

19517

T.C.  
Marmara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

# HASAT ROBOTLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan  
Necati KOÇYİĞİT

İSTANBUL - 1991

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ



## ÖNSÖZ

Hasat robotları, tarım alanında ürün hasatındaki problemlere çözüm olması amacıyla hasat makinalarının modernize edilmiş ve robotik nitelikler kazandırılmış sistemlerdir.

Hasattaki problemleri çözebilecek yapılabilmesi için hasat yapılacak ürün hakkında yeterli bir bilgiye ihtiyacımız vardır. Pancar hasat mekanizasyonu hakkında yapılmış mevcut çalışmaları iyi şekilde etüt etmemiz gerekir. İlk önce problemin ne olduğunu tespit ederek bu problemin çözümünü aramamız gerekmektedir. Bu amaçla ürünlerin agro-teknik ve mekanik özellikleri incelenmeli ve ürünün hasatındaki hedefler tespit edilmelidir.

Robotlar, ihtiyacımıza göre çeşitlere ayrılmıştır. Bunun için hasat robotlarının belli bir amaca hizmet edecek düzeyde olması gerekir. Hasat hakkında yapılmış mekanizasyon çalışmaları ile robotların kendine özgü nerotik kabiliyetlerinden faydalanarak yeni bir hasat robotu elde etmemiz mümkündür. İyi etüt edilerek yapılacak hasat robotları daha verimli çalışacaklardır. Yeni teknolojik gelişmelerin ışığı altında daha gelişmiş hasat robotlarını elde edebiliriz. Unutmayalım ki teknolojik çalışmalarda amaç verimliliği artırmaktır. Hiç ürün kaybı olmadan hasat yapmanın mümkün olmayacağı da bilinen gerçektir. Daha az ürün kayıplarına neden olacak bir robotu elde etmemiz için sensör, dedektör, video-kamera gibi yardımcı ünitelerden iyibir şekilde faydalanmamız gerekmektedir.

Yapılan araştırmalar daha ileri seviyede yapılabilmesi için konu hakkında kaynakların yeterli düzeyde ve temini mümkün olacak şekilde araştırmacılara sunulmuş olması gerekmektedir. Yeterli kaynak teminin mümkün olduğu oranda çağımızı getirdiği problemlere daha kolay ve çabuk çözüm bulabiliriz. Bu çalışmamın ileride yapılacak olan pancar hasat robotları hakkında yapılacak çalışmalara yardımcı olmasını diler ve diğer ürünlerin hasat problemlerinin çözümünde bir fikir vermesini dilerim.

Necati KOÇYİĞİT

İSTANBUL 1991



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
BÖLÜM I	
GİRİŞ.....	0
BÖLÜM II	
2. ROBOTLAR.....	1
2.1. Robotun Tanımı.....	1
2.2. Robotun Tarihçesi.....	3
2.2.1. İlk otomatlar.....	3
2.2.2. Robotlar.....	4
2.3. Robotların sınıflandırılması.....	8
2.3.1. Robot mafsalının hareketlerine göre.....	8
2.3.2. Yörünge kontroluna göre.....	15
2.3.2.1. Noktadan noktaya kontrol.....	15
2.3.2.2. Sürekli yörünge kontrol.....	15
2.4. Robot programlama.....	17
2.4.1. Robot programlama metotları.....	17
2.4.2. Robot programlama dilleri	
2.5. Robotlarda hassasiyet ve duyarlılık.....	20
2.6. Robotların tahrik sistemleri.....	22
2.7. Tutucu üniteler ve robotik sensörler.....	23
2.7.1. Tutucu üniteler.....	23
2.7.2. Robotik sensörler.....	24
2.8. Robotları yapısı.....	27
2.9. Robotların kullanım alanları.....	30
2.9.1. Sanayide kullanılan robotlar.....	30
2.9.2. Tarımda kullanılan robotlar.....	32



## BÖLÜM III

3. PANCAR HASAT ROBOTLARI.....	34
3.1. Şeker pancarı.....	34
3.1.1. Şeker pancarının üretiminin tarihçesi....	34
3.1.2. Şeker pancarı tarımı.....	35
3.2. Şeker pancarının mekanik özellikleri.....	36
3.3. Pancar hasat makinası.....	38
3.3.1. Makina ile hasat edilecek tarlada olması özellikleri.....	38
3.3.2. Şeker pancarı hasat mekanizasyonu hakkında hakkında yapılmış çalışmalar.....	40
3.3.3. Ülke şartlarına uygun hasat makinasının ana kısımları.....	43
3.4. Türkiye şartlarına uygun hasat makinasının geliştirilmesinin gerekliliği.....	50
3.5. Pancar hasatının temel prensipleri.....	52
3.5.1. Başkesme.....	52
3.5.1.1. Önce söküm daha sonra başkesme metodu....	52
3.5.1.2. Önce başkesme sonra söküm metodu.....	54
3.6. Ülkemize uygun hasat makinasında olması <i>gereken</i> özellikler.....	54
3.7. Pancar hasat robotunda bulunması <i>gereken</i> özellikler.....	55

## BÖLÜM IV

4. Başkesme düzeni.....	56
4.1. Başkesme sistemleri ve Türkiye şartlarına uygun başkesme sistemi.....	56
4.2. Şeker pancarında başkesmenin önemi.....	60
4.3. Makina ile başkesme kalitesine etki eden faktörleri.....	64



4.4. Başkesme kalitesine etki eden agro-teknik özellikler.....	65
4.4.1. Pancarlar arasındaki toprak üstü yükseklik farklarının başkesme kalitesine etkisi.....	67
4.4.2. Dokunucu merdane hız fazlalığının etkileri	73
4.4.3. Dokunucu merdane yükselme ve düşme durumunda sıra üzeri bitki mesafesinin kesim kalitesine etkisi.....	76
4.4.4. Başkesme bıçağı şekli ve konumunun kesme kalitesine etkisi.....	78
4.5. Bıçak geometrisinin kesme kuvveti ve kırılma üzerine etkisi.....	83
4.6. Ülkemizde yapılmış başkesme deneylerinin sonuçları.....	96
4.7. Tasarlanacak pancar hasat robotu hakkında genel bir yaklaşım.....	104
BÖLÜM V	
5. Sonuç ve tavsiyeler.....	105
KAYNAKLAR.....	108



## ÖZET

Bu çalışma hasat robotlarını incelemeyi amaçlar. İncelemeler robotların genel yapısını inceler.

İncelemeler robotların tarihi, ana üniteleri, hassas üniteleri vb; robot sınıflandırılmaları , robot türlerini inceler ve robotların kullanım alanlarını inceler. Yeterli kaynak temin edilemediği için hasat robotları hakkında yeterli bir bilgiye sahip olunamadı. Bundan dolayı Türkiye'de ve dünyada mekanizasyonu yapılmış bir konu seçilir. Türkiyede önemli bir yeri olan şeker pancarı mekanizasyonu hakkında incelemeler yapılır. Bu incelemede pancar hasat makinalarının ana üniteleri incelenir ve pancar hasatında en önemli yeri tutan başkesme sistemini daha detaylı olarak inceler. Çünkü her bir kısım ayrı bir tez konusu olabilecek niteliktedir. Başkesmedeki ürün kayıpları çok büyük olmaktadır ve üretici ve ülke ekonomisine büyük zarar vermektedir. Bu kayıpları azaltmak için yapılmış tez , makale ve konu ile ilgili kuruluşların çalışmalarını inceler. Mevcut başkesme mekanizasyonlarının incelemesiyle bunlar robotlara adaptasyonu çalışmaları yapılır.

Sonuç olarak, pancar hasat robotlarının hangi yeterliliklere ve yeteneklere sahip olması gerektiği konusunda bir fikir verilir.



## SUMMARY

This study is purpose to investigate the robotics of harvest and robotics technology. In this search, investigations is cocerned with the géneral built of robotics.

This investigatese history, main units, kinds of robotics and the use area of robotics. By providing insufficient source that there are not enough source and and knowledge about this subject. Therefore it chooses a subject about the investigated agricultural mechanisations in the world and Turkey. It chooses the sugar beet harvesting mechanisation in Turkey. This investigation is concerned with the main built of sugar beet harvesters. One of the importand main built is the sugar beet topping. By topping wrongly sugar beet a lot of crops is left at the field. Lost crops i very importand for farmer's economy an d national economy.

Therefore it searches a lot of sources in order to investigates the topping sugar beet. About sugar beet topping there are a lot of sugar beet harvest mechanism. One of them or anyone is suitable for agricultur in Turkey. Suitable mechanism for our country makes adaptation with other robotics.

As a result of this thesis, an idea gives tha robotics of harvest for sugar beet should have ability and suffcient.



## GİRİŞ.

Hasat robotları, hasat konusunda yapılmış mekanizasyon çalışmalarının çağın getirdiği modern elemanlarla geliştirilerek zeki robotlara dönüştürülmesi olarak kısaca ifade edilir.

Hasat robotları akla ilk önce hasat edilecek ürünleri getirir. Bu ürünün mekanik, biyolojik ve agroteknik özellikleri hakkında araştırma gerekir. Ürünün tanınmasından sonra zaman, ekonomik enerji sarfiyatı ve verim kayıplarının en aza indirilmesi amaçlanır. Bu amaçlar doğrultusunda ele alınacak hasat robotlarında zaman tasarrufu hedeflenirken, bölgenin yerel arazi ve iklim durumu hakkında bilgi sahibi olunması gerekir ve hangi mekanizasyon tipinin bölgeye uygun olduğunun incelenmesi gerekir. Ekonomik enerji tüketimi, enerji kaynaklarının neler olabileceği ve nasıl kullanılacağı gerektiği konusunda fikir verir. Verim hasat konusunda önemli bir yer tutar. Hasatta ürün kayıplarını azaltmak için mevcut mekanizasyonlar ülke şartlarına uygunluğu araştırılarak uygun mekanizasyon çalışmasının geliştirilmesi gerekir.

Bu çalışmada mevcut robot sistemlerinin incelenmesi ardından, mekanizasyonu yapılmış bir hasat makinasının çağın getirmiş olduğu teknolojik üstünlüklerden faydalınarak, robotik bir yaklaşımla daha verimli hale getirilir.

Hasat makinaları, mekanik aksamaların birbirine uyumu ile belli bir amaca hizmet eden makinalardır. Ama robotlar, bilgisayar, mikrochip, dedektör, sensör, video-kamera gibi elemanlarla gören, hissedebilen, yapılacak işin analizini yapıp o iş hakkında verimi arttıracak yaklaşımda bulunabilen bir sistemdir. Çağımızda, görme, hissetme, algılama konusunda problemler tam olarak çözülmüş değildir. Gören, hisseden robot neyi gördüğünü tam olarak tespit edememekte, yumurtayı hassas bir şekilde tutan robot neyi tuttuğunu tam bilememektedir.

Robotların yetersiz kaldığı meseleler elbette vardır. Önemli olan yeterliliği arttırma çalışmalarının olmasıdır. Fakat verim kaybı, zaman ve ekonomik enerji sarfiyatı daha avantajlıdır. Robotlar mekanik aksamız düşünülemezler bunun için mekanizasyonun iyi etüt edilip, kontrol sistemleri, mikrochipler vasıtasıyla ve yardımcı sistem elemanlarının (sensör, dedektör, motorlar ) adaptasyonuyla geliştirilebilir.

Ürünün hasat prensipleri, matematiksel yaklaşımları ve bunu algoritması tespit edilmelidir. Dokunucu, merdane algılama amaçlı olduğu için bunun yerine sensör, dedektör ve video-kamera gibi algılayıcılar kullanarak daha verimli başkesme yapılabilir. Bunun hangi ölçülere göre yapılması gerektiği son kısımda verilir.



## BÖLÜM II

### 2. Robotlar

#### 2.1. Robotun Tanımı

Bir çok robot tanımı olmasına rağmen bir kaç imalatçı veya kullanıcı bunlardan birini uygun bulabilir. Gerçekten hiç birisi bir standart olarak kabul edilmez.

İngiliz Robot Birliği (BRA), sanayi robotunu şöyle tanımlar : En az dört serbestlik dereceli, parça, takım veya özel imalat işlerini manipule etmek ve taşımak için tasarlanan özel imalat görevlerinin yerine getirilmesinde değişken programlanabilir hareketlerle çalışan yeniden programlanabilir bir olaydır. Bu tanımda önemli niteliklerden biri dört serbestlik derecesidir.

Amerika Robotik Ens. (RIA) ise robotu şu şekilde tanımlar : Çeşitli görevleri yerine getirmede değişken programlanabilir hareketleri kullanan malzeme, parça, takım veya özel cihazları hareket ettirmek için tasarlanan yeniden programlanabilir çok fonksiyonlu manipulatördür. Bu sanayi robotunun geniş kabul gören tanımıdır. İnsan yardımı olmadan basit görevlerin robot tarafından yapılabilmesi programlanabilme özelliğini belirtmektedir.

Japon Sanayi Robotları Birliği (JIRA) ve japon sanayi standartları komitesinin sanyı robotları için değişik seviyelerde tanım yapmaktadır. Buna göre manipulatör ; cisimlerin uzayda bir yerden başka bir yere taşıyan fonksiyonları insan üst uzuvlarına benzeyen bir makinadır.

Playback Robot : Daha önce elle yaptırılan hareketi öğrendikten sonra işlem sırasını konumları da dahil hafızasına aldığı bilgileri okuyup bir işlemi gerçekleştiren manipulatördür.

Zeki Robot : Hissetme ve tanıma fonksiyonlarıyla kendi kendine davranış ve hareketlerini tayin edebilen bir robottur.

ABD'deki Milletlerarası Bilgisayar Destekli İmalatçılar (CAM) sanayi robotunu insan bakımından aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır. İnsanlarınların adı fonksiyonlarını yerine getiren veya hemen hemen insan zekası gibi görünecek şekilde çalışan bir cihazdır. Aynı zamanda çevreyle aktif iletişimli olacak şekilde tasarlanan belirli serbestlik derecesine sahip bir otomatik makinadır. Bu tanımlara robot otomatik bir



makinedir ve belki de bu ençok karışıklık olan bir alan olmaktadır. Bir makinanın robot olarak kabul edilebilmesi için, nasıl sınırlı olduğunu önemli olmayan bir çevreden aldığı bilgilere dayanarak hareket edebilmesi gerekir.

Robotlar genellikle elektirik, hidrolik ve pnomatik olarak dizayn edilirler. En ucuz olan sistem pnomatiktir. En pahalısı ise elektirik olmaktadır.

Tahmin edileceği gibi ucuz sistemlerden daha az enerji ve güç elde edilir. Hiçbir zaman bu sistemler yalnız başlarına kullanılmazlar. Ya bir servo valf yada bir mikroişlemciyle desteklenmek zorundadırlar. Bir robot mümkün olduğu kadar basit ve şu özelliklere sahip olmalıdır.

1- Uygulama esnasında hem kullanım hem de fonksiyonlarının değişebilir olması; Kullanım alanı denildiğinde aklımıza, yük taşıma ve aktarma, ambalaj, montaj gibi işler, fonksiyon denildiğinde de spreyl boyama, nokta ve dikiş kaynağı, tezgah kumanda etme gibi işler gelmektedir.

2- Süratli çalışma işlem esnasında yeni bir göreve başlarken gereken değişiklikler çok zaman almamalıdır. Örneğin, tutucuların değişmesi veya yeni bir programın derlenmesi gibi. Buise oldukça pratik, hemen değiştirilebilen sistemlere ve kolay kullanışlı program dillerine ihtiyaç göstermektedir.

3- Kolay öğrenmesi ve yeniden programlanabilir olması.



## 2.2. Robotların Tarihçesi

Robot kelimesi ilk defa 20. yy başlarında Çek yazarı Karel Čapek tarafından kullanılmıştır.(1929).Čapek Rössum'un Evrensel Robotları adlı eserinde insana benzeyen ve bir çok işi kendi başına yapabilen makinalara " ROBOT " adını vermiştir.Čapek robot adını Çekçe'de güçlendirilmiş işçi (forced labour) anlamına gelen "robota" kelimesinden türetilmiştir.

Robotların gelişimi genel olarak iki farklı şekilde incelemek mümkündür. İlk otomatlar genel olarak oyuncaklardır.Buların belirli bir takım amaçlara uygun olarak ıslah edilmeleri sonucu endüstriyel robotlar doğmuştur.

### 2.2.1. İlk Otomatlar

Tarih sürecinde ilk olarak rastlanılan kayda değer otomat 1. yy.da yaşamış olan Yunan Alessandria tarafından yapılmış olan öten,kanat çırpın,su içebilen bir kuştur.Bulunan vesikalar kuşu oldukça abartmalı olarak tasvir etmektedirler.

Daha sonraki yüzyıllarda yapılan taklit oyuncaklar hakkında kesin bilgiler yoktur.

Fakat 18.yy.da bir çok tecrübeli kişilerden etkilenen Avrupalılar otomatlarla ilgilenmeye başladılar.

Vienna Müzesi'nde teşhir edilen bir yazıcı (1774),yazma ve çizme kabiliyetine sahiptir.Makina genel olarak küresel bir görünümdeydi ve elle kontrol edilmekteydi.Yapımcıları olan Dieere Droz ve oğlu Henri Droz(1752) Fransa'da saat yapımcısıydılar ve daha sonra bu kişiler yazıp çizen, bir çok müzik enstrümanları çalabilen mekanik araçlar yaptılar.

Fransa Bilim Akademisi üyelerinden Jacques de Vaucaso (Musee des Arts et Metier, Paris Müzesi'nde resimleri vardır.)mekanik olarak hayvanlaştırılmış bir ördek yapmıştır.

Ördek kanatlarını çırpıp su içiyor, yem yiyor ve hatta sindiriyordu.

Diğer ünlü mekanik hayvan ise kaplandır,(Victoria and Albert Museum,London) yapımcısı bilinmemektedir.insan parçalar durumdaki kaplan, tahrik edildiğinde hırliyerek pençe atmaktadır, aynı zamanda kibranın kolu da oynamaktadır.

Çağımızın klasik otomatlarının en modern örnekleri ise konuşan ve ağılıyan ve uzaktan kumanda ile yönetilen çeşitli oyuncaklardır.



### 2.2.2. Robotlar

İlk endüstriyel robot su saatıydı. Su sifonları yardımıyla sonsuz bir çevrim boyunca hareket etmekteydi. Ctesibius of Alexandria buna benzer bir saatin M.Ö. 250 yılında yapıldığı iddia etmektedir. Ağırlıkların etkisiyle (guguklu saat gibi) ve sarkaçla kurulabilen saatler ise orta çağda keşfedilmiştir. Yaylarla kurulan saatlere ise ilk 18.yy'da rastlamaktayız.

Yine 18.yy'da tekstil endüstrisinde otomat makinaların kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. Robot otomatlar bakımından endüstri devriminin en önemli adımı, Delikli Kart Kontrolü olarak çalışan Jacquard'ın tezgahıdır.

Endüstriyel devrim, kendi enerjilerini üretecek veya başka sistemler için enerji üretecek olan, kendi kendilerine çalışacak olan makinaların yapılmasını teşvik etmişler. Bilim adamları buhar makinasını, yük altında yavaşlayınca daha fazla buhar göndererek hızlandıracak, aksi taktirde buhar debisini azaltacak bir sistem bulmak için uğraşmışlardır. İlk önceleri bu iş elle yapılmaktaydı, sonradan otomatikleştirilmiştir. Daha sonra içten yanmalı motor teknolojisi geliştirilmiştir, (19.yy.). 19.yy.'ın son yıllarıyla 20.yy.'ın başlarında bu enerji üreten makinalar hızlı bir gelişme göstermiş ve kullanılabilir hale gelmişlerdir. İlk önceleri hem işlemlerin hem de makinaların kontrolünü yapmak zorunda olan insan, daha sonra sadece makinaları kontrol etmeye başlamış ve 20.yy.'da külfetten de kurtulmuştur. Yine 20.yy.'da otomatik kontrollü makinalar, kendi kendilerine ölçen ve ayarlanan makinalar (tekstilde renk okuma makinaları gibi) ve kendi kendilerine programlanan makinalar ortaya çıktı. Otomasyondaki gelişmeler Otomatik Kontrol Biliminin ve Sibernetiğin 1950 ve 1960'larda başlamasıyla yeni bir boyut kazandı. Bu gelişim zinciri içinde en önemli noktalardan birini, insan ve kompüter iş değeri olan robotlar teşkil eder. Bunların ilk örneği Sammie'dir. Bu robot, insanını değişik ortamlara nasıl uyum sağladığını anlamak maksadıyla dizayn edilmiştir. İngiltere'deki Wottingham Üniversitesi tarafından yapılan bu robottan sonra bir diğer çalışma ise General Elektrik Labratuvar grubunda yapılan 48 km/h hızla koşabilen bir at şeklinde androittir. Bir başka android ise Masschusetate Enstitüsü tarafından projelendirilmiştir. Bu android odalar arasında mobilyalara çarpmadan yürüyebilmekte ve istenen bir şeyi bulup aldıktan sonra harekete başladığı noktaya dönmektedir.

Günümüzde ise 6, 7 ve hatta 8 serbestlik derecesine sahip programlanabilen robotlar bir çok farklı amaçlar için yapılmakta ve kullanıcılara sunulmaktadır.



Çağımızın yeni bir problemi de bu robotların pazarlanması olmuştur. Kendi tarihimizde, otomasyon üzerine bir araştırma yaptığımızda çok değerli bir kaynakla karşılaşırız.

1205 yılında Diyarbakır'da Artuklu Sultanı Melik al Salih Nasır al din adına batı dünyasında kısaca " Ali Gazari " olarak tanınan Cizreli Eb-ül-iz İbni Razzaz'ın tarafından yazılmış olan bu kitabın ismi " Kitap al cami beyn el ilm val amal al nafi sinaat il hiyal"dır

Kitabın dili zamanın dili olan arapçadır.Eser ününü çağlar boyu yitirmemiş ve çeşitli dillere çevrilmiştir.Eserin bazı kopyaları İstanbul Topkapı Sarayı III.Ahmet Kütüphanesi'nde bulunmaktadır.

Mevcut al Gazari yazmalarını en eskilerinden olan 3472 kayıt nolu yazma 1206 tarihlidir.Bu yazma kayıp olan orjinalinin bir ikinci el yazması kopyasıdır.Yine aynı kütüphanede 3600 kayıt nolu ve 1354 tarihli bir diğer yazma bulunmaktadır.Aynı eserin diğer nüshaları yabancı kütüphane ve müzelerde mevcuttur.

Dublinchesterbeatly kütüphanesi'nde bir, Leiden Ünicersite kütüphanesi'nde iki ve Paris Bibliotheque National'de üç adet daha geçmiş yıllara ait kopyalar bulunmaktadır.Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri'nin çeşitli müze ve koleksiyonlarında farklı yazmalardan koparılmış minyatürlü sayfalar sergilenmektedir.

Eserler farklı konuları işleyen altı kısımdan oluşur:

- 1- Su saatleri,
- 2- Toplantı meclislerinde kullanılan kaplar ve oyunlar,
- 3- İbrikdarlık yapan ve kan toplamaya yarayan düzenler,
- 4- Fiskiyeler ve müzik otomatları,
- 5- Kuyu yada aksesuarlardan su çıkaran tulumbalar ve kaldırma düzenleri
- 6- Birbirleriyle ilişkisi bulunmayan düzenler.

Altıncı kısımda beş, diğer kısımlarda on farklı düzen anlatıldığına göre toplam 55 ilginç buluş yer almaktadır.

Al Gazari'yi batı dünyasına bir kimya profesörü olan E. Wiedemann ve F. Hauser tanıtmışlardır. Wiedemann Al Gazari'nin kitabını kısımlar halinde almanca'ya çevirmiş ve teknik yönden yorumlamıştır. Çalışmalarını birinci dünya savaşı etkisindeki 1908-1921 yıllarında, erişilmesi zor mecmua ve kitaplarda yayınlamış olduğundan, bu bilgiler yeterince değerlendirilememiştir.



Günümüzde İTÜ-TÜBİTAK ortak çalışmaları olmuştur ve İTÜ'de Robot konusunda tez aşamasında değerli çalışmalar yapılmıştır.

Japonya'da endüstri robotlarının bugünkü durumu ve bunlarla ilgili araştırmalarına kısaca bir göz atalım.

Japonya'da 1984 yılı taramalarına göre robot teknolojiyle uğraşan 70 araştırma ve geliştirme enstitüsü vardır.

Endüstri Robotlarının Japonya'da geliştirilmesi ve kullanılması:

Elektroteknik Laboratuvarı:Tokyo'daki elektroteknik laboratuvar 780 çalışanı ile elektroteknik sistemlerin geliştirilmesi alanında en büyük ve en önemli enstitülerden biridir.Projeler devlet tarafından finanse edilmektedir.Bu enstitüde 4 farklı araştırma yönü vardır.17 kişi kontrol sistemlerinin geliştirilmesi projelerinde çalışmaktadır.Araştırmalarının ağırlık noktalarını üç boyutlu nesne tanıma ile görme aynı zamanda akustik temelde kollu robot sistemlerinin kollarının koordinasyonuna yarayan software stratejilerinin geliştirilmesidir.

Nesne ve ses tanıma alanındaki araştırmalar 10 yıldır sürmektedir.

Mekanik Mühendislik Laboratuvarı : Diğer bir devlet tarafından desteklenen robot teknolojisi ile ilgili enstitüde Tokyo'daki laboratuvardır.Mekanik hareket donanımları, hareketli nesnelerin optik sensörlerle gözlenmesi, bir televizyon kamerası ile motif tanıma, ağırlık ve tutma kuvveti ölçümüne ve aynı zamanda tutma pozisyonunun gözlenmesine yarayan sensör sistemleri üzerine çalışılmaktadır.1985'de bitmesi planlanan bir diğer araştırma ise üç boyutlu nesne tanıma tertibatlı iki kollu bir çalışma cihazının geliştirilmesi üzerinedir

Tokyo Teknoloji Enstitüsü : Bu enstitünün sadece % 70'i devlet kaynaklarından desteklenmektedir. %30'un finansmanı ise endüstri sponsorları üzerinden sağlanır.Yönlendirme tekniği bölümünde çoğunlukla görme sensörleri üzerinde çalışılmaktadır.Bunun yanı sıra çalışma cihazları için kapsamlı ve problemlere uygun bir program dili geliştirilmektedir.Bunu dışında hareket programının verilmesinde basitlik sağlamak için de çeşitli projeler üzerinde çalışılmaktadır.Diğer bir proje grubu da bu hareketleri mekanik donanımlarla taklit etmek için hayvanların hareketlerini analiz etmektedir.Bu amaçla yılan şeklinde bir cihaz geliştirilmiştir.



Bu cihaz saniyede 0.45 m.lik bir hızla hareket edebilir. Gelecekte bu yılanı benzer robotlar gemi inşaatında zor ulaşılan yerlerde kaynak ve boyama işlerinde kullanılacaktır. Böyle donatılmış robotlar uygun şekilde küçültülerek tıp alanında da kullanılabilir.

Kunimori Kimya Şirketi : Japonya'da hem basit big and place (tut ve yerleştir) cihazları hem de serbest programlanabilir çalışma cihazlarına endüstri robotu adı verilmektedir. Çoğunlukla kimyasal parça üreten bu şirkette bu tür cihazlar kullanılmaktadır.

Hitachi Ltd : Bu şirket bütçesinin toplam %5'ini Hitachi Ltd. araştırma ve geliştirme hizmetlerine ayırmıştır. Yokohama'daki imalat tekniği laboratuvarında temel araştırmalarının yanında çoğunlukla otomasyon tekniği alanındaki projeler üzerinde çalışılmaktadır.

Hitachi Ltd'nin Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda iki kollu, sensörle çalışan ve kolunda 8 serbestlik dereceli, tek başına bir elektrik süpürgesini monte edilebilen bir montaj grubu geliştirilmiştir.

Diğer bir çalışma alanı ise otomatik şekil tanıma donanımlarının kullanılması üzerinedir.

Yorozu Motor Endüstri Şirketi : Yokohama'daki bu şirketin 3 ayrı yan kuruluşu mevcuttur. Firma otomobil fabrikalarına parça sağlar ve özellikle karoseri çalışmasında ( Presleme ve kaynak ) uzmanlaşmıştır. Yokohama'daki fabrikada çeşitli firmaların nokta kaynak robotları kullanılırlar. Bununla ilişkili olarak nokta kaynağı için çeşitli üretim metodları analiz edilir. Bu yöntemlerin maliyeti, üretimi, çalışma hassasiyeti, güvenilirliği kontrol edilir.

Nissan Motor Co.Ltd : Bu fabrikada 3 ayrı ağır vasıta modeli için bir kaynak hattı izlenmiştir. Kaynak hattı 2 çok nokta istasyonunun bir kombinasyonundan ibarettir. Kaynak hattının sonunda taşıt karoserinin yanlarında, önünde ve arkasında nokta kaynak işlerini yapan 8 adet robot vardır.

Mitsubishi Motor Co. Ltd. : Okazaki'de yeni kurulmuş bir firmadır. İki taşıt modeli imal edilmektedir. Bu fabrika kaynak hattı boyunca birçok çok nokta kaynak istasyonları ve nokta kaynak işleri için 40 robot kullanılmaktadır. Bu sürede fabrikada ayda 1500 parça üretilmekteydi. 24 kaynak robotunun daha kaynak hattına yerleştirilmesiyle üretim 15.000'e ulaşmıştır. Bütün kaynak hattı Mitsubishi Firması tarafından geliştirilmiştir. Boyama atölyesinde 8 adet Mitsubishi-iwata modeli robot çalışmaktadır.



## 2.3. Robotların Sınıflandırılması

### 2.3.1. Robot mafsalın hareketlerine göre

- a. Robotların konstrüktif düzenlemesi hareketi
- b. Hareketin kontrolüne dayanan dayanan yörüngeler
- c. Robotun perfonmans özellikleri

Robotun konstrüktif düzenlenmesi ve robot hareketine göre sınıflandırmada üç farklı hareket söz konusu olur. Bunlardan birincisi iki mafsal arasındaki bir uzuvun kendi eksenini etrafında yaptığı dönme hareketidir. Buna swivel hareket denir.

İkinci hareket mafsalda enine eksene etrafındaki dönme hareketidir. Buna eğilme hareketi denir.

Üçüncü hareket boyuna eksen doğrultusundaki lineer harekettir. Buna prizmatik hareket denir.

Robot mafsallarının hareketine göre aşağıdaki robot düzenlemeleri çok iyi biçimde tanımlanmaktadır:

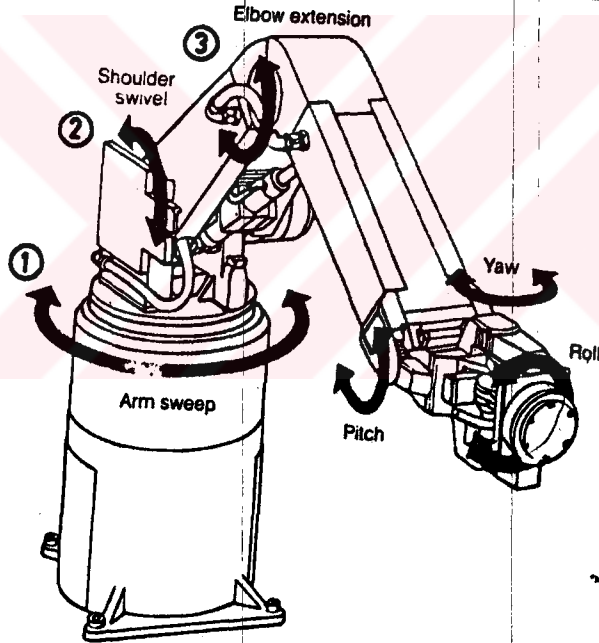
- 1- Döner Robot
- 2- Polar Robot
- 3- Silindirik Robot
- 4- Kayar Tip Kartezyen Robot
- 5- Kafesli Tip kartezyen Robot
- 6- Scara Tip Robot



### 1- Döner Robot :

Bu robot, insan koluna benzeyen en iyi robottur. Çok zaman düz mafsallı robota antropomorfik adı da verilmektedir. Bu robot üç ana dönen mafsaldan ibarettir. Bunlar bel, bele monte edilmiş omuz ve omuz uzuvunun uç kısmına monte edilmiş dirsektir.

Bu tip robot altı serbestlik deecesine sahiptir.

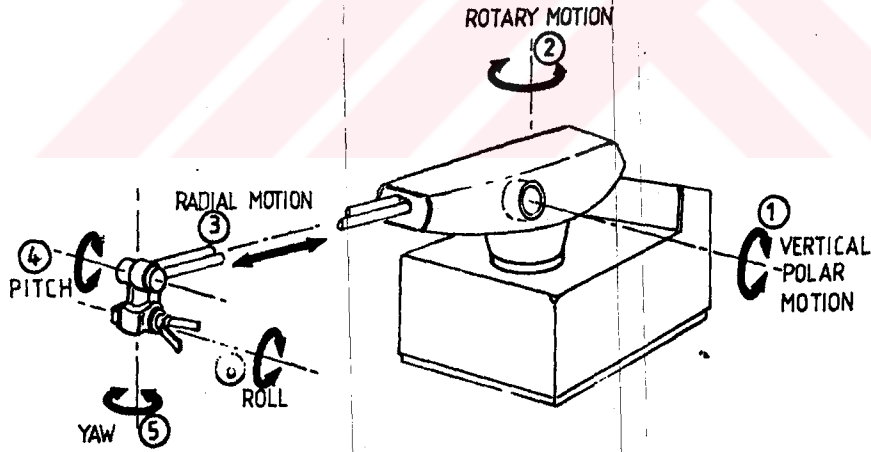


Şekil 1.1. Döner Robot : Gövde dikey bir yönde boylamasına eksen etrafında döner. Omuz ve dirseğin çapraz eksenleri vardır ve hareketleri dikey bir düzlemedir.



2- Polar Robot : Bu robot bel eksenini etrafında döner. İkinci dönme kolun düşey düzlemde dönmesine izin verir. Bu iki eksenin kullanılmasıyla bel kısmı bir küreyi tarayabilmektedir. Bu matematikteki polar koordinat sistemine karşılık gelir. Üçüncü serbestlik derecesi kolu içeri veya dışarı hareket ettirmeyi sağlar. Aynı zamanda prizmatik bir mafsalla sağlanmakta ve kolun içine yerleştirilen bu mafsalları ileri-geri harekete imkan vermektedir. Prizmatik mafsalla ayarlanan yarı çapa göre kol kısmı küreleri taramaktadır.

Bu tip robot altı serbestlik derecesine sahiptir.



