

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İbrahim Emre YATAR**

**SINIFLANDIRMA AMAÇLI KULLANILAN SİLİNDİRİK  
TRİYÖRLERİN KİNEMATİK ESASLARI**

**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2009**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SINIFLANDIRMA AMAÇLI KULLANILAN SİLİNDİRİK  
TRİYÖRLERİN KİNEMATİK ESASLARI**

**İbrahim Emre YATAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

Bu tez 16/01/2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....  
Prof. Dr.Emin GÜZEL  
DANIŞMAN

İmza.....  
Yrd.Doç. Dr.Türkan KEÇELİ MUTLU  
ÜYE

İmza.....  
Yrd. Doç. Dr. Ahmet İNCE  
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Tarım Makinaları Anabilim Dalında hazırlanmıştır.  
Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ**  
**Enstitü Müdürü**  
**İmza ve Mühür**

• **Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZ

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### SINIFLANDIRMA AMAÇLI KULLANILAN SİLİNDİRİK TRİYÖRLERİN KİNEMATİK ESASLARI

**İbrahim Emre YATAR**

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**Danışman** : Prof. Dr. Emin GÜZEL

**Yıl** : 2008 **Sayfa**: 51

**Jüri** : Prof.Dr. Emin GÜZEL

Yrd.Doç.Dr. Türkan KEÇELİ MUTLU

Yrd.Doç.Dr. Ahmet İNCE

Bu çalışmada amaç, hasat edilmiş ancak, temizleme ve sınıflandırılma yapılmamış tarım ürününün, işlenerek üretici lehine yeni bir katma değer yaratmak ve verimliliği artırmaktır. Bu nedenle, tohum sınıflandırma işi; bir bitkinin tohumlarının yabancı maddelerden ve diğer tohumlardan ayırmak, elde edilen temiz taneleri de kendi içinde sınıflandırarak tohumluğa en çok yarayanları seçmektir.

Triyörler, tahıl içinde bulunan ve elemeye ayrılmayan yabancı maddelerin yanında ürünü uzunluklarına göre kendi içerisinde sınıflandıran, yuvalı yüzeylerden oluşan döner silindir şeklinde bir makinedir.

Burada Triyörün kinematik olarak çalışma prensiplerinin incelenmesi yanında, pratik olarak yapılacak denemelerle elde edilen teorik yaklaşım irdelenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda, elde edilen parametrelerin uygulamaya yönelik yorumları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Elekler, Silindirik Triyörler, Kinematik Analizler

## ABSTRACT

### MSc. THESIS

# KINEMATICAL PRINCIPLES OF CYLINDRICAL TRIORS USED FOR CLASSIFICATION

**İbrahim Emre YATAR**

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY  
INSTITUTE OF BASIC AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF CUKUROVA

**Supervisor** : Prof.Dr. Emin GÜZEL  
**Year** : 2008 **Pages**: 51  
**Jury** : Prof.Dr. Emin GÜZEL  
Asist.Prof.Dr. Türkan KEÇELİ MUTLU  
Asist.Prof.Dr. Ahmet İNCE

The aim of this study is to increase value and efficiency of agricultural product, which is already harvested but not cleared and classified, by processing. Thus, seed classification is to separate seeds of a plant from seeds of other plants and foreign material; classifying obtained seeds to determine the most usable ones.

Triors are cylindrical devices that are used for separating foreign materials that are not eliminated by sieving and classifying the crop according to their length.

In current study, with practical tests theoretical approach was tried to be examined in addition to the kinematical working principles of triors. As a consequence of the study practical determinations were made using obtained parameters.

**Key words:** Sieves, Cylindrical Triors, Kinematical Analysis

## ÖNSÖZ

Cumhuriyetimizin kuruluşundan beri gelişme ve kalkınmamızın temel nedenlerinden biri olarak gösterilen tarımımız, bütün çabalara rağmen istenilen düzeyde bir gelişmeye ulaştırılamamıştır. Verimliliğin ve üretkenliğin artırılması yolunda çok çeşitli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, arzu edilen sonuçlara ulaşılamamıştır.

Bunun nedenlerinden bir tanesi de ham madde ile mamul madde arasındaki göreceli farkın üretici lehine yansıtılamamasıdır. Gelişmekte olan ülkemizde ise, bu birlikteliği sağlama zorunluluğu, hammaddenin mamul hale getirilmenin ötesinde bu sektöre girdi sağlayan kesimin gelir düzeyinin artırılmasını ve mevcut kaynaklarımızın dışa bağımlılığını azaltmayı sağlayacaktır. Bu amaçla, hammaddenin mamul hale dönüştürülmesinde gerekli olan teknolojik girdi ve gereksinimin sağlanması için ürünün özelliklerinin temel mühendislik verileri ile birlikte değerlendirilmesi zorunlu olmaktadır.

Üretilen ürünün nicelik ve nitelik yönünden iyileştirilmesi, iyi tohumluk kullanmaya yakından bağlıdır. Bu nedenle, elde edilen ürün içinden tohumluk niteliklerine sahip olanların ayrılması gerekmektedir. Bunun anlamı, üretilmek istenen ürüne ait biyolojik değeri yüksek, sağlam ve dolgun tanelerin, iyi gelişmemiş cılız ve hastalıklı tanelerle, hasat sırasında çeşitli yollarla ürüne karışmış toz, toprak, taş, saman, kavuz ve yabancı bitki tohumlarından arındırılmasıdır. Triyör adı verilen makinalar, tahıl içinde bulunan ve elemeye ayrılamayan yabancı maddelerin yanında ürünü uzunluklarına göre kendi içerisinde sınıflandıran, yuvalı yüzeylerden oluşan döner silindir şeklinde olan makinalardır.

Bu nedenle, Triyörle yapılan işin kalitesi, tohumluk karışımından ayrılması gereken kısa ve uzun tanelerin tam olarak ayrılıp ayrılmadığına göre değişir. Tanelerin uzunluk farklarına göre en iyi şekilde ayrılması ancak triyörün belirli bir kinematik esasında olası olmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek Lisans çalışmamın planlaması ve yürütülmesinde bana ışık tutan her türlü konuda ilgi ve yardımlarını esirgemeyen tezimin tüm aşamalarında değerli fikirleriyle çalışmama yön veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Emin GÜZEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen ve tez yazımında bana yol gösteren değerli hocam Sayın. Yrd. Doç. Dr. Ahmet İNCE'ye, araştırmamın yürütülmesinde, çalışmamın her aşamasında, beni geri çevirmeksizin tüm gücüyle bana yardımcı olan sevgili kardeşim Makine Müh. Esra YATAR'a, benden manevi desteklerini esirgemeyen Su Ürünleri Müh. Ruřen YILDIRIM'a, Op. Dr. A. Mutlu AYÇİN'e, Op. Dr. Mahmut DOĞANAY' a, Hakan AKTÜRK'e tez yazımında bana yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. D. Alpaslan KAYA'ya ve Ziraat Yük. Müh. Fatma KÖSTEKÇİ'ye teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖZ .....	I
ABSTRACT .....	II
ÖNSÖZ .....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel .....	1
1.2. Tohum Sınıflandırma .....	2
1.3. Tohum Sınıflandırmanın Yararları.....	2
1.4. Tohum Sınıflandırma Yöntemleri.....	4
1.4.1. Geometrik Boyut Özelliklerine Göre Ayırma.....	4
1.4.2. Aerodinamik Özelliklerine Göre Ayırma.....	8
1.4.3. Yüzeyin Biçimi ve Durumu Özelliklerine Göre Ayırma.....	10
1.4.4. Yoğunluk ve Özgül Ağırlık Özelliklerine Göre Ayırma.....	10
1.4.5. Elektriksel Özelliklerine Göre Ayırma .....	11
1.4.6. Renk Özelliklerine Göre Ayırma .....	11
1.4.7. Mekanik Özelliklerine Göre Ayırma .....	11
1.5. Çalışmanın Amacı.....	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	13
3. MATERYAL ve METOD.....	27
3.1. Materyal .....	27
3.1.1. Triyörler .....	27
3.2. Metod .....	30
3.2.1. Triyör Silindirinin Kinematığıyla İlgili Temel Parametreler .....	30
3.2.2. Silindirik Triyörlerde Dairesel Hareket Yapan Tohumun Kinematik Analizleri.....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	49

KAYNAKLAR .....	50
ÖZGEÇMİŞ .....	51

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 1.1. Ürünün Geometrik Özelliğine göre Sınıflandırılması .....	5
Şekil 1.2. Yuvarlak Delikli Elek ve Makaralı Yüzey (Mutaf, 1961) .....	6
Şekil 1.3. Oblong Delikli Elek (Mutaf, 1961).....	7
Şekil 1.4. Delikli Saç Elek (Anonymous, 2008b).....	7
Şekil 1.5. Örme Tel Elek (Anonymous, 2008c).....	8
Şekil 2.1. Tohumların Triyör Yüzeyi Üzerinde Ayrılması .....	13
Şekil 2.2. Triyör Yüzeyi (Anonymous, 2008b) .....	15
Şekil 2.3. Silindir İçindeki Taneye Etkiyen Kuvvetler (Evcim, 1991) .....	16
Şekil 2.4. Hareketli Eşdeğer Tane (Evcim, 1991).....	19
Şekil 2.5. Triyör Silindirinin Kesiti ve Çalışma Prensibi (Anonymous, 2008d) .....	20
Şekil 2.6. Silindirik Elek (Anonymous, 2008e).....	22
Şekil 3.1. Silindirik Triyör (Anonymous, 2008f).....	27
Şekil 3.2. Silindirik Triyör Kesiti.....	28
Şekil 3.3. Silindirik Triyörün Uygulamadaki Yeri .....	28
Şekil 3.4. Silindirik Triyörün Uygulamadaki Yeri .....	29
Şekil 3.5. Silindirik Triyörün Uygulamadaki Yeri .....	29
Şekil 3.6. Taneciğin Konumu .....	31
Şekil 3.7. Triyör Yuvasındaki Taneciğe Etkiyen Kuvvetler .....	32
Şekil 3.8. Triyör Yuvasına Giren Taneciğin Belirli Bir Süre Sonraki Hareketinde Etkiyen Kuvvetler .....	35
Şekil 3.9. Triyör Yuvasıyla Beraber Hareket Eden Taneye Etkiyen Kuvvetler (Klenin ve ark., 1986; Evcim, 1991).....	38
Şekil 3.10. Triyör Yuvasındaki Tanenin Yörüngesi ve Ayırıcı Oluğun Konumunun Belirlenmesi (Evcim, 1991) .....	41
Şekil 3.11. Silindirik triyörlerde oyuk içindeki kısa tanelere etkiyen kuvvetler (Yağcıoğlu, 1996) .....	42
Şekil 3.12. Kısa Tanelerin Yüklebildikleri Dönme Açısı (Yağcıoğlu, 1996).....	43
Şekil 3.13. Sabit Bir Eksen Etrafında Uygulanan Kuvvetin Oluşturduğu İvmenin Bileşenleri .....	45

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Genel

Günümüzde artan beslenme gereksiniminin karşılanması için birim alandan elde edilecek ürün miktarının artırılması stratejik bir hedef iken, elde edilmiş ürünün kalitesinin artırılması da bu stratejik hedefin en önemli parçalarından biridir. Bu amaçla yapılan çalışmaların hedefine ulaşabilmesi için, elde edilen ürünlerin besleme özelliklerinin en az kayıpla tüketiciye iletilmeleri gerekir.

Oysa tarım ürünlerinin çok az bir bölümü hasat edildikten hemen sonra ve herhangi bir işlem yapılmadan tüketilir. Elde edilen ürünlerin çoğu, tüketilmeden önce, amaca göre değişen bazı işlemlerden geçirilerek değerlendirilir ve kullanılma ömürleri artırılmaya çalışılır.

Ürünün niteliğini artırmak, ürünün biyolojik ve fiziksel değerini koruma işidir. Biyolojik özelliği doğrudan çeşitle ilgili ve bunun geliştirilmesi ıslah yöntemlerine bağlıdır. Fiziksel olarak niteliğini artırmak ile, bitkinin tohumlarının yabancı maddelerden (organik ve inorganik) temizlenmesi yanında, biyolojik aktivitesini tamamlamış taneleri diğerlerinden ayırmaktır.

Bugün tarımımızın geliştirilmesi birim alandan elde edilen üretimin nitelik, nicelik yönünden artırılmasına, onu geliştirecek ileri tarım tekniklerinin uygulamalarına ve üretimin değerlendirilmesine dayanmaktadır (Anonymous, 2008a). Tarımsal ürünleri, sanayi ürünü haline dönüştürerek hem katma değerini artırmak hemde en ucuz ve etkili bir şekilde üreticinin kullanımına sunmak gerekmektedir.

Daha iyi ve daha çok ürün elde etmek için daha fazla zaman, emek ve para harcayan üreticinin bu çabaları, ancak ekonomik açıdan beklentilerinin karşılanması durumunda süreklilik kazanabilir (Yağcıoğlu, 1996).

Elde edilen ürünün katma değerinin artırılabilmesi, kalitesinin yüksekliğiyle doğrudan ilişkilidir. Kalitenin yükseltilebilmesi bir yandan iyi tohumluk kullanmaya bağlı iken diğer yandan da ürünün temiz ve sınıflandırılmış (organik ve inorganik maddelerden ayrılmış) olmasına bağlıdır.

Tarım ürünlerinin temizlenmesi ve sınıflandırılması işlemleri, ürünün tohumluk niteliklerinin yükseltilmesi ve pazar değerinin artırılması amacıyla yapılmaktadır.

## 1.2. Tohum Sınıflandırma

Tohum sınıflandırma işi, bir bitkinin tohumlarının yabancı maddelerden ve diğer tohumlardan ayırmak ve elde edilen temiz tanelerden tohumluğa en çok yarayanları seçmektir. Sınıflandırma işlemi sonucunda taneler farklı sınıflara ayrılırlar. Bu sınıflardan bir kısmı tohumluğa yarayışlı ise de bir kısmı ancak yemeklik olarak kullanılır (Mutaf, 1961).

Bitkisel materyalin sınıflandırma ve ayırma işlemi farklı işlemleri gerektirir. Ürünün özelliğine bağlı olarak, tohumlu ürünler ya yem için ya da işlenmemiş olarak sınıflandırılır. Sınıflandırmada temel parametre ürünün saflığı, ürünün çimlenmesi, mutlak ya da özgül ağırlığı ve boyutların üniformluğudur. Tohumlu bitkiler, tahıllar, baklagiller, yağlı bitkiler ve diğer ürünler çimlenme kapasitesine göre üç gruba ayrılır (Klenin ve ark, 1986).

