

1. TARIMSAL MEKANİZASYON

1.1. Genel

Tarımsal üretim, doğanın ana kaynaklarından toplumun barınma, beslenme ve giyim gereksinimlerini karşılamak üzere mühendislik ve tarım biliminin bilgi birikimini kullanarak yapılan birincil üretimdir. Elde edilen ürünler tarım ve sanayi kesiminde değerlendirilerek iç ve dış pazarlara sunulur. Bu nedenlerle tarım, ekonomik ve sosyal açıdan önemli bir sektör olarak öne çıkmaktadır. Tarımsal üretim artan nüfusumuzu besleyebilmek, diğer sektörlerle kaynak sağlayabilmek, ulusal gelirimizi yükseltebilmek bakımından öncelikli hedeflerimizden birisi olmalıdır. İnsanlık tarihinde, yeterli tarımsal üretimi gerçekleştiremeyen toplumların gelişemediği bilinmektedir. Bugün de tarımsal üretimin yeterliliği tüm ülkeler açısından önemlidir. Tarım sektörü, Türkiye ve AB ülkelerinin de dahil olduğu bir çok ülkede; nüfusun beslenme gereksinimini karşılaması, tarıma dayalı sanayinin hammadde kaynağını oluşturması, belirli bir kesime istihdam olanağı sağlaması, dışa bağımlılığın önlenmesi ve ödemeler dengesi üzerinde etkilerinin olması nedeniyle, ekonomide önemli bir sektör olma özelliğini sürdürmektedir. Bu nedenle tüm ülkelerde tarım kesimine yapılan büyük yatırımlar üretim artışı ve verimlilik için bilimsel ve teknolojik kaynaklarca desteklenmektedir.

Hızla çoğalan insan topluluklarının gereksinimlerini karşılamak için, birim alandan niteliksel ve niceliksel olarak daha yüksek üretim, günümüz tarımsal üretiminin temel amaçlarından biridir. Bu amaç için, çağın doğal gelişmelerinin sonucu olarak, farklı boyutlarda sürekli gelişen teknolojilerden yararlanılmaktadır.

Tarımsal üretimde yararlanılan teknolojiler (Tezer ve Sabancı, 1997):

- 1.Toprak ve su kaynaklarının korunması ve düzenlenmesi
2. Sulama
- 3.Gübreleme
- 4.Tarımsal savaş
- 5.Biyoteknoloji (üstün nitelikli tohumluk ve damızlık materyal geliştirme)
- 6.*Tarımsal mekanizasyon* şeklinde özetlenebilir.

Tarımsal üretim alanlarında, işgücü gereksinimini azaltma zorunluluğu, tarihsel süreçte tarımsal mekanizasyonun tarımsal üretim içerisindeki yerinin önem kazanmasında temel nokta olmuştur. Özellikle batı ülkelerinde, bazı ürünlerin hasadında yıl içerisinde kısa bir süreliğine işgücü gereksiniminin en yüksek düzeyde olduğu dönemlerde ortaya çıkan sorunlara bağlı olarak mekanizasyonun olası avantajlarından yararlanma fikri tarımsal mekanizasyonun gelişmesi konusunda önemli bir gelişme olarak görülmektedir. Tarımsal mekanizasyon alanındaki gelişmeler ve gün geçtikçe tarımsal mekanizasyon uygulamalarından farklı alan ve farklı boyutlarda yararlanılması, tarım alanlarından diğer endüstriyel alanlara işgücü akışı ve bunun doğal sonucu olarak birim işgücü giderlerindeki artışla ilişkili bir değişim göstermiştir.

Ülkelerin kalkınma sürecinde, yukarıda da kısmen değinildiği üzere, başlangıçta daha çok tarımda yoğunlaşan işgücü zamanla sanayi ve hizmet sektörlerine geçmekte, tarımdaki insan işgücünün azalmasıyla birlikte tarımsal üretim ve üretimdeki verimlilik değerleri artış göstermektedir. Tarımla uğraşan nüfusun azalmasıyla işletmeler büyümekte, işletme ve fert başına tarımsal gelir artışı gözlenmekte ve böylece tarımsal üretimde yukarıda belirtilen mekanizasyon ve diğer yüksek teknolojilerin kullanılmasına olanak sağlanmaktadır.

Tarımda mekanizasyon ve ileri teknoloji kullanılması ise üretimdeki verimliliği, diğer bir deyişle üretim girdileri başına çıktılarının daha fazla olmasını sağlamakla birlikte, ürün kalitesini de iyileştirmektedir. Bu sonuç, özellikle tarıma dayalı sanayi başta olmak üzere diğer sektör yatırımları için

kaynak oluşturmasının yanı sıra, nüfusu tarımdan diğer sektörlerge geçişe zorlamaktadır. Tarımsal üretim, kesikli ve üretimin değere dönüşme süreci kısmen yavaş olduğundan, tarımda insan işgücü verimliliği diğer üretim kollarına kıyasla düşüktür.

Tarımsal üretimin aksine sanayi ve hizmet sektörlerinde üretim sürekli ve dönüşüm hızlı olduğundan, insan işgücü verimliliği tarıma oranla yüksek olmaktadır. Bu saptamalar doğrultusunda, köylerden kentlere göç ve sektörler arası nüfus hareketleri kalkınmanın seyri hakkında önemli ipuçları içerdiği söylenebilir.

Öte yandan tarımsal nüfus, işgücü ve istihdam ile mekanizasyon arasında çok yakın, ancak ters yönlü bir ilişki söz konusudur. İnsan işgücü ve mekanizasyon, teknolojik gelişmişlik düzeyiyle ilişkili olarak, biri diğerinin yerini alan üretim girdileridir. Tarımsal nüfus ve işgücü azaldıkça üretimde insan işgücünün yerini mekanizasyon almakta, ayrıca üretim ve verimlilik değerleri artmakta, işletme ölçekleri büyümekte ve bütün bunlar bir yandan mekanizasyonu zorunlu hale getirirken, diğer yandan mekanizasyon yatırımı için gerekli kaynakları oluşturmaktadır.

Özetle, üretim teknolojileri arasında, tarımsal mekanizasyon diğer teknolojiler gibi üretim artışına doğrudan etkili olmamakla birlikte önemli bir yere sahiptir. Tarımsal mekanizasyon, tüm üretim teknolojilerinin uygulanabilmesi ve söz konusu uygulamaların niteliğinin artırılabilmesi için zorunlu ve gereklidir. Ayrıca, yeni teknolojilerle birim alanda sağlanan yüksek nitelik ve nicelikli üretim, tarımsal mekanizasyon yardımıyla zamanında tamamlanabilir. Bu durumda, her yeni teknolojinin ileri tarımsal mekanizasyon uygulamalarına gereksinme gösterdiği söylenebilir. İzleyen bölümde, tarımsal mekanizasyon uygulamalarının genel özellikleri üzerinde durulacaktır.

1.2. Tarımsal Mekanizasyonun Tanımı ve Önemi

Tarımsal mekanizasyon ile ilgili olarak yapılan birçok tanımın ortak özelliği; tarımsal üretimin gereği olan ileri tarım tekniklerinin uygulanmasında insan el emeği ve hayvan gücü yerine, tamamen veya kısmen mekanik güç kullanılmasıdır. Daha kapsamlı bir tanımlamayla tarımsal mekanizasyon;

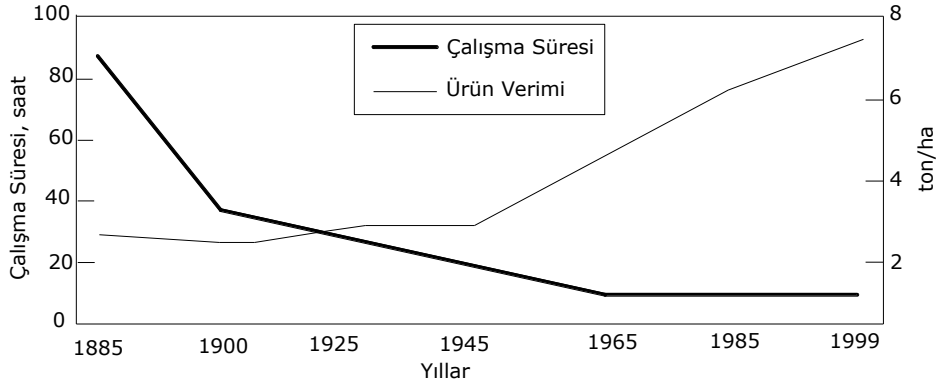
"tarımsal alanların geliştirilmesi, her türlü tarımsal üretimin yapılması ve ürünlerin temel değerlendirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla ileri üretim teknolojilerinin gereği olarak kullanılan her türlü enerji kaynağı ve mekanik güç kullanarak çalıştırılan değişik tip tarımsal araç ve gereç ile tarım alet ve makinalarının;

- tasarımı, yapımı, geliştirilmesi,
- pazarlanması, yayımı eğitimi
- seçimi, işletilmesi kullanımı
- tamir-bakımı ve korunmasına

yönelik faaliyetleri kapsayan bir bilim dalı" olarak tanımlanabilir (Zeren, 1991). Bu kapsamlı tanımlamaya ek olarak, üretim giderlerini düşürmek üzere benzer makinaların üretiminde farklı yöntem ve malzemelerin kullanımı konusundaki çalışmalar, farklı makinaların karşılaştırmalı testlerinin yapılması ve mekanize olmuş üretim sistemi ve işletme ekonomisi üzerindeki etkilerin araştırması da tarımsal mekanizasyon konuları içerisinde değerlendirilmektedir. İşletmelerde yaygın kullanımı olan makinaların daha etkin ve ekonomik kullanımlarının işletme koşulları altında incelenmesi ve mevcut mekanizasyon sisteminin özel durumlara uydurulması konusundaki değerlendirmelerde tarımsal mekanizasyon konu başlıkları içerisinde yer almaktadır.

Önceki bölümde de kısaca üzerinde durulduğu gibi, tarımsal mekanizasyon, diğer üretim teknolojilerinin etkin ve ekonomik olarak uygulanmasını sağlayan bir *araç teknoloji* konumundadır.

Tarihsel süreç içerisinde bir değerlendirme yapılarak, içerisinde tarımsal mekanizasyonun da bulunduğu tarımsal üretim teknolojilerinin tarımsal üretim üzerindeki katkılarına yönelik bir değerlendirme buğday üretim sistemi örneğinde aşağıdaki şekilde incelenmiştir (Şekil 1.1.) (Landers, 2000).



Şekil 1.1. Buğday üretimi artışında tarım teknolojilerindeki gelişmelerin etkisi

Şekilden de görülebileceği gibi, yaklaşık 115 yıllık süreç içerisinde birim alan için harcanan tarımsal faaliyet süresinde yaklaşık 9 katlık bir azalma meydana gelmiştir. Buna paralel olarak, ürün verimi değerinde aynı dönem içerisinde yaklaşık 3 katlık bir artış elde edilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, toplamda 27 katlık bir üretim etkinliği artışı söz konusu olmuştur. Bu artış içerisinde, doğrudan olmasa da diğer üretim teknolojilerinin etkin uygulanmasına olanak sağlayan tarımsal mekanizasyonun önemli katkısından söz etmek mümkündür.

Ülkesel ölçekte 50 yıl öncesine kıyasla içerisinde tarımsal mekanizasyon alanındaki gelişmelerinde bulunduğu ileri teknoloji kullanımı ve iyi eğitilmiş tarımcılar aracılığı ile sağlanan önemli gelişmeler aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Anonim, 2000):

- Buğday ekim alanı 1,4 kat artarken, toplam üretimi 3,5 kat artmıştır
- Şeker pancarı ekim alanı 14 kat artarken, toplam üretim 36 kat artmıştır.
- Pamuk ekim alanı 1 kat artarken, toplam üretimi 7 kat artmıştır.
- Ayçiçeği ekim alanı 5 kat artarken, toplam üretimi 13 kat artmıştır.

1.3. Tarımsal Mekanizasyonun Tarihi Gelişimi

İnsanoğlu yaklaşık 10 000 yıl önce tarımı keşfettikten sonra, günümüze kadar sürececek gelişmeler dizisi içerisinde, kademeli olarak toplayıcı

ve göçebe yaşamdan yerleşik düzene geçmiştir. Yerleşik düzen hızlı gelişmeyi ivmelendiren önemli bir unsur olmuştur.

Tarımsal mekanizasyon uygulamaları ile ilgili olarak ilk gelişme saklanan bitki tohumlarının elle ve sopa ile toprağa gömülmesi ile başlamıştır. Bu gelişmenin ardından, evcilleştirilen hayvanların çeki gücünden yararlanılması fikri, basit tarımsal aletlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Örneğin, çapalama uygulamalarında çatallı eğri ağaçlar çeki hayvanlarına bağlanarak toprağın gevşetilmesi sağlanmıştır. Böylece, sabanın en ilkel formu ortaya çıkmış, izleyen süreçte saban işlemin kolaylaşmasına yönelik olarak değişikliklere uğratılmıştır. Bulgular ışığında, sabanın kullanıldığı ilk bölgenin Mezopotamya olduğu düşünülmektedir. M.Ö. 2. yy'da uç demirinin kullanıldığı kaydedilmektedir. Sanayi devrimiyle birlikte buharla çalışan büyük hacimli ve ilerleme hızı son derece düşük traktörler geliştirilmiş ve çeki işleri için kullanılmaya çalışılmıştır. Bir süre sonra, içten yanmalı motorların keşfedilmesiyle, traktörlerin kullanımı yaygınlaşmış ve bu alanda hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Traktörün hızla yaygın kullanım alanı bulması, işleri kolaylaştıran, yeni ve çağın teknolojik gelişmelerine uygun yapıda alet-makinaların gelişmesinin önünü açmıştır. Günümüz bilişim çağında, hassas tarım uygulamalarıyla, tarımsal üretim uygulamaları uydu teknolojisinin de kullanılmasıyla çok farklı boyutlarda gerçekleştirilmektedir.

Türkiye'de Cumhuriyetten önceki dönemde tamamen ilkel yöntemlerle gerçekleştirilen tarımsal üretimde, tamamıyla insan ve hayvan gücünden yararlanılmıştır. Özellikle Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde 19. yy'ın sonlarında meydana gelen enerji devriminin, Türkiye tarımı üzerinde belirgin bir etkisi görülmemiştir. 19. yy'ın ikinci yarısında ise, tarımsal alanda makineleşme için sınırlı çabalar gösterilmiş ve bu amaçla bazı makinalar yurt dışından getirilmiştir (Anonim, 2000).

Birinci Dünya Savaşı'nın son yıllarına gelindiğinde, ülkedeki insan ve hayvan gücü kayıplarının tarımsal üretimde yol açtığı azalmaları gidermek amacıyla, Almanya ve Avusturya'dan bir miktar traktör, harman makinası, orak makinası ve pulluk getirilmiştir. Bu makinalar, daha çok Konya ve Ankara'daki büyük çiftliklere dağıtılmış, İstanbul Halkalı'daki Tarım Okulu öğrencileri hasat zamanı Konya ve Ankara'ya gönderilerek orak ve harman makinalarında çalıştırılmıştır. 1923 yılında ise, sadece Çukurova ve Ege

bölgesinde, yabancılara ait birkaç çiftlikte, tarım makinaları kullanılmıştır. Cumhuriyet Dönemine girildiğinde, tarımda makina kullanımını geliştirmek için çeşitli önlemler alınmıştır. Bu amaçla, 1924 yılında 221 traktör ithal edilmiştir. İthal edilen traktörlerin büyük bir kısmı Çukurova'ya gönderilmiştir (Başçetinçelik, 2003). Dünya enerji krizine girilene kadarki dönemde, Türkiye'ye 2500-3000 traktörün girdiği belirtilmektedir. Daha sonraki yıllarda dünya ekonomisinde meydana gelen ekonomik kriz ve II. Dünya Savaşı'nın yarattığı sonuçlar, Türkiye'de mekanizasyon çabalarını yavaşlatmıştır. 1944 yılında kurulan Türkiye Zirai Donatım Kurumu, Türk çiftçisini mekanizasyon yönünden donatmak, makina sağlamak ve bakım işleri gibi konularda önemli hizmetler vermiş, ülkemizin mekanizasyon düzeyinin gelişmesinde önemli katkılar sağlamıştır (Sabancı, 1998). 1949 yılında, Marshall yardım programı ile birlikte, tarım makinaları varlığında bir artış sağlanmıştır. Örneğin, 1949 yılında 11 729 olan traktör sayısı 1952 yılında 31 413'e yükselmiştir. Ancak, mekanizasyon uygulamalarının belirli bir program için düzenlenmemiş olması, marka ve model çokluğu gibi sakıncalar yaratmıştır. Beş yıllık kalkınma planlarının uygulamaya başlanmasıyla birlikte, daha sonra, yeniden traktör dış alımına başlanmıştır. Türkiye'de biçerdöver üretimine, John Deere (JD) Lisansı ile 1968 yılında Tarsus'ta başlanmıştır. Kurulu kapasitesi yılda 1 200 adet olan ÇUMİTAŞ (Çukurova Makina İmalat ve Tic. A.Ş.) kapanışına kadar JD-630 ve JD-955 tiplerinde toplam 5 358 adet biçerdöver üretmiştir. Fabrikada üretim, düzensiz ve plansız yapılan bedelsiz dış alımın yerli üretimdeki talebi düşürmesi nedeniyle, 1988 yılından itibaren tamamen durmuştur. Geçmişten bugüne planlı beş yıllık dönemlerde, mekanizasyon düzeyi bir öncekine kıyasla önemli artışlar göstermiştir. Günümüzde, aktif olarak yaklaşık 1 milyon civarında traktör tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Yaklaşık 1000 adet tarım makinaları imalatçısı ve ithalatçısı ile birlikte, 14 firma traktör sektöründe çalışmaktadır. Tarım makinaları imalatçıları, yaklaşık 130 adet farklı tarım makinasının üretimini yapmaktadır.

Tarımsal mekanizasyon alanındaki gelişmelerin, ülkesel ölçekte doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi ve özellikle günümüzde durumun rakamlarla ortaya konabilmesi için, tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri konusu üzerinde durulmalıdır. İlerleyen bölümde bu konu detaylı bir şekilde incelenecektir.

1.4. Tarımsal Mekanizasyonun Temel Amaçları

Tarımsal mekanizasyonun *temel amaçları* aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Sındır, 1999, Landers, 2000):

1. Fiziksel yorğunluğu azaltmak ve çoğu üretim işlerini kolaylaştırmak

2. İşletmenin gelirini arttırmak

- Ürün verimini doğrudan veya dolaylı olarak arttırmak. Örneğin, sulama ve ilaçlama uygulamaları doğrudan ürün verimini artırırken, mevcut araçların toprak koşullarına uygun biçimde ve daha etkin kullanılarak üretim işlemlerinin yapılması ürün verimini dolaylı olarak artırır.
- İşlemleri zamanında tamamlayarak ürün verimini arttırmak. Ürün verimini doğrudan etkileyen ekim ve hasat gibi işlemlerin kısa zamanda tamamlanması sonucunda ortalama ürün verimi artar.

Ürün kalitesini ve gelirini yükseltmek. Hasat ve hasat sonu ürün işleme işlemlerinde daha kaliteli alet ve makinaların kullanılması, ürünün daha az zarar görmesini ve fiyatının daha yüksek olmasını sağlar. Ürün depolama nedeniyle satış fiyatını yükseltmek. Ürünün sezon sonuna kadar depolanmasıyla daha yüksek fiyata satılması sağlanabilir.

3. Giderleri azaltmak. Örneğin, kira karşılığı sağlanan işgücünün yerine kullanılacak bir mekanizasyon aracı, işletmenin giderlerini önemli ölçüde azaltır.

4. İşgücüne bağımlılığını ve işgücü kullanımını azaltmak.

1.5. Tarımsal Mekanizasyonun Yarar ve Sakıncaları

Yukarıdaki bölümde sıralanan genel amaçların ışığında, tarımsal mekanizasyon uygulamalarından sağlanan *yararlar* aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Sındır, 1999; Landers, 2000):

- Tarımsal üretimde yeni teknoloji uygulamalarına olanak sağlamak
- Üretimi doğa koşullarına bağımlı olmaktan kurtarmak ve daha nitelikli ürün sağlamak
- Üretim işlemlerini en uygun süreleri içinde tamamlayarak, gecikme nedeniyle oluşacak ürün kayıplarını önlemek,
- Kırsal kesimde çalışma koşullarını daha rahat, çekici ve güvenli hale getirmek ve insan işgücü verimliliğini arttırmak,

- Kırsal kesimde teknik bilgi ve beceriyi geliştirmek, böylece kentlerde ve özellikle sanayi kesiminde gerekli olan yetişkin işgücünün gelişmesine olanak sağlamak
- Bir yandan tarımsal ürün artışı, diğer yandan tarım alet ve makinaları sanayiindeki gelişmelerle yeni iş alanlarının açılmasına katkıda bulunmak
- İnsan ve hayvan gücü ile başaramayan tarımsal üretim işlemlerini makina gücü ile başarmak ve böylece yeni alanların tarıma açılmasını sağlamak

Uygun yapılmayan mekanizasyon yatırımları ve tarım makinaları kullanımları, işletmede fayda yerine bazı olumsuzluklara da yol açabilir. İşletme koşullarına uygun seçilmeyen ve plansız yürütülen mekanizasyon uygulamalarının yol açacağı söz konusu *olumsuzluklar* ise aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Mekanizasyon yüksek maliyetli bir üretim girdisi olduğundan, doğru seçilmemesi ve uygulanmaması durumunda, işletmedeki üretimin kârlılığını olumsuz yönde etkilenebilir.
- Yılın belirli dönemlerinde işgücü fazlalığına veya eksikliğine yol açabilir.
- Aşırı mekanizasyon, kırsal kesimde işsizliğe yol açabilir. Açığa çıkan işsizlik nedeniyle, sanayi merkezlerine veya şehirlere göç olabilir. Gelişmekte olan ülkelerde, kırsal kesimdeki işsizliğin yarattığı sorunları gidermek amacıyla geliştirilen *selektif mekanizasyon* uygulamaları görülmektedir. Genel olarak, *selektif mekanizasyon*, "birim alandaki işgücünü azaltmadan üretimi mekanize etmek" şeklinde açıklanabilir. Bu amaçla; her bir üretim alanı ve yöresi için teknik, ekonomik, sosyal ve politik faktörler dikkate alınarak uygun tip ve büyüklükte mekanizasyon araçları seçilir ve kullanılır.
- Plansız mekanizasyon sonucunda, tarım ve sanayi kesimi arasındaki denge tarım aleyhine bozulabilir.
- Yabancı ülkelere satın alınacak traktör veya tarım iş makinaları önemli ölçüde döviz kaybına yol açabilir,

- Eğitim görmemiş personel tarafından kullanılan traktör ve tarım iş makinalarının çalışma ve tamir giderleri artar. Bu durumda, mekanizasyon ekonomik olmaktan uzaklaşabilir.
- Yetersiz tamir-bakım hizmetleri ve yedek parça destekleri, mekanizasyonun verimliliğini azaltır veya verimsiz hale getirebilir.
- Diğer modern üretim teknolojilerine uygun olarak kullanılmayan mekanizasyon araçları, işletmenin ekonomik bir üretim yapmasını engeller.
- Gereğinden büyük seçilen traktör ve tarım makinaları işletmede fazladan yakıt, yağ ve enerji giderinin oluşmasına neden olur.
- Mekanizasyon araçları çoğunlukla petrol enerjisi ile çalıştırıldıklarından, plansız mekanizasyon, ülkenin genel enerji dengesini olumsuz yönde etkileyebilir.

Ancak bu olumsuz etkilerin çoğu, zamanında ve uygun yapılan bir planlama ve yönetim sayesinde önlenilmekte veya tamamen ortadan kaldırılabilmektedir.

Tarım alet ve makinaları, kendine özgü bazı nitelikleri nedeniyle, genel makina sanayii içinde ayrıcalıklar gösterir. Bu ayrıcalıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Tarım alet ve makinaları çoğunlukla ekonomik gücü yetersiz, ancak ürettikleri ürünler stratejik öneme sahip bir kitleye sunulduklarından, edinme maliyetleri düşük olmalı ve edinmeleri kredi vb. araçlarla desteklenmelidir.
- Kırsal kesimde teknik bilgi ve beceri düzeyinin yetersiz olması nedeniyle, tarım alet ve makinaları kısmen basit yapılı, bakım ve onarımları kolay olmalıdır.
- Tarım alet ve makinaları çoğunlukla açık havada ve yol dışında çalışırlar. Ayrıca, yüklenmeleri çok geniş sınırlar içinde değişir. Bu nedenle, hafif ve sağlam yapılı olmaları büyük önem taşır.

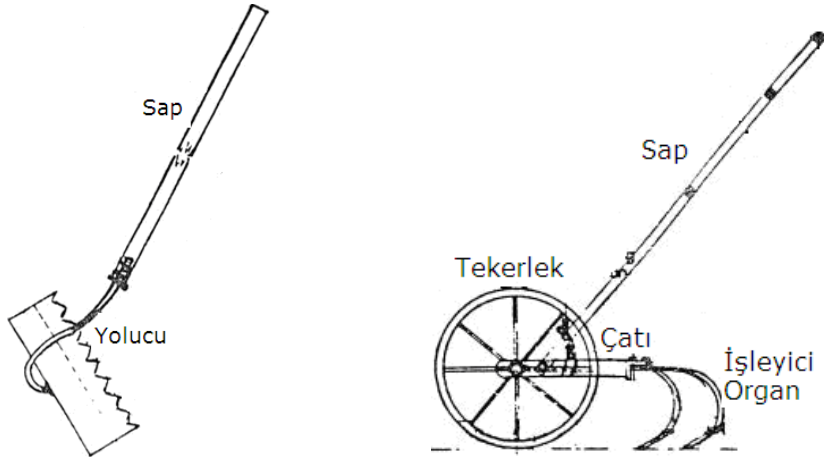
1.6. Tarımsal Mekanizasyon Uygulama Düzeyleri

Tarımsal üretimde herhangi bir işlemin yapılabilmesi için basit bir takoz veya eğik yüzeyli basit bir metal parçasından, örneğin biçerdöver gibi karmaşık makinalara kadar değişen yelpazede bir çok alet ve makinadan yararlanılmaktadır. Basit aletlerden veya karmaşık makinalardan yararlanılması belirli ölçüde işlerin mekanize olduğunu göstermektedir. Günümüz tarımı için mekanizasyon uygulamalarında kullanılan güç kaynakları; insan, hayvan ve mekanik güç olarak sınıflandırılmaktadır. Bu güç kaynaklarının bir işletmede kullanım sıklığı ve düzeyi mekanizasyon düzeyi ile ilişkilendirilebilir (ASAE, 1999). Diğer bir anlatımla, bir üretim teknolojisi olan tarımsal mekanizasyon, herhangi bir tarımsal işletmenin, büyük oranda üretim kolu seçiminden ve işletme yöneticisinin üretime bakış açısından etkilenen teknik ve ekonomik yapısıyla ilişkili emek kullanımının yoğun olduğu yapıdan, hemen her aşamada makina kullanımının söz konusu olduğu yapıya kadar geniş bir aralık içerisinde farklı düzeylerde kullanılmaktadır. Buna göre, her ülkede kullanılan güç kaynağı ve uygulanan mekanizasyon sistemine bağlı olarak, tarımsal üretimde, farklı teknolojilerin kullanımlarıyla tanımlanan, üç tip mekanizasyon uygulama düzeyinden bahsedilebilir (FAO, 1990). Bunlar:

1. El aletleri teknolojisi,
2. Hayvan gücüne bağlı olan teknoloji,
3. Mekanik güç teknolojisi olarak sınıflandırılabilir.

El aletleri teknolojisi; insan adale kuvvetiyle çalıştırılan basit alet ve ekipmanların kullanıldığı teknoloji olup, en basit ve temel tarımsal mekanizasyon düzeyini ifade eder. Şekil 1.2’de yabancı otla mücadelede kullanılan basit yapılı iki farklı el aleti gösterilmiştir. Söz konusu aletler, dünyanın Afrika gibi bazı gelişmemiş bölgelerde ve çok küçük üretim alanlarına sahip bazı işletmelerde kullanılmaktadır.

El aletleri teknolojisi, çok düşük sermaye yatırımı gerektirir ve küçük üretim kapasitesine sahip işletmelerde kullanılır. Bu teknolojiyi sınırlayan temel faktörler; işgücü ücretleri, kadın ve erkek işgücü varlığı, alet ve ekipman varlığı ve maliyetleri, sosyal ve kültürel alışkanlıklar ve diğer bölgesel faktörlerdir.

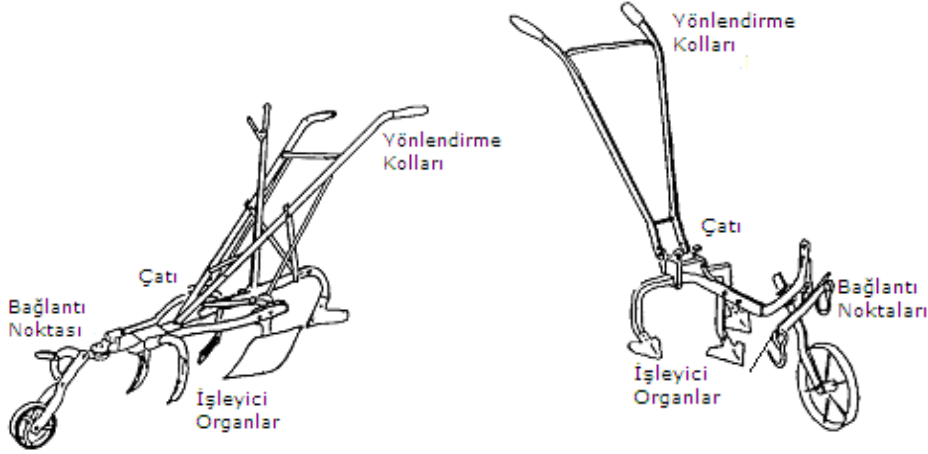


Şekil 1.2. Yabancı otlarla mücadelede kullanılan basit el aletleri (ASAE, 1999)

Çeki hayvanları teknolojisi; güç kaynağı olarak hayvan (at, öküz vb.) kas kuvvetinden yararlanılarak çalıştırılan alet ve ekipmanları kapsamaktadır. Şekil 1.3'te eskiden kullanılmış ve günümüzde gelişmemiş bazı ülkelerde hala yararlanan, hayvanla çekilir basit toprak işleme ve yabancı otlarla mücadele aletleri gösterilmiştir.

Çeki hayvanları teknolojisi, genellikle insan işgücü ile desteklenen ve hayvan gücü ile çekilen birinci ve ikinci sınıf toprak işleme makinaları ile bazı sulama ve hasat-harman makinalarını kapsar. El aletleri teknolojisine göre daha fazla sermaye yatırımı gerektirir. Çeki hayvanları teknolojisinin kullanımını sınırlandıran temel faktörler; çeki hayvanı varlığı, hayvanların tipi ve boyutları, hayvan yetiştirme uygulamaları, yem ve mera alanı varlığı, hayvan hastalıkları, veteriner hizmetleri ve ilaç varlığı, hayvanla çekilen alet-equipmanların üretim durumu ile maliyetleri ve destek hizmetlerinin varlığı gibi faktörlerdir.

El aletleri teknolojisi ve hayvan gücüne bağlı teknolojilerin kullanıldığı tarımsal üretimde insan ve iş hayvanları birer enerji kaynağı olarak görülebilir, ancak bunların iş yetenekleri çok düşüktür. Tarım işletmesinde insan bir enerji kaynağı olmaktan çok, düşünen karar veren ve uygulayan bir varlıktır.

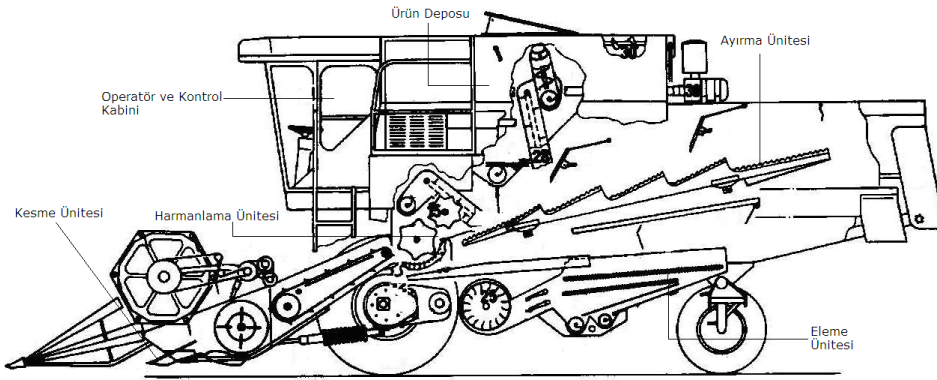


Şekil 1.3 Hayvanla çekilir basit toprak işleme ve yabancı otla mücadele aletleri (ASAE, 1999)

Mekanik güç teknolojisi ise, tarımsal mekanizasyonun en gelişmiş düzeyi olup, değişik tip traktörler veya termik ve elektrik motorların yoğun kullanıldığı, kendi-yürür, asılır veya çekilir tip tüm tarım makinaları ile tarımsal amaçlı uçak ve helikopterleri içerir. Bu teknolojilerden hangisi veya hangilerinin kullanılacağı, ülkelerin tarımsal yapısı, sosyo-ekonomik yapısı, kültür düzeyi ve kullanılan üretim tekniğine bağlı olarak değişmektedir. Şekil 1.4'te tarımsal üretimde mekanik enerji kullanımı için işlevi itibarıyla ilginç bir örnek olan, çoğunlukla tahıl hasadında kullanılan ve çok sayıda fonksiyonu yerine getirmek için gerekli gücü üzerinde bulunan bir termik motordan sağlayan kendi yürür bir biçerdöver şekli verilmiştir. Biçerdöverle hasatta, termik motordan sağlanan (kimyasal enerjiden mekanik enerjiye) mekanik enerji, biçerdöver üzerindeki çok sayıda hareketli parçaya kayış-kasnak, yatak ve dişli çarklar gibi hareket iletim organlarıyla paylaştırılmaktadır.

Mekanik güç teknolojisi; üretim işlemlerinin çoğunun veya tümünün mekanik güç kullanılarak yapıldığı teknoloji düzeyidir ve seçilen mekanizasyon düzeyine bağlı olarak yüksek miktarda sermaye yatırımı gerektirir. Bu teknolojiyi sınırlayan temel faktörler; uygun alet, makina ve traktörlerin varlığı, makina ve yedek parça üretimi ve ithali için gerekli sermaye-döviz

varlığı, traktör ve makinaların çalıştırılması için gerekli destek malzemesi (yakıt, yağ, filtre, yedek parça vb.) varlığı, bu destek malzemelerinin güvenilirliği, tamir-bakım servislerinin varlığı, çok küçük ortalama parsel büyüklüğü, tarlalara gidiş-geliş uzaklığı, tarlaların şekli, eğitilmiş kullanıcıların ve eğitim merkezlerinin varlığı ve diğer bölgesel faktörlerdir.



Şekil 1.4 Kendiyürür Biçerdöver

1990'lı yıllarda özellikle ABD ve Kuzey Avrupa ülkeleri gibi gelişmiş ülkelerde gündeme gelen, araştırılmaya başlanan ve 2000'li yılların başından itibaren ticari değere ulaşarak yaygınlaşma eğilimi gösteren ve *hassas tarım* uygulamaları olarak isimlendirilen yeni bir üretim teknolojisi ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir tarım ilkeleriyle örtüşen ve sürdürülebilir tarımın uygulamaya aktarılmasında yararlanan bir araç olarak kabul gören *hassas tarım uygulamaları*, mekanik teknoloji kullanım düzeyi yüksek olan ülkelerde bilişim uygulamalarının diğer bir ifadeyle, bilgi teknolojilerinin tarımsal üretim içerisine bütünleştirilmesi olarak ifade edilebilir.

