri ile yoğunlukları arasındaki ilişkiler ve ürünlerin kalitelerine göre ayrılmasında kullanılan akışkan yatak prensibinin genel bir tanımı yapılmıştır. Böyle bir makinanın kullanımından elde edilecek avantajlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Önceki araştırmalar kısmında bu konularla ilgili literatürler gözden geçirilmiştir. Materyal bölümünde; araştırmada kullanılan bitkisel materyal, günümüzde üreticiler tarafından kullanılan mekanik arpacık boylama makinası ve imal edilen makine tanıtılarak bu makinanın tasarım parametrelerinin saptanmasında kullanılan düzenekler, ölçüm cihazları ve aletler ile bu makinanın özellikleri belirtilmiştir, yöntem bölümünde ise; verilerin elde edilmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ve bazı cihazlar ile yapılan ölçümler ile ilgili bilgiler verilmiştir. Araştırma sonuçları bölümünde; denemelerde elde edilen sonuçlar çizelgeler ve grafikler halinde sunulmuştur. Sonuç ve öneriler bölümünde; sonuçların değerlendirilmesi sonucu yapılan öneriler yer almıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde konu ile ilgili önceki çalışmalar; yumru bitkilerin temizlenmesi ve sınıflandırılmasına ilişkin önceki çalışmalar, bazı tarımsal ürünlerin aerodinamik özelliklerinin saptanması ve yoğunluğun kalite karakteristiği olarak gösterilmesine ilişkin önceki çalışmalar, tarımsal ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırılmasında kullanılan pnömötik sistemlere ilişkin önceki çalışmalar, akışkan yatak prensibine ilişkin önceki çalışmalar olmak üzere 4 konu başlığı altında tarih sırasına göre özetlenmiştir.

2.1. Yumru Bitkilerin Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasına İlişkin Önceki Çalışmalar

Öztürk (1988), bazı meyve ve sebzelere uygun kombine tip boylama makinalarının yapısal karakteristiklerini saptadığı çalışmada; kuru soğan, patates ve değişik elma çeşitleri için bantlı-pervazlı makine, elekli boylama makinası ve ağırlığa göre sınıflandırma yapan makinaları denemiştir. Bu makinaların kapasite değerlerini ve boylara ayırma yeteneğini saptamıştır. Boylama makinalarında, kuru soğanla 9 farklı elek konumunda yapılan denemeler sonucunda boylara ayırma yeteneğinin; devir sayısı azaldıkça, strok küçüldükçe ve eğim azaldıkça iyileştiğini; kapasite değerlerinin ise devir sayısı arttıkça, strok büyüdükçe ve eğim arttıkça artmakta olduğunu saptamıştır. Elekli sınıflandırma makinasında; boylara ayırma yeteneğinin en yüksek olması için 280 min^{-1} lik elek krank mili devir sayısında, 30 mm'lik strokta ve 6°'lik elek eğiminde çalışması gerektiğini belirtmiştir. Ağırlığa göre ayırma yapan makinada yapılan denemeler sonucunda ise en iyi ayırma elma çeşitlerinde olmuştur. Bu makinada kuru soğan ile yapılan denemelerde yanlış gruba giren ürün sayısı elmadan fazla ve patatesten daha az olmuştur. Yani bu makinada iyi sınıflandırılma derecesi iyiden kötüye doğru şu şekilde gerçekleşmiştir: elma (Amasya), elma (Golden), kuru soğan, patates.

Suvorov (1989), çalışmada soğanların kurutulma ve ayırma işlemini birlikte yapan bir mekanik ünite geliştirilmiştir. Bu ünite 13 işçinin yerini almıştır. Bu üniteye; bir besleme deposu, farklı delik büyüklüğüne sahip eleklerden oluşan 2 temizleme ve

ayırma hattı, 1 konveyör sistemi ve kurutucudan oluşmuştur. Bu ünite, işlem süresini kısaltmış ve işlem süresince bir operatörün çalışması yeterli olmuştur.

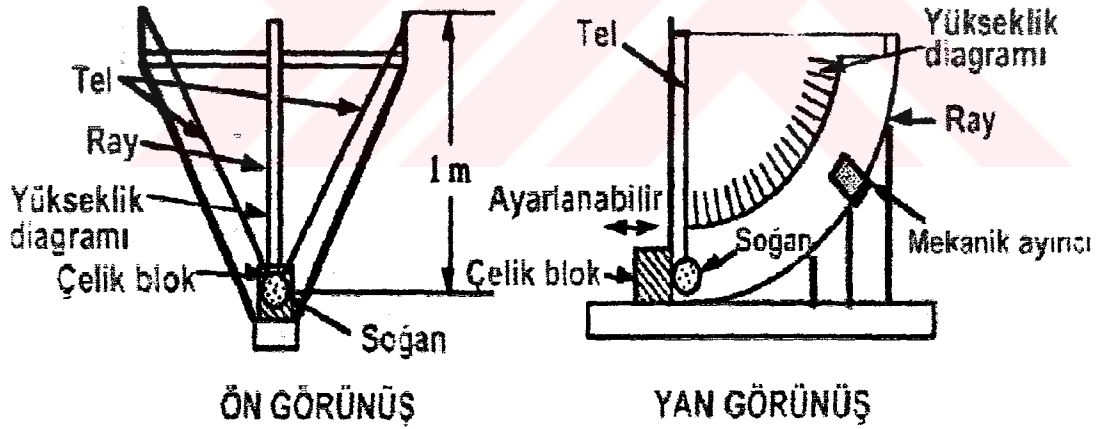
Akdemir (1990), soğan arpacığının mekanizasyonuna yönelik bazı fiziksel ve fizikomekaniksel özelliklerini saptamıştır. Denemeye aldığı arpacıkların ortalama uzunluğunu 29.1 mm, genişliğini 15.11 mm, hacmi 1.4 cm³, ağırlığını 2.41 g, hektolitre ağırlığını 493.4 kg, 1 litredeki dane sayısını 223, küresellik katsayısını %51.92, doğal yığılma açısını 30.86° olarak belirlemiştir. Ayrıca sürtünme katsayısını cam, ahşap ve sac yüzeylerde ve arpacığın ekvatoriyal çapının yüzey eğimine paralel ve dik olduğu konumlarda ayrı ayrı saptamıştır. Arpacığının ekvatoriyel çapının yüzey eğimine paralel olduğu durumda sürtünme katsayısı; cam yüzeyde 0.243, ahşap yüzeyde 0.143 ve sac yüzeyde 0.272 olarak saptamıştır. Arpacığının ekvatoriyal çapının yüzey eğimine dik olduğu durumda ise sürtünme katsayısını; cam yüzeyde 0.510, ahşap yüzeyde 0.511 ve sac yüzeyde 0.555 olarak saptamıştır

Kleijin (1991), pazarlama işleminde soğanın kalite karakteristiklerine göre (örneğin boyut, görünüş, şekil, sertlik) derecelenmesi ve ayrılmasının önemli olduğunu belirtmiştir. Şimdiye kadar Hollanda'da soğan endüstrisinde soğanların kalite göstergelerine göre ayrılmasının maliyet açısından henüz istenen uygunlukta olmadığını fakat soğanların daha iyi gruplanmasının maliyeti artırmasına rağmen sonuçta elde edilen karın yükselmesini sağladığını bildirmiştir. Bu yüksek karın, temizleme makinaları sayesinde satışın kolaylaşması ve standardize edilmiş ürünlerin daha geniş pazarlama imkanının olmasından kaynaklandığını belirtmiştir.

Kshnikatkin (1991), çalışmasında şalgam şeklindeki yarı acı ve tatlı tip soğanların hasat sonrası işlemleri için bir ünite tasarlamıştır. Bu tip soğanların iç yumuşaklıklarından dolayı kolaylıkla hasar gördüğünü belirlemiştir. Hasat edilen soğanlar besleme deposuna, ardından toprak separatörüne buradan da gravite temizleyicisine verilmiştir. Gravite temizleyicisinden sonra yine standartlara uygun bir ayırmanın sağlanabilmesi için ek olarak işçi çalıştırmaya gereksinim duyulmuştur. Gravite temizleyicisinden bir konveyörle açık tablaya getirilen soğanlar burada elle standartlara uygun olanlar, standart altı olanlar ve hasarlılar olmak üzere işçiler tarafından ayrılmış ve ait olduklara toplayıcılara verilmiştir.

Eker ve Akdemir (1994), elekli tip arpacık sınıflandırma makinasını boyut ve küresellik katsayıları açısından değerlendirdikleri çalışmalarında arpacığın sınıflandırılması sırasında kriter olarak alınan boyutlar açısından bu makinada sınıflar arası varyasyon katsayısının ve sınıf içi varyasyon katsayısının kabul edilebilir sınırlar arasında olduğunu saptamışlardır. Sınıflandırılan arpacıkların küresellik katsayılarının çeşitli tip arpacık dikim makinalarının dikici organının tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir kriter olduğunu belirtmişlerdir. Piyasada mevcut arpacık dikim makinalarının kaşık boyutlarında düzeltmeler yapılmasının arpacığın makine ile dikim başarısını olumlu yönde etkileyeceğini bildirmişlerdir.

Bajema ve Hyde (1995), soğanda hasat sonrası işlemler sırasında çarpmadan dolayı oluşan zedelenmeleri saptadıkları çalışmalarında, üç farklı referans yüzeye önceden belirlenen yüksekliklerden düşürülen soğanların zedelenme oranlarını saptamışlardır. Denemelerde 2-3 haftalık kısa ömre sahip Walla Walla çeşidi tatlı soğanlar kullanılmıştır. Tele bağlanmış olan soğanlar farklı yüzeylere çarptırılmış ve bunun için Şekil 2.1’ de görülen düzenekten yararlanılmıştır.



Şekil 2.1. Soğanların zedelenme miktarlarının saptanmasında kullanılan düzenek (Bajema ve Hyde, 1995)

Bu düzenekte; 3 yüzey için toplam 7 farklı düşme yüksekliği kullanılmıştır. Düşme yükseklikleri 20 mm ile 225 mm arasında seçilmiştir. Soğanların %100'ü büyük düşme yüksekliklerinde zedelenmeye karşı eğilimli olmalarına rağmen düşük

düşme yüksekliğinde ise zedelenmeye karşı eğilimli olmadıkları saptanmıştır. Oda sıcaklığında yürütülen (24 °C) denemelerden sonra her bir soğan ikiye kesilmiş ve tabakaları tek tek ayrılmıştır. Her bir tabaka onu çevreleyen bir ışığa tutulmuştur. Hasarlı bölgeler yarı şeffaf olarak görülmüştür. Bu işlemin subjektif bir işlem olduğu da belirtilmiştir.

Dardeniz (1995), elekli tip arpacık sınıflandırma makinasının çeşitli karakteristiklerini belirlediği çalışmasında sarsak devrinin makinanın eleme kapasitesini etkilediğini özellikle hızlı devirlerde 4. ve 5. toplama bölümlerinde (ortalama çapları 22 mm ve 25 mm olan arpacıklar) arpacık boyutlarında olması gerekenden daha küçük çaplı arpacıkların toplandığını bununda sınıflandırma etkinliğini düşürdüğünü belirtmiştir. Sınıflandırma etkinliğinin düşük sarsak devirlerinde daha iyi olduğunu saptamıştır. Makinada boyu 6 mm'nin altında olan arpacıkların ve kabukların ve tozların direkt yere döküldüğünü bunun ise ek işgücü gereksinimine ve zaman kaybına sebep olduğunu ve sağlıksız bir çalışma ortamı yarattığını belirtmiştir. Ayrıca değişik sarsak devirlerinde eleklerden geçen arpacıkların toplama kapları arasındaki boşluklardan düştüğünü, toplama kabına çarparak makine dışına çıktığını ve bunun sonucu olarak da kayıpların arttığını bildirmiştir. Bu arpacıkların toplanıp yeniden sınıflandırılması içinde yine işgücü gerektiğini belirtmiştir. Arpacıkların sınıflandırılması sırasında en az 3-4 işçinin yardımının gerekli olduğunu saptamıştır.

Maw vd. (1996), Granex-Grano tipi tatlı soğan örneklerinin yetiştirilmesi, hasatları, depolanmaları, işlenmeleri ve pazara sunulması sırasında bilinmesi gereken bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerini saptamak amacıyla bir çalışma yapmışlardır.

Soğanın fiziksel özellikleri olarak; ağırlığı, yoğunluğu, şeker içeriği, kuru madde içeriği, sertliği, çapı ve şekil faktörünü belirtmişlerdir. Çapı iki şekilde ölçmüşlerdir. Soğanın bazı fiziksel özellikleri ile ilgili tanımları aşağıdaki gibi verilmişlerdir:

Polar çap: Soğanın tacıyla (tepesi) kökün soğanın bağlantısı arasındaki mesafedir. Bu noktalar pol olarak adlandırılmaktadır.

Ekvatorial çap: Arpacığın pollere dik olan en geniş olan çapıdır.

Şekil ve şekil faktörü: soğanların hem oblate (kutupları yassı) hemde prolate şekilde (yumurta) olduğu düşünülmüştür. Oblate şekilli soğanlarda ekvatorial çapın

polar çaptan büyük ve pollerden düzleştirilmiş olduğu belirlenmiştir. Prolate şekilli soğanlarda ise tersine polar çapın ekvatorial çaptan daha büyük olduğunu saptamışlardır.

Şekil faktörü ekvatorial çapın polar çapa oranı olarak alınmıştır. Küresel şekilli soğanlarda şekil faktörü 1' dir. Oblate şekilli soğanlarda 1'den büyük iken prolate şekilli soğanlarda şekil faktörü 1'den küçüktür.

-Yüzey alanı: Soğanın dış tarafında saptan köke kadar olan toplam alan alınmıştır. Yüzey alanlarını ölçmek için aliminyum folyeler soğanlara sarılmış sonra ince şeritler halinde kesilmiştir. Kesilerek uzaklaştırılan bu parçalar bir planimetreyle ölçülmüş ve alanların toplamı ilgili soğanın yüzey alanı olarak alınmıştır.

100 adet soğan için yapılan ölçümler sonucunda soğanların ortalama kütleleri, yüzey alanları, hacim ve yoğunluklarının sırasıyla 98 gr, 11 cm², 95 cm³ ve 1100 kg/m³ olarak saptanmıştır. Baştan başa olan ekvatorial çap 62 mm ve ortalama polar çap 42 mm' dir. Denemeye alınan olgun soğanların %59'u kutupları yassılaştırmış biçimde (oblate) ve %41'i yumurta (prolate) şeklindedir. Ezilme yükü ve delme gücü mekanik hasat ve hasat sonrası işlemlerde soğanların mekanik dayanımlarının göstergeleridir. Bunlar sırasıyla 26.4 N ve 25.0 N olarak bulunmuştur.

Soğanın fizyolojik yapısını, köklere bağlantı noktasının hemen üstünde yaprakların oluşturduğu bir kabarıklık olarak tanımlamışlardır.

Polar çapın oluşmasını soğanın büyüdüğünü belirten, ekvatorial çapın büyümesini ise soğanın olgunlaştığını gösteren bir kriter olarak belirtmişlerdir. Olgun bir soğanda ekvatorial çapı 62 mm ve polar çapı 42 mm olarak saptamışlardır.

Bütün soğanlarda yoğunluk ile ekvatorial çap arasında ters bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Şekle bağlı olarak soğanın kütle, yüzey alanı, hacim ve yoğunluklarının değişimi (Maw vd., 1996)

Şekil	Yoğunluk	Sayı (100 adetteki)	Kütle (g)	Yüzey alanı (cm ²)	Hacim (cm ³)
Prolate	>1	36	80.1	96.4	73.3
Oblate	>1	35	97.9	109.4	90.7
Prolate	<1	5	111.7	122.7	115.6
Oblate	<1	24	124.0	132.3	129.0

Akdemir vd. (1998), soğan, arpacık ve patates gibi bazı yumru bitkilerinin hasattan sonra taş ve toprak keseklerinden ayrılması için materyallerin çelik bir silindirde sıçratıldıktan sonra geri sıçrama yörüngeleri arasındaki farklılıklardan yararlanılarak çalışan temizleme-ayırma makinası geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda elastikiyet katsayılarına göre ayrılan bu ürünler için makinanın ayırma etkinliği, değişik kirlilik oranlarında, soğan ve patates için %93'e ulaşırken, arpacık için bu değer %43 olarak saptanmıştır. Ayrıca kirlilik oranlarının artmasının her ürün için makinanın ayırma etkinliğini düşürdüğü de saptanmıştır.

2.2. Bazı Tarımsal Ürünlerin Aerodinamik Özelliklerinin Saptanması ve Yoğunluğun Kalite Karakteristiği Olarak Gösterilmesine İlişkin Önceki Çalışmalar

Yağcıoğlu (1980), tane mısır yığınından geçen hava akımının statik basınç düşümüne etkisini araştırdığı çalışmasında; tane mısır için verilen hava akımı-basınç düşmesi ilişkisini hesaplamak için kullanılan değişik eşitlikleri birbirleriyle karşılaştırarak, aralarındaki farklılığın önemsiz düzeyde olduğunu bildirmiştir.

Asmann (1983), 1980 ve 1981'de Misissipi'de üretilen düşük, orta ve yüksek çimlenme gücüne sahip tohumlardan 4 tohum grubu hava tabakalı temizleyici, spiral seperatör ve daha sonrada gravite tablasından geçirilmiştir. Gravite tablası tohumları en yüksek yoğunluktan en düşük yoğunluğa kadar derece derece sınıflandırmıştır. Düşük yoğunluklu materyallerin toplandığı bölmedeki hasarlı, kokuşmuş, mekanik

olarak zarar görmüş ve cansız tohumların yüzdesi daha yüksek çıkmıştır. Düşük yoğunluklu grubun ıskartaya çıkarılmasıyla tohum grubunun çimlenme yüzdesi artmış fakat aslında düşük kuvvetli grubun çimlenme yüzdesi; elimine edilmiş tohum yüzdesi %45' e kadar yükseldiği durumda aramıştır .

Amaral vd. (1984), Denemelerde 2 tohum temizleme makinesi; kötü iklim koşullarından dolayı olgunlaşma ve hasat sırasında hasara uğramış bezelye tohumlarının ayrılması ve dolayısıyla kalitesinin artırılması için kullanılmıştır. Bu sistemde gravite tablasını takip eden bir hava tablalı makine kullanılmış ve tohumun saflık, sağlık ve kalitesinde artış görülmüş ve sınıflandırma daha etkin hale getirilmiştir.

Lollato vd. (1984), Yüksek kaliteli *Phaseolus vulgaris* cv. Carioca tohumu (fasulye çeşidi) elde etmek için kullanılan gravite tablasının etkinliği değerlendirilmiştir. Gravite tablası tohum yoğunluğunun, hacimsel ağırlığın, çimlenme yüzdesinin, tohum kuvvetinin, sağlamlığının ve saflığının bir fonksiyonuna bağlı olarak tohum yığınlarının ayrılması amacıyla kullanılmıştır. Renkli, kusurlu, çimlenmiş, *Rhizoctonia solani* ve *fusarium* etkisinde kalmış hastalıklı tohumlar en alt boşaltma yerinden yani yoğunluğu en düşük materyallerin alındığı yerden dışarı atılmıştır.

Lawan vd. (1985), çalışmalarında *Pennisetum americanum* tohumunun (darı çeşidi) yoğunluğu ile büyüklüğü arasındaki hesaplamalarla bulunan sonuçları doğrulamışlar ve diğer tohumlarında bu özelliğini ve tohumun yoğunluk ve büyüklüğüne bağlı olarak ekim özelliklerini belirlemişlerdir. 4 popülasyondan oluşan tohumlar gravite tablasıyla 3 yoğunluk fraksiyonuna ayrılmıştır. Her popülasyondaki fraksiyonlar 1981'de Manhattan ve Kansas'da bir tarla çalışmasıyla ve laboratuvar çalışmasında değerlendirilmiştir. Çıkış gücü; küçük tohumlarda (düşük yoğunluklu tohumlar) %40'a, büyük tohumlarda (yüksek yoğunluklu tohumlarda) %62' ye kadar yükselmiştir. Çıkış gücü ise küçük tohumlarda %70 iken bu değer büyük tohumlarda %62' ye düşmüştür. Bu iki durum; tohum yoğunluğu ve büyüklüğünün etkileşimlerinin önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Çimlenme hızının göstergesi olan çimlenme indeksine etkili faktörlerden tohum büyüklüğü ve tohum çapının; tohum yoğunluğu ve boyutu üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca çimlenme gücü, ekimden 24 gün sonraki fide boyu ve endospermdeki çamı nişasta oranı ile tohum yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki ve fide ile tohum

solunumunun da tohum yoğunluğu ve büyüklüğü ile pozitif bir ilişkisi olduğunu saptamışlardır. Sonuçlar göstermektedir ki, tohum yoğunluğu ve büyüklüğü; tarla kurulmasında ve düzenlemesinde ve tohum kalitesinde etkili bir kriterdir. Bu durum laboratuvar testleriyle de saptanmıştır. Bazı durumlarda YoğunlukXBoyut intraksiyonunun ve bu iki faktörün en büyük etkisinin tohum ağırlığına olduğu kanıtlanmıştır.

Ülger (1985), çeşitli tanelerin aerodinamik özelliklerine göre ayrılmasının en çok kullanılan metodlardan birisi olduğunu belirtmiş ve aerodinamiklik özelliğini cismin hava içerisinde hareketi ve havanın cisme karşı olan direnci olarak tanımlamıştır.

Havanın cisme karşı gösterdiği direncin cismin ağırlığına, büyüklüğüne, şekline, yüzeyinin durumuna, rölatif hareket hızına, cismin ve havanın durumuna bağlı olduğunu belirtmiştir. Hava akımı içine bırakılan bir tanenin karşılaştığı direnç için aşağıdaki eşitliği vermiştir:

$$R = k * \frac{\rho_a}{g} * F * V^2 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Bu eşitlikte:

R: Cismin hareketine karşı koyan hava direnci (kgf),

k: Cismin şekline bağlı olan direnç katsayısı,

ρ_a : Havanın yoğunluğu (kg/m^3),

g: yerçekimi ivmesi (m/s^2),

F: Cismin hareket yönüne dik kesit alanı (m^2),

V: Cisimle hava hızı arasındaki bağıl hızdır (m/s).

Materyalin dik bir hava kanalına bırakıldığında buna etki eden kuvvetlerin eşit olması durumunda cismin rölatif hızının hava hızına eşit olduğunu ve bu hızın kritik hız olarak adlandırıldığını bildirmiştir. Ayrıca kritik hızın bir tane çeşidi için belirli bir değerde olmadığını, tanenin düşey kanal içinde devamlı dönme yaptığını ve dolayısıyla tanenin kesitinin değiştiğini, böylece tanenin kanal içinde hiçbir zaman sabit yükseklikte kalmadığını belirterek kritik hızın (V_k) hesabı için aşağıdaki eşitliği vermiştir.

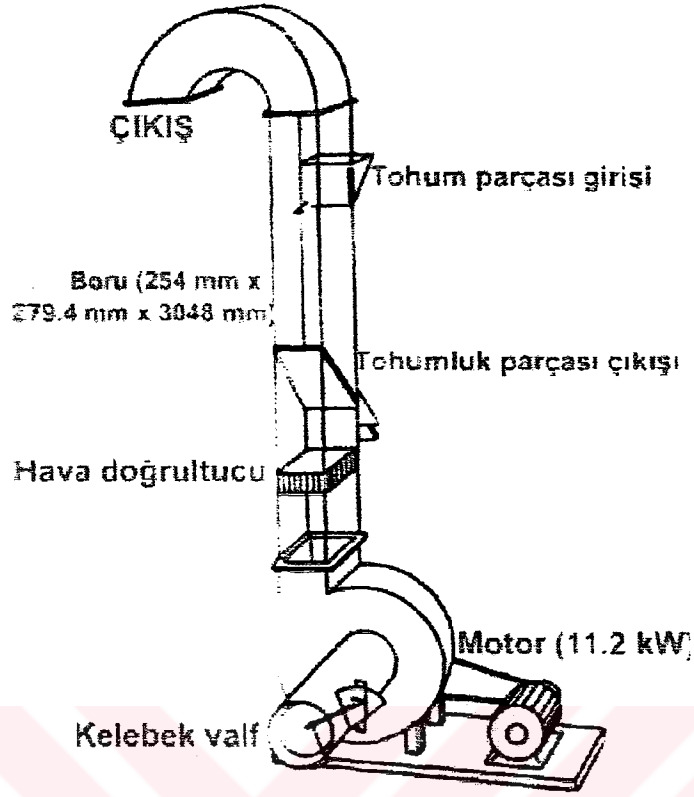
$$W = R = \frac{k * \rho_a * F * V_k^2}{g} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$V_k = \frac{W * g}{\sqrt{k * \rho_a * F}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Bu eşitlikte W cismin ağırlığıdır.

Patil ve Sarode (1988), bir özgül ağırlık seperatörü kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında 100 buğday tohumunun; sırasıyla 4.05 gramı ağır, 3.76 gramı orta ve 1.46 gramı hafif olarak sınıflandırılmıştır. Ağır ve orta fraksiyonların; hafif fraksiyondakilere göre daha yüksek çimlenme yüzdesi ve daha yüksek tohum gücüne sahip olduğu bulunmuştur.

Hyde vd. (1989), kabul edilebilir patates tohum parçalarının alt büyüklükteki (29 g'ın altındakiler) ve üst büyüklükteki (70 g'dan daha büyük olanlar) parçalardan ayrılması için hava akımının kullanılabilmesi olanaklarını araştırmışlardır. Hava kanalı denemelerini; ayırma tekniğinin pratik sınırlarını ve tohum parçalarının büyüklük ve şekillerine bağlı olarak aerodinamik özelliklerini saptamak için gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar; içinde yaklaşık %4 kabul edilebilir parça büyüklüğüne sahip olan alt büyüklükteki parçaların %80' inin ayrılabilmesini göstermiştir. Bu denemeler, yüksek hava hızı kullanılarak üst büyüklükteki parçaların istenen boyutlardan ayrılmasının mümkün olmadığını göstermiştir. Bu denemelerin gerçekleştirilmesinde Şekil 2.2.'de görülen düzeneden yararlanılmıştır.



Şekil 2.2. Rüzgar tünelinin şematik şekli (Hyde vd., 1989)

Araştırmacı, 1959'da Gilfillan tarafından patateslerin kesek ve taşlardan ayrılması için yapılan hava kanalı çalışmasında bütün patateslerin 38 m/s'lik hava hızı ile kaldırılabilirliğini saptadığını ve düz yüzeyli olanların küresel materyallerden daha çok yüzdüğünü gösterdiğini belirtmiştir

Avtukhov'un 1960' da saptadığı ve patateslerin ağırlığının bir fonksiyonu olarak verdiği kritik hızın saptanması için aşağıdaki formülü vermiştir (Hyde vd., 1989).

$$V_k = A * G^a \dots\dots\dots(2.4)$$

Bu eşitlikte:

A ve a katsayı,

G : Materyalin ağırlığıdır.

Avtukhov'un çalışmasının sonunda patateslerin ağırlık gruplarına göre saptadığı kritik hızları aşağıdaki gibi belirtmişlerdir.

20-40 g arası yumrular için 26-35 m/s

40-120 g arası yumrular için 29-39 m/s

120 g- ve üzeri yumrular için 30-40 m/s.

Ayrıca patates tohumluğunun etkisi altında olduğu iki kuvveti; yerçekimi kuvveti ve sürüklenme kuvveti olarak belirtmişlerdir. Yerçekimi kuvveti ve sürüklenme kuvvetini sırasıyla aşağıdaki eşitliklerle hesaplamışlardır.

$$F_y = mg \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$F_s = \frac{C_d \rho_a V^2 A_p}{2} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Bu kuvvetlerin birbirlerine eşitlenmesiyle sürüklenme katsayısı için aşağıdaki eşitlik çıkarılmıştır.

$$C_d = \frac{mg}{0.5 \rho_a V^2 A_p} = \frac{F_y}{F_s} \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Bu eşitliklerde:

F_y :Yerçekimi kuvveti (kgf),

F_s :Sürüklenme kuvveti (kgf),

M :Materyalin kütlesi (kg),

g :Yerçekimi ivmesi (m/s^2),

C_d :Sürüklenme katsayısı,

ρ_a :Hava yoğunluğu (kg/m^3),

V :Hava hızı (m/s),

A_p :İzdüşüm alanıdır (m^2),

Ayrıca araştırmada yerçekimi kuvveti ile sürüklenme kuvveti arasındaki ilişkinin, patates tohumluğunun şekline bağlı olmakla beraber her üç şekildeki tohumlukta da doğru orantılı olduğu ve sürüklenme kuvvetinin uç parçalarda en düşük olduğunu saptamışlardır.

Jayas ve Sokhansanj (1989), kanola bitkisinin hava akımına karşı gösterdiği direnci makine tasarımına yönelik olarak saptamışlardır. Bu direnci akışkan yatak

derinliğinin bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Akışkan yatak derinliğinin ise ürün neminden, çeşidinden, ürünün sisteme verilmiş durumundan ve toz ile kabuk miktarından etkilendiğini belirterek hava akımı oranını aşağıdaki eşitlikle hesaplamışlardır.

$$V = A\left(\frac{\Delta P}{L}\right)^B \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Bu eşitlikte:

V :Hava akımı oranı ($m^3/m^2.s$),

ΔP :Basınç düşmesi (Pa),

L :Kolon uzunluğu (m),

A, B :Ampirik sabitler.

Tarımsal ürünlerin hava akımına karşı gösterdiği direncin ASAE D272.1' e göre (ASAE, 1987) aşağıdaki eşitlikle saptandığını belirtmişlerdir.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{aV^2}{\ln(1 + bV)} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Burada:

a ve b ürüne bağlı katsayılarıdır.

Bu çalışmada 320 mm çapında ve 723 mm uzunluğunda silindirik bir kolon kullanmışlardır. Basınç düşmesinin yatak derinliği ile doğrusal olarak değiştiğini saptamışlardır. Bu çalışma sonucunda hava akım oranı $0.2633 m^3/m^2.s$ aralığında değişmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu, çeşitlerden daha büyük tohum büyüklüğüne sahip olan tohumun gösterdiği direncin herhangi bir hava akımında daha düşük olduğu görülmüştür.

Kay vd. (1989), farklı hacimsel yoğunluğa sahip soyulmuş mısırın yatay ve dikey hava akımına karşı gösterdiği direnci saptadıkları çalışmalarında $0,76-28,6 m^3/m^2.min$ hava akımı oranı ve üç farklı hacimsel yoğunlukta denemeleri yapmışlardır. Ayrıca basınç düşmesini yatay ve dikey hava akımı için formüle etmişlerdir. Basınç düşmesini aşağıda verilen Ergun eşitliğini kullanarak saptamışlardır.

$$\frac{\Delta P}{L} = K_1 + K_2 \frac{(\rho_b / \rho_k)^2}{(1 - \rho_b / \rho_k)^2} * V + K_3 * \frac{(\rho_b / \rho_k)}{(1 - \rho_b / \rho_k)^3} * V^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Bu eşitlikte:

$\Delta P/L$: Birim yatağın derinliği için basınç düşmesi (Pa/m),

P_b : Hacimsel yoğunluk (kg/m^3),

P_k : Tek bir tanenin yoğunluğu (kg/m^3),

V : Yüzeysel hava akımı hızı ($m^3/m^2 \cdot min$),

K_1, K_2, K_3 : Ergun eşitliği sabitleridir.

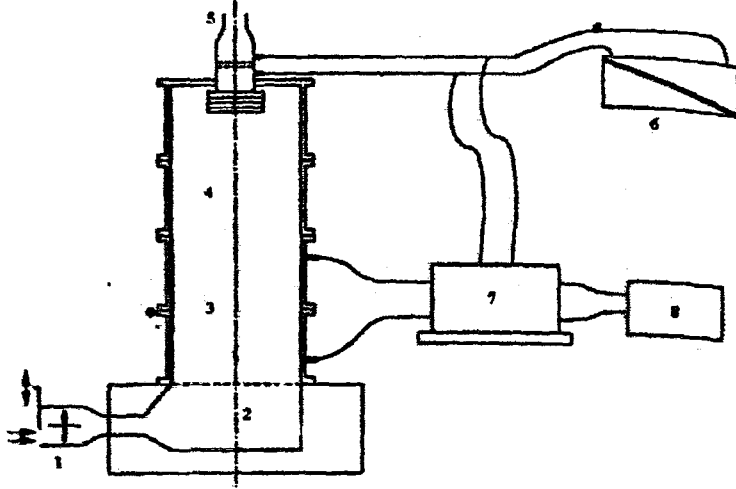
Ergun sabitleri ise yatay ve dikey hava akımı için değişmektedir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Yatay ve dikey hava akımı için Ergun eşitliği sabitleri (Kay vd., 1989)

Sabitler	Yatay hava akımı	Dikey hava akımı
K_1	-20.725	0.83070
K_2	2.2131	2.8276
K_3	0.080914	0.16146
	($R^2= 0.994$)	($R^2= 0.998$)

Bu çalışmada sonucunda soyulmuş mısıra gelen hava direncinin dikey hava akımında yatay hava akımına göre daha büyük olduğu her bir hacimsel yoğunluk için her teste gözlenmiştir. Yatay hava akımı etkisinde basınç düşmesi dikey hava akımındakinin 0.58 katı ve hava direnci ise 0.45 katı olarak saptanmıştır.

Yang ve Williams (1990), Sorgumun hacimsel yoğunluğuna bağlı olarak hava akımına karşı gösterdiği direnci araştırdıkları çalışmalarında değişik hava debilerinde, değişik hacimsel yoğunlukta ve %12.3 ürün neminde denemeler gerçekleştirmişler, hava akımı oranına ve hacimsel yoğunluğa bağlı olarak statik basınç düşmesi için eşitlikler geliştirmişlerdir. Bu denemelerde kullandıkları düzenek Şekil 2.3' de görülmektedir.



Şekil 2.3. Hava akımı direnci ölçüm düzeninin şematik görünüşü. (1: Fan, 2: Basınç odası, 3: Test kolonu, 4: Genişleme bölümü, 5: Akış ölçer, 6: Eğimli manometre, 7: Basınç dönüştürücü, 8: Dijital kaydedici) (Yang ve Williams, 1990)

Al-Yahya vd. (1991), Mısır ve mısır kırığı karışımının emme ile ayrılması için aerodinamik karakteristiklerin saptanmasına yönelik yaptıkları çalışmalarında mısır kırığı, kabukların ve bütün ağır tohumların ayrılması için farklı hava hızları kullanmışlardır. Hava hızının yükselmesiyle her fraksiyondaki ayırma etkinliğinin yükseldiğini saptamışlardır. Hava hızının materyallerdeki nişasta içeriğinin düşmesiyle yükseldiğini, yağ içeriğinin artmasıyla arttığını ve protein içeriğinden ise etkilenmediğini saptamışlardır.

Ayrırmanın parçacık yoğunluğuna ve parçacık büyüklüğü kadar şekline de bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmacılar ayrıca farklı fraksiyonlar ile hava hızı ve ayırma etkinliği arasındaki ilişkiyi belirlemenin yanı sıra nişasta, yağ ve protein oranının da kaldırılmaya etkisini incelemişlerdir.