I. grup, çimlenme kapasitesi % 95'den küçük olmayan ve % 99 oranında tohumu bulunan

II. grup, çimlenme kapasiteleri % 90 – 95 arasında ve temel bileşeni % 98,5

III. grup, temel bileşeni % 97 ve çimlenme kapasitesi % 85 – 90 arasında olanlardır.

## 1.3. Tohum Sınıflandırmanın Yararları

Tarımda, bitki gelişimi için tüm koşullar optimum düzeyde olsa bile yeterli ürün elde etmek, kullanılan tohumun kalitesine bağlıdır. Kalitesiz tohumlukla üstün verim elde edilmesi olanaksızdır. Tohumluğun üretim potansiyeli ve istenen diğer özellikleri, üretimde sınırlandırıcı etkide bulunur. Gübre, ilaç ve diğer tüm bitki üretim girdileri sadece tohumluğun üretim potansiyelini gerçekleştirmeye yardımcı olur (Şehirli, 1989).

Yüksek kaliteli tohumluk kullanmak, yüksek verim elde etmek için alınan önlemlerden biridir. Tohumluğun safiyet derecesinden başka tanelerin irilik ve dolgunluk derecesi de kaliteye etki eder. En ağır taneler aynı zamanda fizyolojik olgunluklarını da en iyi bir şekilde tamamlamış olan tanelerdir. Oysaki, tohumluğa ayrılan bir tahıl yabancı maddelerden temizlendikten sonra ana bitkinin taneleri irilik ve dolgunluklarına göre sınıflandırılmadığı takdirde, içerisinde hem büyük ve dolgun, hem de küçük ve zayıf taneler bulunur.

Tanenin dolgunluğunun, iyi çimlenme yeteneği yanında verim artışında doğrusal bir etkisi vardır. Bunlardan çıkan genç bitkiler sağlam, gürbüz ve her türlü dış etkenlere karşı daha dayanıklıdır. Kökleri daha iyi teşekkül eder. Ufak ve cılız tanelerden meydana gelen filizler ise, çok zayıf olduklarından ya toprağı delip yüzeye çıkamaz yok olup giderler, ya da diğer filizlerden geç çıkarlar. Bunların daha sonraki gelişmeleri de gecikeceğinden, geç ekilmiş bitkiler gibi, erken çıkan sıcaklardan etkilenirler. Böylece ekin seyrekleşir. Toprak yüzeyine erken çıkabilen bitkiler ise, zamandan kazanarak kıştan kalmış nemden daha iyi faydalanırlar. Bu bilhassa kurak iklim bölgelerimiz için daha önemlidir (Mutaf, 1961).

Tohumluğun sınıflandırılmasının diğer yararları da şunlardır: (Evcim, 1991)

- i. Yabani ot tohumlarının yol açacağı zararların önlenmesi.
- ii. Yabancı ürün tohumlarının zararlarının önlenmesi.
- iii. Diğer yabancı maddelerin zararlarının önlenmesi.
- iv. İri dolgun tanelerin sağlayacağı yararların kazanılması.

Yapılan bazı denemeler de göstermiştir ki tohumluğu oluşturan tanelerin ağırlık ve irilik bakımından ne kadar homojen olursa, elde edilecek veriminde o kadar fazla olacağı ve bunun % 30'a kadar yükselebileceği belirtilmiştir. Buradan;

- i. Tohumluk olarak en dolgun ve ağır taneler kullanılmalıdır.
- ii. Ağırlığına göre ayrılan ürünler, ayrıca irilik bakımından da çeşitli bölümlere ayrılmalıdır.
- iii. Dolgun ve iri olmayan taneler ayrı tarlalara ekilmelidir.

Tohumluk kalitesini ifade eden bu özellikler (irilik, ağırlık, özgül ağırlık) birbirine bağlıdır. Bu nedenle uygulamada istenilen sonucu elde edebilmek için

taneler bazen bir, bazen de iki değişik özellik bakımından sınıflandırılır (Mutaf, 1961).

#### 1.4. Tohum Sınıflandırma Yöntemleri

Tarım ürünlerinin sınıflandırılması ve temizlenmesinde çeşitli kriterler dikkate alınmaktadır. Bunlar;

- i. Geometrik özellikleri (ürünün)
- ii. Aerodinamik özellikleri
- iii. Yüzeyin biçimi ve durumu
- iv. Yoğunluk ve özgül ağırlık
- v. Elektrik iletkenlik
- vi. Renk
- vii. Optik Özellikleri
- viii. Mekanik Özellikleri

##### 1.4.1. Geometrik Boyut Özelliklerine Göre Ayırma

Boyutsal ilişkiler eleme düzeneğinin tasarımı açısından önemlidir. Özellikle boyut dağılımı çıkarıldıktan sonra etkin boyuta bağlı olarak eleme düzenine karar verilmektedir. Bu nedenle sınıflandırmanın dayandırılacağı temel işlem, ortalama boyut ve buna ilişkin standart sapmanın saptanmasıdır.

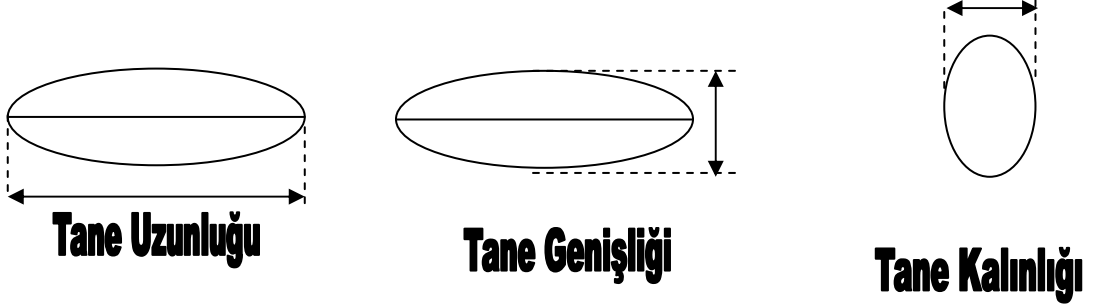
Ürünü genişlik ölçülerine göre ayırmada yuvarlak delikli elekler, ürünü kalınlık ölçülerine göre ayırmada daha çok oblong ve dikdörtgen delikli elekler, ürünü uzunluk ölçülerine göre ayırmada yuvalı yüzeylerden yararlanır (Güzel ve ark, 1999).

Ürünler boyutlarına göre eleklerle, makaralı düzeneklerle, kayışlı taşıma yüzeyleriyle ve silindirik sınıflayıcılarla sınıflandırılırlar.

Geometrik boyutlarına göre ürünün üç boyutu dikkate alınır.

- i. Kalınlık
- ii. Uzunluk
- iii. Genişlik

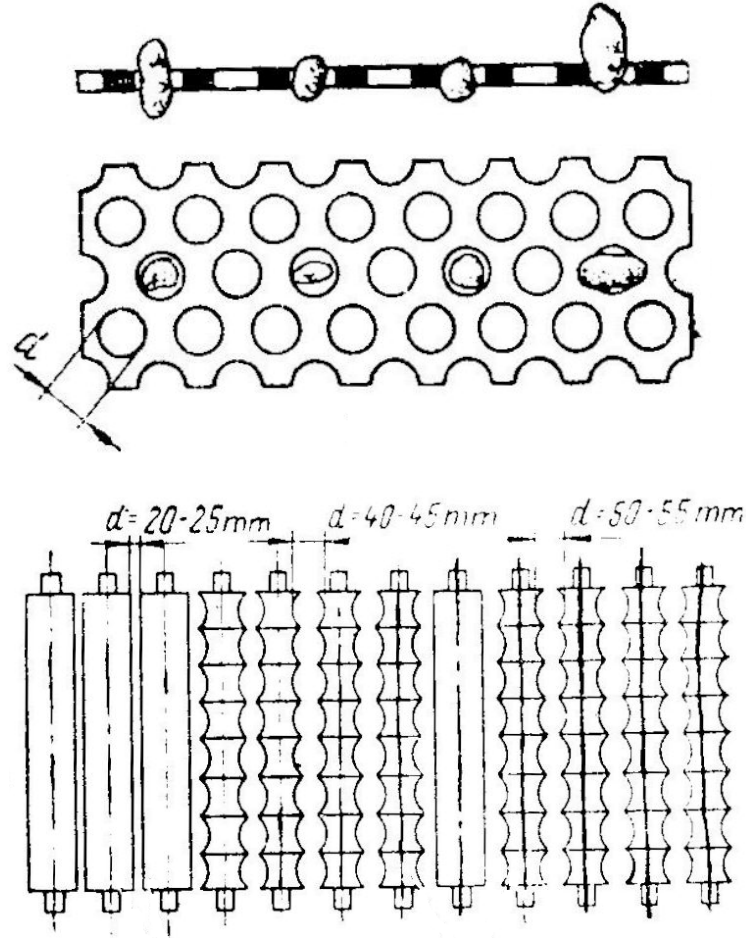
Ürünün en küçük boyutu kalınlıktır, en büyük boyutu ise uzunluk olup genişlik ikisi arasında bir değer almaktadır (Klenin ve ark, 1986).



Şekil 1.1. Ürünün Geometrik Özelliğine göre Sınıflandırılması

Ürünün bu özelliği dikkate alınarak karışımı oluşturan ve ayrılması düşünülen ana ürün ile diğerleri arasında bir korelasyon var ise bu parametre kullanılmaktadır. Örneğin, eğer ürün, genişliğine göre sınıflandırılacak olursa eleğin yuvarlak delikli ya da makaralı yüzey kullanılması gerekir.

Burada ürün boyutu, delik çapından küçük ise aşağıya düşer, değilse elek üzerinden hareket ederek uzaklaşır.

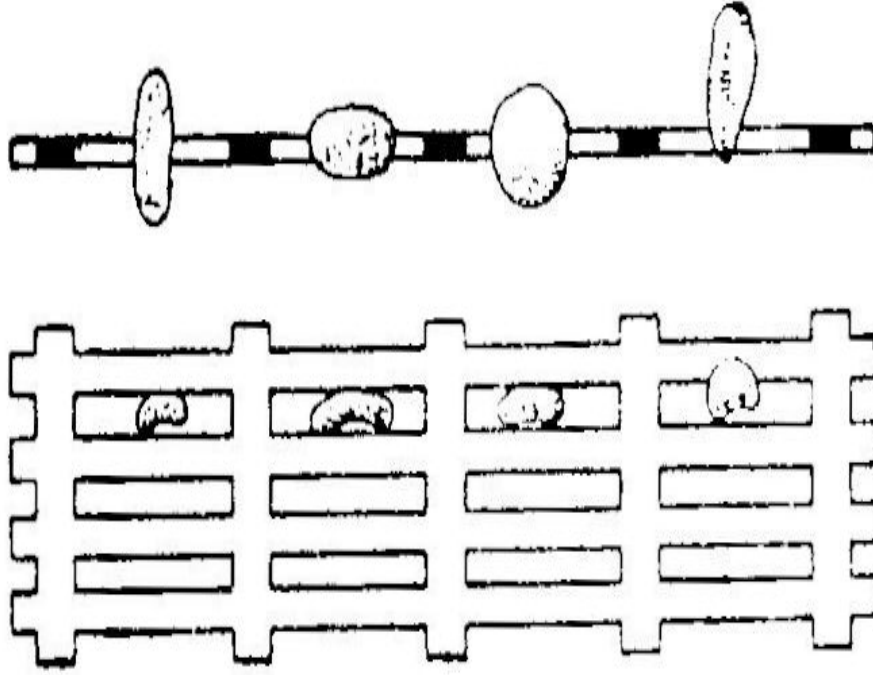


Şekil 1.2. Yuvarlak Delikli Elek ve Makaralı Yüzey (Mutaf, 1961)

Tanelerin kalınlıklarına göre ayrılmasında ise oblong ve dikdörtgen delikli elekler kullanılmaktadır. Burada kalınlığı elek genişliğinden daha küçük olan taneler geçebilmektedir. Bunun için taneler uzun eksenleri elek düzlemine dik veya paralel konumda olabilirler (Güzel ve ark, 1999).

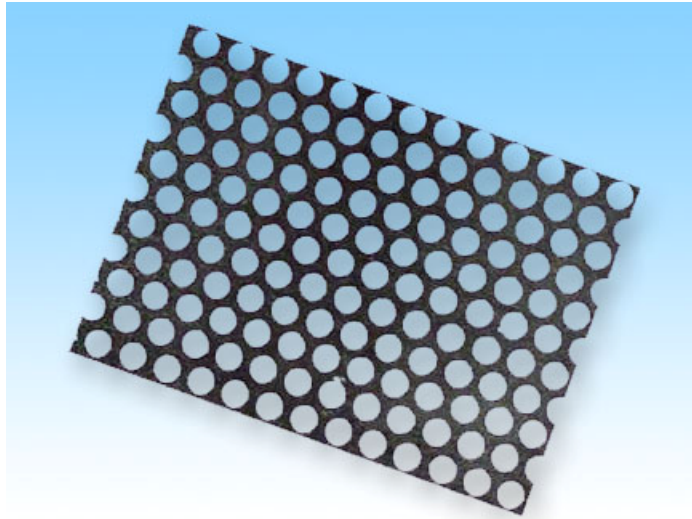
Geometrik boyut özelliğine göre seçilen elekler sınıflandırma amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar;

- i. Delikli saç elek
- ii. Dokuma tel elek
- iii. Örmel tel elek



Şekil 1.3. Oblong Delikli Elek (Mutaf, 1961)

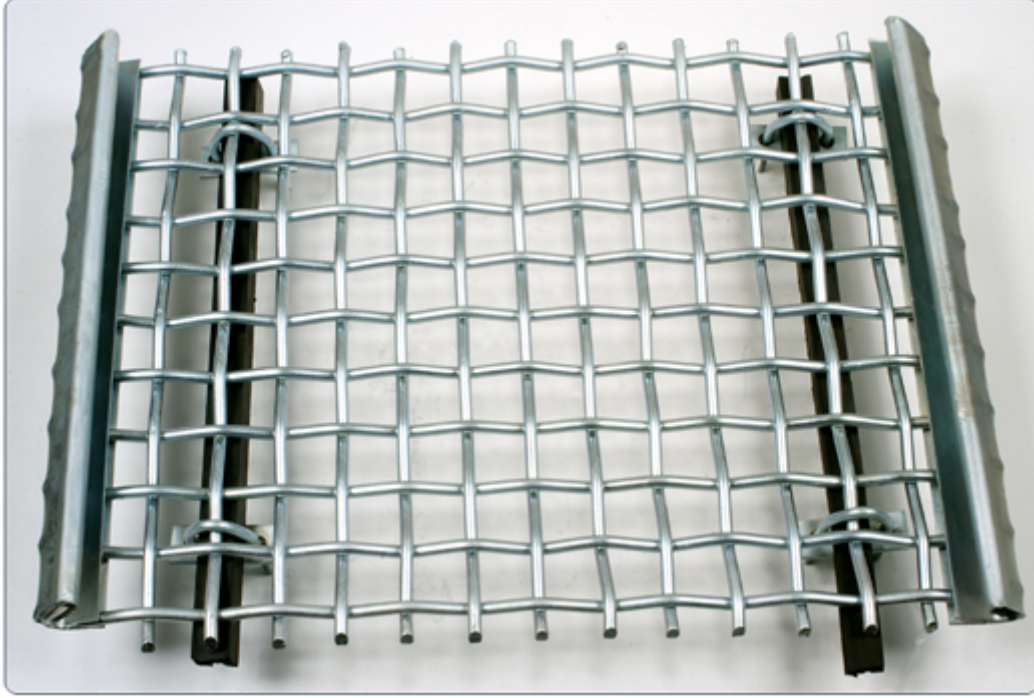
Delikli saç elekler ince madeni (bilhassa demir) saç levhadan, dokuma ve örme elekler ise telden yapılır (Mutaf, 1961).