Mekanik güç teknolojisinin kullanıldığı mekanizasyon uygulamalarında, enerji makinası, iş makinası ve cihazlar gibi 3 farklı grupta yer alan araçlar kullanılır. Bunlara ve mekanizasyon ile ilgili diğer bazı kavramlara ilişkin tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

Mekanizasyon Uygulamalarıyla İlişkili Bazı Kavramlar

Herhangi bir enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren makineler **enerji makinası** olarak adlandırılır. Örneğin bir Otto veya dizel motoru yakıtla sağlanan kimyasal ısı enerjisini, rüzgar türbini rüzgarın hareket enerjisini, elektrik motoru ise elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren enerji makineleridir (Tezer ve Sabancı, 1997). Enerji makinasının çevrimini yapacağı enerji, kaynağına göre birincil veya ikincil enerji olarak ikiye ayrılabilir. Birincil enerji kaynakları genellikle varlığı bugün için sınırsız kabul edilen rüzgar, su ve güneş enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynaklarına ise fosil yakıtlar örnek olarak verilebilir. Enerji makinelerinin işletme bünyesinde kullanılması, işletmenin **motorizasyon** uygulamalarına geçtiğini göstermektedir. Genellikle çiftlik binaları ve çiftlik avlusu dışındaki tarımsal üretim işlerinde motorizasyon uygulamaları hakimdir. İşletmelerde içten yanmalı termik motorlardan başka elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik motorları da kullanılmaktadır. Elektrik motorları çoğunlukla çiftlik binaları ve çiftlik avlusunda kullanılmaktadır. Buğday veya mısır yığınının işletme avlusunda bir yerden başka bir yere aktarılmasında kullanılan seyyar helezon götürücü elektrikli motor uygulamasına bir örnektir. Bazı durumlarda sulama işlerinde kullanılan pompaların çalıştırılmasında da değişik güç değerlerine sahip elektrik motorları kullanılmaktadır. Bu tip uygulamaların genel ismi **elektromotorizasyondur**. Elektrik motorlarını da içerecek şekilde işletme bünyesinde elektrik enerjisinin farklı yollarla farklı amaçlar için kullanılmasına da **elektrifikasyon uygulamaları** denmektedir. Üretim amaçlı ısıtma, soğutma, aydınlatma (*örn; sera, hayvan barınağı*) elektrifikasyon uygulamalarına örnek olarak sayılabilir. Isıtma, soğutma aydınlatma sistemlerinde girdi olarak kullanılan elektrik enerjisi, ısı, ışık gibi mekanik enerjiden başka enerji türlerine dönüştürülmektedir. Bu dönüşümler **cihazlar** tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunlara ilaveten, çeşitli üretim işlerinde, insan emeği ve gözetimine gerek bulunmadan önceden tanımlanmış sınırlar içerisinde bir takım sistemlerin otomatik olarak çalıştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. **Otomasyon** uygulamalarıyla, belli değişkenlerin algılanmasına bağlı olarak tanımlanmış işlerin otomatik olarak yapılması mümkündür. Son yıllarda tarımsal üretimde özellikle serada bitkisel üretim ve hayvancılık alanında otomasyon uygulamaları yaygınlaşmıştır. Örneğin, sera

yetiştiriciliğinde, sera içinde hava sıcaklığı, bağıl nem, CO₂ miktarı gibi ortam değişkenleri otomasyon ile denetlenebilmekte ve istenen optimum değerlerin kısa süreler içerisinde sera içerisinde elde edilmesi sağlanabilmektedir. Benzer şekilde; aydınlatma, sulama ve gübreleme otomatik sistemlerle yapılabilmektedir. Günümüzde internet üzerinden seraların izlenmesi ve otomatik sistemlerin kontrolü mesafe sorunu olmaksızın gerçekleştirilebilmektedir. Tarla tarımında kullanılan makinalarda da otomatik kontrol uygulaması her geçen gün biraz daha önem kazanmakta ve yaygınlaşmaktadır. Pulluk derinliğinin ve ekim derinliğinin denetlenmesi, biçerdöverlerde biçme yüksekliği ve dane kayıplarının kontrolü, yersel verim değişikliklerinin değerlendirilmesinde yararlanılan verim haritaları için gerçek zamanlı verilerin toplanması bu konuya örnek olarak verilebilir.

Özellikle çevresel duyarlılık ve enerji kullanım etkinliği ile enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine yönelik olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanım olanakları üzerinde durulması gerekmektedir. Bu konu kitabın ilerleyen bölümlerinde incelenmiştir.

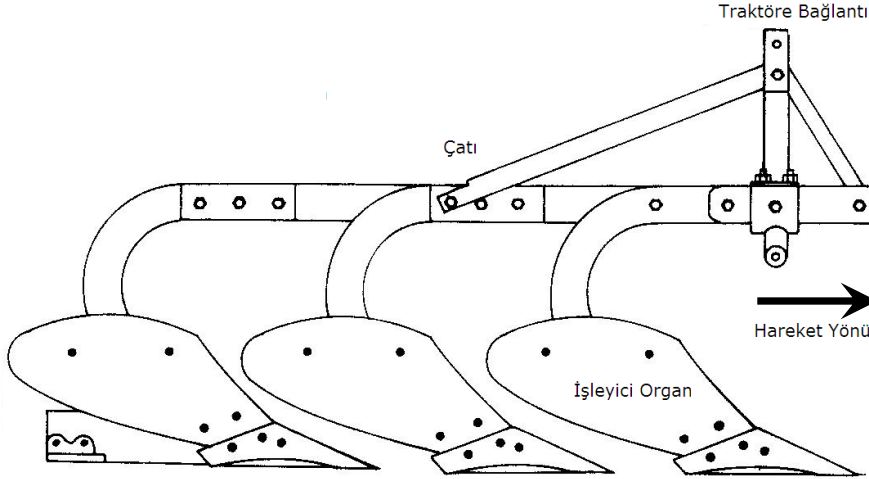
İş Makinası

Bir enerji makinasından aldığı enerji ile üretimin gerektirdiği işi yapan araçlara *iş makinası* denir. Örneğin bir iş makinası olarak pulluk, bir enerji makinası olan tarım traktöründen aldığı enerji ile toprağı işleyerek tarımsal üretimin gereği olan işi yapar. Diğer bir ifadeyle, iş makinalarının çalışabilmesi için mutlaka, bir enerji makinasına gereksinim vardır.

İş makinaları yapılarına göre basit ve karmaşık olmak üzere iki alt bölümde incelenir.

Basit İş Makinaları

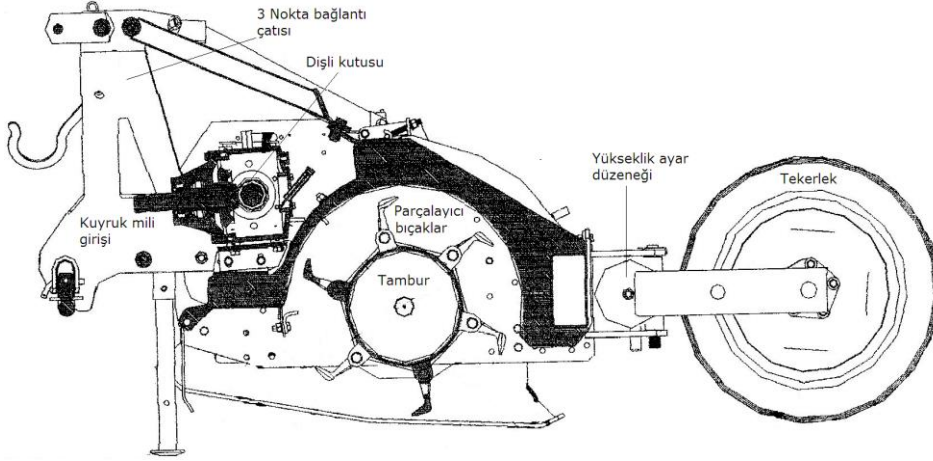
Etkisi altında kaldığı kuvvetin yön, doğrultu ve şiddetini değiştirmeden çalışan makinalardır. Alet olarak da adlandırılan bu makinalar enerji makinası ile aynı hızda çalışmaktadır. Örneğin, pulluk, tırmık gibi tarımsal mekanizasyon araçları basit iş makinalarıdır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Basit bir iş makinası örneği olarak 3 gövdeli kulaklı pulluk

Karmaşık İş Makinaları

Etkisi altında kaldığı kuvvetin bir veya birkaç özelliğini kendi yapısı içindeki mekanizmalarla değiştirerek çalışan makinalardır. Örneğin, bir ekim makinasında enerji makinasından alınan enerji, makinanın bünyesinde çeşitli dişli mekanizmalarında değişikliğe uğramaktadır. Karmaşık iş makinalarına örnek olarak çayır biçme makinası, balya makinası ve pülverizatör verilebilir. Şekil 1.6'da hasat sonrası tarla üzerinde kalan sapların (örn; mısır sapı) parçalanarak toprağa karıştırılmasında kullanılan sap parçalama makinası verilmiştir. Traktöre 3 nokta bağlantı düzeniyle asılan ve arka kısmında bulunan 2 adet tekerlekle taşınan bu alet üzerinde, traktör kuyruk mili bağlantısıyla alınan dönü hareketinin 1,72 kat arttırıldığı bir dişli kutusu bulunmaktadır. Sonuç olarak dönü hareketi tambur üzerinde yerleştirilmiş bulunan parçalayıcı bıçaklara iletilmektedir. Buradan anlaşıldığı gibi, traktörün hareket doğrultusunda ilerleyen sap parçalama makinası, aldığı kuyruk mili hareketinin hızını ve yönünü değiştirmeye yarayan bir hareket iletim düzeniyle (*kasnak, kayış ve dişli çarklar*) donatılmıştır.



Şekil 1.6 Karmaşık bir iş makinası örneği olarak sap parçalama makinası

1.7. Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi Göstergeleri

Bir tarımsal işletmenin toplam verimliliği üzerinde mekanizasyon uygulamalarının etkisi, rekabetçi üretim koşullarında işletmelerin faaliyetlerini istenen seviyede sürdürülebilmesi için, her üretim sezonu sonunda mutlaka bilimsel esaslara dayalı olarak değerlendirilmek zorundadır. Bu değerlendirmenin temel amaçlarından birisi, gerek aynı bölge sınırlarında, gerekse farklı ülkelerde benzer üretim kollarında üretim yapan işletmelerin mekanizasyon uygulama yoğunlukları ve etkinlikleri açısından karşılaştırılmalarıdır. Uygulama yoğunluğu ve sağlanan etkinliğin işletme kârlılığı üzerinde yarattığı farklılık işletme yöneticileri açısından oldukça önemlidir. Bu değerlendirmelere bağlı olarak tüm dünyada yaygın kabul görmüş mekanizasyon düzeyi göstergeleri bulunmaktadır. Tarımda mekanizasyon işlemleri, çoğunlukla traktörle çalıştırılan iş makinaları ile gerçekleştirildiğinden, mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde; traktör ve iş makinaları varlığını esas alan değerlendirmeler ağırlıklıdır. Bunun yanısıra, son yıllarda artan çevre bilinci doğrultusunda, enerjinin çevreye zarar vermeyecek düzeyde etkin kullanılması gibi güncel yaklaşımlarda mekanizasyon düzeyi göstergeleri için bir yaklaşım oluşturmuştur. Aşağıda mekanizasyon düzeyi göstergeleri sıralanmıştır (Zeren, 1991; Anonim, 2000).

- Traktör başına alet/makina sayısı: Traktör başına düşen alet/makina sayısı arttıkça mekanizasyon düzeyinin arttığı kabul edilir. Son yıllarda, dünyada tarla trafiğini azaltmaya yönelik kombine aletlerin üretim ve kullanımındaki artışta dikkate alınarak değerlendirilmesi gereken bir göstergedir.
- Traktör başına alet/makina kütlesi (kg/traktör): Traktör başına düşen alet/makina kütlesi arttıkça mekanizasyon düzeyinin arttığı kabul edilir. Bu değerlendirme yapılırken, bilimsel esaslara uygun şekilde tasarlanmış ve üretilmiş alet/makinaların varlığı bir ön kabul olarak düşünülmelidir. Diğer bir ifadeyle, aynı ekonomik ömür periyodu için aynı işlevi yerine getirecek benzer özelliklerde, ancak kütleleri farklı iki tarım makinasının, bu gösterge esas alınarak değerlendirilmesi doğru sonuç vermeyecektir.
- İşlenen alana düşen traktör gücü (kW/ha): Birim işlenen alana düşen traktör gücü arttıkça mekanizasyon düzeyinin arttığı kabul edilir. Optimum değerlerin bulunabilmesi için, farklı üretim kolları ve farklı üretim alanı özellikleri için ayrı ayrı değerlendirmeler ve hesapların yapılması en ideal durumdur.
- 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısı (traktör/1000): 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısı arttıkça mekanizasyon düzeyinin arttığı kabul edilir. Bu şekildeki bir değerlendirme, üretim alanı büyüklüğü ve ürün desenine uygun kuyruk mili gücü büyüklüğünde traktörlerin doğru şekilde seçildiği düşüncesiyle birlikte düşünülmelidir.
- Traktöre düşen işlenen alan (ha/traktör) miktarı: Traktöre düşen işlenen alan miktarı azaldıkça mekanizasyon düzeyinin arttığı kabul edilir. Bu değerlendime için de yukarıda kullanılan ifadeler geçerlidir.
- Enerjinin ne derece etkin kullanıldığını belirtmek açısından, bir hektar alanda tarımsal üretim için tüketilen toplam enerji girdisinin, çıktı olarak alınan ana ürün ve yan ürünlerle birlikte enerji eşdeğeriyle karşılaştırılması: Herhangi bir tarımsal üretim kolu için toplam enerji

girdisinin, oransal olarak çıktı olarak değerlendirilen toplam ürün enerjisine kıyasla azalması, mekanizasyon düzeyinin arttığı anlamına gelmektedir. Artan üretim maliyetlerinden, doğal dengenin bozulması ve küresel ısınmaya kadar varan olumsuzlukların önemli bir bölümü, etkin olmayan enerji kullanımıyla ilişkilidir. Bu nedenle önümüzdeki yıllarda, tarla ve bahçe tarımıyla sınırlı kalmayacak şekilde, tarımsal üretimin tüm alanlarında etkin bir şekilde tarımsal mekanizasyon göstergesi olarak değerlendirilme olasılığı oldukça yüksektir.

Yukarıda sayılan mekanizasyon düzeyi göstergeleri, işletmeler arası veya ülkeler arası bazda karşılaştırmalar yapılırken kullanılabilir. Fakat, mekanizasyon düzeylerinin genel durumu ifade eden tek bir rakam yerine tarımsal üretimin tüm kollarını içerecek şekilde detaylandırılarak verilmesi daha gerçekçi olacaktır. Örneğin yaygın tarla tarımı (buğday, mısır, soya, ayçiçeği vb.), meyve, sebze üretim alanları için ayrı ayrı hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bitkisel üretim için açık alanda ve serada üretim için ayrı mekanizasyon düzeyi değerlerinin belirlenmesi daha uygun olacaktır. Tüm bu değerlendirmelerin yapılması sırasında, işletmelerin yatırım yapma ve teknolojiyi kullanma yeteneğinin temel bir koşulu olan ortalama işletme büyüklüğü değerlerinin de ayrıca değerlendirilmesi ve karşılaştırmaların yapılmasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çizelge 1.1.'de Türkiye ile AB ülkeleri, bazı mekanizasyon düzeyi göstergeleri ve tarımsal mekanizasyon düzeyini etkileyen bazı temel parametreler açısından karşılaştırılmıştır (Anonim, 2000).

Çizelge 1.1. Türkiye ile AB'nin Mekanizasyon Düzeyi Kıyaslaması

		Türkiye	AB
Toplam tarım alanı	(ha)	26 000 000	163 500 000
Ort. işletme büyüklüğü	(ha)	6	15,8
Traktör başına ekipman sayısı	(adet)	5,2	10
Traktör başına ekipman ağırlığı	(ton)	4,2	12
1000 ha alana traktör sayısı	(adet)	38	89
Traktör başına tarım alanı	(ha)	26	11,3
Traktör sayısı	(adet)	1 000 000	15 000 000
Ort. traktör gücü	(kW)	44,16	73,6

En önemli göstergelerden birisi olan kW/ha değerlendirmesi, özellikle AB ülkeleri için gerekli verilere ulaşmanın mümkün olmaması nedeniyle çizelgede verilmemiştir. Ancak Çizelge 1.2.'de Türkiye'de birim alan başına mekanik güç büyüklüğünün ve ortalama traktör gücünün yıllara göre değişimi özetlenmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye'de Yıllara Göre Mekanizasyon Düzeyi ve Ortalama Traktör Gücü Değişimi (Sabancı,1998;Sümer ve ark. 2003)

Yıllar	Mekanizasyon Düzeyi (kW/ha) *	Ort. Güç (kW)
1960	0,04	24,3
1965	0,05	25,9
1970	0,10	27,4
1975	0,27	28,3
1980	0,59	36,3
1985	0,96	37,7
1990	1,15	39,8
1995	1,07	42,2
1998	1,22	43,2
2001	1,24	43,3

* : Ekonomik parka göre (traktör ömrünün 15 yıl olduğu ve bunun üzerindeki yaşta bulunan traktörlerin park dışında olduğu varsayılarak) hesaplanmıştır.

Tarım alanları sınır değerlerine ulaşmış olan ülkemizde, tarımsal gelişme, bundan böyle yüksek verim, kaliteli ürün ve çevresel duyarlılıkları gzetme hedefine yönelik olarak çağdaş tarım tekniklerinin uygulanmasıyla mümkün olacaktır. Kişi başına GSMH'nın yüksek olduğu gelişmiş ülkelerde, örneğin AB ülkelerinde tarımsal nüfus ortalama %10 civarındayken bu oran ülkemizde %30'lar civarındadır.

Tarımsal mekanizasyon uygulamalarından işletme ölçeğinde karlı bir üretim için en etkin şekilde yararlanabilmek, üretimin her aşamasında bilimsel esaslara dayalı hesaplama ve değerlendirmelerin yapılmasıyla mümkündür. Bu değerlendirmeler tarımın yurt içi ve yurt dışı rekabetçi pazar ortamı da dikkate alınarak, teknik ve ekonomik esaslara dayandırılmalıdır. Tarımsal üretimde etkinliğin temel kriterleri üzerinden bir değerlendirme yapılırsa; örneğin Türkiye'de tarımda çalışan bir kişi ürettiğiyle 3,84 kişiyi besleyebilmektedir. Aynı değer Avrupa'da 18,72 , ABD'de ise 43,47'dir. Ülkesel ölçekte, sosyal ve ekonomik alanda büyük sorunlar yaşanmadan hedeflenen ve gerekli olan dönüşüm için tarımsal mekanizasyonun rolü ve etkinliği dikkatle ele alınması gereken önemli bir konudur.

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1) Tarımsal mekanizasyon nedir? Bir işletme için tarımsal mekanizasyon uygulamalarının önemini örneklerle açıklayınız.
- 2) Sürdürülebilir tarım ile tarımsal mekanizasyon arasındaki ilişkiyi, çevresel, sosyal ve ekonomik duyarlılıklar ekseninde açıklayınız.
- 3) Enerji makinası ve iş makinası deyimlerini açıklayarak iş makinalarını sınıflandırıp örneklerle açıklayınız.
- 4) Tarımsal üretim teknolojilerini sıralayarak tarımsal mekanizasyonun bu teknolojiler içerisindeki yerini örneklerle açıklayınız.
- 5) İşletmelerde tarımsal mekanizasyonun olumlu ve olumsuz özellikleri nelerdir? Selektif mekanizasyonun tanımını yaparak önemini vurgulayınız.
- 6) Bir ülkedeki veya herhangi bir işletmedeki tarımsal mekanizasyon düzeyi hangi kriterlere dayalı olarak belirlenir? Açıklayınız.
- 7) Türkiye'nin en son verilere göre tarımsal mekanizasyon düzeyi nedir? Bu değeri AB ülkeleri ortalaması ile karşılaştırınız. Türkiye'de bölgeler arası mekanizasyon düzeylerindeki farklılıklar nelerdir, özetleyiniz.
- 8) Ortalama işletme büyüklüğü ile mekanizasyon yatırım olanakları arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

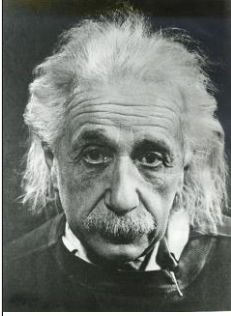
KAYNAKLAR

- ANONİM, 2000.** Tarım Alet Ve Makinaları Sanayii Ve Rekabet Edebilirlik Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı). T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara 2000. 255 sayfa.
- ASAE, 1999.** CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume III (*Plant production engineering*). Edited by CIGR—The International Commission of Agricultural Engineering. 660 sayfa.
- BAŞÇETİNÇELİK, 2003.** Sabandan Uyduya (*basılmamış derleme*). Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü.14 sayfa.
- FAO, 1990.** Agricultural Engineering in Development: Selection of Mechanization Inputs. FAO Agricultural Services Bulletin: 84, Roma, Italy.Lönnemark, H., 1967. Multifarm Use of Agricultural Machinery. FAO Agricultural Development Paper No: 85, FAO, Roma, Italy.
- LANDERS, A., 2000.** Resource Management: Farm Machinery-Selection, Investment and Management. Farming Press, United Kingdom, 151s.
- SABANCI, A., 1998.** Türkiye’de Tarımsal Mekanizasyon Gelişim ve Eğilimi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dekanlığı, Yayın No: 132, Adana.
- SINDIR, K.O., 1999.** Tarımda Makine Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Daire Başkanlığı, Ankara. 91 sayfa.
- SÜMER, S. K., SAY, S., HAS, M., SABANCI, A., 2003.** Türkiye’de Ekonomik Traktör Parkı ve Gelişimi. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2003, 18(4):45-52.
- TEZER, E., A. SABANCI, 1997.** Tarımsal Mekanizasyon 1. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:44 Ders Kitapları Yayın No:A-7, Adana. 166 sayfa.
- ZEREN, Y., 1991.** Türkiye’de Traktör, Biçerdöver ve Tarım İş Makinaları İmalat Sanayinin Durumu ve Yönelimi (Çoğaltma). Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Mekanizasyon Bölümü. 30 sayfa.

2. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Enerjinin Tanımı ve Özellikleri

Enerji, fiziğin temel büyüklüklerindedir. Enerji doğrudan ölçülemeyen bir değerdir. Fiziksel bir sistemin durumunu değiştirmek için yapılması gereken *iş yoluyla* veya enerji türüne göre değişik *hesaplamalar* ile belirlenebilir. Bu açıdan anlam olarak *işe dönüştürülebilir bir şey* olduğu söylenebilir. *Albert Einstein* (1879-1955) enerjinin kütle ile orantılı olduğunu aşağıdaki eşitlikle tanımlamıştır.



Resim 1. Albert Einstein

$$E = mc^2 \quad (2.1)$$

Eşitlikte;

E = enerji (kgm²/s²)
m = kütle (kg) ve
c = hızdır (m/s).

Enerji, fiziksel bir sistemin ne kadar *iş* yapabileceğini veya ne kadar *ısı* transferi yapabileceğini belirleyen bir durum fonksiyonudur. *Enerji* iş yapabilme yeteneğidir. Enerjisi olan sistemler iş yapabilme yetisine sahiptirler. Enerji birimi *Joule (J)*'dür. Bu birim 1818-1889 yılları arasında yaşamış İngiliz bilim adamı *James Prescott Joule*'un (Resim 2) anısına *JOULE* olarak adlandırılmıştır. *Termodinamiğin birinci yasasına* göre (enerjinin korunumu yasası); kapalı bir sistemin toplam enerji miktarı daima sabittir. Enerji yok edilemeyeceği gibi parçalanamaz, ama bir biçimden diğerine dönüştürülebilir. Yalıtılmış bir sistemin içerdiği enerjilerin toplamı zamanla değişmez.



Resim 2. James Prescott Joule

Termodinamiğin ikinci yasası dikkate alınarak enerji kalitesi için bir ölçüt belirlenebilir. *Termodinamiğin birinci yasasını* kısıtlayan ikinci yasaya

göre, ısı enerjisinin tamamı işe dönüştürülemez. Diğer taraftan, işin tamamı ısı enerjisine dönüştürülebilir. Enerjinin sürekli olarak diğer bir enerji türüne dönüştürülemeyeceği gerçeği, enerji kavramının alt bölümlerini gündeme getirir. Enerji, diğer bir enerji türüne dönüştürülebilen ve dönüştürülemeyen bölüm olmak üzere iki bölümden oluşur. Enerjinin diğer bir enerji türüne dönüştürülebilen bölümü kullanılabilir enerji (*ekserji*), dönüştürülemeyen bölümü ise kullanılmayan enerji (*anerji*) olarak adlandırılır.

2.2. Enerji Türleri

2.2.1. Mekanik Enerji

Faydalı iş yapabilen hareket enerjisidir. Hareket enerjisi (kinetik enerji) bir iş yaptığında mekanik enerji olarak ortaya çıkmaktadır. Elektrik santrallerinde türbine çarpan suyun mekanik enerjiye dönüştüğü gibi, pense ile kablo keserken, tornavida ile vida sıkarken vb. durumlarda da mekanik enerji üretilir. Elde edilen mekanik enerji ile her hangi bir iş yapılabileceği gibi elektrik de üretilebilir. Mekanik enerji, *kinetik* ve *potansiyel enerji* olmak üzere iki çeşittir.

2.2.1.1. Potansiyel Enerji

Bir nesnenin konumundan dolayı, diğer nesnelere bağlı olan enerjisidir. Depolanmış enerji olarak da adlandırılır. Cisimlerin buldukları fiziksel durumlarından ötürü depolandığı kabul edilen enerjidir. *Potansiyel enerji*, her an iş yapabilecek (iş yapabilme potansiyeline sahip) sistemlerde depolanan enerji olarak tanımlanabilir.

Potansiyel enerji, *yükseklik potansiyel enerjisi* ve *esneklik potansiyel enerjisi* olmak üzere iki şekilde incelenir. *Yükseklik potansiyel enerjisi*, cismin konumundan dolayı sahip olduğu enerji olarak tanımlanır.

$$E_p = m \times g (h_2 - h_1) \quad h_2 > h_1 \quad (2.2)$$

$$E_p = m \times g \times h$$

Eşitlikte;

- E_p = potansiyel enerji ($\text{kg m}^2/\text{s}^2$),
- m = kütle (kg),
- g = yerçekimi ivmesi (m/s^2) ve
- h = yüksekliktir (m).

Esneklik potansiyel enerjisi: esnek cisimlerin gergin veya sıkışık konumda iken depoladıkları enerjidir. Bir yayın s kadar sıkıştırıldığını düşünelim. Bu durumda yayda depolanan enerji aşağıdaki gibi belirlenir.

$$W = \frac{1}{2} k \times s^2 \quad (2.3)$$

Eşitlikte; k = yay sabitidir.

2.2.1.2. Kinetik Enerji

Hareketin neden olduğu enerjidir. *Kinetik enerji*, hareket eden cisimlerin sahip olduğu enerji şeklidir. Enerji iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. İş bağıntısı dikkate alınarak, kinetik enerji bağıntısı aşağıdaki gibi elde edilir.

$W = F \times s$ bağıntısında, kuvvet yerine $F = m \times a$ değeri yerine konulursa, iş bağıntısı $W = m \times a \times s$ olarak elde edilir. Bu bağıntıda, ivme yerine $a = (v_2 - v_1) / t$ ve yol yerine $s = (v_1 + v_2) \cdot t / 2$ bağıntıları yerine konulursa, kütle m , hızı v olan bir cismin sahip olduğu kinetik enerji aşağıdaki gibi belirlenir.

$$E_k = \frac{1}{2} m \times v^2 \quad (2.4)$$

m kütleli bir cisim hem dönüyor, hem de öteleme hareketi yapıyorsa (doğrusal olarak hareket ediyorsa), bu cismin sahip olduğu kinetik enerji aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$E_k = \frac{1}{2} m \times v^2 + \frac{1}{2} I \times \omega^2 \quad (2.5)$$

Eşitlikte; I = cismin atalet (eylemsizlik) momenti ve ω = açısal hızdır.

2.2.2. Isı Enerjisi

Isı, maddedeki atom veya moleküllerin toplamının ortalama kinetik enerjisidir. Isı bir enerji türüdür. *Isıtmak*, maddedeki taneciklerin birbiriyle yaptıkları çarpışmaları attırma işlemidir. *Termodinamiğin birinci yasasına* göre, ısı bir enerji biçimi olup, mekanik işten elde olunabileceği gibi mekanik işe de dönüştürülebilir. Isı enerjisi, kömür, petrol, linyit, doğalgaz gibi yakıtların yakılmasıyla açığa çıkar.

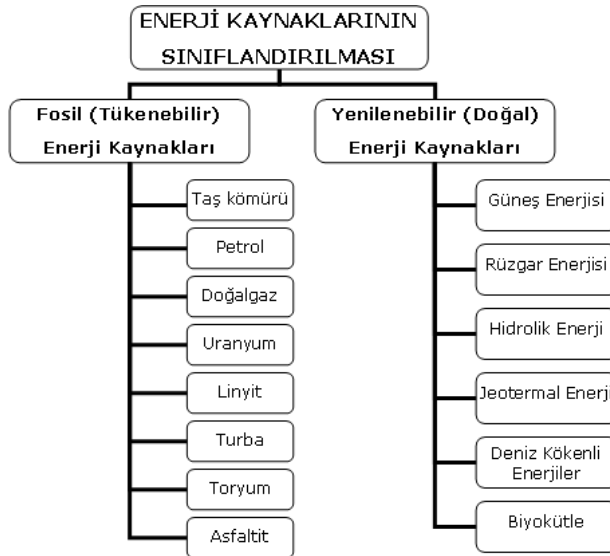
Isının büyüklüğü, *şiddeti* ve *miktarıyla* belirtilir. Isının şiddetine *sıcaklık* denir. *Sıcaklık*, ısı alan veya ısı veren maddenin durumunu tanımlayan bir özelliktir. Sıcaklık ve ısı kavramları birbirinden farklıdır. *Sıcaklık*, bir madde içerisindeki atomların veya moleküllerin düzensiz hareketleri ile ilişkili ortalama kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür. Sıcaklık genellikle; *Kelvin*, *Celsius* veya *Fahrenheit* birimleriyle verilir.

2.2.3. Kimyasal Enerji

Atomlar arasındaki kimyasal bağlar nedeni ile oluşan enerji olup, kimyasal bağlar tarafından depolanmış olan enerjidir. Kimyasal tepkime sonucunda ortaya çıkan enerjiye *kimyasal enerji* adı verilir. Pil ve aküler kimyasal enerjiyi elektriğe dönüştüren düzeneklerdir. Kimyasal enerji; mekanik, ısı ve ışık enerjisine dönüştürülebilir.

2.3. Enerji Kaynakları

Bir maddenin veya maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği biçiminde tanımlanan enerji, çeşitli kaynaklardan yararlanılarak üretilir. *Enerji kaynakları*, herhangi bir yöntemle enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Dünya üzerindeki enerji kaynakları, oluşumlarına bağlı olarak fosil ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılabilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması

2.3.1. Fosil Enerji Kaynakları

Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtlar fosil yakıtlardır. Günümüzde kullandığımız enerjinin pek çoğu fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Milyonlarca yıl boyunca, bitkilerin ve hayvanların çürümesi ile fosil yakıtlar oluşmuştur. Fosil yakıtlar delerek (sondaj) veya kazarak yeryüzüne çıkarabilir. Şu anda da yeraltında ısı ve basınçla bu yakıtlar oluşmaktadır. Ancak, fosil yakıtların oluşma hızı, tüketilme hızlarından çok daha düşüktür. Bu nedenle, fosil yakıtlar kısa süreçte *yenilenemeyen enerji kaynakları* olarak değerlendirilir.

Özellikle nüfus artışı, şehirleşme ve endüstrileşme fosil yakıtlarla karşılanan enerji gereksiniminin artmasına neden olmaktadır. Fosil yakıtların tükenmesi ve fiyatlarının devamlı artmasının yanı sıra, yanmaları sonucu çevreye verdikleri zararlar ve insan sağlığı üzerindeki etkileri de önemlidir. Endüstri devriminin başlangıcından bu yana giderek artan ve aşırı boyutlara ulaşan, artışı tükenme pahasına sürdürülen fosil yakıt kullanımı, enerji-çevre sorunlarının oluşmasının temel nedenidir.

2.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Fosil enerji kaynaklarına göre insan ve çevresi açısından daha az zararlı olan güneş, hidrolik, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve deniz enerjileri gibi doğal enerji kaynaklarına *yenilenebilir enerji kaynakları* denir (Çizelge 2.1). Fosil yakıtların insan ve çevresine olan olumsuz etkileri ve rezervlerinin tükenmekte olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmıştır.

Çizelge 2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi

Değerlendirme Ölçütü	Yenilenebilir Enerji Kaynakları				
	Güneş ısı	PV	Hidrolik	Rüzgar	Gel-git
Yatırım maliyeti	Fazla	Fazla	Çok fazla	Orta	Çok fazla
İşletme maliyeti	Orta	Orta	İhmal edilebilir	Düşük	İhmal edilebilir
Etkinlik	% 15	% 5-10	% 80	% 42	% 25
Yenilenebilme	Evet	Evet	Evet	Değişken	Evet
Depolama	Gerekli değil	Net değil	-	Önemli	Net değil
Kirlilik	Yok	Atık ısı	Yok	Görsel	Yok
Birim maliyet	25 sent/kWh	16 sent/kWh	4 sent/kWh	4.5 sent/kWh	Bilinmiyor
Çevresel etkiler	Orta	Fazla	Çok fazla	Az	-
Büyük ölçekli	Çok pahalı	Çok pahalı	İyi	Çok olası	Ayrı bölgelerde
Küçük ölçekli	Hayır	Zor	Mümkün	Mümkün	Hayır
Birim kapasite	1000 MW	-	2000-6000 MW	Çok değişken	250 MW

Günümüz Türkiye'sinde yenilenebilir kaynaklardan en çok klasik biyokütle enerji ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Jeotermal enerjiden yararlanma üçüncü sırada yer almakla birlikte, kullanımı sınırlıdır. Güneş enerjisi kullanımı düşük düzeyde iken, rüzgar enerjisi kullanımı giderek artış göstermektedir.

2.3.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan *ışınım enerjisi*dir. Güneş, atom çekirdeklerini bir araya kaynatarak enerji üreten bir füzyon reaktörü olarak dikkate alınabilir. Güneş enerjisi, çeşitli termonükleer reaksiyonlar sonucunda hidrojenin üç atom ağırlığındaki helyum izotopları ile dört atom ağırlığındaki orijinal helyuma dönüşmesiyle oluşmaktadır. Güneşte her bir saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmektedir. Bu dönüşüm sırasında kaybolan 4 milyon ton kütleden ise 38×10^{22} kJ enerji açığa çıkmaktadır (Ültanır, 1987).

Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlardan oluşur. Hava küre dışına gelen güneş ışınlarının dalga boyları, morötesinden kırmızı altına kadar uzanır. Başka bir deyişle, güneş ışınlarının dalga boyları 0.1–3 μm arasında değişir. Güneşten gelen ışınların dağılımına bakıldığında, bunların % 9'u mor ötesi bölgede, % 45'i görünür ışık bölgesinde ve geri kalan % 46'sı kırmızı altı bölgesinde yer almaktadır. Bu ışınlar, güneş ile dünya arasındaki uzaklığı yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşırlar. Dünyanın dışına, yani hava kürenin dışına güneş ışınlarına dik bir metrekare alana bir saniyede gelen güneş enerjisi, 1357 J değerindedir. Bu değer, tanım gereği yıl boyunca değişmez varsayılabilir. Bu sayı *güneş sabiti* olarak bilinir. Güneşten dünyaya 1.7×10^{11} MW ısı güç gelmektedir. Dünyaya bir yılda gelen güneş enerjisi 700 milyar ton petrole eşdeğerdir (TEV, 1994).

2.3.2.1.1. Güneş Enerjisi Dönüşümleri

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık % 30'u yansıma ve saçılmalarla uzaya geri gider. Yaklaşık % 20'si hava kürede soğurulur. Gelen enerjinin geri kalan % 50'si yeryüzünde soğurulur. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinden doğal ve yapay dönüşümler ile yararlanılır (Çizelge 2.2). Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar son yıllarda giderek önem kazanmıştır.

Çizelge 2.2. Güneş Enerjisi Dönüşümleri

Güneş Enerjisi Dönüşümleri	
Doğal Dönüşümler	Yapay Dönüşümler
➤ Toprak ve suyun ısınması	➤ Güneş ışınımı→ısı (toplaçlar)
➤ Fotosentez	➤ Güneş ışınımı→elektrik (güneş pilleri)
➤ Su döngüsü	➤ Su gücü→mekanik→elektrik (barajlar)
➤ Rüzgar ve dalga oluşumu	➤ Rüzgar→elektrik-mekanik (türbinler)
➤ Doğal yangınlar	➤ Biokütle→ısı-gaz ve sıvı yakıt (biyokütle çevrim teknikleri)
	➤ Fosil yakıt→ısı-elektrik (elektrik ve ısı üretim merkezleri)
	➤ Güneş mimarlığı uygulamaları

Yeryüzüne ulaşan bu güneş enerjisi doğal dönüşümlere uğrar. Bu dönüşümlerden birisi de, suların buharlaştırılarak dünyadaki su döngüsünün sağlanmasıdır. Diğer önemli bir doğal dönüşüm fotosentezdir. Bitkiler, gelen güneş enerjisini kullanarak fotosentez yapar ve böylece biyokütle oluşur. Güneş enerjisinin bir diğer dönüşümü de, rüzgarlar ve deniz dalgalarıyla okyanus akıntılarıdır. Rüzgarların oluşmasında, havanın daha sıcak veya daha soğuk olmasından kaynaklanan basınç farklılıkları etkin olur. Bu ısınma ve soğumalarda da güneş etkin rol oynar. Deniz dalgaları ve akıntıları temelde rüzgarın etkisiyle ortaya çıkar.