Şekil 1.2. Polar Robot : Gövde dikey bir yönde boylamasına eksen etrafında döner. Omuz çapraz eksenini etrafında döner ve dikey kutup hareket oluşturur. Kol uzuv aksenal yönde uzanır.

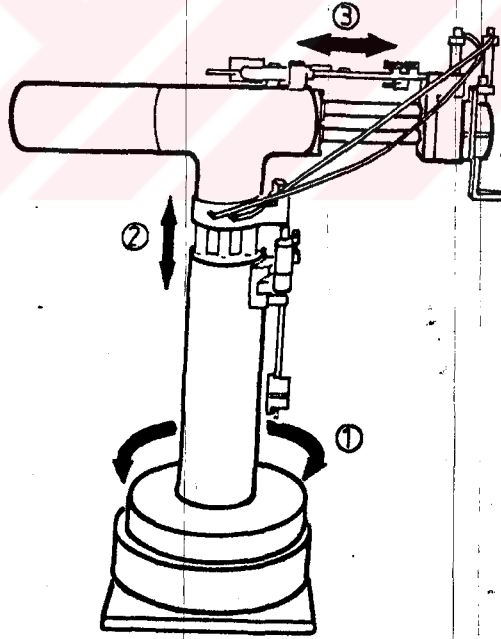


### 3- Silindirik Robot :

Bu robot bir temel, bir yatay ve bir prizmatik mafsaldan ibarettir. Temel bir bütün olarak yukarı ve aşağı hareket edebilir.

Yatay kol düşey sütun etrafında uzayda kısmi bir silindir tarif edecek şekilde hareket edebilir. Bu matematik olarak silindirik robot sınıfına girer. Yatay kola yerleştirilen prizmatik mafsalları içeri ve dışarı doğru kayabilir ve her zaman temele paralel kalır.

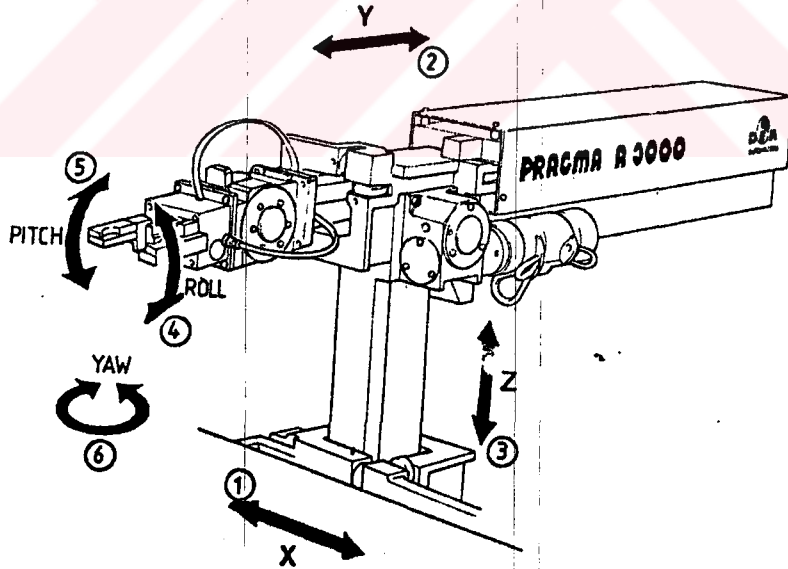
Bu tip robotların üç serbestlik derecesi vardır



Şekil 1.3. Silindirik Robot : Bu robot iki prizmatik harekete ve eksenini etrafında bir dönme hareketine sahiptir.



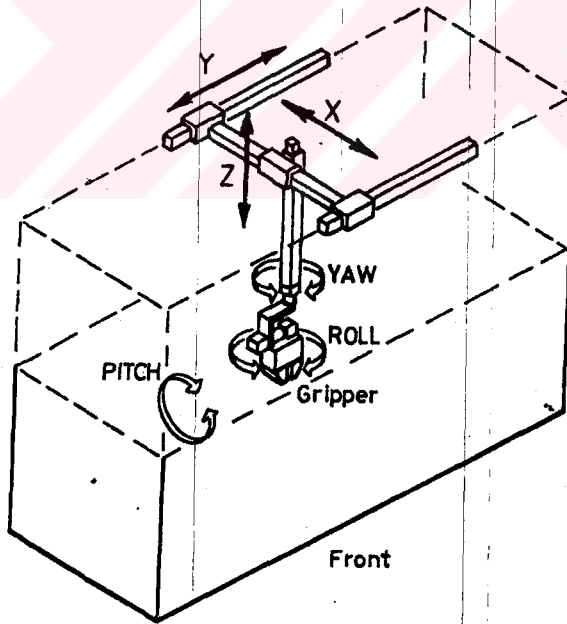
4- Kayar tip kartezyen robot : Birbirine dik üçgeni vardır. Yukarı aşağı, sağa sola ve ileri geri hareket prizmatik mafsallarla gerçekleştirilir. Matematik olarak kartezyen koordinat sistemine, tekabül eder. Bu robotun yüksek hassasiyetine rağmen birçok uygulama için tavsiye edilmemektedir. Çünkü mevcut insanla çalıştırılan iş istasyonlarına uyumu zordur. Tipik örneği DEA robotudur.



Şekil 1.4. Kayar tip kartezyen robot: Bu robot yatay ve dikey düzlemde olmak üzere iki dikey eksen hareketine sahiptir.



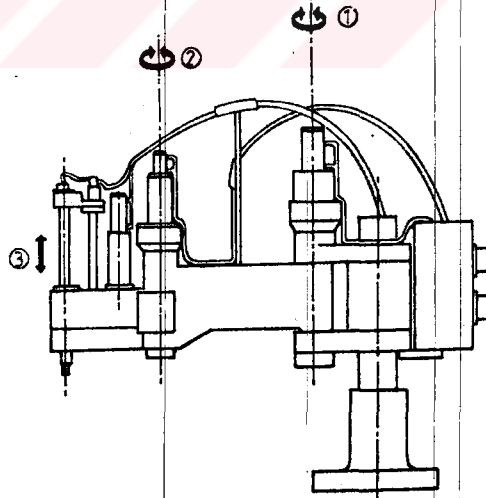
5- Kafesli kartezyen robot : Bu robot kayar tip kartezyen robot ile aynı yapıya sahiptir. Tek farkı robotu kayma işlemi sırasında tutan bir kafese sahip olmasıdır. Tipik örneği IBM 7565'dir. (ABD).



Şekil 1.5. Kafesli kartezyen robot : x, y, z, doğrultusunda üç öteleme hareketi vardır.



6- Scara tipi robot : Yukarıda kısaca verilen temel robot özelliklerini birleştiren yeni robot kinematiği düzenlemeleri yapılabilir. Mesala düz mafsallı robot ve silindirik robot kinematiği birleştirilirse SCARA tipi yeni bir robot ortaya çıkar. Bunun dönen mafsalları düşey eksenlere sahiptir. Yatay düzlemde harekete üizin verir, hem dönme ve hem de silindirik koordinatlara tekabül eder. Scara robotunda düşey ana eksen dönerken, yerçekimi kuvveti, coridis ve merkezkaç kuvvetler yapıya tesir etmez. Halbuki yatay eksen olsaydı tesir edecekti. Yüksek hızlarda ve yüksek hassasiyet için bu çok önemlibir üstünlük sağlar. En iyi örnekleri IBM 1535 ve 1545, ABD ve META machines (U.K)'dır.



Şekil 1.6. Scara tipi robot : Omuz ve dirsek mafsalları dikey eksenleri boyunca yatay bir düzlemde döner. Robotun sonunda kaldırma için dikey bir eksen vardır.



### 2.3.2 Yörünge kontrolüne göre

Esasen iki robot yörünge kontrol şekli vardır.

#### 2.3.2.1. Noktadan noktaya kontrol (PTP)

#### 2.3.2.2. Sürekli yörünge kontrolü (CP)

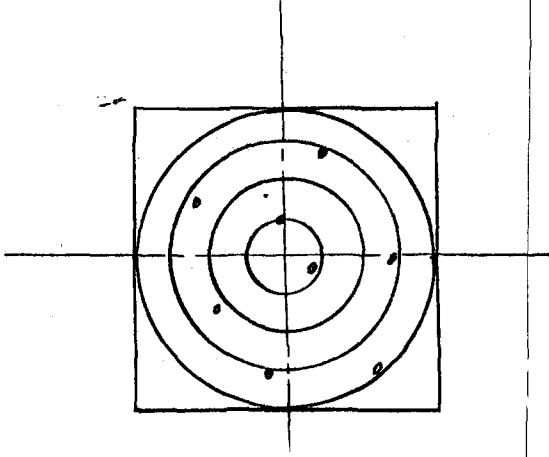
Noktadan noktaya kontrolde robot düzleminin her noktasında bir sonraki adım için sinyal vermek üzere planlanmıştır. Hareket tespit edilen noktalar arasında kontrol edilmemesine rağmen genellikle yörünge, robotun kinematik geometrisine bağlı olarak tabii bir yol boyunca olur. Bu kontrol sisteminde robotun kütle merkezi sadece belirli uç noktalarda durabilir. Kontrol sinyalleri impuls veya onun genel bir hali olan kare dalgalar şeklindedir. Sadece 1 ve 0 'lardan oluşan sinyaller robota, şerit veya manyetik üniteler vasıtasıyla verilebilir. Noktadan noktaya kontrol şu şekildedir: Örneğin, 1 artı impuls 0.2 mm. ilerlemeye karşı geliyorsa, 5 pozitif impuls robotun ilgili uzvunu 1.0 mm. öteleyecektir. Ama hiç bir zaman robotun ilgili uzvu 0.5 mm'lik konuma gelemeyecektir. Yani robotu, bu noktalar arası noktalarda kontrol etmek imkansızdır. Sürekli kontrolde robot herhangi keyfi bir yolu doğru olarak takip eder. Noktadan noktaya kontrolde robot doğruluk ve tekrarlanabilirlik terimlerinde daha büyük hassasiyet vermektedir. Sürekli yol kontrollü tarif edilen yol boyunca daha düzgün bir harekete imkan verir fakat hızda bir sınırlama olur. Gerçek zamanda interpolasyon metodları kullanan ana bilgisayarda hesaplanan adım büyüklüklerinin fonksiyonu olan hızdaki azalma % 15-25 kadar olabilir. CP sistemlerinde, kontrol sinyalleri radyo dalgaları sürekli eğriler şeklindedir. Hareketler bir servo-valf veya DC elektirik motoru ile denetlenir. Motor kataloglarından bu verilere göre en uygun DC motor olarak MAVİLOR serisinden Mo80 seçilmiştir.

Robotun kolu sürekli bir insanın kolunun hareketleri gibi uyumludur. Fakat servo sistemlerin doğal teknik yetersizlikleri sebebiyle CP hareketler, PTP hareketlerkadar hassas değildirler.

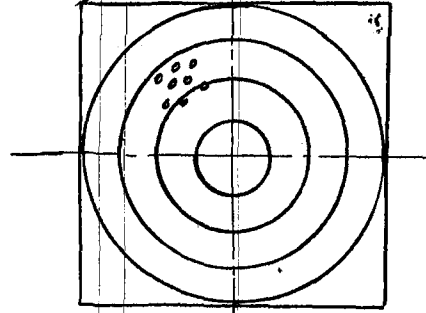
CP hareketlerde sağlanabilme minimum hata 5 - 0.1 mm mertebelerindedir. PTP kontrollü hareketlerde ise 0.5 - 0.01 mm mertebelerine inebilmektedir.

Bu ise ekonomik olmayan kontrol işlemidir. Yani aynı robotun noktadan noktaya kontrolüne göre daha düşük verimle çalışması demek olur.

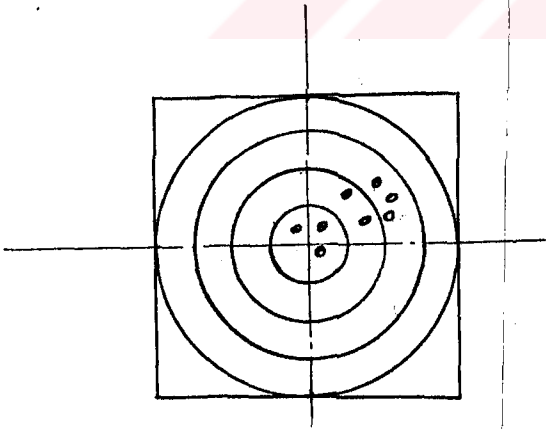




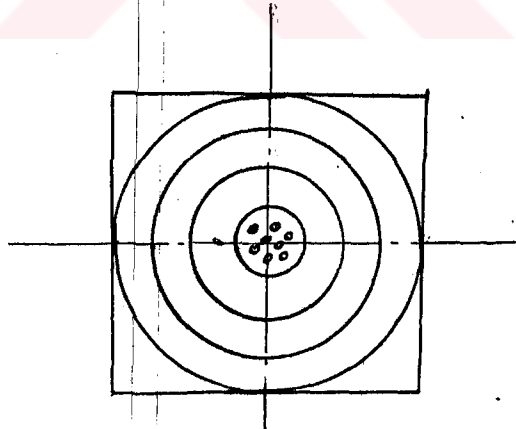
iyi olmayan doğruluk  
iyi olmayan tekrarlanabilirlik



iyi olmayan doğruluk  
iyi tekrarlanabilirlik



iyi doğruluk  
iyi olmayan tekrarlanabilirlik



iyi doğruluk  
iyi tekrarlanabilirlik

Şekil 1.7. iyi doğruluk ve iyi tekrarlanabilirlik: Robotiğin gelişiminde ki aşamalar.



## 2.4. Robot Programlama

Bir programlama dili, insan kullanıcı ile sanayi robotu arasında bir ara elemandır. Önemli şu sorular ortaya çıkar : Programcı tarafından hareketler uzayda nasıl kolayca tarif edilebilir ? Birçok manipulatörü paralel çalıştıracak şekilde nasıl programlanabilir ? Dilde sensör esaslı hareketler nasıl tarif edilebilir ?

Robot manipulatörleri otomasyondan programlanabilir anlamına gelen " enek olma " özellikleriyle ayrılırlar. Manipulat.rün sadece hareketleri programlanabilir değildir fakat sensörlerin kullanılışı ve diğer fabrika otomasyonu ile haberleşme özellikleride vardır. İleri görevlerdeki değişikliklere robot uyum gösterebilir.

Sanayi uygulamasına olan artan talep, manipulatör ve diğer programlanabilir otomasyon kadar kullanmaya da büyük önem atfetmiştir. Manipulatör programlama problemi alışılmış bilgisayar programlamayı ve daha geniş alanları ihtiva eder. Manipulatör programlamadaki özel bazı davranışlar ilave konuların doğmasına neden olmuştur..

### 2.4.1. Robot Programlama Metodları

1. Fiziksel programlama : Bu programlamada, operatör bir takım limit ve durma değerlerini bilirler. Bu robotlar, daha doğru programlanabilir noktadan noktaya kontrol edilen manipulatörler ancak basit alma ve yerleştirme işlerinde kullanılırlar.

2. Öğretme-modu programlama : Bu metotta operatör robot kolunu istenilen pozisyona getirir bunun belirli bir ünite robot kontrolüne arabirimlenmiş bir ses giriş cihazıyla yapar. Öğretilen pozisyon ve yaklaşım vekt.rleri bir sayısal formatla saklanır. Bular işlem sırasında koordinat değerleri olarak kullanılıp yörüngenin belirlenmesini sağlarlar. Örneğin PTP bir robotta, bu yöntemi uygulamak için herbir eklemi tekbaşına hareket ettirerek tüm bu hareketlerin pozisyon değerleri kontrolörün belleğinde saklanır. Bu yöntem genellikle, robotun yörüngesini matematiksel olarak belirlemenin son derece güç olduğu durumlarda kullanılır.

3. Gösterme ile öğretme programlama : Bu yöntem genelde kaynak, boyama ve benzeri işler yapan ucu çıkabilir olan robotlarda kullanılır. Hız kontrol, uç içeri/dışarı, püskürtme, aç/kapat gibi yardımcı komutlar öğretme kutusunda da girilebilir.



Bu durumda; robot kolu istenilen yörüngeye fiziksel olarak hareket ettirilir ve bu hareketler üç boyutlu olarak nümerikleştirilir. Nümerikleştirilmiş noktalar ve yaklaşım vektörleri saklanır. İstenirse saklanmış veriler geri sarılarak tekrarlanır. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, robotun hareketleri şartlara göre belirlenemez. Giriş ve duyargalardan gelen veriler işlenemez. Çünkü bu yöntemde robot kolu ancak fiziksel olarak yürüdüğü yörüngeyi öğrenir.

4. Off-line programlama : Bu metod yüksek düzeyli bir robot programlama dili gerektirir. Bu yöntemle operatör kendisine makina dilinden daha yakın dilde programlama yapar. Bazı durumlarda bu programlar robota off-line olarak uzaktaki bir bilgisayarda geliştirilip, iletişim hatları üzerinden robota yüklenir.

Bu metodun üstün yanı, kullanılan objeler tanımlanıp, bir veri tabanında saklanır ve daha sonra üretim prosesi değişse de bu veri tabanının değişmesine gerek kalmaz.

#### 2.4.2. Robot Programlama Dilleri

Wave dili : (1970-1974)

Bu dil standfort artificial intelligente labratory tarafından geliştirilmiştir. Bu dil kompleks manipulatör algoritmalarının ilk olarak geliştirildiği dildir. DEC tarafından geliştirilen ASSEMBLER dilinden sonra ilk geliştirilen dildir. Robot kontrolü için geliştirilen algoritmalar karışık olup, bunlar robot üzerinde gerçek zamanda çalışmazdı. Şimdilik dillerde algoritmalar çok daha etkin olup hesaplamaları çok daha kolay ve hızlıdır. Wave'in sonraki dillere geçen bir takım önemli özellikleri vardır :

- Hız devamlılığını sağlamak için eklem hareketlerinin koordinatlanması ve yörünge dönme noktasının belirlenmesiyle hızlanma.

- Varış pozisyonunun kartezyen koordinatlar cinsinden belirlenmesi.

- Korumalı hareket özelliği örneğin duyarga bilgileriyle robot kolu herhangi bir objeye değdiğinde hareket durdurulur. SIGLA (1978-olivetti) : Sigma robotu için geliştirilmiş bir dildir. Aşağıdaki ana bölümlerden oluşmuştur :

- İşletim sistemi

- Komut işleme kontrolü



- Aktüel robot programlarının saklandığı bellek bölgesine erişim " Teach by doing " yapısındadır. Programların yürütülmesi yorumlama şeklidir. Paralel proses yürütme özelliği vardır.

MCL (Machine Control Language) : Yapısal bir programlama dili olup APT-NC dilinin gelişmişidir. Off-line programlama için geliştirilmiştir. Dil fortranda çalıştırılabilir.

Bu dil özet olarak şöyledir.

- Sistemin veri tabanında hangi tip makina kontrol programlarının çalıştırılabileceğini belirler.

- Robotların başka makinalarla entegre olduğu üretim birimlerinin kontrol edilebilmesi imkanı sağlar. APT dilinden üstün olarak gerçek zamanda sensörlerden gelen veriler işleyebilir.

- Görüntü sistemi ile 2 boyutlu görüntüleri modelleme imkanı bulunur.

MCL, APT Diline bazlandığı için endüstri standardı bir dildir. Dezavantajı, şimdiki gelişmiş dillere göre alışık olmayan bir format kullanılmasıdır.

VAL (1975 Satanfort Artificial Intelligence Labrotary ):

Robot programı " Teach by showing " metodu ile manual kontrollerin, kullanılması veya " teach box " ile veya klavyeden girilerek oluşturulur. Öğretilen noktalar transformasyonlar veya eklem açıları şeklinde kontrolör belleğinde saklanır.

VAL de herhangi bir pozisyon aşağıdaki noktalardan biriyle belirlenir;

- Transformasyon : Kartezyen koordinatlarındaki X,Y,Z cinsinden veya robotun tabanında sabitlenmiş bir referansa göre Euler açıları cinsinde (O,A,T) yapılır.

- Doğruluk noktaları : Maksimum pozisyon ve oryantasyon doğruluğu elde etmek için herhangi bir pozisyonu tekrarlama

- Bileşik transformasyon : Bir önceki tanımlanmış pozisyona bağlı pozisyon tanımlaması gerektiği uygulamalarda kullanılır.

VAL, etkileşimli ve yorumlama şeklinde çalışır. Yerleşme noktaları, doğruluk noktaları veya transformasyon şeklinde saklanır. Bu noktalar robota öğretilir. veya klavyeden koordinat değerleri olarak girilir ( Robot Teknolojisi).



## 2.5. Robotlarda Hassasiyet Ve Duyarlılık

Robotların teknolojik düzeylerinin artmasında en önemli etken, hissetme duyuları ve yeni şeyler öğrenebilme kabiliyetine kavuşmuş olmalarıdır. Robotlarda artık bir insanın sahip olduğu duyu organları ile donatılmaktadırlar. Bunlar tamamen insan örnek alınarak geliştirilmiş ve robotlara adapte edilmiş meziyetlerdir.

İnsan oğlunun sahip olduğu bu harika duyu organlarının değeri bunları otomatlara kazandırmak maksadıyla yapılan çalışmalar esnasında bir kez daha anlaşılır. Yapılan elektronik devreler oldukça basittir. İlkellikten kurtulamamaktadır. Moment, toplama ve yerleştirme gibi işler, insanın dokunma duyusunun modeli olan pin matris ve vektör teorisinin bulunmasıyla robotlara adapte edilmiş olmaktadır. Fakat hali hazırda istenilen derecede kararlı, hızlı ve aynı zamanda sürekli sistemlere ihtiyaç vardır. SRI kuvvet hassasiyeti konusunda oldukça değerli araştırmaların yapıldığı bir kuruluştur. Fakat hala daha ihtiyacı olduğu iddia ettiği integral sinyallerine kavuşmuş değildir. Bu da gösteriyorki hala daha teorik bakımdan yeterince ilerlenememiştir. En çok araştırma yapılan diğer konu ise görme duyusu üzerinedir. Kullanılabilir safhada olmasına rağmen bu da gelişmeye muhtaçtır.

Robotların duyu organları yani hassas oldukları konular şunlardır:

1- Kuvvet: Robot tutucusunun sahip olması gereken en önemli özelliktir. Montaj robotlarında kullanılması çok yaygınlaşmıştır. Zaruridir. Artık tutucu bir yumurtaıyla bir civatayı ayırtedebilmekte, her ikisini farklı hassasiyetlerde tutabilmektedir.

2- Dokunma Duyusu: Özellikle robotların hareketli uzuvlarına yerleştirilen teller veya magnetik alanlardır. Robotu hem bulunduğu konumdan haberdar eder hem de yönünü bulmasına yardımcı olur. Stanford Enstitüsü tarafından yapılan Robot-Fare ve Massachusetts Enstitüsünde dizayn edilen android bu duyu organlarına sahip robotlardır.

3- Görme: Bir robotun konumunu saptaması, çevresini görüp kontrol etmesi ve çevresinden haberdar olması için geliştirilmiş bir ünitedir. Rhode Island Üniversitesi halihazırda görme sistemleri üzerinde derin araştırmalar yapmaktadır. Görme organı olarak bir Solid-State kamera kullanılmaktadır. Bu sistemde matematiksel metod olarak, hem çevreye karşı hassasiyet hem de idrak etme kabiliyeti için



Kalıplaşmış Tanım Matrisleri ve Sistem Analiz Metodları kullanılmaktadır.

Kamerayı bir görme organı olarak kullanmak oldukça basittir. Asıl problem, robotun görmesi değil neyi gördüğünü anlamasıdır.

Robotların bağımsız olarak çalışabilmeleri için her konumda feed-back'i sağlayabilen duyu organlarına ihtiyaçları vardır. Robotların duyu organları ne kadar gelişirse robotlarda o kadar bağımsızlaşacaklardır.

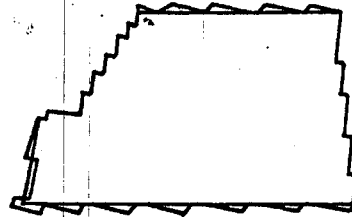
Bilim adamlarının görme sisteminden bekledikleri, bir konveyör üzerinde gelen karışık(sırasız) parçalardan hep bir türünü alarak raflara yerleştirecek bir sistemin geliştirilmesidir.

Günümüzün görme sistemleri kontrast olarak aydınlatılmış ortaklara, toleransları kontrol edilmiş parçalara ve süreksiz yörüngelere sahiptir. Yani görme sistemleri ancak özel olarak aydınlatılmış ortamlarda çalışabilmektedirler. Parçaların toleranslarını kontrol edecek kadar hassas değildir ve parçaları aşağıdaki şekildeki gibi idrak etmektedirler.

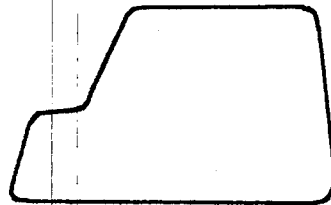
Görülmesi istenen  
iş parçası:



Robotun parçayı algılama şekli:



Robot tarafından algılanan  
iş parçasının bellekteki  
son şekli:





Görme sistemi olarak kabul edebileceğimiz bir sistem robotun toplam maliyetinin 10-20% den daha pahalıya mal olmaktadır.

Türkiye'de Tübitak,, tarafından robotların görme sistemleri üzerine bir araştırma yapılmaktadır.

Görüldüğü gibi dünyada, üzerinde en çok araştırma yapılan konu robotların duyu organları olmaktadır.

## 2.6.Robotların Tahrik Sistemleri:

Burada tahrik sistemleri üzerinde sadece bir fikir vermek için durulacaktır.

Robotlar genellikle elektrik, hidrolik ve pnomatik olarak dizayn edilirler.En ucuz olan sistem pnomatiktir, en pahalı ise elektrik olmaktadır.Pnomatik sistem hidrolik sisteme göre 3 ila 7 kat arası, hidrolik sistem elektrikli sisteme göre 1 ila 3 kat arasında değişir.

Tahmin edileceği gibi ucuz sistemlerden daha az enerji ve güç elde edilir. hiçbir zaman bu sistemler yalnız başlarına kullanılmazlar. Ya bir servo valf ya da bir mikroişlemciyle desteklenmek zorundadırlar.

Bir robot mümkün olduğu kadar basit ve şu özelliklerede sahip olmalıdır.

1-Uygulama esnasında hem kullanım hem de fonksiyonlarının değişebilir olması; Kullanım alanı denildiğinde aklımıza, yük taşıma ve aktarma, ambalaj, montaj gibi işler, fonksiyon denildiğinde de sprey boyama, nokta ve dikiş kaynağı, tezgah kumanda etme gibi işler gelmektedir.

2- Süratli çalışma; işlem esnasında yani bir göreve başlarken gereken değişiklikler çok zaman almamalıdır.

Örneğin tutucuların değişmesi veya yeni bir program derlenmesi gibi. Bu ise oldukça pratik,hem değiştirilebilen sistemlere ve kolay kullanışlı program dillerine ihtiyaç göstermektedir.

3- Kolay öğrenilebilmesi ve yeniden programlanabilir olması.



## 2.7. Tutucu Üniteler (Grippers) ve Robotik Sensörler

### 2.7.1. Tutucu Üniteler

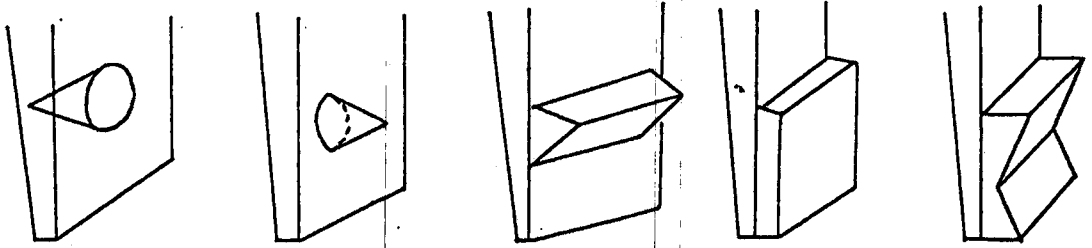
Tutucuların görevi iş parçaları ile endüstri robotu arasındaki bağlantıyı sağlamaktır. kullanma durumuna göre ayrıca tutucu üniteler daha başka fonksiyonlara da sahiptir. Örneğin iş parçalarını merkezlemek, yönlendirmek, ek hareketler yapmak veya iş parçaları hakkındaki bilgileri endüstri robotu yönlendirmesine vermek zorundadırlar. Endüstri robotlarının çalışmalarının hızlandırılması kolun ucundaki kütleye bağlıdır ki bu nedenle tutucu ağırlığı azami olarak izin verilecek iş parçasının ağırlığını etkiler. Bunun dışında birçok durumda tutucuların ölçülerine iş yeterinin ölçülerinden ötürü çeşitli sınırlamalarda koyulmuştur.

Bütün bu bilgilere göre bir endüstri robotunun tutucusunu şöyle tanımlanır : "Tutucu, bir endüstri robotu karşısında iş parçasının pozisyonunu sağlamlaştırmak için iş parçasından endüstri robotuna kuvvet naklini sağlayan bir kısım parçasıdır."

Bir tutucunun projelendirmesinde titreşim, imalat şartları, işleme kolaylığı, ekonomi göz önüne alınması gereken faktörlerdir.

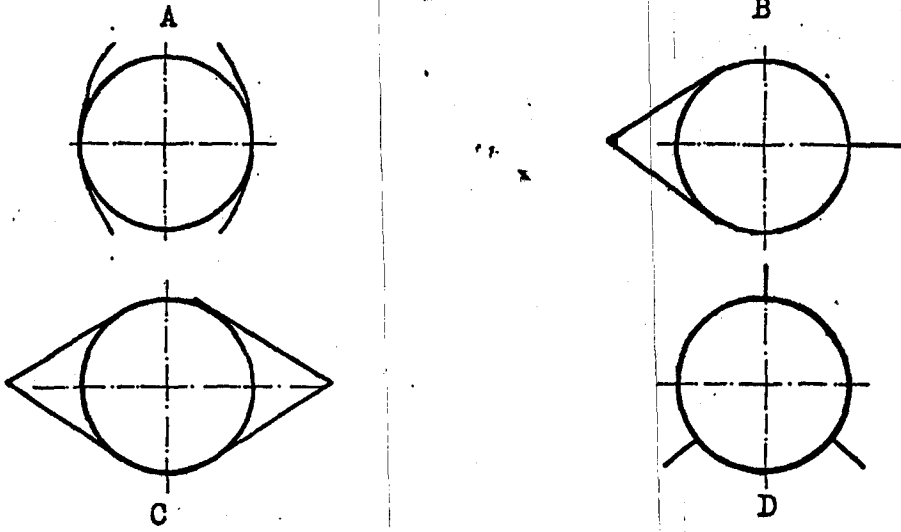
Tutucuların temas noktalarına göre: noktasal, çizgisel ve düzlemsel temaslı olarak üçe ayrılırlar.

Tutucuların parçaya temas eden noktalarına tırnak denir. Bu tutucular aşağıdaki gibi olabilirler.



Tutucular parçaları kavrama kabiliyetlerinin yanısıra onları merkezleme imkanına da sahiptirler.





A İki noktadan merkezleme,  
B ve D Üç noktadan merkezleme,  
C Dört noktadan merkezleme.

Üç noktadan merkezleme, iki veya daha fazla noktadan merkezlemeye nazaran daha avantajlıdır. Çünkü üç nokta sisteminde tam bir merkezleme sağlanır.

Tutucular mekanik, pnomatik ve elektrikli olabilir. Televizyon tüplerinin taşınması veya buna benzer cam malzemeler için vakumlu tutucular kullanılır. Şekilleri geometrik olmıyan veya toz halindeki parçaların taşınmasında magnetik tutucular kullanılır.

#### 2.7.2. Robotik Sensörler

Kesin robot tertibatı için, iş istasyonu kontrolünün birbirine bağlama kullanımının tipi uygun değildir. Robot hoşnut edici biryolla iş yapmak için daha fazla insan benzeri ve yetenekler yüklenmelidir. Bunlar görme ve el-göz koordinasyonu, dokunma ve duymayı içerir. Bu sebeple, biz robotlarda kullanılan sensör tipleri aşağıdaki gibi üç katogoriye ayrılır.

- 1- Görme Sensörleri
- 2- Dokunsal ve yakınlık Sensörleri
- 3- Ses sensörleri



### Görme Sensörleri :

Robotik araştırmada görme sensörleri bir çok ilgi çeken araştırmalardan bir tanesidir. Kompitürize edilmiş görme sistemleri, gelecekteki otomatikleşmiş fabrikalarda önemli bir teknoloji olacaktır.

Robotun görmesi muhtemelen bir video-kamera, yeterli ışık kaynağı ve görüntü bilgi işlemine programlanmış bir bilgisayar yardımıyla yapılır. Kameranın görme alanı, robot çalışma hacmi içerisinde kamera ya robot üstüne yada robotun üzerinde sabit bir noktaya monte edilir. Bilgisayar software görme sistemine bir nesne ve onun pozisyonu ve hangi yönde durduğunu algılamaya imkan verir. Görme kabiliyeti robotun aşağıdaki operasyon türlerini başarmasına imkan verir.

- Bir taşıyıcı üzerinde gelişigüzel şekilde bulunan parçaları istenilen konuma getirir.

- Diğer parçalarla birine karışmış parçaları tanır.

- Gözle muayyene yapabilir.

- İstenen sırada montaj yapar.

Yukarıdaki bütün bu operasyonlar labratuvarda gerçekleştirildi. Görme sensörü, robot tertibatlarında genel bir özellik olmadan önce sadece bir zaman ve ekonomi meselesidir.

### Dokunma ve Yakınlık Sensörleri:

Dokunma sensörleri robotun çalışma alanı içinde kendinin ve diğer nesneler arasındaki temas kuvvetlerine karşılık verme kabiliyetli robot temin eder. Dokunma sensörleri iki gruba ayrılır.

1. Temas Sensörleri

2. Stress Sensörleri (kuvvet sensörleri de denir)

Temas sensörleri bir nesneyle temas olup olmadığını göstermek için kolayca kullanılır. Basit bir mikro switch temas sensörüne yardım eder. Stress sensörleri temas kuvvetinin büyüklüğünü ölçmek için kullanılır. Strain Gauge aygıtları (gerilme ölçer aletleri) kuvvet ölçme sensörlerinde kullanılır.



Dokunma-algılama kabiliyetli robotların kullanım potansiyeli montajda ve muayyene operasyonunda olur. Montajda, hassas parçaların sıraya koyulması ve birleştirme operasyonlarını yapabilir.