Şekil 1.4. Delikli Saç Elek (Anonymous, 2008b)

Şekil bakımından ise düz ve silindirik elekler de bulunmaktadır. Düz elekler, saçtan veya telden yapılmış esas elekle bunun etrafını çevreleyen bir çerçeveden oluşmaktadır. Delikli saçtan yapılmış elekler çerçevesiz de olabilir. Delikli olan herhangi bir saç elek kıvrılarak silindirik hale getirilebilir.

Tohum temizleme makinalarında kullanılan eleklerin delikleri yuvarlak, oblong, kare ve rombik olabilir. Yuvarlak ve oblong delikler saç eleklerde, kare şeklindeki delikler ise dokuma eleklerde, rombik deliklerde örme tel eleklerde kullanılır (Güzel ve ark, 1999).



Şekil 1.5. Örme Tel Elek (Anonymous, 2008c)

Elek deliklerinin şekil ve büyüklükleri elenecek tohumluk karışımının özelliklerine ve eleme sonunda elde edilmesi amaçlanan ürünün safiyet derecesine göre seçilir. Ana bitkinin tohumlarının boyut ölçüleri tohumluktan ayrılması gereken yabancı maddelerin boyut ölçüleri ile karşılaştırıldığı zaman aralarında belirli bir uygunluk olduğu görülür. Bu nedenle karışım içerisindeki ayrılması arzu edilen yabancı maddenin yüzde yüz ayrılması tek bir aşamada olası olmayabilir. Bu nedenle elek deliklerinin delik ölçüleri en az bir fire ile en yüksek safiyeti sağlayacak konumda seçilmelidir (Güzel ve ark, 1999).

#### 1.4.2. Aerodinamik Özelliklerine Göre Ayırma

Bir karışımı oluşturan parçacıkların hava akımı içindeki davranışı, parçacıkların aerodinamik özellikleri ile saptanır (Klenin ve ark, 1986). Hava

içerisinde hareket eden bir cismin bu hareketine karşı hava bir direnç gösterir. Bu direnç bir çok faktörlere bağlı olması yanında karışımın yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Hava tarafından fazla dirençle karşılaşan taneler ise daha hızlı hareket ederler.

Havanın diğer bir etkisi ise; havanın cisimlere yaptığı basınçtan yararlanma şeklidir. Hava akımının etkisine bırakılan bir doğal karışım içerisindeki hafif kısımların ataletleri az olduğu için rüzgar hızına daha çabuk uyum sağlayarak, kütlesi fazla olan ürünlere göre daha uzağa giderler. Bu yöntemin temel parametreleri ise;

- i. Kritik hız,
- ii. Havanın direnç katsayısı,
- iii. Aerodinamik sürüklenme katsayısıdır.

Bu parametrelerin açıklanabilmesi için parçacıkların düşey hava kanalı içerisindeki davranışları yakından incelenmektedir. Taneler düşey hava kanalına bırakıldıklarında yerçekimi kuvveti (G), ve havanın tanelere olan direnç kuvveti (R)'nin etkisi altında kalır. R kuvveti ise;

$$R = k \cdot \rho_a \cdot F_c \cdot (V_a - u)^2 \dots\dots\dots (N)$$

Burada;

k = Havanın direnç katsayısı

$\rho_a$  = Havanın yoğunluğu ( kg / m<sup>3</sup> ),

(20<sup>0</sup>C' de 10<sup>5</sup> Pa basınçtaki hava için;  $\rho_a$  = 1.19),

F<sub>c</sub> = Cismin hava akımına dik düzlemdeki iz düşüm alanı (m<sup>2</sup>)

V<sub>a</sub> = Hava akımı hızı (m/s),

u = Cismin hızı (m/s).

Düşey yöndeki hava akımı içerisinde R ve G kuvvetleri birbirinin tersi yöndedir. Bu nedenle bu kuvvetler arasındaki büyüklük ilişkisine bağlı olarak cisim, G > R ise aşağıya doğru, G < R ise yukarıya doğru hareketlenir. G = R durumunda ise u = 0 dır. Cisim bu durumda hava akımı içerisinde askıda kalır. Bu durumdaki hıza cismin kritik hızı ismi verilir (V<sub>kr</sub>). Kritik hız G = R koşulunda yukarıdaki R eşitliğinden yararlanılarak bulunur (Güzel ve ark, 1999).

$$V_{kr} = \frac{\sqrt{G}}{k \cdot \rho_a \cdot F} \quad (m/s)$$

Eşitlikteki G; Cismin ağırlığı (N)'dir.

Havanın direnç katsayısı (k) hava hızının artmasıyla azalır ve aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- i. Cismin şekline,
- ii. Yüzey durumuna,
- iii. Hava akımı içindeki konumuna,
- iv. Hava hızına.

Aerodinamik katsayısı ( $k_d$ ) ise aşağıdaki gibidir:

$$k_d = 9.8 \cdot k \cdot \rho_a \cdot F/G$$

Kritik hız ve  $k_d$  eşitlikleri birlikte çözümlerse aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$k_d = 9.8 / V_{kr}^2$$

#### 1.4.3. Yüzeyin Biçimi ve Durumu Özelliklerine Göre Ayırma

Bir karışımı oluşturan ürünlerin yüzey durumları farklıdır. Bazı bitki tohumları düz ve parlak olduğu halde bazılarının yüzeyleri pürüzlü, girintili ve çıkıntılı olabilir. Bir eğik düzlem boyunca hareket eden çeşitli tane ve diğer cisimlere eğik yüzey tarafından gösterilen direnç, bunların yüzey durumlarına göre değişir. Yüzey özellikleri yönünden ortaya çıkan bu farklılık, farklı ürünlerin birbirinden ayrılması amacıyla kullanılmaktadır (Güzel ve ark, 1999).

#### 1.4.4. Yoğunluk ve Özgül Ağırlık Özelliklerine Göre Ayırma

Tohumların kendine ait özelliklerinin (nem miktarı, olgunluk derecesi, dolgunluk v.s) bakımından farklı oluşu özgül ağırlıklarının da farklı olmasına neden olur. Bir cismin özgül ağırlığı, belli bir hacim ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranı, veya 1 cm<sup>3</sup> maddenin gram olarak ağırlığıdır.

Cismin ağırlığı (gram olarak) G, Hacmi (cm<sup>3</sup> olarak) V ise, özgül ağırlığı:

$$\gamma = \frac{G}{V} \dots\dots\dots (\text{gr} / \text{cm}^3)$$

dir.

Herhangi bir cismin özgül ağırlığı  $\gamma_c$  ve bir sıvının özgül ağırlığı;  $\gamma_s$  olsun bu durumda;

$\gamma_c > \gamma_s$  ise, cisim o sıvının içinde batar,

$\gamma_c < \gamma_s$  ise, cisim sıvının üzerinde yüzer,

$\gamma_c = \gamma_s$  ise, cisim sıvının herhangi bir yerinde daima denge halinde bulunur.

İşte, tohumları özgül ağırlık farklarına göre sıvılarla temizleme prensibi bu esasa dayanır (Mutaf, 1961).

#### **1.4.5. Elektriksel Özelliklerine Göre Ayırma**

Tarım ürünlerinin elektriksel özellikleri özellikle işleme ve değerlendirme tekniği açısından son derece önemli görülmektedir. Bunlar elektriksel iletkenlik, kapasite yalıtkanlık olarak bilinmektedir. Özellikle elektriksel iletkenlik ve kapasite bazı tarım ürünlerinin nem içeriğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Güzel ve ark, 1999).

#### **1.4.6. Renk Özelliklerine Göre Ayırma**

Tarımsal ürünlerin ışığı yansıtma, tutma ve ışığı geçirme özellikleri son yıllarda elektronik ayırma ve sınıflandırma yanında olgunluğun, hastalık ve zararlıların saptanmasında yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmuştur.

Optik ayırıcılar, temizleme amacıyla son yıllarda hızlı bir şekilde kullanılmaktadır (Güzel ve ark, 1999).

#### **1.4.7. Mekanik Özelliklerine Göre Ayırma**

Cisimlerin mekanik dirençleri de ayırt edici bir faktör olabilir. Bunun için tohumlukla doğrudan temas edebilecek birbirinin tersine dönebilecek bir çift kauçuk silindir arasından geçmeye zorlanır. Örneğin toprak parçacıkları bu silindirler arasından geçerken ezildiği halde tohumlar silindirlerin kauçuk yüzeyini esneterek iki silindir arasından ezilmeden geçerler (Güzel ve ark, 1999).

**1.5. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışma ile diğer ayırma sistemlerine göre;

- i. daha basit hareket verme olanağına sahip,
- ii. dinamik balansın daha kolay sağlandığı,
- iii. yuvalı yüzeyin tıkanma olasılığının olmadığı,

iv. küçük alanlarda kullanılma olanağı fazla olan triyörlerin kinematik ilişkileri açıklanmaya çalışılmıştır. Kinematik ilişkilerden yola çıkarak triyörlerin sınır değerleri, devir sayısı, dönü hızı, ivmesi ve sürtünme katsayıları teorik olarak çıkarılmaya çalışılmıştır.

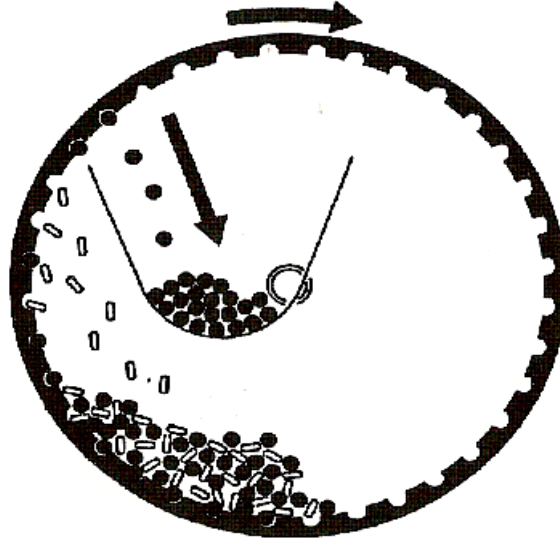
## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mutaf (1961), Ürünlerin genişliğine göre sınıflandırılmasında eleklerin yuvarlak delikli seçileceğini ya da makaralı yüzey kullanılması gerekeceğini belirtmiştir.

Burada ürün boyutu, delik çapından küçük ise aşağıya düşer, değilse elek üzerinden hareket ederek uzaklaşır.

Tanelerin kalınlıklarına göre ayrılmasında ise oblong ve dikdörtgen delikli elekler kullanılmaktadır. Burada kalınlığı elek genişliğinden daha küçük olan taneler geçebilmektedir. Bunun için taneler uzun eksenleri elek düzlemine dik veya paralel konumda olabilirler.

Tohumluk karışımını iki fraksiyon (parça) halinde ayıran triyörlerin yuvalı bir yüzeyden ibaret olduğunu belirtmiştir. Tohum temizleme ve sınıflandırma makinalarında kullanılan triyörler, silindirik veya diskli triyörlerdir. Silindirik triyörün işleyici organı, iç yüzeyi yuvalı olup kendi geometrik eksenini etrafında döndürülen eğik bir silindir ve bunun ortasına yerleştirilmiş bir oluktan ibarettir.



Şekil 2.1. Tohumların Triyör Yüzeyi Üzerinde Ayrılması

Triyör silindiri döndürülerek içerisine dökülen taneler, eğim yönünde ilerlerken yuvalara girerek silindirin dönüş yönünde yükselirler. Uzun tanelerin ağırlık

merkezleri yuvaların dışında kalacağından belirli bir eğim açısına kadar yükseldikten sonra aşağı yuvarlanırlar. Kırık tahıl taneleri ile yuvarlak tohumlar ve nispeten kısa olan taneler yuvaların içinde daha iyi tutunurlar ve uzun tanelere nazaran daha yükseklere çıkarlar. Böylece, toplayıcı oluğun kenar seviyesini aşan bu kısa (kırık veya yuvarlak) taneler de yuvalardan kurtulunca oluğun içine düşerek uzun tanelerden ayrılırlar. Silindirin içinde kalan uzun taneler silindirin kenarından dışarıya akarken, oluğun içindekiler de helezon götürücü tarafından ayrı bir yere sevk edilirler.

Tanelerin uzunluk farklarına göre en iyi şekilde ayrılması ancak triyörün belirli bir kinematik rejiminde mümkündür. Triyörün kinematik rejimi ise yuvalı yüzeyin ivmesine bağlıdır. Bu ivme aşağıdaki formül ile gösterilir:

$$j = \omega^2 \cdot r$$

$$\omega = \frac{\lambda \cdot n}{30}$$

dır.

$$j = \lambda^2 \cdot n^2 / 900 \cdot r$$

olur.

Burada,

$j$  : Triyör yüzeyinin ivmesi ( $m/s^2$ )

$\omega$  : Triyör silindirinin açısal hızı

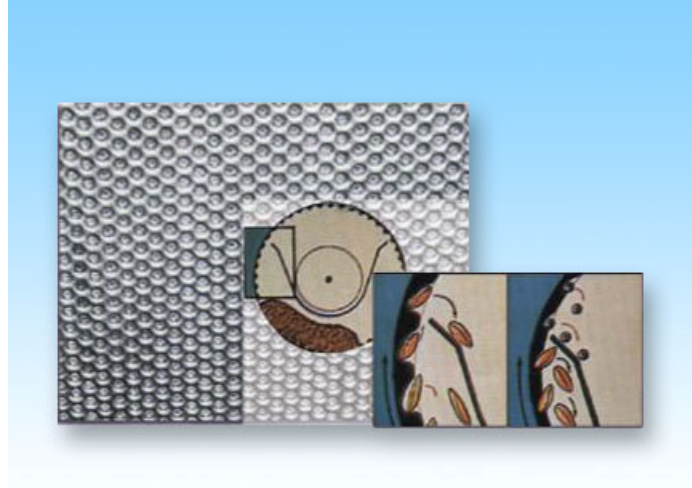
$r$  : Silindirin yarıçapı (m)

$n$  : Silindirin dakikadaki devir adedi

Güzel ve ark. (1999), Taneleri uzunluk ölçülerine göre ayırmada yuvalı yüzeylerden yararlandığını ve uygulamada daha çok triyörlerin kullanıldığını belirtmişlerdir ve genel olarak silindirik triyörlerin daha yaygın olduğundan bahsetmişlerdir.