2.3.2.1.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinden, ısı ve elektrik üretimi amacıyla yararlanılabilir. Güneş enerjisinin kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ültanır, 1998):

- Kullanım suyu ısıtma
- Yüzme havuzu ısıtma
- Kaynatma ve pişirme
- Bitkisel ürünlerin kurutulması
- Su damıtma
- Yapılarda aktif ve pasif ısıtma ve iklimlendirme
- Sanayi için işlem ısı üretimi
- Termodinamik veya elektriksel çevrimli sulama suyu pompajı
- Toplu yerleşim ünitelerinde ısı ve elektriğin birlikte üretimi
- Otoprodüktör veya şebeke bağlantılı elektrik üretimi
- Fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirme

2.3.2.1.3. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi sistemleri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

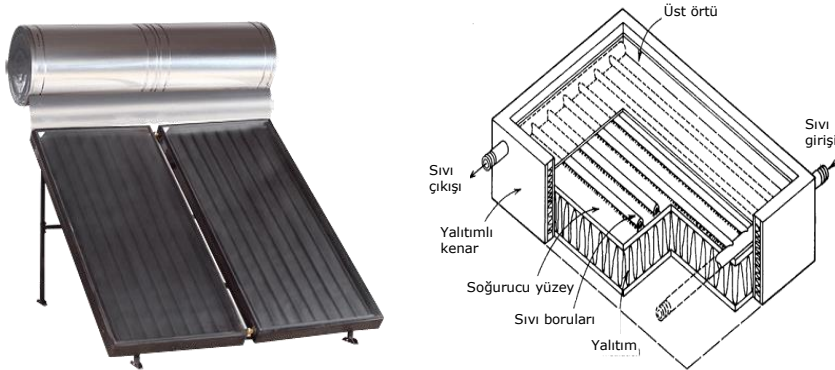
- 1) Güneş ısı sistemleri
- 2) Güneş elektrik sistemleri

Güneş Isıl Sistemleri

Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Güneş ısı sistemlerinin düşük ve yüksek sıcaklıktaki uygulamaları vardır. Düşük sıcaklıktaki uygulamalar; yapıların ısıtılmasını, konut, sanayi ve tarımda çeşitli ısı gereksinimlerinin karşılanmasını kapsarken, yüksek sıcaklıktaki uygulamalar buhar üretiminden maden eritmeye kadar uzanmaktadır. Isıl uygulamalar içinde su ısıtıcılar, yapıların ısıtılması ve soğutucular önemlidir. Güneş enerjisinin diğer ısı uygulamaları kurutma, su damıtma, sıcak hava motorları ile diğer termodinamik ısı çevrimler olup, tarımda ve çeşitli sanayi kesimlerinde bu uygulamalardan yararlanılabilir (Ültanır, 1998).

Güneş Toplaçları

Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır (Şekil 2.2). Güneş toplaçları; konutlar, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için sıcak su sağlanması amacıyla kullanılır. verilmiştir. Toplaçlar, yörenin enlem derecesine bağlı olarak en yüksek oranda güneş alacak şekilde, belirli bir açıyla yerleştirilir.



Şekil 2.2. Düzlem toplaç ve bileşenleri

Vakum borulu güneş toplacı (Şekil 2.3); vakum boru, tank, sızdırmazlık elemanları ve taşıyıcı elemanlardan oluşur. Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse soğurucu yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal veya cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100–120°C), düzlem toplaçlardan daha geniş kullanım alanına sahiptirler. Vakum borulu sistemlerde, her bir vakum boru iç-içe geçmiş iki adet cam borudan oluşur. Vakum boru, iç-içe geçmiş iki cam borunun üst kısımlarından ve büyük borunun alt kısmının kaynatılması sonucunda oluşur. İki boru arasındaki hava, büyük borunun alt kısmından emilerek dışarı atılır ve sızdırmazlığı sağlanır. Böylece, vakum ortamı oluşur ve ısı kayıpları en düşük seviyeye iner.

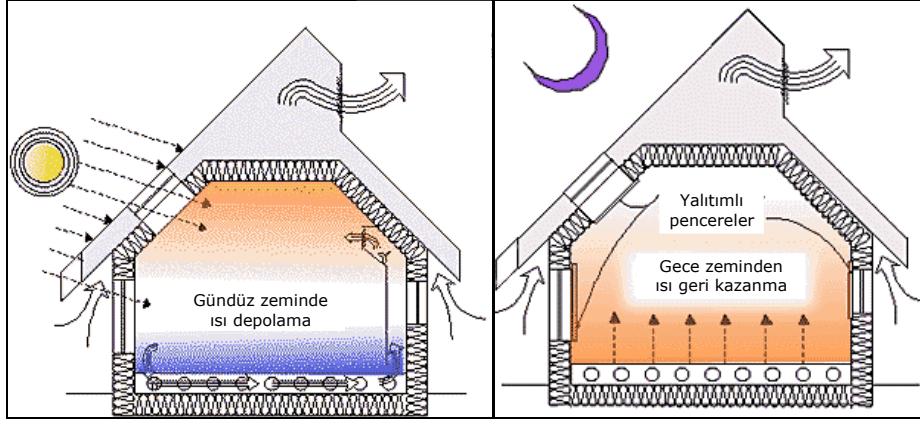


Şekil 2.3. Vakum borulu güneş toplacı ve çalışma ilkesi

Güneş Mimarisi

Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle güneş enerjisiyle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Güneş mimarisine uygun tasarımlarda bina ısıtılmasında *aktif* ve *pasif ısıtma* ve *soğutma* teknikleri uygulanır. *Aktif sistemlerde*, güneş enerjisinin toplanması ve ısıtılacak hacimlere iletilmesi mekanik elemanlar yardımıyla gerçekleştirilir (Şekil 2.4).

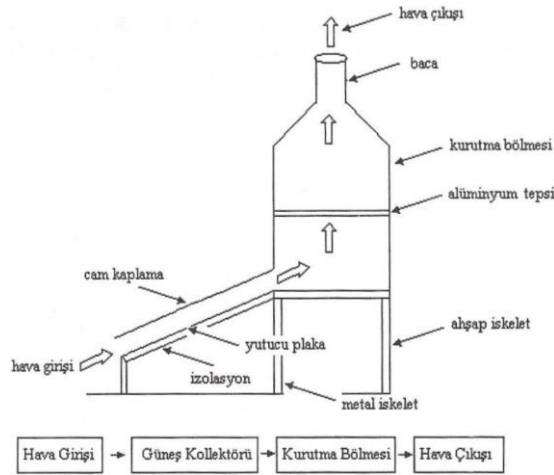
Pasif ısıtma sisteminde ise, güneş enerjisinin toplanması ve ısıtılacak ortama iletilmesi için mekanik elemanlar gerekli değildir. Bu sistemde güneş enerjisinin toplanması için, binanın güney cephesinde yeterli büyüklükte geçirgen yüzeylerden yararlanır. Isının soğurulması, depolanması ve dağıtım amacıyla ısı kütlesi kullanılır.



Şekil 2.4. Konutlarda aktif güneş enerjisi uygulamaları

Ürün Kurutma

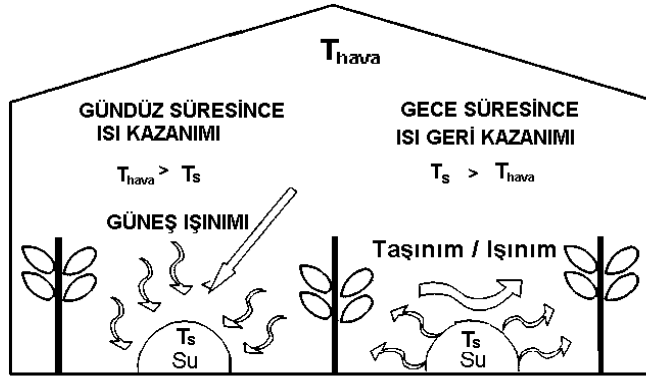
Güneş enerjili bir kurutucu (Şekil 2.5); (1) üfleme bölgesi (fan), (2) havayı ısıtma bölgesi (güneş toplacı) ve (3) kurutma bölgesi (kurutucu odası) olmak üzere en az üç bileşenden oluşur. Güneş enerjili kurutucular, işletme maliyetlerinin çok düşük olmasından dolayı birçok gıdanın kurutulmasında kullanılabilir. Yatırım maliyetleri ise diğer kurutucular ile eşdeğer durumdadır. Bu tip kurutucular, meyve ve sebzelerin yanı sıra hububat, baharat, çay ve kahve kurutulmasında kullanılabilir. Güneş enerjisi kullanılarak geliştirilen kurutucularda hava, güneş toplaçlarında ısıtılır. Isınan hava kurutulacak olan gıdaların bulunduğu bölümden geçirilerek suyun buharlaştırılması sağlanır.



Şekil 2.5. Güneş enerjili kurutucu (Atmaca, 2003)

Sera Isıtma

Sera ısltmada güneş enerjisinden etkin olarak yararlanabilmek için, güneş ışınımının ısı enerjisine dönüştürülmesi amacıyla uygulanan yöntemlere bağılı olarak, değışik şekillerde tasarlanabilen güneş enerjili ısltma sistemlerinden yararlanılabilir. Sera ısltmada uygulanan güneş enerjili ısltma sistemleri; ısı toplama ve depolama ünitelerinin düzenlemesine bağılı olarak *pasif* ve *aktif sistemler* şeklinde incelenebilir. *Güneş enerjili pasif ısltma sistemlerinde* (Şekil 2.6), ısı toplama ünitesi sera içerisindedir veya sera güneş ışınımından en yüksek oranda enerji kazanımına uygun olarak tasarlandığından, seranın kendisinden bir toplaç olarak yararlanır. Gündüzleri güneşten kazanılan ısı, bir akışkan aracılığıyla ısı depolama materyalinde depolanır. Isıtma gereksinimi olduğıunda ise geri kazanılır.



Şekil 2.6. Güneş enerjili pasif ısltma sistemi

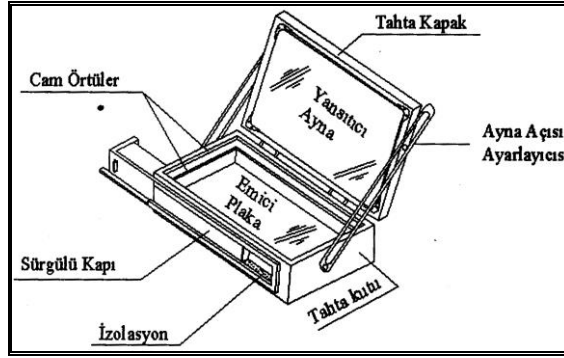
Güneş enerjili aktif ısltma sistemlerinde ise, seradan bağımsız durumda tasarlanan ısı toplama ve depolama ünitelerinden yararlanır. Sera örtüsüyle güneş ışınımından kazanılan ısı enerjisiyle birlikte, aktif ısltma sistemindeki ısı toplama ünitesiyle toplanılan ısı enerjisi uygun şekilde depolanarak, ısı gereksiniminin önemli bir bölümü karşılanır.

Güneş Enerjili Pişiriciler

Güneşli enerjili pişirici, güneş ışınım enerjisini ısı enerjisine dönüştüren bir ısı değıştirici işlevine sahip basit bir ayardır. Güneşli pişiricilerde ışınım enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesi, *soğurma* ve *yoğunlaştırma (odaklama)* ilkelerine bağılı olarak gerçekleşir. Güneş ışınımının

soğurulduğu veya yoğunlaştırıldığı materyal veya yüzeyin sıcaklığı yükselir. Güneşli pişiricideki pişirme işleminde, güneş ışınımından kazanılan enerji ile ısınarak sıcaklığı yükselen materyal veya ortamın ısı enerjisinden yararlanır.

Güneşli pişiriciler genel olarak, kutu tipi güneşli pişirici ve yoğunlaştırıcı tip güneşli pişirici olmak üzere iki grup altında incelenebilir. *Kutu tipi pişiriciler*, üst tarafında penceresi bulunan kapalı bir kutu şeklinde tasarlanabilir (Şekil 2.7). *Yoğunlaştırıcı tip pişiricilerde*, geniş bir yüzeye düşen güneş ışınları, şekillendirilmiş aynalar veya yansıtıcı yüzeyler ile daha küçük emici yüzeylere yansıtılır.



Şekil 2.7. Güneş enerjili kutu tipi pişirici (Esen ve Ark., 1999)

2.3.2.1.4. Güneş Elektrik Sistemleri

Güneş enerjisinden iki yöntemle elektrik üretilir (Ültanır, 1998):

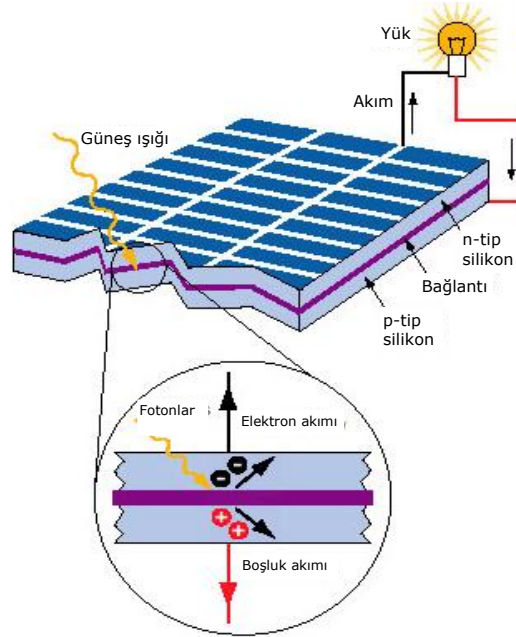
- 1) *Doğrudan yöntem*: Fotovoltaik, termoelektrik ve termoyonik çeviriciler yer alır. Büyük çapta elektrik üretimi için bunlardan yalnızca fotovoltaik (PV) sistemler kullanılabilir.
- 2) *Dolaylı yöntem*: Güneş termik elektrik üretimidir. Güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, klasik termik santrallerde olduğu gibi *türbin-jeneratör ünitesi* ile elektrik üretilir.

Güneş Fotovoltaik Elektrik Üretimi

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren *yarı iletken maddelerdir*. Yüzeyleri

kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0.2–0.4 mm arasındadır. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektriğe dönüştürülebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel veya seri bir durumda bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya *güneş pili modülü* veya *fotovoltaik modül* adı verilir.

Güneş pilleri *fotovoltaik ilkeye* bağlı olarak çalışırlar (Şekil 2.8). Diğer bir deyişle, üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektriğin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Yarı-iletken özellik gösteren birçok madde arasında güneş pili yapmak için en elverişli olanlar; silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi maddelerdir.



Şekil 2.8. Güneş pilinin çalışma ilkesi

Güneş pilleri, elektrik gerekli olan her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili sistemleri *şebekeden bağımsız* ve *şebeke bağlantılı* olmak üzere ikiye ayrılır. *Şebekeden bağımsız güneş pili sistemlerinde*, belirli bir birimin elektrik gereksinimini sağlayan güneş pili veya PV modüller kullanılır. *Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri*, *dağınık PV güç sistemleri* olabileceği gibi, *PV santralleri* biçiminde de olabilir (Ültanır, 1998).

2.3.2.2. Rüzgar Enerjisi

2.3.2.2.1. Tanımı ve Oluşumu

Rüzgar, havanın dünya yüzeyine yakın ve atmosfer içerisindeki doğal hareketleridir. *Rüzgar*, alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır. Yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hareket eden hava, *rüzgar* olarak adlandırılır. Rüzgar, ısınan havanın dünyanın dönme gücü ile savrulması sonucunda oluşur. *Rüzgar enerjisi*, hız enerjisine dönüşmüş güneş enerjisidir.

Rüzgar, devinen havadır. Bu devinim bir vektör boyunca belirli bir kuvvettir. Bunun sonucunda rüzgar, *hız* ve *yön* olmak üzere iki değişkenle ölçülür. Rüzgarın hızı ise *anemometre* ile ölçülür. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün belirlediği standart ölçüm yüksekliği 10 metredir.

2.3.2.2.2. Rüzgarın İş Yapabilme Yeteneği

Rüzgar hızı ile taşıdığı enerji arasında önemli bir ilişki vardır. Rüzgar yükünün taşıdığı enerji, ortalama rüzgar hızının küpü ile orantılıdır. Rüzgarın taşıdığı enerjinin hızının küpü ile orantılı olması, rüzgar enerjisinin ekonomik potansiyelini ortaya koymaktadır. Esen rüzgarın engellere çarparak durdurulması ile ortaya çıkan enerji, hızın iki katına yükseltilmesi durumunda, frenleme enerjisi dört kat daha fazla olacaktır.

Hareket halinde olan her cismin bir kinetik enerjisi vardır. V hızı ile hareket eden m (kg) hava kütlesinin kinetik enerjisi (E_k ; Nm veya J) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E_k = \frac{1}{2} m \times V^2 \quad (2.6)$$

Hareket eden havanın yoğunluğu ρ (kg/m³) ile, hava kütlesinin hacmi V_h (m³) ile belirtilirse, kinetik enerji eşitliği aşağıdaki şekli alır.

$$E_k = \frac{1}{2} \rho \times V_h \times V^2 \quad (2.7)$$

Hareket halindeki hava kütlesi, süpürme alanı A (m²) olan rüzgar kuvvet makinasının çarkına dikey yönde çarptığı zaman, çarpan hava kütlesinin içinde bulunan kinetik enerjinin bir kısmı frenlenir. Frenlenen enerji, enerjinin korunumu ilkesine göre, rüzgar kuvvet makinasının çalıştırılmasında kullanılır. Rüzgar çarkına çarpan havanın debisi (m³/s),

$$Q = A \times V \quad (2.8)$$

olduğundan, çarka çarpan havanın birim zamanda yapabileceği iş aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$N_o = \rho/2.V \times A \times V^2 = \rho/2.V^3 \times A \quad (2.9)$$

Rüzgarın iş yapabilme yeteneğine; hızı ve hava yoğunluğu etki eder. Rüzgar hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpü ile orantılı biçimde artar. Rüzgarın sağlayacağı enerji, gücüne ve esme saati sayısına bağlıdır. Havanın özgül kütlesi az olduğundan, sağlanacak enerji rüzgar hızına bağlıdır.

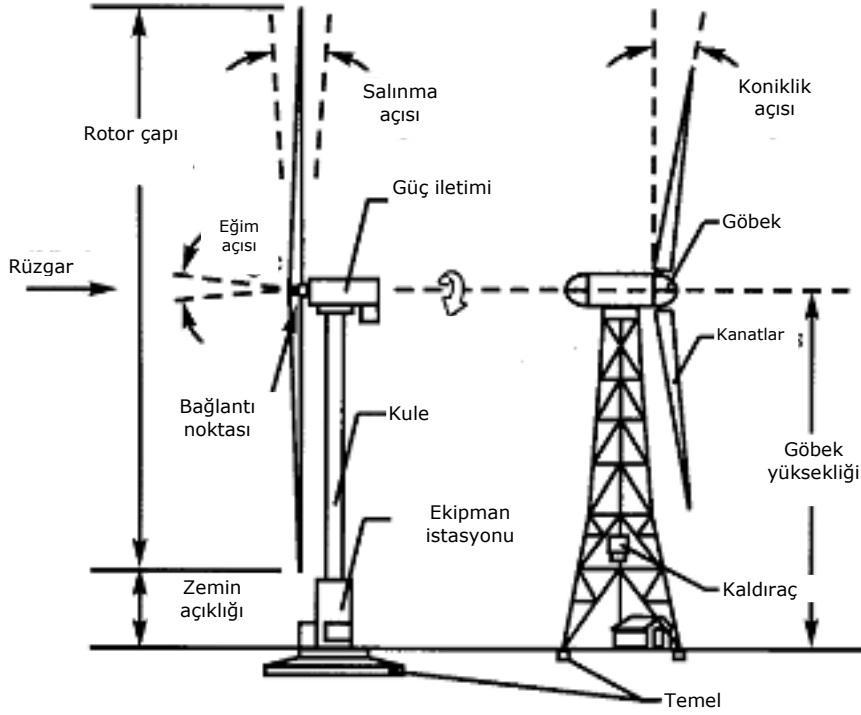
2.3.2.2.3. Rüzgar Türbini

Bir hava akışı şeklinde ilerleyen rüzgarın, önüne bir engel konulması veya sabit bir engelle karşılaşması halinde, rüzgar bu engel üzerine basınç yapar. Rüzgara karşı konan engelin hareket yeteneği, rüzgar enerjisini mekanik enerjiye çevirebilir. Bu ilkedan hareketle, bir mil etrafında dönebilecek olan tambur veya pervanenin rüzgar etkisi ile dönmesi mümkündür. Günümüzde bu ilkedan hareketle, rüzgarı döner bir türbin ile frenleyerek, mekanik enerjiye dönüştürme teknolojisi gerçekleştirilmiştir. Bu teknolojiye *rüzgar türbini teknolojisi* adı verilir (Yerebakan, 2001).

Rüzgar türbini esas olarak, rüzgar etkisiyle dönen bir pervaneye bağlı bir *alternatörden* oluşur. Alternatördeki bir mıknatıs (rotor), içinde döndüğü sarımda (stator) bir elektrik gerilimi oluşturur. Sonuç olarak, bu iletken sarımda elektrik akımı oluşur. Daha sonra bu elektriğin gerilim ve akım düzeyi, trafo gibi araçlarla istenilen düzeylere ayarlanır. Dolayısıyla bir rüzgar türbini; pervane, buna bağlı bir alternatör ve ardından gelen, voltaj ve akım düzenleyici veya dönüştürücülerinden oluşur.

Rüzgar türbini (Şekil 2.9), esen rüzgarın kuvvetini kanatları ile değiştirerek dönme kuvvetine dönüştüren mekanizmadır. Doğrusal kuvveti, tork veya dönme kuvvetine dönüştüren kanatlar, bir enerji jeneratörünün dönme miline yataklanmıştır. Rüzgarın türbine taşıdığı enerji; kanat yüzey alanı, hava yoğunluğu ve rüzgar hızına bağlı olarak değişir.

Türbin kanatları, enerji dönüşüm teknolojisine göre rotor işlevine sahiptir. Kanatların toplam yüzey alanı, esen rüzgardan ne kadar enerji kazanılabileceğini belirtir. Kanatların yüzey alanı, kanat uzunluğu ve kanat açıklığının karesi ile orantılıdır. Kanat açıklığı iki kat arttığında, kazanılabilecek enerji dört kat artar (Yerebakan, 2001).



Şekil 2.9. Yatay eksenli rüzgar türbininin bileşenleri

Rüzgar Türbini Bileşenleri

Bir rüzgar türbininde başlıca şu üniteler bulunur :

- Dişli kutusu
- Frenleme düzeni
- Rotor
- Yönlendirme mekanizması
- Jeneratör
- Kule
- Otomatik yöneltme düzeni
- Anemometre

Günümüzde en çok 2 ve 3 kanatlı rotor tasarımları yapılmaktadır. 2 kanatlı türbinler, 3 kanatlılara göre rüzgar doğrultusuna ters yerleştirilirler.

Türbinler genel olarak yatay eksenli olarak tasarlanmakla birlikte, dikey eksenliler de üretilmektedir. Rüzgar türbinin beklenen ömrü 20–30 yıl arasındadır. Rüzgar türbinlerinin kanatları cam elyafı polyester malzemeden yapılır. Kuleler ise, çelik boru şeklinde, kafes tipi veya betondan üretilir. Rüzgar türbinleri; 1, 2 veya 3 kanadı olan, yüksek hızda çalışan makinalardır. Türbin kanatları sabit veya değişken açılı olabilir. Kanatlar, rüzgarı alır ve rüzgar gücünü motora iletir. Rotor kanatlarının sayısı tasarımcıya bağlı olarak

değişmekle birlikte, son yıllarda 3 kanatlı rotorlar üretilmektedir. Rotor kanatlarının tasarımında; cam elyaf-polimer ve kaliteli elyaf kullanılmaktadır.

Devirleri 1000–3000 devir/dak olan yüksek hızlı türbinlere yerleştirilen dişli kutularının dönme milleri, jeneratörü çevirir. Rüzgar türbinlerinde 3 değişik tip jeneratör kullanılmaktadır (Yerebakan, 2001):

- 1) Senkron jeneratör
- 2) Asenkron jeneratör
- 3) DC (şönt) jeneratör

Rüzgar türbinlerinde ucuz ve güvenilir olduklarından asenkron jeneratörler kullanılır. Yeni üretim türbinlerde bakım-onarım giderleri, yatırım maliyetlerinin % 1.5–2'si kadardır. Rüzgar türbinlerinin özellikle rotor kanatları ve vites kutusu diğer parçalarına kıyasla kısa sürede arızalanabilir. Kanatlar, vites kutusu veya üreteç türbin fiyatının % 15–20 arasında değişen kısmını oluşturur (Acaroğlu, 2003).

Rüzgar Türbini Gücü

Rüzgar türbinine bağlı jeneratör, mekanik enerjiyi elektriğe dönüştürür. Rüzgar enerjisi dönüştürme sistemleri 50 W ile 2–3 MW arasında mekanik veya elektrik gücü sağlayabilmektedir. Bir türbinin rüzgardaki enerjiyi elektriğe dönüştürme verimi *güç katsayısı* olarak tanımlanır. Bir rüzgar türbininden elde edilebilecek güç aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$P=1/2\rho\times v^3\times A\times C_p \quad (2.10)$$

Eşitlikte;

P	= türbin güç çıkışı, W	A	= süpürme alanı, m ² ve
ρ	= hava yoğunluğu, kg/m ³	C_p	= güç katsayısıdır.
v	= rüzgar hızı, m/s		

Rüzgar türbininin gücü, aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Rüzgar hızı
- Pervanelerdeki pal sayısı
- Pallerin uzunluğu
- Pallerin geometrisi

Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması

Rüzgar türbinleri Çizelge 2.3'deki gibi sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.3. Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması (Yerebakan, 2001)

<i>Güçlerine Göre Sınıflandırma</i>	<i>Ana Milin Konumuna (Dönme Eksenine) Göre Sınıflandırma</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Mikro türbinler (0-3 kW) • Küçük rüzgar türbinleri (<30 kW) • Büyük rüzgar türbinleri (200 kW-1.5 MW) • Çok büyük rüzgar türbinleri (5-10 MW) 	<ul style="list-style-type: none"> • Yatay eksenli rüzgar türbinleri • Düşey eksenli rüzgar türbinleri • Eğik eksenli rüzgar türbinleri
<i>Kontrol Sistemine Göre Sınıflandırma</i>	<i>Rüzgar ile Kanat Etkileşimine Göre Sınıflandırma</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Derece kontrollü türbinler • Yavaşlatıcı kontrollü türbinler • Aktif yavaşlatıcı kontrollü türbinler 	<ul style="list-style-type: none"> • Sürüklenme cihazlı türbinler • Kaldırma cihazlı türbinler

Rüzgar enerjisinden yararlanmak amacıyla, kurulacak olan rüzgar santralleri için yer seçiminde aşağıdaki ölçütler dikkate alınmalıdır:

- Ortalama rüzgar hızı
- Çevresel etkileşim
- İletim şebekesine yakınlık
- Gürültü
- Tarımsal yaşam
- Sosyo-ekonomik koşullar
- Yatırım maliyeti
- Bakım-onarım giderleri

2.3.2.3. Hidrolik Enerji

2.3.2.3.1. Tanımı ve Özellikleri

Suyun sahip olduğu enerjiye *hidrolik enerji* adı verilir. Yeryüzünde akan akarsuların içinde bulunan enerjiye, *akarsu enerjisi* adı verilir. Doğal kuvvetler, suya oldukça düzensiz, ancak sürekli bir döngü yaptırır. Böylece akış olayının sürekliliği sağlanır. Sular, sürekli ve pratik olarak sonsuz süreli bir çevrimi gerçekleştirir. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi, her yıl denizlerden, göllerden, nehirlerden ve derelerden çok fazla miktarda su buharlaştırır ve yükseklere çıkarır. Hava içindeki nem okyanuslara ve karalara yağmur, kar, sulu sepgen, dolu veya çığ şeklinde yağar.

2.3.2.3.2. Hidrolik Enerjinin Bileşenleri

Sabit bir su akımında başlıca aşağıdaki enerjiler bulunur:

$$\text{Potansiyel enerji} : E_p = m \times g \times h \quad (2.11)$$

$$\text{Basınç enerjisi} : E_b = P \times A \times L = P \times V_s = P \cdot (m/\gamma) \quad (2.12)$$

$$\text{Kinetik enerji} : E_k = (m \times v^2)/2 \quad (2.13)$$

Burada;

E_p = konum enerjisi (J),	P = suyun basıncı (N/m^2),
E_b = basınç enerjisi (J),	A = kesit alanı (m^2),
E_k = kinetik enerji (J),	L = suyun aldığı yol (m),
m = suyun kütlesi (kg),	V_s = suyun hacmi (m^3),
g = yerçekimi ivmesi ($9.81 m/s^2$)	γ = suyun özgül kütlesi
h = su kütlesi ağırlık merkezinin belirli bir düzmemden yüksekliği(m),	(kg/m^3) ve
	v = suyun hızıdır (m/s).

Bernouilli yasasına göre, sürtünme direnci olmadığı varsayılarak, bir boru içindeki suyun her noktasındaki potansiyel, basınç ve kinetik enerjilerin toplamları sabittir.

$$E = E_p + E_b + E_k = \text{Sabit}$$

1 kg su için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$E = h + P/\gamma + v^2/2g \quad (2.14)$$

Eşitlikte;

$$\begin{aligned} h &= \text{konum yüksekliği (m),} \\ P/\gamma &= \text{basınç yüksekliği (m) ve} \\ v^2/2g &= \text{hız yüksekliğidir (m).} \end{aligned}$$

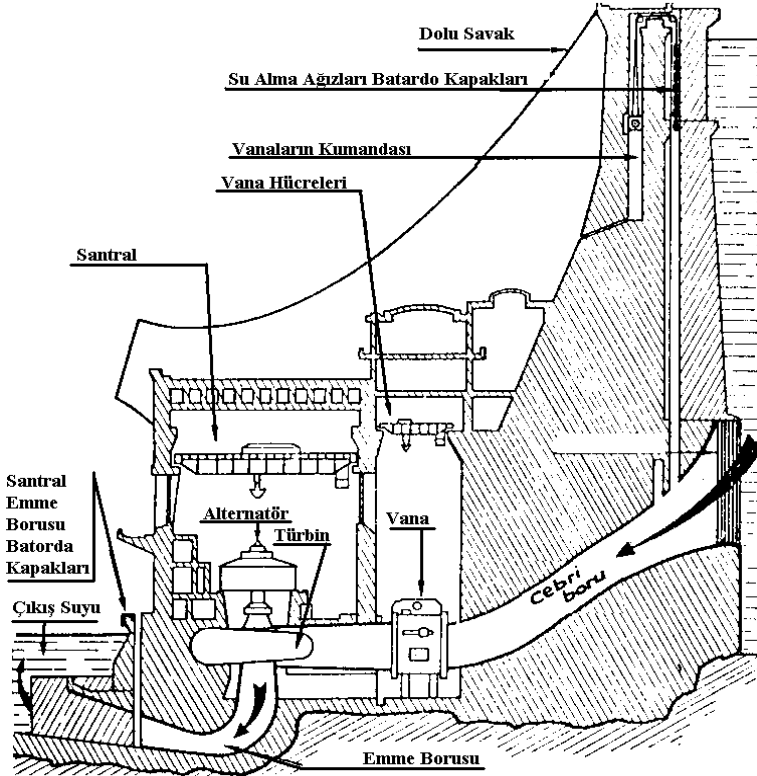
2.3.2.3.3. Hidroelektrik Santralleri

Hidroelektrik Santrallerin Çalışması ve Bileşenleri

Hidroelektrik santraller, suyun enerjisinden faydalanarak elektrik üreten yapılardır. *Hidroelektrik santrallerinde*, akış halindeki suyun kinetik enerjisi veya durgun haldeki suyun konum (potansiyel) enerjisi elektriğe dönüştürülür. Bir barajla oluşturulan doğal veya yapay bir gölden gönderilen su, elektrik üreten alternatöre bağlı bir türbinin çarklarını döndürür (Şekil 2.10). Baraj gölünde toplanan su potansiyel enerji deposu demektir. Elde edilen bu enerji, tünel ve borularla santrallerdeki türbin çarkına gönderildiğinde, kinetik enerjiye dönüşür. Türbinin dönmesi ile yapılan işe mekanik enerji denir. Mekanik enerji, türbin miline bağlı olarak dönen jeneratör ve statoru yardımı ile elektriğe dönüşmüş olur. Üretilen elektrik ise, enerji iletim hatları vasıtası ile uzak yerlere iletilerek alıcılara dağıtılır. Ancak, bir su türbininden su kuvveti yardımı ile enerji üretebilmek için, gerekli olan su hızını elde etmek üzere mutlaka bir *düşme yüksekliğine* veya bu su düşüşüne uygun bir *basınç farkının* bulunmasına gerek vardır.

Bir hidroelektrik santrali meydana getiren çeşitli organların işlevleri şunlardır (Anonim, 2006b):

- *Alternatör* elektrik üretir.
- *Türbin* mekanik enerji üretir.
- *Baraj kısmı* bir düşü bazen de rezervuar meydana getirir.
- *Su isale kanalları* su yönlendirme organlarıdır.
- *Dağıtıcı ve saptırıcılar* dağıtma, saptırma ve ayarlama organlarıdır.
- *Regülatör* elektriği ayarlanan seviyede tutan organdır.
- *Boşaltıcı ve dolu savak* güvenlik organlarıdır.
- *Izgaralar* temizleme organlarıdır.
- *Batarde* bakım organıdır.
- *Transformatör postası* üretilen elektriğe yol verir.
- *Tablolar* uzaktan kumanda ve kontrol organlarıdır.



Şekil 2.10. Hidroelektrik santral ve bileşenleri (Anonim, 2006b)

Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller Çizelge 2.4'deki gibi sınıflandırılır.

Çizelge 2.4. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması (Anonim, 2006c)

Sınıflandırma ölçütü	Hidroelektrik santraller	
I. Düşü yüksekliği	1) Alçak düşümlü santraller: Düşü yüksekliği 15 m'den azdır. 2) Orta düşümlü santraller: Düşü yüksekliği 15-50 m arasındadır. 3) Yüksek düşümlü santraller: Düşü yüksekliği 50 m'den fazladır.	
II. Üretilen enerjinin özellik ve değeri	1) Baz santraller: Devamlı olarak enerji üreten santrallerdir. 2) Pik santraller: Enerjiye en çok ihtiyaç olduğunda çalışan santrallerdir.	
III. Kapasite	1) Küçük kapasiteli santraller : Güçleri 99 kW'a kadardır. 2) Düşük kapasiteli santraller: Güçleri 100-999 kW arasındadır. 3) Orta kapasiteli santraller: Güçleri 1000-9999 kW arasındadır. 4) Yüksek kapasiteli : Güçleri 10 000 kW ve daha fazladır.	
IV. Yapı	1) Yeraltı santrali 2) Yarı gömülü ve batık santral 3) Yerüstü santrali	
V. Depolama özelliği	1) Deposuz santraller	a) Nehir santrali b) Kanal santralleri
	2) Doğal su deposu olan santraller	a) Baraj santralleri
	3) Yapay su deposu olan santraller	b) Pompaj depolu santraller

2.3.2.3.4. Su Türbini

Bir akışkandaki kinetik ve potansiyel enerjileri, rotor olarak adlandırılan çarkta döndürme hareketi sağlayarak, mekanik enerjiye dönüştüren makinalara genel olarak *türbin* denir. *Türbin*, akmakta olan suyun enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Yüksek bir yerden düşen su kütlesi, dönebilecek şekilde yapılmış bir çark veya türbin sistemine gönderilecek olursa suyun taşıdığı enerji mekanik enerjiye dönüştürülmüş olur.

Türbinler biri *sabit dağıtıcı*, diğeri *dönen çark* olmak üzere iki kısımdan oluşur. Türbinlerin en önemli parçası, akmakta olan suyun dinamik hareketi sayesinde dönen *çark*tir. Hidroelektrik santrallerinde türbinleri çalıştıran suyun gücü; *suyun debisi* ve *suyun düşü yüksekliğine* bağlıdır. Su türbinleri, kendilerini geliştiren kişilerin isimlerine bağlı olarak aşağıdaki gibi adlandırılır:

- Pelton türbini • Francis türbini • Uskur türbini • Kaplan türbini • Banki türbini

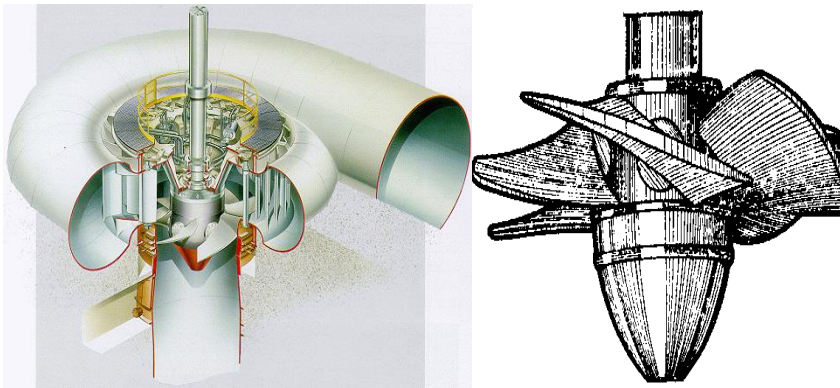
Modern su türbinleri arasında endüstriyel anlamda önem taşıyan türbin, *Pelton* türbinidir. Su türbinleri, değişik özelliklerine bağlı olarak Çizelge 2.5'deki gibi sınıflandırılır.