Muayyene, temas algılama ölçme operasyonları operasyonlarını yapabilir. Muayyene, temas algılama ölçme operasyonları ve boyut ölçme faaliyetlerinde faydalı olur. Yakınlık sensörleri, bir nesne diğer bir nesneye yakın olduğu zaman, bu yakınlığı sezmek amacıyla kullanılır. Bir robot üstünde, yakınlık sensörü efektör ucu üstüne veya yakınına yerleştirilir. Bu sezme kabiliyeti optiksel yakınlık aygıtları, endüksiyon akımı yakınlık dedektörü, manyetik alan sensörü veya diğer aygıtlar vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Robotlarda yakınlık sensörü çalışma kısmı veya diğer nesnelerin yokluğunu ve varlığını göstermek için kullanılır. Sensörler, fabrikalarda robotun insan meslekdaşlarına zarar vermesini önlemede de yardımcı olabilir.

#### Ses Sensörleri :

Robotik araştırmaların diğer bir alanı ses algılama ve ses programlamadır. Ses programlama, robotlar ve diğer makinalara komutları ağızla iletişimi olarak tanımlanabilir. (Ses programlama NC parça programlamada da kullanılır .) Robot deneticisi ses girdisini analiz eder ve ses girdisiyle depolanmış kelime kalıplarının bir grubuyla karşılaştıran konuşmayı tanıma sistemiyle donatıldı. Girdi ve depolanmış kelime sözcükleri arasında bir benzerlik bulunduğu zaman, robot o sözcüğe cevap veren bazı eylemler yapar.

Ses sensörleri, NC programlamada tan ses sensörü programlama işleminin hızını artırmak için robot programlamada yararlı olabilir. Bakım ve tamir işleri gibi tek operasyonları yapmak için özellikle rizikolu çalışma çevrelerinde de yararlı olur. Robot, rizikolu çevrelere yerleştirilebilir ve adım-adım emirler vasıtasıyla günlük tamir işlerini yapmak için pek nadiren komut verilir.



## 2.8. Robotların Yapısı

Bir robot genel olarak 5 bölümden oluşmaktadır.

- 1-Mekanik yapı,
- 2-Kontrol sistemleri,
- 3-Hassas üniteler,
- 4-Interface,
- 5-Motor ve iletim sistemleri

### 1. Mekanik Yapı:

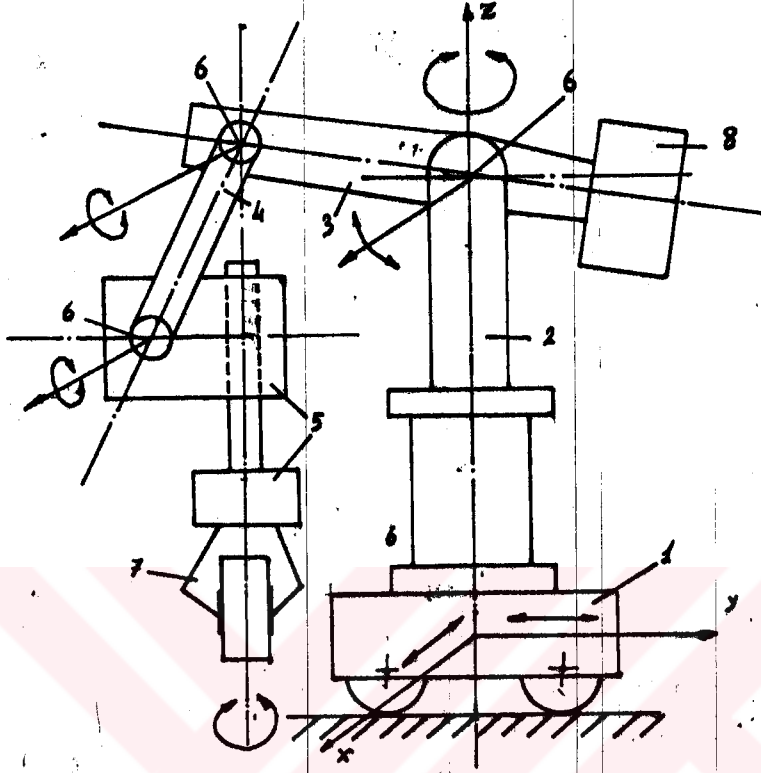
Robot dizaynında ilk ele alınan maddedir. Her yapıda olduğu gibi bunda da temel ilke rijitliktir.

Robotlar ve bu tür araçların çağımızda dizaynı oldukça yenidir. Bu nedenle bir çok teknik problemi de beraberinde getirmektedir. Bunun için bir çok yaklaşım metodları kullanılmakta ve oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Robot sistemlerinde, işlerin hassasiyet derecesine göre rijitlik kabul edilebilir. Yapıdaki hareketli parçaların hafif olması ve ağırlıklarının taşıdıkları ağırlığı dengelemesi de istenen diğer bir özelliktir. Sürtünmeler minimum seviyede sınırlandırılmalı, böylece motor ve diğer aksamın verimi iyileştirilmeli ve gereken ivmelendirme sağlanmalıdır. Dinamik zorlamalar irdelenmeli ve mümkün olduğu kadar tasfi edilmelidir.

Aşağıdaki şekil 2.1'de endüstride kullanılan bir robotun mekanik bölümleri görülmektedir.

- 1) Taşıyıcı,
- 2) Ana Kol,
- 3) Taşıyıcı Kol,
- 4) Uç Kolu,
- 5) Tutucu,
- 6) Mafsallar,
- 7) Tutucu Çeneleri,
- 8) Karşı ağırlık





Şekil 2.1. Endüstride kullanılan robotun mekanik bölümleri

## 2.Kontrol Sistemleri

Bir kontrol ünitesi bilindiği gibi temel olarak beş bölümden oluşur.

- Kontrol edilecek ortam ve işlem,(Başlangıç)
- Öğrenme,(Algılama)
- Edit,(Tersi etme)
- Uygulama,(replay).
- Tanıtıcı, bildirici bölüm, (çıkış)

Dizayn edilen robot kullanışlı olmalıdır, yani kullanıcının gereksinimlerine göre düzenlenmelidir. Ayrıca kontrol ünitesi de bu özelliğe önemle sahip olmalıdır.



Örneğin kontrol için kullanılan program dilleri kullanıcıya bir şeyler ifade etmelidir. Robotla kullanıcı arasında yer alan bu bölüm robotun kullanılabilirliğini birinci dereceden etkileyen önemli faktördür. Şu unutulmamalıdır ki robot kullanımı için herkesin elektronik veya bilgisayar uzmanı olması istenmez. Basit bir ön eğitimle robotun kullanımı herkesce kullanılabilmesi amaçlanmalıdır. Bu amaçla kompleks programlar, gerekli ünitelere önceden yerleştirilmelidir. Örneğin disket ve magnetik bantlar. Unimate ve Tralpa firmalarının yaptıkları ilk robotlar bu amaçlar doğrultusunda yapılmışlardır.

### 3. Hassas Üniteler:

Konum hassasiyeti öncelikle gerek duyulan bölümdür. Bazı sistemlerde hız kontrolü için takometreli feed-back sistemleri, ivmelenmeyi kontrol altında tutmak (denetlemek) için hassas basınç sistemleri kullanılmaktadır. Bu tür hassas denetimleri genellikle robotun dinamik performansından alınan bilgilerin (sinyalleri) kontrol çevriminin mukayese elemanına gönderilmesi esasına göre çalışırlar. Robotların tutucu üniteleri (gripper) genellikle bu tür local hassasiyet ünitelerine gerek duyulan bir bölümdür. Günümüzde bu sistemler daha da gereksinimlere cevap verecek kadar iyi değildir. Yapılan çalışmalar bu lokal sistemlerinin iyileştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Robotlar üzerine yatırımların % 60'ı bu konu üzerine yapılmaktadır. Özellikle montaj robotlarında, kuvvet ve yörünge hassasiyeti bu robotların kalitesini belirleyen birinci faktördür.

Kullanılmakta olan bir diğer hassasiyet ünitesi de görmedir. Genellikle daha önce de bahsedildiği gibi bir solid state kamera kullanılmaktadır.

### 4. Interface:

Komputer denetleme elemanı ile robot arasında bulunan bir bölümdür. Komputörden gelen lineer formdaki DC pulslarını robota tekrar düzenleyerek iletir. Pulslar hem kuvvetlendirilir hem de robotun anlayacağı analogiye getirilir. Yani ya valflere yada gerekli motorlara gelen sinyaller doğrultusunda akım gönderilir.

### 5. Motor:

Robotlarda özellikle hidrolik sistemde en çok kullanılan araçlardır. Endüstriyel robotlarda genellikle servo, step motor, hidrolik motor veya DC elektrik motorları kullanılır.



Basit bir robot dizaynında, yüksek güç sağlayan motorlar seçilmelidir, çünkü robotun yapısal aksamında yer çekimi, ağırlık ekseninin durumu, ataletten doğan etkiler motor seçimini direkt olarak etkiler. Bu çok kompleks bir konudur ve en çok hata yapılan bölümdür.

Elektrik motorlarının kullanımı temizlik, kolay kontrol edilebilmeleri, ucuz olmaları ve verimlerinin yüksekliği nedeniyle popülerdir. Fakat güç/ağırlık oranlarının düşük olması ve devreye girmeleri için dişli çark mekanizmalarına ihtiyaç göstermeleri bunların kullanımı için birer dezavatajdır.

Tüm bu nedenlerden ötürü son yıllarda elektrik motorları yerlerini hidrolik motorlara bırakmaktadır. (Robot Teknolojisi)

## 2.10. Robotların Kullanım Alanları

### 2.10.1. Sanayide Kullanılan Robotlar

Endüstriyel robotların yapılmasının amacı genel olarak, insanın yapacağı işlerin, bu otomatlara yaptırılmasıdır. Endüstri robotları günümüzde, ya insanların sağlığına zararlı olan ortamlarda ya da çok monoton işlerde çalışmaktadırlar. Böylece işçilerin hem fiziksel hem de psikolojik sağlıklarını korumakta ve işçiler daha sağlıklı bölümlere atanabilmektedirler.

IR'lar ilk olarak enjeksiyonla kalıplama işinde yüksek sıcaklıklı sanayi fırınlarının karşısında çalışmışlardır. Fırının içerisinde 2000- 4000°C'deki kor halindeki parçaları sırasıyla alıp, ilgili şahmerdanların altına koymakta ve döğme işleminden sonra konveyörün üzerine taşımaktaydılar. Bu anda bile parçaların sıcaklıkları 600°C civarındadır. Unimate ve Trallfa firmalarının hala daha bu alana hizmet veren robot üretimleri vardır.

Robotlar genellikle makinaları yüklemekte boşaltmakta, araba kaportalarının sürekli (V) motor kaynağında, spreyc boyamada, deney tüplerinin bir çok bölümlerden oluşan raflara dizilmesinde, metal parçaların daldırma usulüyle kaplanmasında, oldukça büyük hacimli parçaların enjeksiyon kalıplarından çıkartılmasında ve daha bir çok işlemlerde kullanılmaktadırlar. Endüstri robotlarının en çok kullanıldığı sanayi dalı otomotiv sanayiidir. Fiat fabrikasında tüm kaynak, montaj ve boya işleri robotlar tarafından yapılmaktadır. Volvo firmasıdaysa 44 robot günde 16 saat durmaksızın çalışmaktadır. Bu robotların arızalanma ihtimali % 3'tür.



Avrupadaki tüm otomotiv fabrikalarında robot kullanmaya karşı giderek bir eğilim vardır. Gerçekten robot için en uygun sanayi dalı otomotiv sanayisidir.

Bazı TV tüpü fabrikalarında da robotlar kullanılmaktadır. Böyle bir robot 420°C sıcaklıkta TV tüplerini kalıplardan bir tarafına delik delecek ve sonra üretim bandının üzerine yerleştirecektir. Önceleri işçiler sıcaktan korunmak için asbes eldiven kullanmalarına rağmen bir çok yanma olayları olmuştu ve aşırı sıcaktan dolayı işçiler bir kaç saatten fazla çalışamıyorlardı. Üstelik çok sayıda tüpde kırılıyordu. Tezgahlara parça yüklenmesi robotların tek başlarına yapabilecek bir diğer iştir. Nümerik kontrollü tezgahlar bu şekilde kendi başlarına çalışabilirler. Tezgahlar görevlerini kendilerine ait panellerden öğrenirler. İşçilerin tek görevi, bu tezgahlara parça koymak ve işlenmiş parçaları almaktır. Şimdiyse tek bir endüstri robotu bu monoton işi aynı anda üç tezgah karşısında başarmaktadır.

Parçaların istiflenmesi oldukça monoton bir iştir. Bu robotlar görme sistemleriyle parçaları tanımak, yerlerini belirlemek, parçaların doğrultularını saptamak ve sonuç olarak tutucunun gereken hareketleri yaparken yerini kontrol etmek için gerek duyulmuştur. Endüstri robotu magnetik tutucuyla kasadan bir veya bir kaç parça alır ve bunları kameranın altındaki masaya koyar. Böylece her parçanın şeklinin ve konumunun saptanması mümkün olur.

Daha sonra bunları dizmekle görevli tutucu devreye girip parçaları depolama kasasına istifler.

Robotlar bir tezgah gibi de kullanılabilir. Hem parçaları alıp, dönen masanın üzerine koyan, hem gerekli delikleri delen hem de döküm parçayı temizleyen bir robot mevcuttur. Önceleri temizleme işlemi esnasında tehlikeli kazalar olmakta ve aşırı gürültü işçiler üzerinde stress yaratmaktaydı. Şimdiyse sese karşı yalıtılmış bir odada çalışan IR601/60 CP tüm bu işleri tek başına yapabilmektedir.

Son yıllarda dünyada açılan makina sergilerinden ağırlık merkezini endüstriyel robotlar oluşturmaktadır. Japonya bir sene içinde piyasaya çıkaracaklarını öne sürdükleri bir robotun bir elektrik süpürgesini tam ve işler duruma gelecek şekilde monte edebileceklerini açıklamışlardı ve bunu gerçekleştirdikleri robotik dergilerde yer aldı.

Uzaktan kumanda edilen su altı araçları da robotlarla yakından ilgilidir. 1000 metre derinliğe kadar inebilen bu araçlarda mürettebat bulunmadığından, büyük basınçlı



gövdelere gerek yoktur. CURV adlı bir tür robot, İspanya Kıyısı açıklarında A.B.D. yapımı bir hidrojen bombasının çıkarılması için kullanılmıştır.

Robotlar uzay çalışmalarında da kullanılmaktadırlar. NASA bu tür hepsi birer robot sayılabilecek peykerler, uzay araçları kullanmışlardır. Fakat NASA en azından bir dereceye kadar gören, duyan, hisseden, gezen, haberleşen, karar alıp verilen kararları uygulayabilen daha iyi robotlara, akıllı makinalara ihtiyacı vardır ve bilim adamları bunu elde etmek için devamlı çalışma içindedirler.

Bu akıllı robotlar, güneş sisteminin bilinmeyen yanlarını keşfetmek için uzaya gönderilecekler, güneş enerjisiyle çalışacaklar ve elektro-magnetik dalgalar, Laser veya Faser ışınlarıyla çalışan sistemlerle uzaktan yönetilecekler. (Robot Teknolojisi).

#### 2.10.2. Tarımda Kullanılan Robotlar

Dünyada tarım alanında otomasyona gidilme fikri çok eskilere dayanır. Hasatın mekanizasyonla yapılma fikri bilimadamlarına cazip gelmiştir. Bilindiği gibi hasat operasyonları çalışma ortamının uygun olmaması, yeterli iş gücü temin edilememesi, işçi maliyetlerinin artması ve kaliteli üretim ve hasat yapılması modernleşen ve robot çağına giren bir dünya için gereklidir. Dünyada yapılmış Hasat Makinaları daha da geliştirilerek akıllı makinalara yani robotlara dönüştürme çabaları olmuş ve bunun sonucunda Hasat Robotları yapılmıştır.

Bir çok ürünün elle hasatında ürün kaybı söz konusudur. Daha iyi hasat yapmak için düzenli ortamlara ihtiyaç vardır. Bunun sağlanması elbette ziraatçıları ilgilendirmektedir. Ama robotların çalıştıkları ortama göre dizayn edilmeleri bir zarurettir. Robotların video-kamera sistemiyle cisimleri tanıyabilmekte bir birinden ayırabilmektedirler. Aynı zamanda sensörler ve dedektörler yardımıyla robotlar daha da kullanılır hale gelmiştir. Dünyada biyolojik algılayıcılar (biyo-algılayıcı) yardımıyla kokuya duyarlı, tada duyarlı vb. konulara duyarlı algılayıcılar sayesinde robotlar daha da geliştirilmeye çalışılıyor.

Dünyada pancar hasat robotu, domates hasat robotu, mercimek hasat robotu; meyvalardan kiraz, dut vb. hasat robotları yapılamakta veya yapılmaya çalışılan konulardır. Bunların çalışma prensipleri hakkında geniş bir bilgiye sahip olmamakla beraber bir fikir verebiliriz. Örneğin kiraz ve vişne benzeri meyvalar ağacın sallandırılması vasıtasıyla



mevvalar hasat ediliyor. İkinci bir örnek olarak domatesi ele alırsak bunun hasatıysa daha değişik metotta oluyor. Domatesler bitki gövdesinin yere yakın kısmından kesilip alınıyor ve daha sonra renk sesörleri ve kamera vasıtasıyla gövde, olgun ve yeşil kalmış domatesleri birbirinden ayırma işlemini hassas üniteler vasıtasıyla yapabilmektedir. Üçüncü örnek olarak şeker pancarını örnek verebiliriz. Aşağıda geniş incelenisini yaptığımız bu konu kısaca ifade edersek pancar başını uygun toleranslarda ve istenilen doğrulukta başını kesmek sonra topraktan çıkarıp eleme vasıtasıyla topraktan ayırmak ve depolamak şeklinde ifade edebiliriz. Her biri ayrı bir araştırma konusu olan bu ana sitemlerden sadece başkesme sisteminde daha detaylı araştırma yapıldı. Diğer kısımlarıysa ana hatlarıyla ifade edildi.

Hasat Robotları, dünyada henüz yeni bir konudur ve bu konuda yeterli literatür ve kaynak bulunmamakla birlikte bu konuda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Avrupada yapılan Hasat Robotları ticari olarak değer taşımaktadırlar, böylece yeni yapılmış çalışmaların gizli tutulması sebebiyle yeterli birbilgiye sahip olduğumuz söylenemez. Kaynak temini için TÜBİTAK'ın TURDOK dökümatasyon servisinden istenilmeyle kaynak sağlanmak amaçlanmış, ama ne yazıkki bu konuda her hangi bir kayanak elimize geçmemiştir. Ülkemizde Marmara TÜBİTAK'dan belge sağlanması sonuçları da bir sonuca bağlanamamıştır. Türkiye bu konuya henüz yabancıdır. Bu konuda bilimsel bir kaynak temini sadece robotların genel incelenmesi olabilmıştır.

İkinci bölümde ilerdeki çalışmalara yardımcı olması amacıyla örnek olarak pancar hasadı konusunu ıceleleyeceğiz ve bu ıcelemede robot tabiri yerine Pancar Hasat Makinası tabirini kullanacağız. Pancar hastının en zor kısmı olan başkesme kısmını inceleyeceğiz. Diğer bölümler ise ayrı bir tez konusu olacak niteliktedir. Burada pancar tarımı, pancar hakkında bilgiler, yapılmış mekanizasyon çalışmaları, hasat makinasının ana kısımları, başkesme sistemleri, ülkemize uygun baş kesme sitemi, başkesmenin önemi ve bu konuda yapılmış değişik çalışmaların incelemesini içermektedir.



## BÖLÜM III

### 3. Pancar Hasat Robotu

Bu bölümde pancar hasat robotunun mekanik olarak ne gibi yeterliliğe sahip olması gerektiği konusunda incelemeyi içermektedir. Bunun için mekanizasyon konusunda inceleme yapılacağı için sık sık Hasat Makinası tabirini kullanacağız.

#### 3.1.Şeker Pancarı

##### 3.1.1.Şeker Pancarı Üretiminin Tarihçesi

Dünyada 18. yüzyılın sonlarına kadar şekerin hammaddesi şeker kamışı olarak biliniyordu.(FEUHT ve ark 1968). 18. yy.ın ilk yıllarından itibaren pancara tat veren maddenin, şeker kamışındaki şekerin aynı olduğu tespit edilmesi ile pancardan da şeker üretilmesi çalışmaları başlatılmıştır. Pancardan şeker elde edilmesi şeker kamışına oranla daha pahalı bir yöntem olmasına rağmen, ülke tarımı kalkındırılması, geniş halk tabakasının geçim kaynağı olması ve dışa bağımlılık dolayısıyla zaman zaman şeker temininde güçlüklerle karşılaşılması sebebiyle pancardan şeker üretimi Dünyada ve Ülkemizde devam ettirilmiştir.

Pancar bitkisinden insanlar yüzyıllarca sebze olarak faydalanmışlardır. Alman bilim adamı MARGGRAF, şeker üretiminde hammadde olarak kullanma çalışmalarına başladığında pancarda % 0.5 - 1.6 şeker bulunmakta iken, 1747 yılından beri yapılan ıslah çalışmaları ile pancar kökündeki şeker oranı kök ağırlığının %17 - 24'üne kadar yükseltilmiştir. (SCHULZE ve BOHLE 1976). Günümüzde Dünya şeker üretiminin yaklaşık %60 - 63'ü şeker kamışından, %37 - 40'ı da şeker pancarından sağlanmaktadır( ANOYMOUS 1983).

Ülkemizde şeker üretimi ile ilgili çalışmalara 1840 yılında başlanmışsada 1898 yılına kadar bu çalışmalar teşebbüs safhasında kalmıştır. 1898 Yılında Hassa Müşür'ü Topal Raif Paşa ilk defa kendi çifliğinde şeker pancarı yetiştirmiştir.1913-1914 Yıllarında Almanya'dan getirilen tohumlarla Ankara, Uşak, Elazığ, Malatya, Çanakkale ve Bursa'da yetiştirilen şeker pancarından olumlu neticeler alınmıştır( AKILTEPE ve ark.1964). Daha sonra Alpullu ve Uşak şeker fabrikalarının 1926 yılında işletmeye açılması ile şeker pancarı üretimine başlanılmıştır.Ülkemizde şeker pancarı üretiminin, küçük aile işletmelerinde yoğun el işçiliğiyle yapılması,şeker pancarı ekilen tarla büyüklüklerinin % 76'sının 1-10 dekar arasındadır.



### 3.1.2.Şeker Pancarı Tarımı

Şeker, yüksek enerjili tatlı bir besin maddesidir. Krital ve küp şeklinde kullandığımız şeker; birer molekül frutoz ve glükoz'dan teşekkül etmiş bir disakkarid'dir. Kimya dilinde sakkaroz olarak adlandırılmıştır. Ve şeker denilince; bir çok şeker türü içinde, sakkaroz anlaşılır. Sakkaroz az miktarlarda hurma ve şeker, akaagıcı ile şeker darısından da üretilmekte ise de; ticari anlamda şeker, şeker kamışı ve şeker pancarından üretilir. Bugün dünyada tüketilen yıllık ortalama 100 milyon ton şekerin yaklaşık %62'si şeker kamışından, %38'i şeker pancarından üretilmektedir.

Şeker kamışı tropik ve sub-tropik iklim kuşağının, şeker pancarı ılıman iklimin bitkileridir. Şeker pancarının kuzeyden güneye, düşük rakımlı sahil ovalarından, 2000 metre rakımlı yüksek yaylalara kadar, geniş bir yetiştirme alanı vardır. Çevre ve iklimden gelen olumsuz etkilere karşı, pek çok bitkiye oranla, daha dayanıklıdır. Sıcaklık soğukluk farklarından, dondan, kuraklıktan, hastalık ve haşerelerden, özellikle dolu tahribatından en az zarar gören bir bitkidir. Derin köklü bir çapa bitkisi olması, ekildiği tarlada otlanmaya mücadele edilmemesi gibi nedenlerle iyi bir münavebe bitkisidir. Münavebe arapça bir kelime olup, sıra, nöbet anlamına gelir. Değişik, birden fazla bitkinin, aynı tarlada bir sıra dahilinde, bir diğerini izleyecek şekilde ekilmesine münavebeli ekim (ekim nöbeti) denir. Şeker pancarı kendisinden sonra gelen hububatın verimini %13-17 oranında artırdığı bilinmektedir.

Şeker pancarı modern tarım tekniklerinin uygulanmasına çok elverişlidir. İstikrarlı bir tarım ürünü olması ve tarım teknikleri uygulamasına da uygun olması nedeniyle; şeker pancarı tarımı yapılan bölgelerde, modern tarım alet ve ekipmanları ve bunların uygulanma alanları çok büyük gelişme göstermiştir.

Şeker pancarı, şeker üretiminde olduğu kadar, kıymetli yan ürünleri; modern tarım tekniklerinin uygulanması, tarımsal kalkınma ve istihdam meydana getirmekteki katkısı nedeniyle de, ülke ekonomisi yönünden önem taşımaktadır. Şeker pancarını yetiştirilmesi için, ülkemizde, bir hektar alanda 100-120 işçi çalışmaktadır. Bir hektardan elde edilen yaklaşık 35 ton pancarın nakliyesi, fabrikada işlenmesinde kullanılan işgücü yanında; fabrikasyonda gerekli kömür, fuel-oil, kireç taşı vb. ihtiyaç maddeleri; üretilen şeker, küspe ve melas gibi yan ürünler glam, curuf; taş-toprak vb. atıklar; işlenen pancarın yaklaşık %84'üne denk bir nakliye gerektirmektedir. Türkiye'de yaklaşık 4 milyon



dekar alanda 14 milyon şeker pancarı üretilebileceği düşünülürse; şeker pancarı tarımı ve fabrikasyonu ile ortaya çıkan istihdamın büyüklüğü daha iyi anlaşılır.

Şeker pancarının yan ürünleri baş ve yapraklar, küspe ve melas çok kıymetli birer hayvan yemidirler. Pancarın köküne oranla %30-50 baş ve yaprak, %38-40 küspe, %4 melas elde edilir. Melas kimya şantiinde ve etil alkol üretiminde de kullanılır. Şeker pancarından etil alkol üretimi, önemli bir alternatif kullanım alanı oluşturur.

Şeker pancarı, tarım ürünleri içinde, birim alandan fazla gelir getiren bitkileri arasında yer alır. Ancak, diğer pek çok bitkiye oranla, daha disiplinli ve yoğun yetiştirme şartlarını gerektirir. Yoğun yetiştirme şartları değişik ve çok sayıda işlemle, büyük ölçüde masrafı da beraberinde getirir. Bu nedenle birim alandan fazla ürün üretimi, üreticinin kazancını aynı oranda artırmaz.

Yüksek verim pancarın başlıca tevik sebebidir. Beher ton şekerin mümkün olan en az masrafla üretilmesi de hem çiftçi hem de fabrikanın ilk hedefidir.

Şeker pancarını yetiştirilmesi, hasadı, tesellümü ve silolanmasında kullanılan girdileri kullanım şekli, üretici gelirini önemli ölçüde etkiler, tesellüm sonucundaki karlılık derecesi, girdilerin ve işlemlerin yerinde ve zamanında kullanılması; üretim giderlerinin azalmasıyla yakından ilgilidir.

Şeker pancarını daha ekonomik üretmek ve üretici gelirini artırmak için; anız bozumu ve sonbahar sürümünden, ilkbaharda toprak hazırlığı, gübreleme, ekim, bakım, mücadele, sulama ve hasata kadar tüm işlemlerin nasıl ve ne zaman yapılması gerektiğinin üretici tarafından çok iyi bilinmesi gerekir.

### 3.2.Şeker Pancarının Mekanik Özellikleri

Bir pancar hasat makinasının tasarlanabilmesi için pancarın mekanik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Şekil 3.1'de pancar bitkisinin genel şekli gösterilmiştir. Pancarın biyolojik ve teknik özellikleri Tablo I.'de görüleceği gibi en büyük ve en küçük değerler arasında büyük farklar olmaktadır ve bunun en önemli nedeni iklim ve toprak şartlarıdır. Mekanik özellikler aynı zamanda bir tarlada büyük değişiklikler gösterebilir. Ancak son

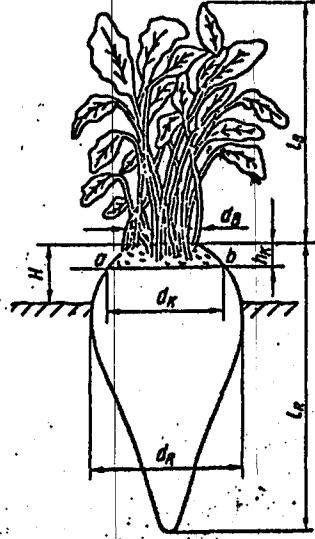


senelerde yapılan tohum ıslah çalışmaları ile bir tarlada görülen mekanik farklılıklar büyük miktarda azalmıştır. (SEGEM).

TABLO I

Özellik	Birim	En büyük	Enküçük	Ortalama
1-Boy . LR	mm	350	100	250
2-En büyük çap. dR	mm	200	30	120
3-Pancar tepesinin topraktan yük., H	mm	150	0	45
4-Kesilmesi gerekli tepe kalınlığı, hK	mm	40	10	30
5-Yaprak yüksek., lB	mm	900	100	350
6-Yaprak demetinin 5 cm yukarısında-ki çapı. dB	mm	90	15	40
7-Pancar kütlesi yoğunluğu	(kg/m <sup>3</sup> )	1.15	1.0	1.06
8-Pancar kümesinin yoğunluğu	(kg/m <sup>3</sup> )	600	520	560
9-Bir pancarı kütlesi	(g)	--	--	600-800
10-Yaprak kütlesinin kök kütlesine oranı		1.2	0.3	0.7
11-%15 nemli orta kil-li toprakta serbest olmayan bir pancarı çekmek için gerekli kuvvet	N	700	16	400
12-%15 nemli orta ağır-lıkta bir toprakta serbest bir pancarı çekmek için gerekli kuvvet	N	150	--	90
13-Bir pancarı devirmek için topraktan 5 cm yukarıda etkiyen ya-tay kuvvetin gerekli değeri	N	600	50	250
14-Pancar yaprağını çek-mek için gerekli kuv-vet	N	700	80	450





Şekil 3.1. Pancar Bitkisinin Genel Şekli

### 3.3. Pancar Hasat Makinası

#### 3.3.1. Makina ile Hasat Edilecek Tarlada Olması Gereken Özellikler

Şeker pancarı üretiminin en zahmetli kısımlarından biri olan hasat işleminin en az kayıpla ve kaliteli olarak yapılması için pancar hasat makinasının da istekleri vardır. Bunların birincisi, makina ile hasat edilecek pancar tarlasının özellikleridir.

Pancar tarlası taşsız, tesviyeli ve uygun tavda olmalıdır. Ayrıca hasat edilecek tarlanın boyu uzun olmalı, ekim tarlanın uzun boyuna paralel yapılmalıdır. Kısa boya ekim yapılmış küçük tarlalarda, hasat makinasıyla traktörün dönme yarı çapı büyüyeceğinden uygun ve verimli bir çalışma yapmak mümkün olmayacaktır. Tarla tavının uygun olması pancarların topraktan sökülmesi sırasında zedelenme ve kuyruk kopması şeklinde ortaya çıkan kayıplar azalacaktır. Tarla hasattan önce sulama amacıyla açılmış karıklar varsa bunlar kapatılmalı ve makinanın çalışabileceği uygun bir tarla yüzeyi sağlanmalıdır. İkinci olarak, makinalı hasatta önemli olan husus; tarlada yetiştirdiğimiz pancar ile ilgili olan hususlardır. Teklemenin düzgünlüğü ve pancarlar arasındaki büyüklük farklarıyla pancarların baş kısımlarının topraktan



çıkma mesafeleri, yapılacak hasatta hasat kalitesi üzerine direkt etkilidir. Eğer tekleme düzgün yapılmışsa baş kesmekayıpları ve kırılmalar ile başı kesilmeden sökülen pancar miktarı artacaktır. Pancarın büyüklüleri birbirinden çok farklı ise budurumda yine baş kesme miktarını ayarlama zorlaşacak ve söküme meydana gelen hatalar artacaktır. Pancar başlarının topraktan çıkma mesafeleri arttıkça kırma miktarı artacak ve kaliteli hasat yapmak mümkün olmayacaktır. Yukarıda kısaca sayılan hususların kötü etkileri makina üzerinde tarla ve pancarın durumuna göre yapılacak bir takım ayarla azaltılması mümkündür. Ancak makinanın ayar imkanlarını zorlamadan önce pancarın ekiminden hasadına olan işlemlerin aşağıdaki hususlara dikkat etmek suretiyle pancarın makina ile hasatını çok kolaylaştırmak mümkündür. Makinayla hasat yapılacak tarlada olması gerekli özellikler şunlardır :

1. Pancar ekilecek tarla tesviyeli, taşsız ve büyük olmalı, ayrıca ekim uzun kenara paralel yapılmalıdır. Tarla başlarında makinanın dönmesine ve tarlaya girmesine mani olacak herhangi bir engel (su kanalı, ağaç vs.) olmamalıdır.

2. Pancar tarlası çok iyi hazırlanmalı ve ekimde sıraların düzgün olmasına çok dikkat edilmelidir. Tarlanın çok iyi hazırlanması intahta yeknesaklık sağlayacak, dolayısıyla üniform bir pancar çıkışı ile aynı büyüklükte pancar yetiştirilmesi sağlanacaktır.

3. Tekleme seyreltme çok dikkatli yapılmalıdır. Tekleme ve seyreltme düzgün yapılmazsa pancarlar eşit büyüklüğe erişemiycek, birbirine yakın olan pancarlardan birisi büyük diğeri küçük olarak gelişecek dolayısıyla baş kesme sırasında gelişmemiş pancarın başı düzgün kesilmeyecektir. Ayrıca pancarların iyi seyreltilmemesi, baş kesme kayıplarının artmasına sebep olacaktır.

4. Makina ile hasat edilecek olan pancar tarlasının bakımı iyi yapılmalı ve pancar haricindeki yabancı otlar tarlada mümkün olduğu kadar az olmalıdır. Yabancı otların bulunması, baş kesme, yaprak kesme ve sökme düzenlerinin bu materyallerle tıkanmasına sebep olarak çalışmayı engelleyecektir.

5. Makina ile hasat edilecek tarlada, makina tarlaya girmeden önce tarla başındaki yastıklar el ile sökülerek tarlanın baş kısımlarından makinanın dönmesine uygu bir kısım açılmalıdır.