Triyör ilkeseni şu şekilde açıklamışlardır: Yatay konumdaki tahtanın üzerine yarım küre şeklinde yuvalar açılarak bu yuvalardan bazılarını uzun, bazılarını ise yuvarlak taneler yerleştirelim. Sonra tahtayı bir tarafından tutup yan kaldırarak eğim

açısını yavaş yavaş değiştirelim. Yuvalı yüzeyin eğim açısı belirli bir dereceye kadar büyüdüğünde, yuvalara yerleştirilen uzun tanelerin yuvarlak ve kısa tanelere göre yuvalara tam yerleşemediğinden ağırlık merkezleri yuvaların dışında kalacağından dengesiz hale gelerek eğik düzlem yönünde yuvarlanacaklardır. Diğer tohumlar ise henüz yuvalarından dışarıya çıkmadığı için yoluna devam edeceklerdir.



Şekil 2.2. Triyör Yüzeyi ( Anonymous, 2008b )

Silindirik triyörlerde yuvalar preslenerek ya da matkap yardımı ile açılmaktadır. Gerek yuva derinliği gerekse yuva çapları ürünlerin boyutsal özelliklerine bağlı olmasına rağmen, genelde kullanılan silindirik triyörlerde yuva derinliği, çaplarının 0.4 – 0.6 katı arasında değişmektedir.

Silindirik triyörlerin iki tipi olduklarından bahsetmişlerdir. Bunların düşük devirli triyörler ve yüksek devirli triyörler olduklarını belirtmişlerdir. Devir arttıkça verim artacağından yüksek devirli triyörlerin daha çok tercih edildiklerinden bahsetmişlerdir.

Silindirik bir triyörün iş veriminin her şeyden önce yuva sayısına bağlı olduğunu ve bu nedenle iş verimini artırmak için silindirin uzunluk ve çap gibi esas boyutları ile dakikadaki devir sayısının yada dönme hızının artırılması gerektiğini belirtmişlerdir ve silindir uzunluğunun hesaplanmasında şu faktörleri sıralamışlardır:

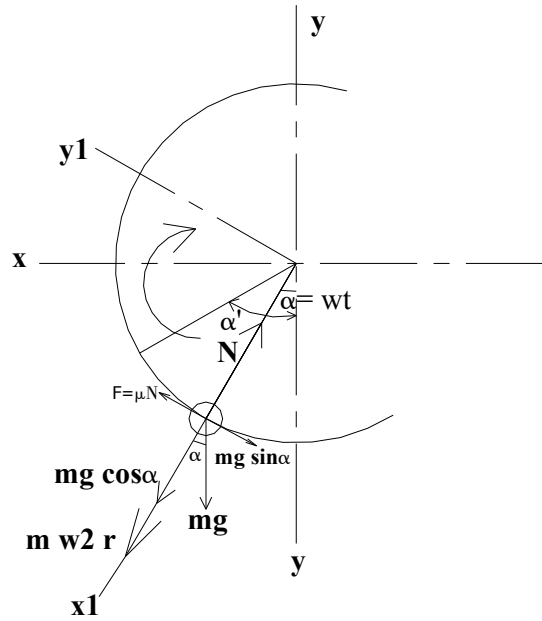
- i. Silindir alanının her  $m^2$ 'sine düşen yuva sayısı,
- ii. Silindir iç çapı (D),

iii. Bir yuvanın ayırdığı malzemenin ortalama ağırlığı ( $G_{ort}$ ).

Bu durumda her yuvanın yalnız bir tane alıp, yuvası içerisine attığı kabul edilirse, yuvalara girip oluğun içerisine atılabilen kısa tanelerin ortalama ağırlıkları  $G_{ort}$  . 1000 gram kadar olur.

Evcim (1991), Tohum temizleme ve sınıflandırma makinalarında ve kombine tohum temizleme – sınıflandırma makinalarında silindirik eleklerin kullanıldığını ve silindirik yüzeyin ya saçtan yapılarak üzerine dikdörtgen deliklerin açılmasıyla yada 3 – 3.5 mm çapındaki tellerin aralarında belirli bir açıklık kalacak şekilde helisel olarak sarılmasıyla elde edileceğini belirtmiştir. Silindir çapı gerekli iş verimine bağlı olarak 300 – 500 mm arasında silindir dönü sayısı da 45 – 75  $\text{min}^{-1}$  arasında değişir.

Silindirik eleğin çalışma kuramı: Dönen bir silindir içindeki tanelerin hareketini ele almıştır ve silindir iç yüzeyinin düz olduğunu kabul etmiştir.



Şekil 2.3. Silindir içindeki taneye etkiyen kuvvetler

Şekil 2.3' de görüldüğü gibi, silindir içindeki tane üzerinde ağırlık kuvveti ( $mg$ ), santrifüj kuvvet ( $m \cdot \omega^2 \cdot r$ ) ve sürtünme kuvveti ( $T = \mu \cdot N$ ) etkilidir.

Silindir döneceğiyle  $x_1$  ve  $y_1$  koordinat sisteminin de döndüğü kabul edilerek aşağıdaki eşitlikleri elde edebiliriz.

$$\sum F_y = 0,$$

$$m \cdot \omega^2 \cdot r - N + mg \cdot \cos \omega \cdot t = 0 \quad (1),$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$T - mg \sin \omega \cdot t = 0$$

ve

$$T = \mu \cdot N \quad (2)$$

olduğundan

$$T = \mu \cdot N = mg \sin \omega \cdot t$$

(1) nolu eşitlikten;

$$N = m (\omega^2 \cdot r + g \cdot \cos \omega \cdot t) = mg (k_t + \cos \omega \cdot t) \quad (3)$$

(2) nolu eşitlikten, tanenin hareket koşulunu silindir dönü hareketiyle birlikte gösteren ifade (tanenin görelî hızı = 0) için;

$$\mu = \tan \theta$$

yazılarak

$$\tan \theta \cdot N \geq mg \sin \omega \cdot t,$$

$$N = mg (k_t + \cos \omega \cdot t)$$

olduğundan ( $k_t$ ; kinematik oran)

$$\tan \theta \cdot mg (k_t + \cos \omega \cdot t) \geq mg \sin \omega \cdot t,$$

$$(\sin \theta / \cos \theta) \cdot (k_t + \cos \omega \cdot t) \geq \sin \omega \cdot t,$$

$$k_t \geq \sin (\omega \cdot t - \theta) / \sin \theta$$

veya

$$k_t \cdot \sin \theta \geq \sin (\omega \cdot t - \theta)$$

olur.

Sonuçta silindirle belirli bir ürün arasındaki sürtünme açısı ( $\theta$ ) sabit olduğundan, tanenin hareketi silindir yarıçapına ve dönü sayısına bağlıdır. Belirli bir  $k_t$  değerinde tane silindir içinde duracak ve silindirle beraber dönecektir.

Tanenin yükselme açısı sınırını  $\alpha_1 = \omega_{t_1}$  ile gösterirsek

$$\sin (\alpha_1 - \theta) = k_t \cdot \sin \theta,$$

$$\alpha_1 - \theta = \arcsin (k_t \cdot \sin \theta),$$

$$\alpha_1 = \theta + \arcsin (k_t \cdot \sin \theta)$$

bulunur.

Buradan,  $k_t$  ve  $\theta$  değerleri ne kadar büyük olursa tanenin yükselme açısı ( $\alpha_1$ )'nın o kadar büyük olacağı sonucuna varılır.

$$\sin (\alpha_1 - \theta) \leq 1$$

olduğundan

$$k_t \cdot \sin \theta \leq 1$$

dir.

$k_t$ 'nin en yüksek değeri

$$k_{t \max} = 1 / \sin \theta$$

de gerçekleşir.

$$k_t = k_{t \max},$$

olduğunda

$$\sin (\alpha_{1 \max} - \theta) = 1$$

dir.

Silindir içinde tanenin maximum yükselme açısı için,

$$\alpha_{1 \max} = \frac{\lambda}{2} + \theta$$

elde edilir.

$\theta$  açısı daima  $\lambda / 2$  den küçük olduğundan  $\alpha_{1 \max} < \lambda$  olacaktır. Bu nedenle de tane silindirin  $1 / 2$  dönüşüne kadar gelmeden geri düşecektir. Tane, şekil 2.3'deki  $y_1$  eksenini yakınlarında kayarak geri (aşağı) düşer. Silindir dönüşünün artışıyla, daha önce verilen

$$N = m (\omega^2 \cdot r + g \cdot \cos \omega \cdot t)$$

uyarınca (santrifüj kuvvetin artmasıyla)

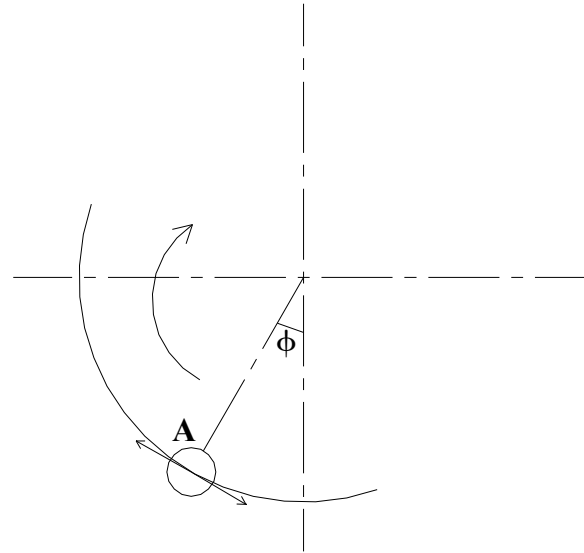
$$T = \mu \cdot N$$

artacağından belirli bir  $k_t$  değerinde tanenin görelî hızı sıfır olacak ve materyal silindirle beraber dönecektir.

Eğer tanenin görelî hızı sürekli olarak sıfıra eşit olursa ayırma işlemi gerçekleşmez. Uygun ayırma işlemi sağlamak için tanenin silindir iç yüzeyi üzerinde geri kayması gereklidir. Böyle bir durumda,  $k_t$  değeri  $k_t \cdot \sin \theta < \sin (\omega \cdot t - \theta)$ 'e göre uygun bir değere düşürülmelidir.

Kinematik faktör değerinin azalışı ile tanenin kayma yolu artarken görelî duruş yolu uzunluğu azalır. Diğer bir anlatımla, silindir içinde tane daha çok yükselip geri kayma hareketi yapar (düşme yolu azalır).

Yeterince düşük bir K değerinde tanenin sadece kayma hareketi sağlanabilir. Sürtünmenin sonucu olarak tane başlangıçta santrifüj kuvvet nedeniyle silindir yüzeyi tarafından çevre hızından daha düşük bir hızla yukarı doğru kaldırılır.



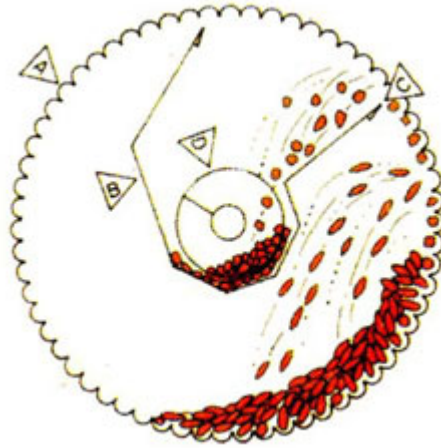
Şekil 2.4. Hareketli Eşdeğer Tane

Silindir yüzeyinin ideal düzlüğü ve tanenin ideal küreselliğinde, tane sürtünme açısı ile belirlenen (Şekil 2.4' de A noktasıyla gösterilen hareketli eşdeğer tane) konumda geri kayacaktır.

Ancak silindir yüzeyinin ideal düzgünlükte olmayışı ve hatta üzerinin delikli oluşu, ayrıca materyalin küresel olmayışı nedeniyle şekil 2.4' de gösterilen A noktası biraz daha yukarıda gerçekleşir.

Tanenin belirli bir  $V_z$  kayma hızıyla geri dönüşü sırasında  $2.m. \omega_z \cdot V_z$  atalet kuvveti etkilidir ve bu kuvvet silindir yarıçapı doğrultusunda dönme merkezine yöneliktir.

Taneleri uzunluklarına göre ayıran triyörlerin ana ürün içinden küçük ot tohumları ve kırık taneleri ayırmak için kullanılacağını belirtmiştir ve bir triyörün işlevini kısaca şöyle anlatmıştır: Karışım içindeki boyca küçük taneler alttan yukarı doğru dönmekte olan silindirik yüzey üzerindeki yuvalar içine girerek yukarı kaldırılır ve ancak belirli bir konumdan sonra ayırıcı tekne içine düşerler. Uzun taneler ise ağırlık merkezleri yuva dışına taşmış olacağından yuvaları daha önce terkedeceklerdir. Böylece boyu küçük olan taneler uzun olanlardan ayrılmış olur. Bu işlem triyörün kinematik çalışma koşulları ve onun geometrik boyutları ile ilgilidir.



Şekil 2.5. Triyör Silindirinin Kesiti ve Çalışma Prensibi (Anonymous, 2008d)

Triyör içindeki materyal triyörle birlikte harekete başlar. Silindir yüzeyi ile temas halinde olan taneler sürtünme nedeniyle triyörün dönü yönünde kaldırılır. Bu sırada uzunluğu silindirik yüzey üzerindeki yuva çapından daha az olan taneler yuva içine düşer. Yuva içine girmeyen diğer taneler belirli bir konuma geldikten sonra geri kayarak düşer. Yuva içine giren taneler ise dönü hareketine bağlı olarak iyice yukarı kaldırıldıktan sonra serbest düşmeyle ayrılır. İşte yuva içine giren taneler ile girmeyenler arasındaki kaldırılma yüksekliği farkından yararlanılarak araya konulan ayırıcı tekne ile yuvalara giren materyal ayrılır.