Çizelge 2.5. Su Türbinlerinin Sınıflandırılması

Sınıflandırma ölçütü	Sınıflandırma	Türbin
Suyun çark içindeki etki şekli	1) Etkili türbinler 2) Tepkili türbinler	Pelton türbini Francis, Kaplan ve Uskur
Suyun akış doğrultusu	1) Eksenel akışlı türbinler 2) Radyal akışlı türbinler 3) Teğetsel akışlı türbinler 4) Sapık akışlı türbinler	Uskur ve Kaplan türbinleri Francis türbini Pelton türbini -
Türbin milinin durumu	1) Yatay eksenli türbinler 2) Düşey eksenli türbinler	Pelton ve Francis türbinleri Francis türbini
Özgül hız	1) Düşük devirli türbinler 2) Orta devirli türbinler 3) Yüksek devirli türbinler	Pelton türbini Francis türbini Kaplan ve Uskur türbinleri
Düşü yüksekliği	1) Yüksek düşülü türbinler 2) Orta düşülü türbinler 3) Alçak düşül türbinler	Pelton türbini Francis türbini Kaplan ve Uskur türbinleri
Su odası	1) Açık su odalı türbinler 2) Kapalı su odalı türbinler	Alçak düşülü türbinler Orta ve yüksek düşülü türbinler
Suyun çarka girişi	1) Kısmi girişli türbinler 2) Tam girişli türbinler	Pelton türbini Francis ve Uskur türbinleri
Dağıtıcı ve çark içerisinde sıvı ipçiklerinin yörüngesi	1) Helisel türbinler 2) Çapsal türbinler 3) Çapsal-helisel türbinler 4) Konik türbinler	- - Francis ve Uskur türbinleri Francis ve Uskur türbinleri
Kullanılan çark sayısı	1) Bir çarklı türbin 2) Bir veya çok çarklı türbin	Uskur türbini Pelton ve Francis türbinleri

Kaplan Türbini

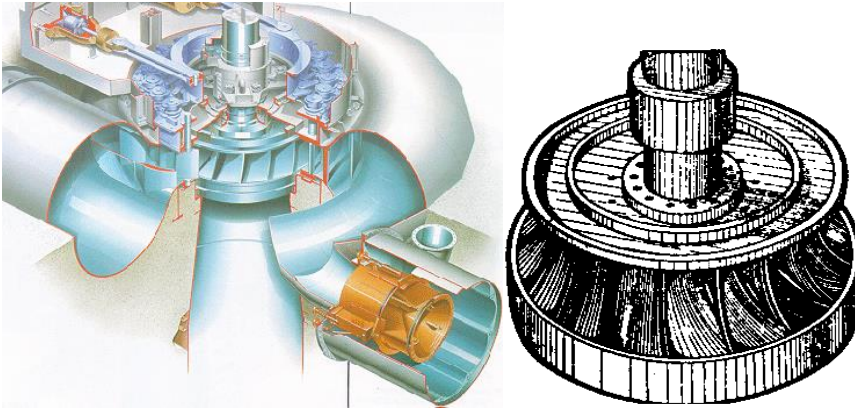
Kaplan türbini (Şekil 2.11), düşük düşme yüksekliği ve fakat yüksek debiler için en uygun türbin tipidir. Tepkili tip bir türbindir. 2 ile 80 m düşü yükseklikleri arasında verimli olabilir. Genellikle, alternatör şaftıyla birlikte dikey olarak yerleştirilir. Ancak, yatay konumlandırıldığı durumlar da vardır.



Şekil 2.11. Kaplan türbini ve çarkı

Francis Türbini

Tepkili tip bir türbindir. Bu türbin dönen kanatlı bir çark ile bu çarkı çevreleyen ve üzerinde kanatlar bulunan sabit bir dağıtıcıdan oluşur (Şekil 2.12). Dağıtıcının görevi, belirli bir miktarda suyu, belirli bir açı altında ve belirli bir hızla çarkın kanatlarına göndermektir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için suya yön vermeye ve aynı zamanda suyun giriş kesitini değiştirmeye yarayan dönebilen kanatlar (paletler) bulunur. Dağıtıcıda kanatlar arasındaki oluklar, dışardan içeriye doğru daralmaktadır (Dinçer, 1981). Francis türbinleri genellikle 20–200 metrelik su düşülerinde kullanılır.

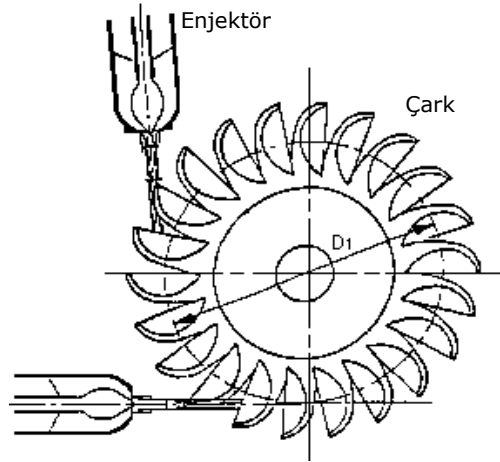


Şekil 2.12. Fancis türbini ve çarkı

Pelton Türbini

Pelton türbini etkili tip türbinler grubundandır. Çark üzerine eşit aralıklarla çift kaşık şeklinde kepçe adı verilen kanatçıklar yerleştirilmiştir (Şekil 2.13). Her kanatçıkta, suyun etkisinden kurtulma anında, hemen arkasından gelen kanatçığın yerleşmesini sağlayan bir oyuk bulunur. Pelton türbinlerindeki dağıtıcı; suda mevcut olan potansiyel enerjinin tamamını kinetik enerjiye dönüştürür. Suyun püskürtücüye gelmesi sevk borusu ile sağlanır. Püskürtücünün ucunda bir meme vardır. Bu meme suyun bir demet halinde kepçelere püskürtülmesini sağlar. Ayrıca memenin içerisinde ileri-geri hareketle püskürtülen suyun miktarını ayarlayan bir iğne bulunur. Memeden

büyük bir hızla çıkan su kanal üzerinde bir etki meydana getirerek, çarkın eksenine göre bir dönme momentinin oluşmasına neden olur. Böylece suyun sahip olduğu kinetik enerjinin büyük bir bölümü çarkın ana miline iletilerek, çarka dönme hareketi verilmiş olur (Dinger, 1981).



Şekil 2.13. Pelton türbininin çalışma şekli

2.3.2.3.5. Hidrolik Güç Analizi

Su türbinleri, su basıncını mekanik shaft gücüne dönüştürür. Mekanik shaft gücü, bir elektrik jeneratörü veya diğer bir makinayı çalıştırmak için kullanılabilir. Hidrolik güç; *basınç* ve *debi* ile orantılıdır. Herhangi bir hidrolik sistemden elde edilebilecek güç, genel olarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$P = Q \times H \times \gamma \times g \times \eta \quad (2.15)$$

Eşitlikte;

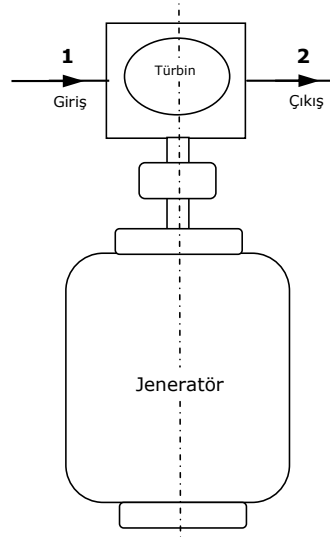
- P = türbin shaftında üretilen mekanik güç (W),
- Q = türbinden birim zamanda geçen hacimsel su akışı (m³/s),
- H = etkili basınç yüksekliği (m),
- γ = suyun özgül kütlesi (kg/m³),
- g = yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²) ve
- η = türbinin hidrolik verimidir (%).

Su türbinleri için; teorik, hidrolik ve efektif güç olmak üzere üç tür güç tanımlaması vardır.

Teorik Güç

Bir su türbininde (Şekil 2.14) giriş (1) ve çıkış (2) noktaları arasındaki yük azalması, birim ağırlıktaki sıvının türbin içinde kaybettiği enerjiyi verir. Bu

değer, birim zamanda akan sıvı hacmi (hacimsel debi) ile çarpılırsa, türbin içinde tüketilen güç belirlenir.



Şekil 2.14. Türbin modeli (Yavuzcan, 1994)

Diğer bir deyişle teorik güç, su tarafından türbine aktarılan güç değeridir ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$N_t = \frac{Q \times H_n \times \gamma}{102} \quad (2.16)$$

Eşitlikte;

- N_t = türbinin teorik gücü (kW),
- Q = hacimsel debi (L/s),
- H_n = net düşü yüksekliği (m) ve
- γ = suyun özgül kütleidir (kg/m^3).

Net düşü yüksekliği, türbin giriş ve çıkış noktaları arasındaki yüksekliktir. Diğer bir deyişle *net düşü yüksekliği*, birim kütledeki su tarafından türbine verilen enerjidir.

$$H_n = H_1 - H_2 \quad (2.17)$$

Hidrolik Güç

Sıvının türbin içinde kaybettiği enerjinin tamamı, mekanik enerjiye çevrilmez. Çark içinde ve türbinin diğer organlarındaki hidrolik yük kayıpları nedeniyle, bir verim söz konusudur. Bu verim, *hidrolik verim* olarak

adlandırılır. Sonuç olarak, türbin çarkına verilen enerjiye karşılık gelen, diğer bir deyişle, türbin çarkının sudan aldığı güç, *hidrolik güç* olarak tanımlanır. Hidrolik güç, türbin milindeki çevirme momenti ve devir sayısına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$N_h = \frac{\pi \times n \times M}{30 \times 102} \quad (2.18)$$

Eşitlikte;

- N_h = hidrolik güç (kW),
- M = türbin milindeki çevirme momenti (kg m) ve
- n = türbin milinin devir sayısı (d/d).

Hidrolik Verim

Hidrolik verim (η_t), türbin çarkının içinde akan akışkanın, sürekli yük kaybı, çarpma kaybı, difüzyon kaybı ve yerel kayıp gibi akışla ilgili toplam enerji kayıpları dikkate alınarak tanımlanan verimdir.

$$\eta_h = \frac{N_h}{N_t} \quad (2.19)$$

Bir çok türbinin hidrolik verimi % 80–90 aralığında değişir. Gücü 100 kW'dan daha düşük olan küçük hidrolik sistemlerin verimi % 60–80 arasındadır.

Efektif Güç

Su türbininin milinde, birim zamanda meydana gelen yararlanılabilir mekanik enerjiye, *efektif güç* denir. Efektif güç, yataklar ve diğer organlarda meydana gelen sürtünme sonucunda oluşan kayıplar nedeniyle, hidrolik güçten daha küçük bir değerdedir. *Efektif güç*, su türbininin milinden alınan güçtür ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$N_e = \frac{Q \times H_n \times \gamma \times \eta_t}{102} = \eta_t \times N_t \quad (2.20)$$

Burada; η_t = toplam verimdir (%).

Mekanik Verim

Mekanik verim (η_m); su türbininin yataklarında, salmastra kutusunda, çark diskinin dış yüzeylerinde, dengeleme diskinde, kısaca akım

kanallarındaki dışında sürtünme yoluyla kaybolan enerji miktarı dikkate alınarak tanımlanan verimdir (Yavuzcan, 1994).

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_h} \quad (2.21)$$

Hacimsel Verim

Su türbininin çarkına giren suyun hepsinin enerjisinden yararlanılamaz. Çünkü hacimsel debinin bir kısmı enerji değişimine katılmaz. Bu durum, aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir:

$$Q_{cg} = Q_{ci} + q_k \quad (2.22)$$

Eşitlikte;

$$\begin{aligned} Q_{cg} &= \text{çarka girişteki hacimsel debi (L/s)}, \\ Q_{ci} &= \text{çarkın içinden geçerek enerji değişimine katılan debi (L/s) ve} \\ q &= \text{kaçak debidir (L/s)}. \end{aligned}$$

Kaçak debi, eksenini etrafında dönen türbin çarkı ile makinanın sabit duran gövdesi arasındaki boşluklardan, çark üzerindeki dengeleme deliklerinden, varsa dengeleme diskinden, salmastralardan ve hidrolik contalardan kaçan, böylece çarkın içindeki enerji değişimine katılmayan suyun, birim zamandaki hacimsel miktarıdır (Yavuzcan, 1994). Bu durumda teorik güç, çarkın içinden geçerek enerji değişimine katılan debiye (Q_{ci} ; L/s) bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle belirlenebilir.

$$N_{tç} = \frac{Q_{ci} \times H_n \times \gamma}{102} \quad (2.23)$$

Bu durumda, hacimsel verim (η_v) aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\eta_v = \frac{N_{tç}}{N_t} = 1 - \frac{q_k}{Q_{cg}} \quad (2.24)$$

Toplam Verim

Su türbininin toplam verimi aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$\eta_t = \eta_v \times \eta_h \times \eta_m \quad (2.25)$$

Eşitlikte;

$$\begin{aligned} \eta_v &= \text{hacimsel verim (\%)}, \\ \eta_h &= \text{hidrolik (manometrik) verim (\%) ve} \end{aligned}$$

η_m = mekanik verimdir (%).

2.3.2.4. Jeotermal Enerji

2.3.2.4.1. Tanımı ve Oluşumu

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20 °C'den fazla ve çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sulara oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen, elektrik üretiminde, ısıtmada ve soğutmada, çeşitli sanayi tesislerinde enerji hammaddesi olarak kullanılan, kimyasal madde üretimine elverişli olabilen ayrıca, sağlık ve turizm amacıyla da yararlanılabilen, basınç altındaki sıcak su ve buhar (akışkan) yolu ile sürekli yüzeye taşınan enerji olarak tanımlanmaktadır. Jeotermal enerji kasaca *yer ısı* olup, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki *sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaçların içerdiği ısı enerjisi* olarak tanımlanır.

Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ısı kaynağı, henüz soğumasını tamamlamamış bir magma kütlesi veya genç bir volkanizma ile ilgilidir. Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığı ile denizlere süzülen meteorik kökenli sular, değişik derinliklerde yer alan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş olan gözenekli ve/veya ikincil geçirimli rezervuar kayalarda birikerek söz konusu ısı kaynağı vasıtasıyla ısıtılır ve mineral içeriği bakımından zenginleşir. Yerkabuğunun derinliklerinde ısınan bu meteorik sular, kırık ve çatlak sistemlerin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaştıklarında sıcak su kaynakları olarak belirginleşirler.

2.3.2.4.2. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

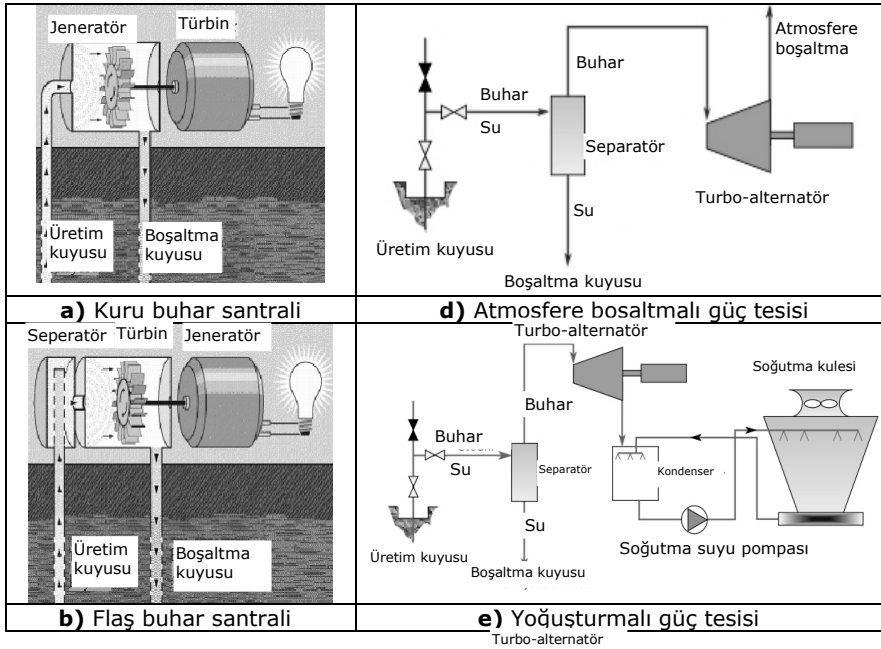
Jeotermal enerjinin kullanım alanları, akışkan sıcaklığına ve bölge koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte genel olarak, *elektrik üretimi* ve *doğrudan kullanım* olmak üzere iki grup altında incelenebilir:

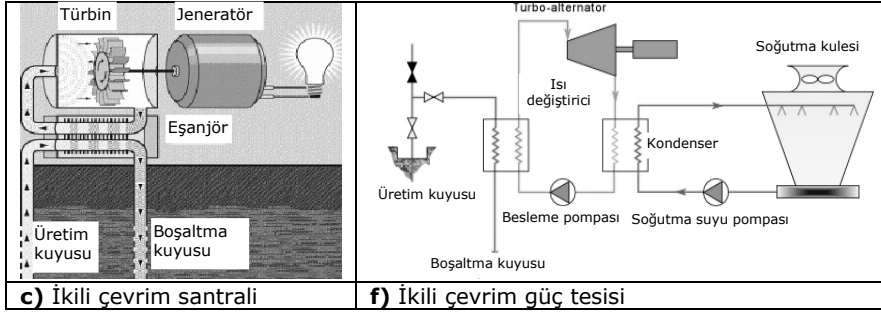
Elektrik Üretimi

Sıcaklığı 100–200 °C arasında olan jeotermal akışkanlar doymuş buhar durumunda olup, 100 °C'nin üzerindeki jeotermal kaynaklar elektrik üretimine uygundur. Yüksek sıcaklıktaki jeotermal kaynakların (>100 °C) en önemli kullanım alanı elektrik üretimidir. Gerekli araştırmaları yapılmış olan

bir jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir. Jeotermal kaynağın özelliklerine bağlı olarak elektrik üretimi, genellikle üç tip santralde yapılmaktadır.

- 1) *Kuru buhar santrali*: Türbini döndürmek için kuyudan üretilen kuru buhar direk olarak kullanılır (Şekil 2.15a)
- 2) *Flaş buhar santrali*: Yüksek basınçla kuyudan gelen akışkan düşük basınçlı seperatörlerde su ve buhar olarak ayrılır. Ayrıştırılan buhar ile türbinin dönmesi sağlanır (Şekil 2.15b).
- 3) *İkili çevrim santrali*: Jeotermal akışkanın sıcaklığından faydalanılarak, sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan ısı değiştiricide buharlaştırılır. Buharlaşan bu akışkan ile türbinin dönmesi sağlanır (Şekil 2.15c).





Şekil 2.15. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi

Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar çok farklı alanlarda kullanılabilir. Jeotermal enerjinin akışkan sıcaklığına bağlı olarak doğrudan kullanım alanları Çizelge 2.6'da verilmiştir. Sıcaklığı 20 °C'den daha düşük olan jeotermal kaynaklardan, ısı pompaları ile ısıtma ve soğutma uygulamalarında yararlanır.

Çizelge 2.6. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları

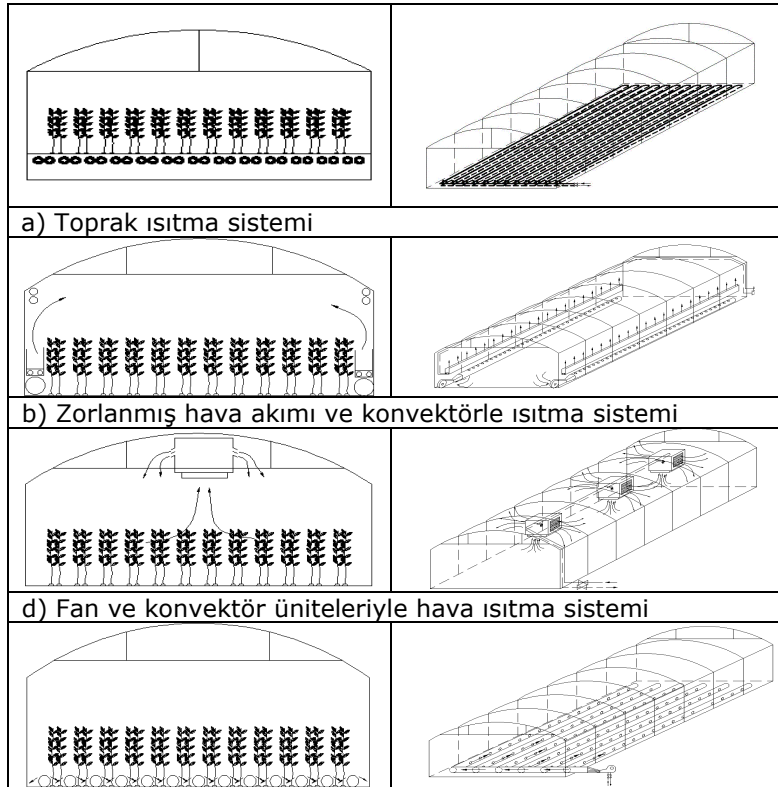
Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanı
20	Balık çiftlikleri
30	Yüzme havuzları Fermantasyon Damıtma Sağlık tesisleri
40	Toprak ısıtma Kent ısıtma Sağlık tesisleri
50	Mantar üretimi Kaplıcalar
60	Kümes ısıtma Ahır ısıtma
70	Soğutma
80	Konut ısıtma Sera ısıtma
90	Balık kurutma
100	Organik madde kurutma Yün yıkama ve kurutma
110	Çimento kurutma
120	Temiz su elde edilmesi Tuzluluk oranının artırılması
130	Şeker saflaştırma Tuz elde edilmesi
140	Tarım ürünlerinin kurutulması Konservecilik
150	Alüminyum oksit elde edilmesi
160	Kereste kurutma Balık kurutma Yiyecek kurutma
170	Hidrojen sülfid yöntemiyle ağır su elde edilmesi

180	Yüksek konsantrasyon solusyonun buharlaştırılması Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
190	Kağıt hamuru yumuşatılması

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak ısıtma sistemleri önemli farklılıklar gösterir. Jeotermal akışkan kimyasal içerik olarak sorun yaratmayacak özellikte ise, ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığı ile dolaştırılarak doğrudan kullanılabilir. Ancak kullanılacak akışkan çok fazla mineral içeriyorsa ve kimyasal açıdan sorun yaratacak özellikte ise (kabuklaşma, korozyon, vb. problemler), akışkanın ısı, ısı değiştirici aracılığı ile kimyasal içeriği düşük olan suya aktarılır.

Jeotermal Enerjiyle Sera Isıtma

Jeotermal enerjinin, tarımdaki en başarılı ve yaygın uygulama alanı sera ısıtmadır. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri; ısı transferi, kullanılan malzemeler ve ısı değiştiricilerin yerleşimine bağlı olarak Şekil 2.16'daki gibi gruplandırılabilir.



e) Dağıtma kanallarıyla hava ısıtma sistemi

Şekil 2.16. Jeotermal enerjiyle sera ısıtma sistemleri

2.3.2.5. Biyokütle Enerjisi

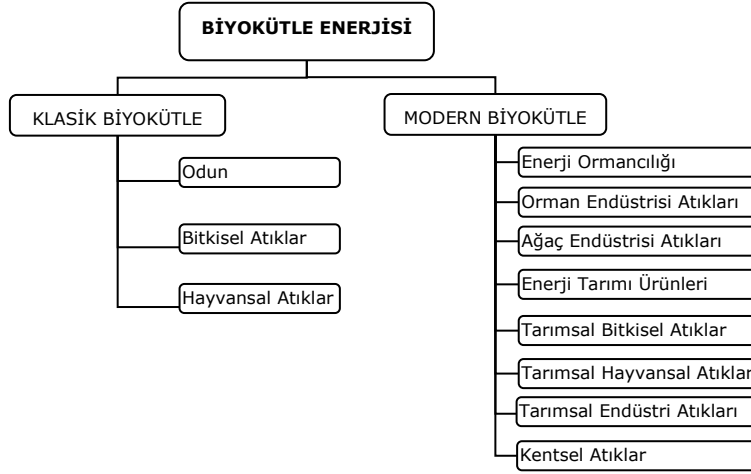
2.3.2.5.1. Biyokütle Enerji Kaynakları

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan *biyokütle*, genelde güneş enerjisini fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. *Biyokütle*, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir. Canlı kütle deyimiyile eş anlama gelen *biyokütle*, çoğu kez *bitkisel* ve *hayvansal* kökenli olmak üzere ikiye ayrılırlar. *Biyokütle*, bir organik karbon olarak kabul edilebilir.

Biyokütle, tarım veya ormancılık ürünü olan ve tamamı veya bir kısmı içindeki enerjiyi geri kazanmak amacı ile yakıt olarak kullanılabilen bitkisel maddelerin tamamı veya bir kısmından oluşan ürünler ve aşağıda belirtilen yakıt olarak kullanılan atıkları kapsar.

- Tarım ve ormancılıktan kaynaklanan bitkisel atık
- Ürün işleme sanayisinden açığa çıkan bitkisel atık
- Kağıt hamuru üretimi sırasında oluşan lifli bitkisel atık
- Mantar atığı
- İnşaat veya yıkım atıklarından kaynaklanan odunsu atıklar

Biyokütle enerjisi; yetiştiriciliğe dayalı olduğu için yenilenebilir, çevre dostu, yerli ve yerel bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisi kullanımı *klasik* ve *modern* olmak üzere iki grupta ele alınır (Ültanır, 1998) (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Biyokütle enerjisi kaynakları

2.3.2.5.2. Biyokütle Oluşumu

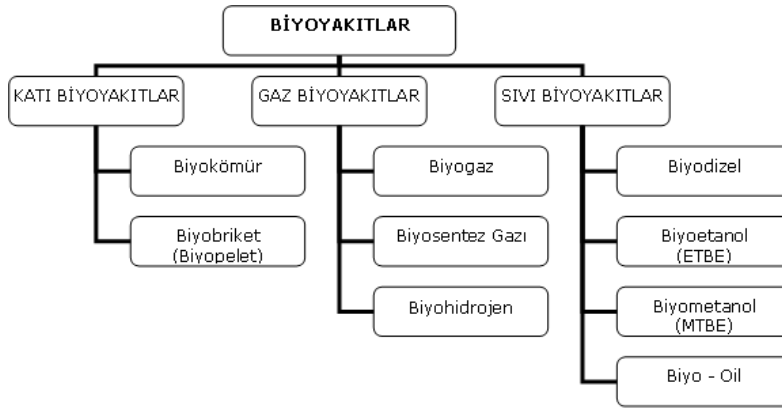
Bitkilerin fotosentez sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz şeklinde depo ettikleri ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilen biyokütle enerjisinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için esastır. Bitkilerin gelişmesi için kullandığı kaynaklar, genelde karbondioksit, su ve güneş ışığıdır. Bunların bitki tarafından birleştirilerek kütle ve oksijene dönüşmesi, *fotosentez* olayı olarak adlandırılır. *Karbondioksit özümlemesi* olarak da bilinen *fotosentez*, genellikle bitkilerin yeşil yapaklarında kloroplast adı verilen lamelli yapıda oluşur. Temel olarak güneş enerjisinin kullanıldığı ve bu enerjinin havadaki karbondioksit ile suyu, karbonhidrat, lignin ve glikoz gibi çeşitli karbon bileşikleriyle oksijene dönüştürdüğü *fotosentez işlemi*, birçok aşamadan oluşur. İlk aşamada oluşan glikoz için tepkime aşağıdaki şekilde yazılabilir.



Fotosentez ile üretilen organik madde esas olarak karbonhidrattır. Organik kuru madde oksijen ile yakılırsa yaklaşık 16 MJ/kg ısı açığa çıkar.

2.3.2.5.3. Biyoyakıtlar

Biyoyakıt, biyolojik kökenli yakıt olarak tanımlanır. Biyokütleden ikincil yakıtlar elde edildiğinde ısı değerler, örneğin, etanol için 30 MJ/kg ve biyogaz için 20 MJ/kg olmaktadır. Biyoyakıtlar (Şekil 2.18) ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Fosil yakıtlarla birlikte karıştırılarak da kullanılabilir.



Şekil 2.18. Biyolojik kökenli yakıtlar (Karaosmanoğlu, 2007)

Biyo-etanol, biyo-gaz, biyo-dizel gibi yakıtların yanı sıra, yine biyokütleden elde edilen, gübre, hidrojen, metan ve odun briketi gibi daha birçok yakıt türü saymak olanaklıdır. Biyoyakıtların en yaygın olanları *biyoetanol* ve *biyodizel*dir. *Biyoetanol*, kökeni nişasta olan ve tarım ürünlerinden elde edilen oktan sayısı yüksek bir biyoyakıttır. *Biyoetanol*, tarım ürünlerinde var olan nişastanın şekere dönüşümünden sonra uygulanan fermentasyon işlemi sonucunda ortaya çıkar. Benzinle doğrudan karışabilir. Biyoetanol üretilebilecek başlıca bitkiler: buğday, şekerpancarı ve mısırdır.

Biyoyakıt üretmek için aşağıdaki yöntemlerden yararlanılır:

- 1) Presleme
- 2) Piroлиз
- 3) Gazlaştırma
- 4) Hidrojenasyon
- 5) Parçalayıcı distilasyon
- 6) Asit hidroliz

2.3.2.5.4. Biyokütle Çevrim Teknolojileri

Biyokütlenin enerji olarak değerlendirilmesinde; katı, sıvı ve gaz yakıtlar elde etmek için değişik teknolojiler kullanılır. Modern biyokütle enerjisi teknolojilerinin amacı, üretim ve kullanım sırasında emisyonları azaltmak ve yakıtın yoğunluğunu artırmaktır. Organik atıkların

değerlendirilmesinde uygulanan dönüşüm teknolojileri, üç temel grup altında incelenebilir:

- 1) Fiziksel Yöntemler
- 2) Biyokimyasal Yöntemler
- 3) Isıl Yöntemler

Biyokütle için kullanılan çevrim teknikleri, bu teknikler yardımıyla elde edilen yakıtlar ve uygulama alanları Çizelge 2.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.7. Biyokütle Çevrim Teknikleri, Yakıtlar ve Uygulama Alanları

Biyokütle Kaynağı	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Orman atıkları	Havasız Çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Su ısıtma
Hayvansal atıklar	Fermentasyon	Metan	Otomobiller
Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik yağ	Roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Dizel	Ürün kurutma

2.3.2.5.5. Biyogaz Üretimi

Biyogaz; organik kökenli atık/artıkların oksijensiz ortamda fermentasyonu (anaerobik bozunma) sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik madde içeriğine bağlı olarak yaklaşık; % 40–70 metan, % 30–100 karbondioksit, % 0–3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımdır. Aneorobik bozunma işleminde, enerji amacıyla metan üretilir. Arta kalan kısım toprak yapısını iyileştirme amacıyla gübre olarak kullanılır. Aneorobik bozunma sıvı ile karışık durumdaki lağım atıkları için kullanılmakla birlikte, birçok tesis hayvan atıklarının işlenmesi için tasarlanmıştır.

Aneorobik bozunma işlemi sonucunda üretilen gaz, doğal gaz ile çok benzer özelliklere sahiptir. Aneorobik bozunma işleminden açığa çıkan başlıca gaz metandır. Metan, birçok kullanım için önemli bir yakıttır. Temizlenmiş biyogaz, doğal gazın kullanıldığı birçok yerde kullanılabilir.

Biyogaz üretimi için; hayvansal/bitkisel atıklar ve organik içerikli şehir ve endüstriyel atıklar gibi organik içerikli hammaddeler kullanılabilir. Biyogaz üretiminde etkili etmenler Çizelge 2.8'deki gibi gruplandırılabilir.

Çizelge 2.8. Biyogaz Üretim Etmenleri (Acaroğlu, 2003; Yıldız, 2004)

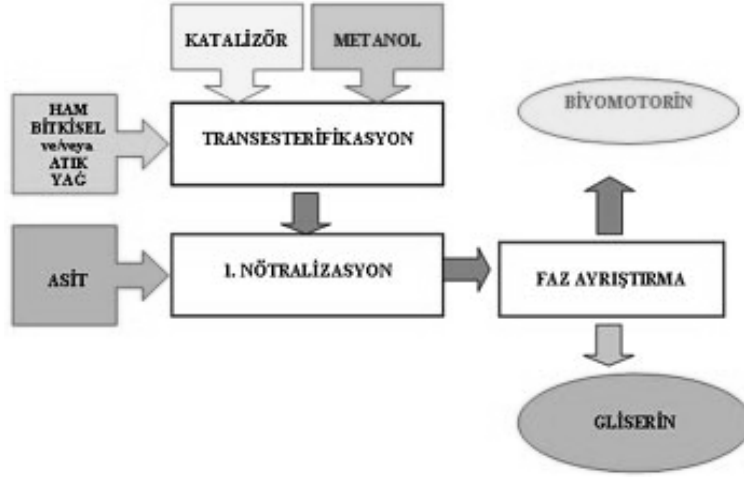
❖ <i>Biyogaz Tesisinde Kullanılacak Materyal İle İlgili Etmenler</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Materyalin cinsi ve içeriği ➤ Kuru madde ve organik madde oranı ➤ İçerdiği yataklık miktarı ➤ Partikül büyüklüğü
❖ <i>Biyogaz Sistemindeki Üreteç İle İlgili Etmenler</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Üretecin yapıldığı malzeme ➤ Üretecin boyutları ve hacmi ➤ Üretecin bulunduğu yer ➤ Karıştırma, yükleme ve boşaltma sistemi ➤ Isıtma sistemi ve yalıtım özellikleri
❖ <i>İşlem Süreci İle İlgili Etmenler</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uçucu madde oranı ➤ Organik kuru madde oranı ➤ Hidrolik yüklem oranı ➤ Fermentasyon sıcaklığı ➤ Bekleme süresi

2.3.2.5.6. Biyodizel Üretimi

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizel ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları herhangi bir dizel motoruna, motor üzerinde herhangi bir düzenlemeye gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir.

Biyodizel üretimi için genellikle aşağıdaki yöntemler uygulanır (Acaroğlu, 2003):

- Seyreltme yöntemi: Yağ belirli oranda dizel yakıtı ile karıştırılarak seyreltilir. Böylece viskozitesi belirli bir değere düşürülür.
- Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi: Yağın, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyon haline getirilir.
- Piroliz yöntemi: Yağ molekülleri, yüksek sıcaklıkta daha küçük moleküllere parçalanır.
- Transesterifikasyon yöntemi: yağ, bir katalzör aracılığı ile alkolle reaksiyona sokularak yeniden esterleştirilir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Biyodizel üretim aşamaları

2.3.2.6. Hidrojen

Hidrojen; yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya, sanayiden mutfaklarımıza kadar her alanda yararlanacağımız bir enerji sistemidir. Hidrojen, suyun herhangi bir birincil enerji kaynağı, tercihen güneş kullanılması ile elde edildikten sonra, bir çok yerde kullanılabilen ve atık ürün yine su olmaktadır. Böylece, hidrojen yenilenebilir ve hiçbir zaman tükenmeyecek bir enerji kaynağı olarak milyonlarca yıl insanlığın hizmetinde olacaktır.

2.3.2.6.1. Hidrojen Yakıtının Özellikleri

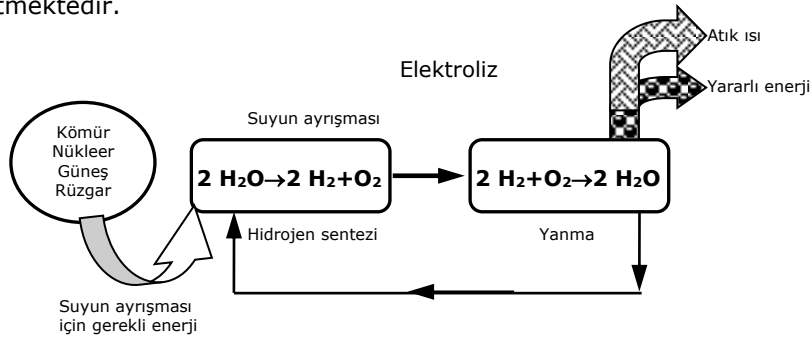
Hidrojen evrende bulunan en basit ve en yaygın elementtir. Hidrojen, serbest haldeyken ve normal koşullar altında renksiz, kokusuz ve tadı olmayan bir gazdır. Temel hidrojen molekülü 2 hidrojen atomundan oluşur. Doğada genellikle diğer elementlerle bileşik halinde bulunur (Örneğin: suda oksijen, metanda karbonla birlikte). Kimyasal olarak çok aktif olduğundan tek başına element olarak bulunması çok zordur. Hidrojen kullanım verimi yüksek bir yakıttır. Çevre dostudur. Sudan olduğu gibi fosil yakıtlardan da üretilebilir.

Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (üst ısı değeri 140.9 MJ/kg, alt ısı değeri 120.7

MJ/kg). 1 kg hidrojen, 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak, birim enerji başına hacmi yüksektir. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece *su* ve/veya *su buharı* olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.

2.3.2.6.2. Hidrojen Üretimi

Hidrojen üretilen kaynaklar bol ve çeşitlidir. Fosil yakıtlardan elde edilebildiği gibi; güneş, rüzgar, hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak suyun elektrolizi ile üretimi, biyokütleden üretimi ve biyolojik işlemlerle üretimi mümkündür (Şekil 2.20). Suyun elektrolizi ve güneş enerjisi ile hidrojen üretimi konusunda araştırma-geliştirme çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 2.20. Hidrojen üretim ve kullanım sistemi

2.4. Tarımda Enerji Kullanımı

Enerji etkinliğinin artırılması, enerji kaynaklarının çevresel etki değerlendirmesi açısından önemlidir. Daha az enerji kullanmak ve çevreye en düşük düzeyde zarar vermek için, sistem etkinliğinin artırılması gerekir. Enerji kaynaklarının kıtlığı ve dikkatsiz kullanılması sonucunda oluşan istenilmeyen yan etkiler, enerji tüketimini doğru bir şekilde planlanma ve dikkatli bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Tarımda enerji kullanımı iki grupta incelenir:

- 1) *Doğrudan enerji kullanımı*: elektrik, yakıt, yağ, kömür, petrol ürünleri, doğal gaz, biokütle vb enerji girdileri
- 2) *Dolaylı enerji kullanımı*: insan ve hayvan iş gücü, tarım alet ve makinaları, kimyasal gübre, tarımsal savaş ilaçları, sulama ve tohumluk üretimi için tüketilen enerji miktarı

2.4.1. Tarımda Doğrudan Enerji Girdileri

Tarımsal üretim işlemlerinde tüketilen başlıca doğrudan enerjiler; elektrik, kömür, petrol ürünleri, doğal gaz ve biyokütle enerjisidir. Tarımsal üretim işlemlerinde tüketilen doğrudan enerjiler arasında, elektrik ve tarım alet ve makinalarında kullanılan yağ ve yakıt enerjisi değerleri önemli yer tutmakta ve yeterli doğrulukta belirlenebilmektedir.