Bu husularda dikkat edilerek yetiştirilmiş bir pancar tarlasında makina ile hasat yapmak kolaylaşacağı gibi hasat sırasında meydana gelecek kayıplar da minimum düzeye inecektir. (Pankobirlik-TZDK).

### 3.3.2. Şeker Pancarı Hasat Mekanizasyonu Hakkında Yapılmış Çalışmalar

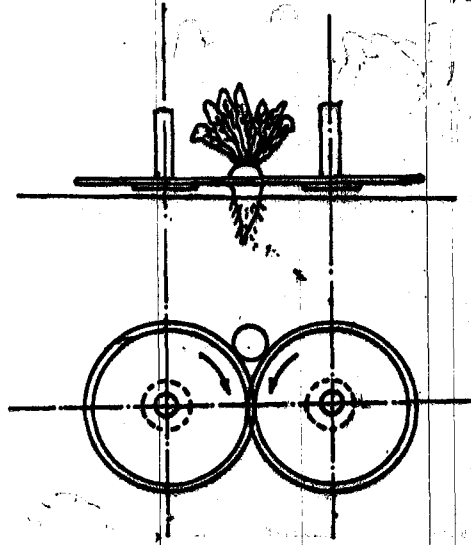
Şeker pancarı hasat mekanizasyonu konusundaki çalışmalar, 1850 yıllarında pancarı yaprakları ile beraber topraktan sökülmesi ve baş kısmının kesilmesi işlemlerinin kolaylaştırılmasıyla başlamıştır.

İlk yıllarda, bazı basit el aletleri kullanılması suretiyle, bir dekar pancarın topraktan sökülmesi ve baş kesimi için 14-15 saat işçi (erkek) çalışmasına gerek duyulduğu ve pancar hasadı mekanizasyonu konusundaki çalışmalarda 1878-1895 yılları arasında önemli bir gelişme görülmediği belirtilmiştir( STROOKER 1982 ).

1895 yılında Almanya'da kombine sayılabilecek bazı aletler geliştirilmiş ve sergilenmiş ancak, bu aletler yağın kullanım alanı bulamamışlardır. Birinci dünya savaşı öncesinde yoğunlaşan çalışmalar savaşın devam ettiği yıllarda duraklamış, 1920 yılında Saksonya'da bir köyde "POMMRITZ" şeker pancarı hasat metodunun uygulanması ve yayılması ile el işçiliği önemli ölçüde azaltılmıştır(STROOKER 1982). Bu metodun en belirgin özelliği, pancarın topraktan sökülmeden evvel el işçiliği ile başlarının kesilmesidir. Şeker pancarını topraktan sökülmeden evvel başının kesilmesinde kullanılan uzun saplı çapa benzeri aletler zaman içerisinde geliştirilerek el işçiliği büyük ölçüde azaltılmıştır.

1930-1935 yılları arasında bazı tarım makinası imalatçıları piyasaya kombine hasat makinası sürmüşlerse de, makinaların iş başarılarını düşük ve fiyatlarının da yüksek olması sebebiyle yaygın olarak kullanılamamışlardır. İkinci dünya savaşının bitiminde işçi temininin güçleşmesi ve işçi ücretlerinin yükselmesi, pancar tarımının her safhasında mekanizasyonu gerekli hale getirmiştir. Bu devrede taktörlerde görülen gelişmeler de pancar tarımı mekanizasyonunu olumlu yönde etkilemiştir. Daha sonraki yıllarda her ülke kendi koşullarına uygun bir metotla pancar hasadını mekanize etme yoluna gitmiştir. 1950 yılında kombine hasat makinaları bir ve iki kademeli olarak uygulamada kullanılmıştır (STROOKER 1982). Kombine pancar hasat makinalarının geliştirilmesi çalışmalarının başlangıcında bazı imalatçılar, yere paralel çalışan paralel disklerle pancar başını kesen düzenler yapmışlardır(Şekil 3.2.).





Şekil 3.2. Yere paralel çalışan disklerle pancar başının kesilmesi (KARWOWSKI 1974)

Kısa bir zaman sonra, pancar başının kesilmesi için Danimarkalı araştırmacı ROERSLEV'in prensibi olan dokunucu merdane-sabit baş kesme bıçağı kombinasyonu kullanılmaya başlanmıştır (STROOKER 1982). Pancar hasat makinalarını geliştirilme çalışmalarında son yıllarda 1-2-3-4 ve 6 sıralı kombine, 3 ve 6 sıralı iki veya üç kademeli pancar hasat makinalarında büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Uygulamaya intikal etmiş makinalar üzerinde fonksiyonel organlar ve bunları modifikasyonlarını her ülke kendi şartlarına uygun olarak geliştirmiştir. 1980 yılında 20.000.000 dekar olan Avrupa şeker pancarı ekim alanlarının hemen hemen tamamı makina ile hasat edilmiştir (STROOKER 1982).

Ülkemizde ise şeker pancarı tarımının, tarla hazırlığından hasatına kadar büyük ilerlemeler sağlanmış ancak hasat makinası mekanizasyonu çalışmalarına çok geç başlamış olup, makina ile hasat oranı hala %1 seviyesinde kalmıştır.

Ülkemizde tarımsal mekanizasyon uygulamasına büyük katkılarda bulunan kuruluşlardan Türkiye Ziraî Donatım Kurumu (T.Z.D.K.) ile A.Ü. Ziraat Fakültesi Ziraî Kuvvet Makinaları Kürsüsü ortak bir proje ile 1979 yılında ülkemiz şartlarına uygun bir pancar hasat makinası geliştirmişlerdir. Üretimi T.Z.D.K. tarafından gerçekleştirilen hasat mekanizasyonu çiftçimiz tarafından benimsenmiş ve pancar hasadının makina ile yapılması oranı artmıştır.



Ülkemizde şeker pancarı üretiminin, küçük aile işletmelerinde yoğun el işçiliği ile yapılması, şeker pancarı ekilen tarla büyüklüklerinin %76'sının 1-10 dekar olması ve pancar tesellüm sistemi, şeker pancarı hasat mekanizasyonunun gelişiminde önemli bir engel teşkil etmektedir(SEVİLMİŞ 1985)

1980 yılında önce iki adet Fillandiya patentli "Jurko" marka hasat makinası ithal edilmiştir. Bunlardan bir tanesi Şeker Pancar Araştırma Endüstrisi tarafından resimlendirilmiş ve imalat resimleri pancar kooperatiflerinin üst kuruluşu olan "Pankobiriklik" tarafından ihaleye verilmiştir. 50-100-200'lük pankurlar halinde imalatı yapılmıştır. 1980 yıllarına kadar 600 adet imal edilip, dağıtılmış ve yine aynı şekilde 1980'den önce Almanya'dan 30 adet çekili "Klaine" ithal edilmiştir. Polatlıda "Altınörs" adlı bir firma bu makinayı kendi yürür İtalyan "Rossi" ve şirketin imal ettirdiği makinalardan esinlenerek şirket tipine benzeyen traktörle çekili, günde 5-6 dekar söküm yapabilen makina imalatına başlamıştır. Hali hazırda yılda 150'ye yakın imalat yapılmaktadır. 1983 yılında şeker pancarı ekim alanlarımız 3.700.000 dekara şeker pancarı üretimimiz ise 13.500.000 tona ulaşmıştır.

Pancar çifçisinin %50'ye yakın kısmı kendi iş gücüyle hasat eder. Türkiye'de yaklaşık 400.000 pancar çifçisi vardır.Şu anda mevcut hasat makinaları yaklaşık ihtiyacın %10'unu karşılamaktadır. Mekanizasyon ihtiyacı ortalama %40'dır. Her sene 150 civarında hasat makinasına ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'de 1990 itibariyle 3.620.000 dekar şeker pancarı ekim alanı ve 25 adet şeker fabrikası vardır. 3.383.000 çifçi tarafından 7102 köyde pancar tarımı yapılmaktadır ve 14.000.000 ton pancar üretilmektedir. Ekilen pancarın %2'si makina ile hasat edilmektedir.

Ülkemizde 1990 yılında üretilen ve ithal edilen pancar hasat makinaları :

Pankobiriklik yapısı (Zirai Donatım Kurumu) tarafından 655 adet imal edilmiştir. Bu makinaların kopyaları Polatlı'da "altınörs" yaklaşık yılda 100-150 arası, Burdur'da "Ertuğrullar" firması yılda yaklaşık 30-40 arası, İstanbul'da "tarımtaş" firmasında sökzer marka 100 adet makina üretmiştir.

Bunun haricinde Türkiye'de ithal edilmiş 3000 ve 5000 tipi "Kleine" marka 17 adet hasat makinası ile 2 adet "Jurko"



marka, 2 adet "Huhki" marka, 5 adet "Rossi" marka (kendi yürür), 5 adet "Barigelli" marka (kendi yürür), 5-10 adet arası "Stoll ve Shmetzer" marka hasat makinası vardır.

1990 yılı itibariyle mevcut hasat makinaları ise;

Çekili (Depolu)	Adet
-----------------	------

Yerli	1120
İthal	36
TOPLAM	1156

Kendi yürür (Depolu-Motorlu)

İthal	15
-------	----

Deposuz (Söküp-Baş kesen-sıraya koyan)

Yerli	60
İthal	1
TOPLAM	61

Genel Toplam olarak;

Yerli	1180
İthal	52
GENEL TOPLAM	1232

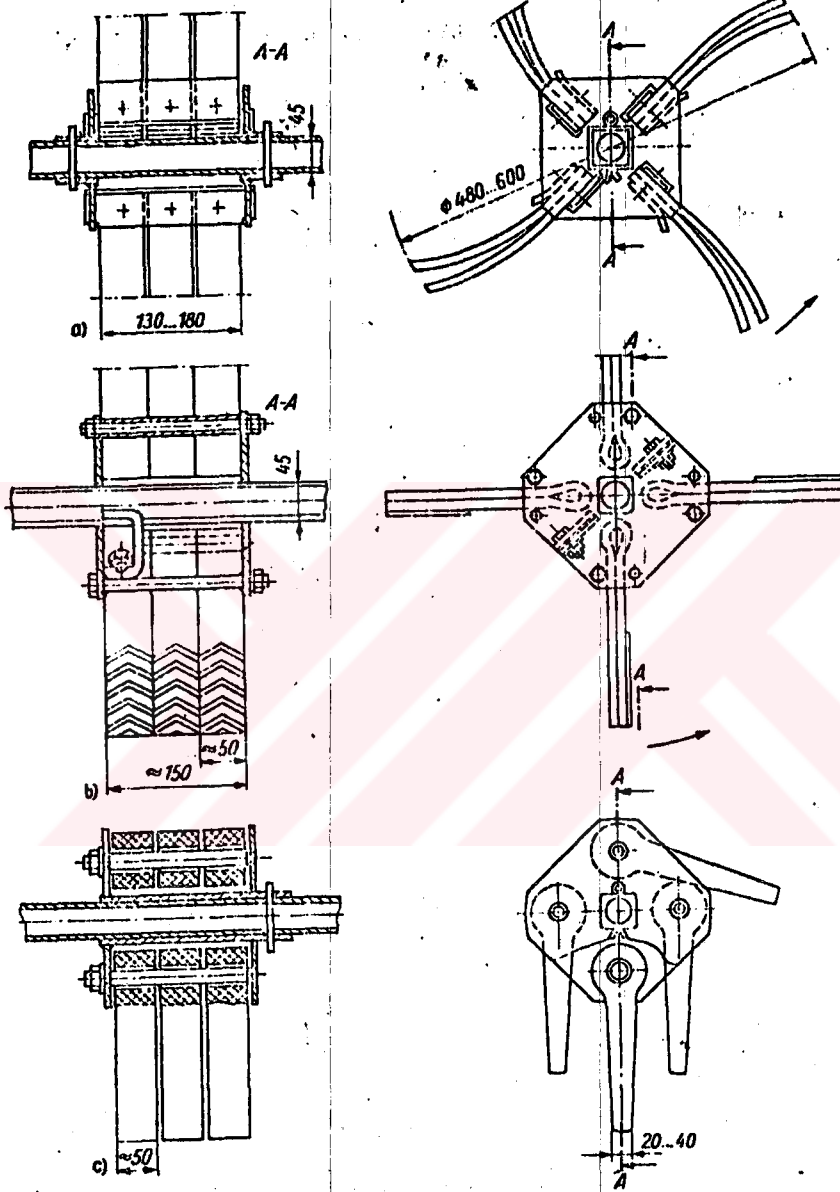
### 3.3.2.1. Ülke Şartlarına Uygun hasat makinasının ana kısımları (SEGEM)

#### 1) Baş Kesme ve yaprak temizleme

Başkesme kısmı ayrı bir bölüm olan Bölüm IV'de geniş bir şekilde incelenecek.

Baş kesmeden sonra yapılması gereken işlem kesilmiş olan yaprak ve tepe kısmının söküm ve temizleme işlemlerine mani olmaması için pancar sırasının dışına atılmasıdır. Pancar tepe ve yapraklarının ayrıca değerlendirilmesi istenmiyorsa, bu işlem kolaylıkla dönen fırçalar yardımıyla olur. Şekil (3.3)'de üç değişik fırça konsüriksiyonu gösterilmiştir. Bu dönen fırçalar ayrıca tepe kesmeden sonra pancar kökü kenarında kalan yaprakları da koparırlar. Eğer baş ve yapraklar değerlendirilmek isteniyorsa bir elevatör sistemiyle toplanabilir. Bu ayrıca masrafın ve güç ihtiyacının artmasına sebep olacaktır. (SEGEM).



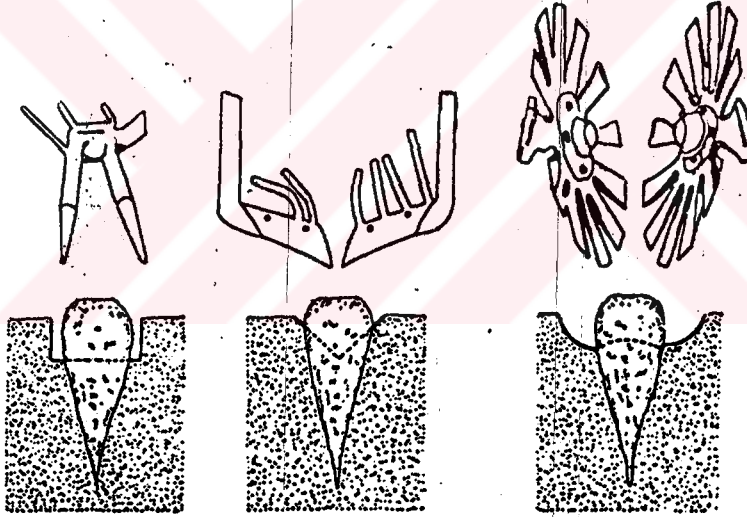


Şekil.3.3. Pancar Yaprakları Ve Kesilmiş tepeyi atan temizleyici fırça düzenleri.



## 2) Sökme

şeker pancarının tepe kısmı kesildikten kökünün topraktan sökülmesi temel olarak üç değişik sistemde yapılmaktadır(Şekil 3.4). Sivri uçlu sökücüler ilk mekanizasyon çalışmalarında sökme pulluğu olarak kullanılmıştır. Hem büyük bir toprak kütlelerinin sökülmesi hemde bu sırada pancar kökünün uç kısmının kırılması bu sistemin pancar hasat makinalarında kullanılmasını önlemiştir. Kanatlı pulluk tipi sökücüler ise pancarı basınçla çıkardıklarından daha fazla toprak pancardan sıyrılır ve pancar nisbeten daha temiz olarak hasat edilir. Döner sökücülerin toprağı pancardan sıyırması ve kökü kırmadan çıkarmaları genel olarak diğer iki tip sökücüden de iyi olduğu söylenebilir.



Şekil (3.4.). Değişik sökücü ayak şekilleri

a)Sivri uçlu b)pulluk tipi c)Döner sökücü

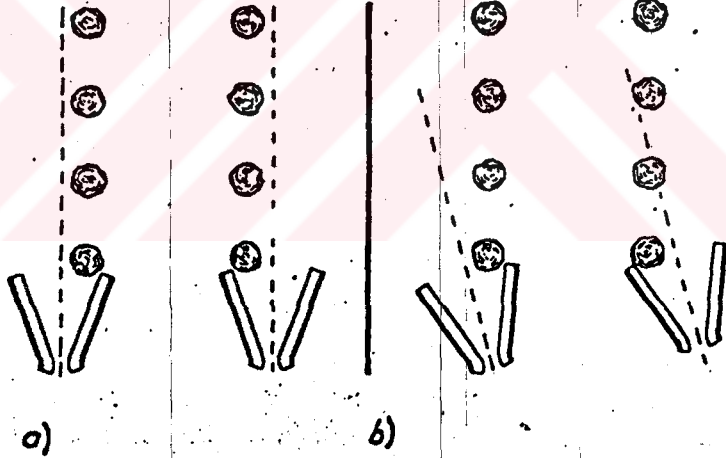
Döner sökücülerde ise çekme kuvveti diğer iki sisteme göre düşüktür.(En büyük değer yaklaşık 2000 N civarındadır ). Pancara uygulanan basınçta sivri uçlu sökülerde en fazla ve döner sökücülerde en az olmaktadır. Ayrıca kökün toprakla karışması sivri uçlu sökücüde pancar kütlelerine oran ortalaması %54, kanatlı pulluk tipi sökücüde %42, döner sökücülerde ise %25 olmaktadır. Sivri uçlu sökücüde toplam pancarın ortalama olarak %20'si, kanatlı pulluk tipte ve döner sökücülerde ise toplam pancarın ortalama olarak % 14 'ü



zedelenmektedir. Sökücü ayaklara titreşim verildiğinde toprak karışımı azaltılabilirse de zedelenmiş pancar miktarı artar.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı dönen sökücü ayaklar sökme işlemi için en uygun olmaktadır. Ancak imalat zorlukları ve maliyet bu tip sökücü ayakların kullanılmasını güçleştirmektedir. Bundan dolayı kanatlı pulluk tipte sökücü ayaklar tercih edilmiştir.

Pancar hasadı sırasında en önemli kayıp sökücü ayağın pancar sırasını takip etmemesi durumunda olmaktadır. Otomatik direksiyonlama sistemi olsa bile sökücü ayağın şekil (3.4.)(a)'da gösterildiği gibi pancar sırasına göre sağa-sola sapması veya şekil (3.4.)(b)'de gösterildiği gibi pancar sırasına göre bir açı yapması sonucu pancar parçalanır, sökücü ayak tarafından ortadan kesilerek kopartılır veya pancar toprağa saplanır. Bunun için sökücüleri bu tür sıradan sapmalarda uygun çalışabilmeleri çok önemlidir.



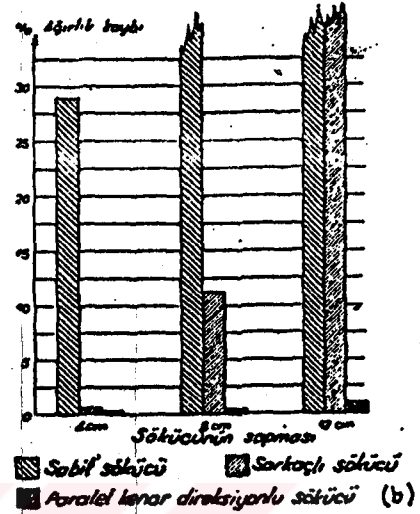
Şekil (3.5.) Sökücü sistemin sağa-sola kaçması veya pancar sırasına göre açı yapması durumu.

Şekil (3.5.)(a)'da üç değişik tipte sökücü askı sistemi gösterilmiştir. Şekil (3.5.)(b)'de ise bu tip askı sistemlerine ve sökücünün sıradan sapma miktarına göre oluşabilecek ağırlık kaybı gösterilmektedir. Bu şekillerden anlaşılacağı üzere paralel kenarlı ve direksiyonlu bir sökücü sistem pancar hasat makinasının ekonomik olabilmesi için önemlidir. (SEGEM).





(a)



Şekil (3.6.). Sabit, sarkaçlı ve paralel kenar hareketli sökücülerde oluşan ağırlık kayıpları.

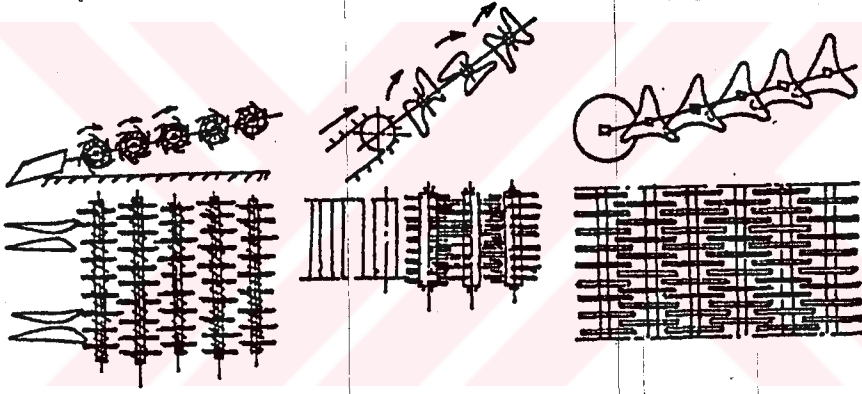
Kanatlı pulluk tipte sökücü ayakları toprak biriktirmeden ve pancar uçlarını kırmadan çıkarabilmeleri yüzey geometrisine doğrudan bağlıdır. Ayrıca tarlada bulunan pancar büyüklüklerine ve toprak şartlarına göre derinliğinin, açıklığının ve yatayla yaptığı açının ayarlanabilir olması çok önemlidir. (TSE).

### 3) Pancar kökünün topraktan kaldırılması ve sökülmesi

Pancar kökünün topraktan ayrılmasının önemi bir sırada hareket ettirilen toprak miktarı düşünülürse görülebilir. 20 cm genişlikte ve toprağa 10 cm batan kanatlı pulluk tipte bir sökücü ayağın saatte 3 km hızla giden bir hasat makinasında olduğu düşünülürse, dakikada 1 m<sup>3</sup> toprağı hareket ettirecek ve bu sırada yaklaşık 250 pancar kökünü sökecektir. Toplanan pancar köklerinin %5 den fazla toprak ihtiva etmemesi düşünülürse, hareket ettirilen toprağın ancak binde 2 si pancarla taşınabilir. Şekil (3.7) 'de gösterilen ve "Rienk eleği" denilen sistemde pancarlar bir birleriyle iç içe giren yıldız şeklinde tekerlekler üzerinde hareket ettirilir. Oluşabilecek toprak topaklarını bu sistem parçalar ve pancarları kendi ekseleri etrafında çevirerek herhangi bir tıkanıklığa neden olmadan temizleme yapar.



Ancak böyle bir sistemin imalatının zor ve maliyetinin yüksek olması uygulanabilirliğini sınırlandırmaktadır. Bir çok makinalarda kullanılan ikinci bir sistem ise sökülün pancarı dönen bir tambur içine alarak bu tambur içinde bir süre yuvarlanmasını sağlamaktadır. Derin yapılan tamburun arkatarafalarında kanatcıklar bulunmakta ve tamburun giriş tarafına pancarı arka tarafa doğru hareket ettirecek şekil verilmektedir. Pancar tambura girdikten sonra bir süre yuvarlanarak geri gelir arka tarafta bulunan kanatcıklarla bir elevatöre veya bir depoya taşınır. Sistemin parametreleri değiştirilerek (örneğin tambur derinliği, tambur çapı, tambur sürati, yüzey şekilleri, vb.) istenilen bir temizleme sağlanabilir. Ancak temizleme sırasında pancar zedelenmelerinin de olacağı unutulmamalıdır.



Şekil 3.7. Temizleme Düzenleri ( Rienk Eleği).  
(TSE)

Kullanılan üçüncü bir sistemde ise pancarı hareket ettirirken parmaklık şeklinde yapılmış olan sabit bir yüzeyle temas ettirmek, ve bu şekilde pancarı kendi etrafında mümkün olduğu kadar fazla çevirip pancarla sabit yüzey arasında sürtünmeden faydalanarak pancarı temizlemektedir. Son senelerde kullanılan bir çok hasat makinasında bu sistem mevcuttur (örneğin Kleine, Stoll, vb.). Ayrıca bu sistemde tıkanma ve birikme tambur tipi bir temizleyiciye nazaran daha az olacaktır.

Geliştirilmiş olan mevcut sistemde tambur tipli bir temizleyici önceden seçilmiş olduğundan, bu temizleme sistemi korunmuş ve bu sistemin mümkün olduğu kadar iyi temizleme yapabilmesi ve tıkanma olmaması için önlemler.



alınmıştır. Ancak bu sistemin ideal bir temizleme yaptığı söylenemez. Dönen tamburda temizlenen ve yükseltilen pancar kökleri bir elevatör ağızına dökülmekte ve burada elevatör ile depoya taşına bitmektedir.

#### 4) Depolama

Depo kapasitesi boşaltmada geçen zamanı azaltmak için mümkün olduğu kadar büyük seçilmelidir. Ancak deponun boş ve dolu olması sırasında pancar hasat makinasının ağırlığının ağırlık merkezinin değişmesi makinanın çalışmasını etkileyebilir. Ayrıca ülkemizde tarlaların ufak birimler şeklinde olmasından dolayı boşaltmadan dolayı zaman kaybı önemli değildir. Bundan dolayı orta kapasite diyebileceğimiz 1 ton civarında depo kapasitesi yeterli görülmektedir.

Deponun bir traktör romorkuna boşaltılabilir olması durumunda işçilikten büyük tasarruf yapılacağı kesindir. Bu durumda çiftçinin söküm sırasında devamlı olarak tarlada boş bir romork bulundurması gerekmektedir. Romorka boşaltan bir sistem yere boşaltması durumunda yaklaşık 2 m den pancarları boşaltacağından pancarda istenmeyen kırılar olmaktadır. Yere boşaltılan bir depo sisteminde ise işçilik artacaktır. Ancak her iki sistemin kullanılma alanları olacağı düşünülmelidir. Pancarın romorka boşaltılması depo kenarında bulunan bir elevatör ile veya deponun hareketli yapılmasıyla mümkündür. Depoya hareket ikinci durumda traktör hidrolik sistemi kullanılarak bir hidrolik silindir ile verilebilir. Pancarın yere boşaltılmasında da traktör hidrolik sistemi ile hidrolik silindir basit bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır.

#### 5)Direksiyon

Traktör tarafından çekilen pancar hasat makinalarında traktör sürücüsünün aynı anda sırayı ve sökme ayaklarını görebilmesi ve traktörü ona göre ayarlaması güç olmakta bundan dolayı sıra kaçmasından dolayı pancar hasatında büyük kayıplar olmaktadır. Bunun için pancar hasat makinasının ayrı bir direksiyonlama sistemi olması hem traktör sürme sırasında olan hataları ve hem de pancar sırasında ekinde dolayı olabilecek sıra kaçıklarını düzeltmek için gereklidir.

Hasat makinasının direksiyonlanması otomatik olarak bir hidrolik kumanda sistemiyle yapılabileceği gibi elle bir hasat makinası sürücüsü tarafından yapılabilir. Otomatikedireksiyon sistemi son senelerde bilhassa yüksek hızda çalışan pancar hasat makinaları için tercih edilmektedir. Otomatik direksiyon sisteminde çeki kolu konumu veya derinlik ayar tekerlekleri açısı iki yönlü bir hidrolik silindirle



değiştirilmektedir. Hidrolik silindire giden sıvı bir solenoid sistemine bağlı olup valfin kumandası ise genellikle izleyici tambur üzerine yerleştirilen iki algılayıcı yardımıyla olmaktadır.

Otomatik dreksiyonlamanın bir solenoid valf sistemi, algılayıcı ve hidrolik bağlantılar ile bir hidrolik silindir gerekmektedir, maliyeti fazla olduğu gibi bir çok parçalarının standart bulunmamasından dolayı imalatı güç olacağı düşünülmüştür.

Hasat makinası sürücüsü tarafından dreksiyonlama otomatik dreksiyonlama kadar sıra takibinde başarılı olmakta, bazı durumlarda otomatik dreksiyonlamadan daha iyi sonuçlar vermektedir. Buna karşılık bir fazla insan gücü gerekeceğinden işletme maliyeti artar, ancak aile ziraati yapıldığında bir insan gücü gereksiminin aile içinde kolayca sağlanabileceği düşünülerek ve makina maliyetini düşük tutabilmek için bir hasat makinası sürücüsüyle dreksiyonlama tercih edilmiştir.

Pancar hasat makinasının dreksiyonlaması bir sürücü tarafından yapıldığında çeki kolunun konumunu ayarlamak veya derinlik ayar tekerleğinin açısını değiştirerek mümkün olmaktadır.

Çeki kolunun konumu bir sonsuz vida yardımıyla değiştirmek basit ve kolay görülmüşse de yan çeki kuvvetlerinin etkisi bu sistemi başarısız kılmıştır. Hasat makinasını baş kesme ve kök sökme düzenleri traktör arka tekerinin dışında durması gerektiğinden, bu kısımda varolan baş kesme ve sökme kuvvetleri hasat makinasını çeki kolu etrafında döndürecek bir moment uygulamaktadır. Bu yan çeki kuvvetini dengeleyecek kuvveti sağlamak için bir miktar giren yükseklik ayar tekerleklerine gerek görülmüştür. Bu durumda yükseklik ayar tekerleklerinin açılarını değiştirerek dreksiyonlama daha kolay ve emniyetli olmaktadır.

4.4 Türkiye şartlarına uygun hasat makinasının özellikleri.

Ülkemiz tarımında önemli bir yeri olan şeker pancarı tarımının, toprak hazırlığından hasadına kadar olan bütün safhalarında mekanizasyon problemleri önemli ölçüde çözülmüştür.

Şeker pancarı hasadının ülkemizde genellikle insangücü tarafından yapıldığı bilinmektedir. Ancak, çok kısıtlı ithal edilmiş makinalarla da hasat yapılmaktadır. Ülkemizde ağır



sanayilerin kurulması, toplumsal hizmetleri artması sonucunda köylerden şehirlere insan göçü olmakta, ayrıca pancar hasadının mevsimlik olmasından dolayı gerektiği zaman gerekli iş gücünün bulunamaması sonucunu doğurmaktadır.

Bölgelere göre değişmekle beraber 1986 yılında bir dönüm pancarın baş kesiminin yapılması için işçiye ödenen para 10.000-15.000 TL civarındadır. İşçi ücretlerinin giderek artması ve işçi bulmada karşılaşılan güçlükler nedeniyle hasatın mekanizasyonu zorunlu hale gelmektedir.

Bunun yanısıra dış alımla sağlanan makinalarda bazı nedenlerle ülkemiz şartlarına uymamaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

1) kendi yürür veya traktörle çekilen kombine hasat makinaları çok pahalı olduğundan bu makinaları satın almak küçük ve orta çiftçiler için imkansızdır. Büyük makinalar ilkimizde yerli olarak üretilseler bile satış fiyatları küçük çiftçilerimizin alabileceği düzeye inmeyecektir.

2) Büyük kapasitedeki kombine hasat makinanalarının kullanılmasında ülkemizde pancar ekim alanlarının ve pancar alımının Şeker Şirketi tarafından düzenlenmesi nedeniyle bir başka problem doğmaktadır. Büyük kapasiteli hasat makinalarıyla yapılan hasatta teslim edilmeyen pancarın büyük bir bölümü tarlada uzun süre beklemek zorunda kalmakta çiftçi yönünden zararlı olmaktadır. Bu yüzde büyük hasat makinanalarının kullanımı mümkün olmamaktadır.

3) Baş kesme, sökme ve toplama işlerini ayrı ayrı yapabilen daha ucuz ve basit makinaların dış alımla devreye sokulması bazı firmalarca denenmiş ve bu uygulama da ülkemiz şartlarıncı başarılı olmamıştır. Bazı sakıncalı yönleri sebebiyle de bu tip makinaların üretilmeleri uygun görülmemiştir. Baş kesme ve sökme işlerini ayrı ayrı yapan yabancı kaynaklı makinalar çok sıralı olup genellikle üç ve daha fazla pancar sırasını hasadını bir defada yapmaktadır. Bu durumda pancar ekim tekniği yeterince gelişmiş olmamakta ve ülkemiz şartlarına kesinlikle uymamaktadır. Bu makinaların ikinci bir problemi de lastik genişlikleri sebebiyle ortaya çıkmakta ve pancar çığnenmektedir.

Yukarıda açıklanan önemli sebepler ülkemiz şartlarına uygun bir hasat makinasının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Bunun için bilinen hasat makinalarının geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.



Bunu için bilinen hasat makinalarının ele alınması ve bunların kendi imalat yöntemlerimize ve tarımsal şartlarımıza uygun hale getirilmesi gerçekçi bir yaklaşımdır. Bunu yaparken ele alınan makinaların tam olarak anlaşılması ve çalışma prensiplerinin öğrenilmesi gereklidir. Ancak bu şekil bilinen hasat makinalarının kendi şartlarımıza daha uygun ve daha verimli makinalar yapılabilir.

Böyle bir hasat makinasının geliştirilmesi ülkemiz tarımında önemli bir yer tutan şeker pancarı üretiminin artmasına, köylünün emeğinin tam olarak alınmasına ve ülke ekonomisinin gelişmesine büyük katkıları bulunacaktır.

### 3.5. Pancar hasatının temel prensipleri

Şeker pancarı hasatı pancar üretiminin en zor kısmıdır. Hasat işlemi, pancar başının kesilmesi ve pancar başının topraktan sökülmesi şeklinde iki kısım incelenebilir.