Yağcıoğlu (1996), Düz eleklerin tasarım parametrelerinin; düz eleklerin tasarımı için gerekli temel parametrelerle ilgili kesin değerlerin belirtilmesi mümkün olmadığını belirtmiştir. Çünkü karışımdaki katıkların cinsi, boyutu, miktarı ve nemi, eleğin genliği, frekansı, eğimi, askı tipi v.b unsurlardan herhangi birinde değişiklik meydana geldiğinde, eleme işlemi hemen bu değişiklikten etkilenir. Bu nedenle, söz konusu temel parametrelerin belirlenmesi için yalnızca ön tavsiyeler yapılabilir. En iyi sonuçlar deneyerek bulunabilir

Eleğin eğim açısı, tane ile çelik arasındaki kinetik sürtünme açısından küçük olmalıdır. Bu açı genellikle ön temizleme eleklerinde  $3^{\circ} - 5^{\circ}$ , sınıflandırma eleklerinde ise  $4^{\circ} - 10^{\circ}$  olarak tavsiye edilebilir. Elek eğimi belirlenirken, askı kollarının düşeyle yaptığı açı da dikkate alınmalıdır. Örneğin, tahıl eleklerinde askı kolları tam düşeyse, elek eğim açısı  $4^{\circ} - 6^{\circ}$  arasında seçilebilir. Askı kollarının düşeyle yaptığı açı  $10^{\circ} - 12^{\circ}$  ye ulaştıkça, elek eğimi azaltılmalıdır. Elek eğiminin azaltılması durumunda, elek özgül kapasitesinin değişmemesi için salınım hareketinin genlik ve frekansının artırılması gerekir. Bu durum ise, bir yönden eleme hassasiyetini azaltırken diğer yönden de elek düzeninin dinamik balans sorunlarını artırır. Eleklerin doğrusal özgül beslenmeleri  $200 - 1000 \text{ kg h}^{-1} \text{ dm}^{-1}$  sınırları arasında kalmalıdır. Özgül beslenme arttıkça, uygun elek ivmesi değerinin de büyümesi nedeniyle elek düzeninin dinamik balans sorunu büyür.

Eleklerin sahip olması gereken en uygun ivme değeri, ürüne ve delik şekline bağlı olarak  $8 - 28 \text{ ms}^{-2}$  arasında değişmektedir. Oblong delikli eleklerin ivmesi, yuvarlak deliklilere göre daha yüksek seçilir. Örneğin, buğday için oblong delikli eleklerde  $20 - 23 \text{ ms}^{-2}$ , yuvarlak deliklilerde ise  $9 - 11 \text{ ms}^{-2}$ , tavsiye edilmektedir.

Bazı ürün temizleme düzenlerinde dönerek çalışan elekler kullanılmaktadır. Bu tip elekler düz eleklerle karşılaştırıldığında, aşağıda sıralanan

- i. daha basit tahrik düzenleriyle hareket verilebilme,
- ii. dinamik balanslarının daha kolay sağlanması,
- iii. deliklerinin tıkanma sorunlarının daha az olması

gibi üstünlüklere sahip olduğu görülür. Bu tip eleklerin en önemli sakıncası, birim yüzeyine düşen elenen materyal miktarının az olmasıdır.

Silindirik eleklerde ayrılacak karışım, eleğin bir ucundan, elek iç yüzeyine akıtılır. Eleğin dönüşü ve eğimine bağlı olarak karışımı oluşturan katıklar elek iç yüzeyine yayılır.

Delik veya aralıklardan geçenler elek altına dökülürken, geçemeyenler eleğin diğer ucundan dışarı çıkar.



Şekil 2.6. Silindirik Elek (Anonymous, 2008e)

Silindirik elek içindeki bir taneye hareketi sırasında etki eden kuvvetler vardır. Bunlar aşağıdaki eşitlikler kullanılarak yazılabilir.

$$N = mg \cos \theta$$

$$T = f N = f ( mg \cos \theta + m \omega^2 R )$$

$$= f m ( \omega^2 R + g \cos \theta )$$

Denge durumunda

$$T = mg \sin \theta \text{ olduğundan}$$

$$f m (\omega^2 R + g \cos \theta) = mg \sin \theta \text{ ve}$$

$$f = \tan \varphi$$

olduğundan

$$\tan \varphi m (\omega^2 R + g \cos \theta) = mg \sin \theta \text{ yazılabilir.}$$

Tüm terimleri g ye böler ve

$$k_t = \omega^2 R / g$$

ifadesini yalnız bırakırsak

$$k_t = \sin (\theta - \varphi) / \sin \varphi$$

elde edilir.

Bu eşitlikte  $\varphi$ , tane ile yüzey arasındaki sürtünme açısını belirtmektedir. Tane ile elek yüzeyi arasındaki sürtünme açısı, incelenen herhangi bir durum için sabit kabul edileceğinden, tanenin hareketi, silindirin açısal hızına ve yarıçapına bağlıdır.

Tanenin silindirik elek içindeki hareketi eleğin kinematik faktörü incelenerek kestirilebilir. Örneğin,  $k_t \geq \sin (\theta - \varphi) / \sin \varphi$  durumunda tane, elek yüzeyi üzerinde sabit kalarak eleklerle birlikte döner.

Tanenin elek yüzeyi üzerinde aşağı doğru kayması durumu için

$$T < mg \sin \theta$$

yazılabilir. Kayma hareketinin başladığı nokta, tanenin yükselebildiği ' $\theta$ ' açısıyla belirlenebilir.

$\theta$  için yukarıdaki eşitlikten yararlanılarak

$$\theta = \varphi + \arcsin (k_t \sin \varphi)$$

yazılabilir. Tanelerin boşluğa düştüğü andaki elek dönme açısı  $\theta_{\max}$ , aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunabilir.

$$\theta_{\max} = \frac{\tilde{\lambda}}{2} + \arcsin. k_t$$

Şehirli (1989), Tohum ayırma işlemini, istenen tohumlar ile karışık yabancı ot ya da diğer ürün tohumlarının fiziksel özellikleri arasındaki farklılıklara dayanarak

ayrıldığını belirtmiştir. Tohumlar içinde, tohumlar arasında ve istenmeyen materyal arasında en yaygın şekilde görülen farklılık, büyüklüktür. Tohum işlemede büyüklüğe göre ayırım esastır. Bu amaçla, hava akımlı – elekli (temel tohum temizleyici) makinada metal elek serisi kullanılarak farklı büyüklükteki tohumlar ayrılır.

Birçok türde tohumların ayrılması işlemi tohumun genişliğine ya da kalınlığına göre yapılmaktadır. Genişlik ve kalınlık belirlenmesinde, tohum bir ucu üzerinde dik olarak tutulur ve genişliği ile kalınlığı onun özel delik büyüklüğünü gösterir. Eğer tohum, seçilen eleğin genişlik ve kalınlığından küçükse delikten aşağı düşer. Eğer büyük ise bu kez deliklerden geçmez, farklı kanaldan dışarı atılır. Kalınlık ayırımı silindirik ya da yassı delikli eleklerle yapılır. Bunlar yuvarlak delikler ya da tohumun şekil ve büyüklüğüne göre çukurlar ihtiva ederler. Çentiklerin omuzları tohumu dik ve delikten geçecek duruma getirir. Dar olan tohumlar delikten geçer, delikten geniş olan tohumlar ise seçilerek ayrı bir kanaldan dışarı alınır. Bir makinada genişlik ve kalınlık ayırıcılarının seri halinde bir araya getirilmesiyle aynı işlem süresinde farklı genişlik ve kalınlıktaki tohumların ayrılması gerçekleştirilir.

Tohumların uzunluk farklılığı ürün ve yabancı ot tohumları arasında yaygın bilinen bir farklılıktır ve bu özellik sık sık tohumun derecelendirilmesi ve kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yivli silindirler (Triyörler) ve diskli ayırıcılar uzunluk ayırımında kullanılabilir. Yivli ayırıcı (Triyör), iç yüzeyi yuvalı, kendi geometrik eksenini etrafında döndürülen eğik uzun bir silindir olup, iç yüzeyinde kusursuz, aynı büyüklükte binlerce küçük yuva ihtiva eder. Silindirin iç kısmı ayırma yardımcı olan aynı düzeyde tohum akışı sağlayan helezon, tohumları tutacak akış kanalı ve seçilen tohumları uzaklaştıracak olan spiralden oluşmaktadır. Silindir içinde yığın halinde bulunan tohumlar, silindirin dönmesiyle bir yuvaya yerleşme fırsatı bulur ve yukarıya kaldırılır. Tohumun uzunluğu ve ağırlık merkezi ya da yuvanın büyüklüğü tohumun yükselmesi üzerinde etkilidir. Uzun tohumlar yuvaya tam oturmazlar, bu nedenle yeterli yüksekliğe kalkamaz.

Klenin, N. I. F. Popov, V. A. Sakun (1986), Sınıflandırma ve temizlemenin temel özelliklerinden bahsetmişlerdir. Taneli ürünler, köklü ve yumrulu bitkiler,

tarladan hasat edildiğinde toprak ve yabancı madde karışımı temizlenerek uzaklaştırılır.

Bitkisel materyalin sınıflandırma ve ayırma işlemi farklı işlemleri gerektirir. Ürünün tipine bağlı olarak, tohumlu ürünler ya yem için ya da işlenmemiş olarak sınıflandırılır. Sınıflandırmada temel parametre ürünün saflığı, ürünün çimlenmesi, mutlak ya da özgül ağırlığı ve boyutların üniformluğudur. Tohumlu bitkiler, tahıllar, baklagiller, yağlı bitkiler ve diğer ürünler çimlenme kapasitesine göre üç gruba bölünür.

I. grup, çimlenme kapasitesi % 95 den küçük olmayan ve % 99 oranında tohumu bulunan

II. grup, çimlenme kapasiteleri % 90 – 95 arasında ve temel bileşeni % 98,5

III. grup, temel bileşeni % 97 ve çimlenme kapasitesi % 85 – 90 arasında olanlardır.

Sınıflandırma ve Temizlemenin Yöntemleri şöyle belirtilmiştir:

Tarım ürünlerinin sınıflandırılması ve temizlenmesinde çeşitli kriterler dikkate alınmaktadır. Bunlar;

- i. Geometrik özellikleri ( ürünün )
- ii. Aerodinamik özellikleri
- iii. Yüzeyin biçimi ve durumu
- iv. Yoğunluk ve özgül ağırlık
- v. Elektrik iletkenlik
- vi. Renk

Farklı ürünler boyutlarına göre eleklerle, makaralı düzeneklerle, kayışlı taşıma yüzeyleriyle ve silindirik sınıflayıcılarla sınıflandırılırlar.

Geometrik boyutlarına göre ürünün üç boyutu dikkate alınır.

- i. Kalınlık
- ii. Uzunluk
- iii. Genişlik

Ürünün en küçük boyutu kalınlıktır, en büyük boyutu ise uzunluk olup genişlik ikisi arasında bir değer almaktadır.

Ayrıca yumuşak iç yüzeyli silindirik sınıflandırıcıları, buğdayın yüzey pürüzlülüğünü kullanarak, buğdaydan yabancı tohumların ayrılması için kullanıldığını belirtmişlerdir. Bir zincir içerisinde bulunan yabancı tohumlar, dönen silindirin yün kümelerine benzeyen yüzeyi (yuvalar) tarafından kapılırlar ve yukarı taşınırlar. Bu yüzeyler silindire sabitlenmiştir ve yabancı tohumları ayırıcı oluğun içinde sınıflandırılırlar.

W. Hall, C., D, (1972), Silindirik sınıflandırıcıları şöyle anlatmışlardır: Dönen bir yuvalı yüzeye sahiptirler, bu yüzeylerin girintili veya cepli olacağını belirtmişlerdir. Ayrıca bu yuvalı yüzeyler kısa tohumları toplamak için kullanılır. Bu işlemde, kısa tohumlar silindirin üst tarafına taşınır ve sonra ayrılmak üzere bir oluğun içine düşürülür.

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Triyörler

Triyörler, tahıl içinde bulunan ve elemeyle ayrılamayan yabancı maddelerin yanında üründe kendi içerisinde sınıflandıran, yuvalı yüzeylerden oluşan yatay ve düşey eksenli olarak çalışan makinalardır.

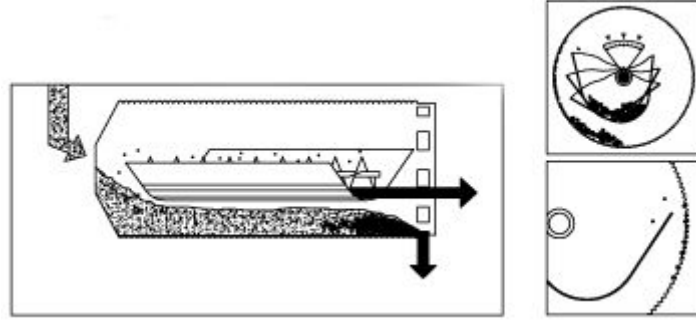
Ayrıca triyörler, tahıl ürünün içerisindeki kırık buğday, ot tohumları gibi küçük yabancı maddelerin ayrılmasını da sağlamaktadırlar. Tohum temizleme istasyonları ve un fabrikalarında verimli bir şekilde kullanılmaktadırlar (Anonymous, 2008b).

Triyörün ayırma etkinliğine;

- i. Besleme miktarı (Silindirdeki tane tabakası kalınlaştıkça işin kalitesi bozulur.).
- ii. Dönü hızı (Dönme hızı azaldıkça işin kalitesi iyileşir, fakat iş verimi azalır.).
- iii. Silindir eğim açısı etki etmektedir (Eğim açısı büyüdükçe triyörün iş verimi artar, fakat yapılan işin kalitesi bozulur.) (Mutaf, 1961).



Şekil 3.1. Silindirik Triyör (Anonymous, 2008f)



Şekil 3.2. Silindirik Triyör Kesiti



Şekil 3.3. Silindirik Triyörün Uygulamadaki Yeri



Şekil 3.4. Silindirik Triyörün Uygulamadaki Yeri



Şekil 3.5. Silindirik Triyörün Uygulamadaki Yeri

### 3.2. Metod

#### 3.2.1. Triyör Silindirinin Kinematığıyle İlgili Temel Parametreler

Silindirik triyörün işlevini etkileyen en önemli kinematik koşullar, silindirin kinematik faktörü ve devir sayısıyla tanımlanmaktadır. Diğer bir deyimle triyörün hareket hali ve bu hareketli konumda ürünün yerdeğiştirme miktarı, hızı ve ivmesinin yanında bu çalışmayla temel kurallar ortaya konmaya çalışılmıştır. Triyör silindirinin bilinen kinematik faktörü ( $k_t$ );

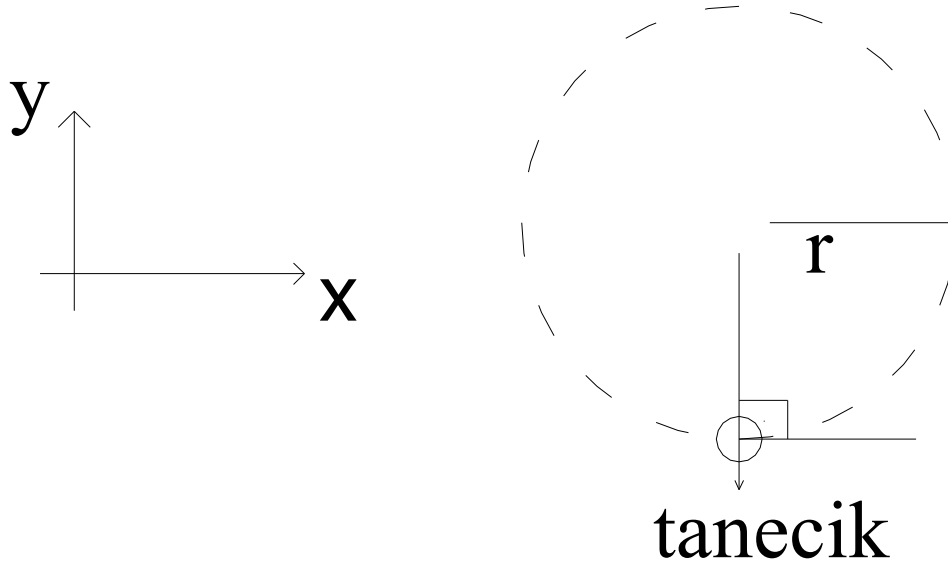
$$k_t = \frac{\omega^2 R}{g}$$

ifadesiyle belirtilir. Bu eşitlikte yer alan  $R$ , triyör silindirinin yarıçapını  $\omega$  ise, açısal hızını belirtmektedir (Yağcıoğlu, 1996).