2.4.2. Tarımda Dolaylı Enerji Girdileri

İnsan ve Hayvan İş Gücü

Tarımsal işlemlerde kullanılan insan işgücüne ilişkin enerji tüketiminin hesaplanmasında, çalışma süresi esas alınır. İnsan işgücü ile değişik tarımsal işlemlerin yapılması sırasında gerçekleşen enerji tüketimi değerleri Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Tarım Alet ve Makinaları

Tarımsal üretim işlemlerinde kullanılan değişik tarım alet ve makinalarının; üretim, onarım ve bakım işlemleri sırasında doğrudan ve dolaylı enerji tüketimi gerçekleşir. Tarım alet veya makinalarının; üretim, onarım ve bakım işlemleri sırasında doğrudan ve dolaylı olarak gerçekleşen enerji tüketimi, tarım alet veya makinaları için enerji maliyetini oluşturur. Tarım alet veya makinaları için belirtilen amaçlarla tüketilen elektrik, dizel yakıtı, kömür, doğal gaz vb. doğrudan enerji tüketimini oluşturan etmenlerdir. Bununla birlikte, tarım alet veya makinalarının üretim, onarım ve bakım işlemlerinde yararlanılan insan işgücü, hammadde ve donatım araçları dolaylı enerji tüketimini oluşturan etmenlerdir. Tarım alet veya makinalarının üretim, onarım ve bakımı için tüketilen doğrudan ve dolaylı enerjilerin toplamı, alet veya makinanın kütlesine oranlanarak, birim kütle başına enerji maliyeti belirlenir.

Çizelge 2.9. İnsan İşgücü İle Değişik Tarımsal İşlemlerin Yapılması Sırasında Gerçekleşen Enerji Tüketimi Değerleri (Dinçer, 1977 ve Uzman, 1984)

Yapılan İş	Enerji Tüketimi (kJ/dakika)
Kazma veya kürekle çalışma	25.12
Orakla biçme	29.30
Tırpanla biçme	29.30
Sap bağlama	30.56
Sap taşıma	21.35
Sapı dövücüye yedirme	24.28
Bağlı sapı tarım arabasına yükleme	23.44
Pancar tarım arabasına yükleme	23.44
Hayvan ile sürme	24.70
Makina ile sürme	17.58
Pancar çapalama (kadın)	13.39
Pancar seyreltme (kadın)	10.88
Patates toplama	10.88
Düz yolda yürüme (Hız = 5.5 km/h)	23.44
Tarlada yürüme (Hız = 5.3 km/h)	31.81
20 kg yükü omuzda taşıma	15.07
El ile çalışma	5.02
Çift kol ile çalışma	6.28-12.56
Vücut ile çalışma	10.26-48.14

Tarım alet veya makinalarının yapımında kullanılan malzemelerin üretimi için tüketilen enerjisi miktarı, aşağıdaki gibi belirlenebilir (Yavuzcan, 1994).

$$MÜE = G_1 \times a + G_2 \times b \quad (2.26)$$

Eşitlikte;

- MÜE = malzeme üretim enerjisi (MJ),
- G_1 = alet veya makinanın toplam metal ağırlığı (kgf),
- G_2 = alet veya makinanın toplam lastik ağırlığı (kgf) ve
- a ve b = malzeme üretim katsayısıdır (Çelik malzeme için 62.79 J/kgf, çelik dışındaki malzemeler için 85.813 MJ/kgf).

Tarım alet veya makinalarının yapımında kullanılan malzemelerin fabrikada biçimlendirilişi sırasında tüketilen enerjisi miktarı, aşağıdaki gibi belirlenebilir (Yavuzcan, 1994).

$$YE = G_t \times c \quad (2.27)$$

Eşitlikte;

- YE = alet veya makinanın yapım enerjisi (MJ)
- G_t = alet veya makinanın toplam ağırlığı (kgf) ve
- c = fabrika yapım katsayısıdır (Traktör için c = 4.625 MJ/kgf, biçerdöver ve hasat makinaları için c = 13.010 MJ/kgf, pulluk

için 8.627 MJ/kgf).

Aşınma veya bozulan tarım alet veya makina parçalarının yenilenmesi için amacıyla takılan yedek parçanın yapımı için tüketilen enerjisi miktarı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir (Yavuzcan, 1994).

$$YPE = 0.33d(MÜE + YE) \quad (2.28)$$

Eşitlikte;

YPE = alet veya makinanın yedek parça enerjisi (MJ) ve
d = toplam takılmış parça oranıdır (%).

Tarım alet veya makinalarına ilişkin yukarıda belirtilen enerji tüketimlerine bağlı olarak toplam alet veya makina yapım enerjisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Yavuzcan, 1994).

$$MYE = 0.82(MÜE + YE) + YPE \quad (2.29)$$

Tarım alet veya makinasının toplam yapım enerjisinin bir yıla düşen oranının belirlenebilmesi için, bu değer in alet veya makinanın ekonomik kullanma ömrüne bölünmesi gerekir.

Kimyasal Gübre Enerjisi

Tarımsal üretimde kullanılan kimyasal gübrelerin enerji eşdeğeri, gübre üretim işlemlerinde kullanılan bütün girdilerin enerji eşdeğerlerinden hesaplanır. Diğer bir deyişle, kimyasal gübrelerin enerji maliyetleri, bu gübrelerin üretiminde kullanılan tekniklerle doğrudan ilişkilidir. Kimyasal gübrelerdeki saf maddenin üretimi için enerji tüketimi değerleri Çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Kimyasal Gübrelerdeki Saf Maddenin Üretimi İçin Enerji Tüketimi Değerleri

Kimyasal Gübreler	Enerji Tüketimi (MJ/kg)
Azot	64.40
P ₂ O ₅	11.96
K ₂ O	6.70

Kimyasal İlaç Enerjisi

Tarımsal savaş ilaçlarının enerji eşdeğeri, bu ilaçların üretimi sırasında tüketilen enerji değerlerinden oluşur. Kimyasal ilaçların üretimi için enerji tüketimi değerleri Çizelge 2.11'de verilmiştir.

Çizelge 2.11. Kimyasal İlaçların Enerji Değerleri

Kimyasal İlaçlar	Enerji Tüketimi (MJ/kg)
Herbisitler	238
İnsektisitler	199
Fungusitler	92

Sulama Enerjisi

Tarımsal üretimde sulama işlemlerinde enerji tüketimi, doğrudan ve dolaylı enerji tüketimlerinden oluşur. Sulama motor ve pompalarının işletilmesinde kullanılan yakıt ve elektrik enerjisi, sulama işleminde doğrudan enerji tüketimini oluşturur. Sulamada dolaylı enerji girdisi, sulama işleminde kullanılan motor ve pompaların üretiminde tüketilen toplam enerji miktarıdır.

2.4.3. Tarımda Enerji Kullanım Etkinliği

Tarımsal üretim işlemlerinde enerjinin etkin kullanımı önemlidir. İşletme ölçeğinde yapılacak olan etkin bir mekanizasyon planlaması ile işletme için uygun mekanizasyon alt yapısı sağlanmalıdır. Tarımda enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesinde Çizelge 2.12'de verilen göstergelerden yararlanılır.

Çizelge 2.12. Tarımda Enerji Kullanım Etkinliği Göstergeleri

Gösterge	Tanım	Birim
Enerji oranı	Enerji çıktısı / Enerji girdisi	-
Özgül enerji	Toplam enerji girdisi / Hasat edilen toplam ürün	MJ/kg
Enerji üretkenliği	Hasat edilen toplam ürün / Toplam enerji girdisi	kg/MJ
Net enerji verimi	Toplam enerji çıktısı – Toplam enerji girdisi	MJ

Tarımda enerji etkinliğini artırmak için aşağıdaki önlemler alınabilir:

- İşletmelerin mekanizasyon alt yapısı için enerji verimliliği yüksek olan teknolojilerden yararlanılmalıdır.
- Güç kaynağına uygun kapasitede alet ve makina kullanılmalıdır.
- İşletme için gerekli güç optimizasyonu sağlanmalıdır. Örneğin, daha az güç gerektiren işlemler daha büyük güçlü traktörlerle gerçekleştirilmemelidir.
- Tarım makinaları tam yükte ve verimli olarak çalıştırılmalıdır.
- Isıtma, soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında ısı transferi açısından etkinlik artırılmalıdır.
- Isı yalıtımı standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Isı üreten, dağıtan ve kullanan tüm üniteler etkin bir şekilde yalıtılarak, ısı kayıpları en aza indirilmelidir.
- Atık ısı geri kazanımı uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.
- Elektrik tüketiminde kayıplar önlenmelidir.
- Elektriğin iş ve ısıya dönüşmesinde etkinlik artırılmalıdır.
- Otomatik kontrol ile insan faktörü en aza indirilmelidir.

Tarım sektöründe fosil kökenli enerji tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerjilerin kullanılmasına ilişkin aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- *Pazara bağlı önlemler:* Tarımsal destek politikaları, girdi kullanımı ve üretim optimizasyonu
- *Düzenleyici önlemler:* Desteklerin çevresel etkileri incelenmeli ve girdi kullanımı sınırlandırılmalıdır.
- *Gönüllü katılımlar:* Hassas tarım uygulamaları desteklenmelidir.
- *Uluslararası programlar:* Tarımda teknoloji transferi desteklenmelidir.

2.4.4. Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Fosil yakıtların doğrudan veya dolaylı olarak kullanımıyla ortaya çıkan çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekir. Bununla birlikte, tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik uygulanabilirliği ve uygulama yöntemi, bölgesel koşullara bağlı olarak değişir. Tarım sektöründe etkin

olarak yararlanılabilecek başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi ve biyokütle enerjisidir.

Tarımsal üretim işlemleri arasında çok fazla miktarda enerji tüketilen başlıca işlemler: sulama, ürün kurutma, sera ve hayvan barınaklarının ısıtma ve soğutulmasıdır. Bu işlemler sırasında yaygın olarak; motorin, doğal gaz, elektrik, sıvılaştırılmış petrol gazı veya propan gibi yakıtlar kullanılır. Uygulama alanı ve teknolojilerine bağlı olarak tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı Çizelge 2.13'de verilmiştir.

Çizelge 2.13. Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Teknoloji	Uygulama Alanı	Gereksinimler	Yararları
Güneş Enerjisi	• Aydınlatma	➢ Doğal aydınlatma	Tarımsal yapıların doğal aydınlatmaya uygun olarak tasarlanmalıdır.	Giderleriazalır. Üretim artışı sağlanır.
	• Fotovoltaik	➢ Elektrik üretimi	Güneş ışınımı engellenmemelidir.	Elektrik gereksinimi karşılanır. Bina tasarımına veya çatıya yerleştirilebilir.
	• Ortam ısıtma	➢ Ortam ısıtma	Zeminden ısıtma yapmak gereklidir.	Yaşam koşulları iyileşir.
	• Isıtma/toplaç	➢ Ön ısıtma ve ısıtma	Duvarların güneş görmesi gerekir.	Hava kalitesi iyileşir.
	• Su ısıtma	➢ Sıcak su	Güneş ışınımı engellenmemelidir.	Sıcak su karşılanır.
Jeotermal Enerji	•	➢ Sera ısıtma ➢ Hayvan barınakları ➢ Balık çiftlikleri ➢ Toprak ısıtma ➢ Ürün kurutma ➢ Mantar üretimi ➢ Toprak ıslahı	Yatay veya düşey kuyular için yer gereklidir. Jeotermal akışkanın kimyasal yapısı önemlidir.	Isı değiştiriciler ile yapılan ısıtma ve soğutma uygulamalarında yaşam koşulları iyileşir.
Biyokütle Enerjisi	•	➢ Elektrik üretimi ➢ İklimlendirme ➢ Su ısıtma ve soğutma ➢ Biyodizel yakıtı	Tarım ve orman atıklarından sürekli olarak sağlanan organik materyal gereklidir.	Atık kontrolü sağlanır. Çevreye olan olumsuz etkiler önlenir. Giderler azalır. Yedek güç sağlanır.
Rüzgar Enerjisi	• Rüzgar türbini	➢ Elektrik üretimi ➢ Mekanik güç	Belirli hızda esen rüzgar gereklidir.	Gelişen teknoloji ile birlikte enerji birim maliyetleri düşmektedir. Dışa bağımlı değildir. Çevre dostudur.
Hidrolik Enerji	• Hidroelektrik	➢ Elektrik üretimi	Güvenilir su akımı gereklidir.	Yatırım enerji, sulama ve taşkın için kullanılabilir.

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1)** Elektrik üretim yöntemleri nelerdir? İndüksiyon yöntemiyle elektrik üretimini açıklayınız?
- 2)** Güneş enerjisiyle soğutma yöntemleri nelerdir? Güneş enerjisiyle soğutmanın üstünlükleri, olumsuzlukları ve karşılaşılan sorunlar nelerdir?
- 3)** Jeotermal enerjinin tarımda kullanılabileceği alanlar nelerdir? Tarımda jeotermal enerji kullanımında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri nelerdir?
- 4)** Yakıt pili nedir? Çalışma ilkesini açıklayınız? Çeşitlerini yazınız?
- 5)** Hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılması durumunda karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri nelerdir?

KAYNAKLAR

- ACAROĞLU, M. 2003.** Alternatif Enerji Kaynakları. Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, ISBN: 975-6574-25-9.
- ALATARIM, 2007.** Tarımsal Uygulamalar ve Küresel Isınma. Alatarım:49-54.
- ANONİM, 2006a.** URL: <http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/>
(son erişim 10 Ocak, 2008).
- ANONİM, 2006b.** Hidroelektrik Santraller.
URL: <http://canmustafa57.tripod.com/index.htm>
(son erişim 10 Ocak, 2008).
- ANONİM, 2006c.** URL: <http://www.eie.gov.tr/turkce/HESproje/HESProje05>
(son erişim 25 Kasım, 2007).
- ATMACA, İ., KAYNAKLI, Ö., YİĞİT, A. 2003.** Bir Konutun Güneş enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu sistem ile soğutulmasının İncelenmesi. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı: 214-226, 20-21 Haziran 2003, Mersin.
- BLOOMQUIST, G.R. 1990.** Design Innovations for Efficiency and Reliability.
Direct Application of Geothermal Energy: 28.3-28-16.
- DİNÇER, H. 1977.** Ziraatte Canlı Kuvvet Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 638, Ankara
- DİNÇER, H. 1981.** Tarımsal Kuvvet Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 751, Ders Kitabı: 217, Ankara.
- DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A. 1980.** Solar Energy Thermal Process. A Wiley-Interscience Publications, John Wiley&Sons, Inc.
- ESEN, M., DURMUŞ, A., DURMUŞ, A. 1999.** Ayarlanabilir Düzlem Yansıtıcı Destekli Isı Kutusu Güneş Enerjili Bir Yemek Pişiricinin Deneysel Performansının Araştırılması. Güneş Günü Sempozyumu'99 Bildiri Kitabı: 292-295, Kayseri, 25-27 Haziran 1999.
- KARAOŞMANOĞLU, F., 2007.** Biyomotorin ve Türkiye.
<http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.htm>

- KILIÇ, N. 1998.** Dünyada ve Türkiye’de Enerji Sektörüne Bakış ve Jeotermal Enerji Potansiyelinin İrdelenmesi. İzmir Ticaret Odası Yayın No: 56, İzmir.
- ÖZDOĞAN, P., TÖNÜK, S. 2006.** Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi. VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu-UTES’2006 Bildiri Kitabı: 532-541, 25-27 Mayıs 2006, Isparta.
- PATHAK, H., WASSMANN, R., 2007.** Introducing Greenhouse Gas Mitigation as a Development Objective in Rice-based Agriculture: I. Generation of Technical Coefficients. Agricultural Systems 94: 807–825.
- TEV, 1994.** Temiz Enerji Vakfı.
- UZMAY, İ. 1984.** Enerji Girdi ve Çıktıları Esas Alınarak Türk Tarımının Veriminin Yıllara Göre Değişimi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Aralık 1984, İstanbul.
- ÜLTANIR, M.Ö. 1987.** Termodinamik. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1023, Ders Kitabı: 296, ANKARA.
- ÜLTANIR, M.Ö., 1998.** 21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239, ISBN: 975-7249-59-9, Lebib Yalkım Yayınları ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul.
- YALDIZ, O. 2004.** Biyogaz Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Yayın No: 78, Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Antalya.
- YAVUZCAN, G. 1994.** Enerji Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1324, Ders Kitabı: 383.
- YEREBAKAN, M. 2001.** Rüzgar Enerjisi. İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 2001-33, İstanbul, ISBN-975-512-582-5.

3.

TERMİK ENERJİ KAYNAKLARI VE MAKİNELERİ

3.1. Genel

Termik enerji makineleri, doğada bulunan enerjiyi çeşitli yollarla mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir. Bu makine grubu içinde termik makineler, yakıtların bünyesindeki ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir.

Termik makinelerde yakıtın kimyasal enerjisi, yanma suretiyle önce ısı enerjisine dönüşür. Bu ısı, yanan gazların genişmesi veya buhar haline dönüşmesi ile potansiyel enerji olarak pistonlu termik makineleri çalıştırır.

Enerji dönüşümü sırasında çeşitli kayıplar meydana gelir. Bu kayıplar enerji dönüştüren makinenin yapısal özellikleri ve enerji dönüşümünün özellikleri ile ilgilidir. Bu nedenle herhangi bir termik makineye verilen enerji ile makineden alınan enerji arasında mutlaka fark vardır. Verilen enerji veya birim zamanda enerji olarak verilen güç (**verkW**), makineden alınan mekanik enerji sonucu elde edilen güç (**alkW**) ile gösterilirse, enerji değişimindeki verim değeri;

$$\eta = \frac{\text{alkW}}{\text{verkW}} < 1 \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilir ve bu değer daima 1'den küçüktür. Mekanik güç elde etmek için kullanılan değişik makine yapılarının amacı mümkün olduğu kadar verim değerini 1'e yaklaştırmaktır.

Termik makinelerde, yakıtların yakılması sonunda ortaya çıkan ısı enerjisinden yararlanılır. Elde edilen ısı enerjisi basınçlı gaz veya buhar yolu

ile kuvvet makinelerinden alınır.

Tarımsal mekanizasyonda termik makinelerin işletmeye girmesi önemli bir aşama yaratmıştır. Bir bakıma gerçek mekanizasyonun bu makinelerle başlamış olduğu kabul edilebilir.

Termik makineler başlangıçta üretime daha çok sabit işler için girmiş ve bu devrede buhar makineleri ve düşük devirli diesel motorlar kullanılmıştır. Daha sonra teknolojideki gelişmeler yardımı ile motorlar tarla ve bahçelerde kullanılmaya başlamıştır. Bugün elde veya sırtta taşınan bazı tarım makinelerinde bile termik makineler kullanılabilir. (Goering, 1989).

Termik enerji kaynaklarından yararlanma konusunda ilk önemli gelişim, 1769 yılında *J. WATT* tarafından bulunan buhar makinesiyle başlamıştır. Termik motorlar konusundaki önemli ilk gelişmeler ise, 1867 yılında *N. OTTO* tarafından 4 zamanlı Otto motorları, 1893 yılında *R. DIESEL* tarafından diesel motor patentlerinin alınması ile başlar. 1900 yıllarından sonraki yeni gelişmelerle günümüzdeki motorlar elde edilmiştir. Nihayet 1957 yılında Alman *F. WANKEL* tarafından ortaya konan dairesel dönme hareketli Wankel motoru, termik makinelerdeki son önemli gelişme olarak belirtilir (Goering, 1989).

3.2. Termik Enerji Makinelerinin Sınıflandırılması

Isı enerjisini mekanik enerjiye çeviren termik enerji makineleri iki ana bölümde incelenir.

- 1- Dıştan yanmalı termik makineler,
- 2- İçten yanmalı termik makineler.

Dıştan yanmalı termik makinelerde; yakıt makinenin çalışan organı dışında yakılmaktadır. Bu tip makinelerde ısı enerjisi, dış kaynaktaki yakıtın yanması ile bir kazandaki suyun buharlaştırılması için kullanılır. Su buharı, aldığı enerjiyi pistonlu veya döner hareketli buhar makinesine iletir. Buhar makinesinde ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür ve ısıyı kaybeden buhar, tekrar su halinde kazana döner.

İçten yanmalı termik makinelerde; yakıt makine içinde yanmakta ve ortaya çıkan ısı enerjisi genleşen gaz ile işe çevrilmektedir. İçten yanmalı

termik makineler motor adı ile de tanımlanmaktadır. Motorlarda yakıtın motor içinde yanması nedeniyle dıştan yanmalı makinelerde olduğu gibi ön yakma düzenlerine ve yakma yerine özel düzenlerle ısı enerjisinin taşınmasına gerek bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu tip makinelerde ısı kayıpları daha azdır (Liljedahl ve ark., 1989).

İçten yanmalı motorlar, otto veya diesel çevriminden birine göre çalışır. Bu iki çevrim arasındaki en önemli fark; otto çevriminde ateşlemenin bir dış kaynak tarafından yapılması, diesel çevriminde ise yüksek basınç altında ısınan hava içine yakıt püskürtülerek sağlanmasıdır.

Tarımsal işletmelerde çeşitli üstünlükleri nedeniyle içten yanmalı otto ve diesel çevrimli motorlar kullanılmaktadır. Mekanizasyonun ilk devrelerinde buhar makineleri kullanılmış fakat daha sonra diğer kullanım yerlerinde olduğu gibi tarım işletmelerinde bu makineler terk edilmiştir.

3.3. Yakıtların Genel Özellikleri

Yakıt, yakıldığında ekonomik enerji veren bir maddedir. Termik enerji makineleri, bu enerji ile çalışan makinelerdir. Yakıtlar doğada; katı, sıvı veya gaz halinde bulunur. Dıştan yanmalı termik makinelerde genellikle katı yakıtlar, içten yanmalı termik makinelerde ise daha çok sıvı ve gaz yakıtlar kullanılır. Katı yakıtların motorlarda kullanımı önceleri denenmiş ancak, toz halinde dahi, doğrudan kullanılmasının verimli olmadığı saptanmıştır.

3.3.1. Gaz Yakıtları

Gaz şeklindeki yakıtlar geniş hacimlidir. Bu nedenle, bu tip yakıtların hareketli taşıt motorlarında kullanımı için yüksek basınç altında sıvı hale getirilerek kullanılması gereklidir. LPG (%70 bütan+%30 propan) çok kolay buharlaşabilen bir gazdır. LPG yakıtının kullanıldığı motorlarda yakıt sisteminin, yakıtı karbüratöre veya püskürtme sistemine kadar sıvı halde tutacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu tip sistemlerde yakıtın tüp veya depodan çekilmesi sıvı veya buhar halinde olabilmektedir. Motor ısınmaya kadar buhar halinde çekilen yakıt, motor çalışıp ısındıktan sonra bir anahtar sayesinde depodan tekrar sıvı olarak alınmaktadır. Çelik tüpler içinde basınç altında saklanan gaz yakıtlar, basıncı düşürülerek tekrar gaz haline getirilir. Özellikle ABD'de yeraltı doğal kaynaklardan geniş çapta elde edilen

bu yakıt türü tarım traktörlerinde de kullanılmaktadır.

3.3.2. Sıvı Yakıtlar

Motorlarda kullanılan sıvı yakıtlar, akaryakıt olarak da adlandırılır. Akaryakıtlar karbonlu hidrojenler veya bunların karışımıdır. Bir akaryakıtın ısı değeri, bünyesindeki hidrojen ve karbon atomları oranına bağlıdır. Hidrojen atomu sayısı arttıkça yakıtın sağlayacağı ısı enerjisi de artar. Yakıtın uçuculuğu yani kaynama noktası, bileşimindeki karbonlu hidrojenlerin molekül ağırlığı ile ilgilidir. Yakıtların olumlu bir özelliği olan vurutuya karşı dirençleri ise, moleküldeki karbon atomu sayısı ile ters orantılı bir değişim içindedir (Goering, 1989).

Ham petrolde çeşitli hidrojenli karbon bileşikleri bulunur. Değişik özgül ağırlıktaki bu bileşikler petrolden, destilasyon (damıtma), kracking veya polimerizasyon gibi çeşitli yöntemler ile ayrılmaktadır.

Akaryakıtlardaki Bileşikler

Akaryakıt olarak adlandırılan sıvı yakıtlarda bulunan en önemli hidrokarbonlu bileşikler; *parafin*, *olefin* ve *aromat* gruplarından bileşiklerdir.

Parafin grubu, $(C_n H_{2n+2})$ kapalı formülüne uyan doymuş karbonlu hidrojenlerden meydana gelir. Parafin grubundaki yakıtların yapısı düz veya dallı zincir biçiminde olabilir. Düz zincir parafinlere normal yan kolları olan parafinlere *iso-parafin* adı verilir. Normal parafinler kolayca çözülebilir ve çabuk yanarlar, bu nedenle diesel motorlar için uygun yakıt bileşikleridir. Iso-parafinler ise vurutuya daha dayanıklı, dolayısıyla otto motorlar için uygun bileşiklerdir.

Olefin grubu, $(C_n H_{2n})$ kapalı formülü ile ifade edilir. Olefin grubu da zincir yapısındadır. Olefin grubu, parafin grubu gibi kolay parçalanamaz ve benzin için uygun bileşiklerdir.

Aromat grubu, $(C_n H_{2n-6})$ formülü ile ifade edilen, doymamış hidrokarbonlardır. Hidrokarbonlar, kapalı altı köşe yapıdadır, stabil ve vurutuya dayanıklıdır. Aromat grubunda benzol (C_6H_6) önemli bir bileşiktir. Isı değeri düşük ve uçucu karakterdedir. Aromat grubu vurutuya dayanıklı olduğundan iyi bir otto motor yakıtıdır. Fakat diesel motorları için elverişli değildir.

Alkol bazı hallerde yakıtlara karıştırılabilir. Hidrokarbonlarda karbonun

(OH) ile birleşmesi ile alkoller meydana gelir. Isı değeri düşük olan alkollerin vurutuya karşı dirençleri oldukça yüksektir. Alkol basınca karşı benzindeki direnci arttırmakta, buna karşın soğukta buharlaşması zor olduğundan ilk hareketi güçleştirmektedir. Ayrıca su toplama özelliğinden dolayı çabuk sulanan alkolün saf halde bulundurulması oldukça güçtür. Günümüzde metanol (CH_3OH) ve etanolün (C_2H_5OH) belirli oranlarda benzine karıştırılarak kullanılmasına olanak sağlayan motor teknolojilerine sahip araçlar üretilmekte ve kullanılmaktadır.

Son dönemde ucuz ve çevreye duyarlı yakıt tüketimi arayışları çerçevesinde yaygınlığı artan diğer bir yakıt türü de biyodizeldir. Biyodizel; biyolojik yağlardan üretilen, motorine eş değer bir yakıttır. Biyodiesel, kanola, pamuk, soya, aspir, ayçiçek gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağlarla atık kızartma yağlarının veya hayvansal yağların bir katalizör (NaOH veya KOH) eşliğinde kısa zincirli bir alkolle (metanol veya etanol) reaksiyon sonucunda açığa çıkmaktadır (Koçar ve Demir, 2006). Bu süreçte *esterifikasyon* denmektedir.

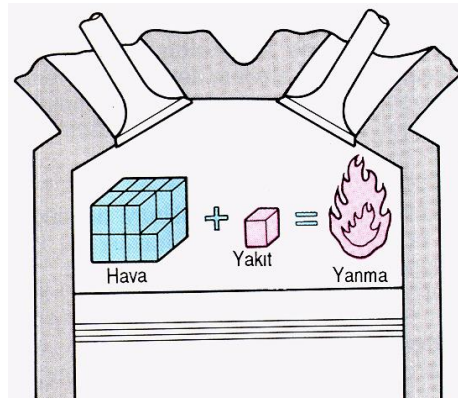
Biyodizel üretimi aşamasında kullanılan yağların yeni veya atık olmasının önemi bulunmamaktadır. Bu nedenle biyodizel kullanımı, atıklardan enerji elde edilmesine örnek bir geri dönüşüm modelidir. Ayrıca üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılıyor olması sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından oldukça önemlidir. Uluslararası kodlamada biyodizelin dizel yakıtı içerisindeki oranını ifade etmek üzere *B5*, *B20*, *B50*, *B100* (saf biyodizel) kodlamasıyla standartlaştırılmıştır. Kodlamada yer alan rakamlar dizel içerisinde biyodieselin yüzde karışım oranını ifade etmektedir. Motor ve yakıt sisteminde herhangi bir değişiklik gerektirmeden kullanım olanağı bulunan biyodizelin, sağladığı yakıt ekonomisi ve çevreci özellikleri nedeniyle yaygınlığı artmaktadır. Biyodizelin toksik özelliği yoktur. Ayrıca biyolojik bozulması mümkün olan biyodizel, sülfür ve kanserojen benzen içermemektedir. Biyodizel yakıtının alt enerji değeri örneğin kullanılmış mısır yağı için $42,3 \text{ MJ/kg}$ (*yoğunluk; 883,9 kg/m³*), kullanılmış kolza yağı için ise $36,7 \text{ MJ/kg}$ 'dir (*yoğunluk; 895,3 kg/m³*). En düşük tutuşma sıcaklıkları ise mısır ve kolza yağı için sırasıyla 166°C ve 192°C 'dir. (Yamane ve ark. 2001).

Son yıllarda, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan, güneş enerjisi ve nükleer enerjiden, su gibi sonsuz kaynaklardan elde edilen hidrojenin

enerji taşıyıcı olarak kullanılması üzerinde çalışmalar ve uygulamalar yaygınlaşmaktadır. Hidrojen esaslı enerji üretim sistemlerinin kullanılmasıyla yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkması nedeniyle herhangi bir çevresel zarar meydana gelmemektedir.

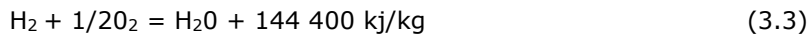
3.3.3. Motorlarda Yanma

Yakıtların motorda yanarak ısı enerjisi vermeleri, bir oksidasyon olayıdır. Yanma sırasında yakıt bünyesindeki karbon ve hidrojen havanın oksijeni ile birleşmektedir (Şekil 3.1.). Yakıtın enerjisinden tam yararlanabilmek için yanmanın tam olması ve yakıtın hava ile iyice karışımı gereklidir.



Şekil 3.1 Motorlarda yanma olayının sembolik gösterimi

Tam yanmada:



elde edilir. Eksik yanmada ise, oksijen eksikliğinden dolayı;



(karbon monoksit) ortaya çıkar (Sabancı, 1990a). Tam yanmada 1 kg karbon 33 870 kJ, eksik yanmada ise 8 800 kJ' lük ısı enerjisi vermektedir. Eksik yanmada yakıtın verdiği enerji azalır ve zehirli olan karbon monoksit gazı

ortaya çıkar. Genel olarak 1 kg benzinin tam yanması için 14,9 kg hava, diesel yakıtının yanması için ise 14,2 kg lık havaya ihtiyaç vardır. Uygulamada yanmanın tam olabilmesi için özellikle diesel motorlarda yukarıdan bildirilen hava miktarından daha fazlası gereklidir.

Yakıtın yanması sonunda ortaya çıkan ısıya "**yakıtın alt ısı değeri**" denir. Bu değer ortalama olarak benzin için 43 960 kJ/kg diesel yakıtı için 41 870 kJ/kg dir.

Yanma olayı otto ve diesel motorlarında bazı farklılıklar göstermektedir. Otto motorlarında benzin-hava karışımı silindir içine girdikten sonra bir dış kaynaktan sağlanan elektriksel kıvılcım ile ateşlenir. Genellikle buji tarafından sağlanan kıvılcım, ilk olarak çevresindeki molekülleri ateşlemekte , bu moleküller daha sonra yanma işini diğer moleküllere iletmektedir.

Otto motorlarında yanma sırasında:

Sıkıştırma oranı	:7:1-12:1
Sıkıştırma sonundaki basınç	:6-12×10 ⁵ Pa
Sıkıştırma nedeni ile sıcaklık	:260-400 °C
Yanma sonucu basınç	:30-40×10 ⁵ Pa
Yanma sıcaklığı	:1 500-2 200°C

arasında değişmektedir.

Diesel motorlarda yakıtın yakılması, silindir içinde sıkıştırılarak sıcaklığı yükseltilmiş bulunan hava içine yakıt püskürtülerek sağlanır. Otto motorlarda hava-yakıt karışım halinde silindire homojen olarak girer. Diesel motorlarda ise karışım silindirde meydana geldiğinden bir süre yanmayı geciktirir.

Diesel motorlarında yanma sırasında:

Sıkıştırma oranı	:14:1-22:1
Sıkıştırma sonundaki basınç	:25-50×10 ⁵ Pa
Sıkıştırma nedeni ile sıcaklık	:550-700°C
Yanma sonu basınç	:50-80×10 ⁵ Pa
Yanma sonu sıcaklık	:1 500-2 200°C

arasında değişmektedir.

3.3.4. Vuruntu

Vuruntu, motorda yakıt-hava karışımının kendi kendine tutuşması ile meydana gelen olumsuz bir yanma olayıdır. Motorlarda aşırı titreşim, aşınma ve bundan dolayı piston ve süpablardan yanma gibi olaylara neden olur, Otto ve Diesel motorlarda vuruntu nedenleri birbirinden farklıdır.

Otto motorlarda vuruntu, doymamış hidrokarbonlar (*parafinler*) nedeniyle oluşmaktadır. Benzinin vuruntuya direnci oktan sayısı ile ölçülür. Oktan sayısı arttıkça benzinin vuruntuya direnci de artar. **93'den** yukarı oktan sayılı benzinler yüksek oktanlıdır ve sıkıştırma oranı yüksek olan motorlarda kullanılır. Normal benzinler **82-92** süper benzinler **93-98** oktanlıdır. Benzinin vuruntuya direnci bazı katkı maddeleri ile arttırılabilir.

Diesel motorlarında vuruntu, tutuşma gecikmesi ile ortaya çıkar. Tutuşma gecikince, yanma zamansız olarak gerçekleşir. Bu nedenle diesel motorlarında vuruntu, otto motorlarındaki şartların tamamen ters koşullarında ortaya çıkar. Tutuşma gecikmesi *parafin grubu hidrokarbonlarda* az, buna karşılık *aromatlarda* fazladır. Bu nedenle vuruntuya dirençli otto motor yakıtları, diesel motorları için vuruntuya eğilimi artırır.

Diesel motorlarında vuruntuyu azaltmak için, tutuşma gecikmesini azaltmak gerekir. Bu amaçla ön yanma odası ve türbülans odası gibi özel önlemler gereklidir. Diesel motorlarda sıcaklık ve basınç artması vuruntuyu azaltır. Motor hızı azaldıkça vuruntuya eğilim artar. Otto ve Diesel motorlarında vuruntuyu yaratan nedenler Çizelge 3.1 de özetlenmiştir.

Diesel yakıtlarında vuruntuyu azaltmak için bazı katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Bu tip motorlarda vuruntunun azalması için yakıtın mümkün olduğu kadar tutuşma eğiliminde olması gereklidir. Yakıtın bu özelliği Setan sayısı ile belirtilir. Setan sayısı arttıkça yakıtın niteliği de artar. Normal olarak karışımda setanın hacimsel yüzdesi setan sayısını verir. Normal diesel motorlarda, **40-60 setan** sayılı yakıtlar kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1. Diesel ve Otto Motorlarda Vuruntu Nedenleri ve Etkileri

DİZEL MOTORU	OTTO MOTORU
Düşük basınç	Yüksek basınç
Yetersiz dolgu	Aşırı dolgu
Az yüklenme	Çok yüklenme
Yüksek hız	Düşük hız
Aromat ve nattalinli bileşikler	Paratin ve olefinli bileşikler
Kurşun tetraetil ve demir Karbonil gibi katkı maddeleri	Amil kurşun nitrat ve etil nitrat gibi katkı maddeleri

3.3.5. Diğer özellikler

Akaryakıtlarda Uçuculuk: Soğuk havalarda yakıtın uçuculuk ve buharlaşma niteliği çok önemlidir. Motor içinde benzin yoğunlaşması sonucu, yoğunlaşan yakıt kartere sızarak motor yağını inceltir. Buharlaşma sıcaklığı düşük olan yakıtlar ise sıcak havada kolay buharlaşır ve yakıt ileten borularda buhar tıkaçı meydana getirerek yakıtın hareketini ve motorun çalışmasını engeller.

Soğuğa Dayanıklılık: Diesel yakıtı benzine kıyasla soğuk şartlarda daha kolay donar. Benzin -100°C den sonra, diesel yakıtı ise $0^{\circ}\text{-}30^{\circ}\text{C}$ arasında donmaktadır. Diesel yakıtları özellikle soğuk havalarda ilk hareketi için dezavantajlıdır. Bu nedenle diesel motorlarda ilk hareket için özel düzenler kullanılmaktadır.

Viskozite (Yapışkanlık): Yakıtın akmaya karşı direncidir. Otto ve diesel motorlarında yakıt, çok küçük kanallardan geçer. Bu nedenle özellikle diesel yakıtlarında viskozite önemlidir.