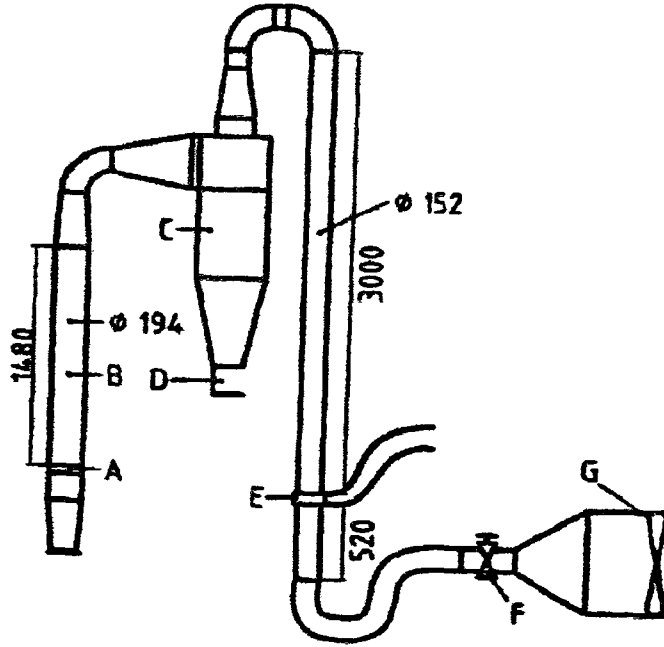
Araştırma sonucunda 13 m/s'lik hava hızında 3 mm'den küçük olan danelerin %90' ının, 5 mm' den küçüklerin %57' sinin ayrıldığı ve 7 mm' den küçüklerin %8' inin ayrıldığı saptanmıştır.

Elfverson (1999), tohumlarda optimum temizleme ve sınıflandırma yapabilmek için yığın içinde kalite farklarının, fiziksel özelliklerinin ve kimyasal bileşiminin saptanması gerektiğini açıklamış, eleme ve pnömatik sınıflandırma için

arpada tek bir tohum tanesinin bu özelliklerini ve çimlenme özelliklerini farklı bir yöntemle saptamıştır. Kütle, boyut, şekil, hacim, yüzey alanı, yoğunluk, gözeneklilik, renk ve görünüş özelliklerini materyalin bazı fiziksel özellikleri olarak belirlemiştir. Ayrıca tohumların pek çok fiziksel özelliğinin normal dağılıma uygun olduğunu saptamıştır. Tohumlar düzensiz bir şekle sahip olduklarından bunların yığın halindeki özelliklerini belirlemenin oldukça zor olduğunu belirtmiştir.

Tohumlar hava akımı içerisinde fraksiyonlarına ayrılmasında terminal hızın ayırma faktörü olduğunu açıklamıştır. Terminal hızı; tohum ağırlığına ve hava akımı gücünün toplamına eşit olan, dikey hava akımının hızı olarak tanımlamıştır. Terminal hızın tohumun şekline, ağırlık ile izdüşüm alanı arasındaki orana ve yüzey özelliklerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı ayrıca gerçek hızdan daha yüksek terminal hızı sahip olan tohumların hava akımı içinde sabit kaldığını yada battığını daha düşük hava hızına sahip olanların ise hava akımı ile yükseltildiğini açıklamıştır. Düzensiz şekle sahip olan tohumların terminal hızlarının teorik olarak hesaplanmasının yeterli hassasiyette olmadığını, bu yüzden deneysel olarak saptanması gerektiğini belirtmiştir. Eleğe doğru üflenen hava akımının olduğu makinalarda sadece hava akımının etkisinin saptanmasının çok zor olduğunu da eklemiştir.

Araştırmacı çalışmasında örneklerde ve farklı çeşitler arasında fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki değişimleri saptamış ve örnekleri fraksiyonlara ayırmak için düşey hava akımının kullanıldığı bir Pnömatik sınıflandırıcı kullanmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Pnömatik sınıflandırıcı (A: Tohum magazini, B: İletim kanalı, C: Siklon, D: Depo, E: Delikli plaka, F: valf, G: Fan) (Elfverson,1999)

Pnömatik ayırıcıda A magazininin altında delikli bir malzeme yer almaktadır ve fan emme etkili hava akımı yaratınca tohumlar hava akımı yardımıyla kaldırılmaktadırlar. Terminal hızı gerçek hızdan düşük olan düşük olanlar pleksiglas malzemeden yapılmış olan B borusunda yükselmekte ve C siklonuna taşınarak D deposuna düşmektedirler. Hava akımı F valfi yardımıyla 0-12 m/s arasında değiştirilebilmektedir. E delikli plakasının üzerinde oluşan basınç düşmesinden hava hızını hesaplayabilmek amacıyla bir mikromanometre eklenmiştir.

Bu çalışmada düşey kanalda hava hızını saptayabilmek için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$V = \frac{d^2}{D^2} \alpha \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

Burada:

V: Hava hızı (m/s),

- d: Delikli plakanın iç çapı (m),
D: Delikli plakayı çevreleyen borunun çapı (m),
 α : Akış faktörü (birimsiz),
 Δp : Delikli plakada diferansiyel basınç (Pa),
 ρ_a : Havanın yoğunluğudur (kg/m^3).

2.3. Tarımsal Ürünlerin Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasında Kullanılan Pnömatik Sistemlere İlişkin Önceki Çalışmalar

Peske ve Boyd (1985), bir gravite tablası, 8 hafta boyunca her hafta hasattan sonra yabancı sarmısak parçalarının kırmızı buğdaydan ayrılması için kullanılmıştır. Buğday tohumu kaybı önce %51 iken, ayırma ile 8 haftadan sonra %22' ye düşmüştür. Bütün sarmısak dişlerinin yoğunluğu 1.13' den küçük ve bütün buğday tohumlarınınki ise 1.15' den büyük olarak saptanmıştır. Dolayısıyla tabakalar halinde ayırma ortamı olarak yoğunluk ayırması kullanılarak %100 ayırma yapılabilmektedir.

Prete vd. (1987), araştırmalarında 1982 yılında hasat edilen yerfıstıklarının soyucudan geçirmişler ve daha sonra tohumlar titreşimli tablalardan gravity tablasına iletilmiştir. En ağır tohumlar renklerine göre elektronik olarak bir kere (a), iki kere (b) veya üç kere (c) veya 8 işçi kullanarak elle (d) veya elektronik olarak ayırmayı takiben 4 işçi kullanılarak (e) ayrılmıştır. Ayrılmamış tohum örnekleri (f) ve elektronik ayırmadan sonra istenmeyenler kısmına verilmiş olan tohumlar da (g) alınmıştır. Zarı hasara uğramış olan tohum yüzdesi %10' dan (c) % 30,5'e (g) kadar değişmiştir. Çimlenme yüzdesi; Ocak 1982'de yapılan denemelerde %77' den (e) %88,5' e (a) kadar değişmiştir, Nisan-Mayıs 1983'de yapılan denemelerde; %29' dan (e) %50 ye (a) kadar değişmiştir. Tarla çıkış gücü Kasım 1982' de % 55-%63 arasında ve Nisan-Mayıs 1983' de %40-%54 arasında bulunmuştur.

Sader vd. (1991), yerfıstığında değişik işlem aşamalarında oluşan mekanik zedelenmelerin tohum kalitesi ve gücü üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Fıstıklar 16/64 inch, 20/64 inch veya 22/64 inch ölçülere sahip eleklerden geçirilmiştir. Tohum kalitesi ve gücü sırasıyla; elle harmanlamada, derecelendirmede, hava kanalında (akışkan konveyör), taneleri depolamada, mekanik harmanlamada, derecelendirmede,

özgül ağırlık seperatöründe ve tohum iyileştirme aşamalarında belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi mekanik harmanlama, derecelendirme ve hava kanalına götürülme işlemleriyle oldukça düşmüştür. Çimlenme yüzdesindeki bu azalmalar büyük tohumlarda mekanik harmanlama ile daha fazla olmuştur. Tohum kuvveti suni olarak yaşlandırılmayla değerlendirilmiş ve elle harmanlamada daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer işlem aşamalarında ise tohum kuvvetinin düştüğü ama işlemler arasındaki farkın önemli olmadığı saptanmıştır (herbir işlemde kuvvet azalması hemen hemen aynı oranda olmuştur). Tohum kuvveti iyileştirme ve derecelendirme işlemleri sonrasında ilk çimlendirme denemeleri yoluyla değerlendirilmiş ve en yüksek çıkmıştır. Demir klorit testleri ile belirlenen zedelenmiş tohumların yüzdesi bütün işlem aşamalarının karşılaştırılması sonucunda elle harmanda ve en büyük tohumluklarda düşmüştür ve harmanlama işlemi dışında bütün işlemlerde, küçük tohumlarda düşmüştür. Tetrazolium testi, canlı tohumların yüzdesinin harmanlama ve derecelendirme işlemlerinden sonra en düşük olduğunu göstermiştir. Çimlenme hız indeksi ve tohum canlılığı tohum büyüklüğünden etkilenmemiştir.

2.4. Akışkan Yatak Prensibine İlişkin Önceki Çalışmalar

Zinnovev (1959) ve Zabeltitz (1967), tarımsal ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırılmasında akışkan yatak ortamının kullanılmasına ilişkin ilk çalışmaları yapmışlardır. Bu çalışmalarında patatesleri taş ve keseklerden ayırmak amacıyla bir laboratuvar çalışması gerçekleştirmişlerdir.

Zaltzman vd. (1983), tarımsal ürünlerin ayrılmasında akışkan yatak ortamı düşüncesinin uygulandığı bir makine imal etmişlerdir. Bu makinada yaptıkları denemeler sonucu akışkan yatak ortamının temel karakteristiklerini bulmaya çalışmışlardır. Patates ve çiçek soğanlarının ayrılmasıyla ilgili yaptıkları denemeler sonucunda büyük yoğunluk farklarına sahip ürünlerin akışkan yatak ortamı kullanılarak ayrılabilceğini saptadılar. 1985'de geliştirdikleri 8 t/h kapasitede kesiksiz çalışan prototip bir makine ile %99.9 ayırma etkinliğine ulaşabilmişlerdir.

Zaltzman ve Schmilovitch (1986), Akışkan yatak ortamının kullanıldığı mekanik hasat makinesiyle kombine edilmiş bir seperatörü değerlendirmişlerdir. Bu seperatörü patateslerin, taş ve keseklerden ayrılması amacıyla kullanmışlardır. Bunun

için 3 farklı deneysel seperatör tasarlanmış ve imal etmişlerdir. Bu seperatörlerin özellikleri Çizelge 2.3' de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Deneysel amaçlı akışkan yatak ortamlı patates ayırıcılarının karakteristikleri (Zaltzman ve Schmilovitch, 1986)

Separatör No:	Akışkan yatak ortamının boyutları (m)			Patates için max.teorik kapasite (t/h)	Gerçek ayırma kapasitesi (t/h)	1 t/h kapasite için gerekli enerji tüketimi (kW)	Akışkan yatak ortamının 1 m ² ' si için ayırma kapasitesi (t/h)
	Uzunluk	Genişlik	Derinlik				
1	2.5	1.80	0.60	11.6	5.0	1.03	1.11
2	2.5	2.2	0.60	26.0	22.0	0.54	4.00
3	2.5	0.64	0.30	20.9	8.0	0.22	5.00

Zaltzman vd. (1988), akışkan yatak ortamının yoğunluğunun ayarlanması için iki yol olduğunu bildirmişlerdir. Bunlardan birincisinin akışkan yatak içerisine katı parçacıkların eklenmesiyle ortam yoğunluğunu değiştirmekle olduğunu belirtmişlerdir. Bu işlemin istenen yoğunluğu sağlayabilmek için iki sıvının farklı oranlarda karıştırılması yoluyla farklı yoğunlukta sıvılar hazırlanmasına benzediğini ve benzer ilkeler aerodinamik özelliklerinden dolayı tabakalar halinde olmayan ve ayrılmayan iki materyali ayırmak amacıyla kullanılabildiğini bildirmişlerdir. Ortam yoğunluğunun değiştirilmesi amacıyla uygulanabilecek ikinci yöntemin, kullanılan gaz hızının değiştirilmesi olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmacılar ayrıca akışkan yatak ortamının kullanılmasıyla meyve ve sebzelerin kalite karakteristiklerine göre sınıflandırılma potansiyeli üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada ayırma ve sınıflandırmanın, küçük yoğunluk farklarında akışkan yatak ortamı tekniği ile yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Araştırmacılar ürünlerin yoğunluk farklarından yararlanılarak yapılan ilk çalışma olarak 1942'de Bryant tarafından yapılan çalışmayı bildirmiştir. Bu çalışmada, Bryant yoğunlukları 1.000'dan 1.095' e kadar değişen tatlı patatesleri ayırmak için suda yüzdürme metodunu kullanmıştır. 1950'de Kunkel vd. patateslerin yoğunluklarına göre sınıflandırılmasında ise 1.0863 kg/dm³' lük tuzlu su çözeltisi, 1968'de Kattan vd.

farklı yoğunlukta etanol çözeltilerini farklı yoğunluktaki domatesleri ayırmak için kullanmışlardır.

Araştırmacılar sıvı akışkan kullanılarak yapılan sınıflandırma ve temizleme metodunun en genel metot olduğunu fakat bu işlem için kullanılan makinaların pek çok dezavantajı olduğunu belirtmişlerdir. Bu işlem sırasında kullanılan sıvının kirlenmesini önlemek için bir ön yıkamaya ve daha sonra ürünün kullanılan sıvının etkilerinden kurtarılması için bir son yıkamaya ihtiyaç duyulması, kullanılan sıvıların (tuzlu su, alkol-su karışımı vb.) genellikle pahalı olması, yangın ve bazı çevresel tehlikelere sebep olabilmesi ve kullanılan sıvıların işlem sırasında kirlenmelerinden dolayı düzenli olarak iyileştirilmelerinin gerekli olmasının yoğunluğa göre ayırmada sıvıların kullanılmasının en önemli dezavantajlarından olduğunu belirtmişlerdir.

Bütün bu sebeplerden dolayı araştırmacılar sıvı çözeltiler kullanmaksızın meyve, sebze ve bazı tohumlukların yoğunluğa göre sınıflandırılması için akışkan yatak ortamını kullanmışlardır. Küçük yoğunluk farkına sahip materyallerin sınıflandırılması için akışkan yatak ortamında iki materyalin yoğunlukları arasına düşen dar bir aralıktaki homojen yoğunluğun sağlanması gerektiğini bildirmişlerdir. Yeterli büyüklükte yoğunluk farkına sahip materyaller ayrıldığı zaman akışkan yatakta bir örnek yoğunluk dağılımı bu kadar zorunlu olmadığını belirtmişlerdir. Akışkan yataklı ayırıcılarda sistemin ayırma ve sınıflandırma kapasitesine etki eden faktörleri aşağıdaki matematiksel model ile vermişlerdir.

$$P = f(D_B, \rho_a, \rho_b, H, d_p, \rho_s, U_g, \varepsilon, t) \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Burada:

D_B : Ürünlerin çapı (m),

ρ_a : Ağır olan materyallerin yoğunluğu (kg/m^3),

ρ_b : Hafif olan materyallerin yoğunluğu (kg/m^3),

H : Materyallerin düşme yükseklikleri (m),

d_p : Akışkan yatak ortamı tanecikli ise bu taneciklerin çapı (m),

ρ_s : Ortamı oluşturan taneciklerin yoğunluğu veya hava akımının yoğunluğu (kg/m^3),

U_g : Hava akımının hızı (m/s),

ε : Yatağın boşluk oranı,

t: Ayırma süresidir (s).

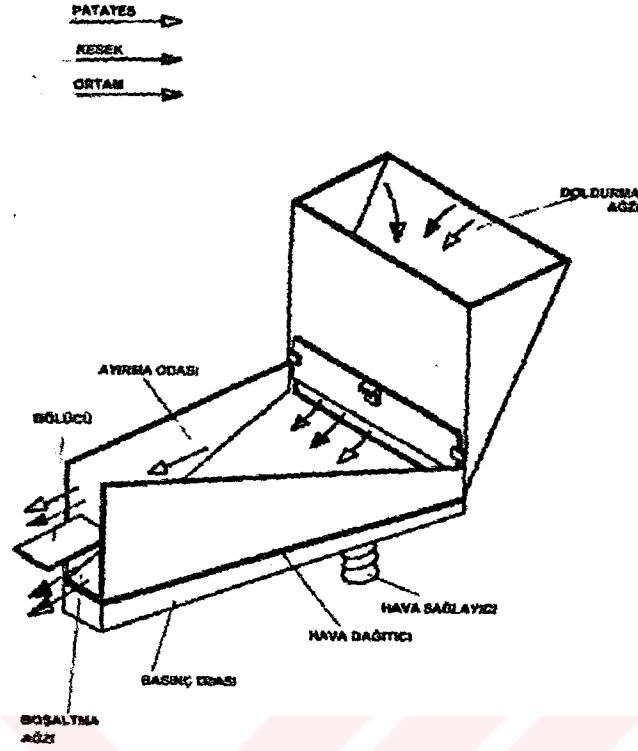
Zaltzman ve Schmilowitch (1988), patatesleri hasattan sonra toprak keseklerinden ve taşlardan ayırmak amacıyla sırasıyla 9, 20, ve 90 t/h olmak üzere 3 farklı kapasitede deneysel makina geliştirmişlerdir. Öncelikle analitik değerlendirmeler yapılarak akışkan yatak ortamı için bir model belirlenmiştir. Model oluşturulurken akışkan katı sisteminin, akış halinde, bir sıvı gibi davrandığını ve hidrostatik kuralların geçerli olduğu bir akışın olduğu kabul edilmiş ve ortam akışının bazı parametreleri önceden tahmin edilmiştir. Teorik değerlendirmelerin sonuçları deneyler ile doğrulanmıştır. Deneyler sonucunda, akışkan yataktaki parçacık boyutlarının, parçacık yoğunluklarının, yatak derinliğinin ve akışkan hızının akış koşullarına etkili faktörler olduğu belirlenmiştir.

Araştırmacılar ayrıca akışkan yataktaki katıların akışının özellikle düşük akış hızlarında non-Newton olduğunu bildirmişlerdir. Şekil 2.5' de patateslerin taş ve keseklerden ayrılması şematik olarak gösterilmiştir. Hava akımı basınç odasının altından ortama verilmekte, ayırma odasının eğiminden dolayı akışkan ortam boşaltma yönünde akmaktadır. Patates ve kesek karışımı ayırma odasının doldurma tarafına doğru verilmektedir. Patates ve kesekler boşaltma tarafına doğru akışkan yatak akışıyla taşınmakta ve kesekler hava dağıtıcı yüzey üzerinde kayarken yoğunlukları daha düşük olan patatesler ise en üst katlarda taşınmaktadır. Boşaltma tarafında akış mekanik bir bölücü yardımıyla ikiye bölünmektedir. Böylece taş ve kesekler bölücünün altından alınırken, patatesler ise üst tarafından alınmaktadır.

Schmilovitch vd. (1992), akışkan yatak ortamını etkileyen parametreleri şöyle sıralamışlardır:

- yatağa doğru olan hava hızı,
- basınç düşmesi,
- yatak yüksekliği,
- ortalama ortam çapı.

Ayrıca araştırmacılar akışkan yatak ortamının ayrılacak ürünler arasındaki yoğunluklar arasındaki farkın anlaşıldığı en iyi metot olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2.5. Akışkan yatak seperatörünün şematik şekli (Zaltzman vd., 1988)

Aktaş ve Akdemir (1998), soğan ve arpacığın akışkan yatak ortamında temizlenmesi ve sınıflandırılması için ürünlerin tek tek ve toplu durumda bazı karakteristiklerin saptandığı araştırmalarında farklı kirlilik oranlarında örnekler oluşturmuşlar ve her bir örneğin hava akımı içinde oluşturduğu akışkan yatağın davranışını irdelemişlerdir. Toplu halde minimum akışkanlaştırma hızını ortalama 8.22 m/s olarak bulmuşlardır. Araştırma sonucunda denemeye alınan arpacıkların kritik hızlarının 10.98-16.69 m/s arasında değiştiğini ve bu hızın arpacığın içinde bulunan kesek, sap ve yaprak gibi yabancı materyallerden ayrılması için uygun bir hız olduğunu saptamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Bu bölümde sırasıyla; denemelerde kullanılan soğan arpacı, soğan üreticileri tarafından arpacak temizlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla kullanılan mekanik makine, prototip makine ve makinanın tasarım parametrelerinin saptanması amacıyla imal edilen ölçüm düzenekleri, denemelerde kullanılan ölçüm aletleri ve cihazlar açıklanmıştır.

3.1.1. Denemelerde kullanılan soğan arpacı

İmal edilen makinanın tasarım parametrelerini ve temizleme-ayırma etkinliğini saptamak amacıyla yapılan deneylerde, Trakya Bölgesinde genelde üretimi yapılan ve kışlık çeşitler arasında bulunan, İmralı ve Kantartopu soğan çeşitlerinin doğal melezlenmesi sonucu elde edilen Yarım İmralı çeşidi, tarımsal materyal olarak kullanılmıştır. Bu çeşide ait saptanan bazı özellikler Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Bu özellikler; arpacaklar ekvatorial çaplarına göre 6 gruba ayrıldıktan sonra her bir grup için ayrı ayrı saptanmıştır. Çap grupları; mekanik arpacak temizleme ve sınıflandırma makinasında bulunan 6 adet ekte toplanan arpacakların çapları dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan farklı çap gruplarındaki arpacakların bazı özellikleri

Grup no:	Çap (mm)	Ortalama Yoğunluk (kg/m ³)	Ort. kritik hız (m/s)	Ağırlık (g/100 tane)	Ort. uzunluk (mm)	Tarla filiz çıkış derecesi (%)
1	6-9	167,1	12,6	107	21,5	82
2	10-13	253,9	16,5	134	23,5	81
3	14-16	290,6	20,0	343	30,5	85
4	17-20	354,5	21,1	572	32,5	84
5	21-24	384,6	22,2	795	37	87
6	25-30	440,2	23,7	1121	37,5	84

Denemelerde kullanılan arpacaklar işçiler tarafından elle hasat edilmiş ve 15 gün tarlada kurutulmaya bırakılmıştır. Daha sonra çuval içinde bulunan arpacaklar ovalanarak

kuruyan sapların bir kısmının ayrılması sağlanmıştır. Daha sonra bu arpacıklar jüt çuvallara doldurulmuş, temizlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla işletmeye gönderilmek üzere hazırlanmıştır.

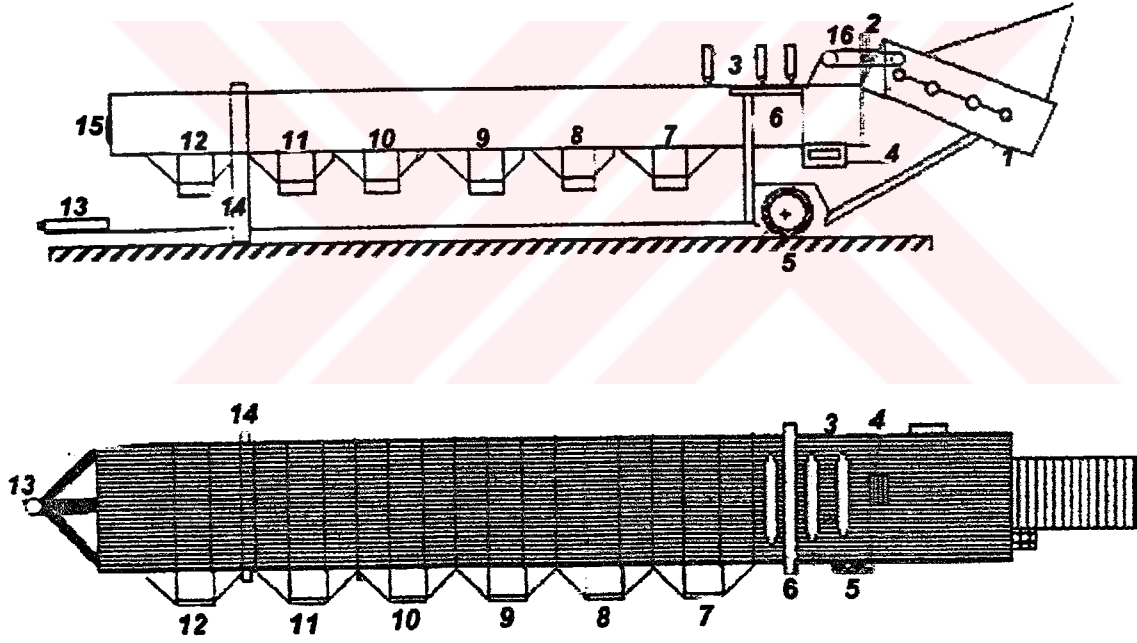
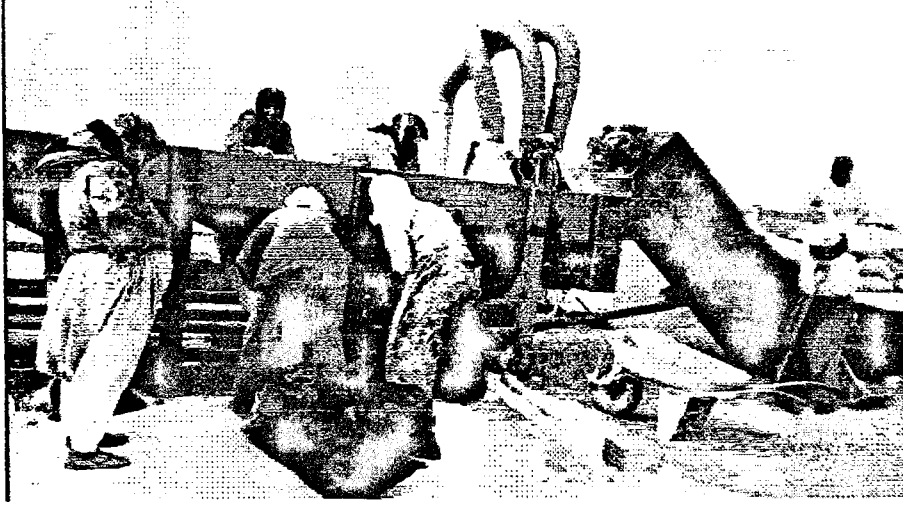
3.1.2. Denemelerde kullanılan arpacık temizleme ve sınıflandırma makinaları

3.1.2.1. Mekanik tip arpacık temizleme ve sınıflandırma makinası

Denemelerde kullanılan mekanik arpacık sınıflandırma makinası arpacıkların hasat edildikten sonra temizlenmesi ve boyutlarına göre sınıflandırılmasını gerçekleştiren özel amaçla yapılmış bir makinadır. Arpacıkları 6 farklı boyuta göre sınıflandırmak amacıyla tasarlanmıştır (Şekil 3.1).

Makinanın toplam uzunluğu 874 cm ve genişliği ise 112 cm'dir. Makine seyyar tiptir ve taşınması iki adet lastik tekerlek ve traktör bağlantısının yapılabilmesi için eklenmiş olan çeki kancası sayesinde kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.

Makine 243 cm uzunluğa, 76,5 cm genişliğe sahip bir besleme konveyörü ve elek sisteminden oluşmaktadır. Besleme konveyörüne hareket veren 0.75 kW güce sahip elektrik motorunun devri 4 kademede değiştirilerek 4 farklı bant hızı elde edilmektedir. Seçilen bant hızında makinarya ulaşan arpacıklar ilk olarak 1. elek üzerine dökülmektedir. Bu elek sayesinde boyu 6 mm ve altında olan piyasada ekonomik değere sahip olmayan arpacıklar ile bunlar içindeki bazı yabancı maddeler dışarı atılmaktadır. Bu elek sisteminin üzerinde bulunan ve hareketini 5.5 kW güce sahip bir elektrik motorundan alan bir fan sistemi vasıtasıyla arpacık kabukları çekilmektedir. Fan sisteminin çalışması, arpacık sınıflandırma makinasından bağımsız olarak çalışan ikinci bir motor sayesinde sağlanmaktadır. Makinada bulunan Çizelge 3.2' de ölçüleri verilen elekler birbirine bağlı olup 4 ayrı ayar kademesi bulunan bir sarsma düzeniyle sarsılmaktadır.



Şekil 3.1. Mekanik tip arpacık sınıflandırma makinasının şematik görünümü (1: yürütücü bant sistemi, 2: Elevatör motoru, 3: Fan sistemi, 4: Eleğin (eksantrik) sarsak motoru, 5: Tekerlekler, 6: Küçük arpacıkların döküldüğü elek, 7: I. Sınıf arpacık eleği, 8: II. Sınıf arpacık eleği, 9: III. Sınıf arpacık eleği, 10: IV. Sınıf arpacık eleği, 11: V. Sınıf arpacık eleği, 12: VI. Sınıf arpacık eleği, 13: Çeki kaması, 14: Ayaklar, 15: Elek açısı ayarı, 16: Sarsak devri ayar düzeni).

Çizelge 3.2. Arpacık sınıflandırma makinasının elek ölçüleri

Elek no	Tel kalınlığı (mm)	Paralel teller mesafe (mm)	Destekleme Telleri arası mesafe (mm)	Elek boyu (mm)	Elek eni (mm)
1. elek	1.7	6	21	870	765
2. elek	2.7	10	27	860	765
3. elek	3.8	14	45	930	765
4. elek	3.8	17	60	945	765
5. elek	5.1	21	91	950	765
6. elek	5.1	25	91	915	765

Arpacıklar makinarya işçiler tarafından verilmektedir. Birinci eleğin hemen altında, demir profile monte edilmiş olan ve sarsma düzeninin hareketini sağlayan üçüncü bir elektrik motoru bulunmaktadır. Arpacıkları sınıflandırmada kullanılan 6 değişik elek sistemi birbirine bağlantılıdır. Arpacıklar eleklerde oluşan sarsma etkisiyle kendi boyutlarına uygun olan eleklerden geçer ve altta bulunan toplama kaplarında birikmektedir. Makinada sarsma düzeni de 4 kademe ayarlanabilmektedir. Fakat çalışma sırasında en hızlı sarsma kademesi makine üzerinde bazı olumsuz etkiler yarattığından dolayı kullanılmamaktadır.

3.1.2.2. Prototip akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinası

Prototip akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinası bu tez kapsamında tasarlanmış ve imal edilmiştir. Makinanın imalatı sırasında çalışma prensibi açısından A.B.D'de imal edilmiş bulunan akışkan yatak ortamlı makinalardan yararlanılmıştır. Özellikle kaliteli tohumluk elde etmek amacıyla; farklı ürünler için kullanılan bu makinaların her bir ürün için uygulanan ayarları, hava akımı üreten üniteleri ilgili veriler ve güç tüketimleri vb. gibi temel bilgiler firmalar tarafından verilmemiştir. Makinanın tasarımı ve imalatı için gerekli olan tüm veriler bu tez kapsamında deneme, hesaplama vb. gibi yöntemlerle saptanmıştır. İmalat için önce akışkan yatak teorisine uygun olarak materyallerin

ayrılması için gerekli veriler, ardından makinanın imalatı için malzeme özellikleri, hareket iletimi, fan özellikleri vb. özellikler saptanmıştır.

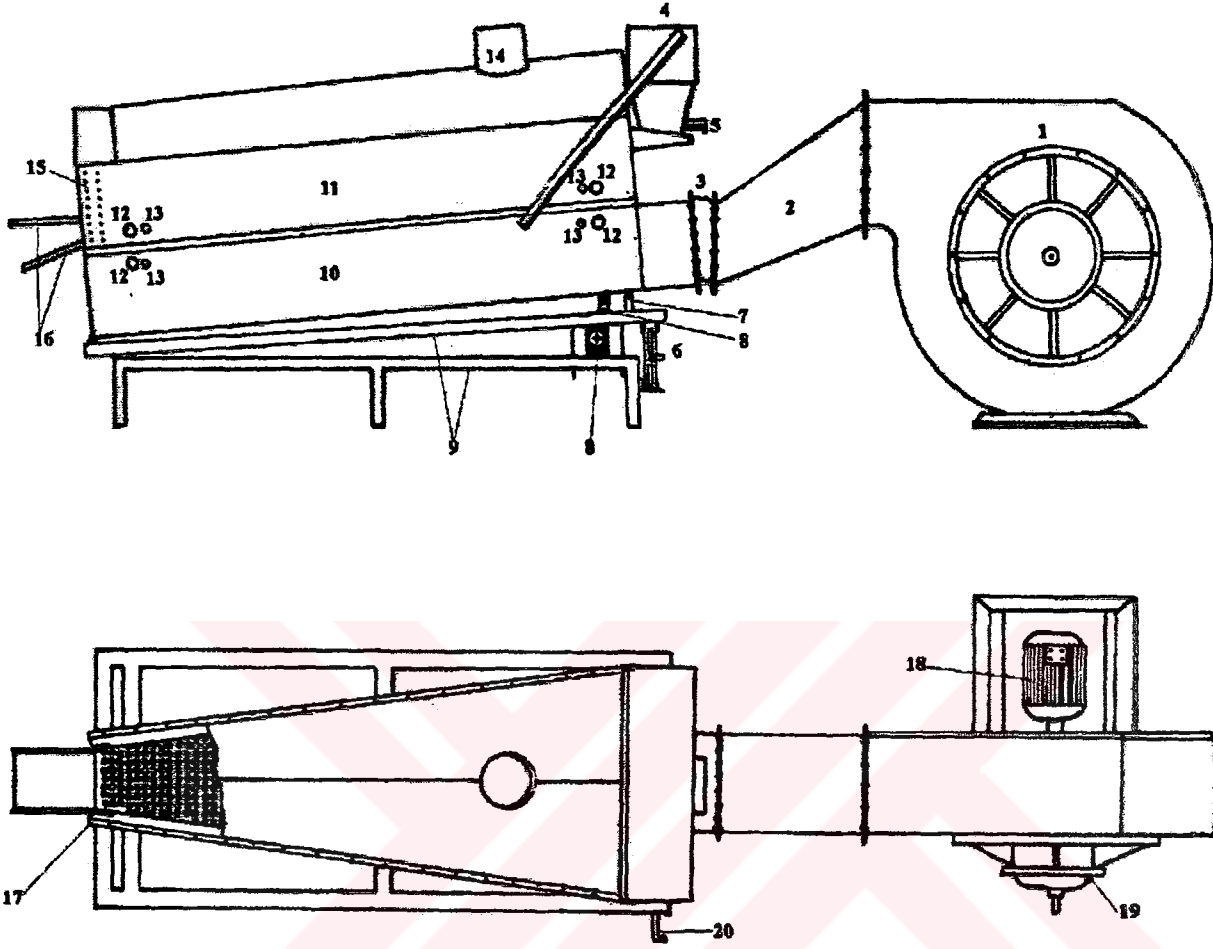
Arpacıkların hava akımı içerisinde tek tek ve toplu olarak hareketlerinin incelenmesi sonucu belirlenen aerodinamik karakteristiklerinden yararlanılarak tasarımı yapılan ve imal edilen, arpacıkların kalite karakteristiklerinden biri olan yoğunlukları arasındaki farktan yararlanılarak temizleme ve sınıflandırma yapan prototip makine 7 ana üniteden oluşmaktadır. Bunlar:

1. Vantilatör,
2. Üfleme kanalı,
3. Ayırma ünitesi,
4. Titreşim ünitesi,
5. Eğim ünitesi,
6. Çıkış bölümü,
7. Vantilatör motorunu kumanda eden elektrik panosudur.

Prototip makinanın şematik şekli ve parçaları Şekil 3.2' de ve ana ölçüleri ise Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Makinanın ana ölçüleri

BÜYÜKLÜK	DEĞERİ (mm)
Maksimum genişlik	1050
Toplam uzunluk	4090
Maksimum yükseklik	1650



Şekil 3.2. Akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinasının şematik görünümü (1:vantilatör, 2: üfleme kanalı, 3: esnek branda, 4: depo, 5: materyalin ayırma kanalı içerisine verilmesinin sağlayan klape, 6: eğim ayar düzeni, 7: titreşim düzeninde bulunan yaylı mekanizma, 8: titreşim düzenine hareket veren elektrik motoru ve krank mekanizması, 9: şasi, 10: ayırma odasında hava akımının bulunduğu alt kısım, 11: ayırma odasında hava akımı ve tarımsal materyalin bulunduğu üst kısım, 12: hava debisi ölçüm noktaları, 13: basınç ölçüm noktaları, 14: hafif materyallerin alındığı baca kısmı, 15: bölücü mesafeleri ayar delikleri, 16: bölücüler, 17: delikli plaka, 18: vantilatör motoru, 19: hava debisi ayar klapesi, 20: ayırma kanalına giren hava akımının yukarı doğru yönlendirilmesini sağlayan kol).