Triyör oyuklarının içine giren katıkların, oyuktan dışarı düşebilmesi için açısal hızları  $\omega < (g/R)^{1/2}$  şartını taşımalıdır. Aksi takdirde, merkezkaç kuvvetin etkisi nedeniyle, oyuk içindeki tane olduğu yerde kalır; dışarı düşemez. Açısal hızın uygun olması durumunda, yuva içine giren taneler, oyuğun kepçe etkisi ve oyuk ile tane arasındaki sürtünme nedeniyle, ağırlık merkezlerinden geçen düşey bileşenin doğrultusu oyuk dışına çıktığı konuma ulaşana kadar yükselir ve buradan aşağıya doğru düşerler. Uzun taneler, oyuk içindeyken silindirle birlikte küçük bir açısal yol ( $\theta$ ) aldıktan sonra, yeniden karışımın içine düşerler. Bu nedenle sürekli olarak beslenen triyörlerde, silindir boyunca karışım, karmaşık bir sarmal hareket yapar (Evcim, 1991).

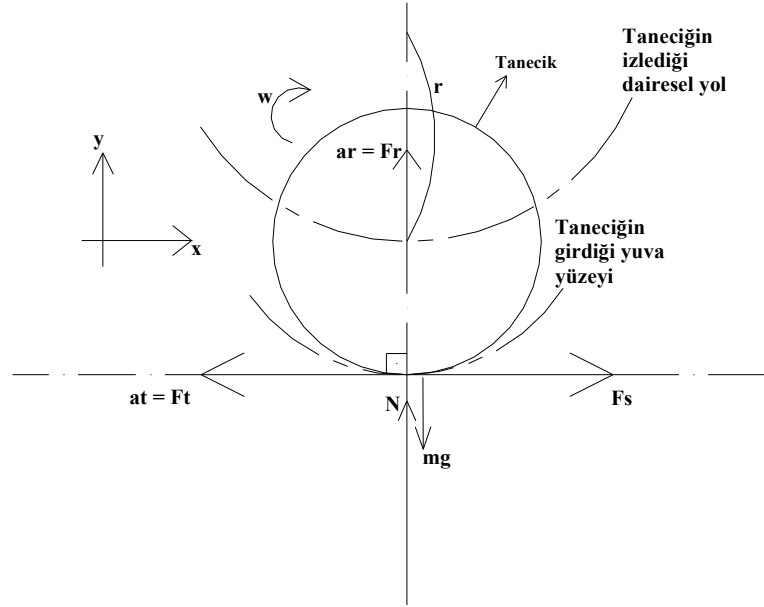
### 3.2.2. Silindirik Triyörlerde Dairesel Hareket Yapan Tohumun Kinematik Analizleri

#### Kinematik Analiz 1



Şekil 3.6. Taneciğin Konumu

Öncelikle, taneciğin yuvaya ilk girdiği anda taneciğin dikey merkez ekseninin yatayla yaptığı açı  $90^\circ$  olduğu kabul edilir. Bu yüzden, ilk kinematik analiz bu doğrultuda yapılır.



Şekil 3.7. Triyör yuvasındaki taneciğe etkiyen kuvvetler

ar: Radyal ivme

at: Teğetsel ivme

$\alpha$ : Açısal ivme

$\omega$ : açısal hız

Newton'un 2. hareket yasasına göre;

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

F: Kuvvet

m: Kütle

a: İvme

Formül (1) dairesel hareket yapan tanecik için özelleştirilirse, merkezci (radyal) ve teğetsel kuvvetlerle karşılaşılır.

Bu analizde, merkezci (radyal) kuvvet  $F_r$  ile, teğetsel kuvvette  $F_t$  ile gösterilecektir. Buna göre;

$$F_r = m \cdot a_r \quad (2),$$

$$F_t = m \cdot a_t \quad (\text{Dönmeden kaynaklı})$$

Dairesel hareket yapan tanecik için;

$$a_r = r \cdot \omega^2 \quad (4),$$

$$a_t = r \cdot \alpha \quad (5)$$

r: Yarıçap

Ayrıca tanecik ile yuva yüzeyi arasında sürtünme kuvveti olduğu varsayılırsa, bu sürtünme kuvveti şöyle bulunur:

$$F_s = \mu \cdot N \quad (6)$$

$F_s$ : Sürtünme kuvveti

$\mu$  : Yuva yüzeyi ile tanecik arasındaki sürtünme katsayısı

N: Yuva yüzeyine dik etkiyen kuvvet

Kinematik analizin en başında belirtildiği gibi, taneciğin dikey merkez ekseninin yatayla yaptığı açı  $90^0$  kabul edilir ve tanecik dengede olur.

Tanecik dengede olduğu için, Newton'un 2. Hareket yasasına göre ona x ve y doğrultularında etkiyen net kuvvetlerde sıfırdır.

Buna göre;

$$\sum F_x = 0 \quad (7),$$

$$\sum F_y = 0 \quad (7')$$

Önce eşitlik (7) incelenirse;

$$\sum F_x = 0,$$

$$F_s - F_t = 0,$$

$$F_s = F_t \quad (7'')$$

elde edilir.

Daha önceden formül (3)'te belirtildiği gibi;

$$F_t = m \cdot a_t$$

dir.

ve formül (5)' te verildiği üzere;

$$a_t = r \cdot \alpha$$

dır.

Kısaca,  $F_t$  şu şekilde ifade edilebilir;

$$F_t = m \cdot r \cdot \alpha \quad (8)$$

Ayrıca formül (6)'ya göre  $F_s$ ' nin 'N' ve ' $\mu$ ' nün çarpımına eşit olduğuda biliniyor.

Formül (7") ve (8)'i birbirlerine eşitlediğimizde;  $F_s$  şu şekilde bulunur.

$$F_s = m \cdot r \cdot \alpha \quad (9)$$

Formül (9)' da  $F_s$  yerine formül (6)'yı yazarsak;

$$N \cdot \mu = m \cdot r \cdot \alpha \quad (10)$$

şeklinde bir ifade elde edilir.

Bu eşitlik için; ' $\mu$ ', ' $m$ ', ' $r$ ' ve ' $\alpha$ ' değerleri bilinirse 'N' değeri yani yuva yüzeyine etkileyen net kuvvet hesaplanabilir. Böylece x doğrultusundaki kuvvetlerin analizi bitirilir.

Şimdi, y doğrultusundaki kuvvetlerin analizinin yapılabilmesi için eşitlik (7) incelenecektir.

$$\sum F_y = 0 \quad (7),$$

$$-mg + N + F_r = 0$$

Bu denklemde  $F_r$  formül 2 ve 4 kombinasyonu ile şu şekilde bulunur;

$$F_r = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad (11)$$

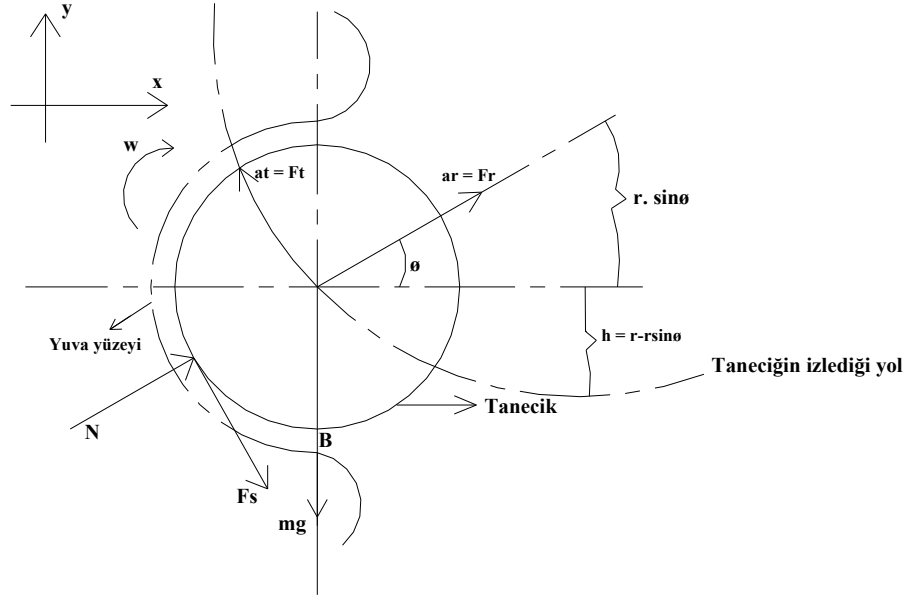
ve eşitlik (7) şu şekilde dönüşür;

$$mg - N + m \cdot r \cdot \omega^2 = 0 \quad (12)$$

Formül 10' da bulduğumuz N tepki kuvveti ile, formül 12' de bulduğumuz N tepki kuvveti eşit ise tanecik dengede kalır.

### **Kinematik Analiz 2**

Şu an yapılacak olan kinematik analizde taneciğin yuva içine girdikten belirli bir süre sonraki herhangi bir andaki durumu incelenecektir:



Şekil 3.8. Triyör yuvasına giren taneciğin belirli bir süre sonraki hareketinde etkiyen kuvvetler

Bu analizde de, ilk kinematik analizdeki tüm temel prensipler ve kanunlar aynen geçerlidir. Buna göre, bu kinematik analiz için yeniden;

$$\sum F_x = 0 \quad (13),$$

$$\sum F_y = 0 \quad (14)$$

denklemleri yazılır.

Ayrıca bu iki denkleme ek olarak, herhangi bir anda taneciğin düşmesi için gerekli moment eşitliği de yazılmalıdır.

Moment eşitliği, tanecik ile yuvanın temas ettiği yüzey boyunca olan noktalardan en uç sınırlarındaki noktaya göre yazılmalıdır. Yani şekil 3,8'de belirtilen sınır temas noktası B ' ye göre moment eşitlik denklemi yazılmalıdır. Buna göre;

$$\sum M_B = 0 \quad (15)$$

(Bu eşitlik için, saat yönünün tersi yönü, pozitif yön olarak kabul edilecektir.)

Birincil olarak; eşitlik 14'ü sağlayan  $y$  doğrultusundaki taneciğe etkiyen kuvvetler, şekil 3.8'e göre şu şekilde yazılır:

$$N. \sin \theta - mg + F_r. \sin \theta + F_t. \cos \theta - F_s. \cos \theta = 0 \quad (14)$$

Bu eşitlikte  $F_r$ ,  $F_t$ , ve  $F_s$  yerine sırayla formül 11, formül 8 ve formül 6 yazılırsa;

$$N. \sin \theta - mg + m. r. \omega^2 \sin \theta + m. r. \alpha . \cos \theta - F_s. \cos \theta = 0 \quad (16)$$

İkincil olarak; eşitlik 13'ü sağlayan  $x$  doğrultusundaki taneciğe etkiyen kuvvetler, şekil 3.8'e göre şu şekilde yazılır:

$$N. \cos \theta + F_r. \cos \theta - F_t \sin \theta + F_s. \sin \theta = 0 \quad (13)$$

Bu eşitlik 13'de,  $F_r$ ,  $F_t$  ve  $F_s$  yerine sırayla formül 11, formül 8 ve formül 6 yazılırsa;

$$N. \cos \theta + m. r. \omega^2 . \cos \theta - m. r. \alpha . \sin \theta + F_s. \sin \theta = 0 \quad (17)$$

eşitliği elde edilir.

Son olarak eşitlik 15 incelendiği zaman;

$$- N. r. \cos \theta + F_s (r - r \sin \theta) - F_r. r. \cos \theta + F_t (r - r \sin \theta) = 0 \quad (18)$$

Bu sistemdeki B noktası bulunurken tanecik ve yuva yüzeyi ve yuva geometrisi küresel olarak varsayılmıştır. Ağırlık vektörü B noktasından geçtiği için moment etkisi yoktur.

Eşitlik 18 yazılırken, B noktasından uzantısı veya kendisi geçen kuvvetlerin momente bir etkisi bulunmadığı göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca moment kolları bulunurken, şekil 3,8'deki geometrik ilişkiler kullanılmıştır.

Eşitlik 18 daha basit bir ifadeyle şöyle yazılabilir;

$$r. \cos \theta ( F_r + N) + ( r - r \sin \theta ) ( F_s + F_t ) = 0 \quad (18)$$

Bu eşitlik sağlandığı müddetçe, tanecik düşmeden yuvasında kalarak dairesel hareketine devam etmektedir.