Özgül Kütle: Yakıtların ortalama özgül kütlesi;

Benzin : $0,720\text{-}0,760\text{ kg/dm}^3$

Diesel yakıtı : $0,880\text{ kg/dm}^3$ değerleri arasında değişmektedir.

Yabancı Maddeler: Yakıt içerisindeki yabancı maddeler motorda çalışmayı güçleştirmektedir. Yakıtlarda en çok rastlanan artık madde *olefin sınıfı hidrokarbonların* yanması sonucu oluşan reçinedir. Reçine, motorun çalışmasını geciktirmektedir. Yakıt içerisindeki kükürt ise yanma sonucu sülfüre dönüşmekte ve su ile birlikte asit meydana getirerek aşırı aşınmaya neden olmaktadır. Yakıtın içindeki su, soğuk havalarda yakıtın donmaya karşı direncini azaltır. Ayrıca diesel motorlarının yakıt donanımında su nedeni ile aşınma meydana gelebilmektedir.

3.3.6. Ekonomiklik

Yakıtlarda 1 kg yakıtın ısı enerjisi önemlidir. Yakıtın sağladığı ısı, alt ısı değeri ile ölçülür. Yakıt enerjisi genel bir ifade ile otto motorlarında **%24**, Diesel motorlarında **%32** oranında faydalı ise dönüşür. İki motor tipi arasında Çizelge 3.2.'de görülen enerji bilançosu kurulabilir.

Çizelge 3.2. Otto ve Diesel Motorlarda Kayıp ve Net Enerji Oranları

Yararlı enerji ve kayıp enerjileri	Otto Motoru	Diesel Motoru
Yakıtın yanması ile ortaya çıkan	%100	%100
Egzoz gazı ile dışarıya verilen	%36	%29
Soğutma suyu ile uzaklaştırılan	%33	%32
Sürtünme ve radyasyon ile kaybolan	%7	%7
Krank milinden alınan yararlı enerji	%24	%32

3.4. Motorların Çalışma Yöntemleri

Günümüzde tarımsal mekanizasyon uygulamalarında enerji makinesi olarak en çok kullanılan makineler otto ve diesel motorlardır. Bunlar arasında dış tarım işletmelerinde birçok üstünlükleri nedeni ile Diesel motorları, Otto motorlara tercih edilmektedir. Diesel motorların en önemli üstünlükleri:

1. Yakıtın ucuz olması,
2. Özgül yakıt tüketimi değerinin düşük olması,
3. Enerji dönüşüm verimlerinin yüksek oluşu şeklinde özetlenebilir.

Otto ve diesel motorlar arasında önemli yapısal farklılıklar yakıtın yakılma şekliyle dolayısıyla ortaya çıkmaktadır. Ancak, genel özellikler açısından her iki motor sistemleri arasında büyük benzerlikler bulunmaktadır. Genel olarak bir içten yanmalı motorun en önemli parçaları Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Motor deyince akla ilk olarak, bir silindir ve piston gelir. Bu iki parça arasında kalan boşluk yakıtla havanın yakıldığı yanma odasıdır. Kapalı bir hacim olan yanma odasına hava ve yakıtın giriş çıkışı, emme ve egzoz manifoldlarından süpabların işleviyle sağlanır. Süpabların açılıp kapanması, motorun 4 ve 2 zamanlı oluşuna göre hassas bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

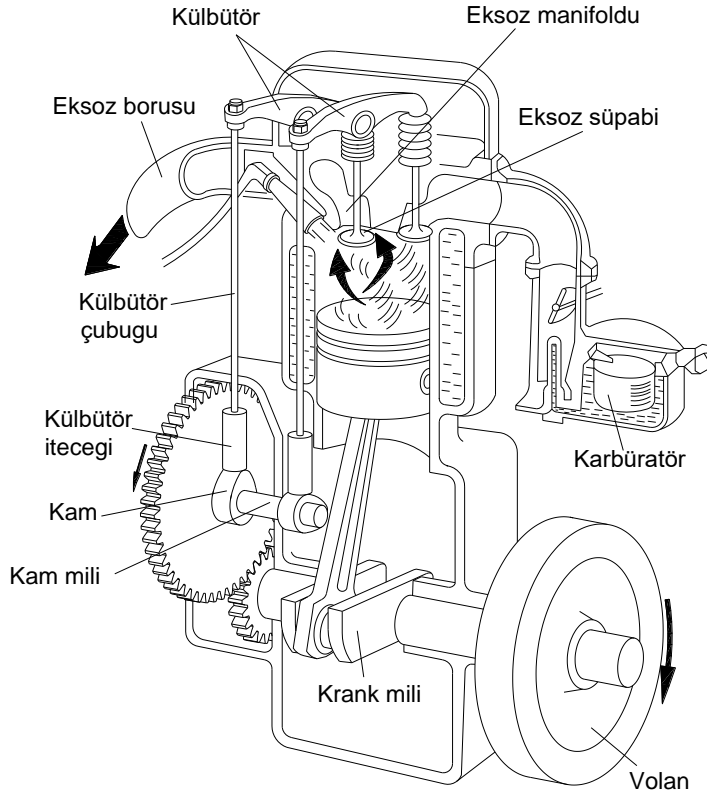
Yanma odası içinde hareket eden piston bir kol aracılığı ile krank miline hareketi iletir. Krank mili aldığı gidip gelme hareketini dairesel (*dönel*) hareket haline dönüştürecek yapıdadır. Krank mili aynı zamanda volan ve süpabların açılıp kapanmasını sağlayan dişli mekanizmalarıyla bağlantılıdır. Bu dişli sistem aldığı hareketi süpablara motorun zamanına bağlı olarak ve hareketi 1/2 oranında azaltarak; kam mili, kam, külbütör iteceği, külbütör çubuğu ve külbütör mili aracılığı ile iletir.

Krank mili motor bloğuna yataklı olarak bağlanmıştır. Aynı şekilde silindirde silindir ve piston bu blok içinde bulunur. Motor bloğunun altı, motorun yağını içinde bulduran karter adlı parça ile kapalıdır. Yanma odasına emme manifoldu aracılığı ile karbüratör veya hava filtresi, egzoz manifolduna ise susturucu bağlıdır.

Motorda kimyasal enerjinin, mekanik enerjiye dönüşümü için motorda gerçekleşen birim olaya çevrim denir. Çevrim:

1. Taze dolgunun yanma odasına emilmesi,
2. Bu dolgunun sıkıştırılması,
3. Dolgunun yakılması ve genişmesi ile,
4. Ortaya çıkan gazların dışarı atılması

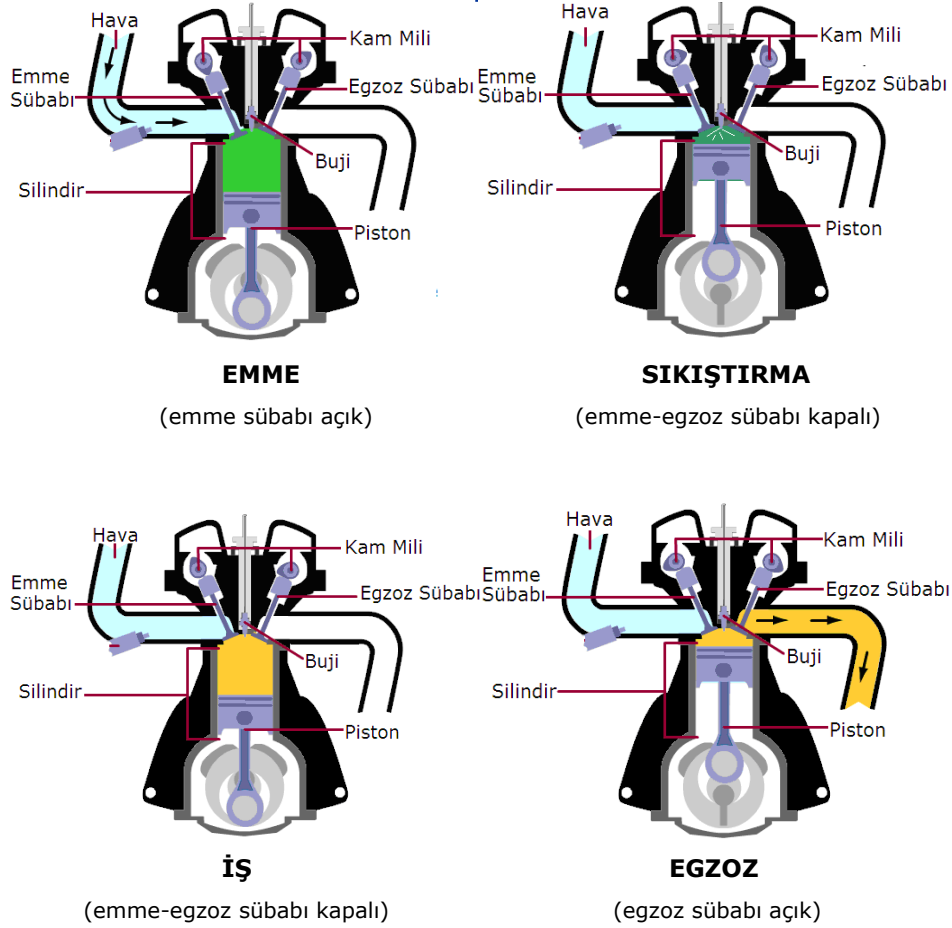
şeklinde ardışık 4 işlemden oluşur. Genel bir deyim olan her bir işlem, çevrimin ayrı temel bir zamanını oluşturur. Kısaca bu zamanlar; **emme**, **sıkıştırma**, **iş** ve **egzoz** zamanları olarak da adlandırılır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.2. Tek silindirli bir otto motoru kesiti

Bu dört zaman veya işlemin, krank miline bağlı olarak gerçekleştirilmesi 4 veya 2 zamanlı motor sistemlerini ortaya çıkarır. 4 zamanlı (4 stroklu) motorlarda 1 çevrim, krank milinin 2 devrinde, 2 zamanlı (2 stroklu) motorlarda ise 1 çevrim krank milinin 1 devrinde, diğer bir ifadeyle piston kolunun krank mili üzerindeki bağlantı noktasının 360°'lik dönüşü ile sağlanmaktadır.

4 zaman, çevrim sırasında her bir işlemin pistonun aşağı veya yukarı bir hareketi (*stroku*) sırasında olduğu için her strok süresi bir zamanı oluşturmaktadır. Dolayısıyla 4 strok süresinin her biri bir zaman, 4 stroka da bir çevrim denmektedir. 2 zamanlı motorlarda ise çevrim pistonun 2 stroku ile sağlanmaktadır.



Şekil 3.3. Dört zamanlı bir otto motorunda çevrim

Pistonun silindir içerisinde erişebileceği en üst noktaya **üst ölü nokta** (Ü.Ö.N), en alt noktaya ise **alt ölü nokta** (A.Ö.N) adı verilir. Piston A.Ö.N.'da iken silindir ve piston arasındaki hacim en büyük, üst ölü noktada iken en küçük değere sahiptir. Pistonun Ü.Ö.N. ile A.Ö.N arasındaki uzaklık strok olarak adlandırılır. Strok yüksekliğindeki silindir hacmi de strok hacmi olarak adlandırılır. Piston Ü.Ö.N. iken piston üstünde kalan hacim sıkıştırma hacmi veya yanma odası hacmi olarak alınır. Emme hacmi ise piston A.Ö.N. iken oluşan hacimdir.

Emme hacminin, sıkıştırma hacmine oranı, motorlarda çok kullanılan, bir deyim olan **sıkıştırma oranını** verir ve aşağıdaki gibi gösterilir.

$$SO = (\text{Emme Hacmi} / \text{Sıkıştırma Hacmi}) = \frac{(YOH + SH)}{YOH} \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

- SO : Sıkıştırma oranı
YOH : Yanma Odası hacmi
SH : Strok hacmidir.

Otto ve diesel motor çevrimleri arasında önemli bir farklılık yoktur. Farklılık sadece yanma odasına emilen dolgu çeşidi ve dolgunun yakılmasında ortaya çıkmaktadır. Çünkü Otto motorlarda emilen dolgu; hava+yakıt karışımı olduğu halde, Diesel motorlarda sadece havadır. Yakıt sıkıştırılan hava içine püskürtülür. Dolayısıyla Otto motorlarda yanma elektrik kıvılcımı ile, Diesel motorlarda ise yakıtın patlatılması ile sağlanır.

3.5. Termik Motorların Yapısal Özellikleri

Bir termik motorunun parçaları :

1. Temel motor parçaları
2. Denetim organları,
3. Yardımcı organlar (*motor sistemleri*)

olarak 3 ana gruba ayrılarak incelenebilir. Temel motor parçalarında, sabit ve hareketli parçalar olarak 2 gruba ayrılmaktadır.

Sabit Parçalar, hareketli parçalara yataklık eden veya değişik şekillerde hareketli parçaların çalışmasına yardımcı olan; *motor bloğu*, *motor kapağı*, *karter* gibi kütlece daha büyük parçalardır. Hareketli parçalar, yakıt enerjisinin mekanik enerjiye dönüşümünde hareketi motor miline ileten; *piston*, *piston kolu*, *krank mili* ve *volan* gibi parçalardır.

Motor denetim organları, çevrim için gerekli dolgu ve egzoz gazlarının silindire giriş çıkışını zamanlayan ve sağlayan bir sistem içinde çalışan organlardır.

Yardımcı organlar ise çevrim sırasında, yakıtın yakılması karışımın hazırlanması, motorun soğutulması ve yağlanması gibi işlevleri olan sistemleri oluşturmaktadır.

3.5.1. Temel Motor Parçaları

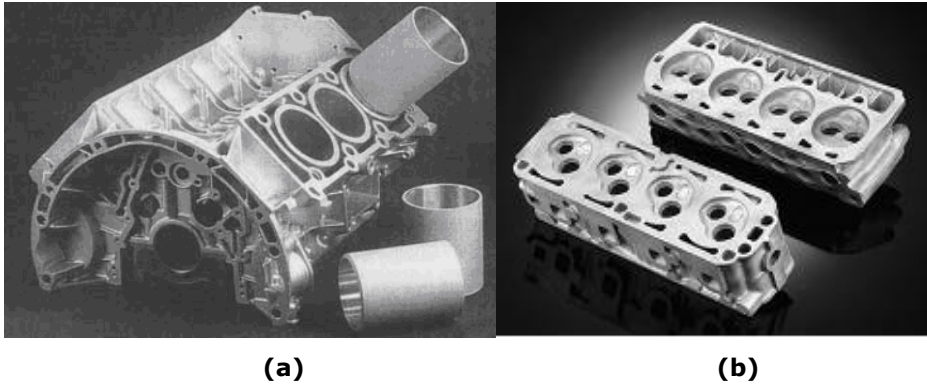
3.5.1.1. Sabit Parçalar

Silindir Bloğu

Silindir bloğu, üst karterle birlikte motorun gövdesini oluşturur. Pistonlara yataklık eder ve silindirleri meydana getirir. Ayrıca, diğer motor parçalarını da üzerinde taşır. Bilindiği gibi termik motorlarda yanma silindir içinde meydana gelir. Bu nedenle, silindir su soğutmalı motorlarda tek blok halinde, hava soğutmalı motorlarda ayrı ayrı kartere bağlıdır. Silindir bloğu font (*gri döküm*) veya hafif yapıda alüminyum alaşımıdır. Hava ile soğutmalı silindirlerde, dış yüzey soğutmaya kolaylaştırmak için kanatçıklar ile donatılmıştır. Şekil 3.4'te bir silindir bloğu ve silindir bloğunun üzerinde bulunan silindir kapağı verilmiştir. Yanma olayının meydana geldiği silindir, eski tip motorlarda blok üzerine açılmış silindirik bir deliktir. Fakat yeni tip motorlarda silindir ayrı bir kovan (silindir gömleği) şeklinde yapılmakta ve bloğa takılmaktadır. Aşınma, ve diğer nedenlerle sadece gömlekler değiştirilir ve blok yeni gömlekler takılarak kullanılabilir.

Su soğutmalı motorlarda yağ ve kuru gömlekler kullanılabilir. Yağ silindir gömleklerinde soğutma suyu gömlek etrafında gömlek ile direkt temas ederek soğutmaya sağlar. Kuru gömleklerde ise gömlek, blok ile temastadır ve su blok içinde dolaşarak soğutmaya sağlamaktadır.

Silindirlerin iç yüzeyinin zamanla oluşan aşınma nedeniyle çapı genişler ve ovalleşir. Bunun sonucunda motor gücü azalır. Bu durumda yeniden işleme ile silindir çapı genişletilir (rektefiye edilir).



Şekil 3.4. Silindir bloğu (a) ve silindir kapağı (b) örnekleri (Anonim, 2008)

Motor Kapağı (silindir kapağı)

Üzerinde supapları ve diğer bazı parçaları taşıyan silindir kapağı silindirlerin üst kısmını kapatarak yanma odalarını oluşturmaktadır. Silindir kapağı, yanma olayı ile direkt olarak ilişkide bulunduğu için yanma sonundaki yüksek basınca dayanma, yanma odasında oluşan yüksek ısıyı iletme gibi özelliklere sahip olması istenmektedir. Silindir kapağı;

- ✓ Emme ve egzoz portları ile supap yuvaları
- ✓ Supap sistemi parçalarının yatak ve kılavuzları
- ✓ Buji yuvaları veya enjektör yuvaları
- ✓ Su kanalları
- ✓ Yanma odaları kısımlardan meydana gelir.

Silindir bloğu motorlarda, genellikle tek parça halindedir. Kapak saplamalarla silindir bloğuna bağlanır. Blok ile kapak arasında sızdırmazlığı sağlamak için conta kullanılır. Bu conta yüksek basınç ve sıcaklıkta genişleyen gazların silindirden sızmasını önler.

Conta malzemesi olarak genellikle iki yüzeyi 0,3 mm kalınlığında bakır levha ile kaplı asbest plaka kullanılır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Motor kapak contası

Sızdırmazlık için motor kapağını bloğa bağlayan cıvataların sıkılık derecesi çok önemlidir. Bu nedenle kapak saplamalarının sıkılık derecesi özel anahtarlarla (tork anahtarı) yapılmaktadır.

Alt ve Üst Karter

Üst karter silindir bloğu ile tek parça halinde ve dökümdür. Bu parça motor krank miline yataklık eder, diğer deyişle milin yatakları bu parça üzerindedir (Şekil 3.6.). Alt karter veya karter, motoru alttan kapatan krank milinin alt koruyucusudur. Karter genellikle fazla yük altında olmadığından 1-

2 mm kalınlığındaki çelik saçtan preslenerek yapılır. Karterde yağ soğutulmasını sağlamak için bazı tip motorlarda soğutma kanatları da bulunur. Döküm olarak yapılan karterler ısıyı iyi iletir ve soğutmayı kolaylaştırır. Fakat alçak araçlarda bir engele rastladığında kırılabileceği için, elverişli değildir.

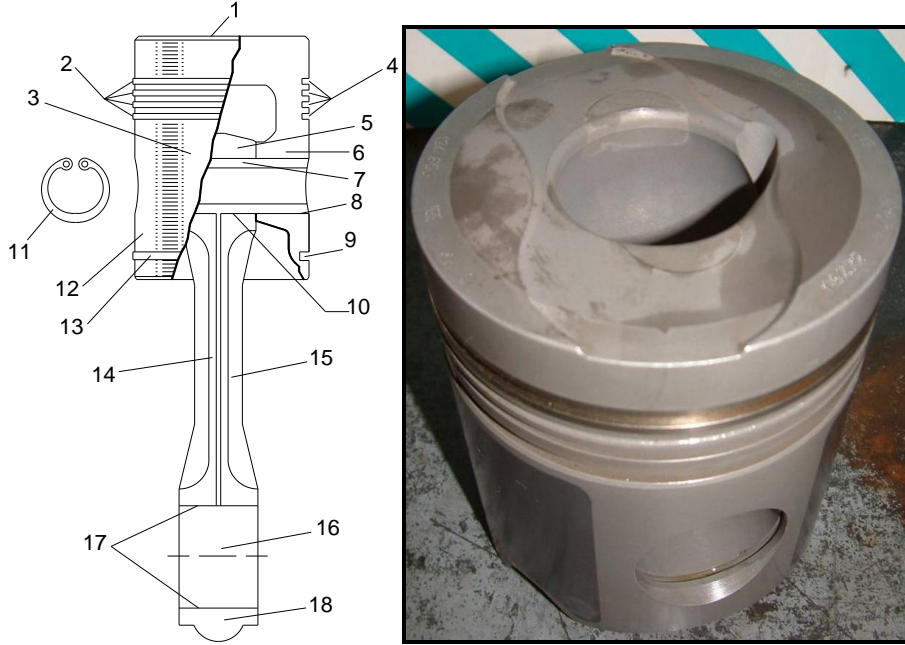


Şekil 3.6. Bir alt karter örneği

3.5.1.2. Hareketli Parçalar

Piston

Bu parçanın görevi, silindir duvarları ve motor kapağı arasında gazların sıkışmasını sağlamaktır. Yanma sonucu oluşan genişleme sırasında, silindir ile piston arasında basınç sızması istenmez. Bu işlem piston ile silindir arasında uygun tolerans ve yağlama yağı ile sağlanır. Piston doğrudan soğutulmadığı için, sıcaklığı silindir sıcaklığından daha fazladır. Bu nedenle piston silindire kıyasla daha fazla genişler. Ayrıca pistonun üst kısmı alt kısmına göre daha fazla genişlemektedir. Pistonun hafifliği oluşan atalet kuvvetlerinden dolayı önemlidir. Bu nedenle pistonlar hafif, alüminyum alaşımlardan yapılmaktadır (Şekil 3.7.)



Şekil 3.7. Piston ve piston kolunun boyuna kesiti

Piston ile silindir arasındaki sızdırmazlık, sekmanlar (2) tarafından sağlanır. Sekmanlar ayrıca piston başındaki sıcaklığı silindire ileterek pistonun soğumasına yardım eder. Sekman dikdörtgen kesitli dairesel bir bileziktir ve piston üzerindeki özel yuvalarına (4) oturur. Sekmanların iki ucu arasında genişmeyi karşılamak için bir boşluk bırakılır. Piston başından aşağı doğru sıra ile sıkıştırma sekmanları ve yağ sekmanları (9) yer alır. Sıkıştırma sekmanları sızdırmazlığı sağlar, yağ sekmanları ise silindir ile piston arasında yağlama görevi yapmaktadır.

Piston Pernosu

Piston üzerinde özel yataklarına (8) takılan bu pernoya piston kolu (15) bağlıdır. Perno bazı motorlarda pistonu sabit, bazılarında ise oynak olarak bağlanmıştır.

Piston Kolu

Bu kolun görevi, piston ile krank mili arasındaki bağlantıyı sağlamaktır. Kolun bir ucu (5) piston pernosuna diğer ucu (16) krank miline bağlıdır, Bazı piston kollarında kol ucu içindeki yağlama kanalı (14) ile pernodan yağ sekmanına ileten yağ, silindir ile piston arasında yağlamayı sağlar.

Krank Mili

Motorun en önemli elemanıdır, pistonun gidip gelme hareketini dairesel dönme hareketine çevirir (Şekil 3.8). Bu mil silindir bloğuna ana yataklarla yataklanmıştır. Krank milinde piston ve piston kolu hareketinden dolayı ortaya çıkan zararlı atalet kuvvetlerini yenmek motorun dengeli ve sarsıntısız çalışmasını sağlamak için kullanılır. 4 zamanlı motorlarda çevrimin tamamlanması için krank mili **720°**, iki zamanlı motorlarda ise **360°** döner. Krank milinin yapısı motordaki silindir sayısı ve ateşleme sırası ile ilgilidir. Şekil 3.9'da çeşitli motorlarda krank mili şekilleri görülmektedir.

İki silindirli 4 zamanlı motorlarda (Şekil 3.9b) ateşleme sırası 1-2 şeklindedir ve ateşleme aralığı 360°'dir. Genellikle mil üç ana yatak tarafından taşınmaktadır. Üç silindirli 4 zamanlı motorlarda ateşleme aralığı (Şekil 3.9d);

$$720^\circ/3 = 240^\circ \text{ ve}$$

2 zamanlı motorlarda ise:

$$360^\circ/3 = 120^\circ \text{dir.}$$

Ateşleme sırası 4 zamanlı saat yönünde dönen motorda 1-2-3, aksi yönde dönen motorda ise 1-3-2 şeklinde düzenlenir.

Altı silindirli motorlarda (Şekil 3.9e), ateşleme sırası:

$$720^\circ/6 = 120^\circ$$

olacaktır. Bu nedenle krank mili kol yatakları aralarında 120° bulunan düzlemlerde 2'şer 2'şer yerleştirilmiştir. Bu tip krank milleri 3 veya 7 yatakla silindir blokuna bağlıdır.

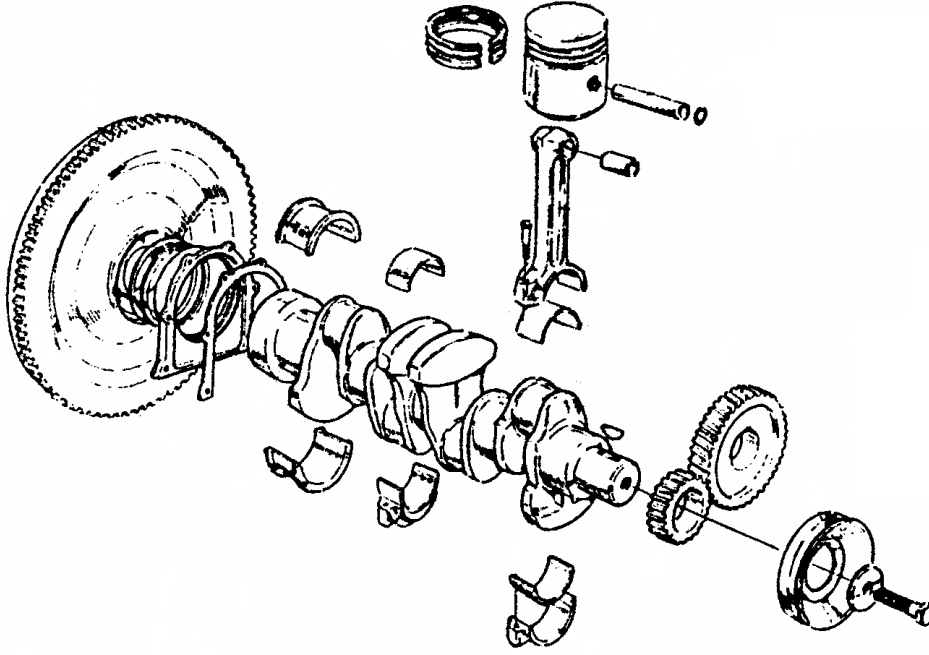
6 silindirli motorlarda ateşleme sırası:

$$1-2-3-6-5-4$$

$$1-5-3-6-2-4$$

$$1-5-4-6-2-3$$

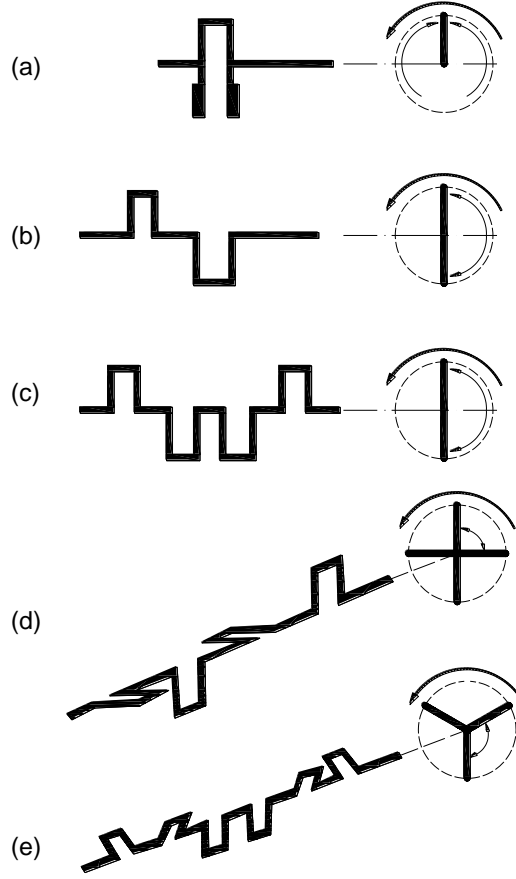
gibi değişik şekillerde düzenlenebilir (Goering, 1989).



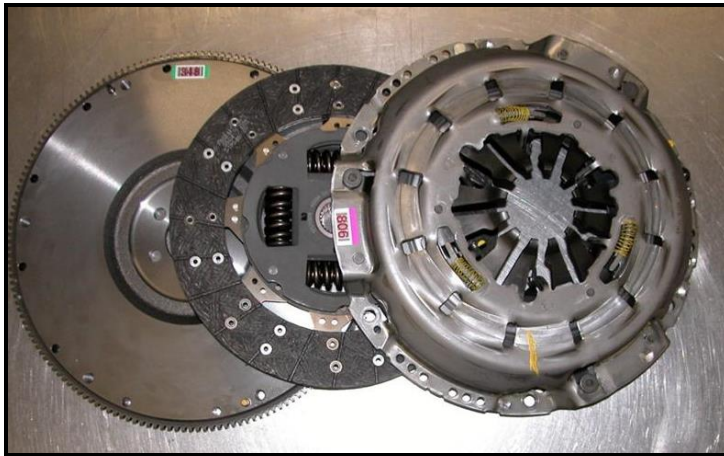
Şekil 3.8. Piston krank mili ve parçaları

Volan

Volan krank mili ucuna bağlıdır, krank mili ile birlikte döner. Volan, ateşleme zamanında alınan enerji ile diğer üç zamanda krank milinin dönmesini sağlar. Volan ayrıca ölü noktalarda piston-piston kolu-krank mili sisteminin hareketini devam ettirir. Silindir sayısı arttıkça motorda bir krank mili dönmesini karşılık ateşleme sayısı artacağından, motor, hareketi daha düzenli olur ve volan kütlesi küçülür. Volan ayrıca, taşıtlarda kavramanın bağlanmasını sağlar (Şekil 3.10.) Elektrik motorlu ilk hareket sistemlerinde motorun çalıştırılmasına yardımcı olur.



Şekil 3.9. Krank mili tipleri



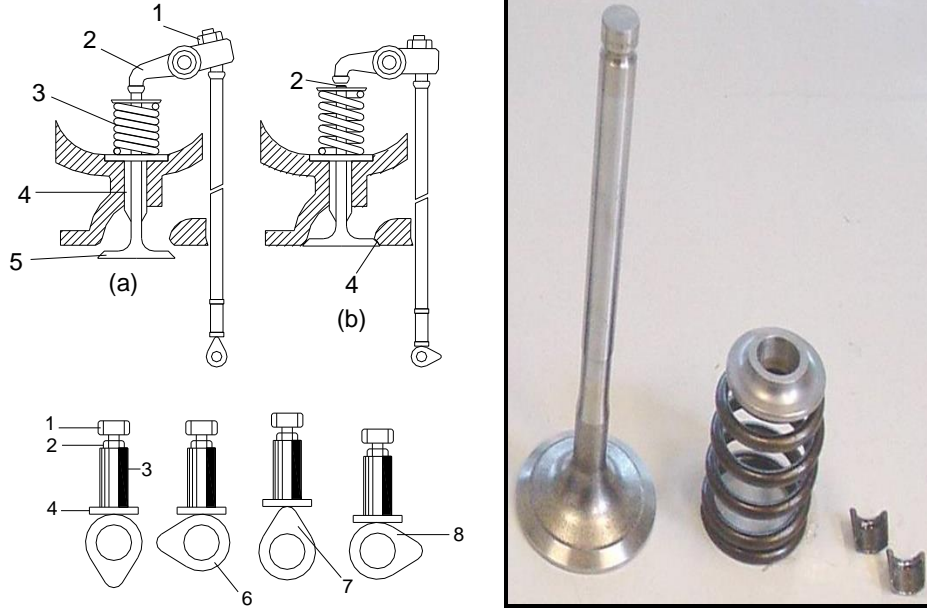
Şekil 3.10. Volan ve kavrama düzeni

3.5.2. Denetim Organları

Motorlarda silindirlere dolgunun sağlanması ve egzoz gazlarının dışarı atılmasını zamana göre ayarlayan organlara denetim organları denir. Bunlar süpab ve süpab mekanizmalarından oluşur (Şekil 3.11). Süpabların açılıp kapanması, krank milinden hareketini alan eksantrik mili ile sağlanır. Eksantrik mili üzerindeki eksantrik parçaların (6,7,8) dönme hareketi, çeşitli yardımcı düzenlerle supablara gidip gelme hareketi olarak iletilir. Süpab bir yayla (3) daima kapalı durumdadır, itilerek açılır ve itme kalkınca yay etkisiyle tekrar kapanır. Süpablarda tabla (5) kısmı genellikle konik olarak yapılır ve tabla yine konik olarak işlenmiş supab yuvasına (4) oturur. Süpablar, yuvasına çok iyi bir şekilde alıştırmış olmalıdır. Aksi halde yanma odasındaki gazların sızması, silindir iç basıncının ve motor gücünün düşmesine neden olur. Süpabların açılmasında itilme hareketini veren itici parça (2) ile süpab gövde çubuğu arasında bir boşluk bulunmalıdır. Bu boşluk sıcaklık nedeni ile süpabın genleşmesi ile kapanır. Boşluk, egzoz süpablarının daha fazla ısınması nedeni ile emme süpablarına kıyasla daha büyüktür. Süpab boşluğu iticiler üzerindeki somunlarla ayarlanabilir (1).

Motorların çalışması sırasında emme süpablarında sıcaklık 400 °C egzoz süpablarında ise 800°C' ye yükselmektedir. Bu nedenle süpablar ve süpab yuvaları sıcaklığa dayanıklı malzemeden yapılmaktadır.

Süpabların hareketi, motorun krank milinden hareket alan eksantrik mili ile sağlanır. 4 zamanlı motorlarda krank milinin bir devrinde eksantrik mili yarım devir yapar. Krank mili ile eksantrik mili arasında hareket dıştan düz dişli veya zincir dişli mekanizmaları ile iletilir.



Şekil 3.11. Denetim organları

3.5.3. Motor Sistemleri

3.5.3.1. Yakıt Sistemi

Otto Motorlarda Yakıt Sistemi

Sistemin en önemli parçaları; depo, yakıt besleme pompası ve karbüratördür. Sistemin görevi, farklı. hız ve yük koşullarında gerekli olan yakıt hava karışımını hazırlayarak yanma odasına göndermektir.

Genel olarak otto motorlarda hava-yakıt karışım oranı (15/1) dir. Bu oran motorun yük durumuna göre değişmektedir. Motorun hava yakıt karışım oranları koşullara göre 3 gruba ayrılabilir. Bu koşullar:

- 1- Rölanti veya kısmi yük,
- 2- Ekonomik veya sürekli çalışma.
- 3- Yüksek yük şeklinde özetlenebilir.

Rölanti ve kısmi yük bölgelerinde zengin karışım gereklidir. Çünkü düşük devirde silindir içinde daha fazla egzoz gazı kalır. Bu gaz yanma hızını azaltarak motorun çalışmasını etkiler. Yanmayı hızlandırmak için karışım.

içindeki benzin miktarı arttırılarak, zengin hale getirilir. Bu işlem karbüratör gaz kelebeği ile sağlanır.

Otto motorlarda en önemli yakıt sistemi parçaları ve özellikleri aşağıda incelenmektedir.

Yakıt Deposu

Yakıt deposu yakıtın taşınmasını sağlar. Doldurma ağzında bulunan filtre yabancı maddelerin depoya girmesini önler. Depo altında yakıt musluğu ve yakıt filtresi bulunur.

Besleme Pompası

Yakıtın depodan karbüratöre iletilmesini sağlar. Besleme pompaları genellikle membranlı ve mekanik olmak üzere iki tipte yapılırlar. Yakıtın emilip-basılması sentetik kauçuk bir membranla sağlanır. Pompa içinde ayrıca bir tel filtre bulunur. Pompa hareketini eksantrik milinden almaktadır.