Prototip ayırma makinasının tasarımı yapılırken piyasada mevcut olan ve CAMAS INTERNATIONAL firması tarafından üretilen akışkan yatak ortamı prensibi ile çalışan makine dikkate alınmıştır. Bu makine küçük boyutlu tohumluklar için kullanılan bir makine olduğu için makinadaki hava akış özellikleri ve boyutlar arpacığın fiziksel özelliklerine, aerodinamik özelliklerine ve yığın halinde gösterdikleri özelliklere uygun olarak değiştirilmiştir.

Prototip temizleme ve sınıflandırma makinasında fan tarafından üretilen hava akımının debisi fan üzerinde bulunan bir klape yardımıyla ayarlanarak üfleme kanalına verilmektedir. Üfleme kanalı ile ayırma kanalı arasındaki bağlantı için esnek branda kullanılmıştır. Bunun sebebi; temizlenecek ve ayrılacak ürünün ayırma kanalı içerisinde bulunan delikli plaka üzerindeki hareketini kolaylaştırmak ve ürünlerin ayrılma etkinliklerini arttırmak amacıyla ayırma odasının tamamen titreşim hareketine tabi tutulmasıdır. Fan doğal çalışma rejimine geçince ayırma kanalı üzerinde bulunan deponun altındaki klape açılarak delikli plaka üzerine ürünün verilmesi sağlanmaktadır. Delikli plakalardan gelen hava akımının etkisiyle ürün ve içerisinde bulunan yabancı materyaller akışkanlaşmaya başlamaktadır. Ürünlerin temizlenme ve sınıflandırılma aşamasında ayrılması istenen gruplara göre hava akımının özellikleri değiştirilerek materyal yığını oluşturulan bileşenlerin kanal içerisinde yoğunluklarına göre katmanlara ayrılması sağlanmaktadır. Kanal sonuna yerleştirilen bölücülere ve üstte bulunan ayırma bacasına jüt çuvallar geçirilerek istenen gruplar elde edilmektedir ürünlerin temizlenmesi sırasında hafif materyaller (kabuk, sap, yaprak vb) ayırma ünitesi üzerinde bulunan ayırma bacasından, ağır materyaller ise (taş, kesek, büyük yoğunluğa sahip arpacıklar vb) ise bölücü plakaların alt kısmından delikli plaka çıkışından alınmaktadır. Bölücü plakaların alt kısmından alınan ağır materyal-arpacık karışımı ise tekrar ayırma ünitesine verilerek temizleme etkinliğinin artırılması sağlanmaktadır (şekil 3.12).

Sınıflandırma işlemi için temizlenmiş ve bölücü plakanın üst kısmından alınmış arpacıklar tekrar ayırma ünitesine verilmektedir. Uygun fan ayarlarının yapılması ile arpacıklar makinanın iki çalışma periyodunda 3 yoğunluk grubuna ayrılmaktadır (Şekil3.13). Bu yoğunluk grupları:

1. yoğunluk grubu: 167.1- 253.9 kg/m³

2. yoğunluk grubu: 253.9-345.5 kg/m³

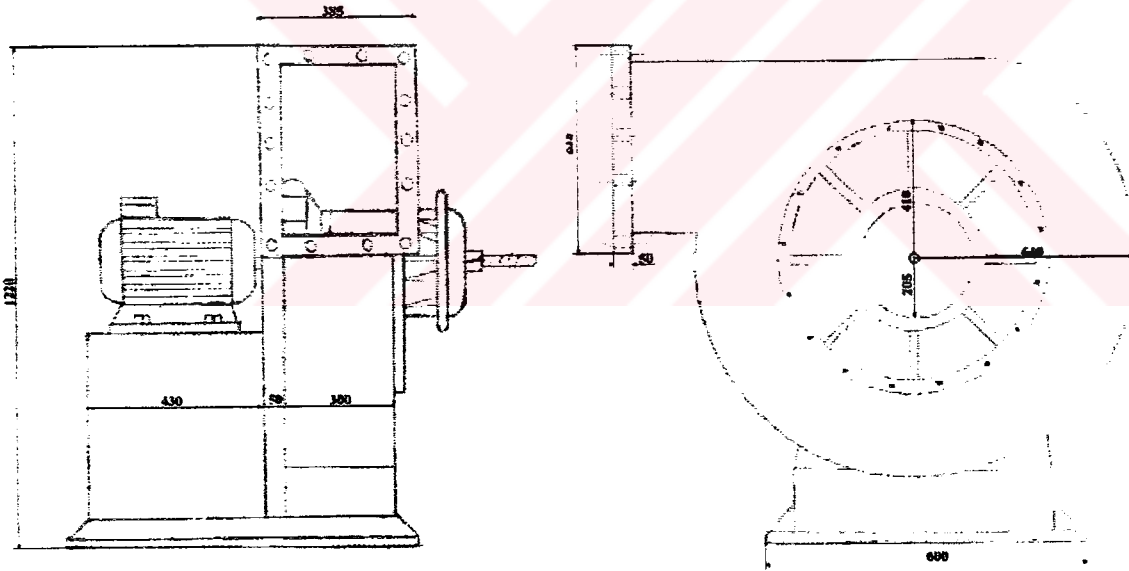
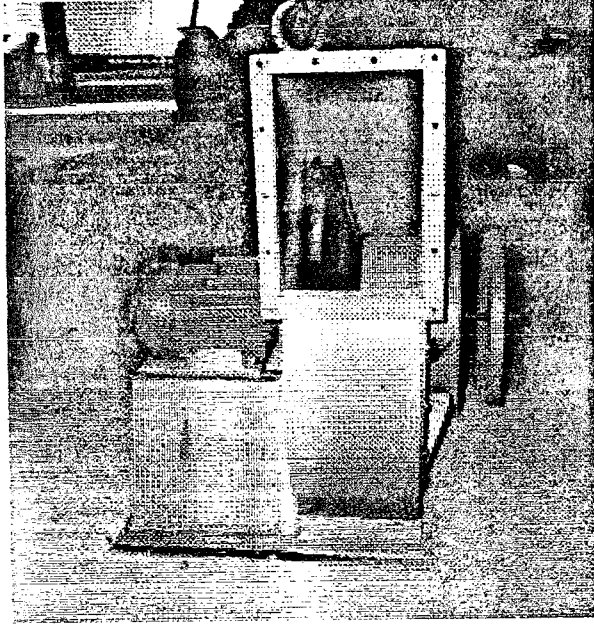
3. yoğunluk grubu: 354.5-440.2 kg/m³

Prototip makinada tez bütçesinin yetersizliğinden dolayı tek bir ayırma kanalı yapılmıştır. Dolayısıyla temizleme ve sınıflandırma işlemi için farklı çıkış noktalarından alınan materyaller tekrar tekrar ayırma ünitesine verilmiştir. Böylece temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin artırılmasına çalışılmıştır.

Makinada hava akımını sağlayan ve elektrik motoru ile direkt akuple edilmiş bir vantilatör makinanın temel organını oluşturmaktadır (Şekil 3.3). Bu vantilatörün teknik özellikleri Çizelge 3.4’ de görülmektedir.

Çizelge 3.4. Vantilatörün teknik özellikleri

Vantilatör tipi	Radyal
Maksimum Debi (m ³ /h)	8100
Toplam basınç (mmSS)	200
Maksimum Verim (%)	88



Şekil 3.3. Vantilatörün teknik ölçüleri.

Vantilatöre hareket veren 3 fazlı elektrik motoru 1450 d/d devir sayısına ve 7.5 kW gücüne sahiptir. Hava debisi ve hava hızı vantilatörün yanında bulunan vidalı ayar düzeninin açılıp kapatılmasıyla değiştirilebilmektedir. Bu düzenin açılıp kapatılmasıyla içeri alınan hava miktarının değiştirilmesi sağlanmaktadır. Makinaya ilişkin değerlerin alınması sırasında bu vidalı ayar düzeni ile elde edilen farklı hava hızları, hava debisi ve basınç değerleri 10 farklı

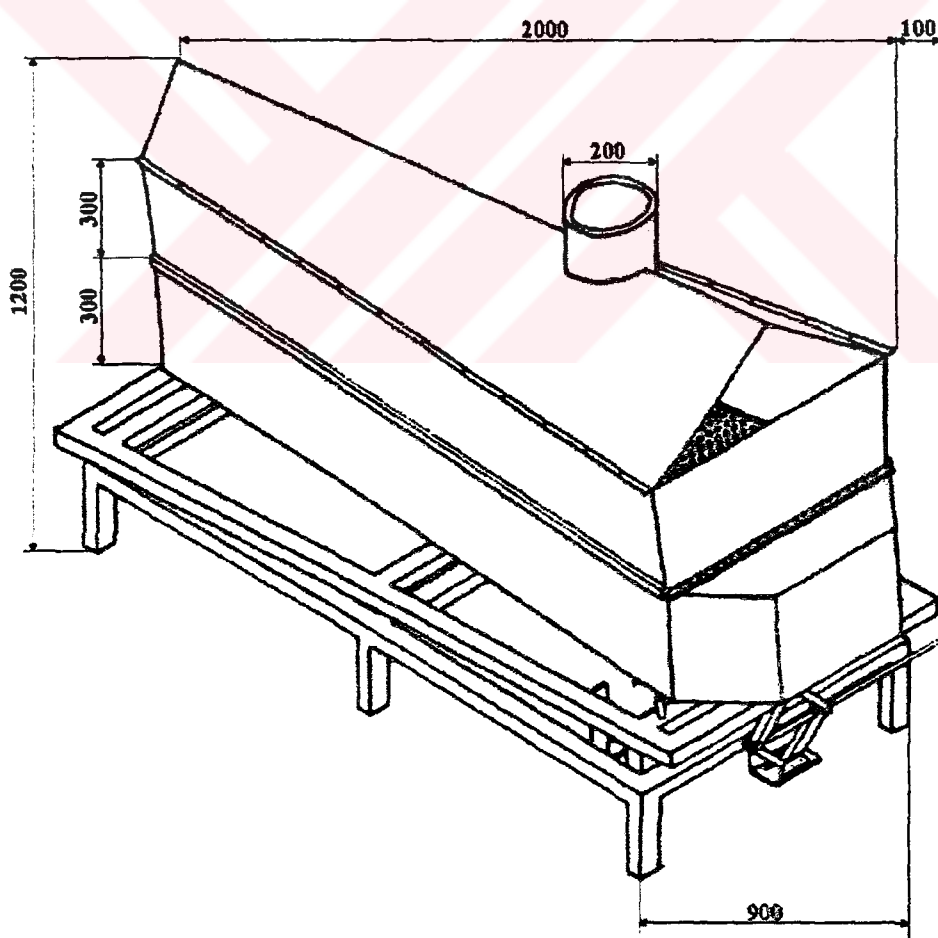
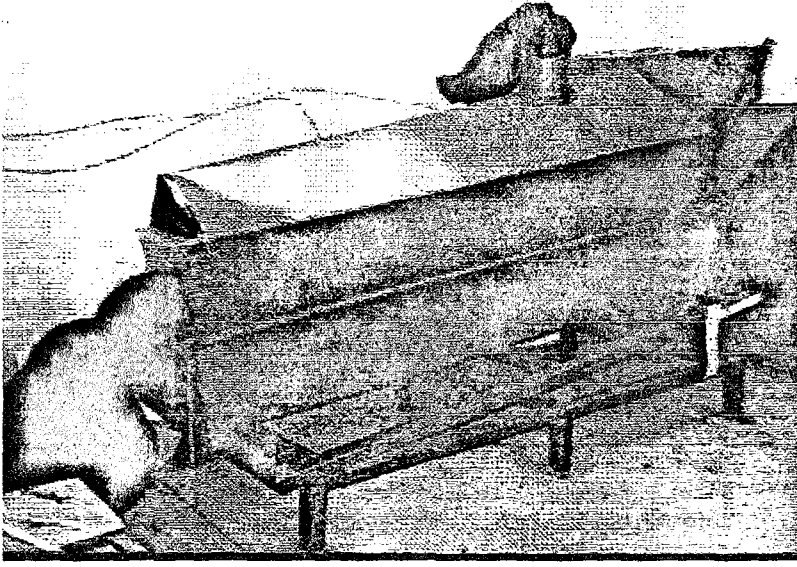
kademede her iki delikli plaka için ayrı ayrı ölçülmüştür (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10).

Vantilatörün oluşturduğu hava akımı; basınç kaybı en düşük düzeyde olacak şekilde tasarlanan kanaldan ve kanal ile ayırma ünitesini birbirine bağlayan körükten geçerek 1 mm kalınlıktaki sac malzemeden imal edilen ayırma ünitesinin alt kısmına verilmektedir. Ayırma ünitesinin uzunluğundan dolayı oluşan basınç düşümünü gidermek amacıyla ünitesinin üst kenarı (750 mm) ile alt kenarı (300 mm) arasında genişlik farkı verilmiştir.

Ayırma ünitesinin tasarımı yapılırken göz önüne alınan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Depodan ayırma ünitesine verilen materyal yığınının aerodinamik özellikleri arasındaki farklılıklardan yararlanılarak öncelikle tarımsal ürün harici materyallerin uzaklaştırılabilmesi,
- Ayırma odasında materyalin giriş tarafı ile çıkış tarafı arasındaki basınç farkının mümkün olduğunca sıfıra yakın veya sıfır olması,
- Sistemde oluşacak en önemli kayıp olan ayırma ünitesi boyunca yerleştirilmiş bulunan delikli plakamın (elek) oluşturduğu basınç kaybını karşılayabilecek kapasitedeki vantilatör ünitesinin seçilmesi,
- Materyallerin minimum akışkanlaştırma hızının sağlanması için gerekli olan hava debisinin ayırma ünitesi içinde sağlanması,
- Makinada mümkün olduğu kadar fazla ayar imkanının olması.

Ayırma ünitesinin teknik ölçüleri Şekil 3.4' de görülmektedir.



Şekil 3.4. Ayrma ünitesinin teknik ölçüleri (mm)

60 cm yüksekliğe sahip olan ayırma ünitesinin tam ortasında ve uzunluğu boyunca oluşturulan ve 1 cm genişliğe sahip olan bir kanal; kullanılan delikli plakanın değiştirilebilmesini sağlamıştır. Delikli plaka çaplarının ayırma üzerine etkisini saptamak amacıyla 2 mm ve 6 mm çap olmak üzere farklı çap gruplarına sahip plakalar kullanılmıştır. Ayırma ünitesinin altına yerleştirilmiş bir elektrik motorundan hareket alan krank biyel mekanizması ile bu üniteye titreşim verilmiştir. Krank biyel mekanizmasından krank üzerindeki uzaklığın değiştirilmesi ile ayarlanan titreşim hareketi, şase üzerine monte edilmiş ve içlerine bası yayı yerleştirilmiş çelik silindirlere ayırma ünitesine geçmektedir.

Ayırma ünitesinin üst tarafı yukarı doğru kesiti daralan ve yukarısında bir ayırma deliği bulunan sac malzeme ile kapatılmıştır. Bu delik materyal yığını içerisinde bulunan en hafif yabancı materyallerin (özellikle yığın içerisinde yoğun bir şekilde yer alan sap parçaları ve arpacık kabukları, toz vb.) ayrılması için yerleştirilmiştir. Bu deliğe eklenen bir çuval ile bu istenmeyen materyallerin çalışma ortamına verilmesi engellenmiştir.

Ayırma ünitesinin sonuna bir ayırıcı plaka yerleştirilmiştir. Bu plakanın ayırma ünitesinin alt yüzeyinden uzaklığı farklı yüksekliklere monte edilerek ayarlanabilmektedir. Bu uzaklık ayarlanırken en büyük çaplı arpacık ve deneme sırasında ayrılmak istenen arpacığın boyutları dikkate alınmıştır. Ayırma ünitesinde delikli plaka ile aynı seviyede bunun uzantısı şeklinde kaynatılmış plakaya ve bölücü plaka çıkışlarına yerleştirilen çuvalarda ayarlanan hava hızına bağlı olarak istenen grupların ayrı ayrı alınması sağlanmıştır.

Ayırma ünitesine; alttan bir krank sayesinde düşey yönde titreşim yaptırılmaktadır. Ayırma ünitesi boyunca açılan kanala yerleştirilen delikli plakalara uygulanan titreşimin tipinin, strokunun ve frekansının belirlenmesi için bu konuda yapılan önceki çalışmalardan yararlanılmıştır. Makine şasisi titreşim hareketinden ve fanın oluşturduğu hava akımının itme kuvvetini karşılayabilmek amacıyla beton zemine sabitlenmiş ve şasinin imalatında 100 mm' lik U profiller kullanılmıştır.

Küçük boyuta sahip elektrikli sistemlerde yüksek eleme kapasitesinin elde edilebilmesi için eleğe düşey titreşim hareketi verilmesi gerektiği bilinmektedir. (Yağcıoğlu, 1996). Sisteme düşey titreşim verilmesinin bir avantajı da yığın içindeki

ağır katıkların titreşim nedeniyle katmanın alt tarafına ve hafiflerin ise üst tarafına doğru hareket etmesini sağlamasıdır. Bu hareket aynı zamanda ağırlıkları birbirine yakın fakat şekil ve boyutları farklı olan tanelerin de birbirinden ayrılmasını sağlamaktadır. Bu sebepten dolayı sisteme düşey titreşim hareketinin verilmesi tercih edilmiştir.

Düşey titreşim yapan eleklerde 50 mm kalınlığa kadar materyalin ayrılabilirdiği ve titreşim düzeneği yardımıyla 0.5-50 mm arasında değişen titreşim genliği ile 50 s^{-1} titreşim frekansına kadar titreştirilebildiği literatürlerde belirtilmiştir. Delikli plakaya verilen titreşim hareketinin genliğinin seçimi için uygulamalardan elde edilen gözlemlere dayanılarak istenilen tane ortalama boyutunun iki katı olarak alınmış ve bu değer alt ve üst değerlerinde de ayarlar yapılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca düşey yönde titreşim yapan eleklerde elek üstündeki karışımın ilerleme hızının $0,4 \text{ m/s}$ yi geçmesi istenmemektedir. Elek eğiminin ise yığın içindeki katıkların cinsine bağlı olarak genellikle $6-12^\circ$ arasında değişmektedir.

Düşey titreşim yapan elek üzerindeki taneler titreşimin frekansına ve genliğine bağlı olarak hareket etmektedirler. Elektronik redüktör ile ayarlanan titreşim frekansı değerleri genliğe bağlı olarak aşağıdaki sınırlar arasında kalmalıdır (Yağcıoğlu, 1996).

$$\frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{A}} \leq n \leq \frac{54}{\pi} \sqrt{\frac{g}{A}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Bu eşitsizlikte:

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2),

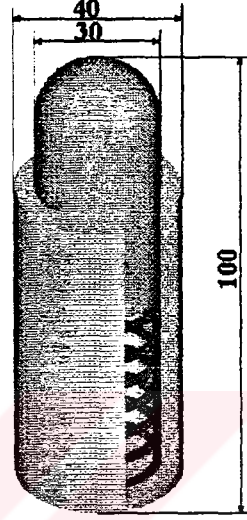
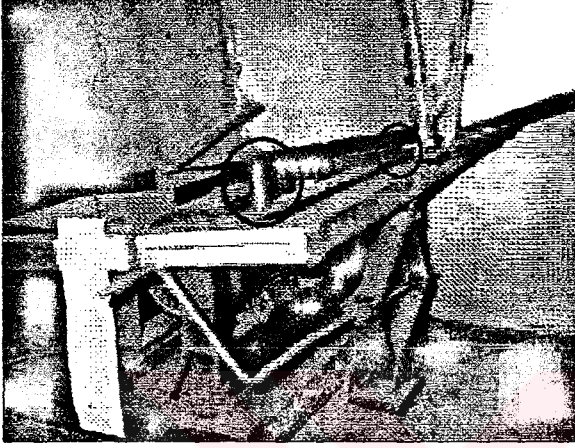
A : Titreşim stroku (mm),

n : Titreşim frekansdır (s^{-1}).

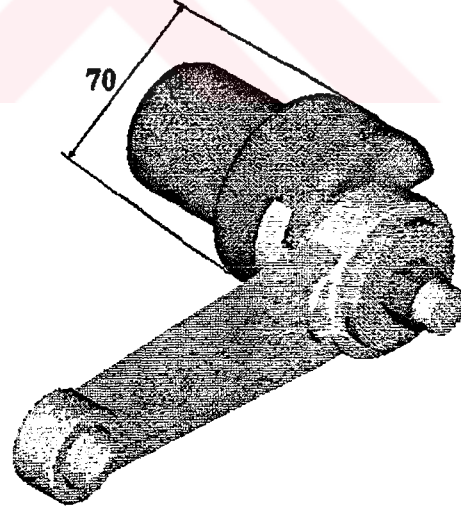
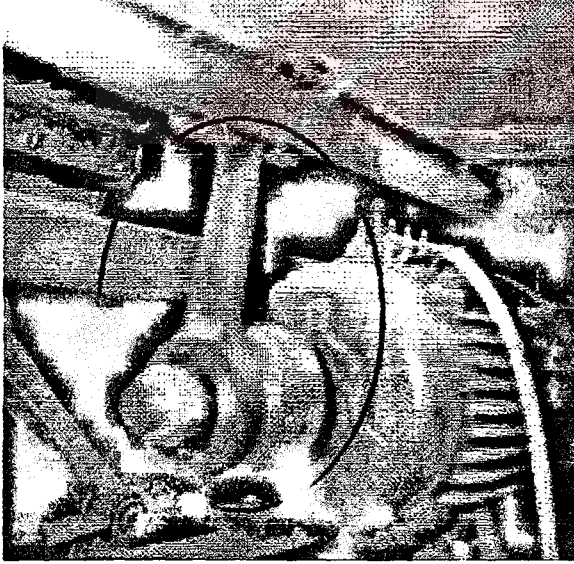
Denemelerin düzenlenmesi sırasında bu hesaplamalardan bulunan değer aralıkları ve literatürde belirtilen değerler temel alınarak ön denemeler yapılmıştır. Makinanın optimum ayarları bulunan bu değerlere göre düzenlenmiştir.

Sistemde titreşim mekanik olarak elde edilmiştir. Ünitenin her iki başına birer tane içine yuva açılmış çelik mil kaynanmıştır (Şekil 3.5a). Bu miller içine 15 mm yarıçapında ve

100 mm yüksüz boyda bası yayları yerleştirilmiştir. Yaylar üzerine yerleştirilen ve titreşim hareketinin ayırma ünitesine iletimini sağlayan sabit bağlantısı olmayan parçalar ayırma ünitesi ile titreşim ünitesinin serbest temasını sağlamıştır. Krank milinin 70 mm uzunluğa sahip kanal üzerinde hareket ettirilmesi yoluyla titreşim stroku maksimum 60 mm olacak şekilde ayarlanabilen krank mekanizması (Şekil 3.5b) ayırma ünitesinin düşey olarak titreşim yapmasını sağlamaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.5. Titreşim hareketinin oluşmasını sağlayan yaylı mekanizma (a) ve stroku ayarlanabilir krank mekanizması (b)

Titreşim ünitesine hareket veren motor elektrik motoru 3 fazlı, 6-3.5 A, 1405 d/d, 50hz, $\cos\phi=0.81$ ve 1.5 kW'lık bir motordur. Titreşim için güç kaynağı olarak kullanılan elektrik motorunun devir sayısını azaltabilmek ve istenen oranda ayarlayabilmek amacıyla özellikleri Bölüm 3.1.4'de açıklanan elektronik redüktörden faydalanılmıştır.

Sisteme verilen hava akımının ayırma kanalı boyunca materyal giriş tarafı ile çıkış tarafı arasındaki tüm özelliklerinin aynı kalabilmesi için, kanal baş taraftan aşağıya doğru daralan bir kesite sahip olacak şekilde, sac malzemededen imal edilmiştir.

Materyaller ayırma kanalına önce el ile verilmiştir. Daha sonra yapılan denemeler bunların bir depodan direkt olarak kanala ulaştırılmasının gerekliliğini göstermiştir. Çünkü makinanın ilk 1 dakika kadar boşta çalıştırılması ve fanın tam olarak devrini aldıktan sonra ve normal çalışma rejimine geçtikten sonra materyalin makinaya verilmesinin daha uygun olduğu ön denemeler sonucu görülmüştür. Bundan dolayı depo; doğrudan ayırma kanalına açılacak şekilde tasarlanmıştır.

Makinanın ayırma kanalının eğiminin değiştirilebilmesi ve en uygun eğimin seçilmesi için ayırma kanalının hemen alt tarafına bir kriko düzeni eklenmiştir.

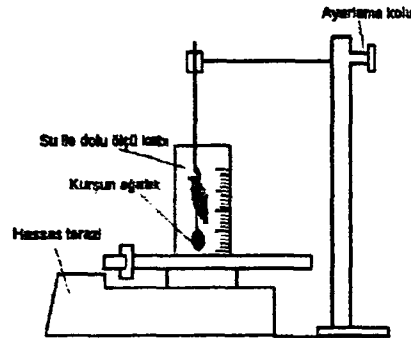
3.1.3. Prototip akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinasının tasarım parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan deney düzenekleri

Prototip akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinasının tasarım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla; bölümümüzde yapılan bir yüksek lisans tezi kapsamında imal edilen (Aktaş ve Akdemir, 1998) hava kanalı, bu doktora tezi kapsamında imal edilen materyallerin yoğunluklarının saptanmasında kullanılan düzenek, bölümümüzde yapılan bir araştırma için imal edilen sürtünme katsayısının saptanmasında kullanılan bir düzenek (Kayışoğlu vd., 1999) kullanılmıştır.

Akışın laminar bir akış olmasını sağlamak amacıyla 570x530x350 mm boyutlarında ahşap malzemeden yapılmış basınç odası, fan çıkış kanalına 120 mm çapa ve 1000 mm uzunluğa sahip bir boru ile bağlanmıştır. Basınç odasının üstüne fleksiglas malzemeden imal edilmiş 100 mm çaplı saydam bir boru dikey olarak yerleştirilmiştir. Hava akımının dikey kanala girişinin olduğu alt tarafta yine akımın laminar olmasını sağlamak amacıyla akım doğrultucu bir petek eklenmiştir.

3.1.3.2. Materyallerin yoğunluklarının saptanmasında kullanılan düzenek

Denemelerde kullanılan arpacık ve bunlar içerisindeki yabancı maddelerin yoğunluklarını saptamak amacıyla Şekil 3.7.' de görülen düzenden yararlanılmıştır. Arpacıkların ve bunlar içindeki materyallerin yoğunlukları havada ve suda tartma yöntemiyle belirlenmiştir. Su içinde tartma işleminde arpacıkların batmaması yoğunluklarının sudan küçük olduğunu göstermiş ve bunlara 20 gramlık kurşun ağırlık takılmıştır. (Mohsenin, 1980). Bu düzenek bir hassas terazi, dereceli kap ve materyallerin su yüzeyine çıkmasını engellemek amacıyla ucuna bir kurşun ağırlık ve arpacığın takıldığı bir sicimin suyun içine ve dışına çıkmasını sağlayan bir ayarlı koldan meydana gelmiştir. Yoğunlukları sudan daha küçük olduğundan arpacıklar su yüzeyine çıkmaya çalışmaktadır. Bundan dolayı suda tartım yapılırken kurşun ağırlıkla beraber ölçüm yapılmaktadır.

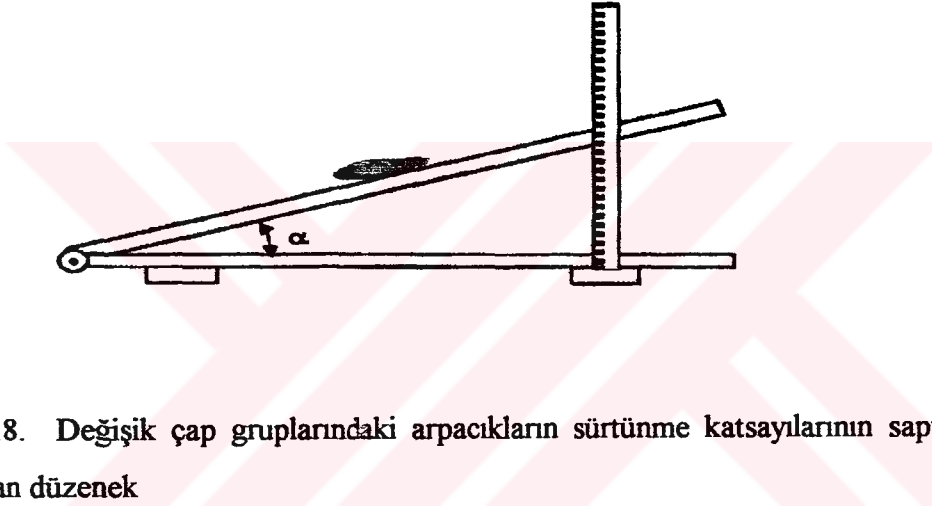


Şekil 3.7. Deneme materyallerinin yoğunluklarının saptanmasında kullanılan düzenek

3.1.3.3. Sürtünme katsayısı saptanmasında kullanılan düzenek

Materyallerin elek üzerindeki hareketlerine ve hava akımına karşı gösterdikleri direnç üzerinde etkili olan sürtünme katsayılarının saptanması amacıyla Şekil 3.8' de görülen eğik plakadan yararlanılmıştır (Güzel vd.,1996).

Bu düzenek; alt tarafta sabit, üst tarafta ise hareketli olan bir yüzeyden oluşmuştur. Hareketli yüzeyin aşağı ve yukarı hareketi ile değişen yükseklik belli bir noktaya sabitlenmiş cetvelden okunabilmektedir.



Şekil 3.8. Değişik çap gruplarındaki arpacıkların sürtünme katsayılarının saptanmasında kullanılan düzenek

Hareketli yüzey üzerine bırakılan çap gruplarındaki arpacıklar hareket edinceye kadar hareketli yüzey yukarı doğru yükseltilmekte ve karşı kenar ile komşu kenar uzunluklarına bağlı olarak aradaki açı ve bu açıya bağlı olarak sürtünme katsayısı hesaplanmıştır.

Denemeler sırasında bu düzenekte sadece sac yüzey üzerindeki sürtünme katsayıları saptanmıştır.

3.1.4. Denemelerde Kullanılan Ölçüm Aletleri

Denemeler süresince tartım işlemleri 5600 gram kapasiteli ve 0.1 g hassasiyetli Shinko Denshi marka hassas terazi ile yapılmıştır.

Arpacıkların kuru madde oranlarının saptanması için elektronik olarak istenilen sıcaklığa ayarlanabilen kurutma dolabı kullanılmıştır.

Arpacıkların boyutsal özelliklerini saptamak amacıyla 0.05 mm hassasiyetli sürgülü kumpas kullanılmıştır.

3.1.5. Denemelerde kullanılan cihazlar

3.1.5.1. Elektronik redüktör

Akışkan yataklı temizleme ve sınıflandırma makinasında titreşim ünitesine hareket veren elektrik motorunun devrinin ayarlanması için Siemens marka Micro master model bir elektronik bir redüktör kullanılmıştır. Bu cihazın bazı önemli özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Elektronik devir ayarlayıcının önemli özellikleri

Voltaj girdisi sınırları	3 AC 400 V-500V±%10
Motor çıktı oranı	5.5 kW
Çıkış akımı	11.8 A
Çıkış akımı (max.)	13.2 A
Giriş akımı	16.0 A
Boyutları (mm)	185x215x195
Ağırlığı	5.5 kg
Frekans girdisi	47 Hz-63 Hz
Hız dönüştürücü verimliliği	%97
Sıcaklık sınırları	0-40 °C

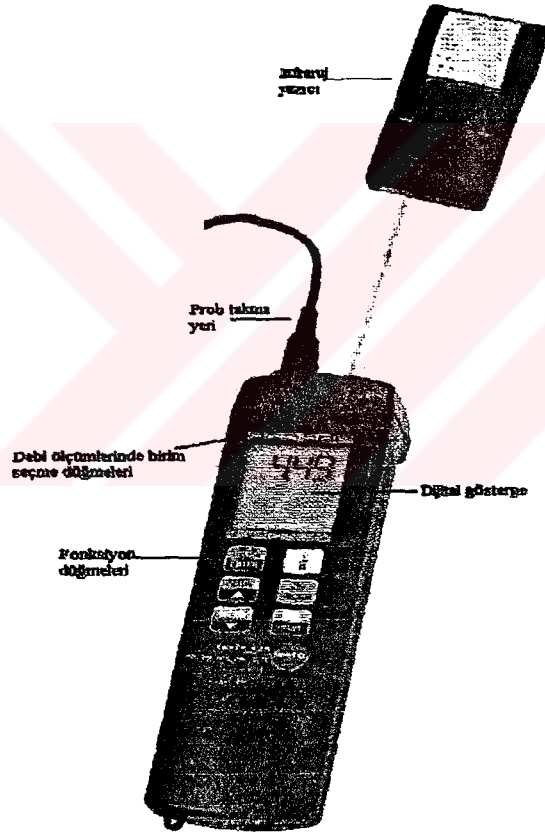
3.1.5.2. Dijital anemometre ve debi ölçüm cihazı

Hava hızı ölçümlerinde ölçüm yerlerinin şeklinden dolayı farklı tip problemlere sahip iki farklı cihaz kullanılmıştır.

Materyallerin aerodinamik özelliklerinden kritik hızın saptanması amacıyla hava kanalı deney düzeneğinde 0.4-30 m/s hız ve 0-60 °C sıcaklık aralığında ölçüm yapabilen

Lutron marka, AM-4202 model pervaneli Dijital anemometre kullanılmıştır. Ölçüm yapılırken anemometre saydam boru üzerindeki ölçme noktası 820 mm yukarıda ve kanalın merkezinde olacak şekilde konumlandırılarak kullanılmıştır.

Sistemde gerekli olan minimum akışkanlaştırma debisinin ve hava hızının ayarlanabilmesi, bu değerlerin temizleme ve sınıflandırma etkinliği üzerine etkilerini belirleyebilmek ve maksimum etkinlik şartlarını saptamak amacıyla hava debisi, hava hızının aynı zamanda saptanmasını sağlayan Testo 435 marka teleskopik problu dijital ölçüm cihazından yararlanılmıştır (Şekil 3.9). Bu cihaz ile ölçüm cihazında ölçülen veriler infraruj bir yazıcı ile direkt yazdırılabilmektedir. Cihazın hız ölçüm aralığı 0,2-40 m/s'dir. Ölçüm sonucunda debi; m^3/h , m^3/min ve m^3/s cinsinden okunabilmektedir.