Eğer istenilen durum, yuva içerisindeki taneciğin düşmesi ise, eşitlik 18' in sağlanmaması gerekir. Yani taneciğe etkiyen momentlerin toplamı negatif yönde olmalıdır. Buna göre;

Eğer;

$$\sum M_B < 0 \quad (19)$$

ise tanecik yuvadan düşer.

$$r \cdot \cos \theta (F_r + N) + (r - r \sin \theta) (F_s + F_t) < 0,$$

$$(r - r \sin \theta) (F_s + F_t) < -r \cdot \cos \theta (F_r + N)$$

Bu eşitsizlik ifadesinde ‘r’ terimlerini sadeleştirdiğimizde daha basit bir ifade elde edilir.

$$(1 - \sin \theta) (F_s + F_t) < \cos \theta (F_r + N) \quad (19)$$

Bu eşitsizlik sistemindeki ‘N’ değerini bulmak için, eşitsizlik 18 veya eşitsizlik 19’ dan herhangi birisi kullanılabilir. Ayrıca eşitsizlik 19 ‘a  $F_r$ ,  $F_t$  ve  $F_s$  değerleri yerine sırasıyla formül 11, formül 8 ve formül 6 yazılırsa;

$$(1 - \sin \theta) (N \cdot \mu + m \cdot r \cdot \alpha) < \cos \theta (N + m \cdot r \cdot \omega^2) \quad (20)$$

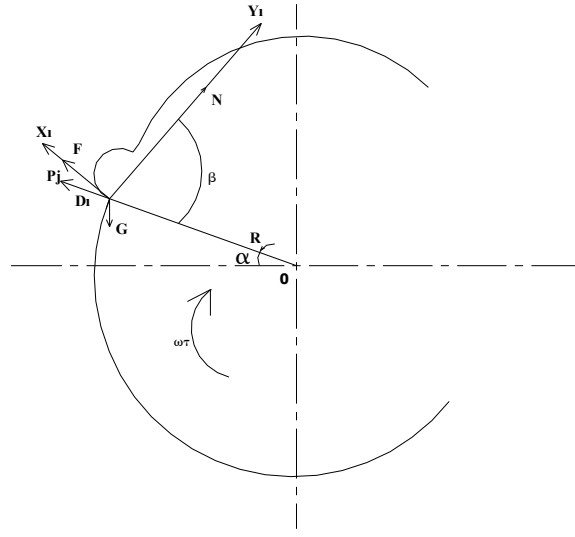
Eğer bu şart sağlanırsa tanecik yuvadan düşer. Bu eşitsizlik sistemindeki  $\mu$ ,  $m$ ,  $r$ ,  $\alpha$ ,  $\omega$  ve  $N$  değerlerinin bilindiği varsayılırsa, eşitsizlik 20 kullanılarak taneciğin düşmesi için gerekli sınır  $\theta$  açısı tespit edilebilir. Bununla birlikte, şekil 3.8’deki geometrik ilişkiler kullanılarak taneciğin düştüğü andaki yüksekliği şu şekilde bulunur:

$$h = r - r \sin \theta$$

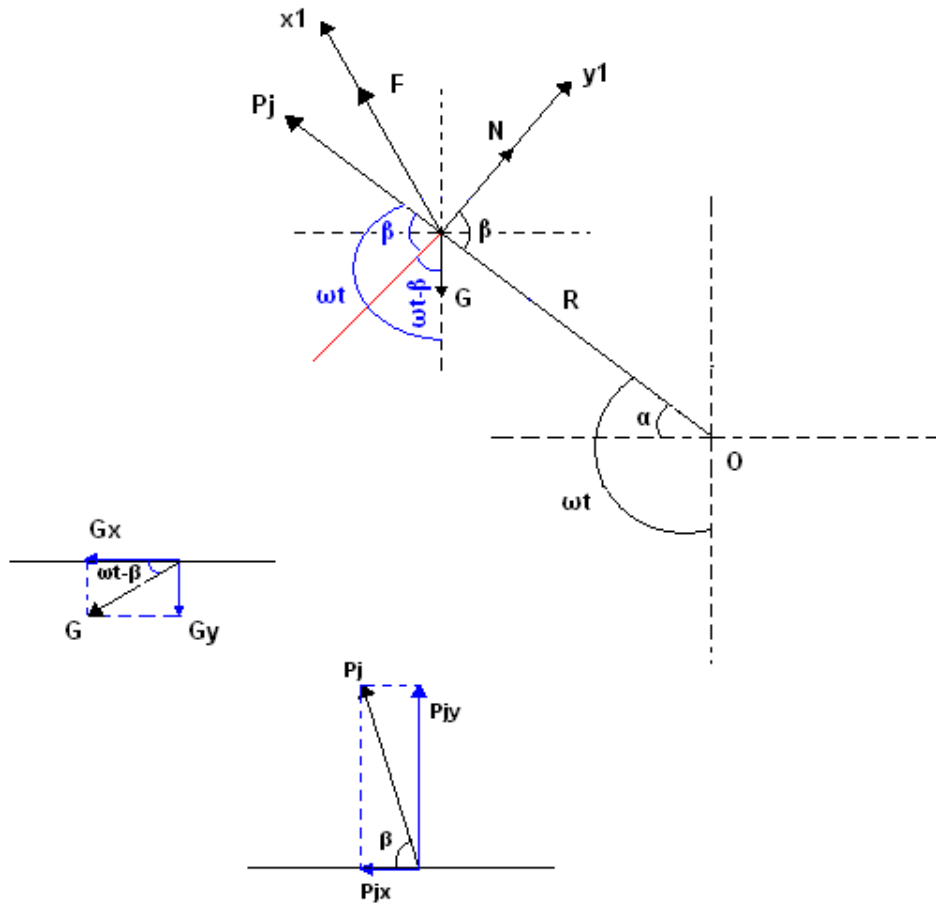
Yapılan kinematik analizlerdeki sürtünme kuvveti ihmal edilmiştir. Çünkü sürtünme katsayısı ‘ $\mu$ ’ çok küçüktür. Buna bağlı olarak sürtünme kuvveti ihmal edilecek kadar küçüktür.

### **Kinematik Analiz 3**

Buna ek olarak şekil 3.9’da Triyör yuvasıyla beraber hareket eden taneye etkiyen kuvvetlerin analizi yapılabilir:



Şekil 3.9. a- Triyör yuvasıyla beraber hareket eden taneye etkiyen kuvvetler (Klenin ve ark., 1986; Evcim, 1991), b- Kuvvet diyagramı



b- Kuvvet diyagramı

Silindir yüzeyindeki yuvalara düşen taneler belirli bir yüksekliğe kadar silindire birlikte  $\omega_t$  açısal hızıyla hareket eder. Şekil 3.9a'da gösterildiği gibi, yuva içine giren tanelerin serbest düşmeyle ayrılacağı konum açısına karşı gelen silindir dönü açısı  $\omega_t$  olsun.

Burada yuva içindeki taneye etkiyen kuvvetler şunlardır: G ağırlık kuvveti, N yuvanın tepki kuvveti (reaksiyon kuvveti), F sürtünme kuvveti ve  $P_j$  tanenin atalet kuvveti, ve  $\beta$  yuvanın kenar açısıdır (Klenin ve ark., 1986; Evcim, 1991).

$x_1$  ve  $y_1$  eksenlerindeki kuvvetlerin toplamı sıfıra eşitlenirse tanenin yuvadan henüz düşmeyeceği sınır koşulu şu şekilde yazılabilir:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0, \\ P_j \cdot \sin \beta - G \cdot \sin (\omega_t - \beta) + F_{\max} &= 0, \\ \sum F_y &= 0, \\ -P_j \cdot \cos \beta - G \cdot \cos (\omega_t - \beta) + N &= 0\end{aligned}$$

Buradan;

$$N = P_j \cdot \cos \beta + G \cdot \cos (\omega_t - \beta)$$

bulunur.

Bu ifadeyi birinci eşitlikte  $P_j = mg R \omega^2$  ve  $F_{\max} = f N$  yerine koyarsak;

$$R \cdot \omega^2 (\sin \beta + f \cdot \cos \beta) = 9,8 \sin (\omega_t - \beta) - f \cdot \cos (\omega_t - \beta)$$

Biliyoruz ki;

$$f = \sin \varphi / \cos \varphi \text{ dir ve}$$

$$k_t = R \omega^2 / g \text{ buradan } k_t = \frac{\sin(\omega_t - \beta - \varphi)}{\sin(\beta + \varphi)} \text{ yazılabilir.}$$

$$\omega_t = 90^\circ + \alpha \text{ olduğundan ve } \beta = \frac{\lambda}{2} \text{ eşit olduğu için;}$$

$$\sin (\alpha - \varphi) = k_t \cdot \cos \varphi$$

$$\text{ya da } \alpha = \arcsin (k_t \cos \varphi) + \varphi$$

Bu eşitlikte ' $\alpha$ ' açısı parçacığın yuva içinden düşme noktasına kadar yükseldiği açıdır. Bu açı sürtünme ( $\varphi$ ) açısı ve kinematik indexe ( $k_t$ ) bağlıdır.

Eğer parçacık ile yuva arasındaki sürtünme katsayısı azalır,  $\alpha$  açısında azalır. Bu nedenle triyörlerde ürünlerin sürtünme açıları geniş sınırlar içinde değişir. Örneğin; karamuk (corn – cockle)'de bu oran  $5^\circ - 20^\circ$  iken, buğday'da  $15^\circ - 35^\circ$  arasında değişir. Sonuçta, triyörlerde tanelerin yuvalarından düşmeleri, düşme yüksekliği açısının  $\alpha_1$ , minimum sürtünme açısına  $\varphi_1$  ve  $\alpha_2$  'ninde  $\varphi_{\max}$  açısına karşı gelecektir. Bu buğday için  $\alpha_1 = 48^\circ$  iken  $\alpha_2 = 62^\circ$  arasında değişmiştir.

Tahıl taneleri triyör yuvasından düşerken değişik tip hareketler yaparlar.  $N = 0$  olduğunda taneler yatayla  $\beta - \alpha \left( \frac{\lambda}{2} - \alpha \right)$  açısında hareket ederler.  $N > 0$  olduğunda taneler yuvadan kayar ve silindir iç yüzeyi boyunca kayarak düşer. İkinci durumda taneler ayırıcı oluk içine düşemez. Bu yüzden triyörün çalışması tanenin yuvadan ayrılması anında normal tepki kuvveti ( reaksiyon kuvveti )  $N = 0$  olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Tanenin yuvadan kayarak çıktığı anda  $\beta = 0$  kabul edilerek;

$$N = G \cdot \cos \omega_t + P_j$$

yazılabilir.

$$P_j = mg \cdot \omega^2 R \Rightarrow \omega_t = 90 + \alpha \Rightarrow N = 0$$

$$k_t = \sin \alpha \text{ olur.}$$

Burada  $\alpha = 90^\circ$  ve  $k_t = 1$  olduğunda tane, mutlak hızının yatay olduğu durumdaki en yüksek konumuna ulaşır. Bu konumda tanenin serbest düşme yörüngesi silindir çeperi dışına uzandığından tane yuva dışına çıkamaz ve bu yüzden kinematik oran  $k_t < 1$  olmalıdır.  $k_t$  değeri genellikle  $0,5 - 0,7$  arasında değişir.

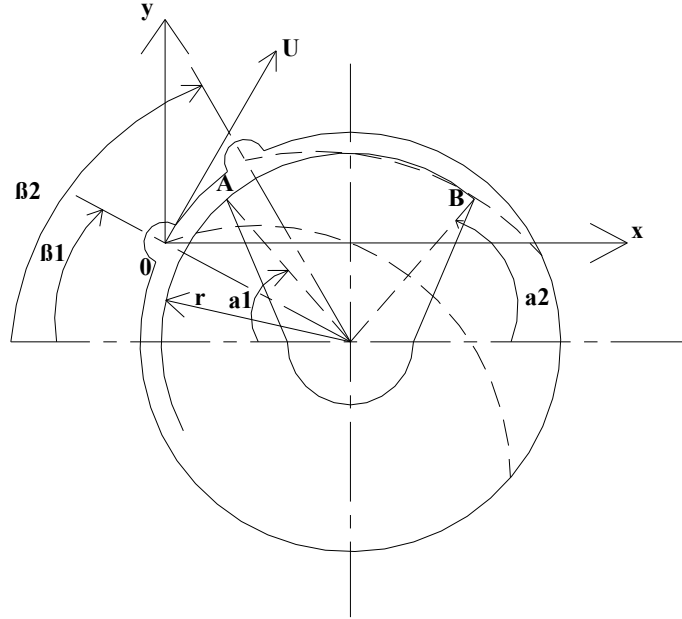
Taneler triyör yuvasından  $\frac{\lambda}{2} - \alpha$  açısında ve  $U = \omega \cdot r$  başlangıç hızı ile yatay

yönde atılırsa şekil 3.10'da görüleceği gibi hızın bileşenleri;

$$U_x = \omega \cdot r \cdot \sin \beta_1,$$

$$U_y = \omega \cdot r \cdot \cos \beta_1 - gt$$

dir



Şekil 3.10. Triyör yuvasındaki tanenin yörüngesi ve ayırıcı oluşun konumunun belirlenmesi (Evcim, 1991)

Bulduğumuz eşitliklere göre  $t$  zamanına bağlı olarak koordinat eksenlerine göre yer değiştirmesi şu eşitlikle bulunur.

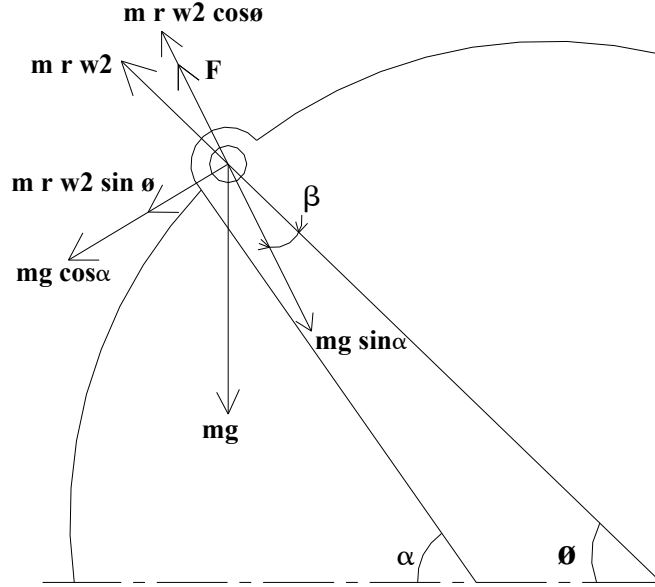
$$U_x = \omega \cdot r \cdot t \cdot \sin \beta_1,$$

$$U_y = \omega \cdot r \cdot t \cdot \cos \beta_1 - gt^2 / 2$$

dir.

Bu eşitlikleri aynı  $t$  zamanı için çözümlerse, tanenin yuvadan çıkıp düşmesini belirleyen parabol şeklindeki yörünge eşitliğini elde ederiz (Evcim, 1991).

$$y = x \cdot \cos \beta_1 - \frac{x^2}{2k_t \cdot r \cdot \sin^2 \beta_1}$$



Şekil 3.11. Silindirik triyörlerde oyuk içindeki kısa tanelere etkiyen kuvvetler (Yağcıoğlu, 1996)

Triyör oyuklarının içine yerleşen kısa taneler, silindirle birlikte dönerek yükselirler. Kısa tanelere etkiyen kuvvetler şekil 3.11'de gösterilmiştir. Şekilde görülen  $\alpha$ , oyuğun taneye destek olduğu kenarın (kaldırma kenarı) destek noktasından çizilen teğet ile yatay eksen arasındaki açıdır. Bu açının değeri, oyuğun ve tanenin şekline bağlı olarak değişebilir.