Pancar hasatının mekanizasyonu sırasında yapılması gerekli işler pancar hasat makinasının bölümlerinin görevleri olmaktadır. Bir hasat makinasının yapması istenilen işlemler şunlardır:

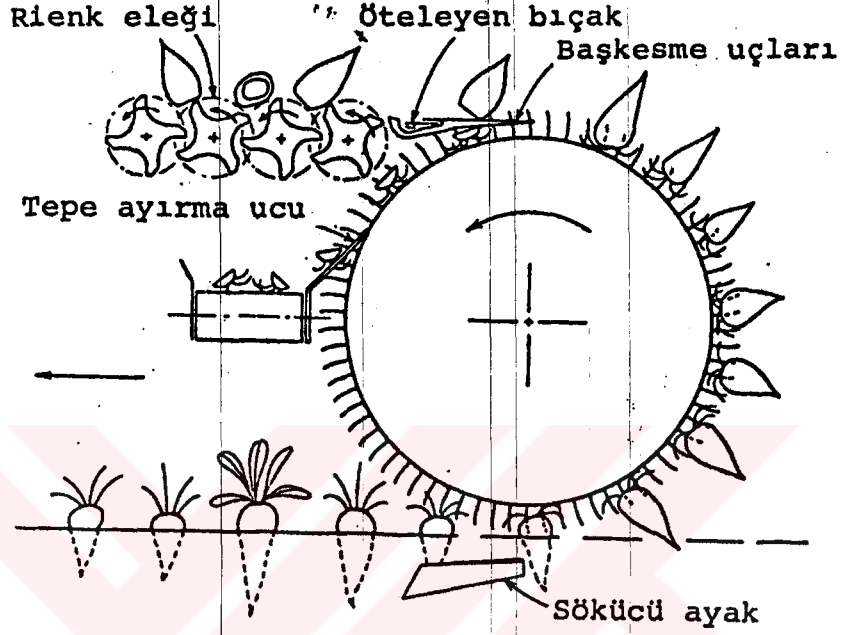
- 1) Yaprakların ve pancarın baş kısmının kesilmesi.
  - 2) Kesilmiş olan pancar başlarının ve yaprakların bir kenara atılması.
  - 3) Pancar kökünün topraktan sökülmesi.
  - 4) Pancar kökünün topraktan kaldırılması ve temizlenmesi.
  - 5) Pancar köklerinin toplanması.
- Bu bölümlerin tamamını ya da bir kısmını içeren, bugüne kadar yapılmış olan pancar hasat makinaları değişik açılardan şu şekilde sınıflandırılabilir.

#### 3.5.1. Başkesme Şekli

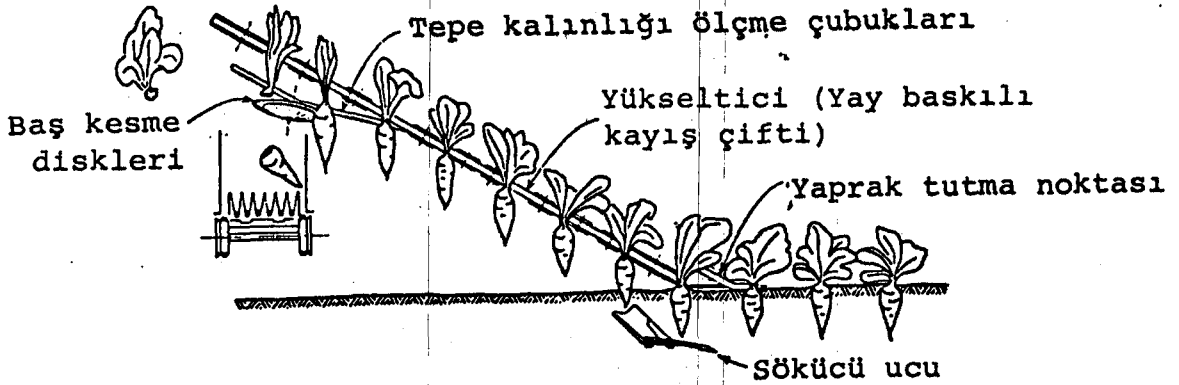
##### 3.5.1.1. Önce söküm daha sonra baş kesimi

Bu metodla pancar hasatı yapan makinalarda pancarlar topraktan söküldükten sonra başları kesilmektedir. Bu metodla pancar hasadı yapılan makinalarda baş kesme sistemi olarak iki değişik sistem uygulanmıştır. Bu sistemleri "MAHRBEET" ve "SCOTT-URSCHEL" adındaki araştırmacılar geliştirmiştir. (SÖYLEMEZ 1985). Bu sistemlerin şematik görünüşleri şekil (3.8.) ve şekil (3.9.)'te verilmiştir.





Şekil (3.8.). Çivi tekerlekli Hasat Makinası (Marbeet)



Şekil.(3.9.). Pancarı yaprağından kaldıran pancar hasat makinası (Scott-Urschell).



Şekil 3.8 'de görülen sistemdeki sökülen pancarı tepe kısmında dönen bir tambur üzerinde çiviler saplanmakta ve pancar kaldırmaktadır. Yukarı kısmında bulunan ve sağa-sola hareket eden bıçak pancar kökünü kesmekte ve pancarı topraktan ayıran bir elevatörün üzerine bırakmaktadır.

Scott-Urschell'in geliştirdiği sistemde ise, sökülen pancar yaprağından iki kayış arasında tutularak yükselmekte ve dönen bıçaklarla yukarıda başı kesilmektedir. Daha sonra başı kesilen pancarlar bir elevatörün üzerine bırakılmaktadır (şekil 3.9.).

Bu tür makineler yumuşak ve nemli toprakta ve söküm sırasında pancar yaprağını çürümemiş olduğu durumlarda verimli çalışmaktadır. Ülkemizde pancar alımının şeker şirketi tarafından düzenlenmesi bazı hallaerde pancarın yapraklarının taze olduğu durumlarda hasat edilmesine imkan vermemektedir. Bu yüzden yukarıda açıklanan iki tür hasat metodu da ülkemiz şartlarında verimsiz çalışmaktadır.

#### 3.5.1.2. Önce baş kesimi sonra söküm metodu

Bu metotta pancarlar topraktan sökülmeden başları kesilir. Günümüzde pancar hasat makinalarında büyük oranda uygulanmakta olan bu metotta önce başkesimi yapılmakta, sonra pancar topraktan sökülerek temizlenmekte ve toplanmaktadır. Pancar başları, pancar sökülmeden önce basit aletleriyle kesile bildiği gibi, baş kesme kızıağı ve çeşitli şekillerde yapılmış baş kesme düzenleriyle de kesilmektedir. Ülkemiz şartlarında verimli olarak kullanılan metod bu metottur.

#### 3.6. Ülkemize uygun hasat makinasında olması gereken özellikler

Ülkemiz şartlarına en uygun bir pancar hasat makinasında şu özellikler olmalıdır.

1. Sökümden önce baş kesme,
2. Tek sıralı,
3. depolu,
4. Traktör tarafından çekilen,
5. Baş kesme ve sökme birlikte.



Bununla beraber sadece bag kesip pancarı söken ve sıra halinde toprağa bırakan veya pancarı sadece söken aletlerinde gelitirilmesi küçük çiftçilere büyük yararlar sağlayacağı kesindir. Ayrıca yaprakların hayvan yemi olarak değerlendirilmesi sağlayan, yaprakları temiz bir şekilde sıra halinde veya kümeler halinde toprağa bırakan bir hasat makinası daha ekonomik olabilir. (SEGE).

### 3.7. Pancar Hasat Robotunda Bulunması Gereken Özellikler

Kısaca ifade edersek robotu tarımda hasat edebilecek seviyeye getirmek şeklinde ifade edebiliriz. Bu ise şartların ne olduğunu bilmek ve ona göre robot tasarımı yapmayla olur.

Yukarıda da incelediğimiz gibi hasat makinalarının çalışma şartları robotlar içinde geçerlidir. Robotlar tarla çalışma şartlarına uygun olması gerekir. Kendi yürür veya bir çekici vasıtasıyla hareket eden bu sistem tam rijit olmayan toprakla teması vardır. Toprağın nem oranı hava şartlarına göre değişkenlik teşkil ettiğinden dolayı bu değişikliği telafi edecek hassas sistemlere ihtiyaç vardır. Burada dedektör, sensör, video-kamera ve hidrolik sistemler gibi yardımcı sistemlere ihtiyaç vardır. Yukarıda sensörler kısmında incelediğimiz gibi çeşitli duyarlılıkta sensörler kullanılmalı ve bunun yanı sıra işleme uygun mikro-işlemciler kullanılmalıdır.

Çalışma ortamı dış şartlara açık olduğu için bu şartlara uygun bir hasat robotu düşünülmeli ve bunun ekonomi boyutu unutulmamalıdır. Temelde yukarıda bölüm 2'de bahsedilen hasat makinasını akıllı makineye çevirmek ve bunu şartlara uygun hale getirmekten ibarettir. Akıllı makineye bilinen hassas üniteleri eklediğimizde bir robot elde ederiz ve bu robot gelişmeye her zaman açıktır.

Şimdi bölüm 4'de Başkesme sistemini inceleyeceğiz. Diğer bölümlerse ayrı bir tez çalışmasını içerecek kadar geniştir. Bu kısımda bu konuda yapılmış çalışmaları inceleyeceğiz.



## BÖLÜM IV

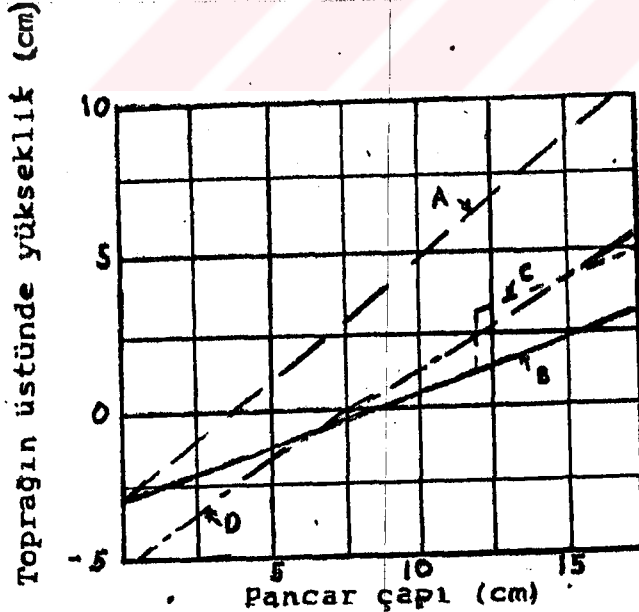
### 4. Baş Kesme Düzeni.

Baş kesme pancar hasatının verim ve zorluk bakımından en önemli bölümü oluşturmaktadır. Bunun için bu konuda geliştirilecek bir hasat robotunun hangi şartları yerine getirebilecek bir özellikte olması gerektiğini ifade edeceğiz ve robotun nasıl bir kesme sistemine ihtiyacı olduğu hakkında yapılmış çalışmaların sentezinden bir fikir elde edebiliriz.

#### 4.1. Başkesme Sistemleri ve Türkiye Şartlarına Uygun Başkesme Sistemi

Türkiye şartlarına uygun hasat makinasının önce başkesme sonra topraktan sökme işlemi yapan hasat makinası olduğunu gerekçeleriyle açıklamıştık.

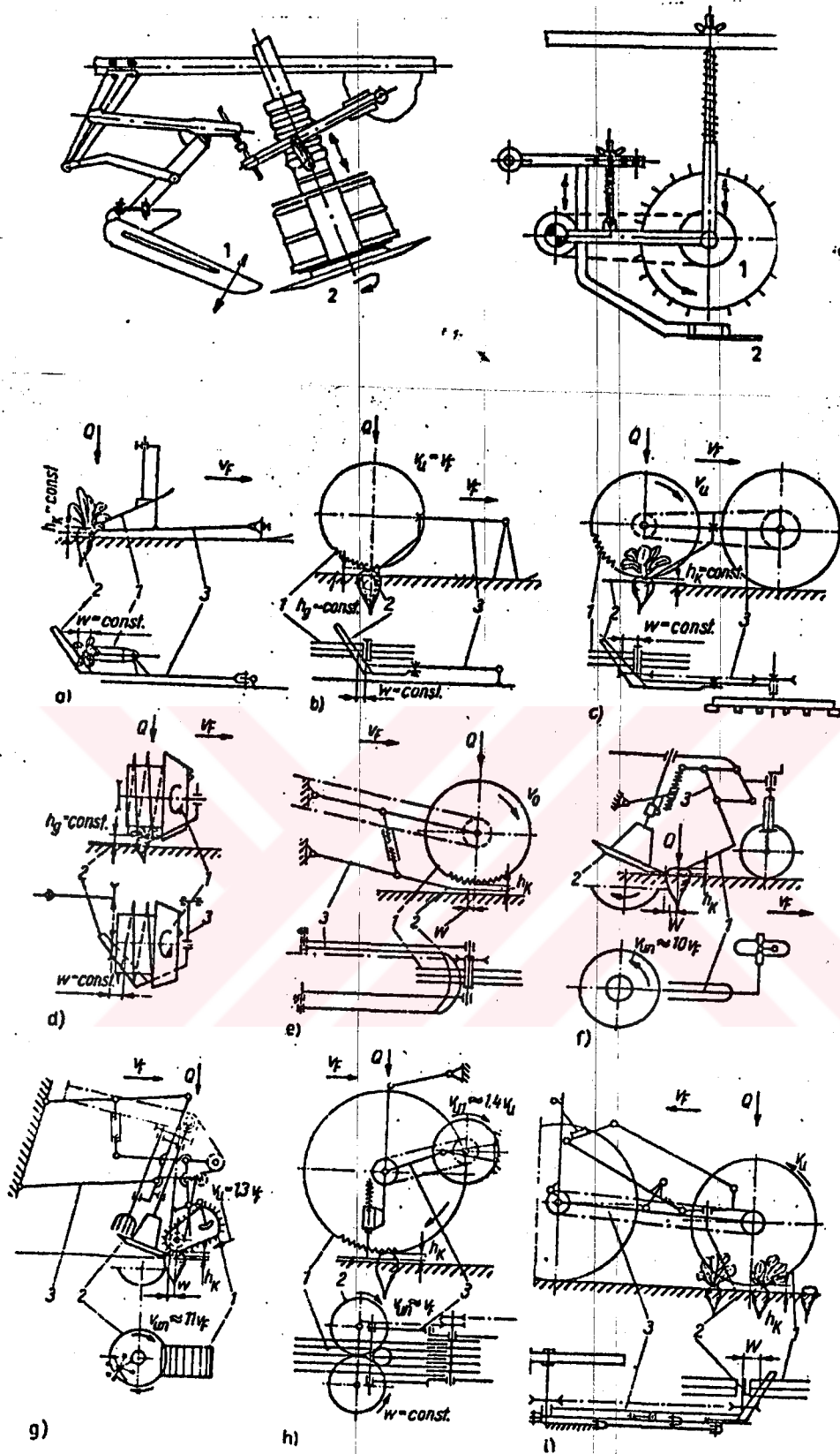
Pancar toprak sökölmeden başkesme işlemi yapan hasat makinalarında değişik sistemler uygulanmıştır. Bunlardan bir kısmı şekil 4.1.'de gösterilmektedir. 1 izleyici, 2 kesme bıçağı ve 3 kesme bıçağı koludur. Bunların bazıları (e,f,g ve i) kesme bıçağı değişik kalınlıkta tepe kesmektedir. a,b,c ve d'de gösterilen sistemlerle kesilen tepe kalınlığı sabittir.



- A: Pancarın tepesi
- B: En alt yaprak boğumu
- C: Elle tepe kesme
- D: Makina ile tepe kesme

Şekil.4.2. Şeker pancarı yüksekliklerinin ve tepe kesme düzlemlerinin pancar çapıyla değişimi





Şekil 4.1. Değişik Başkesme Düzenleri  
(SEGEM ve TSE)



Makina ile kesim sırasında değişik kalınlıkta tepe kesmek isteniyorsa, kesim yüzeyi pancarın bir başka boyutundan bulunması ve başkesme bıçağının kesim yüzeyine otomatik olarak getirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda pancar, yüksekliği en büyük çap ve kesilmesi gereken tepe kalınlığı arasında Şekil 4.2.'de gösterilen doğrusal bağıntılar bulunmuştur. Pancarın topraktan yüksekliği veya pancarın en büyük çapı kesme düzleminin bulunması için kullanılabilir. Ancak pancarın en büyük çapı genellikle toprağın altında olduğundan pancarı sökmeden başkesecek olan bir düzenin pancar yüksekliğini referans olarak kullanması daha uygundur ( SEGEM 1981).

Eğer :

H : Pancar tepesinin toprak yüksekliği (mm)

hk: Kesilmesi gereken tepe kalınlığı (mm)

Hb: En alt yaprak boğumunun topraktan yüksekliği (mm)

dR: En büyük pancar çapı (mm)

Hk: En uygun kesme düzleminin topraktan yüksekliği (mm)

olarak tanımlarsak şekil 4.2.'den şu bağlantılar elde edilir.

$$\begin{aligned} H &= 0.8 \text{ dR} - 25.4 & (a) \\ Hb &= 0.35 \text{ dR} - 25.4 & (b) \\ Hk &= 0.57 \text{ dR} - 38.1 & (c) \end{aligned}$$

Bu bağlantıları kullanırsak :

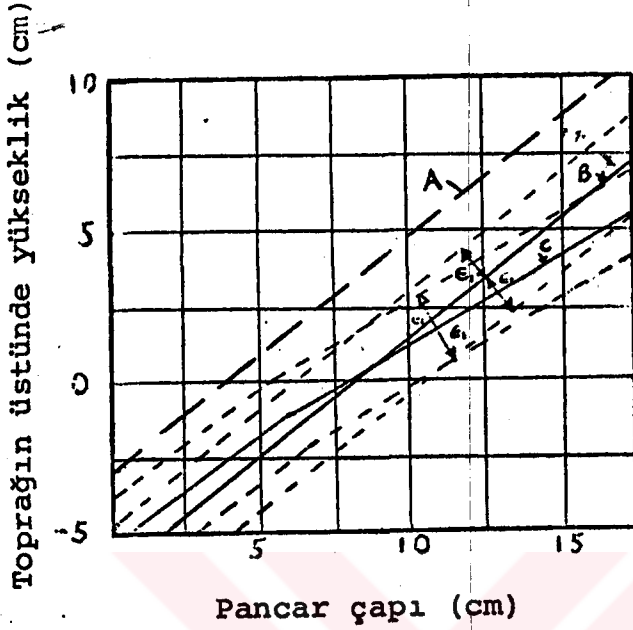
$$hk = H - Hk = 0.23 \text{ dR} + 12.7 \quad (d)$$

veya

$$hk = 0.288 H + 20.0$$

olarak bulunur. Ancak, hasat sırasında tarlanın, çapalama ve erozyondan dolayı düzgün bir yüzeyi olmayacaktır. Pancar tepesinin topraktan yüksekliği bu tür toprak yüzeyü değişmelerini hesaba katmamıştır. Ayrıca topraktan yükseklik eğer hasat makinası şasisi referans alınarak ölçülürse, ölçümde hatalar olacaktır. Pancar yapraklarının mevcudiyetide yükseklik ölçümünde hatalara sebep olacaktır. Bunlardan dolayı denklem ( d' )'nü sağlaya ideal bir tepe kesme düzeni yapıldığında yükseklik ölçümünde  $\pm 50$  mm ve tepe kalınlığında  $\pm 15$  mm sapmalar mümkündür.





A : Pancarın tepesi

B: Sabit kalınlıkta tepe kesme

C: Değişik kalınlıkta tepe kesme

Şekil.4.3. Sabit kalınlıkta ve değişik kalınlıkta tepe kesme durumları

Tepe kalınlığı pancar yüksekliğine göre değişmeyecek şekilde başkesme işleminin yapılması düşünüldüğünde, kesilen tepe kalınlığı her bir tarla için ortalama bir değer olarak ayarlanarak yapılabilir. Bu durumda başkesme işleminde belirli bir hata olacaktır. Ancak bu hata değişik kalınlıkta tepe kesme yapıldığında mevcut olan hatadan fazla bir fark göstermemektedir. Örneğin, pancar tepesinin ortalama topraktan yüksekliği 50 mm olan ve en büyük ve en küçük yüksekliklerin 100 mm ile 0 mm arasında olduğu kabul edilirse,  $hK = 32$  mm alınabilir. Bu durumda en büyük ve en küçük pancarda tepe kalınlığının hatası  $\pm 14$  mm olacaktır ki, bu hata zaten değişik kalınlıkta tepe kesme sırasında var olan bir hatadır. Sonuç Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Yapılan çapalama ve seyreltme işlemleri eğer iyi yapılmışsa bir tarlada tarlanın ortalama boyuttan sapmasının da az olacağı beklenebilir. Bu durumda değişik kalınlıkta başkesme işlemi önemli bir fayda sağlanmamaktadır. Bundan dolayı sabit kalınlıkta tepe kesme daha uygun olacaktır.



#### 4.2. Şeker pancarında baş kesmenin önemi

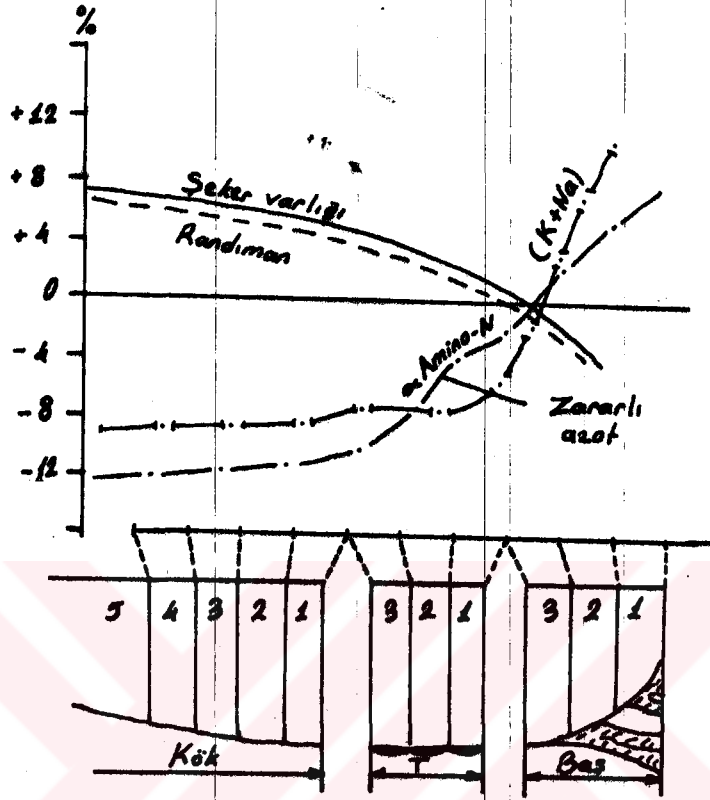
Şeker pancarının fabrikasyonu sonunda, esas üretim gayesi olan şekerin yanında melas ve küspe gibi bazı yan ürünler de elde edilmektedir. Silolama mühdeti ve şekli şeker pancarı kökündeki şeker oranını olumsuz yönde etkilemekte ve oranlama günlük % 0.016 - 0.056 şeker kaybına yol açmaktadır. Silolama sırasında baş kısmının gövde üzerinde kalması halinde bu kısımlar genişlemeye devam ederek kök içerisindeki şekerin tüketilmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden pancarın vejetatif gelişmeye imkan vermiyecek şekilde başının kesilmesi gerekmektedir. (SEVİLMİŞ 1985).

Şeker pancarının fabrikasyon kalitesini etkileyen potasyum, sodyum amino azot miktarı, yapılan azotlu gübrelemeye bağlı olarak büyük değişiklik göstermektedir. Şeker pancarının içerisinde bulunan ve şeker pancarının kalitesini belirleyen faktörlerin pancar içerisindeki dağılımını bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuç şekil 4.4. ve 4.5. gösterilmiştir.

Şeklin incelemesinden açıkça görüldüğü gibi yeşil aksamın en alt noktasından geçen düzlemden pancarın tepe noktasına doğru şeker, potasyum, sodyum ve amino azot miktarlarındaki değişimler hızlı ve istenmeyen yöndedir.

Şeker pancarının kalitesi ile ilgili yapılan araştırmalarda pancarın kök ve baş bölgelerindeki şeker varlığı ile alınabilir şeker miktarı şekil 4.6.'da verilmiştir. Şekil T ile gösterilen yeşil yaprakların en alt çıkış yeri ile kurumuş olan en alt yaprak çıkış yeri arasındaki bölge kesme için tolerans bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bölgedeki % 14.5 şeker varlığı % 11.7'si fabrikasyon sonucu alına bilmektedir. Yeşil yaprakların en alt çıkış yerinden tepe noktasına doğru olan kısımda şeker dışı maddeler ve şekerin kristalleşmesine engel olan maddelerin oranları fazladır (BEISS 1973, BURDA 1981). Tolerans bölgesinin üstünde kalan kısımda bulunan % 6.3 şeker varlığının fabrikasyon sonucu ancak % 2.1'i alınabilmektedir (ANOYMUS 1981, WINNER 1981).

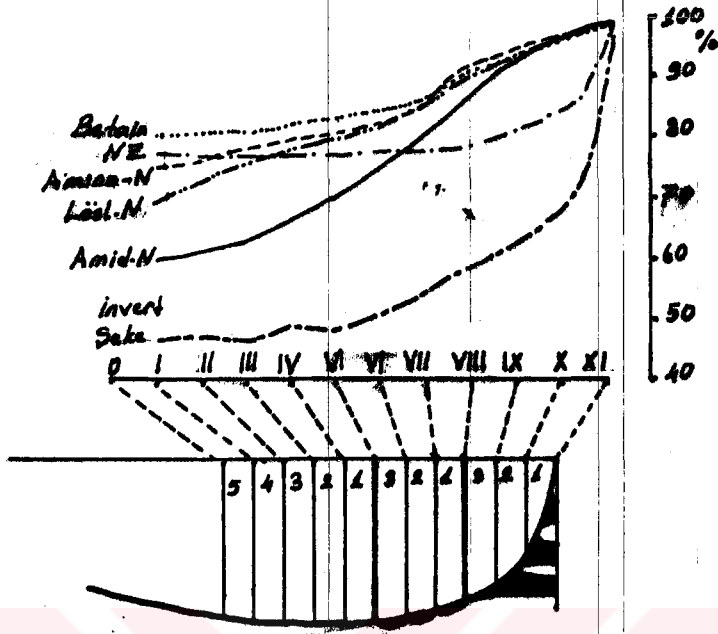




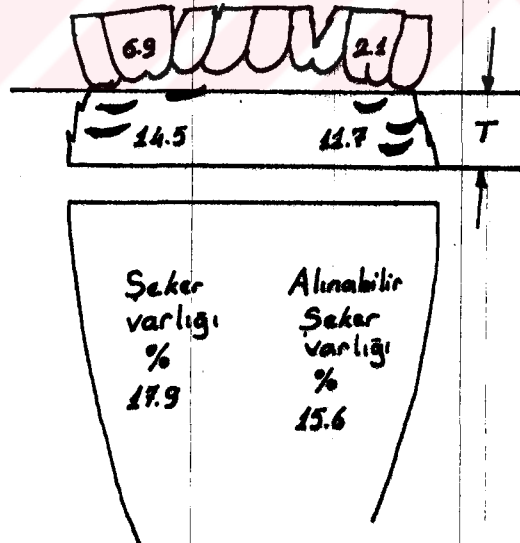
Şekil.4.4. Şeker pancarı kalitesini belirleyen faktörlerin Şeker kökü içerisinde dağılımı (BURBA 1981)

Şeker pancarının fabrikasyon kalitesini belirleyen, şekerin kristalleşmesine engel olan maddeler ile şeker dışı maddeler şeker pancarının baş kısmından özellikle başını uç kısmında gövdedekinden daha çok konsantrasyon bulunmaktadır. Çiftçiye ödenen para ürünün ağırlığına bağlı olduğundan kesilmesi gerekli baş kısmı, üretici açısından ağırlık kaybı olarak gözükmektedir. Baş kesiminin tepe noktasına doğru uygun olmayan yerden yapılması halinde, pancarın silolama kayıpları artacak, ayrıca baş kısmında gövdeye oranla yüksek konsantrasyonda bulunan ve şekerin kristalleşmesine engel olan zararlı maddeler fabrikasyona girecektir. Fabrikasyonda istenmeyen maddelerin fazla bulunması da fabrikasyon giderlerini artırarak elde edilen şeker miktarını düşürerek maliyeti yükseltecek ve ülke ekonomisine zarar verecektir.





Şekil.4.5. Pancar kök kalitesini etkileyen faktörlerin kök içerisindeki dağılımı (BEISS 1973).

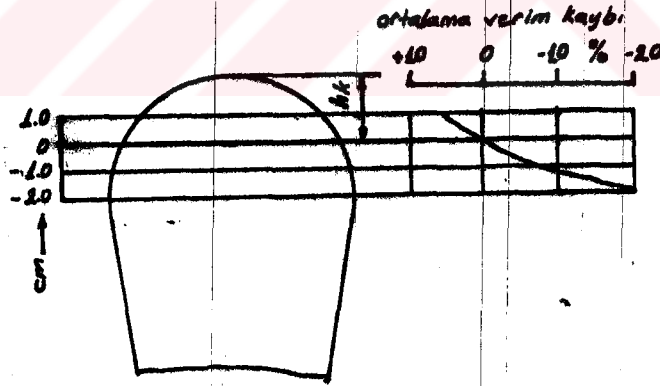


Şekil.4.6. Şeker pancarı baş kökünde şeker varlığı ile alınabilir şeker miktarı (ANONYMOUS 1981).



Sayılan bu olumsuz etkileri önlemek için pancar hasat makinasının şeker sanyisini dolayısıyla milli ekonomiyi zarara sokmayacak şekilde pancar başını belirlenen toleranslar içerisinde kesmesi gerekir. Pancar başlarını derin kesilerek hayvan yemi olarak kullanılmasıyla zararlı maddelerin yüksek konsantrasyonda fabrikasyona girmelerinin önlenmesi düşünülebilir. Ancak fazladan kesilen baş kısmında bulunan şekerin fabrikasyonla alınması yerine hayvanlar tarafından değerlendirilmesi daha az karlı olmaktadır.

Şeker pancarını yetiştirme şartlarına ve genotiplerinin farklı olmasından dolayı tarlada bulunan pancarların büyüklükleri, kesilecek baş kısımlarının dilim kalınlıkları büyük varyasyonlar göstermektedir. Pancar baş kesiminin her pancar için optimum sayılabilecek bir noktadan yapılması istenir. Makinayla hasatta, pancar büyüklüklerindeki ve dilim kalınlıklarındaki farklılıklardan ileri gelen bir hata söz konusudur. Makinayla pancar başlarının kesilmesinde, yeşil yaprakların en alt noktasıyla kurumuş yaprakların en alt noktası arasında kalan bölge tolerans bölgesi olarak kabul edilmiştir (SEVİLMİŞ 1985). Şeker pancarının baş kesiminin optimum noktanın aşağısında ve yukarısında yapılmasının kök ağırlığına etkisi Şekil 4.7.'de verilmiştir.



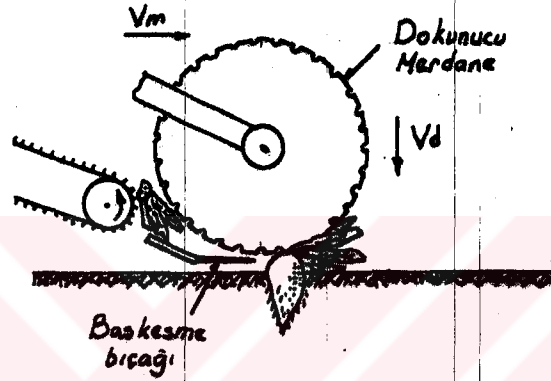
Şekil (4.7.). Baş kesiminin optimum noktadan aşağı ve yukarı yapılmasının kök ağırlığına etkisi.

Şekilde görüldüğü gibi baş kesiminin normalinde 2 cm daha fazla olması % 20 kadar kök ağırlığının azalmasına dolayısıyla verim kaybına sebep olmaktadır. Sayılan bu sebeplerden dolayı baş kesiminin çok duyarlı yapılmış olması gerekmektedir.



#### 4.3. Makina ile Başkesme Kalitesine Etkili Faktörler

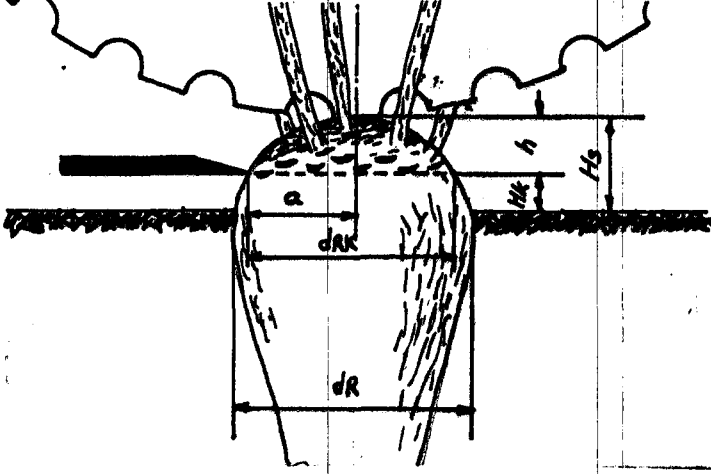
Pancar hasat makinaları üzerinde geniş etkileri olan başkesme düzeni; dokunucu merdane sabit başkesme bıçağından meydana gelmiştir (Şekil 4.8.).



Şekil.4.8. Başkesme düzeni ( dokunucu merdane sabit başkesme bıçağı) (ALBRETCH 1961).

Dokunucu-bıçak şeklinde düzenlenen başkesme düzeninin çalışma emniyeti, başkesme kayıplarını minimum seviyede tutmayı garanti edememektedir. Baş kesme kayıplarını minimumda tutulması, başkesme düzeninin hasat edilecek pancarın morfolojik ölçülerine uygun optimum durumda ayarlanması ile mümkün olacaktır. Başkesiminin optimum noktadan 3 mm daha derin yapılması, ortalama verim şartlarında dekarda 200-300 pancarın tarlada kalması veya hasat makinasının sıra üzerinde her 2 metrelik mesafede bir pancarı sökmemesi anlamına gelmektedir (ALBRETCH 1961). Baş kesme kayıplarının min. seviyede tutulması, pancarın başkesimiyle ilgili ölçülerinin iyi tespit edilmesi ve bu ölçülere uyabilecek başkesme düzenlerinin yapılabilmesiyle sağlanabilir. Pancarın başkesimiyle ilgili morfolojik ölçüleri şekil 4.9.'da verilmiştir.