Şekil 3.9. Hava debisi ve hava hızını birlikte ölçen ölçüm cihazı

Bu cihazın debi ve hız ölçme yöntemi, bir borudan akan akışkanın süreklilik yasasına ve Bernouilli teoremine dayanmaktadır. Süreklilik yasasına göre, akışkanın debisi, borunun her kesitinde aynıdır. Bernouilli teoremine göre ise borunun her

noktasındaki enerjilerin toplamı birbirine eşittir. Boru kesitinin daralması statik basıncın düşmesine ve dinamik basıncın artmasına sebep olmaktadır. Statik basınç değerinin düşme miktarına bağlı olarak debi ve hızı dijital olarak vermektedir. Hacimsel debi ölçümünde bu cihazda yararlanılan eşitlik bir çok faktöre göre düzenlenmiştir (Yavuzcan vd., 1987).

$$V = 0,01252 * \alpha * \epsilon * m * D_t^2 * \sqrt{\frac{1}{\rho_t}} * \sqrt{\Delta P} \dots\dots\dots(3.2)$$

Bu eşitlikte:

V: Cihazdan geçen hava akımının hacimsel debisi (m³/h),

α : Debi katsayısı,

ϵ : Genleşme katsayısı,

m: Daralma oranı,

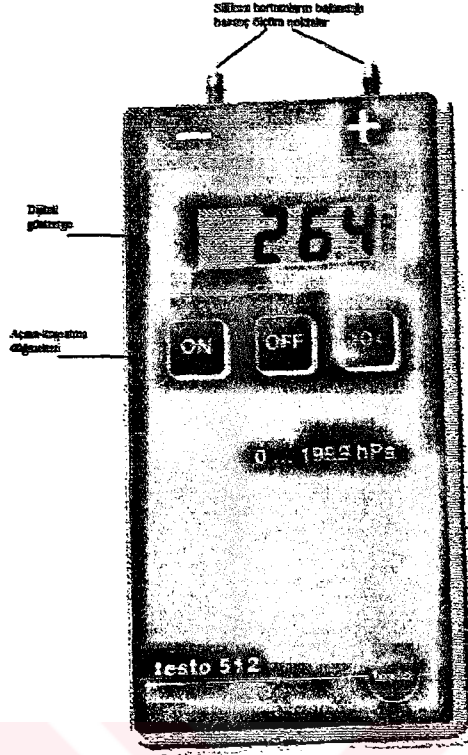
D_t: Ölçüm borusunun iç çapı (mm),

ρ_t : Akışkanın yoğunluğu (kg/m³),

ΔP : Statik basınçlar arası farktır (kp/m²).

3.1.5.3. Basınç ölçüm cihazı

Ayırma kanalının materyal girişi ve çıkışı tarafındaki diferansiyel basıncın kontrolü ve sistemde oluşan basınç değerlerinin saptanması amacıyla Şekil 3.10’ da görülen testo 512 marka dijital manometre kullanılmıştır. Bu manometre üzerinde bulunan (+) ve (-) uca, silikon hortumların geçirilmesiyle kullanılmaktadır.

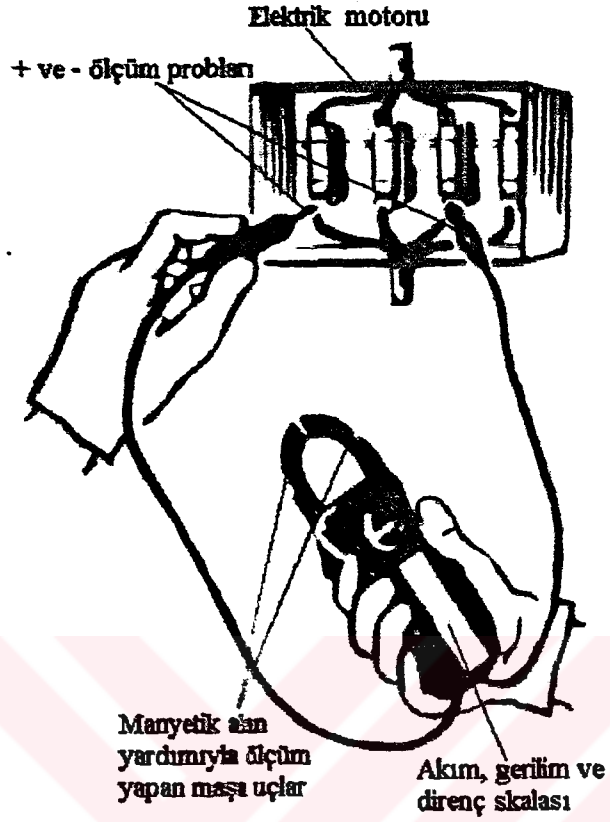


Şekil 3.10. Basınç ölçüm cihazı

Bu cihaz ile sistemde oluşan statik basınç yani akışkana göre bağıl hızı sıfır olan bir yüzey üzerine hava akımının yapmış olduğu basınç akışkana göre bağıl hızı sıfır olan ayırma kanalı üzerine açılan bir delikten ölçülmüştür. Ölçüm yapılırken bu delik cidarının pürüzsüz olmasına dikkat edilmiştir. Bu cihazla ayrıca hava akımının yarattığı toplam basınç da direkt ölçülebilmektedir.

3.1.2.4. Elektrik akımı ölçüm cihazı

Makinemin güç tüketiminin sağlanması için fanı çalıştıran elektrik motoru ile ayırma ünitesinin titreşimini sağlayan elektrik motorunun çektiği güç elektrik motorunun çektiği akımı doğrudan doğruya ölçen ve devreye seri olarak bağlanan Amprobe marka analog pensli ampermetre ile ölçülmüştür (Şekil 3.11). Bu cihazla aynı zamanda motorun gerilim ve direnç değerleri de ölçülebilmektedir.



Şekil 3.11. Elektrik motorunun çektiği gücün saptanmasında kullanılan ampermetre ve kullanımı

3.2. Yöntemler

3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi

Denemeler 2 grup olarak gerçekleştirilmiştir. 1. Grup denemelerde materyalin fiziksel özellikleri, materyallerin aerodinamik özellikleri ve materyallerin toplu halde hava akımı içerisinde gösterdikleri özellikler saptanmıştır.

2. Grup denemelerde ise soğan üreticileri tarafından kullanılmakta olan mevcut mekanik boylama makinasının iş başarısı ile güç tüketimi ve belirlenen özellikler yardımıyla tasarlanan ve imal edilen prototip temizleme ve sınıflandırma makinasının iş başarısı ve çeşitli yüklenme durumlarında güç tüketiminin saptanması; iş başarısı yönünden yani temizleme ve sınıflandırma etkinlikleri yönünden mekanik boylama makinası ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1. Denemeye alınan makinaların iş başarılarının saptanması sırasında denemelerin düzenlenmesi

Deneye alınan makinalarda önceden yapılmış çalışmalardan da yararlanılarak değişik deney yöntemleri uygulanmıştır. Bu metotlar yardımıyla mekanik makinanın boylara ayırma yeteneği, hava etkili makinanın yoğunluğa göre ayırma yeteneği ve bunlara etki eden faktörler saptanmıştır. Araştırma sonucunda çeşitli parametreler açıklanmış, sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Bu veriler ve literatür bilgileri göz önünde tutularak denemeye alınan temizleme ve sınıflandırma makinaları için bazı yapısal karakteristikler ortaya konulmuştur.

Sıcaklığa bağlı olarak hava akımının özelliklerinin değişmesinden dolayı bütün denemeler boyunca ortalama hava sıcaklığının aynı olmasına dikkat edilmiştir. Denemeler boyunca sıcaklık değeri 4 °C civarında ölçülmüştür. Bu sıcaklıktaki havanın özellikleri aşağıdaki gibidir (Örencik, 1980).

Yoğunluk (kg/m^3): 1.274

Kinematik viskozite (m^2/s): 1.356

Dinamik viskozite (Pas): 1.73

3.2.1.1.1. Mekanik tip arpacık temizleme ve boylama makinasında denemelerin düzenlenmesi

Mekanik arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması amacıyla hasat sonrası depolamadan önce işletme tarafından makinanın en uygun ayarlarının kullanıldığı koşullarda (0,250 m/s bant hızı, saniyede 4 vuruş olan yavaş sarsak devrinde) (Dardeniz, 1995) her bir elek altında toplanan yığından 3' er tekerrürlü olarak 1'er kg'lık örnekler alınmıştır. Temizleme etkinliğinin saptanması için her bir örnek içindeki arpacıklar ve yabancı materyaller ayrılmış ve ayrı ayrı tartılmıştır.

Sınıflandırma etkinliğini saptayabilmek amacıyla yine her bir elek altından alınan örnekler içerisindeki o elek altında olmaması gereken boyuttaki arpacıklar tartılarak toplam miktara oranlanmıştır.

3.2.1.1.2. Akışkan yataklı prototip arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında denemelerin düzenlenmesi

Araştırmada kullanılan ve değiştirilen bağımsız parametrelerin değerleri Çizelge 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Denemelerde değiştirilen parametreler

Parametreler		Değerler
Elek titreşim stroku	A1	20 mm
	A2	40 mm
	A3	60 mm
Sisteme verilen materyal miktarı	MM1	5 kg
	MM2	10 kg
Delikli plakanın delik çapı	Ç1	2 mm
	Ç2	6 mm

Araştırmada kullanılan delikli plaka çapı, titreşim stroku ve makinaya verilen materyal miktarları bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Elek titreşim frekansı ve elek eğimi ise yapılan ön denemelere ve literatür bilgilerine bağlı olarak sırasıyla 12 s^{-1} ve 8° olarak sabit alınmıştır. Bu değişkenlere bağlı olarak prototip makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinlikleri bağımlı değişkenler olarak alınmıştır. Çizelge 3.6'daki değişkenlere bağlı olarak temizleme etkinliğinin saptanması için 36 ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması için 36 deneme olmak üzere toplam 72 deneme yapılmıştır.

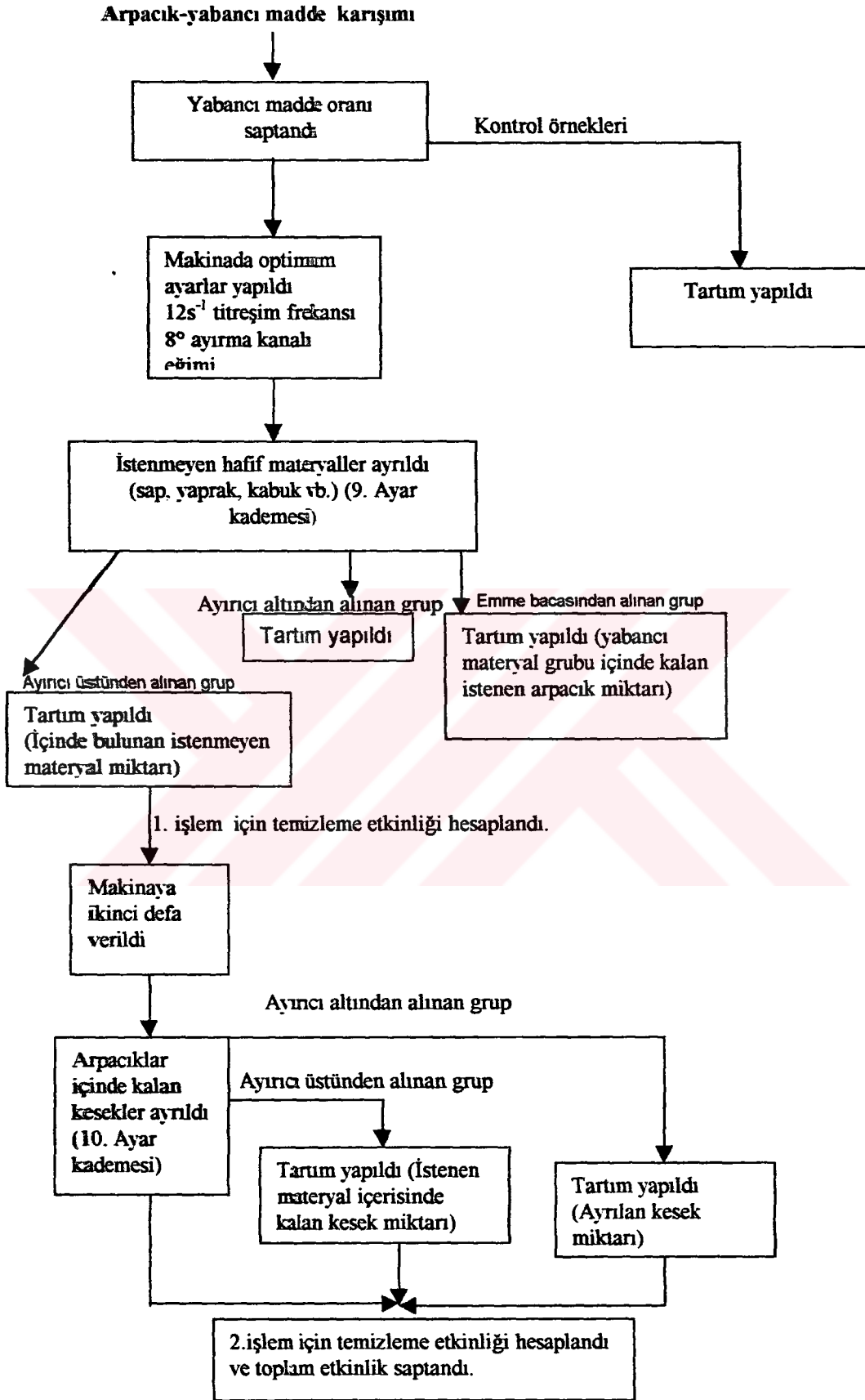
Sınıflandırma etkinliğinin saptanması sırasında; Bölüm 3.12.2' de açıklandığı gibi 3 ayrı yoğunluk grubunda yer alan arpacıkların ayrılması amaçlanmıştır. Bunun için istenen yoğunluktaki arpacıkların (kuru soğan üretiminde kullanılan 2. yoğunluk grubunda yer alan arpacıklar) ayırıcı plaka üzerinden alınmasına yönelik ayarlamalar yapılmıştır. Böylece plaka altından daha büyük yoğunluğa sahip arpacıklar ve ayırıcı ünite üzerindeki bacadan ise hafif materyaller alınmıştır.

Denemeler T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Atölyesi'nde Şekil 3.12 ve 3.13'de görülen iş akış işlemleriyle gerçekleştirilmiştir.

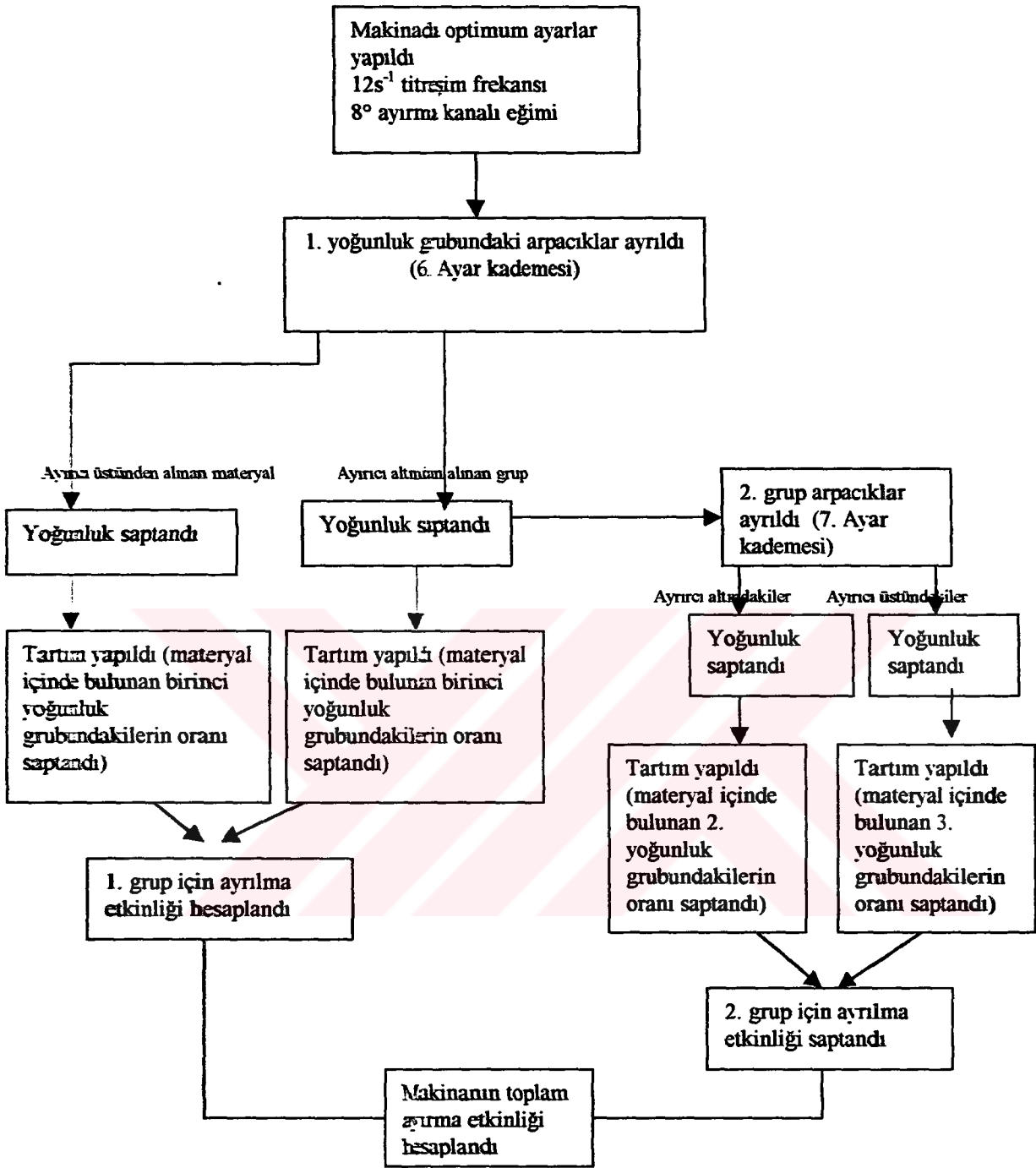
Denemeler sırasında makine çalıştırılmadan önce makinanın üst kısmında bulunan ve hafif materyallerin toplanmasının amaçlandığı deliğe ve ayırıcı sonlarına çuvallar geçirilmiştir. Her denemeden sonra bu çuvallar içinde toplanan materyallerin yoğunluk ve çap yüzdeleri bulunmuştur. Denemelere başlamadan önce değişkenler için gerekli ayarlar yapılmış ve hava akımının bütün sistemde etkin hale geçmesini sağlamak amacıyla makine bir dakika boşta çalıştırılmıştır. Boşta çalışma sırasında ölçüm cihazları yerleştirilmiş ve gerekli kontroller yapıldıktan sonra denemelere başlanmıştır.

Denemeler için öngörülen materyal miktarı yığın içerisinde rastgele alınarak deneme yerinde bulunan hassas terazi ile tartılmıştır. Ayırma odasının fan çıkışı tarafında bulunan kısmında ve ayırma odasına bitişik bir şekilde yerleştirilmiş olan depoya bırakılan materyaller, makine normal çalışma seyrine girdiği zaman çalıştırdıktan sonra ayırma odasına verilmiştir.

Denemeler boyunca basınç ölçüm cihazından basınç değerleri okunmuş ve kaydedilmiştir. Çuvallarda toplanan materyal gruplarının sınıflandırma ve temizlenme etkinliğine yönelik ölçümler ve hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3.12. Prototip makinanın temizleme etkinliğinin değerlendirilmesinde iş akış diagramı



Şekil 3.13. Akışkan yataklı makinenin sınıflandırma etkinliğinin değerlendirilmesinde iş akış diagramı

3.2.2. Soğan arpacıklarının fiziksel özelliklerinin saptanması

Tarımsal ürünlerin yabancı materyellerden ayrılması ve sınıflandırılması amacıyla kullanılan bütün yöntemlerde olduğu gibi materyallerin aerodinamik özelliklerine göre ayrılmasında da materyallerin fiziksel özellikleri temel özelliklerdir. Bir materyalin, aerodinamik özellikleri, materyalin fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada öncelikle ele alınan ürünün fiziksel özellikleri saptanmıştır. Bu özellikler sırasıyla; geometrik ortalama çap, ekvatorial çap, polar çap, küresellik katsayıları, izdüşüm alanları, sürtünme katsayıları, yoğunlukları ve kuru madde oranlarıdır. Bu özelliklere ilişkin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri aşağıda anlatılan örnek sayısı elde etme yöntemine göre hesaplanmış bulunan 10 adet örnek ve mekanik boylama makinasının elek boyutları dikkate alınarak ayrılmış olan 6 çap grubu için verilmiştir.

Prototip akışkan yataklı makinanın imalatı için gerekli olan karakteristiklerden fiziksel ve aerodinamik özelliklerin saptanması sırasında yığın halinde makinaya verilen arpacıkları temsil edecek olan örnek hacminin saptanması için öncelikle yığını temsil eden 1 kg büyüklüğünde örnekler alınmıştır. Bu örnekler 3 tekerrürlü olarak alınmıştır. Her bir örnek içinde bulunan arpacıklar mekanik boylama makinasından elde edilen çap gruplarına göre 6 sınıfa ayrılmış ve her bir sınıfta bulunan arpacık sayıları sayılmıştır. Daha sonra yöntem olarak populasyon aritmetik ortalamasına dayalı olasılık örnekleme kullanılmıştır. Bu şekilde oluşturulan sonlu populasyona ait parametrelerin hesaplanmasına ilişkin aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Cochran, 1963 ve McClave ve Benson, 1988).

$$n = \frac{\left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{B} \right)^2}{1 + \frac{1}{N} \cdot \left(\frac{z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{B} \right)^2} \dots \dots \dots (3.3)$$

Burada:

- n : Denemelerde kullanılacak örnek sayısı (adet),
 N : Populasyonu oluşturan sınıf sayısı (6),
 μ : Populasyona ait sınıf sayısı başına düşen arpacık sayısı (53.66),
 σ : Populasyonun standart sapması (34.19),
 $z_{\alpha/2}$: Güvenilirlik derecesinin %95 olması durumunda z değeri (1.96),
 B : Tahmin hatasıdır (örnekleme hatası) ($B=\mu \cdot 0.5=26.83$).

Bu hesaplama sonucunda, fiziksel ve aerodinamik özelliklerin saptanması sırasında her sınıftan 6 arpacıkla deneme yapılmasının yeterli olduğu saptanmıştır. Bu değer minimum olarak kabul edildiği için fiziksel özellikler 10'ar arpacıkta saptanmıştır.

3.2.2.1. Arpacıkların ekvatorial çap ve polar çap ve geometrik ortalama çaplarının saptanması

Arpacıkların boyut özelliklerinden ekvatorial ve polar çapın saptanması amacıyla 0.05 mm hassasiyete sahip sürgülü kumpastan yararlanılmıştır. Bu ölçümler bölüm 2.1' deki tanımlardan yararlanılarak yapılmıştır.

Değişik büyüklüklerdeki arpacıkların akışkan yatak içindeki davranış özelliklerinin saptanmasında gerekli olan izdüşüm alanlarının teorik olarak hesaplanabilmesi için bunların geometrik ortalama çaplarının bilinmesi gerekmektedir. Ürünün şeklini en iyi şekilde temsil eden geometrik ortalama çap aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Song ve Litchfield, 1991).

$$G_{md} = (a * b * c)^{1/3} \dots\dots\dots(3.4)$$

Bu eşitlikte,

- G_{md} : Geometrik ortalama çap (mm),
 a : Uzun eksen boyu (mm),

- b : a eksenine dik olan eksenin boyu (mm),
 c : a ve b eksenlerine dik olan eksenin boyudur (kalınlık).

Arpacıkların şekillerine bağlı olarak alınması gereken eksen uzunlukları ölçülürken değişik şekilli arpacıklar için Şekil 3.14’ de görülen boyutlar dikkate alınmıştır. c boyutu (kalınlık) b boyutu (genişlik) ile aynı alınmıştır.



Şekil 3.14. Arpacığın eksen uzunlukları ve başlıca şekilleri

3.2.2.2. Küresellik katsayılarının saptanması

Arpacıkların şekilsizliğinin bir ölçüsü olan küresellik katsayısının saptanması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Önal, 1995).

$$K = \frac{b}{a} * 100 \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Bu eşitlikte:

- b : Arpacığın genişliği (mm),
 a : Arpacığın uzunluğudur (mm).

3.2.2.3. İzdüşüm alanlarının saptanması

Denemelerde kullanılan değişik çap gruplarındaki arpacıkların hava akımı içindeki davranışlarını etkileyen ve arpacıkların hava akımına karşı gösterdiği direnci hesaplamak için gerekli olan izdüşüm alanlarını saptamak amacıyla bir bilgisayar programından ve Pentium166 32 RAM'a sahip bir bilgisayardan yararlanılmıştır.

Arpacıkların izdüşüm alanı saptanırken hava akımına dik olan düzlem dikkate alınmıştır. Arpacığın şekline ve yoğunluğuna bağlı olarak hava akımı içerisindeki duruşu farklı olduğundan hava akımına dik olan düzlem sürekli değişmektedir. Buna bağlı olarak izdüşüm alanları da değişmektedir. Denemelerde saptanan izdüşüm alanı arpacıkların en büyük izdüşüm alanlarıdır. Bunun için; arpacıkların tam ortadan boyuna kesitleri alınmıştır. Bu işlem keskin bir maket bıçağı kullanılarak yapılmıştır. Alınan bu kesitin alanı MUSTEK ScanExpress 6000p marka bir skaner ile direkt olarak bilgisayara aktarılmıştır.

Kullanılan alan ölçüm programının temeli; taranan alan büyüklüğünün "Pixel" cinsinden algılanıp daha sonra sayısal değerlere çevrilmesidir. İzdüşüm alanları scanner ile tarandıktan sonra bu alanların sayısal karşılığını bulabilmek için "Flaeche" adlı alan ölçüm programından yararlanılmıştır. Bu ölçümler her büyüklük grubundaki arpacık için 10'ar tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

İzdüşüm alanları aynı zamanda teorik olarak da hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken tarımsal materyaller çoğu zaman, aynı hacimdeki dp olarak tanımlanan çapa sahip bir kürenin $(\pi/4).dp^2$ formülü ile bulunan izdüşüm alanına eşit alanlı ve küresel olarak kabul edilmiştir (Mohsenin, 1980). Sürüklenme kuvvetlerinin teorik olarak hesaplanmasında kullanılan izdüşüm alanları aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır (Mohsenin, 1980).

$$A_i = \frac{\pi}{4} * gmd^2 \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Elde edilen izdüşüm alanı değerleri ile bu arpacıkların kütle, yoğunluk, çap ve kuru madde miktarı gibi fiziksel özellik değerleri arasındaki ilişkiler excel programı yardımıyla belirlenmiştir.

3.2.2.4. Sürtünme katsayılarının saptanması

Materyallerin elek üzerindeki hareketlerine ve hava akımına karşı gösterdikleri direnç üzerinde etkili olan sürtünme katsayılarının saptanması amacıyla Şekil 3.8' de şematik şekli ve çalışma ilkesi verilen eğik plakadan yararlanılmıştır (Güzel ve ark.,1996).

Değişik yoğunluk grubuna giren arpacıklar eğimli plaka üzerine tek tek bırakılmıştır ve eğim değiştirilmiştir. Arpacıkların hareketlendiği andaki açının tanjantı alınarak sürtünme katsayıları aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Güzel ve ark., 1996).

$$\mu = \tan \alpha \quad \dots \dots \dots (3.7)$$

Bu materyallerin ağırlığı, küresellik katsayıları ve sürtünme katsayıları arasındaki ilişkiler excel grafik programı yardımıyla saptanmıştır. Sürtünme katsayıları saptanırken prototip makinada sürtünme yüzeyinin de sac malzeme olmasından dolayı sac yüzey seçilmiştir.

3.2.2.5. Yoğunlukların saptanması

Arpacıkların aerodinamik özelliklerinin incelemek amacıyla farklı boyut gruplarına giren arpacıkların yoğunlukları tespit edilmiştir. Hava kanalında yapılan gözlemlere göre bu materyallerin simetrik bir şekle ve homojen bir yoğunluğa sahip olmamaları aerodinamik kararsızlığa yol açmaktadır. Çünkü yoğunluk merkezi, kaldırma ve sürüklenme karşısında eş eksenli kalamamakta, sürekli denge pozisyonuna gelmeye çalışmaktadır. Arpacıkların ve bunlar içindeki materyallerin yoğunlukları havada ve suda

tartma yöntemiyle Şekil 3.7'de şematik şekli verilen düzenekten yararlanılarak belirlenmiştir. Su içinde tartma işleminde arpacıkların batmamasından dolayı yoğunluklarının sudan küçük olduğu saptanmış ve bunlara 20 gramlık kurşun ağırlık takılmıştır. Yan tarafta bulunan vidalı ayar kolu ile soğanın suya batırılması ve çıkarılmasında sabit bir kuvvetin uygulanması sağlanmıştır. Aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak materyallerin yoğunlukları saptanmıştır (Mohsenin, 1980).

$$q_p = \frac{W_{hm}}{(W_{hmk} + W_{smk}) - (W_{hk} - W_{sk})} * q_s \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

Bu eşitlikte;

q_p : materyalin yoğunluğu (g/dm^3),

q_s : saf suyun özgül ağırlığı (g/dm^3),

W_{hm} : Materyalin havadaki ağırlığı (g),

W_{hmk} : Materyalin kurşun ağırlıkla birlikte havadaki ağırlığı (g),

W_{smk} : Materyalin kurşun ağırlıkla birlikte sudaki ağırlığı (g),

W_{hk} : Kurşun ağırlığın havadaki ağırlığı (g),

W_{sk} : Kurşun ağırlığın sudaki ağırlığıdır (g).

10 C° ortam sıcaklığında yürütülen deneyde kullanılan saf suyun yoğunluğu 1000 g/dm^3 olarak alınmıştır (Örencik, 1980).

3.2.2.6. Arpacıkların kuru madde oranlarının saptanması

Tarım ürünlerinde kuru madde miktarlarının yoğunluğun bir göstergesi olduğu günümüze kadar yapılan pek çok çalışmada görülmektedir (Zaltzman vd., 1988). Ürünlerin yoğunlukları ise bu ürünlerin kritik hızlarını etkilemektedir. Bundan dolayı 1999 yılı hasat döneminde arpacıklar tarlada kurutulduktan sonraki kuru madde içeriklerinin minimum ve maksimum değerleri bulunmuştur. Alınan örneklerin kuru madde miktarları kurutma dolabı yöntemiyle bulunmuştur.

Bu amaçla her bir gruptan 10' ar örnek alınmıştır. Örnekler petri kaplarına koyularak daralı ağırlıkları ölçülmüş ve kurutma dolabında 4 saat süreyle 105 °C' de bekletilmiştir. Örnekler desikatörde soğutulduktan sonra, kuru daralı ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru madde miktarı ağırlık yüzdesi olarak aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 1983).

$$K = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} * 100 \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

Burada:

- K :Kuru madde miktarı (%),
 m₀ :Petrinin boş ağırlığı (g),
 m₁ :Petri ağırlığı ile ürünün yaş ağırlığı (g),
 m₂ :Petri ağırlığı ile ürünün kuru ağırlığıdır (g).

3.2.3. Arpacıkların ve yabancı materyallerin aerodinamik özelliklerinin saptanması

Materyallerin hava akımı içerisindeki davranışlarını karakterize eden özellikler o materyalin aerodinamik özellikleridir. Pnömatik sistemlerin tasarımı için saptanması gereken bu özelliklerin en önemlileri sırası ile aşağıdaki gibi verilmektedir (Ülger, 1985 ve Özgür, 1994) :

- havanın, içerisinde hareket eden bir materyale karşı gösterdiği direnç,
- hava akımı içerisindeki materyalin kendi ağırlığı ile hava direnci kuvvetinin eşit olduğu diğer bir deyişle materyalin rölatif hızının hava hızına eşit olduğu ve materyalin bir noktada asılı kaldığı durumdaki kritik hız, terminal hız veya yüzme hızı olarak da adlandırılan hava hızı,
- akımın laminar veya türbilans karakterde olup olmadığını gösteren Reynolds sayısı,
- Reynolds sayısı ile önemli ölçüde değişen sürüklenme katsayısıdır.

3.2.3.1. Havanın materyale karşı gösterdiği direncin saptanması

Havanın içerisindeki materyale gösterdiği direnç, materyalin dikey hava kanalı içerisinde askıda kaldığı an dikkate alınarak saptanmıştır. Materyal askıda kaldığı koşulda materyalin ağırlığı ile sürüklenme kuvvetleri birbirini dengelemektedir. İzdüşüm alanlarına bağlı olarak yatay ve dikey durumda materyale karşı gösterilen direnç (sürüklenme kuvveti) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Smith ve Strohine, 1985).

$$F_s = m * g = \frac{C_d * A_i * \rho_f * V_k^2}{2} \dots\dots\dots(3.10)$$

Bu eşitlikte;

m: materyalin kütlesi (kg),

g: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²),

C_d: Sürüklenme katsayısı,

A_i: İzdüşüm alanı (m²),

ρ_f: Hava yoğunluğu (1 kg/m³),

V_k: Ölçülen kritik hız (m/s),

F_s: Sürüklenme kuvvetidir (N).

Bu eşitlikte kullanılan değerlerden yerçekimi ivmesi ve havanın yoğunluğu için kabullenme yapılmış, izdüşüm alanı (A_i), kritik hız (V_k) ve kütle (m) için Çizelge 4.1' de verilmiş olan ölçülen değerler kullanılmıştır. Sürüklenme katsayısı ise eşitlik 3.11'den hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Sürüklenme kuvvetinin hesaplanması için sürüklenme katsayısının saptanması gerekmektedir. Tohumlukların sürüklenme katsayısı küresel olanlarda 0.44 değerinden silindirik yapılarda ise 1 olacak şekilde değişmektedir. Sürüklenme katsayılarının saptanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Smith ve Strohine, 1985).

$$C_d = \frac{2mg}{A_i * \rho_f * V_k^2} \dots\dots\dots(3.11)$$

3.2.3.2. Arpacıkların ve yabancı materyallerin kritik hızlarının saptanması

Değişik çap gruplarındaki arpacıkların kritik hızları hem deneysel olarak hem de eşitlikler yardımıyla saptanmıştır. Kritik hız değerleri her bir büyüklük grubuna giren arpacıklardan 10'ar tanesinin hava kanalı içerisindeki hareketleri gözlemlenerek ölçülmüştür. Bu ölçümler pervaneli anemometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Materyallerin ağırlıklarının havanın kaldırma kuvvetine eşit olduğu anda yani materyalin hava akımı içerisinde hareketsiz kaldığı andaki hava hızı ölçülerek bu andaki hava akımı hızı arpacığın kritik hız değeri olarak alınmıştır. Yığın içinde bulunan yabancı materyallerden yaprak, sap, içi boş arpacıklar ve keseklerinde kritik hızları 3 tekerrürlü olarak ölçülmüştür.

Teorik kritik hızın hesaplanmasında kullanılan ve akışı karakterize eden ölçülen hızın kullanılmasıyla hesaplanan Reynolds sayısı aerodinamik hesaplamalarda birimsiz bir değer olarak kullanılmaktadır ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Song ve Litchfield, 1991).

$$N_r = \frac{V_k * gmd * \rho_f}{\eta} \dots\dots\dots(3.12)$$

Burada:

Nr: Reynolds sayısı,

V_k: Ölçülen kritik hız (m/s),

η: Havanın mutlak viskozitesi (17.89*10⁻⁶ kg/m.s)

gmd: Materyalin geometrik ortalama çapıdır (m).

Yukarıdaki eşitlikle hesaplanan Reynols sayıları 10³<N_R<2*10⁵ koşuluna uymaktadır. Yani sistemde bulunan hava akımı türbülans koşula uymaktadır. Bundan

dolayı yüzme hız değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Mohsenin, 1980).

$$V_h = 1,74 * [(g * d_p (\rho_p - \rho_f) / \rho_f)]^{1/2} \dots\dots\dots(3.13)$$

Bu eşitlikte:

- V_h : Hesaplanan kritik hız (m/s),
 d_p : Arpacığın ekvatorial çapı (m)
 ρ_p : Materyallerin yoğunluğu (kg/m³),
 ρ_f : Havanın yoğunluğudur (kg/m³).

3.2.4. Materyallerin toplu halde davranış özelliklerinin saptanması

Materyallerin akışkan yatakta toplu olarak gösterdikleri davranış karakteristikleri ile tek oldukları durumdaki davranış karakteristikleri birbirinden farklılık göstermektedirler. Bunun sebebi ise materyaller üzerine etkili olan yerçekimi kuvveti ile materyaller arasındaki ilişkilerdir (Zaltzman ve Schmilowitch, 1988). Bu ilişkilerin saptanması sırasında dikey hava kanalına verilen materyallerin hepsinin akışkanlaştığı durum göz önüne alınmıştır. Bu durumdaki hava hızı sabitlenerek aşağıda belirtilen en önemli akışkan yatak karakteristikleri saptanmıştır:

- Minimum akışkanlaştırma hızı,
- Akışkan yataktaki materyallerin direnç katsayısı,
- Minimum akışkanlaştırma debisi.