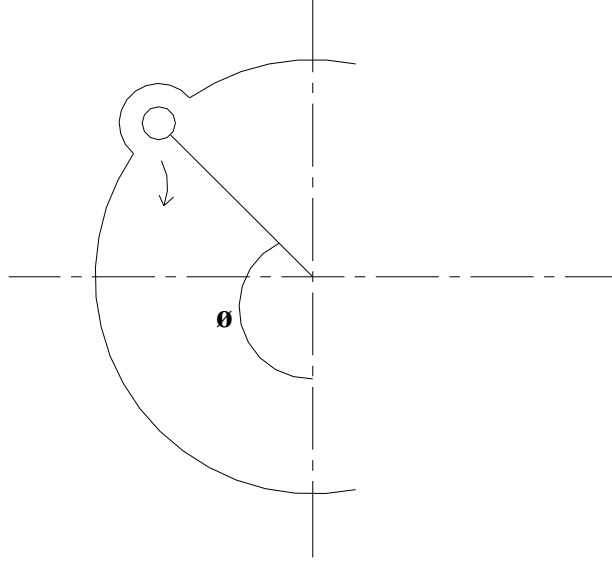
$$\sin \alpha = x \pm \frac{\sqrt{x^2 - (1 + f^2)(x^3 + f^2)}}{(1 + f^2)}$$

$$x = \omega^2 \cdot R (\cos \varphi + f \sin \varphi) / g$$

Eşitliklerde yer alan  $f$  sürtünme katsayısını ifade eder ve  $f$  değeri yuvaların ve tanelerin şekil ve yüzey özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Ayrıca, taneler yuvaların içinde hareketsiz kalmazlar. Silindirin hareketi nedeniyle, kendi eksenleri etrafında bir dönme veya devrilme hareketi de yaparlar. Bu ve benzeri nedenlerden ötürü eşitlikte bulunan teorik değerler, uygulamada tam olarak elde edilemez. Bu teorik değerler, beklenen hareketin hangi noktada başlayabileceğine ilişkin yaklaşık bir bilgi verir (Yağcıoğlu, 1996).

Bu nedenle, kısa tanelerin triyör oyuğundan düşme noktaları az bir hata payıyla Şekil 3.12 ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunabilir.



Şekil 3.12. Kısa tanelerin yükselebildikleri dönme açısı (Yağcıoğlu, 1996)

$$\theta = \frac{\lambda}{2} + \text{arc sin. } k_t$$

dir.

Burada  $k_t$  kinematik faktördür.

Silindirik triyörlerin devir sayısı;

$$n = \frac{30}{\lambda} \sqrt{k_t \cdot g / r}$$

eşitliği yardımıyla belirlenebilir.

Taneyi oyukta tutan merkezkaç kuvvet ve sürtünme kuvvetlerinin toplamı ile taneyi oyuktan dışarı düşürmeye çalışan ağırlık kuvveti bileşeninin birbirine eşit olduğu durumu sınır şart olarak tanımlarsak, bu durum için triyör silindirinin devir sayısı ( $n_s$ ) ve çevre hızı ( $V_s$ ) aşağıda belirtilen eşitlikler yardımıyla bulunabilir.

$$n_s = \frac{30}{\sqrt{r}}$$

$$V_s = \sqrt{g \cdot r}$$

dir.

Silindirik triyörlerin kinematik faktör değerleriyle ilgili çeşitli öneriler vardır. Örneğin, Gladkov, yüksek hızlı silindirik triyörler için  $k_t$  değerinin 0,53 – 0,55; Pavlovskii ise bu değer için buğday için 0,3 – 0,35, yulaf için 0,4 alınması gerektiğini belirtmektedir. Uygulama şartlarında kinematik faktörün  $0,15 < k_t < 0,67$  sınırları arasında kaldığı görülmektedir. Bu durumda silindirin en yüksek devir sayısı yaklaşık olarak aşağıda belirtilen eşitlikle bulunabilir (Yağcıoğlu, 1996).

$$n_{\max} \approx \frac{25}{\sqrt{r}}$$

Triyördeki ayırıcı kapasitesi ise; istenen temizleme kalitesi ve materyalin bileşimine bağlı olarak;

$$q = 2 \cdot \lambda \cdot q_0 \cdot r \cdot \ell$$

Burada,

$q$  : Ayırıcının kapasitesi, ( kg / sn )

$q_0$ : Optimum özgül yük, ( kg / sn.m<sup>2</sup> )

$r$  : silindir iç çapı, ( m )

$\ell$  : silindirin çalışma uzunluğu, ( m )

Birim alan başına özgül yük ( $q_0$ ) için aşağıdaki değerler önerilmektedir (Klenin ve ark, 1986).

- içerisinde % 7 kadar uzun saman ve yabancı madde bulunan buğday'ın ayrılması için  $q_0 = 0,16 - 0,18$  kg / sn.m<sup>2</sup>

- içerisinde % 1,5'e kadar kısa saman ve yabancı madde bulunan buğdayın ayrılması için  $q_0 = 0,15 - 0,17$  kg / sn.m<sup>2</sup>

- içerisinde % 10'a kadar kısa yabancı maddelerden yulafi ayırmak için  $q_0 = 0,085 - 0,1$  kg / sn.m<sup>2</sup> alınmalıdır.

Eğer diğer ürünler için ayrıca bir kapasite değerleri hesaplanacaksa, buğday için verilen eşitlikten yola çıkarak;

$q_c = q_m$  yazılabilir.

$q \rightarrow$  triyörün buğday temizleme kapasitesi (kg / sn)

$q_c \rightarrow$  ele alınan ürünün temizleme kapasitesi (kg / sn)

$m \rightarrow$  Eşdeğerlik katsayısı

Farklı ürünler için önerilen eşdeğerlik katsayıları (m);

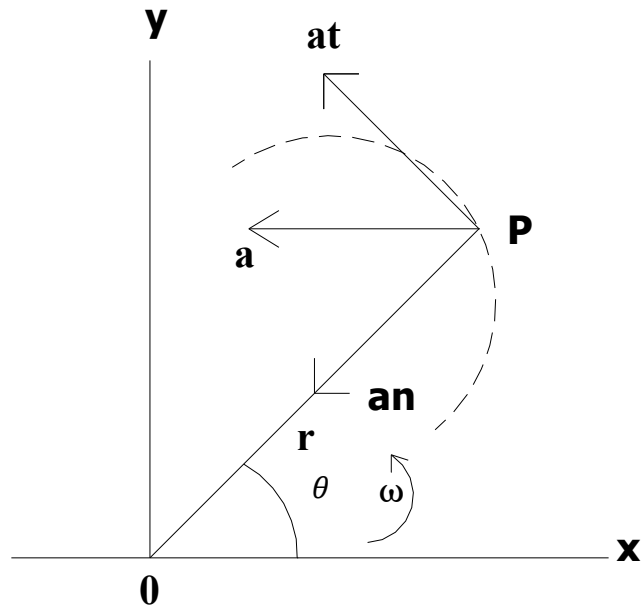
Buğday için : 1

Çavdar için : 0,75 – 0,90

Arpa için : 0,65 – 0,80

Keten tohumu için : 0,15 -0,20

Eğer triyör silindirini sabit bir eksen (P eksen) etrafında döndüğünü kabul edersek (şekil 3.13).



Şekil 3.13. Sabit bir eksen etrafında uygulanan kuvvetin oluşturduğu ivmenin bileşenleri

Eksen üzerindeki yer değiştirilen yayın uzunluğu (S);

$S = r \cdot \theta$  ya da yer değiştirme açısı;  $\theta = \frac{S}{r}$  'dir.

Yayın uzunluğunun zamana göre türevi alındığında triyör silindirinin çizgisel hızı (V) bulunur.

$$\frac{ds}{dt} = r \cdot \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow V = r \cdot \omega \text{ olur. Çizgisel hızın türevi alınırsa teğetsel ivme ( } a_t \text{ )}$$

bulunur.

$$\frac{dv}{dt} = r \cdot \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow a_t = r \cdot \alpha \quad \alpha \rightarrow \text{açısal ivme}$$

$$\text{Buradan normal ivme } a_n = V^2 / r = r \cdot \omega^2 \Rightarrow a = \sqrt{a_n + a_t} \text{ olur.}$$

Çizgisel hız  $V = r \cdot \omega$  idi. Burada 'r' değeri silindirin üzerindeki parçacığın eksene olan uzaklığını 'ω' ise açısal hızını göstermekteydi. Kütle  $m$  olan parçacığın kinetik enerjisi ise;

$$\frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} m r^2 \cdot \omega^2 \text{ olur.}$$

Bütün cismin kinetik enerjisi ise;

$$E_k = \sum \frac{1}{2} m r^2 \cdot \omega^2$$

Açısal hız aynı değerde olduğu düşünülürse,  $\sum m r^2$ 'nin toplamını bulmak için cismin dönüş eksenine göre eylemsizlik momentini dikkate almak gerekir.

$$I = \sum m r^2$$

$$E_{k\text{dönüş}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 \text{ yazılabilir.}$$

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Hasat ve harmanlama işlemlerinin sonunda elde edilen taneli ürünlerin istenmeyen materyalden (organik ve inorganik) ayrılması ve kendi içinde de sınıflandırılması hem o ürünün kullanımı, hem de tüketimi açısından kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bunların gerçekleştirilmesi ise, ürünün kendi ayırt edici özelliğine bağlı olmaktadır. Bu özellikler, ürünün;

- i. yüzey yapısı
- ii. iç yapısı
- iii. Biyolojik yapısı ve boyutlarından oluşmaktadır.

Tüm bunların yanında, ürünün yabancı maddelerden ayrılması ve sınıflandırılması için genelde ürünün fiziko-mekanik özelliklerinden yararlanılmaktadır. Bunlara ek olarak hidrodinamik ve reolojik özelliklerinden de zaman zaman yararlanılmaktadır. Ürünün temel ayırt edici özelliği etken faktör olmasına rağmen tasarımın doğası gereği zaman zaman bu faktörler ikinci plana düşmektedir.

Bu çalışmada da temizleme ve sınıflandırmanın temel unsurları yanında tasarımın doğası gereği, diğer sistemlere göre;

- i. daha basit hareket iletim düzeni,
- ii. dinamik balanslarının daha kolay olması
- iii. delik tıkanma sorununun olmaması
- iv. küçük hacimlerin daha verimli kullanılması

nedeniyle silindirik triyörlerin kinematiği üzerinde durulmuştur. Teorik düzeyde yapılan bu çalışmada silindirik triyörün çalışma parametreleri yanında yol, hız ve ivme bağlantıları çıkarılmaya çalışılmıştır.

Bu nedenle oyuklu bir yüzey üzerinde taneye etki olan kuvvetler;

N: Normal Kuvvet

F: Sürtünme Kuvveti

G: Ağırlık kuvvetinin ve onların bileşenlerinden oluşmaktadır.

Tane ile silindir yüzeyi arasındaki sürtünme açısı ( $\varphi$ ), incelenen herhangi bir durum için sabit kabul edildiğinde tanenin hareketinin silindirin açısal hızına ve yarıçapına bağlı olduğu görülmüştür.

Silindirin açısal hızı ise ( $\omega$ ), yerdeğiştirme açısının zamana oranı ( $\frac{\theta}{t}$ ) olduğu

için, tanenin düşmeden silindir yüzeyi ile birlikte dönmesi için;

Normal ivmenin ( $a_n = r \cdot \omega^2$ ) yerçekimi ivmesine oranıyla elde edilen ve silindirik triyörün kinematik faktörü ( $k_t$ ) olarak isimlendirilen ( $k_t = r \cdot \omega^2 / g$ ) değer için  $k_t > \sin(\theta - \varphi) / \sin \varphi$  konumunda tane elek yüzeyi üzerinde sabit kalarak eleklerle birlikte dönmektedir. Tanenin elek yüzeyi üzerinden kayarak aşağı doğru düşmesi için tane ağırlığının düşey bileşeninin ( $mg \cdot \sin \theta$ ) sürtünme kuvvetinden büyük olması gerekir.

$T < mg \cdot \sin \theta$  'dır.

Tanenin elek üzerinden kaymaya başladığı nokta ise  $\theta$  açısının yerdeğiştirme miktarına eşittir. Bu durumda yer değiştirme miktarı ya da ürünün düşmeye başladığı nokta ile başlangıç yeri arasındaki yayın uzunluğu (S);

$S = r \cdot \theta$  'dır.

Açısal yer değiştirme ya da açısal hızı;

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

Çizgisel hızı ise;

$$\frac{ds}{dt} = r \cdot \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow V = r \cdot \omega \text{ 'dır.}$$

İvmesi ise;

$$\frac{dv}{dt} = r \cdot \frac{d\omega}{dt} \Rightarrow a_t = r \cdot \alpha \text{ 'dır.}$$

Açısal ivme ise;

$$\alpha = \frac{a_t}{r}$$

Normal ivme ise;

$$a_n = \omega^2 \cdot r \text{ 'dır.}$$

**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada sınıflandırma ve ayırmanın temel prensipleri yanında, bu amaç için kullanılan yöntemler özlü bir şekilde verilmeye çalışılmıştır. Sınıflandırma ve ayırma işlemi bir anlamda tamamlanmış olan ürünlerin kendi içinde tekrar sınıflandırılması (büyük/küçük) amacıyla yaygın olarak kullanılan ve ürünün uzunluğunu esas alan triyörlerin kinematik esasları üzerinde durulmuştur. Bu çalışma ile teorik olarak yapılan hesaplamalar sonucunda silindirik triyörün dönü hızı, devir sayısı ve eğim açısı değerleri hesaplanarak uygulama için somut değerler üretilmeye çalışılmıştır.

## KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, (2008a). 11.April.2008.** Online: <http://www.biymatgerk.com> / 375  
tap . doc /64.233.183.104
- ANONYMOUS, (2008b). 18.Jan.2008.** Online: <http://www.necdetskayadegirmen.com>
- ANONYMOUS, (2008c). 18.Jan.2008.** Online: <http://www.kemalturkoglu.com>
- ANONYMOUS, (2008d). 18.Jan.2008.** Online: <http://www.ambalaassociates.com>
- ANONYMOUS, (2008e).13.April.2008.** Online: <http://www.karinoks.com>
- ANONYMOUS, (2008f). 20 May.2008.** Online: <http://www.primaveraricemil.com>
- EVCİM, H. Ü., 1991.** Ürün Temizleme ve Sınıflandırma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 500, İzmir, 115s.
- GÜZEL, E., ÜLGER , P., KAYIŞOĞLU, B., 1999.** Ürün İşleme ve Değerlendirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 176, Adana, 248s.
- KLENIN, N. I. F. POPOV, V.A. SAKUN, 1986.** Agricultural Machines. Russian Translations Series, 31, A.A. Balkema, Rotterdam, 633s.
- MUTAF, E., 1961.** Tohum Temizleme ve Sınıflandırma Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No.47, İzmir, 148s.
- RICHARDS – SEARS – WEHR – ZEMANKY., 2001.** Modern Üniversite Fiziği Mekanik, Isı ve Termodinamik. Çağlayan Basımevi, İstanbul, 445s.
- ŞEHİRALİ, S., 1989.** Tohumluk ve Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 330s.
- YAĞCIOĞLU, A. K., 1996.** Ürün İşleme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 517 İzmir, 264s.
- W. HALL, C.,D., 1972.** Processing Equipment for Agricultural Products. The Avı Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, Washington.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında Adana'da doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Adana' da tamamladım. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi (Tarım Makinaları) bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldum. 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalında Yüksek lisans eğitimime başladım ve 2009 yılında Yüksek lisans eğitimimi tamamladım.