Karbüratör

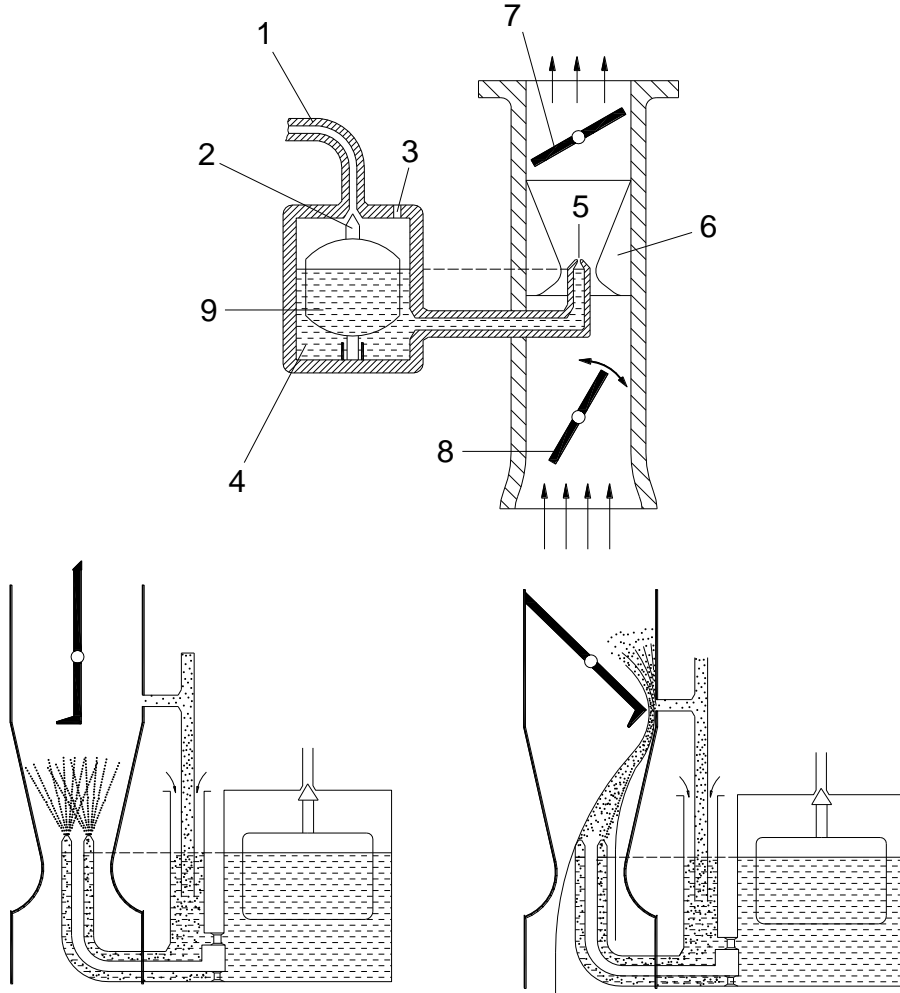
Otto yakıt donanımında karbüratör, benzin-hava karışımını motor çalışma koşullarına göre düzenleyen elemandır. Karbüratörün başlıca parçaları; hava kelebeği, venturi lülesi, ana ve yardımcı yakıt memeleri, gaz kelebeği, şamandıra ve sabit seviye kabından meydana gelir. Şekil 3.12'de bir karbüratörün temel parçaları görülmektedir.

Sabit Seviye Kabı

Benzin depodan sabit seviye kabına (4) gelir. Kap içerisindeki şamandıra (9) yakıtın belli bir seviyede kalmasını sağlar. Şamandıraya bağlı olan iğne (2) kaba giren yakıt miktarını düzenler. Şamandıra piring veya plastik malzemeden yapılır ve iğnesi çalıştığı yuvaya iyi bir şekilde alıştırılmıştır. Aksi halde yakıt giriş kanalı tam olarak kapanmaz ve yakıtın taşmasına neden olur. Sabit seviye kabı bir delik ile (3) hava basıncına açıktır.

Yakıt Memesi

Yakıt memesi 1-2 mm çapında hassas olarak delinmiş bir iğnedir (5). Bu parçanın görevi belirli miktarda yakıtı venturi boşazına iletmektir.



Şekil 3.12. Karbüratörler

Venturi Lülesi

Yakıtın memeden çıkışı için meme çıkışında düşük basınç gereklidir. Bu basınç venturi kesitinde (6) emme borusu daraltılarak sağlanmıştır. Bu dar bölgede hava akımının hızı artarak basıncı düşer. Memenin venturiye ulaştığı bölgede yüksek hız ve düşük basınçla yakıt toz halinde parçalanır ve hava ile karışır. Dolayısıyla hava yakıt karışımı karbüratörün bu bölgesinde hazırlanır.

Gaz Kelebeği

Gaz kelebeği (7) karbüratörün diğer bir ana elemanıdır. Gaz kelebeği, karbüratör çıkışında venturi ile emme supabı arasında bulunur. Görevi silindir etrafından emilen karışım miktarını ayarlamaktır. Diğer bir deyimle yüke göre motorun ürettiği gücü arttırmaktadır. Bu ayar silindire gönderilen karışım miktarı ile sağlanmaktadır. Kelebek açıldıkça motora daha fazla yakıt ve hava(dolgu) iletilir. Kelebek açıldıkça karbüratörden daha çok hava geçer buna bağlı olarak, venturi boğazında hava hızı arttığından motora gönderilen yakıt da artar.

Hava Kelebeği

Havanın karbüratöre giriş kanalı üzerinde bulunur ve bu kelebek (8) ilk hareket için gereklidir. İlk hareket sırasında motor devri düşük olduğundan emilen karışım fakir karışımdır. Özellikle soğuk havalarda ilk hareket fakir karışım nedeniyle güçleşir. Hava kelebeği ile hava miktarı azaltılarak karışım ilk hareketi kolaylaştırabilecek şekilde yakıtça zenginleştirilir. Hava ayarlaması karışım oranını değiştirdiği için gaz kelebeği ile yapılan ayarlardan farklıdır ve karışım ayarlaması olarak bilinmektedir.

Bir karbüratörün görevleri aşığıdaki gibi özetlenebilir;

- 1- Motorun ilk çalışmasına yardımcı olmak,
- 2- Motor bošta iken, motorun kendi kendine çalışmasını sağlamak (rölanti hız),
- 3- Motorun hızlanması ve yavaşlaması sırasında karışım oranını optimum yanma sağlayabilecek sınırlarda tutmak,
- 4- Nominal motor gücü ile uygun yüklenmelerde ekonomik **çalışmayı** sağlamak ve,
- 5- Maksimum güçte vurutuyu önlemektir.

Yukarıda sayılan bu özellikler basit bir karbüratör tarafından çoğu kere yerine getirilemez. Yukarıdaki özellikleri sağlayan mükemmel bir karbüratörde;

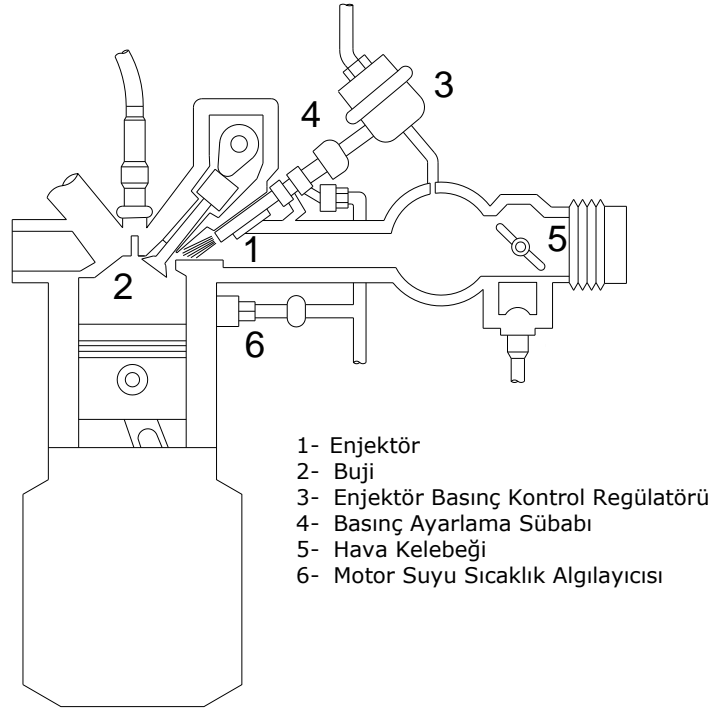
- ✓ Rölanti düzeni,
- ✓ Ani hızlanma düzeni.
- ✓ Ekonomi ve yüksek güç düzeni ile,
- ✓ İlk hareket düzeni gibi organlar bulunmaktadır.

Son yıllarda karbüratörlü yakıt sistemine alternatif olarak enjeksiyonlu yakıt sistemleri yaygınlaşmıştır.

Enjeksiyonlu Yakıt Sistemi:

Karbüratör ile enjeksiyon sistemi arasındaki en önemli fark, havayla yakıtın karışma biçimi ve yeridir. Karbüratörlü sistemde, hava filtresi yoluyla emilen hava, karbüratörden geçerken belirli miktarda yakıtı da beraberinde sürüklemekte ve emme manifoldu yoluyla bu karışım silindirlere dağıtılmaktadır. Enjeksiyon sisteminde ise; yakıt emme manifoldundan gelen havaya yanma odasına girerken püskürtülmektedir (Şekil 3.13.). Yakıtın doğrudan yanma odası içerisine püskürtüldüğü gelişmiş sistemlerde bulunmaktadır. Farklı yük koşullarına göre silindirler içerisinde gönderilecek hava yakıt karışımının oranı, motor içerisine yerleştirilmiş birtakım algılayıcılardan (örn: *gaz pedal konumu algılayıcısı, hava miktarı ölçer, egzoz emisyonu ölçer, vuruş algılayıcısı, krank mili devir algılayıcısı*) gelen bilgilerin elektronik kontrol ünitesinde değerlendirilmesiyle ayarlanmaktadır. Ayarlama, püskürtme sırasında enjektörün ne kadar süre açık kalacağını belirlemesi ve uygun hava miktarının silindir içerisine yönlendirilmesiyle yapılmaktadır. İçerisinde, laboratuvar koşullarında hangi yük koşulunda en etkin ve ekonomik hava-yakıt karışımının silindirlere gönderilmesi gerektiği bilgisi bulunan kontrol ünitesi aracılığıyla anlık yüklenme durumuna göre kontrol gerçekleştirilmektedir. Enjeksiyon sisteminin temel prensibi, yakıtın silindir içerisine olabildiğince küçük parçacıklar şeklinde gönderilmesidir. Bu yolla yakıtın en yüksek verimle yakılması amaçlanmaktadır. Enjeksiyon sistemi, karbüratör sistemine kıyasla %5-15 arasında yakıt ekonomisi sağlamaktadır. Enjeksiyon sistemlerinin kullanılmasıyla, egzoz gazı emisyonları düşerken, motorun özgül gücü artmaktadır. Farklı yük konumlarına daha hızlı reaksiyon, arıza teşhis kolaylığı ve kolay ilk çalıştırma sistemin diğer belli başlı avantajlarıdır. Enjeksiyon sisteminin tek dezavantajı,

sistemin görece pahalı bir sistem olması yani ilk yatırım bedelinin yüksek oluşudur (Anonim, 2005)

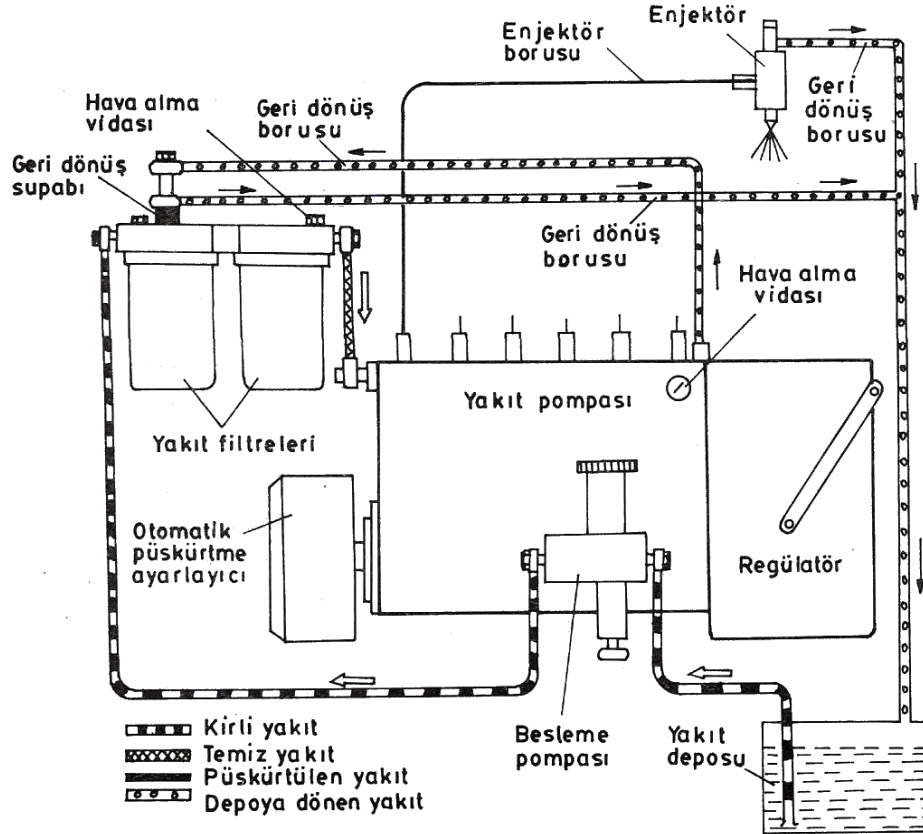


Şekil 3.13. Enjeksiyonlu yakıt sistemi örneği

Diesel Motorlarda Yakıt Sistemi

Diesel motorlarda hava, yakıt ile silindir içinde karışır. Sıkıştırma stroku sonunda sıcaklığı 550-700°C'ye ulaşan hava içine, yakıt püskürtüldüğünde bir yandan yakıt, hava içine karışırken, diğer yandan yanma başlar. Diesel motorlarda yakıt sisteminin en önemli parçaları (Şekil 3.14.); *depo*, *besleme pompası*, *enjeksiyon pompası* ve *enjektörlerden* oluşmaktadır. Motora gerekli yakıt, depodan taşınmakta, buradan yakıt besleme pompası ile alınarak filtre üzerinden enjeksiyon pompasına basılmaktadır. Enjeksiyon pompası, yakıtı silindirlere enjektörler aracılığı ile iletmektedir. Son yıllara kadar bir diesel yakıt sisteminin otto motor yakıt sisteminden farklı olarak en önemli parçaları; *enjeksiyon pompası* ve

enjektörlerdi. Fakat son yıllarda karbüratörlü karışım hazırlama sistemlerinin yerine enjeksiyonlu sistemlerin benzinli motorlara da uygulanmasıyla bu farklılık önemli ölçüde ortadan kalkmıştır.



Şekil 3.14. Diesel motorlarında yakıt sistemi

Enjeksiyon pompaları yapısal özelliklerine göre:

- 1- Düz pompalar ve
- 2-Yıldız pompalar olmak üzere 2 grupta incelenebilir.

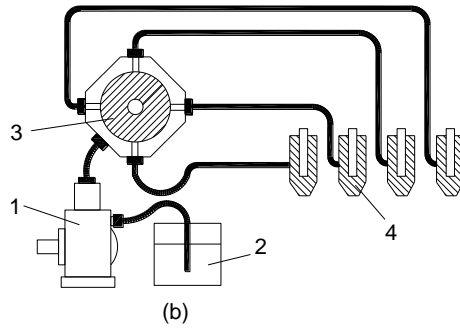
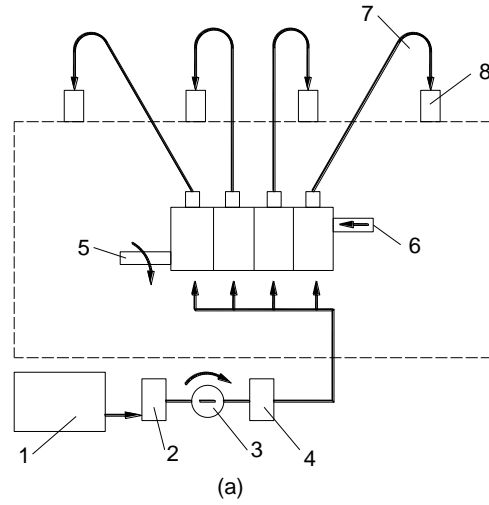
Düz Pompalar (Şekil 3.15a)

Ayrı pistonlu pompalarda her silindir için yakıt pompası ayrıdır ve yakıt miktarı ayarı bu pistonlu pompalarda yapılır. Düz pompa olarak da adlandırılan bu tip pompalarda bir silindir içinde eksantrik mili ile aşağı yukarı hareket eden plancer adı verilen eleman bulunur. Eleman üzerinde bulunan

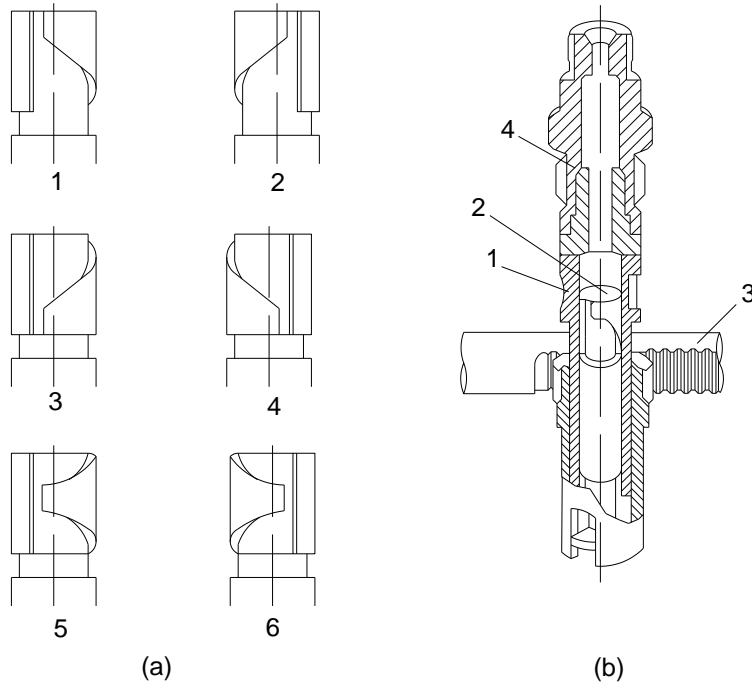
özel bir oyuk yardımı ile, eleman ekseninde döndürülerek yakıt miktarı ayarı yapılır (Şekil. 3.16). Bazı tip püskürtme pompalarında plancerin stroku değiştirilerek yakıt miktarı ayarlanır. Bunun için eksantrik konik olarak yapılmıştır.

Yıldız Pompalar (Şekil 3.15b)

Dağıtıcı pompalarda, bütün silindirler için tek bir eleman bulunur. Bu eleman tarafından sağlanan basınçlı yakıt ilgili silindirlere bir dağıtıcı ile iletilir. Dağıtıcı pompalarda her silindir için yakıt ayarı yapılması gerekmez, ayrıca silindirler arasında yakıt dağılımı daha iyidir. Ancak bu tip pompaların basınç elemanı silindir sayısı kadar fazla çalışacağından daha kısa sürede aşınır. Bu tip pompalar bir çok yararlılıklarına karşın, ancak silindir hacmi 2 litreye kadar olan motorlar için uygundur.



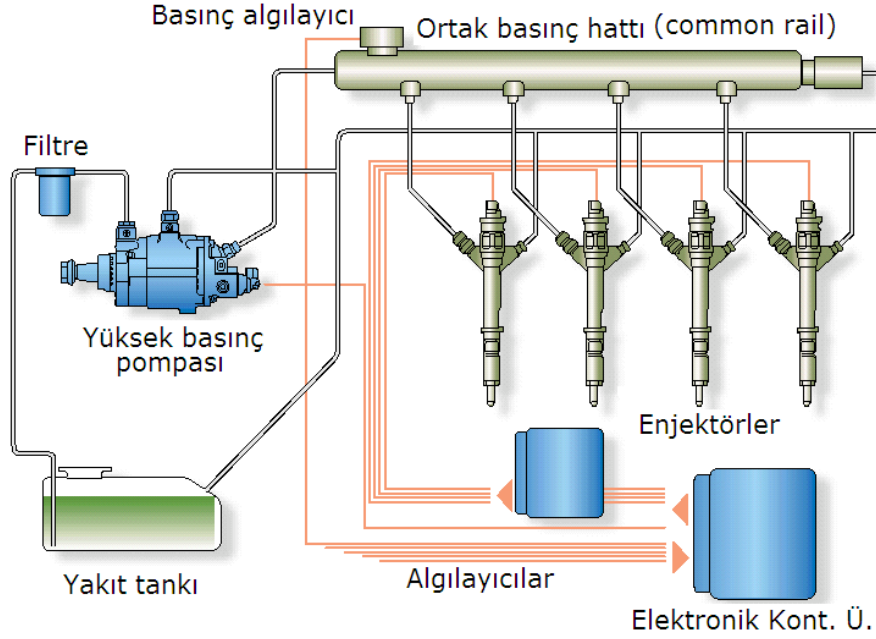
Şekil 3.15. Diesel enjeksiyon pompası tipleri



Şekil 3.16. Diesel enjeksiyon pompası ayar elemanı

Son yıllarda motorun verimini önemli ölçüde etkileyen dizel yakıt sisteminde önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmelerden en önemlisi klasik dizel motorlarında yakıtı pistonlara gönderen döner pompanın yerini ortak yakıt yolu (*common rail*) adı verilen bir sistemin almış olmasıdır (Şekil 3.17). Bu sistem sayesinde, daha yüksek basınç altında performans ve yakıt ekonomisinde önemli avantajlar elde edilmiştir. Ortak yakıt yolu uygulamasında tek pompalı sistemlerden farklı olarak, yüksek basınç üretimi ve püskürtme işlevi birbirinden ayrılmaktadır (Anonim, 2008). Geleneksel dizel direkt püskürtücüleri yaklaşık **900 bar**'lık basınç ile çalışılırken, Common-Rail Sistemi ile yakıt **1350 bar**'a kadar yükselen bir basınç ile ortak bir boru üzerinden enjektörlere dağıtılmaktadır. Sistemin önemli bir parçası olan elektronik motor kumandası tarafından motorun devir sayısına ve yüküne bağlı olarak basınç ayarı yapılmaktadır (150-1350 bar). Basınç ayarı yapılırken, benzinli motorlarda doğrudan püskürtme sisteminin açıklandığı bölümde belirtildiği gibi, motor içerisine yerleştirilmiş bir çok algılayıcıdan

gelen verilerden yararlanılmaktadır.



Şekil 3.17. Ortak yakıt yolu (common rail) sistemi (Anonim 2007)

3.5.3.2. Elektrik Sistemi

Motorlarda elektrik sistemi ile ilgili 3 devre veya sistem vardır. Bunlar:

- 1-Ateşleme,
- 2-İlk hareket (*marş*),
- 3-Akü doldurma (*şarj*) şeklinde özetlenebilir.

3.5.3.2.1. Ateşleme Sistemi

Otto Motorlarda Ateşleme Sistemi

Otto motorlarında yakıt-hava karışımının yakılması sıkıştırma stroku sonunda, ateşleme sistemiyle elde edilen elektriksel bir kıvılcım ile sağlanmaktadır. Bu kıvılcım yanma odasındaki bujinin iki elektrodu arasında meydana getirilmektedir.

Ateşleme genellikle sıkıştırma strokunda piston **Ü.Ö.N.**'ya gelmeden yapılır. Ateşlemenin sonunda yakıtın tam olarak yakılabilmesi ve yakıttan maksimum gücün elde edilebilmesi için bu koşul zorunludur. Ateşleme tam

Ü.Ö.N.'da olursa yanma gecikir ve basınç yükselmesi piston aşağı inerken meydana gelir. Dolayısıyla basınç tam olarak güce dönüşemez.

Yanma hızı ne kadar az, yanma için ayrılan süre ne kadar kısa olursa ateşleme avansını o oranda arttırmak gereklidir. Bu nedenle, rölanti bölgesinde ve motora yol verilirken ateşleme avansı çok az hatta çoğunlukla sıfır veya negatiftir. Bu durumda ateşleme, avans (önce) yerine rötorda (gecikmeli) yapılmaktadır. Böylece motor çalıştırılırken geri tepme önlenir ve rölantide motor daha az titreşim ile çalıştırılır. Motor hızı arttıkça avansın da artması gereklidir.

Otto motorlarda silindir içindeki dolgunun yanmasını sağlamak için bir kıvılcıma ihtiyaç vardır. Bu işlem buji ile sağlanır. Bujiye elektrik enerjisi vermek için bir kaynak gereklidir. Motorlarda bu kaynak, **akümülatör** veya **manyetodur**. Bu nedenle, ateşleme sistemleri akümülatörlü veya manyetolu olarak ikiye ayrılır. Sistemlerin her ikisinde de primer ve sekonder olmak üzere 2 elektrik devresi vardır. Primer devrede 6 veya 12 voltluk gerilim periyodik olarak kesilerek sekonder devrede bir indüksiyon bobini aracılığı ile 15.000-20.000 voltluk gerilime dönüştürülür. Bu gerilim bujilerde elektrik kıvılcımının oluşmasını sağlar.

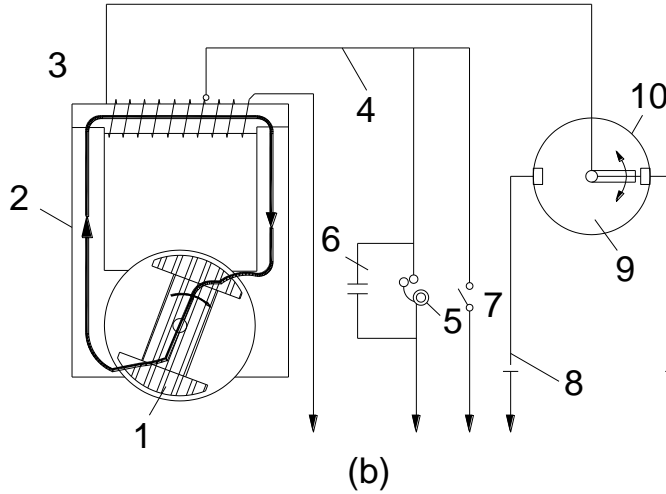
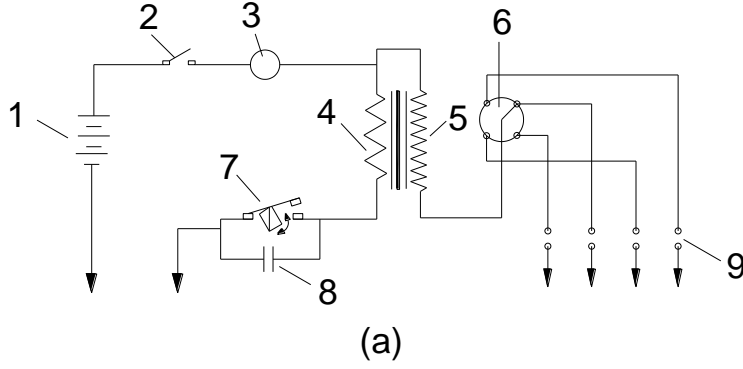
Akümülatörlü Ateşleme

Şekil 3.18'de görüldüğü gibi sistemin en önemli parçaları:

Akümülatör (1) kontak anahtarı (2) indüksiyon bobini (3 ve 5) devre kesici (platin-7), kondansatör (8), distribütör (6) ve bujilerden oluşmaktadır.

Sistemde **1, 2, 3, 4, 7 ve 8** sayılarını üzerinde bulunduran devre **primer**; **5, 6 ve 9 nolu** sayıları bulunduran devre **sekonder** devredir.

Sistem üzerinde bulunan anahtar (2) açılınca indüksiyon bobini (4) ve platinler (7) üzerinden aküden gelen enerji şase üzerinde devresini tamamlar. Şekilde görüldüğü gibi bu devre, platinlerle motordan alınan bir hareketle açılıp kapanır. Platinlerin açılıp kapanması, indüksiyon bobininin sekonder devresi üzerinde (5) yüksek gerilimli indüksiyon akımının oluşmasını sağlar. Bu akım daha sonra distribütör (6) aracılığı ile bujilere (9) verilir. Primer devre üzerindeki platinlere paralel bağlı kondansatör (8) platinlerin çabuk aşınmasını sağlayan bir ünedir.



Şekil 3.18. Akümülatörlü (a) ve manyetolu (b) ateşleme devreleri

Platinlerin açılıp kapanmasını sağlayan kam mili aynı zamanda distribütöre hareket verir. Böylece bujilerde kıvılcım atlama zamanı senkronize edilmektedir.

Distribütör kam mili hareketini, krank milinden alır ve hızı krank mili hızının yarısına eşittir. Çünkü, 4 zamanlı motorlarda ateşleme, bilindiği gibi krank milin 2 dönüşünde (4 *strok*) 1 *strok* sırasında gereklidir. Diğer yandan motor kaç silindirli olursa olsun, tüm silindirlerde ateşleme krank milinin 2, kam milinin 1 dönüşü sırasında tamamlanır. Kam milinin her silindirde bu süre içinde ateşlemeyi yapabilmesi için silindir sayısı kadar kama (*ekzantrik eleman*) sahiptir.

Manyetolu Ateşleme (Şekil 3.18b)

Manyeto ile ateşleme sistemi prensip yönünden akümülatörlü ateşleme sisteminin aynısıdır. Aradaki fark, primer devreyi besleme için akü yerine manyeto adı verilen bir elektrik üreticinin kullanılmasıdır. Manyeto sabit ve döner mıknatıslı olarak iki tipte yapılır.

Döner mıknatıslı manyetolarda (Şekil 3.18b) jeneratörün rotoru döner doğal bir mıknatıstır. Primer ve sekonder sargılar sabit statör üzerinde bulunur. Doğal mıknatıs olan rotor (1) döndüğü zaman çekirdekten (2) sırasıyla geçen (N) ve (S) kutupları bir manyetik alan değişmesi yaratır. Bu suretle primer (4) sargı endüklenir. Fakat meydana gelen akım buji kutuplarında atlama sağlayamaz. Bu nedenle bir devre kesici ile primer devre kesilir. Kesme anı, primer devredeki akımın en yüksek değere eriştiği andır. Daha sonra akümülatörlü ateşleme sisteminde olduğu gibi sekonder devrede (3) meydana gelen gerilim, distribütörden (9) ve (10) bujilere (8) dağıtılır. Manyeto sisteminde stop şalteri (7) kapatıldığında, primer devre kendisini topraklar ve akım sekonder devreye geçmez, böylece motor durdurulmuş olur. Primer devrede kondansatör de (6) bulunmaktadır.

Tek silindirli ve yüksek hızlı motorlarda genellikle manyetolu ateşleme devreleri kullanılmaktadır.

Diesel Motorlarda Ateşleme Sistemi

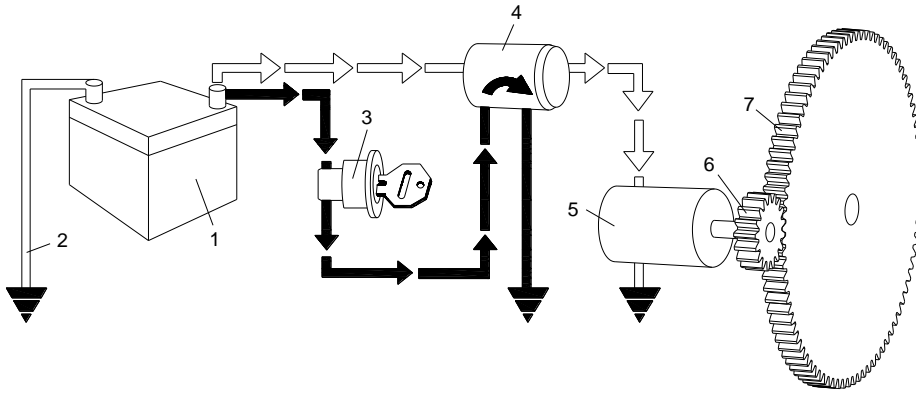
Daha öncede değinildiği gibi, diesel motorlarda yakıtın ateşlenmesi için ayrı bir sisteme gereksinim yoktur. Ateşleme, sıkıştırılan hava içine yakıt püskürtülerek sağlanır. Bu nedenle, diesel motorlarda yanma odasının şekli son derece önemlidir. Bu tip motorlarda yanma odaları, otto motorlarına kıyasla daha farklıdır. Bu farklılık hem silindir kapağı, hem de piston üst yüzeylerine verilen şekil veya odacıklar ile oluşturulur.

3.5.3.2.2. İlk Hareket Sistemi

İlk hareket sistemi, motorlarda ilk çalıştırmayı sağlar. Genellikle orta güçlü otto ve diesel motorlarda ilk hareket, aküden gelen enerji ile çalışan bir doğru akım motoru ile sağlanır. Diesel motorlarında sıkıştırma oranının yüksek olması ve ateşlemenin doğrudan silindir içinde meydana gelmesi, ilk

hareket için sadece büyük motorlarda ve çok soğuk havalarda ayrı düzenler gerektirir. Ancak, genelde her iki motor tipinde ilk hareket sistemi aynıdır. Tek silindirli motorlarda ise ilk hareket doğrudan doğruya el ile yapılır.

İlk hareket motoru ile çalışan sistemlerde (Şekil 3.19), motor volanı üzerindeki dişliden yararlanır. Doğru akım elektrik motoru milindeki dişli, volan dişlisi ile aynı modülde yapılmıştır. İlk hareket motoruna enerji verildiğinde, bu dişli mekanik veya elektrikli bir denetimle dışarıya doğru fırlar ve volan çevresindeki dişliyi kavrayarak, motoru çevirmeye başlar. Motor harekete geçince küçük dişli çark, ilk hareket motoru durdurularak geri çekilir.



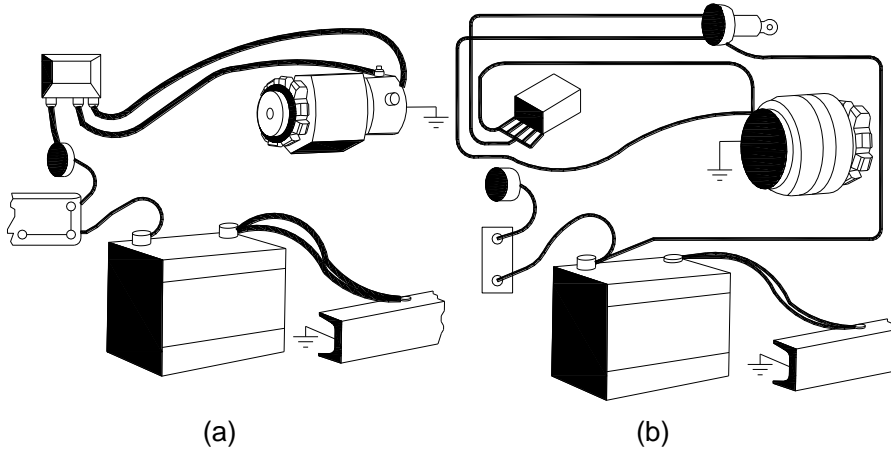
Şekil 3.19. İlk hareket sistemi

Bunun için kullanılan en önemli önlemler; kızdırma bujisi kullanımı ve süpab açma yöntemleridir. Birinci sistemde motor harekete geçirilmeden önce, yanma odasındaki hava bir fitil veya kızdırma bujisi ile ısıtılır. İkinci sistemde ise süpablar bir mekanizma ile önce açık bırakılarak, sağlanır. İkinci sistem ile emme süpabı açık bırakılır, böylece silindir iç basıncı azaltılarak ilk hareket için gerekli güç ihtiyacı azaltılır. Motor harekete geçince süpab kapatılır ve normal çalışma rejimine geçilir.

Büyük güçlü motorlarda ise ilk hareket için elektrik motoru yerine, küçük güçlü benzin motorundan yararlanır. Bu sistemde önce benzin motoru çalıştırılır, daha sonra bu motorun hareketi bir kavrama ile ana motora iletilir. Ana motor çalışınca kavrama açılarak, benzin motoru durdurulur.

3.5.3.2.3. Akü Doldurma (Şarj) Sistemi

Otto ve diesel motorlarda hiçbir farklılığı olmayan bu sistemin görevi motorun ilk çalıştırılması sırasında aküden alınan enerjinin, motor çalıştırdıktan sonra geri verilmesi ve akünün beslenmesini sağlamaktır. Sistemin en önemli parçaları; (Şekil 3.20) enerji üreten dinamo veya alternatör, akü ile dinamo arasında enerji kontrolü yapan bir regülatör (konjektör) ve bir akım kontrol göstergesi olan ampermetreden oluşur.

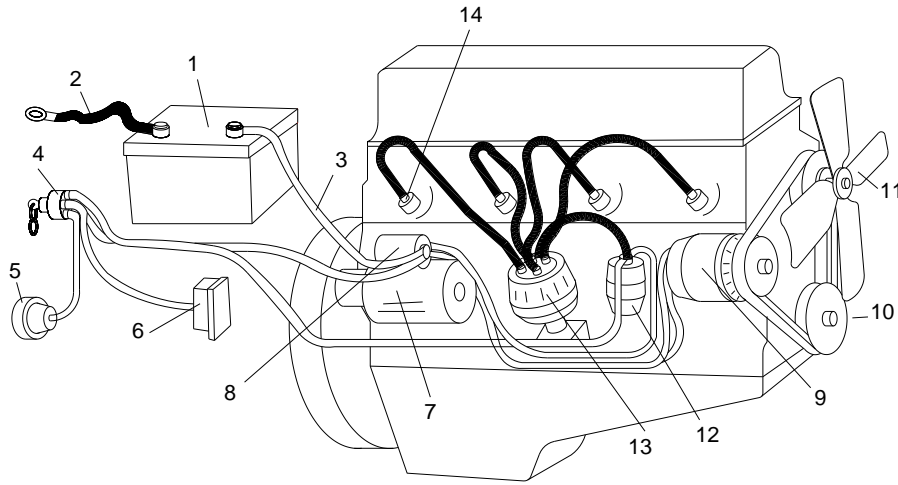


Şekil 3.20. Akü doldurma (şarj) sistemi

Sistemdeki elektrik üreticinin özelliğine göre sistem dinamolu veya alternatörlü olur. Dinamo bir doğru akım, alternatör ise bir alternatif akım üreticidir. Aslında her ikisinde de üretilen enerji alternatif olmasına karşın, dinamoda üretilen enerji mekanik olarak fırçalı, alternatörde ise diod adı verilen elektronik ünitelerle doğrultulur ve akünün beslenmesi için kullanılır.