Şekil.4.9. Pancarın başkesimiyle ilgili morfolojik ölçüleri

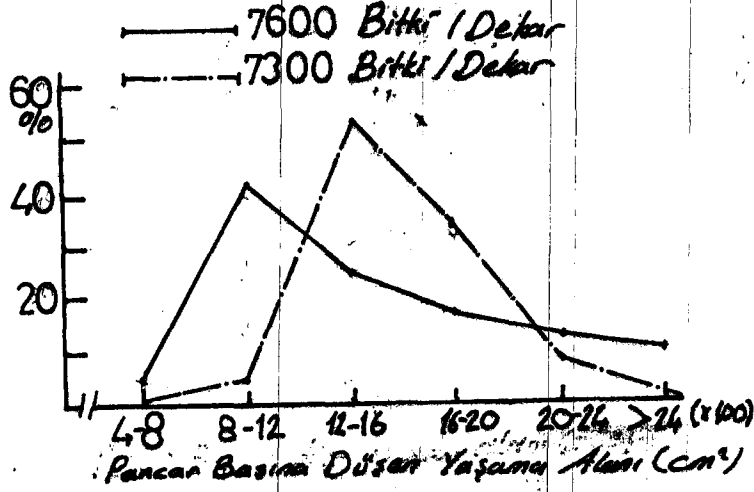
Beşkesme kalitesine etki eden agroteknik özellikleriyse sıra üzeri mesafesi ve pancar çapı olarak belirtmek mümkündür. Pancarın toprak üstü yüksekliğini tohum çeşidi, toprak özellikleri, yetiştirme tekniği ve iklim faktörleri etkilemektedir. Başkesimi, şeker pancarının kalitesini etkileyen faktörler arasında önemli bir yer tutmaktadır

#### 4.4. Başkesme Kalitesine Etki Eden Agroteknik Özellikler

Şeker pancarı üretiminde seyreltme-teklemenin iyi yapılmaması her pancara sağlanan yaşama alanının eşit olmamasına neden olmaktadır. Yapılan bir araştırmada pancar başına düşen yaşama alanlarına ait dağılım Şekil 4.10.'de gösterilmiştir (BRINKMANN 1984).

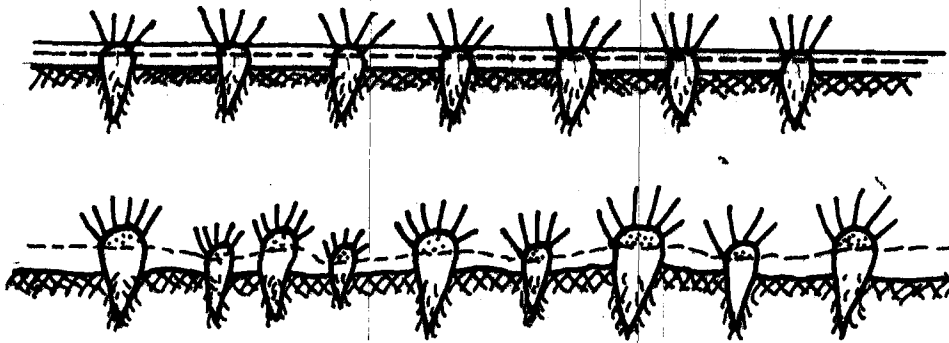
Pancar başına düşen yaşama alanının bölge özelliklerine, ekilen tohum cinsine, tarla çıkış %'sine, ekim özelliğine ve seyreltme-tekleme kalitesine bağlı olarak değişeceğini göz önünde bulundurmak gerekir. İdeal durumda, sıra üzerinde eşit mesafede ekim bulunması ve bitki başına düşen yaşama alanlarının eşit olması istenir. İdeal pancar tarlasında pancar büyüklüklerinin ve toprak üstü yüksekliklerinin her pancarda aynı olması beklenir. Tarladaki pancarların büyüklüklerinin ve toprak üstü yüksekliklerinin ( $H_s$ ) çok





Şekil 4.10. Pancar başına düşen yaşama alanlarının dağılımı (BRINKMANN 1984)

farklı olması, pancarda kesilmesi gereken dilim kalınlığının da (h) belirgin bir şekilde bir birinden farklı olmasına sebep olmaktadır. İdeal bitki dağılımıyla tarlada sağlanan bitki dağılımı Şekil.4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil.4.11. İdeal pancar dağılımı ve tarlada sağlanan pancar dağılımı (AMADUCCI ve ark.1980).



Şeker pancarı başkesimi üzerinde çalışan araştırmacılar her pancarın, maksimum çapına (dR) veya pancarın toprak üstü yüksekliğine (Hs) bağlı olarak bir dilim kalınlığı (h) hesaplanabileceğini tespit etmişlerdir (KARWOWSKI 1974 VE BRNKMANN 1978). Pancarın en büyük çapının (dR) genellikle toprak altında bulunması ve pancarın topraktan sökülmeden önce ölçülememesi sebebiyle kesilmesi gereken dilim kalınlığının hesaplanmasında daha çok pancarların toprak üstü yükseklikleri kullanılmıştır.

#### 4.4.1 Pancarlar arasındaki toprak üstü yükseklik farklarının başkesimi kalitesine etkisi

Dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı kombinasyonunda dokunucu merdane, başkesimi için üç görevi yerine getirmektedir. Bunlar;

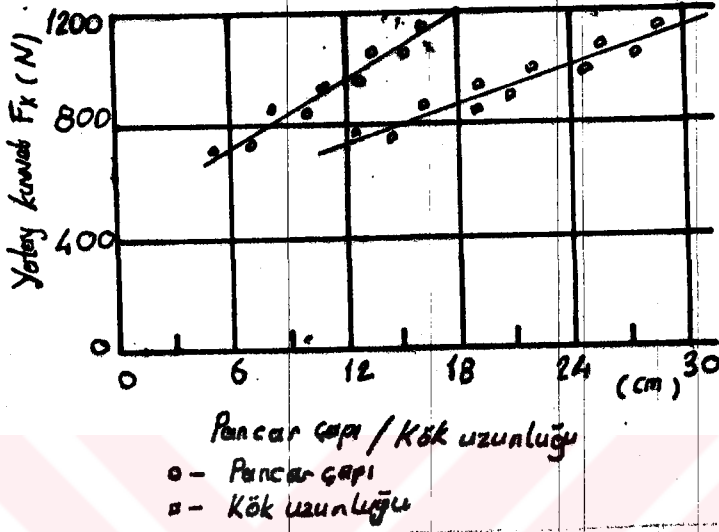
- Başkesme bıçağına klavuzluk ederek kesilme yerini ayarlamak,
- Pancarı yerinde tutarak devrilmesini veya kırılmasını önlemek,
- Kesilen baş kısmının nakline yardımcı olmaktır.

Başkesme sırasında pancarların yerlerinde tutulması; başkesme düzeninin pancara çarpması veya pancar üzerinde yükselmesi esnasında pancarın devrilmesini ve istenmeyen şekilde kırılmasını önlemesi yönünden büyük önem taşımaktadır. Başkesme düzeninin pancara çarpması ve pancar üzerinde yükselmesi esnasında oluşa yatay kuvvetin pancara zarar vermeyecek büyüklükte olması istenir. Yapılan araştırmalara göre pancarın devrilmesi için gerekli yatay kuvvetin büyüklüğü; pancar çapı ve kök uzunluğuna bağlı olarak bulunmuştur (Şekil.4.12.).

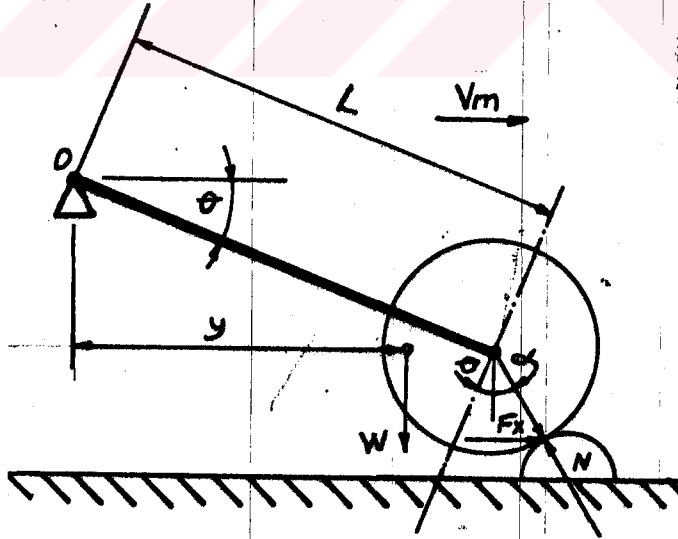
Pancarın kesme düzeniyle temasında devrilme, iki şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bunlardan birincisi, dokunucu merdanenin pancarla ilk teması ve pancar üzerinde yükselmeye çalışması esnasında, ikincisi ise, bıçağın pancara batmasından sonra meydana gelen kesme kuvvetindendir.

Birinci durumda kritik an, dokunucu merdanenin toprak seviyesinde ilerlerken yüksekliği fazla olan bir pancarla karşılaşması ve pancar üzerinde yükseldiği andır. İlerleme yönünde dönme hareketi verilmemiş dokunucu merdanenin pancar üzerinde yükselmesi için gerekli kuvvet (Nn)'e ait şu şekilde yazılabilmektedir (Şekil.4.13.).





Şekil.4.12. Pancar çapı ve kök uzunluğuna bağlı olarak, pancarın devrilmesi için gerekli yatay kuvvet ( UMARI ve BRINKMANN 1978)



Şekil.4.13. İlerleme yönünde dönme hareketi verilmemiş dokunucu merdanenin pancar üzerinde yükselmesi için oluşan kuvvetler.



$$N_n = W.y / L.Cos( \theta + \alpha ) \quad [ 1 ]$$

1 Numaralı eşitlikten pancarı devirmeye çalışan yatay kuvvet (Fx)'in değeri ise,

$$F_x = N_n.Sin\alpha \quad [ 2 ]$$

$$F_x = N_n.Sin\alpha = W.y.Sin\alpha / L.Cos( \theta + \alpha ) \quad [ 3 ]$$

[ 3 ] Numaralı eşitlikte;

W = Başkesme düzeninin ağırlığı ve varsa başkesme düzenini aşağıya bastıran yay kuvvetinin toplamını göstermektedir.

L = Başkesme düzeninin şaseye bağlı olduğu nokta ile dokunucu merdane arasındaki bağlantı kol uzunluğunu göstermektedir.

$\theta$  = L kolunun yatayla yaptığı açı.

$\alpha$  = Dokunucu merdananın pancara değdiği nokta ile dokunucu merdane ile düşey eksen arasındaki açı.

y = Başkesme düzeni ağırlık merkezinin, şaseye bağlantı noktasına olan uzaklığı.

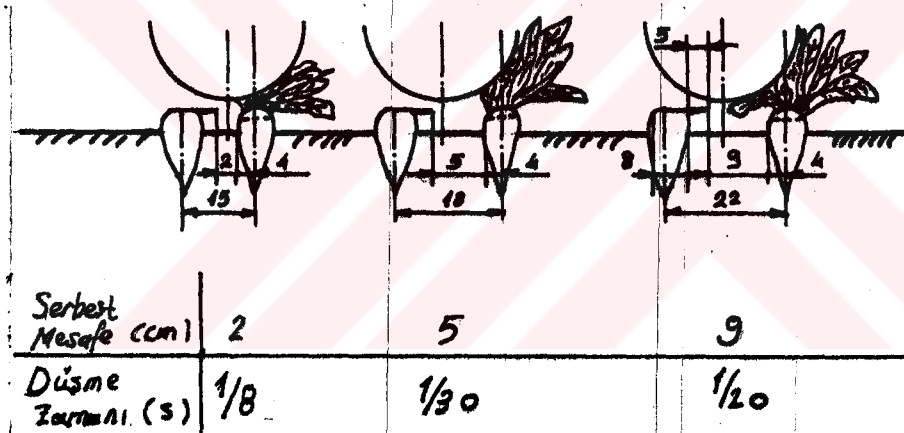
Başkesme düzeninin pancara zarar vermeyecek bir yatay kuvvet (Fx) meydana getirmeden görevini yapabilmesi için [3] numaralı eşitlikte (Fx) yatay kuvvetinin pancarın devrilme kuvvetinde az olması gerekir. Başkesme kuvvetinin pancara çarpması ile meydana gelen (Fx) yatay kuvveti azaltmak eşitlikteki değeri uygun seçmekle mümkündür. Yatay devirme kuvvetini düşük tutmak için eşitlik [ 3 ]'de;

- Başkesme düzeni toplam ağırlığı ve varsa ilave yay kuvveti (W) küçük seçilebilir. Başkesme düzeninin toprak üstü yüksekliği fazla olan bir pancarın başını kestikten sonra, toprak üstü yüksekliği daha az olan bir pancarın başını emniyetle kesebilmesi için yerçekimi veya varsa ilave yay kuvveti etkisiyle aşağıya inmesi gerekir. Sıra üzeri pancar mesafesi ve hasat makinasını ilerleme hızı (3-4 km/h) dikkate alınır, dokunucu merdananın ikinci pancarın tepe noktasını yoklayarak kesme bıçağına uygun ölçü verilebilmesi için yeterli ve emniyetli bir şekilde aşağı hareketi



gereklidir. Birbirini takip eden iki pancardan öndekinin toprak üstü yüksekliğinin fazla olması durumunda, yüksek olan pancarın başı kesildikten sonra, başkesme bıçağının en arka notası başı kesilen pancarı terk etmedikçe, kesme düzeni pancara yaslandığı için aşağıya hareket edemez, bu durumda ikinci pancarın uygun şekilde başkesimi için başkesme bıçağının keskin ağzıyla kesime başlayacağı nokta arasındaki uzaklık önem kazanmaktadır.

Kesme bıçağının kesme kenarıyla başkesme bıçağının kesime başlayacağı nokta arasındaki yatay uzaklık serbest mesafe olarak adlandırılır (BRINKMANN 1970). Sıra üzerindeki bitki mesafesi ve pancarlar arasındaki serbest mesafe ille başkesme düzeni konstrüksiyon ölçülerine bağlı olarak düşme zamanı şekil.4.14.'da verilmiştir.



Şekil.4.14. Pancarlar arasındaki yükseklik farkı, serbest mesafe ve konstrüksiyonun ölçülerine bağlı olarak düşme zamanı (BRINKMANN 1970).

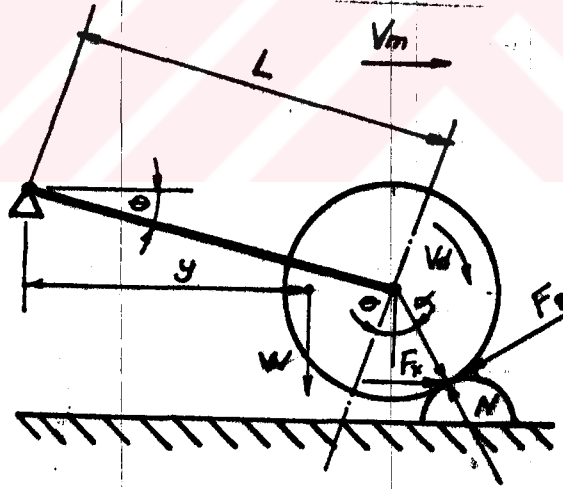
Düşme zamanının kısa olması, düşme sırasında aşağı doğru olan ivmenin büyük olmasını gerektirmektedir. Bu sebeple başkesme düzeninin hafif yapılması, hasat makinasının hızına bağlı olarak, dokunucu merdanenin her pancarın tepe noktasına yeterli baskı sağlamasını engellemektedir. düşme durumunda pancarlar arasındaki sıra üzeri bitki mesafesinde emniyetle çalışabilmesi için başkesme düzeninin ve varsa ilave yay kuvvetinin istenildiği kadar azaltılması mümkün olmamaktadır.



- Dokunucu merdane bağlantı kol uzunluğunu artırmak yatay kuvveti ( $F_x$ ) azaltacaktır. Kol uzunluğunun artırılması aynı zamanda kesim esnasında başkesme bıçağının yataya göre istenilen  $2-8^\circ$  durum açısının daha stabil olarak sağlanmasını temin edecektir. Kol boyunu uzatarak ve aynı zamanda  $\alpha$  açısını küçülterek eşitlikteki yatay kuvvet,  $n$  ( $F_x$ ) değeri azaltılabilecektir.

- Yatay kuvvetin ( $F_x$ ) küçültülmesi  $\alpha$  açısını küçülmesiyle sağlanabilir. Dokunucu merdane çapının büyümesi  $\alpha$  açısını küçültmektedir. Yatay kuvvetin ( $F_x$ ) küçük tutulması için konstrüksiyonun dizaynında, dokunucu merdane çapı büyük seçilebilir.

Dokunucu merdaneye makina ilerleme hızına bağlı olarak bir dönme hareketi verildiğinde, dokunucu merdanenin çevre hızı uygun seçilerek pancarın devrilmesi için gerekli yatay kuvvet ( $F_x$ ) daha düşük bir yatay kuvvet elde edilebilir. Bu durum şekil .4.15.'de gösterilmiştir.



Şekil.4.15. İlerleme yönünde dönüş hareketi verilmiş dokunucu merdanenin pancar üzerinde yükselmesi esnasında oluşan kuvvetler.

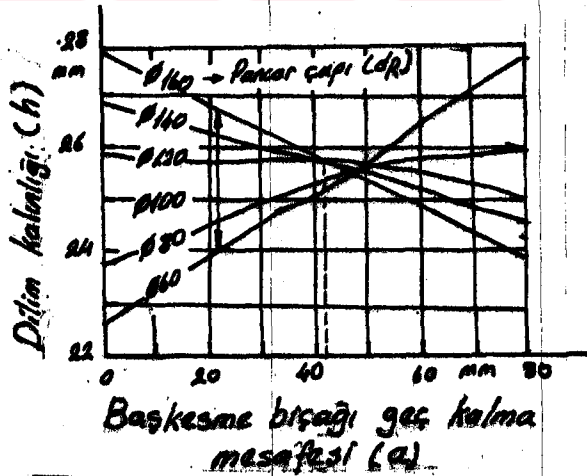


Çarpma anından sonra dokunucu merdanenin pancar üzerine dönme hareketiyle yükselmeye çalışması sürtünme kuvveti ( $F_s$ ) ortaya çıkacaktır. Dokunucu merdanenin pancarla temas eden yüzeyi uygun şekilde pürüzlü seçilerek sürtünme kuvveti ve bunun yatay bileşeninin değeri artırılabilir. Bu durumda pancara etki eden kuvvet ve pancarı devirmeye çalışan yatay kuvvetin ( $F_x$ ) değeri;

$$F_x = N_n \cdot \sin \alpha - F_s \cdot \cos \alpha$$

[ 4 ]

olacaktır. Eşitlik [4]'de yatay kuvvet ( $F_x$ ) dokunucu merdaneye dönüş hareketi verilmemiş durumdaki yatay kuvvetten  $F_s \cdot \cos \alpha$  kadar küçüleceğinden pancarın devrilme ihtimali azalacaktır. Dokunucu merdanenin pancarın tepe noktasına yükseldiği durumda  $F_x = -F_s$  olacaktır. Teorik olarak dokunucu merdanenin tam pancarın tepe noktasına geldiği anda başkesme bıçağının pancara batması istenir. Bunu sağlayabilmek için de, başkesme bıçağını orta noktası dokunucu merdanenin düşey ekseninden ortalama dilim çapının yarısı kadar geriye ve kesilecek dilim kalınlığı kadar aşağıya kadar yerletirilmiş olması gerekir (ALBRETCH 1961 BRINKMANN 1979). Bu uzaklığa başkesme bıçağı geç kalma mesafesi denir (Şekil.4.16.) (a) ve (b) de ise düz ve yarımay şeklindeki başkesme bıçağının geç kalma mesafesi arasındaki ilişkiyi gösteriyor.



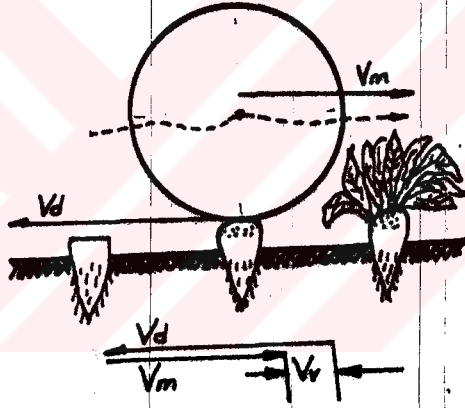
Şekil.4.16. Baş kesme bıçağının geç kalma mesafesi



#### 4.4.2 Dokunucu merdane hız fazlalığının etkileri

Dönüş hareketi verilmiş dokunucu merdanenin hareketi üç tipik fazda incelenebilir (ALBRETCH 1961).

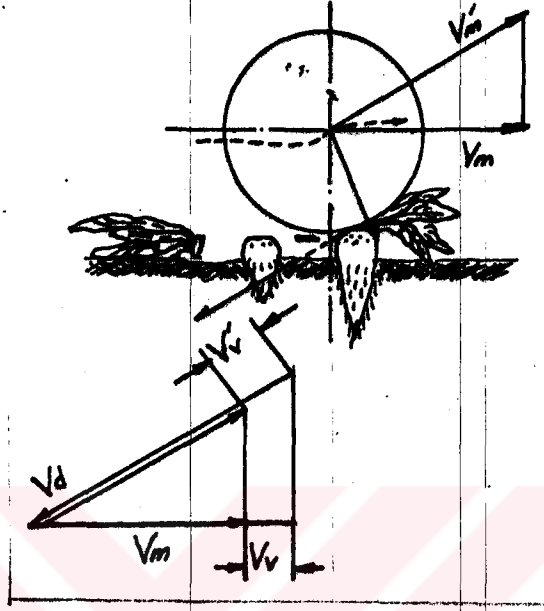
Başı kesilecek pancarların toprak üstü yükseklikleri birbirine eşit olduğunda, dokunucu merdane çok zayıf bir titreşim hareketi yapmaktadır (Şekil.4.17.). Bu durumda, dokunucu merdane çevre hızının makina ilerleme hızına göre olan hız fazlalığı aktif durumda olup, görevini tam olarak yapmaktadır.



Şekil.4.17. Pancarların toprak üstü yüksekliklerinin eşit olması durumunda dokunucu merdane çevre hızı fazlalığının etkisi (ALBRETCH 1961).

-Toprak üstü yüksekliği bir öncekinden fazla olan pancara doğru yükselen dokunucu merdane, pancara değme noktasından itibaren bir yay çizerek yukarı çıkmaya başlar (Şekil.4.18.).



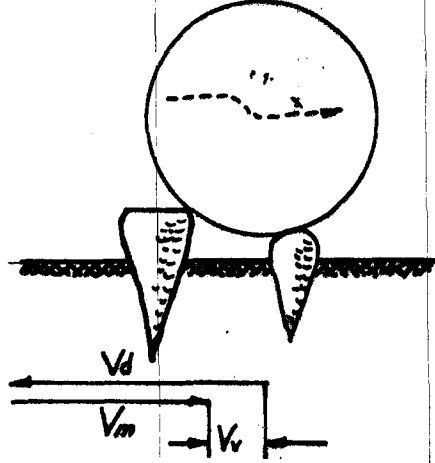


Şekil.4.18. Toprak üstü yüksekliğin bir öncekinden fazla olan bir pancara doğru yükselen dokunucu merdanenin çevre hızı fazlalığının etkisi (ALBRETCH 1961).

Yükselme durumundaki hız diyağramı, pancarların toprak üstü yüksekliklerinin eşit olduğu durumdaki hız diyağramından sapar. Bu durumda ,gerçek hız fazlalığından  $V_v$  kalır. Sonuçta ,dokunucu merdane çevre hızının makina ilerleme hızına göre hız fazlalığı daha az aktif duruma düşmektedir.Yükseklik farkından dolayı, dokunucu merdanenin yükselme durumundan çizilen vektör diyağramında bizi yatay komponent ( $V_v$ ) ilgilendirmektedir.

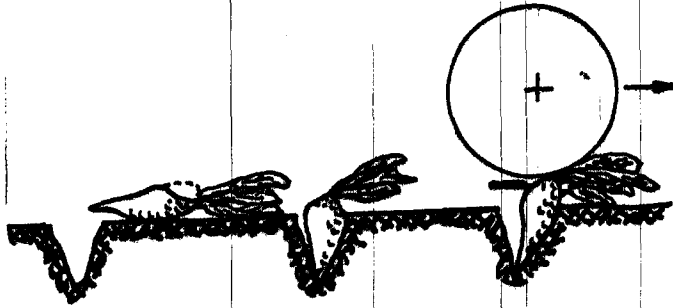
-Yüksek bir pancardan aşağıya inme durumundaysa dokunucu merdane çevre hızının makina ilerleme hızına göre olan hız fazlalığı etkin duruma geçer (Şekil.4.19.). Aşağı inme durumundaki hız diyağramı şekil.4.17.'un aynıdır.





Şekil.4.19. Toprak üstü yüksekliği bir öncekinden az olan pancara doğru düşen dokunucu merdanenin çevre hızı fazlalığının etkisi (ALBRETCH 1961).

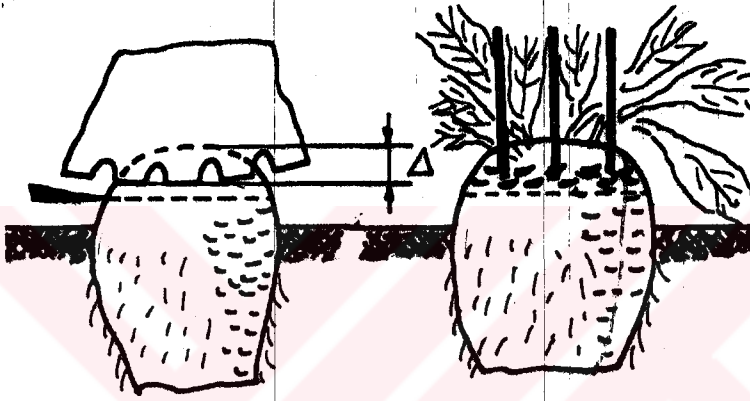
Dokunucu merdanenin makina ilerleme hızına göre olan hız fazlalığının küçük seçildiği durumda pancarlar arasındaki toprak üstü yükseklik farkları da büyükse dokunucu merdanenin tutma gücü aktivitesi azalmaktadır. Bu durumda pancar başlarının eğik kesilmesi, devrilmesi, pancar başının kesilmeden sökülmesi şeklinde istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır (Şekil.4.20.).



Şekil.4.20. Dokunucu merdane çevre hızının makina ilerleme hızına göre olan hız fazlalığının küçük seçilmesi durumunda meydana gelen istenmeyen durumlar (ALBRETCH 1961).



Dokunucu merdane çevre hızının makina ilerleme hızından çok fazla seçilmesi halinde, dokunucu merdanenin yüzey pürüzlüğüne bağlı olarak, bir çeşit freze bıçağı gibi pancar başını aşındırır ve referans noktasını aşağıya indirerek, dokunucu merdaneye sabit mesafede bağlanmış olan baş kesme bıçağının derin kesme yapmasına sebep olur. Pancar başının frezelenmesi, baş kısmının dağılmasına ve ağırlık kaybına sebep olduğu için istenmez (Şekil.4.21.).



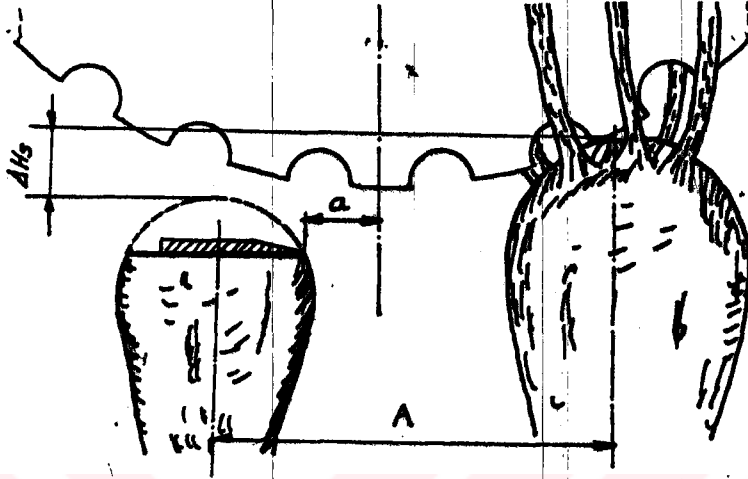
Şekil.4.21. Dokunucu merdanenin çevre hızının makina ilerleme hızına göre olan hız fazlalığının çok büyük seçilmesi durumunda meydana gelen istenmeyen durumlar (ALBRETCH 1961).

#### 4.4.3. Dokunucu merdane yükselme ve düşme durumunda sıra üzeri bitki mesafesinin kesim kalitesine etkisi

Dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı şeklindeki baş kesme düzenlerinde her pancar başının uygun şekilde kesilebilmesi, birbirini takip eden iki pancar arasındaki toprak üstü yüksekliği farkına ve başkesme düzeni konstrüksiyon ölçülerine bağlı olarak minimum bir sıra üzeri mesafenin sağlanmasıyla mümkün olabilir.

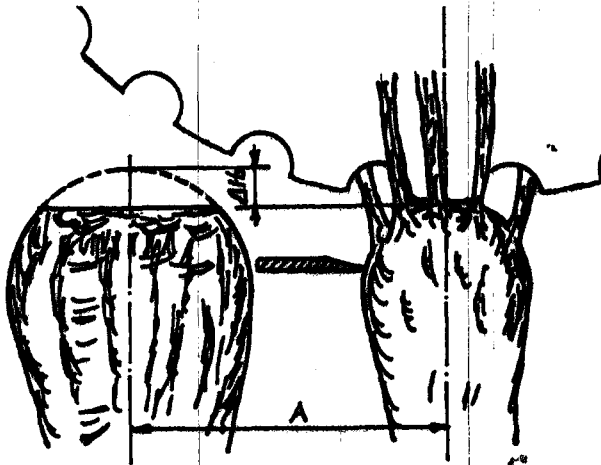
- Dokunucu merdanenin yükselme durumunda, pancarlar arasındaki yükseklik farkı ve dokunucu merdane ölçülerine bağlı olarak iki pancar arasında minimum bir sıra üzeri pancar mesafesi gereklidir (Şekil.4.22.).





Şekil.4.22. Dokunucu merdanenin yükselme durumunda gerekli sıra üzeri pancar mesafesi (BRINKMANN 1979).

-Başkesme düzeninin, toprak üstü yüksekliği fazla olan bir pancarın başını kestikten sonra, toprak üstü yüksekliği daha az olan pancarın başını istenilen şekilde kesebilmesi için, pancarlar arasındaki yükseklik farkı ve başkesme düzeni ölçülerine bağlı olarak iki pancar arasında minimum bir sıra üzeri pancar mesafesi sağlanmalıdır (Şekil.4.23.).



Şekil.4.23. Düşme durumunda gerekli sıra üzeri pancar mesafesi (BRINKMANN 1979).



Düğüme durumunda, bağı kesme bıçağı toprak üstü yüksekliğı fazla olan önceki pancarın başını keserken aynı zamanda başkesme düzenine dayanma yüzeyi meydana getirir. Bu durum dokunucu merdanenin birinci pancar için görevini bitirmesine rağmen, toprak üstü yüksekliğı az olan ikinci pancar üzerine düşmesini engellemektedir. Dokunucu merdanenin aşağı hareketinde uygun başkesimi için gerekli sıra üzeri bitki mesafesine; başkesme bıçağı geç kalma mesafesi ve başkesme bıçağının genişliğı etkili olmaktadır.

Pancarlar arasındaki yükseklik farkına ve başkesme düzeni ölçülerine bağılı olarak minimum sıra üzeri mesafenin gerekenden az olması halinde önlenemeyecek başkesme hataları ortaya çıkmaktadır. Bu hatalardan biricisi dokunucu merdanenin şekil.4.22.'de gösterilen yükselme durumunda, sıra üzeri mesafenin gerekenden az olması sebebiyle önceki pancarda başkesimi tamamlanmadan dokunucu merdanenin toprak üstü yüksekliğı fazla olan pancar üzerine yükselmeye başlamasına sebep olacaktır. Bu durumda dokunucu merdaneye sabit olarak bağlanmış olan başkesme bıçağı birinci pancar için görevini bitirmeden yükseleceğinden kontrolsüz bir kırılmaya sebep olacaktır. İkincisi ise iki pancar arasındaki sıra üzeri mesafenin çok az ve toprak üstü yükseklik farkının fazla olması halinde, dokunucu merdane önceki pancara değmeden toprak üstü yüksekliğı fazla olan pancar üzerine yükselecek ve öndeki pancar başı hiç kesilmeyecektir.

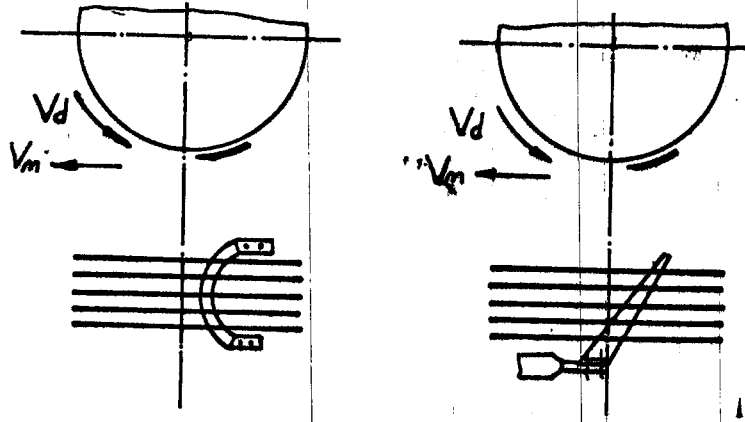
-Dokunucu merdanenin şekil.4.23.'de gösterilen aşağı hareketine başkesme bıçağının en arka noktası başı kesilen pancarı terk edinceye kadar toprak üstü yüksekliğı daha az olan bir sonraki pancar için dokunucu merdane görevini yapmamakta, dolayısıyla da sıra üzerindeki ikinci pancar başı kesilmeden kalmaktadır.

Genel olarak, birbirini takip eden pancarlar arasındaki yükseklik farkı az ise, sıra üstü pancar mesafesinin küçük olması başkesme kalitesini fazla etkilememektedir (BRINKMANN 1979).

#### 4.4.4 Başkesme bıçağı şekli ve konumunun başkesme kalitesine etkisi

Dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı şeklindeki başkesme düzenlerinde kullanılan başkesme bıçakları, genel olarak iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan birincisi düz, ikincisi yarım yay şeklindeki başkesme bıçaklarıdır (Şekil.4.24.).

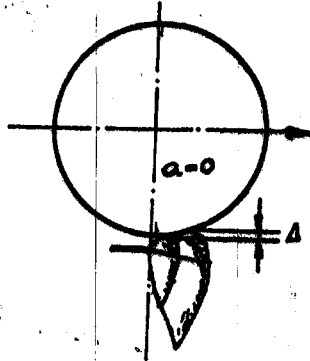




Şekil.4.24. Düz ve yarım ay şeklindeki başkesme bıçakları  
(KARWOOSKI 1974).

Başkesme bıçağının şekli ne olursa olsun önemli olan, dokunucu merdaneyle arasındaki ölçülerin uygun olmasıdır. Dokunucu merdane merkezinden yere dik olarak geçen eksenle başkesme bıçağı keskin kenarı arasındaki uzaklık, başkesme bıçağının geçkalma mesafesi olarak adlandırılmaktadır (Şekil.4.25.)