Bu denemeler sırasında tarladan alınmış olan ve kirlilik oranı %15 olarak saptanmış örnekler kullanılmıştır. Bu karakteristikleri saptamak için materyalden hava kanalının kapasitesi de dikkate alınarak 6 çap grubundaki arpacık gruplarından 1'er kg'lık örnekler hazırlanarak ölçümler yapılmıştır. Ayrıca ölçülen veriler, teorik olarak Eşitlik 3.14 ve Eşitlik 3.15'den hesaplanan minimum akışkanlaştırma hızı ve minimum akışkanlaşma debisi ile karşılaştırılmıştır.

3.2.4.1. Minimum akışkanlaştırma hızının saptanması

Minimum akışkanlaştırma hızını saptamak amacıyla akışkan yatağa verilen havanın hızına bağlı olarak basınç farkının sabit olduğu noktadaki hız minimum akışkanlaştırma hızı olarak ölçülmüştür. Bu ölçümler hava hızı ölçüm cihazı ve basınç ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Minimum akışkanlaştırma hızı ayrıca aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak teorik olarak da hesaplanmıştır (Özgür, 1994):

$$V_{ma} = 7.9 * 10^{-3} * d^{1.82} * (\rho_f - \rho_g)^{0.94} * \eta^{-0.88} \dots\dots\dots(3.14)$$

Bu eşitlikte:

V_{ma} : Minimum akışkanlaştırma hızı (m/s),

$d_{ort.}$: Kanal çapı (m),

ρ_p : Materyallerin yoğunluğu (kg/m^3),

ρ_f : Akışkanın yoğunluğu ($1.18609 kg/m^3$),

η : Akışkanın mutlak viskozitesidir ($17.89 * 10^{-6} kg/m.s$)

Bu eşitlikte minimum akışkanlaştırma hızı hesaplanırken; hava kanalının çapı 100 mm olarak alınmıştır. Materyallerin yoğunluğu akışkanlaştırma hızının saptandığı 6 arpacık grubunun yoğunluğunu temsil eden ve Çizelge 4.1'de verilmiş olan ortalama yoğunluklar kullanılmıştır.

3.2.4.2. Minimum akışkanlaştırma debisinin saptanması

Akışkan yatağın en önemli karakteristiklerinden birisi olan minimum akışkanlaştırma debisinin bulunması için materyal topluluğunun akışkanlaştığı durum gözlenmiş ve bu anda sisteme verilen hava debisi Şekil 3.10'da görülen teleskopik problu debi ölçüm cihazının kullanılmasıyla ölçülmüştür. Ayrıca teorik minimum akışkanlaştırma debisinin hesaplanması için süreklilik kanunundan yararlanılmıştır (Özgür, 1994):

$$Q_{ma} = V_{ma} * A \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

Bu eşitlikte:

Q_{ma} : Minimum akışkanlaştırma debisi (m^3/s),

V_{ma} : Minimum akışkanlaştırma hızı (m/s),

A: Hava kanalının kesit alanıdır (m^2).

3.2.4.3. Direnç katsayısının saptanması

Akışkan yataktaki cisimlerin hareketi sırasında oluşan direnç katsayısı(sürüklenme katsayısı) aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Zaltzman vd.1988):

$$C_d = \frac{m}{N_r} + n \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

Bu eşitlikte:

C_d : Yığın haldeki materyalin direnç katsayısı,

m, n : N_r sayısına bağlı olarak değişen katsayılar.

m ve n katsayıları N_r sayısına bağlı olarak aşağıdaki şekilde seçilebilmektedir:

$3 < N_r < 80$ ise $m=34$ ve $n=0,9$

$10 < N_r < 10^5$ ise $m=75$ ve $n=0,4$

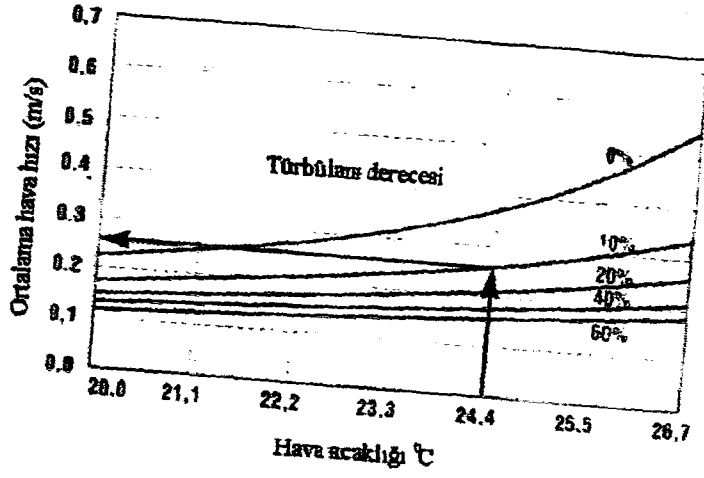
Denemeler süresince N_r ikinci sınırlarda kaldığı için bu koşuldaki katsayılar kullanılmıştır.

3.2.5. Ayırma kanalı içinde oluşan hava akımı özelliklerinin saptanması

Materyallerin akışkan yatak içerisinde temizlenmesi ve sınıflandırılması için denemeler sırasında gerekli olan debi, basınç değerlerinin karşılanmasında fanın oluşturduğu hava akımı özelliklerinin saptanması gerekmektedir. Böylece fan üzerindeki klapede oluşturulan ayar kademelerinde hava akımının özelliklerinin neler olacağı bilinecektir. Bu özelliklerin saptanması amacıyla ölçüm cihazlarından yararlanılmıştır. Bu ölçümlerin hepsi; ayırma odasındaki akışkan yatak özelliklerinin temizleme ve sınıflandırma işleminde en önemli parametreler olmasından dolayı ayırma ünitesinde gerçekleştirilmiştir.

Veriler saptanırken; ölçümler materyal girişinde iki nokta ve materyal çıkışında iki nokta olmak üzere toplam 4 noktadan yapılmıştır. Bu değerler 2 mm ve 6 mm delik çapına sahip delikli plakada aynı ayar saptanmıştır. Materyal girişindeki ve materyal çıkışındaki ölçümler hem delikli plaka altında bir noktadan hem de delikli plaka üzerindeki bir noktadan yapılmıştır. Bu ölçümler ayırma kanalı boşken ve vantilatör fanı nominal devrini (1450 min^{-1}) aldıktan sonra gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.16).

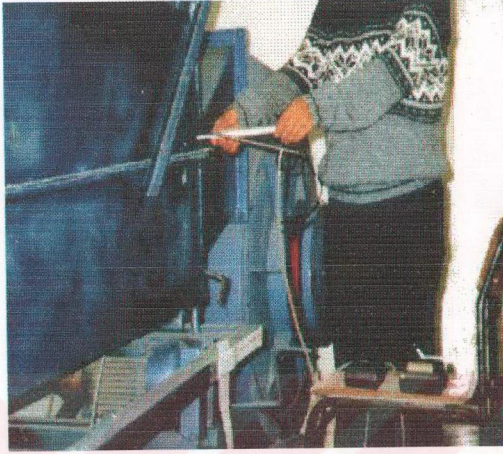
Ölçümler ve denemeler gerçekleştirilirken ortam sıcaklığının aynı olmasına dikkat edilmiştir. Çünkü sistemde oluşturulan hava akımının özellikleri; özellikle de ortam sıcaklığı ile önemli oranda değişmektedir. Bu özellikler sistemde oluşan hava akımı hızı ve buna bağlı olarak havanın türbülansıdır. Hava türbülansının değişmesi ise akımın oluşturduğu basınç değerlerinin ve hava debisinin değişmesi sonucunu getirmektedir (Şekil 3.15). Bundan dolayı vantilatörün ayarlarının da ortam sıcaklığına bağlı olarak sürekli değiştirilmesi gerekecektir. Bu sebeple bütün denemeler boyunca ortalama hava sıcaklığının aynı olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.15. Ortam sıcaklığına bağlı olarak hava hızının ve hava türbülansının değişimi (Anonim, 1999c).

3.2.5.1. Ayırma kanalı içerisindeki hava hızının ve hava debisinin saptanması ve ayarlanması

Sistemde gerekli olan minimum akışkanlaştırma debisinin ve hava hızının ayarlanabilmesi, bu değerlerin temizleme ve sınıflandırma etkinliği üzerine etkilerini belirleyebilmek ve maksimum etkinlik şartlarını saptamak amacıyla hava debisi ve hava hızının aynı zamanda saptanmasını sağlayan Şekil 3.9' da genel görünüşü verilmiş olan teleskopik problu dijital ölçüm cihazından yararlanılmıştır ve Şekil 16'da görüldüğü gibi bu ölçümler pitot tüpü ve manometrenin kullanıldığı basınç ölçümleriyle aynı zamanda gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm sonucunda elde edilen veriler direkt infraruj yazıcıdan alınmıştır.

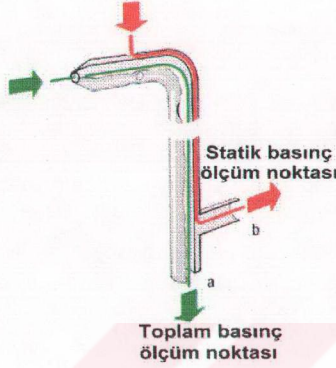


Şekil 3.16. Hava debisi, hava hızı ve basınç ölçümlerinin yapılması

3.2.5.2. Ayırma kanalı içerisindeki basınç değerlerinin saptanması

Ayırma kanalının materyal girişi ve çıkışı tarafındaki basınç farkının kontrolü amacıyla Şekil 3.10' da şekli görülen dijital manometre kullanılmıştır. Bu manometrenin (+) ucuna bağlanan silikon hortum materyal girişi tarafında plaka altına, (-) ucu ise materyal çıkışı tarafında plaka altında yer alan ölçüm deliklerine yerleştirilmiştir. Böylece plaka altında baş taraf ile son taraf arasındaki basınç farkı ölçülmüştür. Plaka üstündeki basınç farkı ölçülürken de plaka üzerinde kalan ölçüm delikleri kullanılmıştır.

Basınç farkının ölçümünde; dijital manometre ile birlikte pitot tüpü kullanılmıştır (Şekil 3.16). Pitot tüpünün farklı çıkış noktalarının manometreye bağlanması suretiyle statik ve toplam basınç da sistemdeki kayıpların bir göstergesi olarak farklı yerlerde ölçülmüş ve bu değerlerden yararlanılarak dinamik basınç değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Statik, toplam ve dinamik basıncının ölçülme prensibi

Dinamik basınç saptanması için aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Yavuzcan vd., 1987).

$$P_d = P_t - P_s \quad \dots\dots\dots(3.17)$$

$$P_d = \frac{\rho_h}{2} * V^2 \quad \dots\dots\dots(3.18)$$

Bu eşitliklerde:

P_d : Dinamik basınç (Pa),

P_s : Statik basınç (Pa),

P_t : Toplam basınç (Pa),

ρ_h : Havanın yoğunluğu (kg/m^3),

V: Hava akımının hızıdır (m/s).

3.2.6. Denemelerde kullanılan makinaların iş başarılarının ve güç tüketimlerinin saptanması

Denemelerde kullanılan makinaların iş başarıları saptanırken mekanik makine ve prototip akışkan yatak ortamlı makinada temizleme ve sınıflandırma işlemleri sonucunda elde edilen işin kalitesini saptamak amacıyla arpacıkların temizlenme ve sınıflandırılma etkinlikleri ilgili değerler hesaplanmıştır.

Makinaların temizleme ve sınıflandırma etkinliklerinin saptanması için ürün makinaya verildikten sonra elde edilen esas bitkilerin yabancı madde olarak tanımlanan diğer tüm materyallerden ayrılma başarısını gösteren Temizleme Etkinliği (TE) ve sınıflandırma işlemi sırasında arpacıkların kendi aralarında mekanik makinada boyut ve akışkan yataklı makinada ise yoğunluk özelliklerine göre ayrılması sırasında bu işlemin başarı ölçüsü olan Sınıflandırma Etkinliği (SE) değerleri saptanmıştır.

3.2.6.1. Mekanik tip arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasının temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması

Mekanik arpacık temizleme makinasının temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması için öncelikle makinaya verilen yığın içindeki arpacık yüzdesi; arpacık ve yabancı materyalleri ayırıp tartmak yoluyla saptanmıştır. Daha sonra makinada bulunan toplam yedi adet elek altında toplanan yığının içindeki yabancı materyal miktarları (taş, kesek, yaprak, sap vb.) ayrılmış ve tartılmıştır. %100 temizleme etkinliği için her elek altında toplanan materyalin %100'ünde arpacık olması gerektiği düşünülerek her bir elek altında toplanan arpacık yüzdesi o eleğin temizleme etkinliği olarak kabul edilmiştir. Daha sonra aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak her bir elek için ayrı ayrı temizleme etkinliği hesaplanmıştır.

$$TE = \text{Her elek altında toplanan arpacık oranı} \dots\dots\dots(3.19)$$

Makinanın toplam temizleme etkinliği her eleğin temizleme etkinliği değerlerinin aritmetik ortalamasının alınmasıyla Eşitlik 3.20'de görüldüğü gibi saptanmıştır.

$$TTE = \frac{1. \text{ Eleğin temizleme etkinliği} + \dots + 7. \text{ Eleğin temizleme etkinliği}}{\text{Elek sayısı}} \dots\dots\dots 3.20$$

Toplam temizleme etkinliği hesaplanırken aritmetik ortalamanın alınması; 7 adet elek için ayrı ayrı bulunan temizleme etkinliği değerleri sonuçlarının aynı makinanın aynı çalışma periyodunda gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Mekanik makinanın sınıflandırma etkinliği saptanırken her bir elek altında, elek ölçülerinin dışında arpacık olmamasının ve sadece o çap aralığında arpacıkların olması durumunda sınıflandırma etkinliğinin %100 olduğu göz önüne alınmıştır. Bu düşünceyle; makinanın her bir eleğinin altında toplanan istenen çap grubu harici arpacıklarda yabancı materyal olarak düşünülerek elek altında toplanmış olan istenen çap grubuna sahip arpacıkların yüzdesi sınıflandırma etkinliği olarak alınmıştır (Eşitlik 3.21). Toplam sınıflandırma etkinliği hesaplanırken yine sonuçlarının aynı makinanın aynı çalışma periyodunda elde edilmesinden dolayı her bir eleğin sınıflandırma etkinliklerinin aritmetik ortalaması alınmıştır (Eşitlik 3.22).

$$SE = \text{Her elek altında toplanan istenen çap grubundaki arpacık oranı} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$TSE = \frac{2. \text{ Eleğin sınıflandırma etkinliği} + \dots + 7. \text{ Eleğin sınıflandırma etkinliği}}{\text{Elek sayısı}} \dots\dots\dots(3.22)$$

Bu makinada 1. elek altında toplanan ve elek altı olarak nitelendirilen yığın hiçbir şekilde değerlendirilmemektedir. Bundan dolayı makinanın sınıflandırma etkinliği saptanırken 1. Eleğe ilişkin etkinlik değeri saptanmamış ve toplam sınıflandırma etkinliği bulunurken de elek sayısı 6 olarak alınmıştır.

3.2.6.2. Prototip akışkan yataklı makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin saptanması

Prototip akışkan yataklı makinanın temizleme etkinliğinin saptanması için yapılan denemelerde ürün ayırma odasına iki defa verilmiştir. Bunun sebebi temizleme etkinliğinin artırılmak istenmesidir. Ürünün makinaya ilk verilişinde öncelikle ayırma ünitesi üzerindeki emme bacasından içi boş arpacıkların ve hafif materyallerin alınması ve ayırıcı plaka üstünden en yüksek yoğunluğa sahip ürünlerin alınabilmesi için fan klapesi 8,5 m/s'lik akışkanlaştırma hızına (ort. 9.8 m/s akışkanlaştırma hızına sahip keseklerinde akışkanlaşmaması için) ayarlanarak ilk temizleme işlemi yapılmıştır. 1. Temizleme işlemi sonunda delikli plaka çıkışından büyük yoğunluğa sahip arpacık-kesek-taş karışımı, ayırma ünitesi üstündeki bacadan hafif materyaller ve içi boş arpacıklar, bölücü plaka üzerinden ise diğer gruptaki arpacıklar alınmıştır. Bu temizleme işleminin etkinliği aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Yağcıoğlu, 1996).

$$TE_1 = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \dots\dots\dots(3.23)$$

Bu eşitlikte:

m_0 : yığın içindeki toplam yabancı madde miktarı (g),

m_1 : emme bacasından alınan yığın içinde bulunan arpacık miktarıdır (g).

Delikli plaka çıkışından alınan arpacık-kesek-taş karışımı için yapılan ikinci işlemde keseklerinde hareketlendirilmesi için 9.8 m/s'lik hava hızı verilmiştir. Bu aşamadaki temizleme etkinliği aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$TE_2 = K_0 / K_1 \dots\dots\dots(3.24)$$

Bu eşitlikte:

K_0 : temizleme sonunda ayrılan kesek miktarı (g),

K_1 : 1. Temizleme sonunda bölücü altıdan alınan materyal içindeki toplam kesek miktarıdır (g).

Makinanın toplam temizleme etkinliği her aşamadaki temizleme etkinlik değerlerinin geometrik ortalamalarının alınmasıyla Eşitlik 3.25'de görüldüğü gibi saptanmıştır (Yağcıoğlu, 1996).

$$TTE=TE_1*TE_2 \dots\dots\dots(3.25)$$

Toplam temizleme etkinliği hesaplanırken geometrik ortalamanın alınmasının sebebi her aşamada ayrı ayrı saptanan temizleme etkinliği sonuçlarının aynı makinanın farklı çalışma periyodunda gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Prototip makinanın sınıflandırma etkinliklerinin saptanması sırasında 3 ayrı yoğunluk grubuna göre sınıflandırma yapıldığı için işlem 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada 1. Yoğunluk grubuna giren arpacıkların ($167.1-253.9 \text{ kg/m}^3$) ayırıcı plaka üzerinden alınması için bunların ortalama akışkanlaştırılma hızı olan 5.7 m/s 'de makine çalıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda 2. ve 3. Yoğunluk grubuna giren arpacıklar delikli plaka çıkışından alınmıştır. Birinci aşamadaki sınıflandırma etkinliği aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$SE_1 = \frac{b_0 - b_1}{b_0} \dots\dots\dots(3.26)$$

b_0 :sınıflandırılacak karışım içinde bulunan istenen yoğunluk grubundaki arpacık yüzdesi,

b_1 :plaka çıkışında alınan yığın içinde 1. Yoğunluk grubunda bulunan arpacık yüzdesidir.

Plaka çıkışından alınan 2. ve 3. Yoğunluk grubundaki arpacıklardan oluşan yığının tekrar makineye verildiği ikinci aşama için sınıflandırma etkinliği aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak saptanmıştır:

$$SE_2 = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \dots\dots\dots(3.27)$$

Bu eşitlikte:

d_0 : makinaya verilen yığın içerisinde bulunan 2. Yoğunluk grubundaki arpacıkların yüzdesi,

d_1 : plaka çıkışıdan alınan materyal içerisinde kalan 2. Yoğunluk grubundaki arpacıkların yüzdesidir.

Makinanın toplam sınıflandırma etkinliği her aşamadaki sınıflandırma etkinlik değerlerinin geometrik ortalamalarının alınmasıyla Eşitlik 3.28'de görüldüğü gibi saptanmıştır (Yağcıoğlu, 1996).

$$TSE=SE_1 * SE_2 \dots\dots\dots(3.28)$$

Toplam sınıflandırma etkinliği hesaplanırken geometrik ortalamanın alınması her aşama ayrı bulunan sınıflandırma etkinliği değerleri sonuçlarının aynı makinanın farklı çalışma periyodunda gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır.

3.2.6.3. Makinaların güç tüketimlerinin saptanması

Makinalar uygun biçimde yüklendikten sonra şekil 3.12'de şekli ve kullanım biçimi verilmiş olan ampermetre kullanılarak elde edilen akım değeri ölçülmüştür. Daha sonra motor karakteristiklerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla farklı yüklenme koşullarında mekanik makine üzerindeki iki adet elektrik motorundan ve yine prototip makine üzerindeki iki elektrik motorundan çekilen güç değerleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Yavuzcan, 1990). Makinanın toplam güç tüketimi her

iki makine içinde üzerlerinde bulunan motorların çektikleri güç değerleri toplanarak bulunmuştur.

$$N_{\phi} = \sqrt{3} * U * I * \text{Cos}\phi \quad \dots\dots\dots(3.29)$$

$$N_t = N_1 + N_2 \quad \dots\dots\dots(3.30)$$

N_{ϕ} : Motor tarafından çekilen güç (kW),

U : gerilim değeri (V),

I : akım değeri (A),

N_t : herbir makinada çekilen toplam güç (kW),

N_1 : birinci motorun çektiği güç (kW),

N_2 : ikinci motorun çektiği güçtür (kW).

$\text{Cos } \phi$: motorun kosinüs fi değeridir.

N_1 değeri mekanik makinada aspirasyon ünitesine hareket veren motorun çektiği güç, prototip makinada vantilatöre hareket veren motorun çektiği güçtür.

N_2 değeri mekanik makinada elek sistemine hareket veren motorun çektiği güç, prototip makinada ise titreşim ünitesine hareket veren motorun çektiği güçtür.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Denemelerde materyal olarak kullanılan arpacıkların fiziksel ve aerodinamik özelliklerine ilişkin sonuçlar değerlendirilirken özellikle yoğunluklarının bu özelliklere etkisi araştırılmıştır. Materyallerin fiziksel özelliklerinin hava akımı içerisindeki davranışlarına nasıl etki ettikleri de saptanmıştır.

Arpacıkların ve yabancı materyallerin özelliklerine ilişkin sonuçların değerlendirilmesi, bunlara ilişkin grafiklerin çizilmesi ve regresyon eşitliklerinin saptanması amacıyla excel programından yararlanılmıştır.

Prototip makinarya ilişkin sonuçlar içerisinde makinanın iş başarısına ilişkin sonuçlar mekanik arpacık boylama makinası ile karşılaştırılarak verilmiştir. Prototip makinanın performansı üzerine etkili olan faktörler farklı elek delik çapı, farklı titreşim stroku ve besleme miktarı olarak seçilmiştir. Bu parametrelere bağlı olarak; temizleme etkinliği ve sınıflandırma etkinliği değerleri araştırılmıştır. Bu verilere ilişkin grafikler, temizleme etkinliği ve sınıflandırma etkinliği için ayrı ayrı 36' şar deneme sonucundan elde edilen değerlerden yararlanılarak çıkartılmıştır. Ayrıca vantilatörün farklı yüklenme şartlarında makinanın çektiği toplam güç değerleri bulunmuştur.

Prototip makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliklerine ilişkin varyans analizi ve Duncan testleri MSTAT istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4.1. Arpacıkların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Arpacıkların fiziksel ve aerodinamik özellikleri çap gruplarına göre değişiklikler göstermektedir. Bunun yanı sıra aynı çap grubunda bulunan arpacıkların özelliklerinin de geniş sınırlar arasında değiştiği ve ortalamadan sapma miktarlarını gösteren standart sapma değerlerinin bazı özelliklerde oldukça yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır.

Mekanik arpacık temizleme ve boylama makinasından elde edilen 6 farklı çap grubundan, bölüm 3.2.2' de belirtilen örnekleme yöntemine göre belirlenen farklı çap gruplarına ait 10'ar arpacığın tüm fiziksel özellikler Çizelge 4.1'de ve 10 adet örnekten elde edilen sonuçların maksimum, minimum, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemelerde kullanılan arpacıkların fiziksel özellikleri

											Ölçülen İzdüşüm alanı (mm ²)	
	Ekvivalant çap (mm)	Polat çap (mm)	Geometrik ortalama çap (mm)	Küresellik katsayısı	Kuru madde oranı (%)	Sürtünme katsayısı	Teorik izdüşüm alanı (mm ²)	Boyunu	Genine	Yoğunluk (kg/m ³)	Ağırlık (g)	
Grup 1												
1	9	21	11.64	0.42	35.95	0.12	106.44	125.84	51.26	145.45	0.89	
2	9	21	11.64	0.42	45.23	0.2	106.44	119.46	70.4	102.04	0.84	
3	9	26	12.49	0.34	40.51	0.15	122.56	134.86	53.9	122.80	1.16	
4	8	21	10.77	0.38	21.81	0.17	91.11	155.1	78.32	206.34	0.55	
5	7.5	21	10.32	0.35	19.21	0.08	83.67	130.02	70.4	177.41	0.52	
6	8	19.5	10.51	0.41	76.50	0.13	86.77	132.66	61.6	125.00	0.08	
7	9	20	11.45	0.45	69.57	0.08	103.07	156.42	74.8	169.49	1.51	
8	8	19	10.42	0.42	73.65	0.18	85.29	111.32	45.76	96.15	1.69	
9	8	19	10.42	0.42	77.76	0.13	85.29	124.52	63.36	44.44	1.15	
10	9	22	11.82	0.40	73.45	0.25	109.76	141.9	67.32	188.67	1.25	
Grup 2												
1	10	20	12.28	0.50	29.34	0.09	118.45	130.26	86.21	223.88	0.92	
2	12	24	14.71	0.50	49.10	0.31	169.95	184.35	118.4	160.71	1.67	
3	10	23	12.86	0.43	52.75	0.31	129.90	183.15	90.65	256.41	1.27	
4	12	26	15.10	0.46	44.20	0.27	179.17	159.45	131.72	236.84	1.38	
5	11	24	13.89	0.45	55.15	0.19	151.51	148.2	118.4	256.09	1.65	
6	12	28	15.48	0.42	53.98	0.28	188.15	165.15	103.6	258.82	0.77	
7	11	27	14.44	0.40	55.98	0.19	163.76	183.15	125.8	206.34	0.89	
8	11	22	13.49	0.50	63.98	0.31	143.05	149.7	76.96	235.29	1.56	
9	10	23	12.86	0.43	67.35	0.13	129.90	154.8	106.56	253.52	2.65	
10	12.5	27	15.71	0.46	75.78	0.14	193.86	168.45	113.22	283.95	1.75	

Çizelge 4.1'in devamı

Grup 3											
1	15	32	18.74	0.46	25.31	0.18	275.87	305.46	177	281.25	3.2
2	14	29	17.33	0.48	19.92	0.15	236.01	221.76	153.2	353.84	2.56
3	16	38	20.70	0.42	31.01	0.06	336.48	219.78	166.8	227.84	3.74
4	14	26	16.72	0.53	19.91	0.09	219.60	191.34	160.4	282.82	2.26
5	16	33	19.76	0.48	35.57	0.06	306.56	177.84	129.2	262.50	3.57
6	16	31	19.35	0.51	67.86	0.12	294.17	222.48	101.6	271.73	2.89
7	14	30	17.53	0.46	73.75	0.14	241.35	237.78	137.4	292.92	4.21
8	16	32	19.56	0.50	65.74	0.11	300.40	259.56	101.6	259.25	2.88
9	15	29	18.14	0.52	71.75	0.19	258.51	197.28	146.4	295.21	1.54
10	16	29	18.93	0.55	65.76	0.15	281.50	221.76	157.6	300	3.67
Grup 4											
1	18	36	21.98	0.50	30	0.16	379.30	331.74	224.6	325.92	5.1
2	18	35	21.77	0.51	27.58	0.08	372.31	304.2	206.4	380.95	4.93
3	17	28	19.48	0.61	20.61	0.1	297.97	367.74	286.8	363.63	3.25
4	18	36	21.98	0.50	45.66	0.2	379.30	276.66	214.2	363.63	4.84
5	17	31	20.14	0.54	23.55	0.18	318.68	348.66	273	343.51	3.99
6	17.5	33	20.96	0.53	75.87	0.05	345.06	320.04	264.2	333.33	3.78
7	18	30	20.69	0.60	73.65	0.1	336.30	305.64	197.6	358.20	3
8	18	37	22.18	0.48	68.54	0.2	386.22	347.76	257.6	346.77	3.11
9	17	30	19.93	0.56	71.54	0.12	311.86	317.7	248.6	344.53	4.88
10	20	29	21.94	0.68	69.54	0.17	377.93	349.56	293	383.11	6.34

Çizelge 4.1'in devamı

Grup 5											
1	21	37	24,55	0,57	25,03	0,12	473,38	457,74	286,4	414,63	7,43
2	22	33	24,38	0,67	30,44	0,13	466,75	419,58	293	404,87	6,34
3	23,5	38	26,68	0,62	49,17	0,14	558,90	508,68	368,6	380,95	9,05
4	22	34	24,62	0,65	55,05	0,07	476,04	442,26	284,6	386,93	6,92
5	24	37	26,81	0,64	50,23	0,22	564,62	522,36	357,2	394,23	8,48
6	22	34	24,62	0,64	62,43	0,18	476,04	450,36	326,8	398,52	6,34
7	23	38	26,30	0,60	49,17	0,14	543,25	508,68	339,2	383,62	9,05
8	21	17	24,55	0,56	25,03	0,13	473,38	457,74	335,6	371,98	7,43
9	22	33	24,38	0,66	30,44	0,08	466,75	419,58	141,8	308,08	6,14
10	24	37	26,81	0,64	50,23	0,29	564,62	522,36	399,6	354,58	8,48
Grup 6											
1	30	37	31,07	0,81	57,33	0,16	758,02	758,34	571,2	409,79	14,39
2	30	42	32,40	0,71	53,99	0,14	824,16	719,4	486,4	468,89	15,28
3	26	31	26,67	0,83	49,68	0,14	558,38	859,54	633,4	431,03	9,5
4	29	38	30,65	0,76	35,36	0,15	737,72	759,22	499,6	434,50	7,04
5	26	35	27,76	0,74	50,09	0,15	604,94	725,56	404,2	449,56	10,7
6	28	34	28,87	0,82	54,89	0,1	654,47	716,32	470,8	450,47	10,11
7	31	38	32,03	0,81	38,52	0,07	805,60	758,12	530,8	421,05	10,33
8	27	35	28,46	0,77	49,68	0,1	635,85	716,32	461,6	437,69	9,5
9	29	31	28,66	0,93	49,68	0,14	644,96	784,3	552,8	440,21	9,5
10	28	38	29,95	0,73	30,97	0,08	704,32	757,68	579,6	458,67	8,04

Çizelge 4.2. Farklı gruplardaki arpacığın fiziksel özelliklerine ilişkin sonuçlar

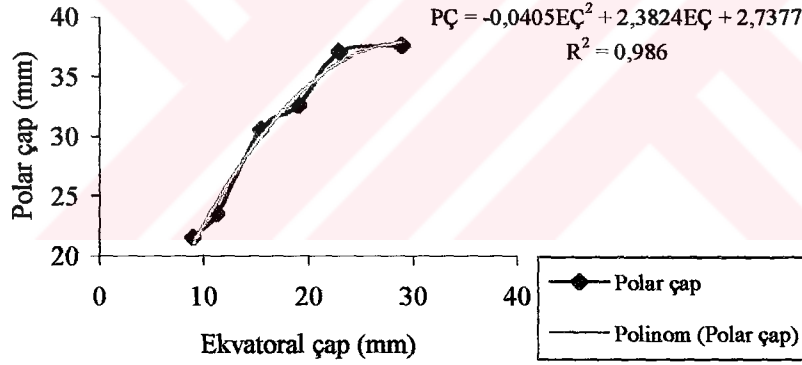
Ekvatorial çap (mm)	Polar çap (mm)	Geometrik ort. Çap (mm)	Kütresellik yüzdesi (%)	Sürtünme katsayısı	Kütle (g)	Yoğunluk (g/dm ³)	Ölçülen izdüşüm alanı (mm ²)		Teorik izdüşüm alanı (mm ²) (Boyuna)	Kuru madde içerikleri (%)
							Enine	Boyuna		
Çap:6-9 mm n=10										
Max. 9	26	12.49	43	0.25	1.69	206.34	78.3	156.4	109.8	77
Min. 7.5	19.5	10.32	35	0.12	0.08	144.44	51.3	111.3	83.7	21
Ort. 8.45	21.5	11.73	42	0.19	1.07	167.06	59.3	133.9	108.1	54
SD 0.012	0.7071	0.1273	0.0137	0.0919	0.2545	30.5644	11.3562	11.3561	2.3468	26.5156
VK 0.14	3.3	1.1	0.03	48.0	24.2	18.1	19.3	8.4	2.1	49.1
Çap: 10-13 mm n=10										
Max. 12.5	28	15.71	50	0.31	2.65	263.95	193.9	184.35	193.9	75
Min. 10	20	12.28	41	0.09	0.77	160.71	129.9	130.26	129.9	29
Ort. 11.25	23.5	13.99	48	0.11	1.34	253.91	156.2	149.35	156.2	53
SD 1.7677	4.9497	2.4259	0.0261	0.0353	0.5868	42.4759	53.3210	27.0044	53.3210	32.8357
VK 15.7	21	17.3	0.05	32	43.7	16.7	34.1	18.1	34.1	61.9
Çap:14-16 mm n=10										
Max. 16	33	20.70	55	0.19	4.21	353.84	336.5	305.46	336.5	74
Min. 14	29	16.72	42	0.06	2.26	227.84	219.6	177.84	219.6	20
Ort. 15.5	30.5	18.84	51	0.17	3.43	290.62	278.7	263.61	278.7	46
SD 0.7071	2.1213	0.1346	0.0586	0.0212	0.3223	13.2582	3.9845	59.1814	3.9845	28.6067
VK 4.5	6.9	0.7	0.1	12	9.3	4.5	1.4	22.4	1.42	62.1

Çizelge 4.2. devamı

Çap:17-21 mm n=10												
Max.	20	37	22.18	68	0.2	6.34	363.63	293.0	367.7	297.9	76	
Min.	17	29	19.48	49	0.05	3.00	325.92	197.6	276.7	386.2	21	
Ort.	19	32.5	21.96	59	0.16	5.72	354.52	258.8	340.6	378.6	50	
SD	1.4144	4.9497	0.0281	0.1341	0.0070	0.8768	40.4401	48.3661	12.6006	0.9722	27.9635	
VK	7.4	15.2	0.12	0.22	4.3	15.3	11.4	18.6	36.9	0.25	55.9	
Çap:22-24 n=10												
Max.	24	38	26.81	67	0.29	9.05	414.63	399.6	522.4	564.6	55	
Min.	22	33	24.38	57	0.07	6.34	354.58	284.6	419.6	473.4	25	
Ort.	23	37	26.07	62	0.21	7.95	384.60	343.0	490.1	533.9	38	
SD	1.4142	0.6010	1.0583	0.0382	0.1202	0.7424	42.4635	84.0444	45.6932	43.3206	17.8206	
VK	6.1	1.6	4.0	0.06	57.2	9.3	11.0	9.9	9.3	8.1	46.8	
Çap:25-... n=10												
Max.	31	42	32.40	93	0.16	15.28	468.89	633.4	859.6	824.2	58	
Min.	27	31	26.65	71	0.07	7.04	409.79	404.2	716.3	558.4	31	
Ort.	29	37.5	30.51	77	0.12	11.21	440.19	575.4	758.0	731.2	44	
SD	1.4142	0.7071	0.7925	0.0523	0.0565	4.4901	34.5665	5.939	0.4667	37.9681	18.6402	
VK	4.8	1.9	2.5	0.06	47.0	40.05	7.8	0.1	0.06	5.1	42.8	

Çizelge 4.2’de, arpacıkların ekvatorial çaplarının artışıyla değişen boyutsal özelliklerinden geometrik ortalama çap ve küresellik katsayısına ait varyasyon katsayılarının yoğunluk, izdüşüm alanları, kuru madde içeriklerinin varyasyon katsayılarına göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ekvatorial çap, polar çap, geometrik ortalama çap ve küresellik katsayılarının varyasyon katsayılarına bakıldığında maksimum varyasyon katsayısı 10-13 mm çap grubundaki arpacıkların polar çapında 21 olarak saptanmıştır. Oysa bu değer yoğunluk özelliğinde minimum 4.5 ile 14-16 mm çap grubunda, kuru madde içeriklerinde 42.8 ile 25-... mm çap grubunda saptanmıştır. Ortalamadan sapma oranları oldukça büyük olan bu özelliklerin maksimum ve minimum değerleri arasında görülen fark da aynı grup içerisinde bile bu özelliklerin oldukça farklı olduğunu göstermektedir.