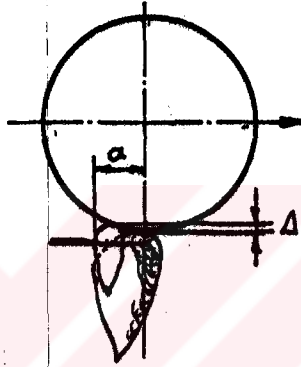
Geçkalma mesafesi sıfır (0) olarak ayarlanırsa şu durumlar ortaya çıkacaktır. Çapı küçük olan pancarlar derinde, çapı büyük olan pancarlar ise yapraklarına yakın yerden kesilecektir (Şekil.4.26.). İri pancarlarda başkesme bıçağı kesime başladıktan sonra dokunucu merdane yükselmeye çalışacağından pancara istenmeyen bir kuvvet tatbik edilmesine neden olacak, bu durumda da bıçağın keskin ağzı tarafından başlatılan kesim kontrol edilemeyeceğinden pancar başında kırılm meydana gelecek veya toprakla teması azalmış pancarların topraktan sökülmesine neden olacaktır.



Şekil.4.26. Başkesme bıçağı geçkalma mesafesinin sıfır (0) olarak ayarlanması



Geçkalma mesafesinin gerekenden daha fazla olması durmundaysa dokunucu merdane pancarın tepe noktasına temas ettikten sonra aşağıya ineceğinden, dokunucu merdaneye sabit mesafede bağlanmış baş kesme bıçağı da aşağı hareket ederek pancar başının derinden kesilmesine sebep olacaktır (Şekil.4.27.).

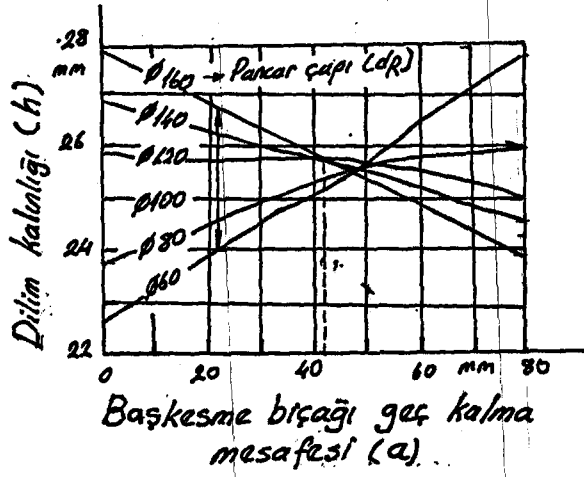


Şekil.4.27. Başkesme bıçağı geçkalma mesafesinin gerekenden fazla ayarlanması.

Başkesiminin en az hata ile yapılması için, dokunucu merdane tam pancarın tepe noktasına çıktığı anda kesme bıçağının pancara batması gerekir. Bu durumun sağlanabilmesi, başkesme bıçağı geçkalma mesafesinin, başkesimi yapılacak yerdeki pancar çapının yarısı ölçüsünde ayarlanmasıyla mümkündür.

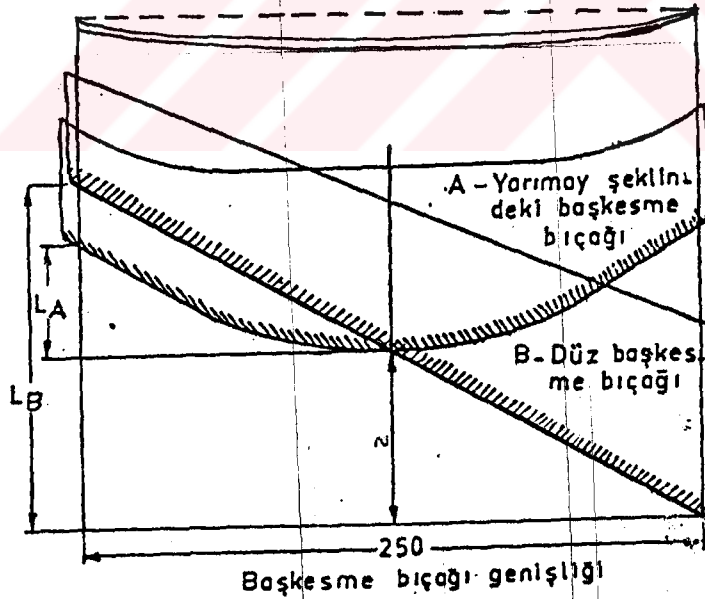
Yapılan araştırmalara göre 60-160 mm çaplarındaki pancarların baş kısmının dilim kalınlıklarına ve kesim yerindeki dilim çapların bağlı olarak, başkesme bıçağı geçkalma mesafesinin 40-50 mm arasında belirli bir optimuma sahip olduğu bulunmuştur (Şekil.4.28.).





Şekil.4.28. Başkesme bıçağı geçkama mesafelerinin ortalaması (ALBRECH 1961)

Başkesme bıçağı olarak kullanılan düz ve yarım ay şeklinde bıçakların geçkalma mesafeleri, dokunucu merdane eksenine bıçağın orta nokta arasında istenilen ölçüde ayarlanır. Her iki başkesme bıçağında, bıçak şekline bağlı olarak bıçak geçkalma mesafesinin değişimi farklıdır (Şekil.4.29.).



Şekil.4.29. Düz ve yarım ay şeklindeki başkesme bıçaklarında geçkalma mesafesinin değişimi (ALBRECH 1961)



Başkesme sırasında, dokunucu merdane orta hattının pancar sırasıyla tam olarak çalışması istenir. Şekilden dolayı düz baş kesme bıçağında bıçak geçkalma mesafesi bıçak bağlantı kolu tarafında ayarlanandan daha az, bıçak uç tarafındaysa ayarlanandan daha fazla olmaktadır. Yarımaya şeklindeki başkesme bıçaklarındaysa bıçak geçkalma mesafesinin değişimi daha az olmaktadır(Şekil.4.29.)

Uygulamada baş kesiminin bıçağın bütün keskin kenarı boyunca yapılacağı gözönüne alınırsa, bıçak geç kalma mesafesinin değişimi hatalı başkesimlerine sebep olacaktır.

Düz baş kesme bıçaklarında bıçak geçkalma mesafesinin değişiminin, yarımaya şeklindeki bıçaklardakinden fazla olmasının olumsuz etkileri, düz baş kesme bıçaklarının Şekil.4.29.'da gösterildiği gibi bombeli yapılmasıyla belli ölçüde önlenebilmektedir (ALBRETCH 1961). Düz başkesme bıçaklarının başkesme düzenine bağlantısının tek taraftan yapılması, konstrüksiyonun basit olması nedeniyle uygulamada daha fazla kullanılmasına sebep olmuştur.



#### 4.5. Bıçak geometrisinin kesme kuvveti ve kırılma üzerine etkisi (TÜRDOK)

Bu çalışma, kör bıçakla başkesme yapıldığı zaman, pancar devrilme ve kırılma meydana gelmesini ve körelmiş bıçağın yerine yenisi takıldığında, çalışma zaman kaybını azaltma amacıyla yapılır.

İncelme, pancar başkesme işleminde bıçak ağzı geometrisinin kesme kuvveti kırılma üzerine etkileriyle ilgilenir. Sarkaç vuruş aletiyle yapılan laboratuvar testlerindeki kesme kuvveti, simetrik ağızlı bıçaklarda kama açısının artmasıyla ve yarı-silindrik ağızlı bıçaklar ve tellerde çap ile artar. Aynı teste, 2 mm'den daha az çaptaki teller ve yarı-silindrik ağızlı bıçaklar, ve 45 dereceden daha az açılı simetrik kama ağızlı bıçaklar en az kırılmaya neden oldular. Daha sonraki sonuçlar, kesme düzlemindeki kırıkların sapma ihtimalinin teoriksel tahminiyle birbirini tutar.

Laboratuvar sonuçları gösterdi ki, 2 mm lik tel ve küçük açılı simetrik kama ağızlı bıçak ( uç yarı çapı 0.5 mm ) ile, tarlada pancar başı kesildiği zaman, klasik 20 derece asimetrik kama ağızlı bıçaktan daha az kırığa neden olur. Biz 2 mm'den daha az çaplı telin, ve 2 mm'den daha az çaplı yarı-silindrik ağızlı veya küçük açılı simetrik kama ağızlı, genişliği ve kalınlığı azaltılmış bıçağın kullanımını tavsiye edilir. Pancar başkesme işleminde % 5 kırıklardan dolayı kayıpların tasarrufu için bu çalışma yapılır. Bıçaklarda, genişlik ve kalınlık kullanım süresince uygun sertlikte kalmalı ve sürekli deformeler sınırlandırılmalıdır. Eğer yüksek gerilim dayanımı olan çelikler kullanılırsa daha az sürekli deforme olabilir. Tellerde çöp sürpütü birikme problemi çözülmeyi beklemektedir.

Kör bıçaklar pancarın kırılmasına, devrilmesine ve hatalı bağ kesmeye neden olur. Devrilmeden kaynaklanan kayıplar, 1973'de 200.000 hektarlık tarlada kısa kesim sonucu oluşan 3 ton/hektarlık kaybın tamamının yaklaşık % 4'üne vardığı, tarlada kalan bütün şeker pancarının incelenmesinden anlaşılır. Her iki durumda da şeker solunum kayıpları, istenilen yerden kesilen durumdakinden daha fazladır. Hatalı ayarlama aşağı veya yukarı kesmeye de neden olur.



Başkesme sisteminin mekaniğindeki ilerlemeler hatalı baş kesme olayını azaltır ve başkesme doğruluğunu geliştirmek için pancar başını hissetme gelişmelerine de gereksinim duyulur. Bununla birlikte bıçağın körlenmesinden, kolayca kaçınılamaz. Keskin kesme ağızları aşınmayla, ve kırılğan mataryeller taşlarla temasla parçacıklar kopması nedeniyle yuvarlaklaşır. Körelmenin ölçülmesi izafi olarak incelenir ve yeniden keskinleştirme sık aralıklarla gerekir. Şeker pancarı başkesmesinde bıçak geometrisinin kesme kuvvetine etkisini incelemek, değişen bıçak geometrisiyle kesildiği zaman şeker pancarının kırığını incelemek ve başkesme yeterliliğini geliştirmek amaçlanır.

-Pancarın sürtünme nitelileri :

Ölçümler 1974/5 ve 1975/6'da çelik tabaka üzerinde taze kesilmiş şeker pancarının statik sürtünme katsayısından, ve 1976'da yağlayıcı maddeli veya yağlayıcı maddesiz, çelik üzerinde ve PTFE tabaka üzerinde taze kesilmiş pancarın statik ve dinamik sürtünme katsayılarından elde edildi. Bütün testlerdeki sürtünme katsayıları yüke bağlıdır. Statik sürtünme deneyleri için sonuçlar lineer gerilme analiziyle,

$$\ln F = \ln C + k_1 \ln L, \quad \dots (1)$$

logaritmik denklemi birbirini tutmuştur ve denklemde C ve k<sub>1</sub> sabit . F birim alana gelen kesme kuvvetidir (kN/m<sup>2</sup>) ve L, 5-100 kN/m<sup>2</sup> arasındaki birim mertrekareye gelen yüküdür. (Labratuvar başkesme deneylerinde bıçak üzerinde birim metrekareye gelen bilinen dik yükler 30-60 kN/m<sup>2</sup> arasındadır.

Tablo 1 statik, sürtünme için lnC ve k<sub>1</sub> değerlerini , bunların standart hataları ve 1976 pancar çelik bileşimi için değerler ve diğer bileşimler ve/veya yıllar için değerler arasındaki farklarını gösterir. Sırasıyla lnC ve k<sub>1</sub> tarafından karakterize edilen her iki bağımsız ve bağımlı yük sürtünme unsurları önemli şekilde yıldan yıla değişir. Test boyunca pancar gözlemler, daha yüksek yüklerde daha uzun mesafelere özsu sıkıştırılarak fıskırtıldığını ileri sürer. Bu şayet nem içeriği ve hücrel karakteristikler yıldan yıla değişirse yıldan yıla değişiklikler ve bağımsız yük unsurlarında yağlayıcı madde ve PTFE'nin etkileri, sürtünme (F/L) 'nin azalan katsayısı için hesaplanır. Dinamik



testlerde, PTFE üzerindeki şeker pancarının sürtünme katsayısı ilk önce en yüksek noktaya çıkar ve çabucak dengeli bir değere düşerken, çelik üstündeki şeker pancarı için sürtünme kuvveti (Yaklaşık 7 mm) mesafe kızıağı üzerinde arttığı bulundu. Tablo ( I ) Ölçülen dinamik değerlerde uygulamalı iki yük için, dinamik  $\mu_d$  ve statik  $\mu_s$  sürtünme katsayılarını karşılaştırır. bu karşılaştırma için, statik sürtünme katsayısı denklem (1)'den hesaplanır, C ve k1'in uygun değerleriyle yeniden yazılırsa :

$$\mu_s = F/L = C.L^n, (n=k1-1), \dots (2)$$

yüksek yüklerde çelik üzerindeki şeker pancarında ve bütün yağlayıcı bileşimlerinde , ve PTFE üzerinde şekerpancarında dinamik sürtünme katsayısı statik sürtünme katsayısından daha azdır.

TABLO I

Statik sürtünme ve statik analiz sonuçları için Denklem  $\ln F = \ln C + k1 \cdot \ln L$  deki  $\ln C$  ve k1 değerleri

	$\ln C$	k1	standart hatalar	
			C	k1
1974/5 ş.pancarı/çelik	-0.47	0.93	0.03	0.02
1975/6 ş.pancarı/çelik	-0.69	0.89	0.02	0.02
1976 ş.pancarı/çelik	-0.39	0.84	0.03	0.04
ş.pancarı/Su /çelik	-0.75	0.98	0.04	0.03
ş.pancarı/teepol/çelik	-0.74	0.85	0.04	0.04
ş.pancarı/yağ/çelik	-0.55	0.88	0.05	0.04
ş.pancarı/PTFE	-0.52	0.73	0.04	0.06



Tablo II

Ölçülmüş dinamik sürtünme katsayısı ve hesaplanmış statik sürtünme katsayılarının mukayesesi

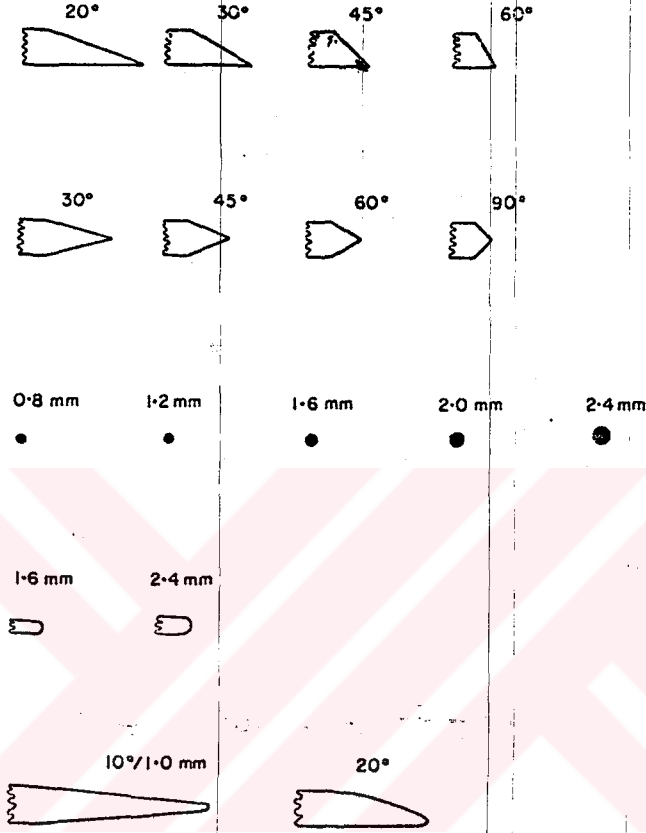
	Uygulanan yük (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu_d$	$\mu_s$
ş. pancarı/çelik	33.8	0.38	0.39
	99.3	0.15	0.39
ş. pancarı/su/çelik	33.8	0.26	0.44
	99.3	0.25	0.44
ş. pancarı/%10	33.8	0.15	0.28
teepol/çelik	99.3	0.15	0.24
ş. pancarı/HP10	33.8	0.23	0.38
yağ/çelik	99.3	0.24	0.33
ş. pancarı/PTFE	33.8	0.18	0.22
	99.3	0.10	0.17

-Şeker pancarı baş kesmesinde kesme kuvveti

-Kesme kuvvetinin labratuvar ölçümleri

IZOD darbe makinası (Çekicin kenarına tuturulmuş bıçakla) labratuvarda şeker pancarının tepesine tatbik edilir. % 10 Dişçiliğe ait alçı ve % 90 iyi kalite kum karışımı içeren 200 mm derinliğindeki kutularda 150 mm<sup>2</sup>'de yeniden ekilen şeker pancarıyla yetiştirme şartları simülasyon edilir. Pancar kesmede, doğru düzlemdeyken işlemciyle kesinlikle belirtilen en düşük yaprak sapı izinden pancarı kesmesi amacıyla kutular IZOD makinasına yerleştirilir. Pendulum uzunluğundan daha az yarı çapla bir yan manevela veya kavisli çelik boru, bilinen pancar başı kesicisinin hissedici tekerleği tarafından uygulanan yükün simülasyonunu yapmak için yaklaşık 30 kg'lık yük tatbik edilir.





Şekil 4.28. Başkesme deneylerinde kullanılan bıçakların kesme ağızlarının kesitleri (Kalınlık 4.6 mm)

Kesme kesitleri kısmi-yuvarlak veya kısmi elipsler şekline benzetilmiş bıçakla, herbiri kesilen şeker pancarının alanı ve vuruştaki bıçak hızı ve pancar başı kesmede tüketilen enerjiyi hesaplamak için IZOD makinası kalibre edilir. Kesme alanı ve pendulumun potansiyel enerjisindeki kaybindan, şeker pancarı üzerindeki kesme kuvvetini aşağıdaki gibi tahmin edilir. Eğer  $F$  bıçağın paralel bölümlerinde "sürtünme kuvveti / birim alan" ise, kesme için toplam sürtünme enerjisi :



$$\text{Toplam Sürtünme Enerjisi} = 2.C.L^n.b.A.(n=k1), \quad \dots(3).$$

Burada C ve k1 denlem-1'deki gibidir. A bıçağın ortasındaki kesit alanıdır.

Eğer  $f$  ana kesme kuvveti / birim bıçak ağız uzunluğuysa,

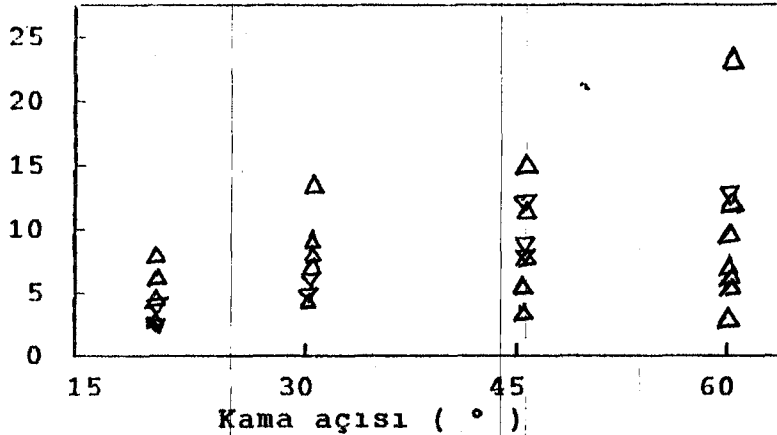
$$\text{Kesme için toplam kesme enerjisi} = fA.$$

Böylece ana kesme kuvveti / birim bıçak uzunluğu :

$$f = (\text{Potansiyel Enerji Kaybı}) / A - 2.C.(L^{k1}).b \text{ 'dir.}$$

1974/5 ve 1975/6'da teller, ve yarı silindirik ağızlılar, 4.6 mm kalınlığında asimetrik ağızla 2 m/s bıçak kesme hızında labratuvar donanımıyla pancar başını kesilir. 1975/6 'da ağız 0.5 radüslü yapılmış 10 derece simetrik kama ve körlenmiş standart 20 derece asimetrik kama ağızlı bıçak da kullanılır. Statik sürtünme verilerinden alınan C ve k1 değerleriyle denklem (5)'den hesaplanan, bu değerlerden alınan kesme kuvvet sonuçları şekil 4.29. ve 4.31. ve tablo(III)'de gösterilir. Baş kesme deneyleri için uygun olan dinamik sürtünme yerine statik sürtünmeden alınmış değerleri kullanmayla karşılaşılan değerler muhtemelen küçüktür. Sürtünme enerjisi, bıçak testlerinin çoğu için toplam yapılan işin yalnızca % 1 - 20'dir, telle kesimler için sıfır kabul edilir.

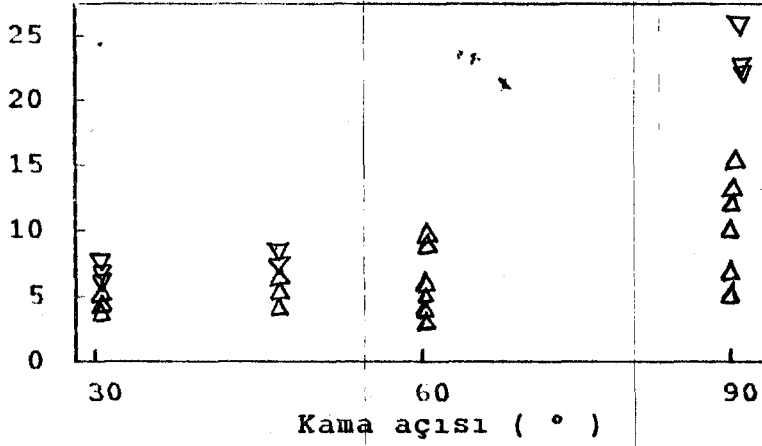
(N/mm) Ana kesme kuvveti/Birim Genişlik



Şekil 4.29. Asimetrik kama ağızlı bıçaklar için Kesme Kuvveti;  
 . ▽ .1974/5; Δ .1975/6.



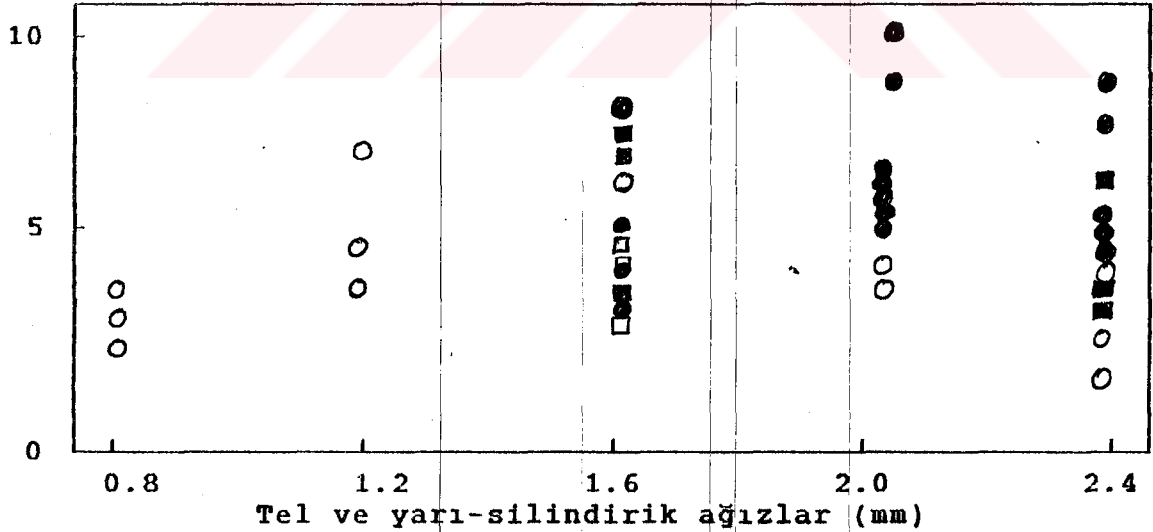
(N/mm) Ana kesme kuvveti/Birim genişlik



Şekil.4.30.Simetrik kama ağızlı bıçaklar için kesme kuvveti;  $\nabla$  ,1974/5;  $\Delta$  ,1975/6.

Yıldan yıla ve her bir yıl zarfında her iki sonucun önemli dağılımı vardır. Yine de sonuçlar, kama açısıyla ve yarı silindirik ve tel çaplarıyla artan kesme kuvveti için genel eğilim gösterir.

(N/mm) Ana kesme kuvveti/Birim kalınlık



Şekil.4.31.Teller ve yarı silindirik kenar ağızlı bıçaklar için kesme kuvveti.Teller:○,1974/5 ; ●,1975/6. Yarı-silindirik kenar ağızlı:□,1974/5;■,1975/6.



TABLO III

1975/6 ,2 m/s'deki kesme kuvveti üzerine kör veya keskin standart başkesme bıçaklarının ve radüs ağızlı çift kamalı bıçaklarının etkisi. Bıçak kalınlığı = 5 mm.

Bıçak Geometrisi	Kesme kuvveti/birim bıçak uzunluğu ( N/mm )	
	Ana	S.Sapma
20°asimetri kama ağızlı standart başkesme bıçağı,yeni	6.3	1.0
20 asimetrik kama ağızlı standart başkesme bıçağı tarlada (worn)	8.4	2.4
1 mm çap ağızlı 10 simetrik kama ağızlı bıçak	4.6	0.6

-Şeker Pancarı Başkesmesinde Kırık :

TABLO IV

Toplam çatlama uzunluğunun kırılmaları gibi verilen uç düğümlerinde çatlak boyunca nokta mesafeleri.

Üst düğüm	1	196	2	3	4	5
Alt düğüm	1	206	10	20	40	60
Mesafe	0	0.00625	0.01626	0.03125	0.0675	0.1375

Üst düğüm	6	7	8	9
Alt düğüm	70	90	110	130
Mesafe	0.025	0.475	0.8	1



**TABLO V**  
**Başkesme süresince bıçak gemetrisinin kırık üzerine etkisi**

Bıçak ağızı profili	labratuvarda 2 m/s'de kırılan pancar kesit alanı yüzdesi		Tarlada, 1976/7. kırılmış başı kesilen pancar yüzdesi	
	1974/5	1975/6	1.4m/s	24.7m/s
<b>Asimetrik K. Ağızlar</b>				
20°	35	20		
30°	35	20		
45	60	15		
60°	80	15		
<b>Simetrik K. Ağızlar</b>				
30°	30	0	40	40
45°	5	0		
60°	20	10		
90°	65	25		
<b>Yarı-silindrik</b>				
φ 1.6 mm	15	20		
φ 2.4 mm	20	15		
<b>Teller</b>				
φ 0.8 mm	0			
φ 1.2 mm	0			
φ 1.6 mm	5	5	20	20
φ 2.4 mm	10	25		
<b>Asimetrik K. Ağızlı Standart bıçak. Yeni.</b>	35	35 (20)	60	60
<b>Asimetrik K. Ağızlı Standart Bıçak. Kör.</b>		60		
<b>20 derece asimetr. K. Ağızlı Bıçak Pan. Üzerinde PTFE</b>			90	85
<b>10 derece simetrik K. Ağızlı ve 0.5 mm radüslü</b>		25	20	25



-Kırığın Labratuvar ve Tarlada Ölçümleri :

Labratuvar da köklerden tepeyi tamamen ayırma mümkün, fakat bıçak tam kesiti kesmeden önce bir çok pancar başarısızlığa uğrar. Böylece kırılan kesme kesitinin yüzde alanı tespit edilir. Şeker pancarından pancarına önemli değişiklikler vardır, fakat ortalama değerler bize bir fikir verir. Pancarın özelliklerindeki değişiklikleri ispat etmek için iki yıllık değişiklikler incelenir. Her iki durumda da mevsim sonuna doğru pancar beklenilse bile, pancar takip eden yıllarda daha çok liflidir ve kesme düzleminde bir çok boşlukların varolduğu 1975/6 yıllarında fark edildi.

Tablo VI'da gösterilen sonuçlar, teoriksel tahminlerde kullanılır. Şekil.4.28.'deki kama ağızlıların bir tanesi bir pancarın içine girdiği zaman, daha düşük kenar ağızı üzerindeki daha büyük reaksiyon ve sürtünme kuvveti üreten kesme daha üst kenarlara yükselir.

Her iki teoriksel ve labratuvar sonuçları şeker pancarı başkesmesi ince bir telle yapıldığı zaman kırılmaya oldukça az eğilim gösterir. Tablo VI ince teller için iyi sonuçlar verir, ve yarı silindirik ağızlı ince levha için az çok iyi sonuç verir.

Labratuvar ve teoriksel sonuçları test etmek için 1976/7'de 1.4 ve 2.7 m/s hızlarda çeşitli dizaynlı bıçaklarla başkesme yapılarak bazı sınırlandırılmış tarla denemeleri yapıldı. Herbir bıçak yaklaşık 180 pancarlık iki sıra başkesme yaptı; başkesme boyunca kırılan pancar sayısı tahmin edildi. Kesme yüzeyinden aşağı toprak yüzeyine kadar genişleyen pancardaki bir aralık bir kırık hükmü verdirir ; tepeye doğru olan kırıklar sezilemez. Kırılarak başı kesilmiş pancar yüzdesi olarak tablo VI sonuçları gösterir. Paralel kısım üzerinde PTFE levhasının standart bıçak ağızından daha fazla kırılmaya neden olduğu fark edildi. Taş ve toprak temasıyla zarara uğrayan PTFE levhası daha büyük kırığa neden oldu. Çok kısa zaman sonra hasar bıçağın sürtünme direncinde önemli bir artış olması için yeterliydi. Teli germek için, tel her iki uçtan bağlandı. Tel üzerindeki çöpler, başkesme boyunca yerden çıkarılan pancarın % 7 kapsayan bir değere kesme kuvvetini yükseltir, bir kıyaslama yaparsak çöpsüz tellerde bu durum % 2'lerdedir. Teli hareket yönünde 30 derecelik bir meyille monte etmeyle çöpün kayarak uzaklaştırılması teşebbüslerine rağmen çöp birikmesi yine de oldu.



#### -Tarla Operasyonunda Kesme kuvvetinin ve Kırılmanın azaltılması

Deney düzeninin basitliğinden dolayı ve kesme boyunca emilen toplam enerjiden ana kesme kuvveti tahmin edildiği için sonuçlar, tarla operasyonlarında başkesmeye tamamen uygulanamıyor. Yinede deneydeki standart asimetrik bıçak (4.6 mm kalınlığında) için kesme kuvveti yaklaşık 5 N/mm tahmin edildi ve bu değer tarlada Wayman tarafından ölçülen ana kesme kuvvetiyle aynı olur. Tarladaki operasyonlardaki ana amaçlar kesme süresince şeker pancarı devrilme riskini asgariye indirmek için kesme kuvvetini azaltmak, tüketim enerjisini azaltmak ve değerli ürün materyal kaybını, ve solunum kayıplarını asgariye indirmek için kırılmayı azaltmaktır. Ayrıca aşınma tarafından neden olunan bıçak performansındaki değişikliklerin asgariye indirilmesiyle işlememe süresi ve işçi maliyetlerini azaltmaya ihtiyaç vardır.

Sonuçlar bu amaçlara nasıl ulaşabileceğimizi gösterir. Wayman tarafından ölçülen, pancar için devrilme kuvveti ana kesme kuvveti için daha üst limitleri belirten bir klavuz verir. Islak kumlu-killi bereketli toprakta bazı pancar devrilmesi olmadan önce mücade edilebilir maksimum kesme kuvveti toprak seviyesinde yaklaşık 12 N/mm, fakat toprak seviyesinin 25 mm üstünde sadece 7.5 N/mm dir. Hissedici tekerleğin sahip olduğu, yerdeki ve bıçak karşısındaki pancarı tutması üzerindeki etkiden dolayı bu değerler pratikte mücadele edilebilir maksimum kesme kuvvetinin muhtemelen altında tahmin edilir. Labratuvar deneylerindeki kırılma sonuçları baş kesme süresince kırılma oluşmasının teoriksel tahminine iyi bir şekilde uyar. Yarı silindirik kenar ağızlı ve simetrik kama kenar ağızlı (tepe açısı 45 dereceden az) bıçaklar ve teller kırılmış kesme kesitinin %25'den daha az şekilde yeniden üretilebilecek halde pancar başını kesti. Teoriksel tahminler ve deney sonuçları, bıçak ağzını körlenmesindeki kırık sapması ihtimalini artırdığını gösterir. Bıçak ve şeker pancarı arasındaki sürtünme kuvvetini azalmasının kırılmalar üzerindeki etkisi deneysel olarak saptanamamasa bile, başkesme süresince kırılmanı teoriksel analizi gösteriyor ki, eğer sürtüme nedenleri azalırsa kırılma olasılığı daha azdır.



Böylece pancar devrilmesinin büyük çoğunluğundan kaçınılabilirdi ve yarı silindirik ağızlı bıçaklar ve çapı 2 mm'den daha az teller ve uç açısı 45 dereceden daha az kama kenarlı simetrik bıçakların kullanılmasıyla kırık kesme kesitinin alanının % 25'den daha az kısmına iner. Kama ağızlı bıçaklarda eğer bıçak ağızı keskin olarak tutulursa bu durum ancak uygulanır. Kırılma, kesme kuvvetini ve kırılma olasılığını önemli bir şekilde artırabilir ve küçük açılı simetrik kama ağızlar özellikle eğer bıçağın kalınlığı azaltılabilirse tatminkar sınırlar içerisinde yine performans gösterilir. Ayırma yüzeyi pancar özsuğu tarafından tam bir şekilde iyi olarak yağlandığı için, yağlamanın tanıtımı pancar çelik sürtünmesi üzerinde sınırlı etkiye sahip olur. Bununla birlikte sürtünme unsurları bıçağın kalınlığının azaltılmasıyla oldukça basit bir şekilde azaltılır. Aynı çapta ve kalınlıktaki yarı silindirik ağızlı bıçaklarıncıyle karşılaştırıldığında, hemen hemen sürtünme unsurlarına sahip olan telle kesme yapıldığı zaman sınırlandırılmış kırıklar için bu kısmen hesaplanabilir. Kama ağızlılarla karşılaştırmada teller nispeten kördür ve teller aşınırken tellerin kesme performansında gerilime ihtimali yoktur. Bununla birlikte onların her iki ucundan sıkıca bağlamayla gerilmeye ihtiyaç vardır. Tel üzerinde birikerek kesme kuvveti artışına sebep olan tel üzerindeki çöp birikmesinden sakınılması için, önemli gelişme ve dikkatli dizayna ihtiyacı olan pratik eksiklikleri beraberinde getirir. Genişliği ve kalınlığı bıçaktaki uygun sertliğin korunması ve kalıcı deforme olma ihtimalinin artırılmaması önemlidir. Şimdi başkesme bıçakları yaklaşık 1200 MN/m<sup>2</sup> gerilme direnci veren orta karbonludan daha yüksek karbonlu, ısıt işlemler görmüş yay çeliklerinden imal edilir.