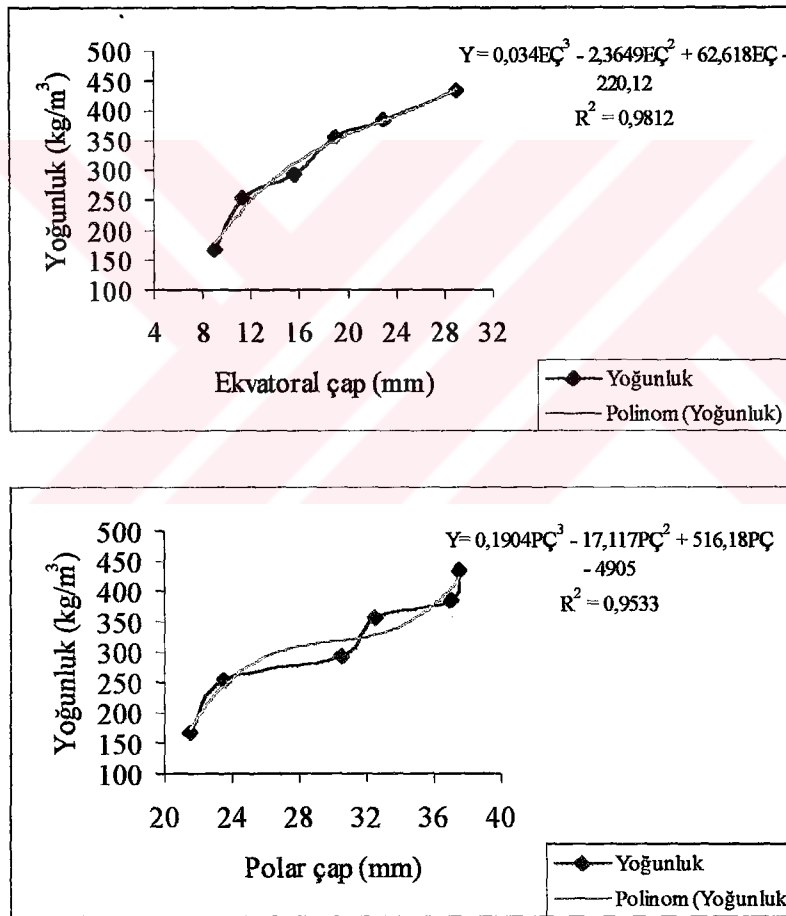
Arpacığın büyüklüğünü belirleyen polar çap ile olgunluğunu belirleyen ekvatorial çap değerleri arasındaki ilişki ve regresyon eşitliği Şekil 4.1.’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Arpacıkların ekvatorial çapları ile polar çapları arasındaki ilişkiler

Grafikte görüldüğü gibi ekvatorial çapın artışına bağlı olarak polar çapta da bir artış olmakta ve aralarında polinomsal bir ilişki olduğu görülmektedir. Fakat bu artışın ekvatorial çapın artışına göre daha düzensiz bir artış olduğu saptanmıştır. Örneğin 5. Gruptaki arpacıkların ortalama ekvatorial çapları 22 mm iken polar çapları 35 mm’dir. 6. Gruptaki arpacığın ekvatorial çapı 28 mm ‘ye çıkarken polar çapının ise çok fazla bir değişim göstermediği yine 35 mm civarında olduğu görülmektedir.

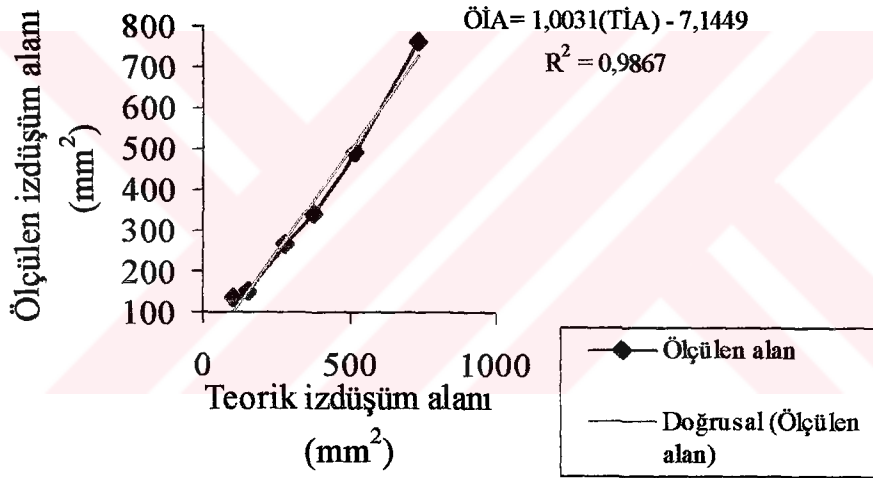
İmal edilen prototip makinada ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırılmasında en önemli özellik bu ürünlerin ve ürün içinde bulunan yabancı materyallerin yoğunluğudur. Bundan dolayı sonuçlar değerlendirilirken öncelikle bu ürünlerin yoğunlukları ile boyut özellikleri arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Mevcut olan sınıflandırma makinalarında bu işlemler için göz önüne alınan en önemli özellikler ise bu ürünlerin boyutlarıdır. Bundan dolayı ürünlerin çap değerleriyle yoğunlukları arasında bir ilişkinin olup olmadığı saptanmalıdır. Her arpacık grubunda ekvatorial çap ve polar çap değerlerinin ortalamaları ile her bir grubun yoğunluk ortalamaları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Arpacıkların yoğunluklarının ekvatorial ve polar çaplarına bağlı olarak değişimi

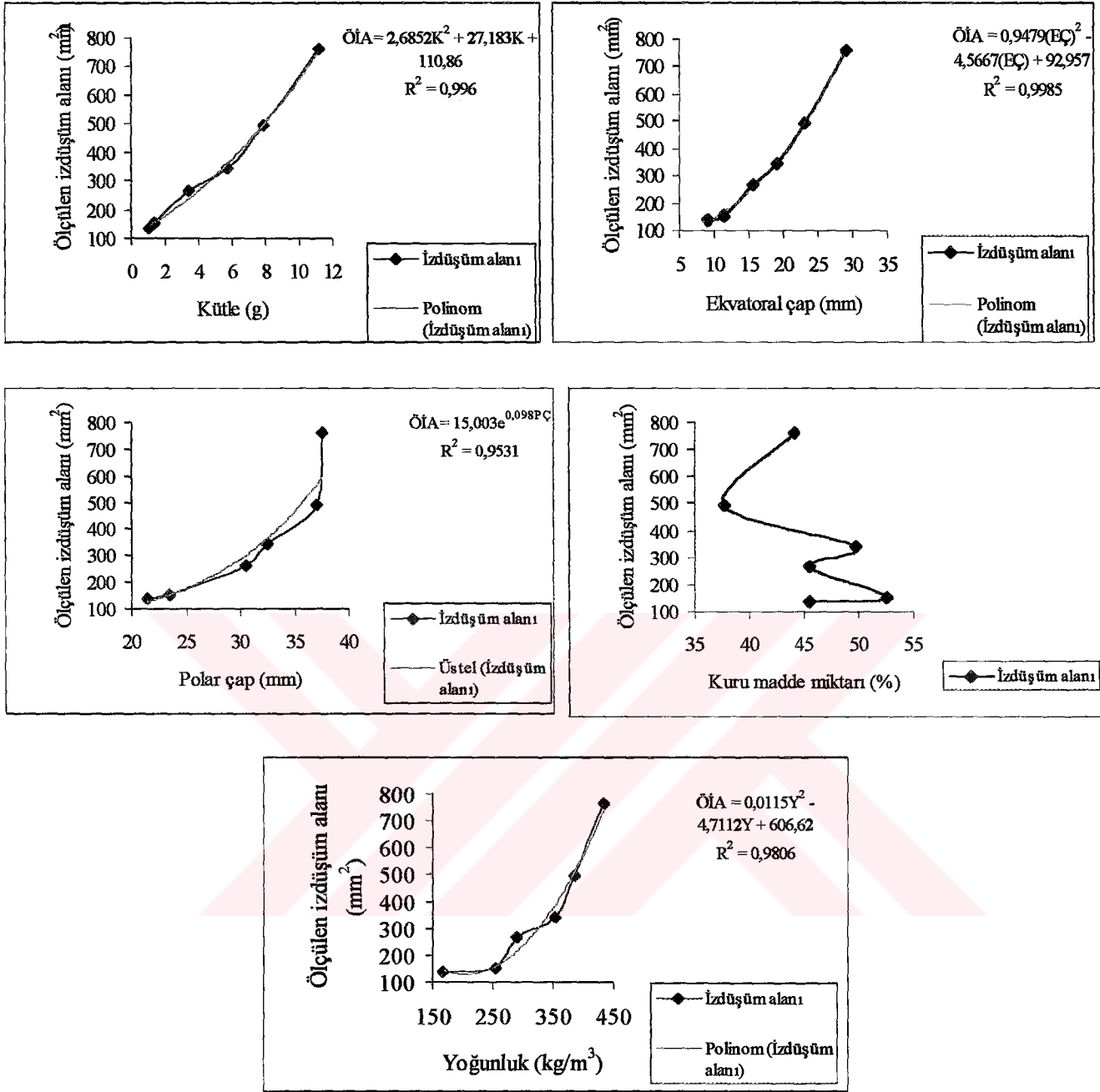
Şekil 4.2’de birinci grafikte, arpacıkların ekvatorial çapları ile yoğunlukları arasında grup ortalamalarına göre çıkartılan bu grafikte polinomsal bir ilişki ($R^2=0.9812$) olduğu görülmekle beraber bazı arpacık grupları için ekvatorial çap değerlerindeki düzenli artışa karşın yoğunluk değerinde daha düzensiz bir değişimin olduğu görülmüştür. Bu düzensizlik polar çapın değişimine bağlı olarak yoğunluğun değişiminde daha belirgindir ($R^2=0.9533$).

Farklı çap gruplarında izdüşüm alanları; hem hesaplama hem ölçme yoluyla bulunmuştur. Bu değerlerin aralarında doğrusal bir ilişki saptanmıştır. İki farklı yöntemle bulunan sonuçların birbirine oldukça yakın değerler olduğu Şekil 4.3.’de görülmektedir.



Şekil 4.3. Hesaplanan izdüşüm alanları ile ölçülen izdüşüm alanlarının arpacık gruplarına bağlı olarak değişimi

Materyallerin hava akımı içerisinde gösterdiği davranışlara etkisi büyük olan izdüşüm alanlarıyla materyalin diğer bazı fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler Şekil 4.4’de verilmiştir.

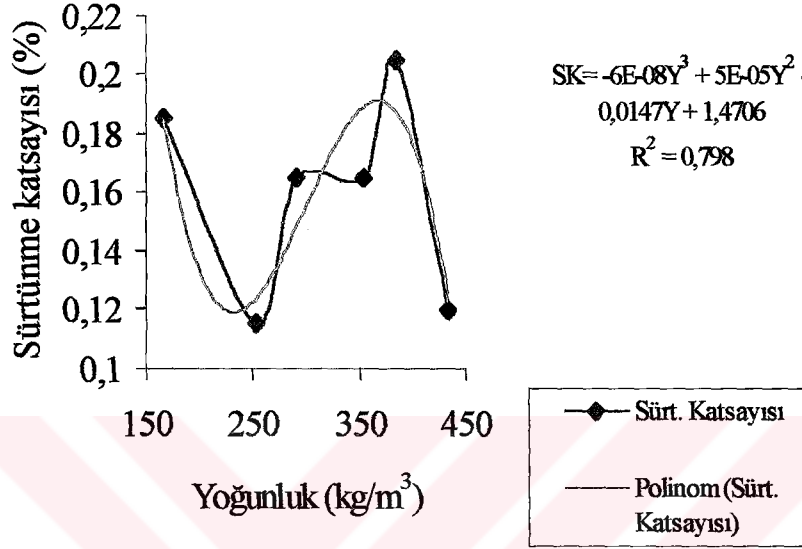


Şekil 4.4. Ölçülen izdüşüm alanları ile arpacıkların bazı fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

Grup ortalamaları bulunarak çıkarılan bu grafiklerde izdüşüm alanlarının kütle, ekvatorial çap, yoğunluğa bağlı olarak polinomsal olarak değiştiği; polar çapa bağlı olarak da üstel olarak değiştiği saptanmıştır. Kuru madde yüzdesi ise izdüşüm

alanına bağılı olarak düzensiz bir değişme göstermiştir. Aralarında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Arpacıkların sürtünme katsayıları ile yoğunlukları arasındaki ilişkiler de saptanmış ve aralarındaki ilişki Şekil 4.5' de verilmiştir.



Şekil 4.5. Arpacıkların sürtünme katsayıları ile yoğunluk değerleri arasındaki ilişkiler

Şekil 4.5 arpacıkların sürtünme katsayılarının yoğunluklarının bir göstergesi olmadığını göstermektedir. Sürtünme katsayısı ile yoğunluk arasında 3. Dereceden polinomsal zayıf bir ilişki saptanmıştır. Denemeler sırasında yapılan gözlemlere dayanılarak sürtünme katsayısı değerlerinin arpacıkların yüzey özelliklerinin ve küreselliğinin bir göstergesi olduğu söylenebilmektedir.

4.2. Arpacıkların ve Yabancı Materyallerin Aerodinamik Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Her bir çap grubundan alınan 10'ar adet arpacığın ve hasat edilmiş arpacık içerisinde alınan yabancı materyallerin (taş, kesek, yaprak, sap vb.) hava kanalında yapılan denemeler sonucu elde edilen tüm aerodinamik özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Yabancı materyallerden hafif materyaller ve taş, kesek gibi ağır

materyaller için ise sadece temizleme işleminde en önemli aerodinamik özelliği olan ve 3 tekerrürlü olarak saptanmış kritik hız değerleri verilmiştir. Çizelge 4.3'deki verilerden yararlanılarak 10 adet örnekten elde edilen aerodinamik özelliklere ilişkin sonuçların maksimum, minimum, ortalama, standart sapmaları ve varyasyon katsayıları ile ilgili değerler Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Denemelerde kullanılan arpacıkların aerodinamik özellikleri

Gruplar	Kritik hızlar (m/s)		Sürüklenme katsayısı	Reynolds sayısı	Sürüklenme direnci kuvveti (gf)
	Ölçülen hızlar	Hesaplanan Hızlar			
Grup 1					
1	13.22	10.33	0.03	10206.37	3.10
2	12.86	8.63	0.03	9928.43	2.62
3	15.32	9.82	0.05	12691.34	7.29
4	11.09	11.86	0.02	7921.56	0.95
5	11.05	10.76	0.02	7563.84	0.88
6	13.32	9.09	0.00	9284.58	0.29
7	10.42	11.08	0.04	7916.17	2.03
8	13.86	8.33	0.09	9578.52	7.12
9	13.02	7.87	0.05	8998.01	3.77
10	12.14	11.88	0.04	9517.56	3.10
Grup 2					
1	15.88	13.20	0.05	12932.95	6.68
2	16.4	12.22	0.06	15998.54	13.79
3	15.96	14.46	0.06	13611.64	9.41
4	17.8	15.06	0.06	17829.05	15.81
5	17.95	15.02	0.08	16533.34	19.55
6	14.53	15.94	0.02	14914.02	3.92
7	15.9	13.73	0.03	15225.57	6.49
8	17.08	14.19	0.07	15286.70	15.15
9	17.9	14.38	0.15	15266.18	31.05
10	16.45	16.83	0.06	17138.94	14.63
Grup 3					
1	18.76	18.29	0.09	23316.31	45.24
2	19.08	19.74	0.09	21934.19	38.73
3	19.86	17.29	0.10	27260.53	66.41
4	20.1	17.33	0.10	22288.92	42.11
5	20.18	18.14	0.11	26439.74	67.58
6	20.03	18.27	0.09	25707.32	53.10
7	21.09	18.06	0.18	24517.63	95.07
8	19.48	17.93	0.08	25264.75	47.34
9	20.54	18.44	0.13	24712.65	71.92
10	21.08	18.99	0.13	26466.01	82.72

Çizelge 4.3'ün devamı

Grup 4					
1	21.97	21.33	0.15	32018.21	0.00
2	20.65	22.96	0.13	29816.02	102.33
3	21.08	21.22	0.11	27229.29	73.25
4	21.86	22.54	0.14	31857.90	126.15
5	20.42	20.97	0.12	27277.76	79.19
6	20.92	21.07	0.11	29079.28	82.64
7	20.32	21.71	0.09	27884.37	58.38
8	20.88	22.11	0.08	30706.07	67.47
9	20.34	20.89	0.15	26878.47	95.34
10	21.97	23.12	0.19	31960.13	168.60
Grup 5					
1	22.12	20.36	0.18	36013.37	203.04
2	22.1	20.04	0.15	35727.95	172.63
3	23.4	20.33	0.21	41395.82	309.72
4	21.96	19.69	0.16	35853.09	183.69
5	23.01	20.74	0.19	40913.81	271.34
6	21	19.98	0.14	34285.75	140.74
7	22.94	20.26	0.20	40010.10	286.07
8	22.96	19.28	0.19	37380.96	235.69
9	20.9	19.90	0.14	33787.97	138.08
10	21.89	19.66	0.17	38922.35	222.25
Grup 6					
1	24.34	22.76	0.26	50145.79	288.25
2	24.73	24.87	0.26	53125.58	326.17
3	22.9	21.63	0.21	40492.50	298.21
4	22.98	23.28	0.12	46705.56	224.09
5	24.01	22.54	0.24	44190.03	405.89
6	23.56	23.01	0.20	45101.91	355.56
7	24.09	23.43	0.17	51164.82	397.10
8	24.34	22.52	0.21	45927.25	380.59
9	23.32	22.66	0.19	44316.75	320.70
10	22.78	23.65	0.14	45239.10	247.13
Yaprak ve saplar için ölçülen hız	1.tek	3.44			
	2.tek	3.98			
	3.tek	3.54			
İçi boş arpacıklar için ölçülen hız	1.tek	4.08			
	2.tek	4.22			
	3.tek	3.98			
Taş ve kesekler için ölçülen hız	1.tek	22.92			
	2.tek	23.76			
	3.tek	23.46			

Çizelge 4.4. Farklı gruplardaki arpacığın aerodinamik özelliklerine ilişkin sonuçlar

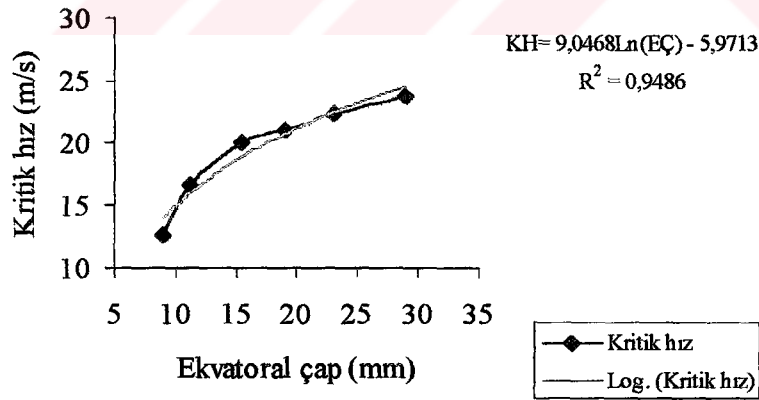
Gruplar	Yüzme hızı (m/s)		Reynolds sayıları	Sürüklenme katsayıları	Sürüklenme direnci (gf)
	Ölçülen hız	Hesaplanan hız			
Çap:6-9 mm N=10					
Max.	15.32	11.87	53125	0.088	6.65
Min.	10.42	7.87	40492	0.003	2.30
Ort.	12.63	9.96	46640	0.037	3.93
SD	0.7636	1.0938	3469.5568	0.0035	0.6410
VK	6.0	10.9	7.4	9.4	16.3
Çap: 10-13 mm N=10					
Max.	17.95	16.87	41395	0.15	10.77
Min.	15.88	12.27	33787	0.020	5.84
Ort.	16.58	14.57	37429	0.063	8.57
SD	0.4030	2.5657	2056.9614	0.0079	2.6858
VK	2.4	17.6	5.4	12.5	31.3
Çap:14-16 mm N=10					
Max.	20.54	19.74	32018	0.18	20.46
Min.	18.76	17.23	27229	0.08	11.21
Ort.	20.02	18.24	29470	0.11	15.31
SD	1.6404	0.4946	4107.03	0.0296	1.3619
VK	8.1	2.7	13.9	26.9	8.8
Çap:17-21 mm N=10					
Max.	21.97	20.74	27260	0.08	21.63
Min.	20.32	19.27	21934	0.15	15.64
Ort.	21.04	20.02	24790	0.12	18.80
SD	0.014	0.4887	2227.1712	0.0265	0.7120
VK	0.06	2.4	8.9	22.0	3.7
Çap:22-24 N=10					
Max.	23.01	23.11	17829	0.13	38.11
Min.	20.9	20.88	12932	0.20	22.97
Ort.	22.22	21.79	15473	0.17	29.13
SD	0.1626	1.2520	2974.0701	0.0079	5.2076
VK	0.07	5.7	19.22	4.6	17.3
Çap:25-... N=10					
Max.	24.73	24.87	12691	0.11	50.81
Min.	22.9	21.83	7563	0.26	3125
Ort.	23.70	23.03	9360	0.19	41.15
SD	1.1030	0.6271	487.6151	0.0875	7.84
VK	4.6	2.7	5.2	46.0	19.0
Hafif materyaller (yaprak, Sap vb.)	3.65	.....	.....	.....	.....
Kesekler ve Taşlar	23.38	.....	.....	.....	.....
	

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' de görüldüğü gibi her bir çap grubundaki arpacıkların aerodinamik özellikleri arasında olduğu kadar aynı çap grubundaki arpacıkların özellikleri arasında da farklılıklar görülmüştür. Deneylerde kullanılan farklı

çaplardaki arpacıklardan alınan 10'ar adetlik örnek gruplarının her biri için belirlenen kritik hızları ve bunlardan yararlanılarak hesaplanan sürüklenme katsayıları geniş sınırlar arasında değişmiştir. Bunun sebebi; arpacıkların fiziksel özelliklerindeki değişimlerin arpacıkların aerodinamik özelliklerine de yansımış olmasıdır. Aynı çap grubundaki arpacıkların aerodinamik özelliklerindeki farklılıkların; hava akımı etkisinde bulunan bazı arpacıkların kendi eksenleri etrafında dönmesi ve ağırlık ve geometrik şekillerinin farklı olmasından dolayı ağırlık merkezlerinin değişmesiyle farklı izdüşüm alanlarında asılı kalmalarından kaynaklandığı hava kanalında yapılan denemeler sırasında gözlenmiştir. Bu farklılıklardan dolayı aynı çap grubundaki arpacıkların aerodinamik özelliklerinde de farklılıklar ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.3 incelendiğinde ölçülen kritik hız değerleri ile hesaplanan değerler arasında da farklılıklara görülmektedir. 1. Gruptaki arpacıkların ölçülen kritik hızı 15.32 m/s iken hesaplanan hız 11.87 olarak saptanmıştır. Bu farklılıklar ise denemeler sırasında Reynolds sayısının sabit kalmaması ve dolayısıyla hava akımı özelliklerinin değişmesidir.

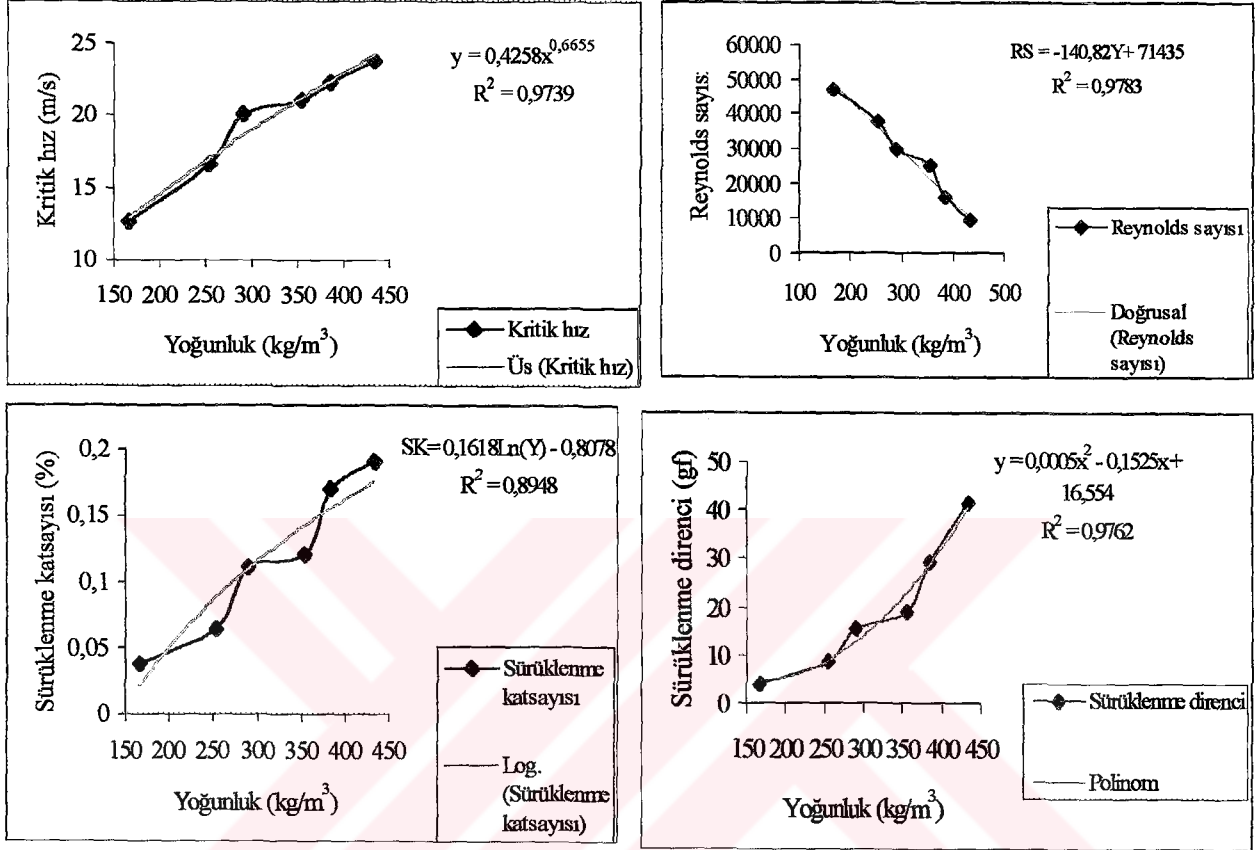
Şekil 4.6' da her çap grubundaki arpacıklar için ayrı ayrı ekvatorial çaplarına bağlı olarak yüzme hızlarının değişimi verilmiştir.



Şekil 4.6. Arpacıkların ekvatorial çaplarına bağlı olarak kritik hızlarının değişimi

Grafik incelendiğinde her bir arpacık grubu için ekvatorial çapın artışının kritik hızı arttırdığı ve aralarında logaritmik bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

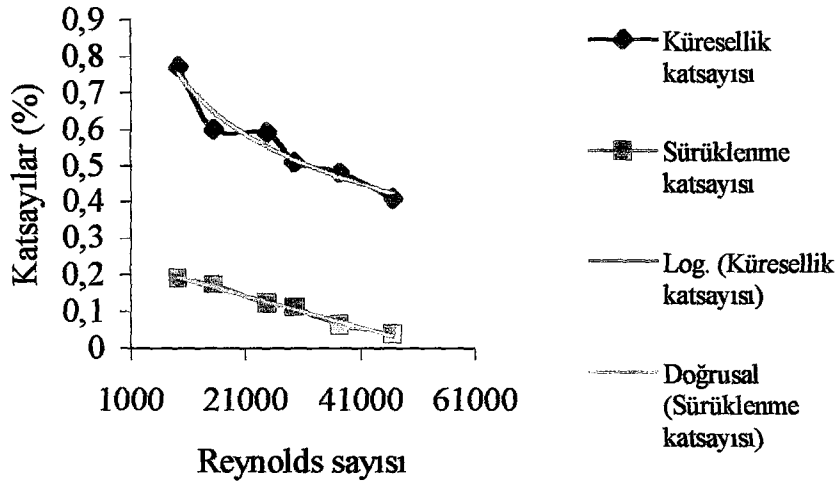
Arpacıkların pnömatik olarak ayrılmasında aerodinamik özelliklerin değişiminde en önemli etkiye sahip özelliklerinden olan yoğunluklarının değişimi ile aerodinamik özellikleri arasındaki ilişkiler Şekil 4.7' de görülmektedir.



Şekil 4.7. Arpacıkların aerodinamik özelliklerinin yoğunluğa bağlı olarak değişimleri

Şekil 4.7 incelendiğinde yoğunluk değerlerine bağlı olarak arpacıkların kritik hızlarının, sürüklenme katsayılarının ve sürüklenme dirençlerinin arttığı ve Reynolds sayılarının düştüğü görülmektedir. Bu özellikler arasında en zayıf ilişki arpacıkların yoğunluk değerlerine bağlı olarak sürüklenme katsayıları arasındaki logaritmik değişimde görülmüştür ($R^2=08948$).

Arpacık gruplarının küresellik katsayıları, Reynolds sayıları ve sürüklenme katsayıları arasındaki ilişkilerde Şekil 4.8' de görülmektedir.



Şekil 4.8. Arpacıkların küresellik katsayıları ile Reynolds sayısı ve sürüklenme katsayıları arasındaki ilişki

Küresellik katsayısı ile Reynolds sayıları arasındaki ve sürüklenme katsayısı ile Reynolds sayısı arasındaki regresyon eşitlikleri aşağıdaki gibi saptanmıştır.

$$KK = -0.2043 \ln(RS) + 2.6193 \quad R^2 = 0.9424 \text{ (Logaritmik)}$$

$$SK = -4E-0.6(RS) + 0.2311 \quad R^2 = 0.9903 \text{ (Doğrusal)}$$

Grafikte materyallerin küresellik katsayılarının artışıyla sürüklenme katsayılarının arttığı ve sürüklenme katsayılarının ve küresellik katsayılarının akışın Reynolds sayıları ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Arpacıkların küreye yakınlığının artmasıyla sürüklenmeye karşı dirençlerinin de azaldığı grafikten anlaşılmaktadır. Denemeler sırasında yapılan ölçümlere dayanılarak bunun sebebinin (Çizelge 4.1) küresellik katsayıları yüksek olan arpacıkların genelde yoğunluklarının da yüksek olması olduğu görülmüştür.

4.3. Arpacıkların Toplu Halde Davranış Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Her bir çap grubundaki arpacıklardan hava kanalının kapasitesine bağlı olarak 1'er kg'lık 10 'ar örnek ile hava kanalı deney düzeneğinde yapılan denemeler

sonucunda farklı çap gruplarındaki arpacıklara ait tüm sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge 4.6’da ise sonuçların maksimum, minimum, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayıları ile ilgili sonuçlar ile ağır materyallerin ve hafif materyallerin akışkan yataktaki bazı özelliklerine ilişkin sonuçlar görülmektedir.

Çizelge 4.5. Denemelerde kullanılan arpacıkların akışkan yatak ortamındaki özellikleri

Grup	Minimum akışkanlaştırma hızı (m/s)		Minimum akışkanlaştırma debisi (m ³ /s)	Direnc katsayısı	Reynolds Sayısı	
	Hesaplanan hız	Ölçülen hız	Ölçülen			
1	6.30	4.21	0.49	0.55	0.407	50145.79
2	5.60	4.89	0.43	0.43	0.408	53125.58
3	5.96	5.23	0.46	0.38	0.406	40492.50
4	7.08	5.2	0.55	0.51	0.409	46705.56
5	6.73	5.85	0.52	0.54	0.410	44190.03
6	5.99	6.05	0.47	0.39	0.408	45101.91
7	6.63	4.32	0.52	0.47	0.409	51164.82
8	5.49	4.91	0.43	0.49	0.408	45927.25
9	4.24	5.801	0.33	0.39	0.408	44316.75
10	6.87	6.48	0.53	0.48	0.408	45239.10
Grup 2						
1	7.27	6.87	0.57	0.55	0.406	36013.37
2	6.51	6.96	0.51	0.59	0.405	35727.95
3	7.60	5.39	0.59	0.58	0.406	41395.82
4	7.41	7.47	0.58	0.49	0.404	35853.09
5	7.60	6.82	0.59	0.60	0.405	40913.81
6	7.63	6.91	0.59	0.65	0.405	34285.75
7	7.08	6.78	0.55	0.55	0.405	40010.10
8	7.39	7.19	0.58	0.48	0.405	37380.96
9	7.57	8.12	0.59	0.52	0.405	33787.97
10	7.86	6.91	0.61	0.59	0.404	38922.35

Çizelge 4.5'in devamı

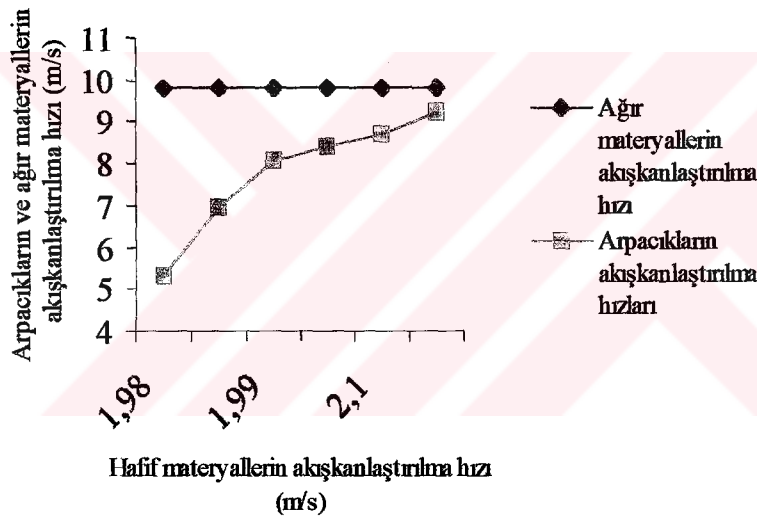
Grup 3							
1	7.84	8.27	0.61	0.58	0.403	32018.21	
2	8.46	7.69	0.66	0.62	0.403	29816.02	
3	7.31	9.32	0.57	0.66	0.403	27229.29	
4	7.85	7.28	0.61	0.56	0.403	31857.90	
5	7.66	6.94	0.60	0.61	0.403	27277.76	
6	7.75	7.89	0.60	0.60	0.403	29079.28	
7	7.94	8.39	0.62	0.59	0.403	27884.37	
8	7.63	8.39	0.59	0.58	0.403	30706.07	
9	7.97	8.59	0.62	0.62	0.403	26878.47	
10	8.01	8.01	0.62	0.68	0.403	31960.13	
Grup 4							
1	8.23	7.62	0.64	0.63	0.402	23316.31	
2	8.67	8.02	0.68	0.70	0.403	21934.19	
3	8.53	8.44	0.67	0.66	0.403	27260.53	
4	8.53	8.91	0.67	0.65	0.402	22288.92	
5	8.37	7.55	0.65	0.69	0.403	26439.74	
6	8.29	7.4	0.65	0.65	0.403	25707.32	
7	8.49	8.91	0.66	0.61	0.403	24517.63	
8	8.40	9.45	0.65	0.67	0.402	25264.75	
9	8.38	8.55	0.65	0.61	0.403	24712.65	
10	8.68	9.1	0.68	0.69	0.402	26466.01	
Grup 5							
1	8.91	9.5	0.69	0.60	0.402	12932.95	
2	8.84	8.9	0.69	0.67	0.402	15998.54	
3	8.67	8.43	0.68	0.61	0.402	13611.64	
4	8.71	8.21	0.68	0.72	0.402	17829.05	
5	8.76	9.02	0.68	0.66	0.402	16533.34	
6	8.80	8.96	0.69	0.68	0.402	14914.02	
7	8.69	7.27	0.68	0.64	0.402	15225.57	
8	8.60	9.08	0.67	0.68	0.402	15286.70	
9	8.80	8.28	0.69	0.66	0.402	15266.18	
10	8.46	8.98	0.66	0.70	0.402	17138.94	
Grup 6							
1	8.88	9.14	0.69	0.72	0.401	10206.37	
2	9.28	9.67	0.72	0.76	0.401	9928.43	
3	9.03	8.21	0.70	0.73	0.402	12691.34	
4	9.05	9.8	0.71	0.68	0.402	7921.56	
5	9.15	9.12	0.71	0.72	0.402	7563.84	
6	9.16	10.02	0.71	0.70	0.402	9284.58	
7	8.96	9.54	0.70	0.71	0.401	7916.17	
8	9.07	8.27	0.71	0.69	0.402	9578.52	
9	9.09	8.54	0.71	0.75	0.402	8998.01	
10	9.21	9.73	0.72	0.73	0.402	9517.56	

Çizelge 4.6. Arpacıkların hava akımı içinde toplu halde davranış özelliklerine ilişkin sonuçlar

Gruplar	Direnç katsayısı	Minimum akışkanlaşma hızı (m/s)		Minimum akışkanlaştırma debisi (m ³ /s)
		Ölçülen hız	Hesaplanan hız	
Çap:6-9 mm (3 tekerrür)				
Max.	0.406	6.48	7.08	0.55
Min.	0.410	4.21	4.24	0.33
Ort.	0.408	5.29	6.09	0.47
SD	0.003	0.6051	0.4014	0.0315
VK	0.7	11.4	6.5	6.7
Çap: 10-13 mm (3 tekerrür)				
Max.	0.404	8.12	7.86	0.65
Min.	0.406	6.78	6.51	0.51
Ort.	0.404	6.94	7.39	0.58
SD	0.001	0.0282	0.4204	0.0330
VK	0.2	0.4	5.6	5.6
Çap:14-16 mm (3 tekerrür)				
Max.	0.403	9.32	8.46	0.66
Min.	0.403	7.28	7.31	0.57
Ort.	0.403	8.07	7.84	0.61
SD	0.0002	0.1858	0.1195	0.0093
VK	0.04	2.3	1.5	1.5
Çap:17-21 mm (3 tekerrür)				
Max.	0.403	9.45	8.68	0.68
Min.	0.402	7.4	8.23	0.64
Ort.	0.402	8.39	8.46	0.66
SD	0.0002	1.0465	0.3192	0.0250
VK	0.05	12.4	3.7	3.7
Çap:22-24 (3 tekerrür)				
Max.	0.402	9.5	8.91	0.69
Min.	0.402	7.27	8.6	0.66
Ort.	0.402	8.66	8.72	0.68
SD	0.0001	0.3676	0.3172	0.024
VK	0.02	4.2	3.6	3.5
Çap:25-... (3 tekerrür)				
Max.	0.402	10.02	9.28	0.72
Min.	0.401	8.21	8.88	0.69
Ort.	0.401	9.20	9.09	0.71
SD	0.0001	0.4179	0.2378	0.0186
VK	0.2	4.5	2.6	2.6
Ağır materyaller (taş, kesek vb.)	-	9.8	10.2	0.91
Hafif materyaller (yaprak, sap vb.)		1.98	2.1	0.12

Çizelge 4.5’de verilen değerlerden çıkarılan Çizelge 4.6’daki sonuçlara bakıldığında materyallerin hava akımı ile birlikte oluşturdukları akışkan yatak ortamında elde edilen özelliklere ait varyasyon katsayıları değerlerinin; her çap grubunda bulunan arpacıklar için fiziksel özelliklerden ve aerodinamik özelliklerden elde edilen varyasyon katsayıları değerlerine göre çok daha düşük olduğu görülmektedir. Akışkan yataktaki tüm özelliklerde maksimum varyasyon katsayısı; 17-21 mm çap grubundaki arpacıkların ölçülen minimum akışkanlaştırma değerinde 12.4 olarak saptanmıştır. Bu durum aynı grup içindeki arpacıkların yoğunluklarının geniş sınırlar arasında değişmesinden kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.2).

Arpacık gruplarının, hafif yabancı materyallerin ve ağır yabancı materyallerin akışkanlaştırılma hızları arasındaki farklılıklar Şekil 4.9’da görülmektedir.



Şekil 4.9. Her bir arpacık grubu için akışkanlaştırma hızı ve debisi arasındaki ilişkiler

Grafikte de görüldüğü gibi ağır materyallerin minimum akışkanlaştırma hızı 10 m/s hızına ulaşırken sap, yaprak, kabuk gibi hafif materyallerin minimum akışkanlaştırma hızı 2 m/s olarak ölçülmüştür. Arpacık çap gruplarına bakıldığında 6. (25-...mm) çap grubundaki arpacıkların minimum akışkanlaştırma hızı en düşük 8.88 m/s; ağır materyallerin minimum 8.21 ve maksimum 10.02 m/s olan hızı ile hemen hemen aynı hız aralığında kalmaktadır. Bu ise prototip makinada ürünün

temizlenmesi sırasında 6. ap grubundaki arpacıklar ile taş ve keseklerle karışmanın olabileceğini göstermektedir.

4.4. Ayırma Kanalı İçerisindeki Hava Hızı ve Hava Debisine İlişkin Sonuçlar

Ayırma nitesinin tasarımında akışkan yatak ortamı prensibine dayanarak yapılan kesit daralması sonucunda ayırıcı ünitenin materyal giriş tarafında ve materyal çıkış tarafındaki hava debisi ve basınç değerlerinin değişmemesi istenmektedir. Çünkü ayırma kanalı boyunca hava akımının özelliklerinin değişmesi; hava akımı ve materyal yığınından oluşan akışkan yatak içerisinde farklı yoğunlukta katmanlar halinde ilerleyen arpacık gruplarının karışmasına sebep olmaktadır.

Ayırma nitesinde 2 ve 6 mm çaplı delikli plakaların kullanılması durumunda yapılan ölçümler sonucu elde edilen debi ve basınç değerler izelge 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'da ve bu değerlerin farklı ayar kademelerinde delik çapına göre değişimleri Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 ve 4.13'de görülmektedir Sistemde yapılan ölçümler sonucu 10. Klape kademesinden sonra değerlerde değişme olmadığı gözlenmiş ve lmler 10. Kademeye kadar gerçekleştirilmiştir. Ayırma kanalı başında ve sonunda yapılan basınç farkına ilişkin ölçümler farkın büyük olmadığını göstermiştir.

Çizelge 4.7. 2 mm delik çapına sahip olan delikli plakamın kullanımında makinenin ayırma odası basıncı oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi

Klape ayar kademesi	Materyal girişi tarafında										Hava hızı (m/s)	
	Hava debisi (m ³ /s)		Toplam basınç (Pa)		Statik basınç (Pa)		Dinamik basınç (Pa)		Hava hızı (m/s)			
	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altındaki değer	plaka üstündeki değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer		
1	0,1	0,1	6	10	0	0	6	10	0,42	0,6		
2	0,2	0,1	10	8	6	6	4	2	0,48	1,06		
3	0,4	0,3	22	22	16	16	6	6	2,1	2,5		
4	0,3	0,2	42	42	30	28	12	14	2,9	3,4		
5	0,3	0,2	64	62	46	46	18	16	3,1	4,6		
6	0,5	0,2	88	86	64	62	24	24	3,49	4,3		
7	0,6	0,2	108	108	82	78	26	30	5,84	4,98		
8	0,8	0,6	120	118	96	96	24	22	6,1	6,5		
9	0,7	0,6	118	116	116	114	2	2	8,2	8,4		
10	0,9	0,7	122	120	118	118	4	2	8,1	9,2		

Çizelge 4.8. 2 mm delik çapına sahip olan delikli plakanın kullanımında makinenin ayırma odası sonunda oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi

Materyal çıkışı tarafında

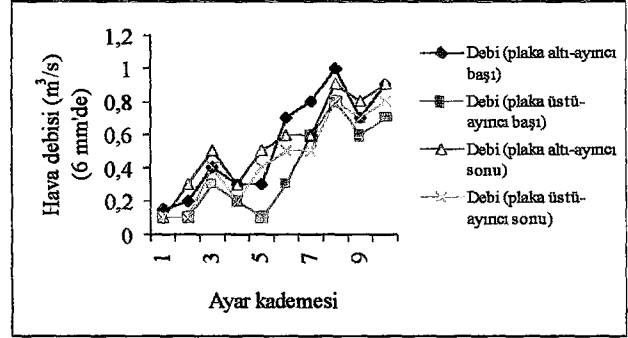
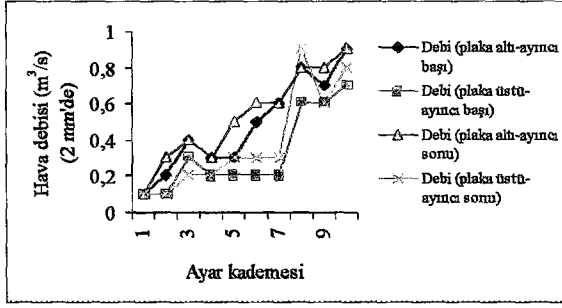
Klape ayırma kademesi	Hava debisi (m^3/s)		Toplam basınç (Pa)		Statik basınç (Pa)		Dinamik basınç (Pa)		Hava hızı (m/s)	Plaka üstünde ölçülen değer	Ayırma kanalının baş tarafı ile son tarafı arasındaki basınç farkı (Pa)
	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstündeki değer	plaka altındaki değer	plaka üstünde ki değer			
1	0,1	0,1	2	10	2	0	0	10	0,45	0,5	0
2	0,3	0,1	10	8	8	6	2	8	1,3	1,7	0
3	0,4	0,2	24	20	20	16	4	18	1,9	2,3	2
4	0,3	0,2	46	38	34	28	12	38	3,4	3,7	0
5	0,5	0,3	74	62	54	46	20	62	3,4	4,8	0
6	0,6	0,3	102	86	74	62	28	84	5,8	5,4	2
7	0,6	0,3	128	92	96	78	32	90	6,8	6,6	2
8	0,8	0,9	126	104	116	96	10	104	6,8	6,9	0
9	0,8	0,6	142	120	138	114	4	120	8,9	8,5	0
10	0,9	0,8	138	130	138	118	0	130	10,1	9,3	0

Çizelge 4.9. 6 mm delik çapına sahip olan delikli plakamın kullanımında makinenin ayırma odası basıncında oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi

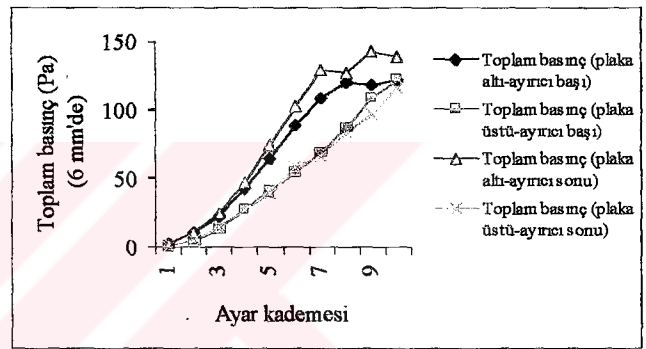
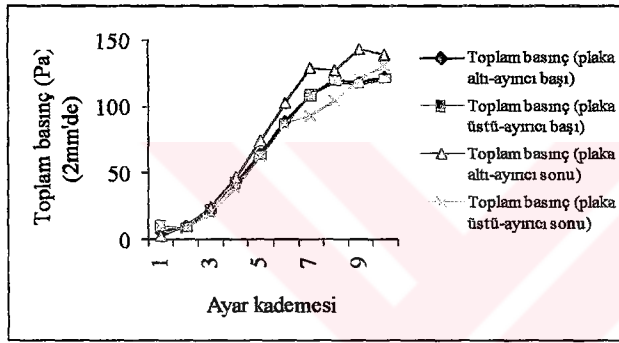
Klapçe ayar kademesi	Hava debisi (m ³ /s)		Toplam basınç (Pa)		Statik basınç (Pa)		Dinamik basınç (Pa)		Hava hızı (m/s)	
	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altındaki değer	plaka üstündeki değer	plaka altında ölçülen değer	Plaka üstünde ölçülen değer
1	0,15	0,1	2	0	0	0	2	0	0,6	0,4
2	0,2	0,1	10	4	6	4	4	0	0,48	1,28
3	0,4	0,3	22	12	16	10	6	2	2,5	2,11
4	0,3	0,2	42	26	30	22	12	4	3,2	3,4
5	0,3	0,1	64	40	46	34	18	6	4,8	4,6
6	0,7	0,3	88	54	64	44	24	10	6,58	5,3
7	0,8	0,6	108	68	82	66	26	2	6,78	5,98
8	1,0	0,8	120	86	96	82	24	4	6,9	6,5
9	0,7	0,6	118	108	116	102	2	6	8,2	8,4
10	0,9	0,7	122	122	118	118	4	4	9,5	9,4

Çizelge 4.10. 6 mm delik çapına sahip olan delikli plakamın kullanılması durumunda makinenin ayırma odası sonunda oluşan basınç ve hava debilerinin değişimi

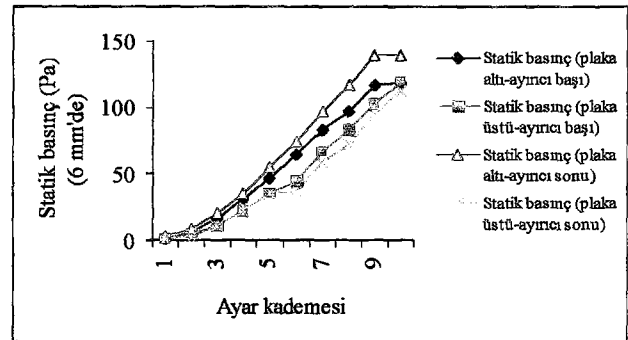
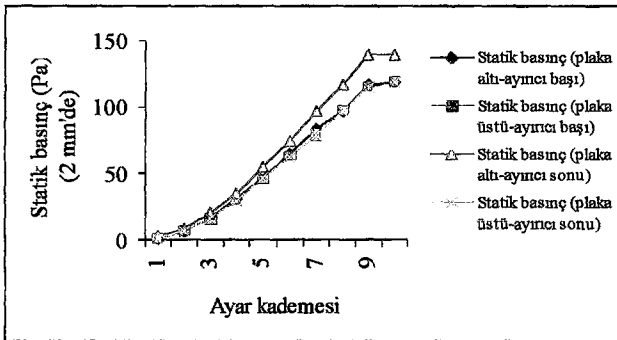
Klape ayar küdemesi	Materyal çıkışı tarafında														Ayırma kanalınnın baş tarafı ile son tarafı arasındaki basınç farkı (Pa)
	Hava debisi (m ³ /s)	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	Toplam basınç (Pa)	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	Statik basınç (Pa)	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	Dinamik basınç (Pa)	plaka üstünde ölçülen değer	plaka altında ölçülen değer	Hava hızı (m/s)	Plaka üstünde ölçülen değer	
1	0,1	0,1	2	0	2	0	0	0,7	0,6	0	0	0,7	0,6	0	
2	0,3	0,1	10	4	8	2	2	3,0	2,8	2	2	3,0	2,8	0	
3	0,5	0,4	24	14	20	10	4	3,9	3,5	4	4	3,9	3,5	2	
4	0,3	0,2	46	26	34	22	12	4,7	4,0	4	4	4,7	4,0	0	
5	0,5	0,4	74	38	54	34	20	4,6	4,8	4	4	4,6	4,8	0	
6	0,6	0,5	102	58	74	36	28	6,98	6,3	22	22	6,98	6,3	2	
7	0,6	0,5	128	66	96	58	32	6,78	6,2	8	8	6,78	6,2	2	
8	0,9	0,8	126	82	116	72	10	6,9	7,1	10	10	6,9	7,1	0	
9	0,8	0,7	142	96	138	94	4	8,1	7,5	2	2	8,1	7,5	0	
10	0,9	0,8	138	116	138	112	0	9,4	9,2	4	4	9,4	9,2	0	



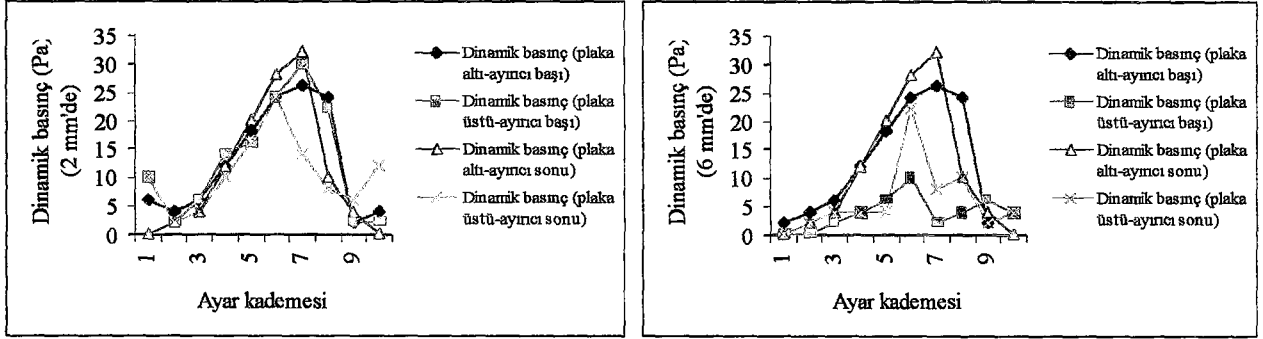
Şekil 4.10. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan hava debisi değişimi



Şekil 4.11. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan toplam basınç değişimi



Şekil 4.12. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan statik basınç değişimi



Şekil 4.13. 2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalarda çeşitli fan ayarlarında ayırma odasının farklı yerlerinde oluşan dinamik basınç değişimi

Şekil 4.10, 4.11, 4.12 ve 4.13 incelendiğinde 2 mm delik çapına sahip delikli plaka kullanılması durumunda bütün ölçümlerde ayırma kanalında ayırıcı başında ve ayırıcı sonunda plaka altında ve üstünde yapılan ölçümlerde birbirine paralel bir değişim olduğu görülmektedir. Toplam basınç ve statik basınç içinde bu durum geçerlidir. Dinamik basınç değerlerinin ise 7. ve 8.ayar kademelerinde maksimum olduğu daha sonra ayar kademesi yükseldiği halde yani vantilatörün klape açıklığı arttırıldığı halde dinamik basınçta bir düşme olduğu görülmektedir.

6 mm delik çapına sahip delikli plaka kullanılması durumunda ise ayırma kanalında her noktada debi değişimlerinin 2 mm çaplı delikli plakada olduğundan daha düzenli olduğu görülmektedir. Fakat bu plakada toplam basınç ve statik basınç değerleri arasındaki fark daha büyümüştür. Dinamik basınç değerleri yine 7. ve 8.ayar kademelerinde maksimum değerler gösterirken ayırıcı sonunda delikli plaka altında yapılan ölçümlerde maksimum dinamik basınç oluşmuştur. Yine vantilatörde 7. Ayar kademesinden sonra ayar kademesi yükseldiği halde dinamik basınçta düşme olduğu görülmektedir.

2 ve 6 mm delik çapına sahip plakalar karşılaştırıldığında ayırıcı başında ve ayırıcı sonunda elde edilen değerlerin 2 mm delik çapına sahip delikli plakada daha homojen olduğu görülmektedir. Bu sonuç ise akışkan yataklı sistemlerde tarımsal materyallerin hava akımı ile karşılaşmasının sağlayan delikli plaka çapının küçülmesiyle hava akımının özelliklerinin daha homojen bir karakter kazandığını göstermektedir.

4.5. Denemelerde Kullanılan Makinalarının İş Başarılarına ve Güç Tüketimlerine İlişkin Sonuçlar

Denemelerde kullanılan makinaların iş başarıları saptanırken her iki makinanında temizleme ve sınıflandırma etkinlikleri saptanmıştır. Güç tüketimi ise mekanik makinada üreticinin sürekli kullandığı optimum ayar koşullarında (0.250 m/s bant hızı ve saniyede 4 vuruş olan yavaş sarsak devrinde) ve prototip makinada ise farklı fan ayar kademelerinde ve 0.408 m² alana sahip delikli plaka üzerine verilen materyal miktarlarının (besleme miktarlarının) 5 kg ve 10 kg olması durumunda saptanmıştır.

4.5.1. Temizleme ve sınıflandırma etkinliklerine ilişkin sonuçlar

4.5.1.1. Mekanik tip arpacık temizleme makinasının temizleme ve sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar

Mekanik arpacık temizleme ve boylama makinasının temizleme etkinliğine ve sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12'de verilmiştir. Her elek altında toplanan gruplar için ayrı ayrı hesaplanan etkinliklere bakıldığında mekanik temizleme ve sınıflandırma makinasının temizleme etkinliği sınıflandırma etkinliğinden daha yüksek bulunmuştur. Makinanın sonuna doğru olan bölmelerde temizleme etkinliğinin %100'e kadar ulaştığı saptanmıştır. Maksimum sınıflandırma etkinliği ise 7. ve son elekte gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.11. Mekanik makinanın temizleme etkinliği

	Arpacık yüzdesi	Yabancı materyal yüzdesi	Etkinlik (%)
Banttaki materyal içindeki	78.66	21.28	
1. elek altında toplanan	37.1	62.9	37
2. elek altında toplanan	76.6	21.34	76
3. elek altında toplanan	64.44	35.56	64
4. elek altında toplanan	93.48	6.52	93
5. elek altında toplanan	96.43	3.57	96
6. elek altında toplanan	99.86	0.14	99
7. elek altında toplanan	99.98	0.02	99
Toplam etkinlik			81

Sonuçlardan da görüldüğü gibi sön eleklerle doğru temizleme etkinliği %99' a kadar ulaşmaktadır. Bunun sebebi; yığın, makinanın sonuna doğru yer alan eleklerle gelinceye kadar içinde yabancı madde kalmamasıdır.

Çizelge 4.12. Mekanik makinanın sınıflandırma etkinliği

Makinaya verilen materyal içindeki		%	SE
	6-9 mm arası Arpacık yüzdesi	14.84	
	10-13 mm arası Arpacık yüzdesi	25.02	
	14-16mm arası Arpacık yüzdesi	27.76	
	17-20 mm arası Arpacık yüzdesi	6.52	
	21-24 mm arası Arpacık yüzdesi	5.2	
	25-.. mm arası Arpacık yüzdesi	3.38	
1. elek altında toplanan	6mm altındaki arpacık yüzdesi	37.1	
	Yabancı materyal yüzdesi	62.9	
2. elek altında toplanan	6-9 mm arası Arpacık yüzdesi	61.76	
	6-9 mm harici Arpacık yüzdesi	38.24	62
3. elek altında toplanan	10-13 mm arası Arpacık yüzdesi	48.36	
	10-13 mm harici Arpacık yüzdesi	51.8	48
4. elek altında toplanan	14-16mm arası Arpacık yüzdesi	58.6	
	14-16mm harici Arpacık yüzdesi	41.4	58
5. elek altında toplanan	17-20 mm arası Arpacık yüzdesi	62.06	
	17-20 mm harici Arpacık yüzdesi	37.94	62
6. elek altında toplanan	21-24 mm arası Arpacık yüzdesi	76.06	
	21-24 mm harici Arpacık yüzdesi	24.0	76
7. elek altında toplanan	25-.. mm arası Arpacık yüzdesi	99.86	
	25-.. mm harici Arpacık yüzdesi	0	100
Toplam etkinlik			67.5

Mekanik makinanın sınıflandırma etkinliğinin temizleme etkinliğine göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Maksimum sınıflandırma etkinliği yine makinanın sonlarında bulunan eleklerde görülmüştür.

4.5.1.2. Prototip akışkan yataklı makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar

4.5.1.2.1. Temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar

Denemelerde dikkate alınan bağımsız parametrelerin tüm kombinasyonlarının değerlendirilmesi sonucunda makinanın temizleme etkinliğine ilişkin varyans analizi Çizelge 4.14'de ve Duncan testi ortalama sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Delikli plakannn delik çapına (DPC) bağlı olarak temizleme etkinliğinin değişimi Şekil 4.14’de, besleme miktarına (BM) bağlı olarak temizleme etkinliğinin (TE) değişimi Şekil 4.15’de, titreşim strokunun (TS) büyüklüğüne bağlı olarak temizleme etkinliğinin değişimi Şekil 4.16’ da, grafiklerin ve regresyon eşitliklerinin oluşturulmasında esas alınan veriler ise izelge 4.13’de verilmiştir.



Çizelge 4.13. Optimum deneme koşullarında makinenin temizleme etkinlikleri

Delikli plaka çapı	Besleme miktarı	Tıraşım stroku (mm)	8,5 m/s			9,8 m/s			Toplam temizleme etkinliği (%)	
			Yığın içindeki toplam yabancı madde miktarı (g)	Emme çıkışından alınan yabancı malden yığı içindeki kalan artıpaç miktarı (g)	Temizleme etkinliği (%)	İlk temizleme sonunda malden yığı içinde kalan kesek miktarı (g)	Ayrılan kesek miktarı (g)	Temizleme etkinliği (%)		
2 mm	5 kg	20	1.tekerrür	406,02	80,60	80	390	300,2	77	62
			2.tekerrür	505,6	90,2	82	387,8	320,8	83	68
		40	3.tekerrür	420,2	85,6	79	398,5	328	82	65
			1.tekerrür	380,46	52,2	86	420,4	380	90	78
		60	2.tekerrür	426,0	92,8	78	389,0	340,7	88	68
			3.tekerrür	420,3	78,6	81	410,8	298,8	73	59
	10 kg	20	1.tekerrür	418,60	42,18	89	392,3	370,6	94	85
			2.tekerrür	520	76,4	85	410,6	346,7	84	72
		40	3.tekerrür	493,5	58,0	88	378,89	356,0	94	83
			1.tekerrür	920,48	132,46	85	628,92	582,5	92	79
		60	2.tekerrür	1020	120,8	88	528,0	500,8	95	83
			3.tekerrür	980,1	120,0	87	502,43	486,6	96	84
6 mm	5 kg	20	1.tekerrür	851,28	116,38	86	502,43	486,6	96	84
			2.tekerrür	920,6	100,5	89	518,6	487,0	94	84
		40	3.tekerrür	880,3	170,5	81	520,4	501,2	96	78
			1.tekerrür	895,37	148,38	83	592,40	628,4	96	89
		60	2.tekerrür	820,4	150,8	82	569,7	410,6	72	59
			3.tekerrür	920,6	182,6	80	520,0	489,7	94	76
	10 kg	20	1.tekerrür	620,8	96,3	85	440,7	302,6	69	58
			2.tekerrür	520,6	98,6	81	465	299,0	64	52
		40	3.tekerrür	560,78	86,5	86	308,8	340,5	71	93
			1.tekerrür	612,5	98,0	84	412,7	260,6	63	53
		60	2.tekerrür	590,0	96,5	84	389	301,7	77	65
			3.tekerrür	569,8	102,2	82	436,8	308	67	55
6 mm	5 kg	20	1.tekerrür	610,2	98,6	84	404,8	344,6	85	71
			2.tekerrür	720,6	110,6	85	428,9	323,4	75	64
		40	3.tekerrür	590,6	108,5	82	564,3	340,6	60	49
			1.tekerrür	990,5	142,6	85	796,5	523	66	56
		60	2.tekerrür	1132,5	189,0	83	689,5	423,7	61	51
			3.tekerrür	986,4	146,8	85	728	455,6	62	53
	10 kg	20	1.tekerrür	1024,6	187,5	82	828,9	512,7	62	50
			2.tekerrür	1121,4	206,8	82	643,2	586,8	91	74
		40	3.tekerrür	998,7	192,3	81	559,9	482,3	86	69
			1.tekerrür	1004	143,9	86	608,6	555,4	91	78
		60	2.tekerrür	986,5	168,0	83	620,6	512,6	82	69
			3.tekerrür	998	198,6	80	598,4	389,6	65	52

Çizelge 4.14' de Çizelge 3.6'da belirtilen bağımsız parametrelerin makinanın temizleme etkinliği üzerine etkilerini gösteren varyans analizi tablosu görülmektedir. Bu parametrelerden delikli plaka çapının temizleme etkinliği üzerine etkisi istatistiksel anlamda önemli seviyede bulunmuştur ($P<0,01$). Strok ve besleme miktarının etkisi ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Delikli plakanın çapının küçülmesi temizleme etkinliğini artırıcı yönde etki etmiştir.

Çizelge. 4.14. Temizleme etkinliğine ilişkin varyans analizi

V.K	S.D.	K.O.	F
Genel	35	.....	.....
Tekerrür	2	0.004	0.30
Plaka delik çapı (A)	1	0.143	11.35**
Besleme miktarı (B)	1	0.008	0.63
AxB	1	0.013	1.01
Strok (C)	2	0.006	0.47
AxC	2	0.001	0.06
BxC	2	0.011	0.91
AxBxC	2	0.027	2.11*
Hata	22	0.013	.....

* $P<0,01$ düzeyinde çok önemli, ** $P<0,05$ düzeyinde önemli

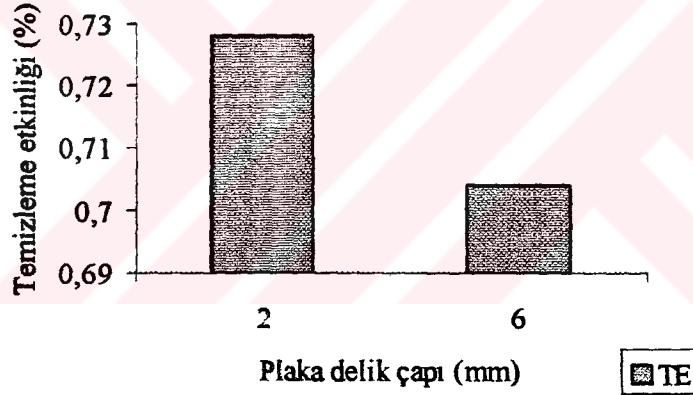
Delikli plakanın delik çapı, besleme miktarı ve strok arasındaki interaksiyona göre 2 mm delik çapındaki delikli plakanın, 10 kg'lık besleme miktarının ve 40 mm'lik titreşim strokunun kullanılması prototip makinada en yüksek temizleme etkinliği sağlamıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Plaka delik çapı x Titreşim stroku x Besleme miktarı için temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları

Plaka delik çapı (mm)	Besleme miktarı (kg)	Strok (mm)		
		20	40	60
2	5	0.65 ABC	0.69 ABC	0.80 A
	10	0.78 AB	0.82 A	0.74 ABC
6	5	0.68 ABC	0.56 BC	0.62 ABC
	10	0.54 C	0.65 ABC	0.66 ABC

Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında $P < 0,05$ düzeyinde önemli fark vardır.

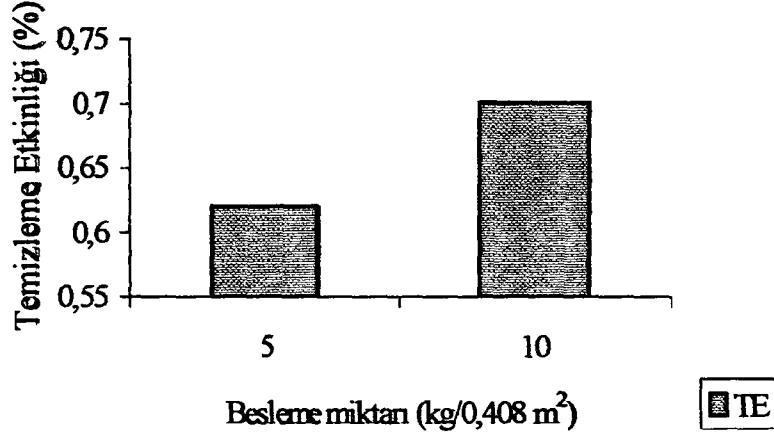
Kullanılan delikli plakaların delik çaplarının temizleme etkinliği üzerine etkisi şekil 4.14’de görülmektedir.



Şekil 4.14. Delikli plakanın delik çapının temizleme etkinliği üzerine etkisi

Şekil 4.14’ de görüldüğü gibi 2 mm delik çapına sahip delikli plaka kullanılması temizleme etkinliğinin artırıcı etki yapmıştır. Plaka delik çapı 2 mm iken TE değerlerinin ortalama değerleri %73’ e yaklaşırken delik çapının 2 mm’den 6 mm’ye çıkması durumunda TE %70’e düşmektedir. Bu ise çap küçülmesinin hava akımı üzerinde, dağılımı iyileştirici etki yapmasına bağlanabilir.

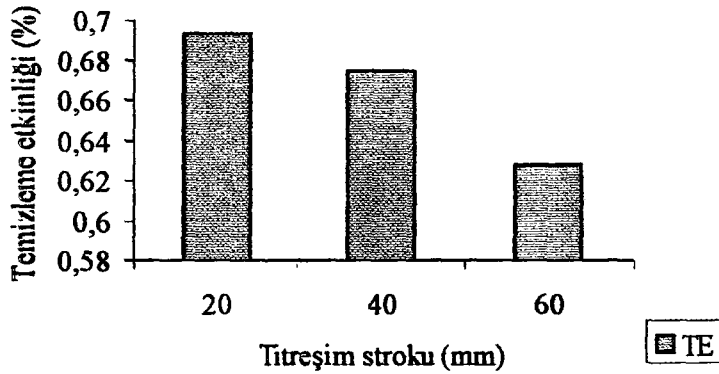
Besleme miktarının artışının TE üzerine etkisi 4.15’de görülmektedir.



Şekil 4.15. Besleme miktarının temizleme etkinliği üzerine etkisi

Şekil 4.15 incelendiğinde besleme miktarındaki artışın TE’nde arttırdığı saptanmıştır. 0.0408 m² yüzey alanına sahip plaka üzerine verilen materyal miktarının 5 kg’dan 10 kg’a çıkarılması durumunda TE’nin %63’den %70’e çıktığı görülmektedir.

Şekil 4.16’da titreşim strokunun TE üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 4.16. Titreşim strokunun temizleme etkinliği üzerine etkisi

Şekil 4.16’da görüldüğü gibi titreşim strokunun değişmesiyle temizleme etkinliğinde de değişimler olmuştur. Maksimum TE; en küçük titreşim stroku olan

20 mm titreşim strokunun uygulandığı denemelerde ortalama %69 olarak saptanmıştır. Çizelge 4.13'deki değerlere bakıldığında denemeler sırasında TE değerlerindeki en homojen değişimin 40 mm strok ile çalışılma durumunda olduğu görülmektedir.