Yukarıda tavsiye edilen simetrik kama ağızlı bıçaklar ve tellerin pancarı devirme ve bazı kırıklara neden olma ihtimalinin olduğunu hatırlatılır. Fakat labratuvardaki başı kesilmiş pancar ölçümleründen tahmin edildi ki sadece kırıktaki azalma, başı kesilmeyen her bir kökün hacminin yaklaşık % 5'inin ortalama tasarrufu için hesaplanır.



- Makalede Elde Edilen Sonuçlar :

1- Şeker pancarı başkesmesinde, bıçak uzunluğunun her bir ünitesindeki ana kesme kuvveti ve kırılma oranı, farklı çaplardaki teller ve farklı ağız profilindeki bıçaklar için değişiklik gösterir. Asimetrik ve simetrik kama ağızlı bıçaklarda, kama açısı artarken kesme kuvveti de artar. Teller ve yarı silindirik ağızlı bıçaklarda kenar ağız çapı artıkça kesme kuvveti de artar.

2- Engelleri ortadan kaldırarak kendine yol açan kesme kesiti kırığı teller, yarı-silindirik ağızlı ve simetrik kama ağızlı bıçaklarda daha azdır.

3- Şeker pancarı kesme işlemi süresince kırıkların teoriksel önemi göstermiştir ki pancar ile bıçak arasındaki sürtünmenin yüksek olduğu hallerde, asimetrik kama ağızlı bıçaklarda kesme yapılan düzlemden kırıkların sapma ihtimali vardır. Kırık oranı teller, yarı-silindirik kenarlılar ve simetrik kama ağızlı bıçaklarla daha azdır.

4- Teorik fikirlerle aynı fikirde olduğunda teller ve 2mm'den daha az çap veya kalınlıktaki yarı-silindirik ağızlı bıçaklar ve 45 dereceden daha az simetrik kama açılı bıçaklar kesme boyunca daha az kırığa neden olurlar.

5- Tel üzerinde çöp birikme probleminin üstesinden gelinemez, fakat yarı-silindirik veya düşük açılı simetrik kama ağızına sahip olan bıçakla ve istenen sertlik için minimum genişlik ve kalınlıkla asgari kırılma ve pancarın devrilmesi ihtimalini sınırlandıran yeterli kesme kuvveti bulunur.



#### 4.6.Ülkemizde yapılmış olan başkesme deneylerinin sonuçları

Bu çalışma ülkemizde yapıldığı için önem teşkil etmektedir. Bu çalışma da başkesmeyle ilgili çalışma yapılmış ve bazı sonuçlara varılmıştır. \*

##### 1. Deney yeri ve şartları

Deneyler, Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketinin Etimesgut'ta bulunan Şeker Enstitüsü deneme tarlasında yapılmıştır. Deney alanı ölçüleri, popülasyona ait parametrelerin doğru hesaplanmasını sağlamak ve iyi bir genelleştirme yapabilmek için yeterli olduğu bildirilen 1.000 adet pancarı temin edileceği şekilde seçilmiştir (BRINKMANN 1980, ANOYMOUS 1982). Deneme alanı 35x60 metre ve mizberle ekilmiştir. Deney alanına gereken tarımsal faaliyet uygulanmıştır. Deney alanının toprak hazırlığı, tohum yatağı hazırlığı, ekimi, seyreltme, tekleme, çapalama, gübreleme, sulama işleri bölge çifçisine tavsiye edilen şekilde yapılmıştır. Deney Ankara fabrikasında % 55 oranında kullanılan TÜRKŞEKER-1 teknik mono germ tohum çeşiti ekilmiştir. Ekimde şeker pancarı ekim alanlarının % 80'inde kullanılan sıra ara mesafesi 45 cm, sıra üzeri 25 cm de tek tohum atan hassas mizber kullanılmıştır. Deneyler başlamak için Ankara bölgesinde şeker pancarının fizyolojik olgunluğa eriştiği Ekim ayının ilk haftasına kadar beklenilmiştir. Deneme konusu kombinasyonlar, dokunucu merdaneye hareket veren zincir boyu ayarlamasının her kombinasyonda bakla çıkartılarak yapılması sebebiyle en büyük dokunucu merdane çapı ile seçilen en küçük dokunucu merdane çevre hızı hız fazlalığından başlanarak sırayla uygulanmıştır (cetvel 1).

Cetvel 1. Deneme alanında uygulanan kombinasyon işlem sırası.

Dokunucu Merdane Çevre Hız Fazlalığı				
Dokunucu Merdane Çapı	1.1	1.2	1.3	1.4
545	1	2	3	4
445	5	6	7	8
345	9	10	11	12



Her kombinasyon, sıra üzerinde birbirini takip eden 1.100-1.200 pancarın gerekli ölçümleri yapıldıktan sonra başkesimi yapılarak değerlendirilmiştir. Bütün kombinasyonlar için eşit sayıda pancarın değerlendirilmeye alınması amacıyla fazla olan pancarlar parselin baş ve sonuna eşit sayıda olmak üzere değerlendirilmeye alınmıştır.

Deneme alanındaki pancar popülasyonunun agro-teknik ölçülerini belirlemek için bir birini takip eden pancarların sıra üzeri mesafeleri ve toprak üstü yükseklik ölçülmüş sonra bu pancarlar topraktan sökülerek sırası bozulmadan yaprakları temizlenmiş ve en alt yaprağın çıkış yerinden başları el işçiliğiyle kesilmiştir. Daha sonra her pancarın baş kısmı dilim kalınlığı (h), kesim yerindeki dilim çapı (dRK), maksimum pancar çapı (dR) ölçülerek, pancar ağırlığı ve kök ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir.

Denenen 12 kombinasyon ve deneme alanındaki pancarların agroteknik özelliklerini tespit etmek için başları elle kesilen 1000 adet pancarla beraber toplam 13.000 adet pancar için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

1- Pancar yaprakları toprak seviyesinden yaklaşık 15-18cm yukarıdan kesilmiş ve kesilen yapraklar el işçiliğiyle toplatılmıştır.

2- Pancarların sıra üzeri mesafeleri ölçülmüş.

3- Pancarların toprak üstü yükseklikleri ölçülmüş.

4- Pancar başları denenecek kombinasyonla kesilmiş.

5- Kesilen baş kısımları ait oldukları pancar üzerine konmuş ve pancarlar sıra üzerinde 5'er aralıkla parseldeki sıralamaya uygun olarak alüminyum etiketlerle etiketlenmiş.

6- Pancarlar, kesim yönünde sökme beliyle sökülerek ölçü masasına sıraları bozulmadan taşınmıştır.

7. Ölçüm masasında kesilen dilim kalınlığı, kesim yerindeki pancar çapı ve maksimum pancar çapı ölçülerek kaydedilmiş.

8. Pancar ve kök ağırlıkları tartılarak kaydedilmiş.

9. Başkesim kaliteleri belirlenmiştir.



## 2. Deney Materyali

Pancar hasat makinalarında başkesme düzene olarak çeşitli konstrüksiyonlar kullanılmıştır. Kullanılan bütün konstrüksiyonlar aynı prensibe sahip olmakla birlikte farklı yapıdadırlar.

Başkesme düzeni esas olarak, pancarın tepe noktasına temas ettikten sonra başkesme bıçağına ölçü veren hareketli hareketli veya hareketsiz bir kısımla verilen bu ölçüye uygun olarak pancarın başını kesen özel şekillendirilmiş bıçaktan ibarettir.

Çeşitli yollardan ülkemize ithal edilmiş Avrupa menşeli pancar hasat makinalarının çoğunda, yerli üretimi yapılan pancar hasat makinalarının tamamında, dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı şeklindeki başkesme düzenleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, ülkemizde üretilen pancar hasat makinalarının tamamında kullanılmış olması yanında yapısının da basitliği sebebiyle dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı şeklindeki başkesme düzeni seçilmiş ve dokunucu merdane çevre hızının, makina ilerleme hızına olan fazlalığıyla dokunucu merdane çevre hızının, makina ilerleme hızına olan fazlalığı ile dokunucu merdane çapının başkesimi kalitesine olan etkisini incelemiştir.

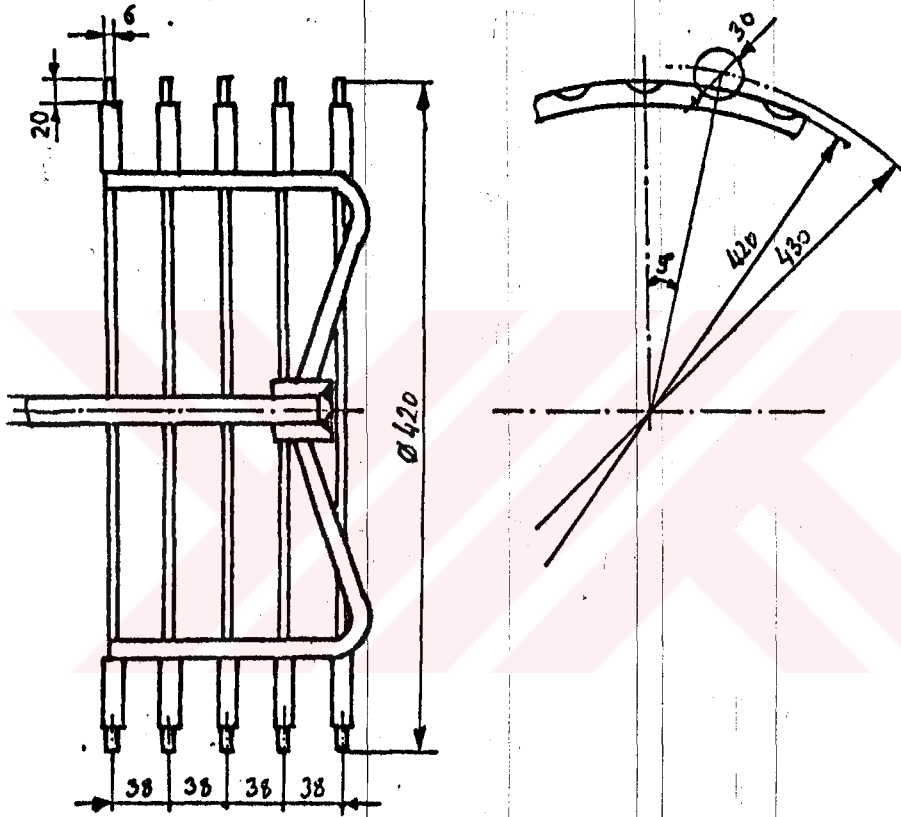
Başkesme kalitesine etki eden; başkesme bıçağı şekli ve konumu, başkesme düzeninin şasiye bağlayan kol uzunluğu, başkesme düzeni toplam ağırlığı ve başkesme düzeninin çalıştırılmasında kullanılan taşıyıcı aracın hızı literatür bilgilerine uygun olarak seçilerek bütün kombinasyonların denemesinde sabit tutulmuştur.

## 3. Denemeye alınan dokunucu merdanelerin teknik özellikleri

Uygulamada pancar hasat makinalarının başkesme düzenlerinde farklı çaplar kullanılmıştır. Deneme materyali olarak kullanılacak dokunucu merdane ölçülerinin seçiminde Türkiye Zirai Donatım Kurumu tarafında Pankobirlik adına imal edilen ve pancar çiftçimizin halen kullanmakta olduğu pancar hasat makinasının dokunucu merdanesi esas alınmıştır. 445 mm çapında olan bu dokunucu merdaneyle bu merdaneden 100 mm küçük ve 100 mm büyük çap'lı merdanelerin başkesme kalitesine



etkisi incelenmiştir. Denemelerde kullanılan üç değişik çaptaki dokunucu merdaneye ait bazı teknik özellikler şekil 4.32'de verilmiştir. Denemeye alınan dokunucu merdaneler Şeker Ens. Tarımsal Mekanizasyon şubesi atölyesinde imal edilmişlerdir.



Şekil 4.32. Denemeye alınan dokunucu merdanelerin bazı teknik özellikleri ( SEVİLMİŞ 1985).

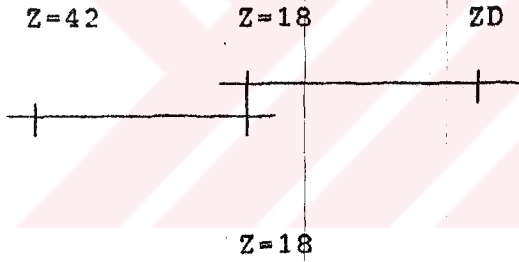
#### 4. Denemede uygulanan dokunucu merdane hız fazlalıkları

Pancarların toprak üstü yükseklikleriye toprak üstü yükseklik farklarına bağlı olarak, başı kesilecek pancarı yerinde tutulması ve kesilen baş kısmının iletimini sağlamak için, dokunucu merdane çevre hızının makina ilerleme hızına



göre hız fazlalığı literatürde  $V_d = 1.1 \dots 1.5 V_m$  olarak verilmiştir (KARWOWSKI 1974). Bu çalışmada da dokunucu merdane çevre hızının, makina ilerleme hızına göre fazlalığı  $V_d = (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) V_m$  olmak üzere dört kademeli olarak seçilmiştir.

Seçilen hız fazlalıklarının sağlanabilmesi için başkesme düzeninin çalışmasında kullanılan taşıyıcı aracın patinajı dikkate alınmıştır. Yapılan tarla ölçümlerinde taşıyıcı aracın patinaj ortalama % 5 olarak bulunmuştur. Denemelerde, taşıyıcı araç üzerinde kullanılan hareket iletim düzeni şematik olarak şekil 4.2'de gösterilmiştir. Farklı çaplarda olan dokunucu merdanelerin istenilen hız fazlalıkları, hareket iletim sisteminde hareket veren ve hareket alan zincir dişlilerinin diş sayıları uygun seçilerek gerçekleştirilmiştir. Dokunucu çaplarına bağlı olarak kullanılan zincir dişlilerinin diş sayılarıyla teorik ve gerçekleştirilen hız fazlalıkları cetvel 9'da verilmiştir.



ZD	1.1	1.2	1.3	1.4
545	27	25	23	21
445	22	21	20	18
345	17	16	15	14

Şekil.4.33. Dokunucu merdanenin çevre hız fazlalığının sağlanmasında kullanılan zincir dişlileri ve hareket iletim düzenleri.



Cetvel 2. Denemeye alınan dokunucu merdane hız falalıklarının sağlanması için seçilen zincir dişlileri.

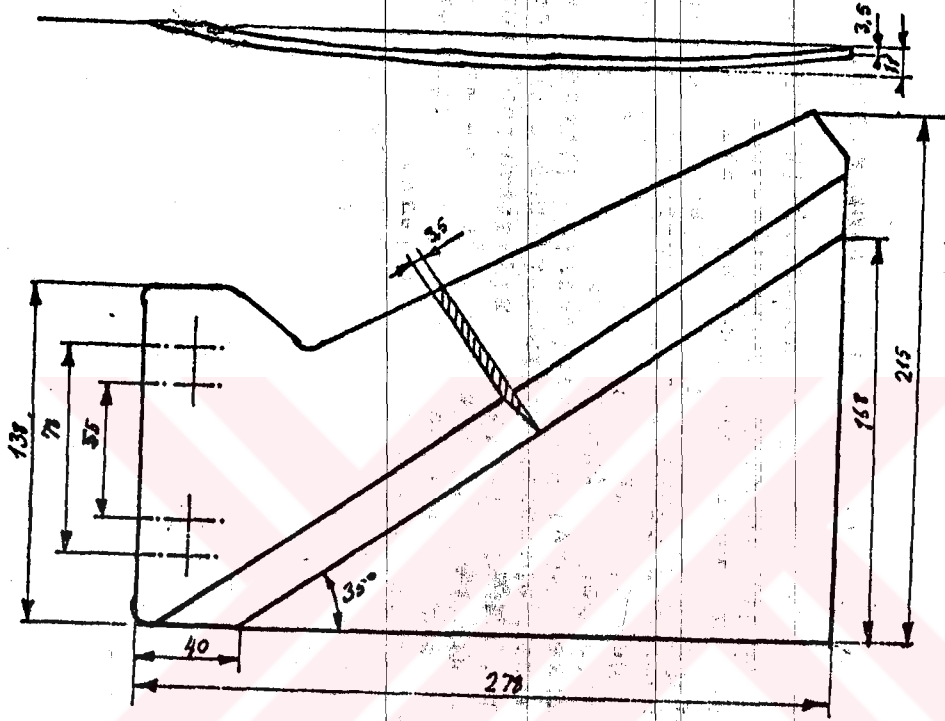
Hareket veren; Lastik: 700x18 Zincir dişlisi: 42 diş Patinaj ortalama %5	DOKUNUCU MERDANE ÇAPI (mm)											
	3 4 5				4 4 5				5 4 5			
Dokunucu merdane hız fazlalığı	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4
Hesaplanan teorik transmisyon oranı	2,35	2,56	2,78	2,99	1,83	2,00	2,17	2,33	1,49	1,63	1,77	1,96
Gerçekleştirilen transmisyon oranı	2,47	2,62	2,80	3,00	1,90	2,00	2,10	2,33	1,55	1,68	1,82	2,00
Kullanılan zincir dişlisinin diş sayısı	17	16	15	14	22	22	20	18	27	25	23	21

5. Denemeler sırasında kesme düzeninde kullanılan başkesme bıçağının teknik özellikleri

Denemelerde, dokunucu merdane çapının seçiminde esas alınan pancar hasat makinasındaki başkesme bıçağı kullanılmıştır. Bazı teknik ölçüleri şekil 4.34'de verilen düz başkesme bıçağı resim ölçülerine uygun olarak üç adet imal edilmiştir. Başkesme bıçağı orijinaline uygun olarak tuz banyosunda 42-44 Rockweel sertlikte sulanmış ve menevişlenmiştir. Düz başkesme bıçaklarında bıçak geç kalma mesafesindeki değişiminin olumsuz etkilerini azaltmak için başkesme bıçağı şekil 4.34'de verilen ölçüde bombelenmiştir.

Başkesme bıçağı, her kombinasyonun denenmesinden önce seçilen baş dilim kalınlığı ve bıçak geç kalma mesafesine uygun olarak başkesme düzenine bağlanmıştır. Dokunucu merdane ve başkesme bıçağı arasındaki ölçüler şekil 44'deki gibi ayarlandıktan sonra denemeler sırasında ölçülerin değişmemesi için başkesme bıçağı bağlantı koluna ve başkesme bıçağı da bıçak bağlantı koluna uygun yerlerden puntalanmıştır. Denemeler esnasında her kombinasyonun denenmesinden evvel başkesme bıçağıyla dokunucu merdane arasındaki ölçüler kontrol edilerek başkesme bıçağının keskin ağızındaki çapaklar ege ile alınmıştır. Başkesme düzeninin toplam ağırlığı bütün kombinasyonların denenmesi sırasında 22.5 kg olarak sabit tutulmuştur.





Şekil .4.34. Denemelerde kullanılan başkesme bıçağının bazı teknik özellikleri.

#### 6. Deney Sonuçlarının Özeti

Araştırmadan elde edilen bulgular, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

-Deneme alanına ekimi yapılan TÜRKŞEKER-1 çeşitinin ortalama toprak üstü yüksekliği 47.44, pancar çapı 84.20 mm, kesilmesi gereken baş dilim kalınlığı 24.78 mm ve pancar ağırlığı 525 gr olarak bulunmuştur. Kesim yerindeki ortalama çapının ortalama pancar maksimum çapına oranı 0.77 ve kesilmesi gereken ortalama dilim kalınlığının ortalama toprak üstü yüksekliğine oranı 0.51 olarak hesaplanmıştır.



-Pancarın toprak üstü yüksekliğine bağlı olarak kesilmesi gereken baş didlim kalınlığı arasında  $Y = 15.9 + 0.18 X$  ve pancarın maksimum çapına bağlı olarak kesilmesi gereken baş dilim kalınlığı arasında  $Y = 5.48 + 0.23 X$  denklemleri ile belirtilen doğrusal ilişkiler bulunmuştur.

-Makinalı hasatta pancar baş kesim kalitesinin, başkesme düzeni konstrüksiyon ölçüleriyle sıra üzeri mesafe, pancarların toprak üstü yükseklikleri, pancar çapı ve pancarların toprak üstü yükseklik farklarına bağımlı olduğu belirlenmiştir.

-Denenen dokunucu merdane çaplarında, dokunucu merdane çevre hız fazlalığının artması başı eğri kesilen pancarların oranını azaltarak baş kesim kalitesini yükseltmiştir. 545 mm çaplı dokunucu merdanede  $V_d = 1.1 V_m$  çevre hız kademesinde eğri kesilen pancarların oranı %22.2 iken,  $V_d = 1.4 V_m$  kademesinde %4.2'ye düşerken, 345 mm çaplı dokunucu merdanede bu oran %14.8'den %9.2 düşmüştür.

- "1" ve "2" başkesim kalitesi olarak değerlendirilen başı hiç kesilmemiş pancarların oranı küçük çaplı dokunucu merdanelerde, büyük çaplılara göre daha az olmaktadır. 345 mm çaplı dokunucu merdanede %8.2 olmuştur.

-Dokunucu merdane çevre hızı fazlalığının  $V_d = 1.1 V_m$ 'den  $1.4 V_m$ 'ye artmasıyla pancar başlarının frezelenmesi pancarın baş kısmının yapısına bağlı olarak 545 mm çaplı dokunucu merdanede %5.5'dan %9.7'ye, 445 mm çaplı dokunucu merdanede %2.5 'dan %5.3'e yükselmiş, 345 mm çaplı dokunucu merdanedeyse %3.7'den %1.2'ye düşmüştür.

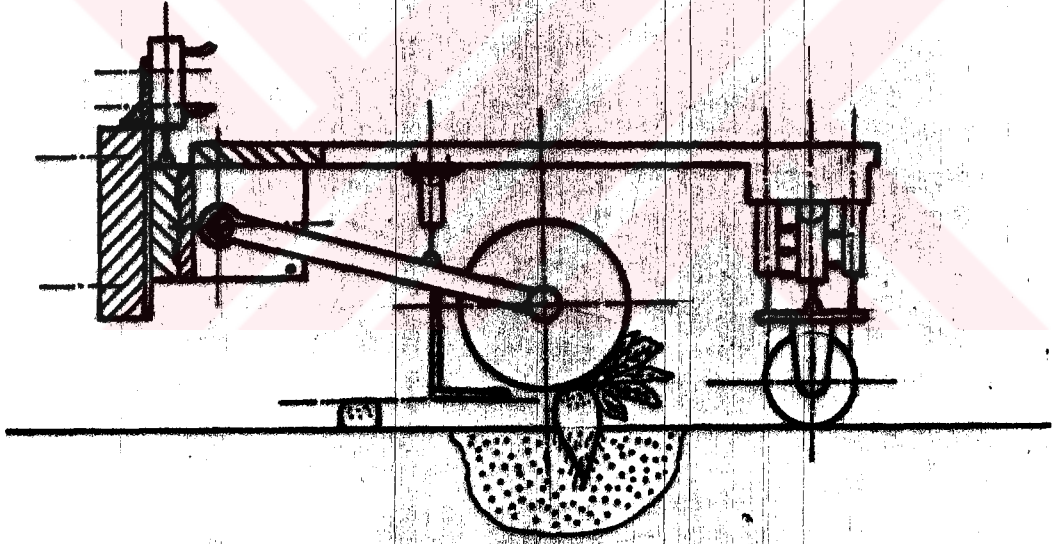
Deneme sonuçlarına göre; dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı şeklindeki başkesme düzenlerinin baş kesim kalitesini yükseltmek için, pancarın yetiştirilmesi sırasında sıra üzeri mesafenin uygun olarak (20 cm'den az olmaması) sağlanması şartıyla dokunucu merdanenin büyük çaplı ve çevre hız fazlalığı  $V_d = 1.3 - 1.4 V_m$  olarak seçilmesi uygun olacaktır.



#### 4.7. Tasarlanacak Pancar Hasat Robotu Hakkında Genel Bir Yaklaşım.

Pancar hasat robotu konusunda yapılmış çalışmaların ışığı altında, pancar hasat robotunun tasarım taslağı aşağıda sunulmuştur.

Burada dokunucu merdane, başkesme bıçağı , toprak yükseklik seviye ayarını yapan hidrolik kopyeleme tertibatı vb. mevcuttur. Bu tasarıma video-kamera, dedektör ve sensörler gibi hassas alıcı ve algılayıcılarla daha geliştirilmiş bir pancar hasat robotu yapmak mümkündür. Ayrıca daha ileri tahrik sistemleri yardımıyla daha verimli bir robot yapmak mümkün olacaktır.



Şekil 4.35. Geliştirilme amacıyla tasarlanan başkesme taslağı



## BÖLÜM V

### 5. Sonuçlar ve tavsiyeler

İkinci bölümde robotlar hakkında genel bir inceleme yapıldı. Asıl üzerinde durulacak hasat robotları hakkında daha derinlemesine inceleme yapılmaya çalışılmıştır. Ancak yeterli bilgi toplama imkanı bulunamamıştır.

Hasat mekanizasyonu konusunda literatür temin edilmesi mümkün olduğu için, çalışma mekanizasyon konusuna kaydırıldı. Dünyada ve Türkiye'de önemli bir yeri olan şeker pancarı hakkında yapılmış hasat mekanizasyonun incelendi. Bu inceleme genel manada yapıldı. Pancar hasat makinasının ana kısımlardan her biri ayrı ayrı tez konusu olabilecek kadar geniş konulardır. Burada pancar hasatında önemli bir yer tutan ve verimin artırılmasında önemli faktörlere sahip olan başkesme üzerinde duruldu. Hasatı yapılacak pancarı genel bir şekilde incelendi. Mekanizasyon çalışmasında, başkesmenin önemine ve sıra üzeri bitki durumuna göre başkesim kalitesini incelenir. Bölüm 4.5'de Bıçak geometrisinin kırılma ve kesme kuvveti üzerine bir makale incelendi ve ilgili kısımda çalışma sonuçları yazılmıştır.(TÜDOK). Aynı şekilde ülkemizde doktora bitirme tezi olarak yapılan (bölüm 4.6) bu çalışma ülkemiz şartlarında ne gibi sonuçlar vermiştir. Bu sonuçları bir daha incelemek gerekirse:

#### - Makalede Elde Edilen Sonuçlar (TÜDOK):

1- Şeker pancarı başkesmesinde, bıçak uzunluğunun her bir ünitesindeki ana kesme kuvveti ve kırılma oranı, farklı çaplardaki teller ve farklı ağız profilindeki bıçaklar için değişiklik gösterir. Asimetrik ve simetrik kama ağızlı bıçaklarda, kama açısı artarken kesme kuvveti de artar. Teller ve yarı silindirik ağızlı bıçaklarda kenar ağızı çapı artıkça kesme kuvveti de artar.

2- Engelleri ortadan kaldırarak kendine yol açan kesme kesiti kırığı teller, yarı-silindirik ağızlı ve simetrik kama ağızlı bıçaklarda daha azdır.

3- Şeker pancarı kesme işlemi süresince kırıkların teoriksel önemi göstermiştir ki pancar ile bıçak arasındaki sürtünmenin yüksek olduğu hallerde, asimetrik kama ağızlı bıçaklarda kesme yapılan düzlemde kırıkların sapma ihtimali vardır. Kırık oranı teller, yarı-silindirik kenarlılar ve simetrik kama ağızlı bıçaklarla daha azdır.



4- Teorik fikirlerle aynı fikirde olunduğunda teller ve 2mm'den daha az çap veya kalınlıktaki yarı-silindirik ağızlı bıçaklar ve 45 dereceden daha az simetrik kama açılı bıçaklar kesme boyunca daha az kırığa neden olurlar.

5- Tel üzerinde çöp birikme probleminin üstesinden gelinemez, fakat yarı-silindirik veya düşük açılı simetrik kama ağızına sahip olan bıçakla ve istenen sertlik için minimum genişlik ve kalınlıkla asgari kırılma ve pancarın devrilmesi ihtimalini sınırlandıran yeterli kesme kuvveti bulunur.

#### - Deney Sonuçlarının Özeti (SEVİLMİŞ 1985)

Araştırmadan elde edilen bulgular, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

-Deneme alanına ekimi yapılan TÜRKŞEKER-1 çeşitinin ortalama toprak üstü yüksekliği 47.44, pancar çapı 84.20 mm, kesilmesi gereken baş dilim kalınlığı 24.78 mm ve pancar ağırlığı 525 gr olarak bulunur. Kesim yerindeki ortalama çapının ortalama pancar maksimum çapına oranı 0.77 ve kesilmesi gereken ortalama dilim kalınlığının ortalama toprak üstü yüksekliğine oranı 0.51 olarak hesaplanır.

-Pancarın toprak üstü yüksekliğine bağlı olarak kesilmesi gereken baş dilim kalınlığı arasında  $Y = 15.9 + 0.18 X$  ve pancarın maksimum çapına bağlı olarak kesilmesi gereken baş dilim kalınlığı arasında  $Y = 5.48 + 0.23 X$  denklemleri ile belirtilen doğrusal ilişkiler bulunur.

-Makinalı hasatta pancar baş kesim kalitesinin, başkesme düzeni konstrüksiyon ölçüleriyle sıra üzeri mesafe, pancarların toprak üstü yükseklikleri, pancar çapı ve pancarların toprak üstü yükseklik farklarına bağlı olduğu belirlenir.

-Denenen dokunucu merdane çaplarında, dokunucu merdane çevre hız fazlalığının artması başı eğri kesilen pancarların oranını azaltarak baş kesim kalitesini yükseltir. 545 mm çaplı dokunucu merdanede  $V_d = 1.1 V_m$  çevre hız kademesinde eğri kesilen pancarların oranı %22.2 iken,  $V_d = 1.4 V_m$  kademesinde %4.2'ye düşerken, 345 mm çaplı dokunucu merdanede bu oran %14.8'den %9.2 düşer.



- "1" ve "2" başkesim kalitesi olarak değerlendirilen başı hiç kesilmemiş pancarların oranı küçük çaplı dokunucu merdanelerde, büyük çaplılara göre daha az olur. 345 mm çaplı dokunucu merdanede %8.2 olur. ( Başkesim kaliteleri TSE 4891/mayıs 1986 sayısında belirtilmiştir.) (TSE).

-Dokunucu merdane çevre hızı fazlalığının  $V_d = 1.1 V_m$ 'den  $1.4 V_m$ 'ye artmasıyla pancar başlarının frezelenmesi pancarın baş kısmının yapısına bağlı olarak 545 mm çaplı dokunucu merdanede %5.5'dan %9.7'ye, 445 mm çaplı dokunucu merdanede %2.5 'dan %5.3'e yükselir, 345 mm çaplı dokunucu merdanedeyse %3.7'den %1.2'ye düşer.

Deneme sonuçlarına göre; dokunucu merdane-sabit başkesme bıçağı şeklindeki başkesme düzenlerinin baş kesim kalitesini yükseltmek için, pancarın yetiştirilmesi sırasında sıra üzeri mesafenin uygun olarak (20 cm'den az olmaması) sağlanması şartıyla dokunucu merdanenin büyük çaplı ve çevre hız fazlalığı  $V_d = 1.3 - 1.4 V_m$  olarak seçilmesi uygun olacaktır. (SEVİLMİŞ 1985)

Pancar hasat makinası , mevcut başkesme sistemleri incelenir. Mevcut hasat makinalarında başkesme kısmında yapılmış çalışmalar incelenir.

Mevcut başkesme sistemlerinin robotik bir yaklaşımla incelersek; başkesme sistemine sensör, dedektör, mikro algılayıcılar video-kamera sistemleri vasıtasıyla robotik bir çalışmanın yapılması mümkündür. Tasarlanacak pancar hasat robotunun, pancarın başınının hangi yükseklikten kesileceği algılayıcı merdane, hidrolik kopyeleme veya sensörler vasıtasıyla konum kontrolü, pancardan yerden yüksekliğinin ne kadar olduğunu tespit edip istenen yükseklikten pancarın başının keser. Bu konuda örnek olarak bölüm 4.7. bir fikir vermek amacıyla bir yaklaşımda bulunuldu. Bu başkesme sisteminde hidrolik kopyeleme tertibatıyla yerden yükseklik ayarı yapılıyor. Aynı zamanda algılayıcı merdane yerine sensör vasıtasıyla baş uygun yerden kesilebiliriz. Böylece sonuçların ışığı altında bu sistem kalibre edilir.

Bu çalışmanın ışığı altında geliştirilmiş bir hasat robotu dizayn tasarımına katkımın olmasını temenni ederim.



#### KAYNAKLAR

- 1- FEUCHT, W., E.F. FISCHER, W.FÜRSTE, M.KRAFT, P.WINTER,  
1968. Die Zuckerrube. a.Ziemmsen Verlag.  
Wittenberg-Lutherstadt:96s.
- 2- ANONYMOUS, 1983. Şeker Sanayi İstatistikleri 1982. Türkiye  
Şeker FabrikalarıA.Ş. Yayını.  
Mars Matbaası. ANKARA 32 s.
- 3- AKILTEPE,H., S.MALKOÇ, İ.MOLBAY,1964.Türkiye Şeker San. ve  
şeker Pancarı Ziraatı. T.Ş.F.A.Ş. yayını.  
Mars Matbaası. Ankara. 780 s.
- 4- KARWOWSKI,T., 1974. Hackfruchterntemaschinen. Web Werlag  
Technik.Berlin 290s.
- 5- ALBRETCH, E.H. 1961. Beitrag zur Konstruktiven Auslegung  
von Rübenkopfelementen. Grundlagen der Landtechnik  
Helf 13, s.54-59
- 6- ROBOT TEKNOLOJİSİ, EffectOf Knife Geometri M.A.Moore;  
F.S.KING; P.F.DAVIS; T.C.D.MANBY
- 7- TSE, PANCAR HASAT MAKİNALARI TS 4891/Mayıs 1986
- 8-TZDK-PANKOBİLİK,Çalıştırma, Bakım kılavuzu ve Yedek Parça  
Katoloğu Kod No:07.3.1.1. ANKARA.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