4.5.1.2.2. Sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar

Denemelerde dikkate alınan bağımsız parametrelerin tüm kombinasyonlarının değerlendirilmesi ile elde edilen sınıflandırma etkinliklerinin hesaplanması için kullanılan değerler ve makinanın sınıflandırma etkinliğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu verilerden yararlanılarak çıkarılan makinanın sınıflandırma etkinliğine ilişkin varyans analizi tablosu Çizelge 4.17'de ve Duncan testi ortalama sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Grafiklerin ve regresyon eşitliklerinin oluşturulmasında Çizelge 16'da verilmiş olan verilerden yararlanılmıştır. Delikli plakanın delik çapına (DPÇ) bağlı olarak sınıflandırma etkinliğinin değişimi Şekil 4.17'de, besleme miktarına (BM) bağlı olarak sınıflandırma etkinliğinin (SE) değişimi Şekil 4.18' de, ve titreşim strokunun (TS) büyüklüğüne bağlı olarak sınıflandırma etkinliğinin değişimi Şekil 4.19' da görülmektedir.

Çizelge 4.16. Optimum deneme koşullarında makinanın sınıflandırma etkinlikleri

Dilimli plaka çapı	Besleme miktarı	Tıraşlanı strok (mm)	5,7 m/s			6,5 m/s			2. SFE (%)	SFE (%)
			Yoğunluk grubundaki arpacık oranı (%)	Plaka çıkışından alınan materyal içinde kalan 1. Yoğunluk grubundaki arpacık oranı (%)	1. SFE (%)	Yoğunluk grubundaki arpacık oranı (%)	Yoğunluk grubundaki arpacık oranı (%)	2. SFE (%)		
2 mm	5 kg	20	1.tekerrür	11,28	1,92	82	81,84	12,92	84	69
			2.tekerrür	12,98	1,98	84	79,6	11,23	85	72
			3.tekerrür	10,67	1,95	81	81,4	14,02	82	67
		40	1.tekerrür	10,98	1,82	83	78,43	11,84	84	70
			2.tekerrür	13,45	1,78	86	80,8	11,34	85	74
			3.tekerrür	12,0	1,95	83	68,9	10,98	84	70
	60	1.tekerrür	11,10	1,90	82	79,69	12,08	84	70	
		2.tekerrür	10,9	1,98	81	76,8	12,38	83	68	
		3.tekerrür	13,02	1,97	84	73,2	11,98	83	70	
	10 kg	20	1.tekerrür	10,83	2,02	81	82,37	10,98	86	70
			2.tekerrür	9,98	2,08	79	79,8	15,04	81	64
			3.tekerrür	11,26	1,89	83	84,9	10,23	87	73
40		1.tekerrür	11,20	1,98	82	80,43	12,93	83	69	
		2.tekerrür	12,03	1,98	83	79,4	11,99	84	70	
		3.tekerrür	10,87	2,01	81	81,02	11,90	85	69	
60	1.tekerrür	12,02	1,96	83	79,84	10,60	86	72		
	2.tekerrür	11,43	1,88	83	80,08	9,68	87	73		
	3.tekerrür	14,2	1,92	86	72,7	11,39	84	72		
6 mm	5 kg	20	1.tekerrür	10,98	1,88	82	68,7	18,4	73	60
			2.tekerrür	11,27	1,99	82	71,3	12,04	83	68
			3.tekerrür	13,21	2,12	83	69,5	16,45	76	64
		40	1.tekerrür	11,23	2,01	82	75,4	20,0	73	60
			2.tekerrür	12,0	1,98	83	77,5	12,90	83	69
			3.tekerrür	12,54	2,13	83	74,3	11,4	84	70
	60	1.tekerrür	11,43	2,2	80	75,2	14,32	80	65	
		2.tekerrür	11,56	1,96	83	69,04	19,12	72	60	
		3.tekerrür	12,43	1,88	84	70,28	11,29	83	71	
	10 kg	20	1.tekerrür	10,45	2,01	80	78,32	13,13	83	67
			2.tekerrür	11,56	1,98	82	73,2	16,69	77	63
			3.tekerrür	11,82	2,32	80	62,8	16,0	74	59
40		1.tekerrür	13,48	1,92	85	80,02	11,28	85	73	
		2.tekerrür	11,0	2,04	81	73,2	17,43	76	62	
		3.tekerrür	11,0	1,92	82	79,14	12,43	84	69	
60	1.tekerrür	11,26	1,85	83	66,49	15,89	76	63		
	2.tekerrür	10,8	2,0	81	70,04	16,02	77	62		
	3.tekerrür	12,89	3,6	72	75,20	12,68	83	59		

Çizelge 3.6'da yer alan bağımsız parametrelerden delikli plaka çapının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi temizleme etkinliğinde olduğu gibi istatistiksel anlamda önemli seviyede bulunmuştur ($P<0,01$). Strok ve besleme miktarının etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Delikli plakanın çapının küçülmesi sınıflandırma etkinliğini artırıcı yönde etki etmiştir.

Çizelge 4.17. Sınıflandırma etkinliğine ilişkin varyans analizi

V.K	S.D.	K.O.	F
Genel	35	.....	.....
Tekerrür	2	0.000	0.10
Plaka delik çapı (A)	1	0.028	18.59**
Besleme miktarı (B)	1	0.000	0.09
AxB	1	0.000	0.11
Strok (C)	2	0.002	1.18
AxC	2	0.001	0.95
BxC	2	0.000	0.02
AxBxC	2	0.002	1.34*
Hata	22	0.001	.....

** $P<0,01$ düzeyinde çok önemli, * $P<0,05$ düzeyinde önemli fark

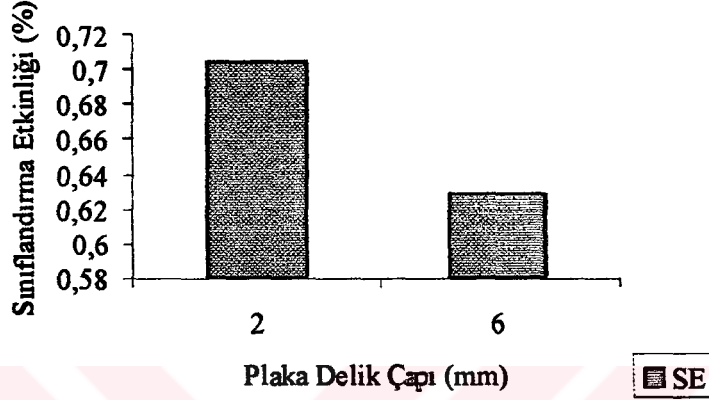
Çizelge 4.18. Plaka delik çapı x Titreşim stroku x Besleme miktarı için sınıflandırma etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları*

Plaka delik çapı (mm)	Besleme miktarı (kg)	Strok (mm)		
		20	40	60
2	5	0.70 ABC	0.72 AB	0.70 ABC
	10	0.68 ABCD	0.70 ABC	0.73 A
6	5	0.64 CDE	0.67 BCDE	0.66 CDE
	10	0.64 DE	0.68 ABCD	0.62 E

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında $P<0,05$ düzeyinde önemli fark vardır.

Plaka çapı, besleme miktarı ve strok arasındaki interaksiyona göre; 2 mm delik çapındaki delikli plakanın, 10 kg'lık besleme miktarının ve 60 mm'lik titreşim strokunun kullanılması prototip makinada en yüksek temizleme etkinliği sağlamıştır.

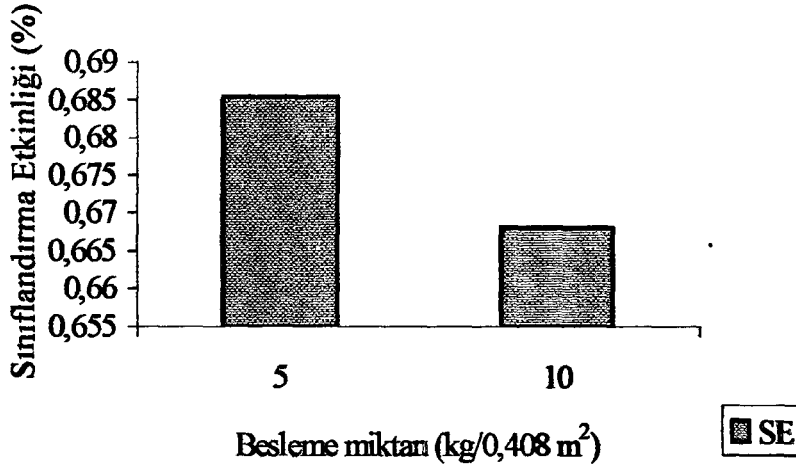
Kullanılan delikli plakaların delik çaplarının makinanın sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi şekil 4.17'de görülmektedir.



Şekil 4.17. Delikli plaka delik çapının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi

Şekil 4.17' de görüldüğü gibi 2 mm delik çapına sahip delikli plaka kullanılması sınıflandırma etkinliği üzerine çe artırıcı yönde etki yapmıştır. Plaka delik çapı 2 mm iken SE değerlerinin ortalama değerleri %70' e yaklaşırken delik çapının 2 mm'den 6 mm'ye çıkması durumunda SE %63'e düşmektedir.

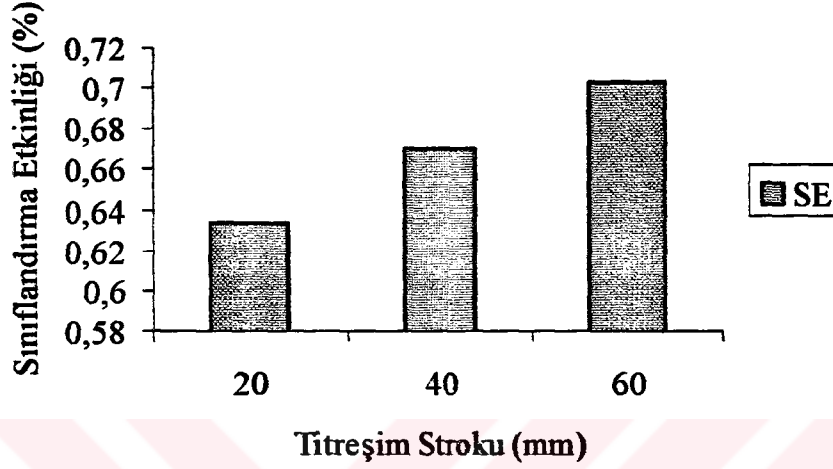
Besleme miktarının artışının TSE üzerine etkisi 4.18'de görülmektedir.



Şekil 4.18. Besleme miktarının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi

Şekil 4.18’de besleme miktarının az olmasının sınıflandırma etkinliğini artırıcı yönde etkilediği görülmektedir. 0.408 m² yüzey alanına sahip plaka üzerine verilen materyal miktarının 5 kg’dan 10 kg’a çıkarılması durumunda SE’nin %68’den %66’ya düştüğü görülmektedir.

Şekil 4.19’da titreşim strokunun SE üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 4.19. Titreşim strokunun sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi

Titreşim strokunun artması durumunda sınıflandırma etkinliğinin de yükseldiği görülmektedir. Maksimum SE en büyük titreşim stroku olan 60 mm titreşim strokunun uygulandığı denemelerde ortalama %69 olarak saptanmıştır. Temizleme etkinliğinin tersine 40 mm strok olduğu koşulda sınıflandırma etkinliğinde farklılıklar görülmüştür.

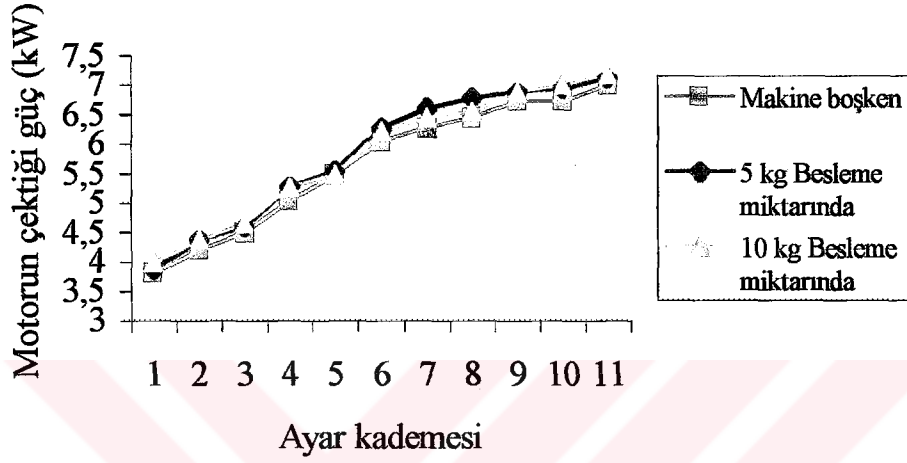
4.5.2. Makinaların güç tüketimlerine ilişkin sonuçlar

4.5.2.1. Mekanik makinanın güç tüketimine ilişkin sonuçlar

Optimum çalışma koşullarında (0.250 m/s bant hızı ve saniyede 4 vuruş olan yavaş sarsak devrinde) mekanik makina üzerindeki emme sistemine, besleme bandına ve elek sistemine hareket veren 3 elektrik motorunda yapılan ölçümlere göre mekanik makinanın toplam güç tüketimi 8,55 kW olarak hesaplanmıştır.

4.5.2.2. Prototip makinanın güç tüketimine ilişkin sonuçlar

Farklı yüklenme koşullarında fan motorunun ve titreşim ünitesine hareket veren motorun çektiği güçler Çizelge 4.19'da ve makinanın farklı yüklenme koşullarında ve her bir ayar kademesinde fan motorunun çektiği güçler Şekil 4.20'de görülmektedir.



Şekil 4.20. Yüklenme durumlarına bağlı olarak fan motorunun güç tüketimi

Şekil 4.20'de görüldüğü gibi güç tüketimi 6. kademedен sonra daha az bir değişme göstermiştir. 5. Ayar kademesinden sonra 5 kg besleme oranında artış göstermiştir.

Makinanın maksimum güç tüketimi; 12 s^{-1} titreşim frekansında, 10 kg besleme miktarında; titreşim ünitesine hareket veren motorun çektiği güç 1.3 kW ve fana hareket veren motorun çektiği güç 7.16 kW olmak üzere toplam 8.46 kW olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19. Fan motorunun ve titreşim ünitesindeki motorun farklı yüklenme koşullarında güç tüketimleri

Fanın yüklenme konumu	Çekilen akım (A)	Çekilen akım (makine boş)	Çekilen güç (makine boş)	Çekilen akım (5 kg besleme durumunda) (A)	Çekilen güç (5 kg besleme durumunda) (kW)	Çekilen akım (10 kg besleme durumunda) (A)	Çekilen güç (10 kg besleme durumunda) (kW)
Fan motoru							
0 (kapalı)	6.8		3.80	6.9	3.86	7.1	3.97
1	7.5		4.19	7.8	4.36	7.8	4.36
2	8		4.47	8.2	4.58	8.3	4.64
3	9		5.03	9.4	5.25	9.4	5.25
4	9.8		5.48	9.9	5.53	9.8	5.48
5	10.8		6.04	11.2	6.26	11.1	6.20
6	11.2		6.26	11.8	6.60	11.5	6.43
7	11.5		6.43	12.1	6.76	11.7	6.54
8	12		6.71	12.3	6.88	12.3	6.88
9	12		6.71	12.4	6.93	12.5	6.99
10	12.5		6.99	12.7	7.10	12.8	7.16
Titreşim ünitesine hareket veren motor							
8 s ⁻¹ frekansta	2.06		1.1				
12 s ⁻¹ frekansta	2.43		1.3				

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmadan elde edilen bulguların değerlendirilmesi sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Arpacıkların ölçülen fiziksel özelliklerinden ekvatorial çap, polar çap, geometrik ortalama çap ve küresellik katsayılarının standart sapmaları; maksimum 10-13 mm çap grubundaki arpacıkların polar çapında 4.94 olarak saptanmıştır. Yoğunluk özelliğinde ise standart sapma değerinin minimum 13.25 ile 14-16 mm çap grubunda, kuru madde içeriklerinde ise 17.82 ile 22-24 mm çap grubunda olduğu saptanmıştır.
2. Mekanik arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında en yüksek temizleme etkinliğine (%81) ve en yüksek sınıflandırma etkinliğine (%67) ulaşabilmek için 0.250 m/s bant hızı ve saniyede 4 vuruş olan yavaş sarsak devrinin ayarlanması gerekmektedir. Makine ile yapılan sınıflandırma sonucunda arpacıklar 6 çap grubuna ayrılmaktadır. Bu gruplardan 3., 4. ve 5. Elek altında toplanan arpacıklar (10-20 mm çapa sahip olanlar) dikim işleminde kullanılmaktadır.
3. Pnömatik arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında en yüksek temizleme etkinliğine (üç tekerrür ortalaması: %82) 2 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 40 mm strok kullanılması durumunda ve en yüksek sınıflandırma etkinliğine ise (üç tekerrür ortalaması: %73) 2 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 60 mm strok kullanılması durumunda ulaşılmıştır. Makinanın temizleme ve sınıflandırma etkinliğinin her ikisini de etkileyen en önemli faktör delikli plakanın çelik çapı olarak bulunmuştur.
4. Pnömatik arpacık temizleme ve sınıflandırma makinasında en kötü temizleme etkinliğine (üç tekerrür ortalaması: %54) 6 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 20 mm strok kullanılması durumunda ve en yüksek sınıflandırma etkinliğine ise (üç tekerrür ortalaması: %62) 6 mm delik çaplı delikli plaka, 10 kg/0.408 m² besleme miktarı ve 60 mm strok kullanılması durumunda ulaşılmıştır.

5. Prototip makinada güç tüketiminin; fanın yüklenme derecesine bağlı olarak yani fanın yanında bulunan klappenin emdiği hava miktarına bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Ayırma kanalı içerisindeki hava akımının özelliklerinin Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi 10. kademedan sonra çok büyük değişme ve artış göstermediğinden dolayı fanın bu kademedan daha fazla açılması önerilmemektedir. 10. Ayar kademesinde 10 kg yüklenme koşulunda fanın çektiği maksimum güç 7.16 kW ve makinanın boş çalıştırıldığı koşulda fanın çektiği minimum güç ise 3.86 kW olarak saptanmıştır. Titreşim ünitesine hareket veren elektrik motorunun çektiği gücün ise titreşim frekansına bağlı olarak değiştiği saptanmıştır. Denemeler boyunca optimum 12 s^{-1} frekansta çalışılmıştır. Bu frekansta çekilen güç 1.3 kW olarak bulunmuştur. Optimum çalışma koşullarında mekanik makinanın toplam güç tüketimi ise 8,55 kW olarak hesaplanmıştır.

Araştırma sonuçlarına ve denemeler sırasında yapılan gözlemlere dayanılarak aşağıda belirtilen önerilerde bulunulabilir:

1. Arpacıkların akışkan yatak ortamında saptanan en önemli özelliği olan minimum akışkanlaştırma hızı ağır materyaller için minimum 10 m/s'ye ulaşırken sap, yaprak, kabuk gibi hafif materyallerin minimum akışkanlaştırma hızı 2 m/s olarak ölçülmüştür. Arpacık çap gruplarına bakıldığında 6. (25-...mm) çap grubundaki arpacıkların minimum akışkanlaştırma hızı 8.8 m/s; ağır materyallerin minimum 8.21 m/s ve maksimum 10.02 m/s olan hızı ile hemen hemen aynı hız aralığında kaldığı görülmüştür. Bu ise prototip makinada ürünün temizlenmesi sırasında 6. çap grubundaki arpacıklar ile taş ve keseklerle karışmanın olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla ürün temizlenirken ağır yabancı materyallerin ayrılması işleminin daha hassas olması için temizleme işleminde ayırma plakasının alt tarafından alınan keseklerin ve taşların içinde karışmış bulunan 25-...mm çap grubundaki arpacıklarla beraber ayrılması için tekrar ayırma kanalına verilmelidir.

2. Plaka delik çapının mümkün olduğu kadar küçük tutulması etkinliği artırmaktadır. Daha küçük delik çapına sahip plaka piyasada bulunmadığından denemeler bu yönde tekrar yapılamamıştır. 2 mm'den küçük delik çapına sahip plaka kullanılarak denemeler yapılmalıdır.
3. Soğan arpacığı ile yapılan çalışmalarda makinaya verilecek olan yığındaki arpacıklar 6 çap grubuna ayrılmıştır. Fakat küçük çap grubuna girmiş olan bir arpacığın yoğunluğu daha büyük çap grubuna girmiş olandan daha yüksek veya daha küçük çap grubuna giren bir arpacığın yoğunluğundan da daha düşük çıkabilmiştir. Dolayısıyla prototip makinada yapılan denemeler sonucunda temizleme etkinliği %84'e kadar, sınıflandırma etkinliği ise %74'e kadar çıkmasına karşın sınıflandırılan ürün yığınlarına bakıldığında boyutlar arasında bir homojenlik görülmemektedir. Aynı grup içerisine giren arpacıkların yoğunluklarına bakıldığında ise yoğunluk açısından oldukça homojen bir sınıf elde edildiği görülmektedir. Dolayısıyla bu makina soğan arpacığının temizlenmesi amacıyla kullanılabilir bir makinedir. Bu makinada arpacıkların sınıflandırılması ise sadece kaliteli tohumluk eldesi amacıyla ve içi boş arpacıkların ayrılmasının sağlayacağı faydalardan dolayı da makinalı dikim öncesi sınıflandırılma yapılması önerilmektedir.
4. Aspiratör çıkışı ile ayırma kanalı arasında bulunan ara kanal içine akım doğrultucu petekler eklenmesi makinanın çalışması sırasında ortaya çıkabilecek debi ve basınç dalgalanmalarını önleyebilecektir.
5. Ayırma kanalının imalatı sırasında kullanılmış olan 2 mm'lik sac, makinanın ağır olmasına sebep olmuştur. Bu ise titreşim hareketinin ayırma ünitesine verilmesi sırasında yapısal zorlukların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu ünite için daha hafif bir malzemenin örneğin sert plastik döküm kullanılması bu dezavantajları giderecektir.
6. Denemeler sırasında materyal yığını ile hava akımının oluşturduğu akışkan yatak ortamında ürün-hafif materyal-ağır materyal karışımının ayırma kanalı içerisindeki akışı gözlenememiştir. Bu gözlemin yapılabilmesi için

ayırma kanalı yan duvarına bir gözetleme penceresinin yapılması ilerki denemelerde faydalı olacaktır.

7. Ayırma kanalı sonuna yerleştirilen bölücülerin ayırma kanalına civatalarla bağlanması yerine ayırma kanalı sonuna açılacak kanallara sıkı geçmeli olarak yerleştirilmesinin daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Böylece bölücülerin aralık ayarları daha hassas olarak gerçekleştirilebilir.

Sonuç olarak, bu araştırmada tasarımı gerçekleştirilen prototip arpacık temizleme ve sınıflandırma makinası öneriler doğrultusunda geliştirildiğinde; özellikle tohumluk amacıyla kullanılan arpacıkların dikime elverişli olanlarının ayrılması başarıyla yapılabilecektir. Ayrıca sadece delikli plakanın değiştirilmesi, fan ayarlarının temizlenecek tohumluğa uygun şekilde düzenlenmesi ve bağımsız parametrelerin uygun kombinasyonu ile makine çok amaçlı kullanmaya elverişli hale getirilebilir. Böylece makine; tohumlukların temizlenmesi ve ayrılması aşamalarında gravite tablası ve taş ayırıcı gibi diğer tohum hazırlama makinalarına bir alternatif olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- AKDEMİR, B., 1990. Arpacıktan Kurusoğan Üretiminde Dikim ve Hasat Mekanizasyonu ve Bitkinin Mekanizasyona Yönelik Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı (Doktora Tezi).
- AKDEMİR, B., P. ÜLGER, T. AKTAŞ, A. BABACAN, 1998. Tarımsal Ürünlerin Elastikiyet Özelliklerinden Yararlanılarak Toprak Keseklerinden ve Taşlardan Ayrılması Amacıyla Bir Makinanın Tasarımı ve Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi. 17-18 Eylül. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü. Tekirdağ.
- AKTAS, T. ve B., AKDEMİR, 1998. A Research On The Determination Of Onion And Onion Sets Characteristics Which Are Related To The Cleaning And Classification In The Fluidized Bed Medium. AgEng International Conference on Agricultural Engineering. Paper No: AE98-F-033.
- AL-YAHYA, S.A., C.J. BERN, C.R. HURBURGH, 1991. Aspirator separation of Corn-Fines Mixtures. Transaction of the ASAE, 34(3): 944-949.
- AMARAL, A, BICCA L.H.F., WOBETO, L.A., 1984. Classificatin of pea Seeds. CAB abstracts.
- ASMANN, E.J., 1983. Seed Density and Quality Relationship in Gravity Graded Soybean . CAB abstracts.
- ANONİM, 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü. Genel Yayın No: 65. Özel yayın no: 62-105. Ankara.
- ANONİM, 1996a. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı. Ankara.
- ANONİM, 1997a. Tekirdağ İli Tarım Raporu. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı İl Müdürlüğü, Tekirdağ.
- ANONİM, 1997b. CAMAS International Firma Kataloğu. Idaho. U.S.A.
- ANONİM, 1999a. (<http://www.vidaliastnest.com/voc.nutr.htm>)

- ANONİM, 1999b. CIGR HANDBOOK of Agricultural Engineering. Edited by:CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering. Volume:IV.USA:
- ANONİM, 1999c. Testo Informative Catalogue.
- AYBAK, H. Ç., 1997. Soğan. Aylık Gıda Tarım ve Hayvancılık dergisi HASAD. Yıl:13, sayı:151.İstanbul.
- BAJEMA, R.W., G.M. HYDE, 1995. Packing Line Bruise Evaluation for 'Walla Walla' Summer Sweet Onions. Transaction of the ASAE, 38(4):1167-1171.
- BAYRAKTAR, K., 1970. Sebze Yetiştirme. Ege Üniversitesi matbaası, Cilt:2, İzmir.
- COCHRAN, W. C., 1963. Sampling Techniques , 2nd.Ed., A Willey International Edition.
- CORTES, JE., 1988. Relationship of Seed Size and Density to Seed Quality in Sorghum. CAB abstracts.
- DARDENİZ, A., 1995. Özel Amaçla Yapılmış Olan Arpacık Sınıflandırma Makinasının Çeşitli Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi).
- EKER, B., 1983. Tohum Hazırlama Makinaları. Türkiye Ziraat Kurumu Yayınları Yayın No: 29. Ankara.
- EKER, B. ve B. AKDEMİR, 1994. Yerli Yapım Arpacık Sınıflandırma Makinasının Boyut Ve Küresellik Katsayıları Açısından Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:215, Araştırma No:85. Tekirdağ.
- EKER, B., B. AKDEMİR VE A. DARDENİZ., 1994. Kuru Soğan Üretim Yöntemlerinde Mekanizasyon Zincirinin Saptanması. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 73. Tekirdağ.
- ELFVERSON, C., 1999. Analysis of Physical and Chemical Properties of Fractionated Grains and Seeds with an Emphasis on Barley. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala (Doctoral Thesis).
- ERTAN, Ü., 1968. Soğanların Depolanması ve Depolamaya tesir eden faktörler. Yalova Bahçe Kültürleri Araştırma ve Eğitim Merkezi Dergisi.Cilt 1. Sayı 2. Sayfa 104-112.
- GÖNÜLOL, E., 1996. Soğan Hasatı ve Hasat Sonrası İşlemler. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. Cilt:5, Sayı:1-2. Tekirdağ.

- GÜNAY, A., 1983. Özel Sebze Yetiştiriciliği. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çağ Matbaası, Cilt:2, 47-56 s, Ankara.
- GÜZEL, E., P. ÜLGER ve B. KAYIŞOĞLU, 1996. Ürün İşleme ve Değerlendirme Tekniği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. Genel Yayın No: 145. Ders Kitapları Yayın No: 47. Adana.
- HYDE, G.M., K. ZHAO, M.J. PITTS, R.E. THORNTON, J.A. ROBERSON, 1989. Cut Potato seed Piece Separation. Transaction of the ASAE, 32(1): 250-255.
- JAYAS, D.S., S., SOLHANSANJ, 1989. Design data on Resistance of Airflow Through Canola (Rapeseed). Transaction of the ASAE, 32(1): 295-296.
- KAY, R.E., C.J. BERN, C.R. HURBURGH, 1989. Horizontal and Vertical Airflow Resistance of Shelled Corn at various Bulk Densities. Transaction of the ASAE, 32(2): 733-736.
- KAYISOGLU, B., P. ULGER, H. KOCABIYIK ve T. AKTAS, 1999. Research on the Determination of Some Mechanical Properties of Sunflower. Proceedings XXVIII CIOSTA-CIGR V Congress. June 14-17. Horsens, Denmark.
- KAYNAŞ, K., M. YÜREKTÜRK ve H. KAPTAN, 1984. Soğan. TAV Yayınları, yayın no:5, Yalova.
- KLEIJN, R., 1991. Horticultural Economics and Marketing. 23rd International Horticultural Congress, Florence, Italy, August 27-September 1. CAB abstracts.
- KSHNİKATKİN, S.A., 1991. Post-Harvest Processing of Onions. CAB abstracts.
- LAWAN, M., F.L. BARNETT, B. KHALEEQ ve R.L., VANDERLIP, 1985. Seed Density and Seed Size of Pearl Millet as Related to Field Emergence and Several Seed and Seedling Traits. CAB abstracts.
- LOLLATO, M.A., WR.SİLVA, 1984. Effects of Gravity Table Utilization on Seed Quality of Field Beans. CAB Abstracts.
- MAW, B.W, Y.C. HUNG , E.W. TOLLNER, D.A. SMİTTLE, B.G. MULLİNİX., 1996. Physical and Mechanical Properties of Fresh and Stored Sweet Onions. Transaction of the ASAE, 39(2): 633-637.
- McCLAVE, J.T., P.G. BENSON, 1988. Statistics for Business and Economics, 4th .Ed., Dekken Pub. Co. , San Fransisco.
- MOHSENIN, N.N., 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. One Park Avauue. New York.

- ÖNAL, İ., M. TOZAN ve F. ZENDER, 1988. Soğan Arpacığının Dikiminde Mekanik Esaslar. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü. Erzurum.
- ÖNAL, İ., 1995. Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi Yayınları. No:490. Ders Kitabı. İzmir.
- ÖRENCİK, K., 1980. Teori ve Problemlerle Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik (çeviri). Güven Kitabevi yayınları, Ankara.
- ÖZGÜR, C., 1994. Hidrolik ve Pnömatik Transport. Yayınlanmamış Ders Notları. İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.
- ÖZTÜRK, R., 1988. Bazı Meyve Ve Sebzelere Uygun Kombine Tip Boylama Makinalarının Yapısal Karakteristikleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı (Doktora Tezi).
- PATİL, VN., SARODE SD., 1988. Seed Quality Studies in Wheat as Influenced by Specific Gravity Seperator. CAB abstracts.
- PESKE, ST, BOYD AH. 1985. Seperation of Wild Garlic from Wheat with A Gravity Table. CAB abstracts.
- PRETE, CEC., CÍCERO, SM., 1987. Manuel Selection, Electronic Colour Sorting, Fungicide Treatment and Seed Quality of Groundnuts. CAB abstracts.
- SADER, R., CHALÍTA C VE TEXEIRA L.G., 1991. Influence of Size And Processing on Mechanical Injury of Groundnut Seeds. CAB Abstracts.
- SCHMILOWITCH, Z., A. ZALTZMAN, B. P. VERMA, 1992. Apparent Density Variations in a Fluidized Bed Medium. Transaction of the ASAE, 35(1):11-15.
- SMITH, R.D., R.L. STROSHINE, 1985. Aerodynamic Seperation of Cobs from Corn Harvest Residues. Transaction of ASAE, 28(3):893-902.
- SONG, H., J.B. LITCHFIELD, 1991). Predicting Methods of Terminal Velocity for Grains. Transaction of ASAE, 34(1):225-230.
- SUVOROV, Y. U., 1989. Line for Processing Onion Sets. Mekhanizatsiya-i-Elektrifikatsiya-Sel'skogo-Khozyaistva. Agricultural-Engineering Abstract 1992. Russian. CAB abstracts.

- ŞEHİRALİ, S., 1989. Tohumluk ve Teknolojisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi. Tarla Bitkileri Bölümü. Ankara.
- TACIKAYAN, S., 1997. Farklı İrilikteki Soğanların Soğan Tohumu Üretimine Uygunluğunun Belirlenmesi Ve Tohum Verimi Ve Kalitesi Üzerine Farklı Hasat Zamanlarının Etkisi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ.
- TIESSEN, H., I. L. NONNECKE, M. VALK, 1986. Onions publication. Ministry of Agriculture and Food. Department of Horticultural Science. Ontario Agricultural College University of Guelph. Ontario.
- ÜLGER, P., 1985. Ürün İşleme ilkeleri ve Makinaları. Türkiye Ziraat Kurumu Yayınları. Yayın No:37.
- YAĞCIOĞLU, A., 1980. Tane Mısır Yığınından Geçen Hava Akımının Statik Basınç Düşümüne Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Adana.
- YAĞCIOĞLU, A., 1996. Ürün İşleme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 517. İzmir.
- YANG, X., D.L. WILLIAMS, 1990. Airflow Resistance of Grain Sorghum as Affected by Bulk Density. Transaction of the ASAE, 33(6):1966-1970.
- YAVUZCAN, G., B. ERDİLLER ve A. SARAL, 1987. Ölçme Tekniği. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Yayın No: 3. Ankara.
- YAVUZCAN, G., 1990. Tarımsal Elektrifikasyon. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1168. Ders Kitabı No: 332.
- ZABELTITZ, C., 1967. Über die Trennung von Körpern Verschiedener Dichte in einem Fliessbett. VDI-Zeitschrift. Reihe14, Nr.3.
- ZALTZMAN, A., R. FELLER, A. MIZRACH, Z. SCHMILOWITCH, 1983. Separation Potatoes from Clods and Stones in a Fluidized Bed Medium. Transaction of the ASAE, 26(4): 987-990.
- ZALTZMAN, A., Z. SCHMILOWITCH, 1986. Evolution of a Potato fluidized bed Medium Separator. Transaction of the ASAE, 29(5): 1462-1469.
- ZALTZMAN, A. ve Z. SCHMILOWITCH, 1988. Fluidized Bed Medium Stream Potato Separation. American Society of Agricultural Engineers. No:88-6083.

- ZALTZMAN, A., B. P. VERMA, Z. SCHMILOWITCH, 1988. Potential of Quality Sorting of Fruits and Vegetables Using Fluidized Bed Medium. Transaction of the ASAE, 30(3):823-831.
- ZINNOVEV, E., 1959. Investigation of a Fluidized Soil Bed as a Medium for the Separation of Potato Tubers from Clods and Stone. Trakt. I. Selskh. Mash. 29(12)(in Russian).
- ZION, B., 1995. Postharvest Technology Principles of Sorting and Grading. Agricultural Research Organization. Israel.



ÖZGEÇMİŞ

Ocak, 1971 tarihinde Kahramanmaraş İline bağlı Afşin İlçesinde doğdum. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimimi Ankara' da tamamladım.

Ekim, 1989' da Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünü kazanarak Yüksek öğrenimime başladım.

Şubat, 1994' de "Ziraat Mühendisi" olarak mezun oldum.

Ekim, 1994' de T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'in danışmanlığında Yüksek Lisans Eğitimime başladım.

Kasım, 1994'de T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandım.

30 Nisan-23 Haziran 1995 tarihleri arasında İsrail'de düzenlenen "Advanced International Course on Agricultural Engineering" konulu kursa İsrail hükümetinin bursiyeri olarak katıldım.

Eylül, 1996' da Yüksek Lisansımı bitirerek "Ziraat Yüksek Mühendisi" ünvanını aldım.

Ekim, 1996'da T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'in danışmanlığında "Akışkan yataklı tip temizleme ve sınıflandırma makinaları" ile ilgili olarak Doktora Eğitimime başladım.

17-18 Eylül 1998'de Tekirdağ' da düzenlenen Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresinin "Kongre Organizasyon Komitesinde" yer aldım.

14-17 Haziran 1999' da CIOSTA-CIGR tarafından Danimarka'da düzenlenen "Work sciences in Sustainable Agriculture" kongresine katıldım.

Halen Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde çalışmaktayım.