Sistemdeki konjektör elektrik üretici ile akü arasındaki enerjinin; akım ve gerilim özelliklerini kontrol ederek akünün zarar görmesini önler. Motorun ilk çalışması sırasında üreticinin gerilimi, aküden düşüktür. Bu durumda konjektör devreyi üreticinin gerilimi akü gerilimi üzerine çıkıncaya kadar keser daha sonra açılan devre üzerinden akünün beslenmesini sağlar. Motor devri daha da artınca üretilen gerilim bu kez aküye zarar vereceğinden devre tekrar kesilir.

Bir otto motorda; ateşleme, ilk hareket ve akü doldurma sistemlerine ait tüm sistem parçaları (Şekil 3.21)'de gösterilmiştir. Şekilde: (1) akü, (2) akü şase ucu, (3) akü akım ucu, (4) kontak anahtarı, (5) ampermetre, (6) konjektör, (7) ilk hareket motoru, (8) ilk hareket motoru selonoidi, (9) akü doldurma dinamosu (şarj dinamosu), (10) krank mili kasnağı, (11) vantilatör, (12) indiksiyon bobini, (13) distribütör, (14) bujileri göstermektedir.



Şekil 3.21. Motor elektrik sistemi

3.5.3.3. Yağlama Sistemi

Motorlarda yağlama sistemi; birbiri üzerinde hareket eden metal parçaların aşınmasını önlemek, hareket direncini azaltmak ve kısmen motorun soğutulmasını sağlayan bir sistemdir. Otto ve diesel motorlarda hiçbir farklılık yoktur.

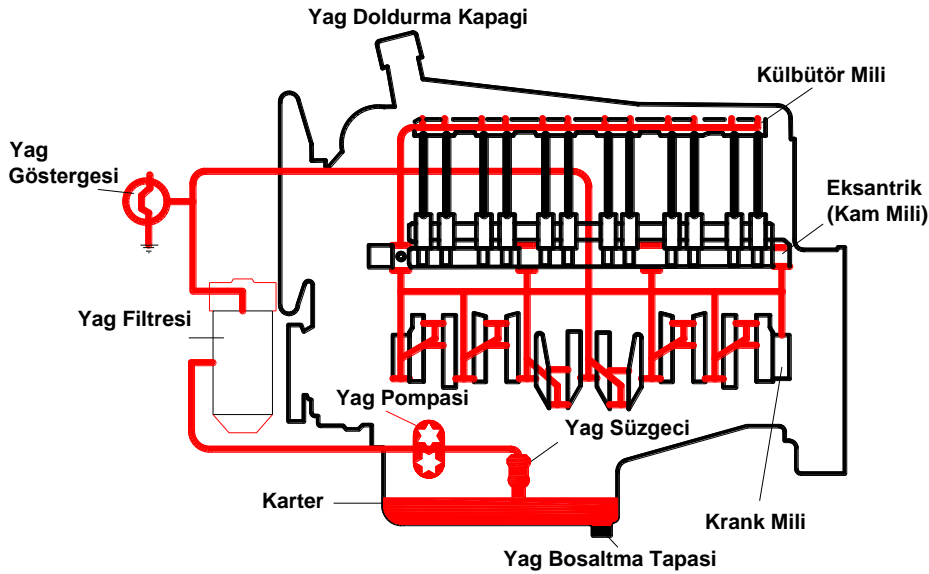
Motorlarda yağlama sistemleri:

1. Sıçratmalı veya
2. Basıncılı

olmak üzere iki farklı yöntemle çalışmaktadır. Bunların sıçratmalı sistem, karter içindeki yağın piston kolunun, krank miline bağlı olan kısmına bir kaşık veya sıçratma çubuğu yerleştirilerek, yağı yağlama noktalarına ileten yağlama sistemidir. Bu sistem ancak çok küçük veya tek silindirli motorlarda

başarılı olmaktadır. Çünkü, yağ ancak silindir alt yüzeyi ve krank yataklarını yağlayabilmektedir. Motor büyüdükçe bunun dışında motorda yağlanması gerekli birçok nokta vardır. Bu yöntemle benzer, diğer bir yağlama şekli yine küçük motorlarda kullanılan yakıtta yağ ilavesidir. Bu yöntemde de yanma odasında yağ artıklarını kalıp motor fonksiyonlarını olumsuz etkilediği için küçük motorlarda kullanılır. Bugün çok yaygın olan modern yağlama sistemi basınçlı yağlamadır. Sistemde karter içindeki yağ bir pompa ile alınarak, basınçla motordaki tüm yağlanması istenen noktalara yağ kanalları ile sevk edilir. Bu noktalarda yağlama işini yapan yağ, kapalı bir sirkülasyon ile tekrar kartere döner. Yağlama nokta veya kanallarında yağ içine giren artık maddeler pompadan önce filtrede ayrıca temizlenir.

Şekil 3.22'de yaygın kullanımı olan bir motor yağlama sistemi tüm bileşenleriyle verilmiştir.



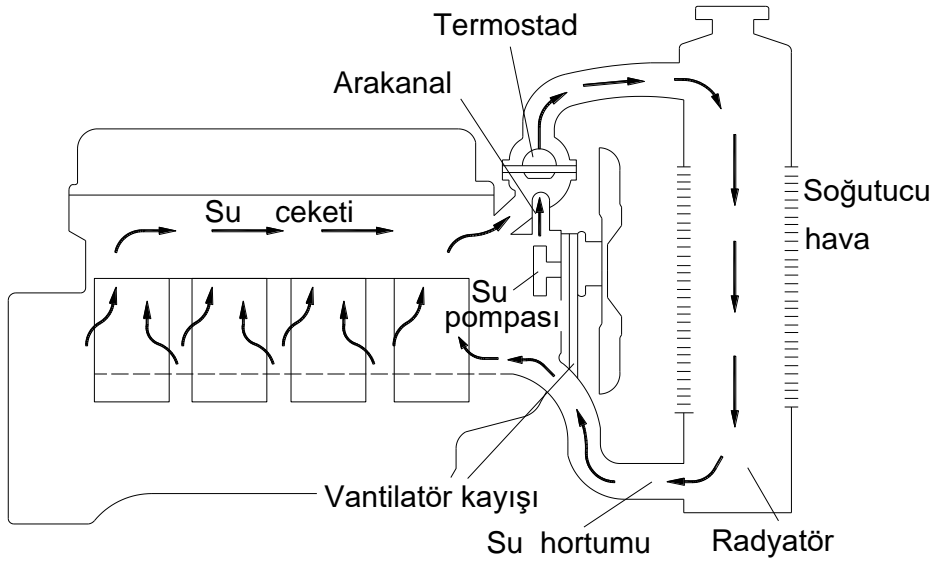
Şekil 3.22. Motor yağlama sistemi

3.5.3.4. Soğutma Sistemi

Otto ve diesel motorların soğutma sistemleri arasında önemli bir fark yoktur. Termik motorlarda yanma sonucu ortaya çıkan ısı enerjisi çok yüksektir. Bu enerjinin tümü işe çevrilemediği için arda kalan ısı enerjisi soğutulurak motordan uzaklaştırmak zorundadır. Motorlarda bu işlem hava

veya su gibi akışkanlarla sağlanır.

Bu sistemin en önemli parçaları; motor bloğu içinde silindir etrafında suyu içinde bulunduran su ceketleri, suyu buradan çeken pompa, suyun sıcaklığını kontrol eden termostat, suyun soğutulmasını sağlayan radyatör, suyun radyatör içinde soğutulmasına yardımcı vantilatör şeklinde özetlenebilir (Şekil 3.23). Sistemde su pompası ve vantilatör bir (V) kayışla hareketini krank milinden alır. Sistemin soğutma kapasitesi, suyu daima kaynama noktası altında (80CC) tutabilecek şekilde ayarlanmıştır. Bu tip sisteme sahip motorlarda soğukta ilk hareket zordur, ortam sıcaklığı 0°C'nin altına düşünce motor içindeki suyun donarak motoru çatlatması gibi olumsuzlukları da vardır. Ancak bu olumsuzluk, su içine ilave edilecek bazı katkı maddeleri ile (antifriz) önlenabilmektedir.



Şekil 3.23. Motor soğutma sistemi

Hava ile Soğutma

Hava ile soğutmada prensip, silindir çevresinde sürekli hava akımı sağlamaktır. Hava akımının fonksiyonu sağlayabilmesi için silindir ve silindir kapağı yüzeyleri 10-11 katı arttırılmak üzere özel soğutucu kanallar eklenmektedir. Hava akımı, motor miline takılan bir vantilatörle sağlanır ve sağlanan hava, özel yapılı bir kanaldan silindirlere iletilir.

Bu düzende motor gücünün 1/10 -1/20'si hava akımı sağlayan vantilatör tarafından yutulmaktadır. Hava ile soğuyan motorlarda, motor kısa sürede çalışma ısısına erişebilir (140°C). Bu bakımdan silindir ve pistonda aşınma daha azdır. Hava soğutmalı motorlarda silindirler bir blok içinde bulunmadığından, güç başına ağırlık, su ile soğuyan motorlara kıyasla daha düşüktür. Bu nedenle özellikle tek silindirli ve el veya sırtta taşınan makinelerde bu tip motorlar tercih edilmektedir. Fakat büyük güçlü motorlarda (silindir çapı 150 mm' den büyük çok silindirli) su ile soğutma zorunlu bir sistemdir.

3.5.3.5. Emme ve Egzoz Sistemleri

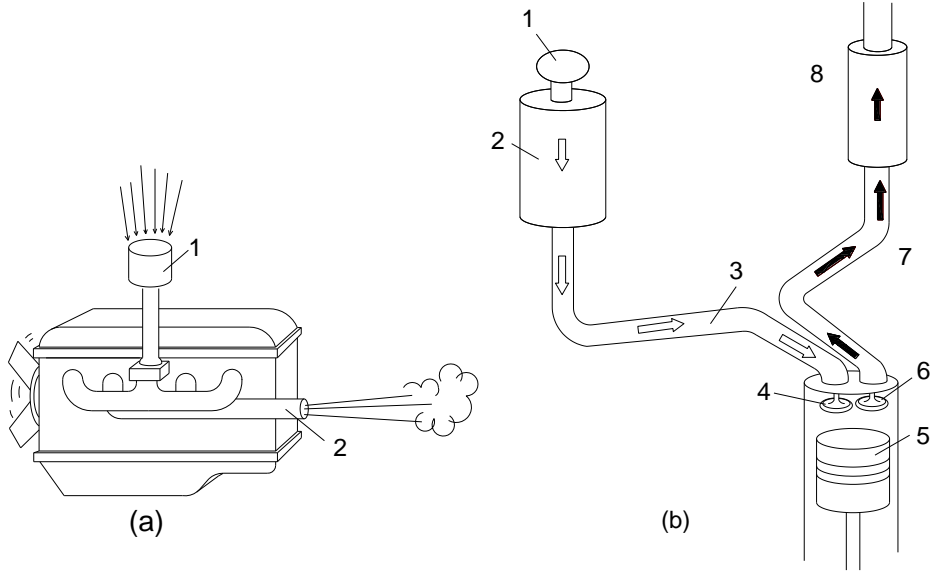
Bu sistemler, yanma odasına girecek havayı temizleyen, içerde oluşan yanmış gazları, dışarı taşıyan sistemlerdir. Bu sistemler açısından diesel ve otto motorlar arasında en önemli farklılık otto motorlardaki karbüratördür. Karbüratöre yakıt sisteminde yer verildiği için bu bölümde dikkate alınmaz ise, emme ve egzoz sisteminin parçaları her iki motorda da aynıdır.

Emme sisteminin en önemli parçaları; hava filtresi manifoldu, egzoz sisteminin ise egzoz manifoldu ve susturucudan oluşur (Şekil 3.24.), ayrıca bu iki parça arasında hava ve gaz hareketini sağlayan hava ve egzoz boruları bulunmaktadır.

Sistemdeki hava filtresi motora emilen hava içindeki toz ve artık maddeleri temizleyen bir ünedir. Temizleme işi emilen havanın delikli bir kuru elemandan veya bir yağ banyosundan geçirilerek sağlanmaktadır.

Emme ve egzoz manifoldları motor blokuna yakın olduğu için ısıyı kolay havaya veren genişmeden dolayı çatlamaya dirençli döküm malzemedir.

Susturucu ise motordan yanmadan çıkan gazların patlaması ile oluşan gürültüyü azaltan, yanmadan dolayı yüksek sıcaklığa sahip gaz sıcaklığını düşüren bir ünedir. Sacdan iç içe iki borunun birbirine kaynaklanması ile yapılmış, içteki boru hacmi ile dış boru hacmi arasında gazların genişmesini sağlayan delikli bir ünedir.



Şekil 3.24. Motor emme ve egzoz sistemleri

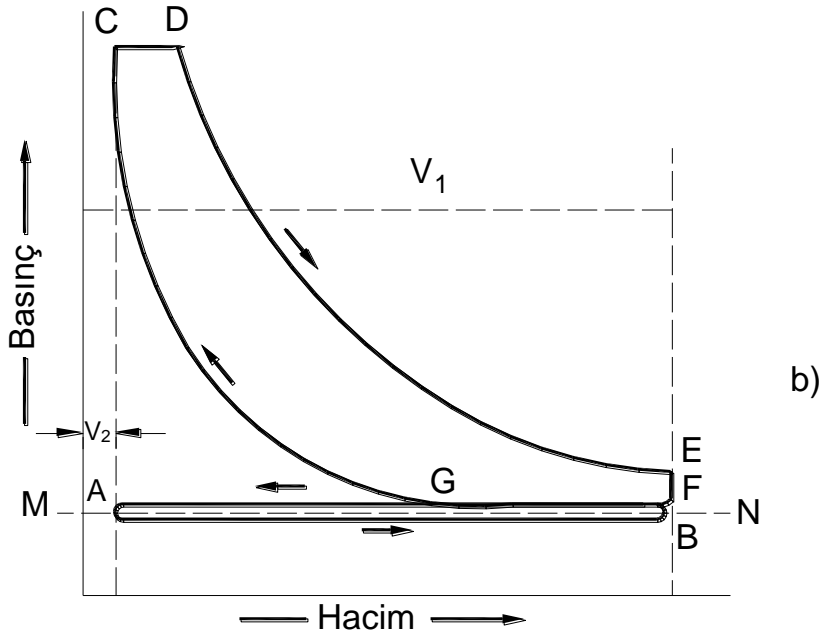
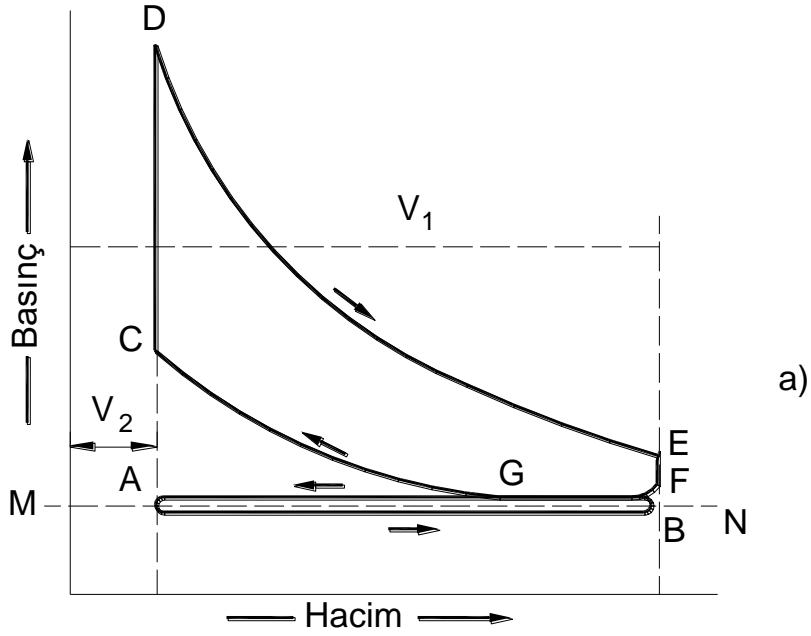
3.6. Çevrim Diyagramları

Motorların silindir içindeki basıncı ile hacmi arasındaki değişimi bir grafikte gösterilebilir. Bu grafik indikatör diyagramı olarak adlandırılır. Diyagram bir çevrimde silindir içinde oluşan basınç ve hacim arasındaki ilişkileri gösteren kapalı bir eğridir.

Şekil 3.25'te Otto ve Diesel motorların indikatör diyagramları görülmektedir. Eğrilerde;

- AB - Emme
- BCD - Sıkıştırma
- DE - İş
- EFA - Egzoz

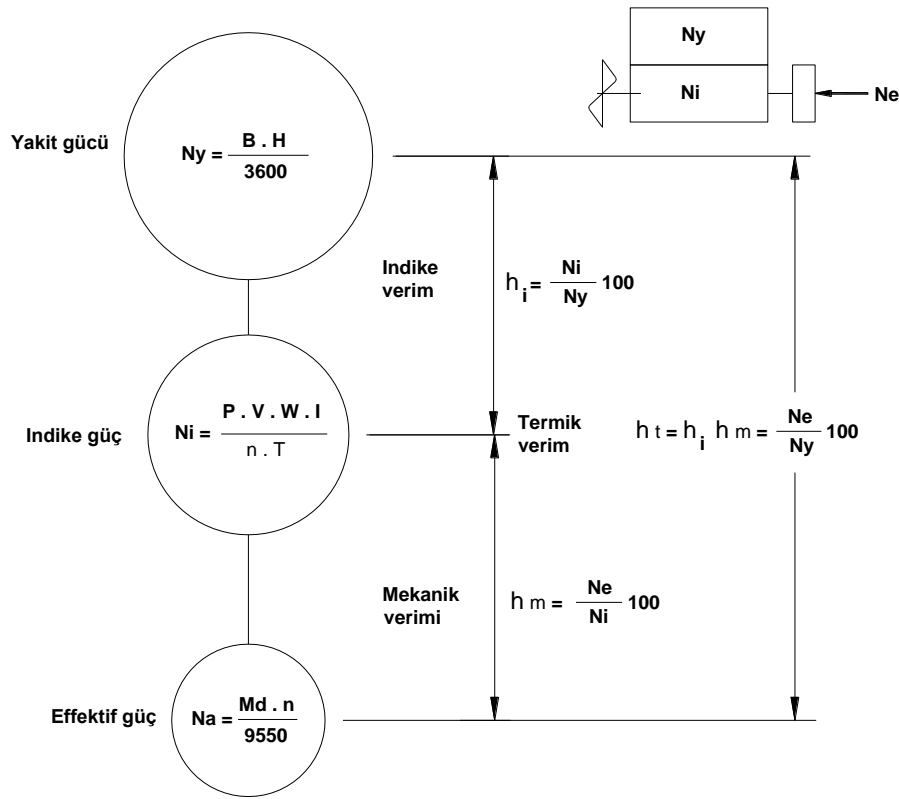
zamanlarını belirtmektedir. İki değişik motor arasındaki en önemli farklılık, yakıtın ateşlendiği (c) noktasının konumundadır.



Şekil 3.25. Otto ve diesel motor indikatör diyagramları

3.7. Motorlarda Güç ve Verim

Motorlarda değişik güç ve verim ilişkileri şekil 3.26'ya göre açıklanabilir. Şekilde görüldüğü gibi motorlarda temel olarak 3 farklı güç ve üç verim ayırt edilebilir. Aşağıda sırasıyla bu özellikler incelenecektir.



Şekil 3.26. Motorlarda güç ve verim ilişkileri

Yakıt Gücü (N_y)

Bu güç, motorun birim zamanında tükettiği yakıt miktarı ve yakıtın enerji değerine bağlı olarak bulunan, teorik bir değerdir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$N_y = \frac{B \times H}{3600} \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

N_y :Yakıt gücü (kW)

B :Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)

H :Yakıtın enerji değeri (kJ/kg)'dir.

H değeri ortalama olarak;

Benzin için : 46 000 kJ/kg

Diesel yakıtı için : 42 000 kJ/kg değerleri alınabilir.

İndike Güç (N_i)

Bu güç. motorun yanma odasında oluşan basınç ve yanma odasına birim zamanda girip çıkan dolgu miktarına bağlı bir değerdir ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$N_i = \frac{P \times V \times W \times \dot{I}}{\pi \times T} \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

N_i :İndike güç (kW),

P :İndike basınç (kN/m²),

V :Silindir hacmi (m³),

W :Krank milinin açısal hızı (rad/s),

\dot{I} :Silindir sayısı (adet),

T :Bir çevrimdeki strok sayısı (2 veya 4) dır.

Eşitlikte görüldüğü gibi (P) basınç dışındaki terimler motora girip çıkan dolgu debisinin saptanması için kullanılmaktadır. Bu eşitlikte geçen (W) açısal hızı birim zamanda dönü sayısına çevrilerek de düzenlenebilir.

Buna göre açısal hız:

$$W = \frac{\left(\frac{2 \times \pi \times r \times n}{60}\right)}{\left(\frac{r}{1}\right)} = \frac{(2 \times \pi \times r \times n)}{(60 \times r)} = \frac{\pi \times n}{30} \quad (3.8)$$

Eşitlikte;

n : Motor krank mili devri (d/d) dır.

Buna göre indike güç yeniden düzenlenirse;

$$N_i = \frac{(P \times V \times n \times i)}{30 \times T} \quad (3.9)$$

Eşitliği elde edilir.

Şekil 3.19'da görüldüğü gibi indike verim, indike güç ile yakıt gücü arasındaki orandır ve aşağıdaki eşitlikle belirlenebilir.

$$\eta_i = \frac{N_i}{N_y} \times 100 \quad (3.10)$$

η_i :

Otto motorlarda =%25-35

Diesel motorlarda =%30-50'dir.

İndike verim eşitliğinde (N_y) yerine açık şekli yazılırsa;

$$\eta_i = \frac{N_i}{\left(\frac{B \times H}{3600}\right)} \times 100 = \frac{3600 \times N_i}{B \times H} \times 100 \quad (3.11)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte (**N_i/B**) ifadesi yalnız başına değerlendirilirse, motorların yakıt tüketimi için çok önemli bir özellikte olan Özgül yakıt tüketimi elde edilir (Jones and Aldred, 1989).

Çünkü;

$$\frac{N_i}{B} = \frac{1}{b_e} \quad (3.12)$$

veya

$$b_e = \frac{B}{N_i} \quad (3.13)$$

Eşitlikte;

b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg/kW-h veya gr/kW-h) dir.

Özgül yakıt tüketimi:

Otto motorlarda =290-380 gr/kW-h

Diesel motorlarda =230-280 gr/kW-h'dir.

Özgül yakıt tüketimine göre de indike verim aşağıdaki eşitlikle tanımlanabilir;

$$\eta_i = \frac{3600}{(b_e \times H)} \times 100 \quad (3.14)$$

Effektif Güç (N_e)

Effektif güç volanda ölçülen ve motor gücü olarak uygulamada adı geçen güçtür. Effektif güç, motor tarafından üretilen gücün volanda frenlenmesi ile ölçülür. Şekil 3.27'de görüldüğü gibi bu güç, prony freni hidrolik veya elektrikli bir fren sistemi ile ölçülür ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$N_e = \frac{(P \times V)}{1000}, (N_e = \frac{M_d \times W}{1000}) \quad (3.15)$$

Eşitlikte;

N_e : Effektif güç (kW),

P : Ölçülen kuvvet (N),

V : Motor volan hızı (m/s) dir.

Eşitlikte yer alan (V) çizgisel hızın yerine (n) dönü sayısının ölçülmesi uygulamada daha geçerli bir yöntemdir. Eşitlikte (V) ilerleme hızının dönü sayısı cinsinden belirlenmesi için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır (Sabancı, 1990/a):

$$V = \frac{(2 \times \pi \times r \times n)}{60} = \frac{(\pi \times r \times n)}{30} \quad (3.16)$$

olur ve 3.15 nolu efektif güç eşitliğinde ($r=L$ alınırsa);

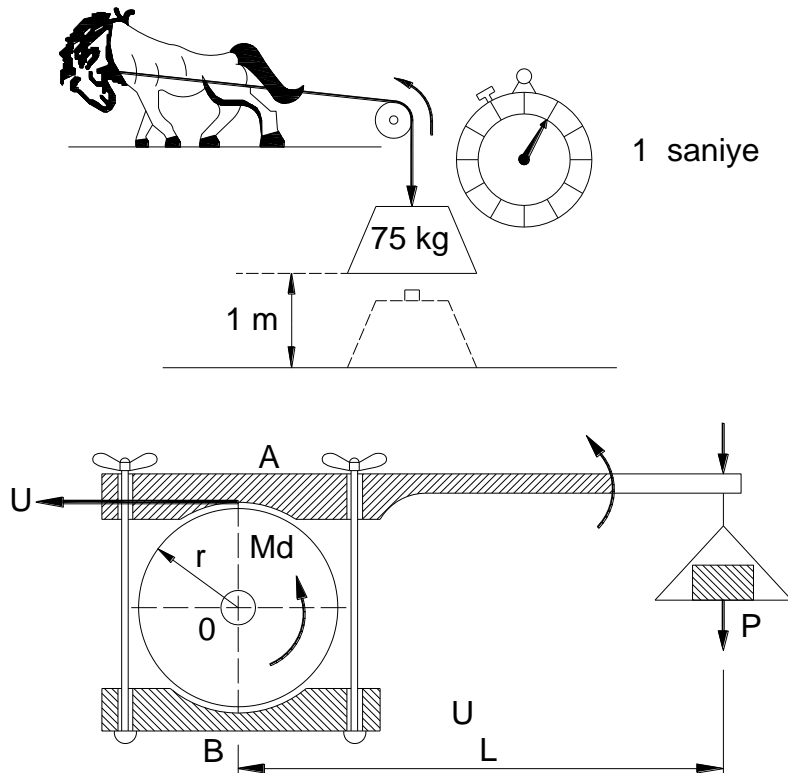
$$N_e = \frac{(P \times \pi \times L \times n)}{(30 \times 1000)} \quad (3.17)$$

gerekli kısaltmalar yapılırsa eşitlik aşağıdaki şekle dönüşür;

$$N_e = \frac{(P \times L \times n)}{9550} = \frac{(M_d \times n)}{9550} = \frac{(M_d \times n)}{9550} \quad (3.18)$$

Eşitlikte;

- M_d : Motorun oluşturduğu moment (Nm),
- P : Terazide ölçülen kuvvet (N),
- L : Moment kolu (m),
- n : Motor devri (d/d) dir.



Şekil 3.27.Motorlarda prony freni ile güç ölçümü

Şekil 3.26'da görüldüğü gibi, efektif gücün indike güce oranı "**mekanik verim**" olarak anılır ve aşağıdaki eşitlikle belirlenir;

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} \times 100 \dots\dots\dots(3.19)$$

eşitliği ile gösterilir.

Mekanik verim;

Otto motorlarda :%70-85

Diesel motorlarda :%70-80 arasında değişmektedir.

Motor verimi konusunda ilk akla gelen "**termik veya toplam verim**" ise efektif gücün yakıt gücüne oranıdır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir;

$$\eta_t = \left(\frac{N_e}{N_y} \right) \times 100 \quad (3.20)$$

Toplam verim;

Otto motorlarda =%24-30

Diesel motorlarda =%30-38 arasında değişmektedir.

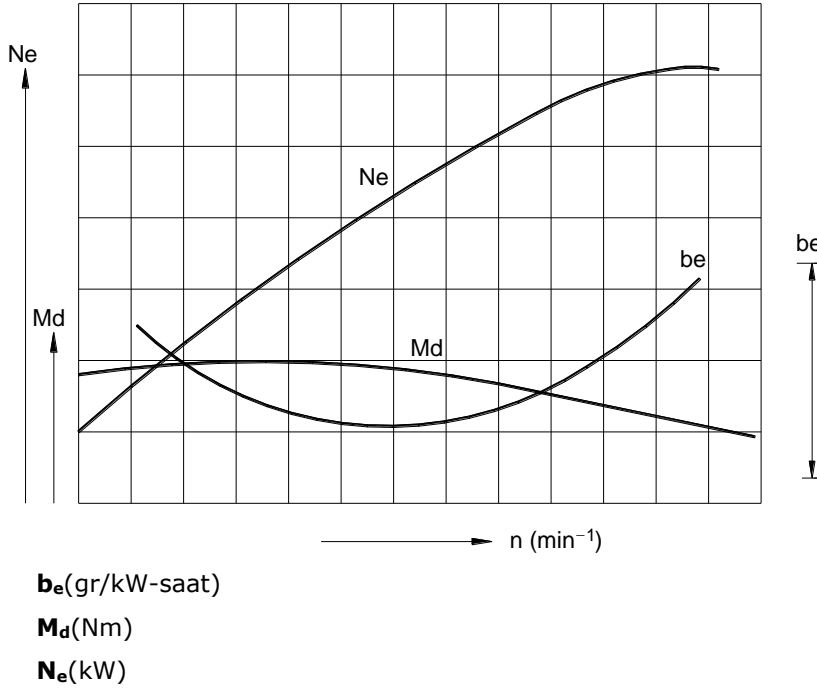
3.8.Motor Karakteristik Eğrileri

Motorların ürettikleri güç. moment. ve tüketilen yakıtın motor hızına göre değişim özellikleri en önemli özelliklerdir. Bu nedenle bu özelliklerin incelenmesi için oluşturulan eğrilere; motor karakteristik eğrileri denir. Bu eğriler motor deneyleriyle bulunan değerlere göre çizilir (Şekil 3.28).

Motor deneyleri, motorun kullanma koşullarına bağlı olarak değişir. Hareketli olan taşıt motorlarında sabit dolgu miktarında ve motorun min. ve maks. çalışma hızlarında (devrinde) yapılır. Sabit motorlarda ise deney sabit hızda yapılır. Sabit hız imalatçı tarafından öngörülen optimum motor hızıdır ve motorun anma hızı olarak adlandırılır.

Hareketli olan motorlarda karakteristikler değişik hızlara göre çizilir. Önce motor tam yükte yüklenir. Daha sonra bu yük yavaş yavaş azaltılır. Her

noktada çalışma kararlı hale geldikten sonra moment, devir sayısı ve yakıt tüketimi değerleri ölçülür.



Şekil 3.28. Motor karakteristik eğrileri

Değişik yük-değişik hız için çizilen eğriler incelendiğinde;

- 1- Motor gücü, belirli bir dolgu miktarına karşılık motor hızı (devir) arttıkça artmaktadır,
- 2- Dönme momenti başlangıçta motor hızı ile artmakta daha sonra bir maksimumdan geçerek azalmaktadır,
- 3- Özgül yakıt tüketimi başlangıçta motor hızı ile azalmakta ve daha sonra artmaktadır.

Sabit motor deneylerinde motor, imalatçısının bildirdiği nominal hızda çalıştırılır. Motorun yükü boş yük ile o hıza uyan maksimum yük arasında değiştirilir. Motor her yük kademesinde kararlı çalışmaya ulaştınca yakıt tüketimi, moment ve devir sayısı ölçülür. Elde edilen eğrilere göre belirli ve sabit bir devir için, yük arttıkça özgül yakıt tüketimi azalmakta ve bir minimum değerden geçtikten sonra tekrar artmaktadır. Bu değer ekonomik çalışma için motorun yüklenmesi gereken değerdir. Normal şartlarda ekonomik çalışma azami yükün %70-80'inde sağlanabilir.

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1) Termik makinelerini enerjiler arası dönüşüm prensibini açıklayınız.
- 2) Bir termik makineye verilen enerji A, alınan enerji B ise enerji değişimindeki verim değeri nasıl gösterilir? Eşitlikle tanımlayınız.
- 3) Termik makinelerde kullanılan yakıtlar nelerdir? Özelliklerini karşılaştırınız.
- 4) Diesel ve Otto motorları, temel özellikler açısından kıyaslayınız?
- 5) Sıkıştırma oranı nedir? Şekil çizerek formülize ediniz.
- 6) Otto ve Diesel yakıt sistemlerini oluşturan elemanlar nelerdir? Bu elemanların görevlerini açıklayınız.
- 7) Bir termik motor Benzin+Diesel yakıt karışımı ile çalışabilir mi? Olumlu ve olumsuz sonuçlarını açıklayınız.
- 8) Yağlama ve soğutma sisteminin elemanları nelerdir? Bu elemanları basit bir şekil çizerek gösteriniz.
- 9) İndikatör diyagramı ne demektir? 4 zamanlı Otto ve Diesel motorlarında bu diyagramlar nasıl bir şekil oluşturur? Çizimlerdeki farklılıklar nelerdir açıklayınız.
- 10) Motorlarda değişik güç ve verim tanımlarını eşitlik ve birimleri ile açıklayınız.
- 11) Motorlarda saatlik yakıt tüketimi ile özgül yakıt tüketimi ne demektir? Otto ve Diesel motorlarında bu değerlerin değişim sınırlarını yazınız.
- 12) Saatte 15 kg yakıt tüketen 70 kW'lık bir motorun özgül yakıt tüketim değeri ne olur?
- 13) Bir motorun efektif gücü 47,55 BG ve motor torku 300 Nm ise bu koşullardaki motor hızını (d/d) olarak bulunuz?
- 14) Hızı 2500 d/d, geliştirebileceği maks. tork 19,1 kgfm olan bir motorun geliştirebileceği güç kaç kW'tır?
- 15) Saatlik yakıt tüketimi 16 kg olan bir motorda yakıtın isii değeri 42000 kJ/kg'dır. Motorun efektif gücü 56 kW ise termik verimi nedir?

KAYNAKLAR

- ANONİM, 2005.** Benzin Motorları. Temsa Yayınları. 202 sayfa.
- ANONİM, 2008.** URL: <http://www.obitet.gazi.edu.tr/dokumanlar.htm>
(son erişim 3 Ekim, 2008).
- GOERING, C.E., 1989.** Engine and Tractor Power. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, USA. 404 pp.
- HEYWOOD, J.B., 1988.** Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Book Company. ISBN: 0-07-100499-8. 930 pp.
- JONES, F.R. AND ALDRED. W.H., 1989.** Farm Power and Tractors. McGraw-Hill Book Company, New York. 466 pp.
- KOÇAR, G., B. DEMİR, 2006.** Biyodizel. Bilim ve Teknik, Aylık Popüler Bilim Dergisi. Ekim 2006. 36-41.
- SABANCI, A., 1990.** Termik Motorlar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No : 56, Adana. 185 sayfa.
- STAUDT, W., 1995.** Motorlu Taşıt Tekniği. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları:2921. ISBN 975-11-1011-4. 464 sayfa.
- TEZER, E., A. SABANCI, 1990.** Tarımsal Mekanizasyon I. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No : 33, Adana. 138 sayfa.
- YAMANE, K., A. UETA, Y. SHIMAMOTO, 2001.** Influence of Physical and Chemical Properties of Biodiesel Fuel on Injection, Combustion and Exhaust Emission Characteristics in a DI-CI Engine. The Fifth International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines (COMODIA 2001), July 1-4, 2001, Nagoya.402-409 pp.

4. TARIM TRAKTÖRLERİ

4.1. Genel

Traktör, tarım işletmesinde çeşitli iş makinelerinin çalıştırılması için kullanılan bir kuvvet makinesidir. Traktör, kelime olarak çekici veya hareket ettirici anlamını taşımaktadır. Bu genel tanımlama içinde kullanma alanlarına göre traktörler üç tipe ayrılabilir (Kadayıfçılar, 1969). Bunlar:



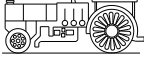




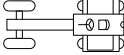










- 1- Tarım traktörleri,
- 2- Endüstri traktörleri,
- 3- Özel traktörlerdir.

Endüstri traktörleri rihtım, depo ve fabrika gibi işyerlerinde çeşitli taşıma araçlarının çekilmesi veya yüklerin kaldırılarak taşınması için kullanılır. Özel traktörler ise özellikle inşaat işlerinde kullanılmaktadır. Toprak işlerinde kazma, taşıma gibi işlemler özel traktörler ile yapılabilir.

Tarım traktörleri işletmelerde çok değişik tarımsal işlemler için kullanılan traktörlerdir. Kullanma koşullarına göre; hız, dümenleme ve çeki yeteneği yanında, dengeli ve güvenli çalışması bir traktörde aranan en önemli özelliklerdir. Modern bir tarım traktörü, tarım makinelerini çekerek, iterek veya taşıyarak çalıştırır, ayrıca kuyruk mili veya kasnağı yardımıyla dönerik çalışan makinelere güç sağlar ve hidrolik enerjisi ile bazı makinelerin çalıştırılabilmesi ve kontrolünü sağlar.

Tarımsal mekanizasyonun ilk uygulama devrelerinde traktör, işletmedeki at ve buhar makinesinin bir alternatifi olarak düşünülmüştür. 1925 yıllarında traktörlere kuyruk mili uygulaması ile gerek sabit, gerekse tarlada hareketli olan makinelerin çeşitli organları için traktör motorundan güç alınabilmıştır. Böylece traktörle çekilir makinelerde, makinenin kendi

tekerlerinden hareket alınması gibi önemli bir sakınca ortadan kalkmıştır. Kuyruk mili ile toprak frezesi ve biçerdöver gibi tekerlekten alınan hareketle çalışması mümkün olmayan makineler daha hızlı bir gelişme göstermiştir. Şekil 4.1'de kuvvet makinelerindeki tarihsel gelişim özetlenmiştir.

		Çeki Hayvanı	1937		Asma düzeni (Toprak işleme aletleri için)
1895		Buharlı lokomotif	1937		Üç nokta asma düzeni (Hidrolik)
1880 - 1900		Otto motoru	1949		Ön yükleyici
1907		Motorlu pulluk	1950		Alet taşıma çatısı
1920		Tekerlekli ve paletli traktör	1950		Dört tekerleği hareketli traktör
1923		Dizel motoru	1958		Hidrostatik hareketli traktör
1925		Kuyruk mili	1959		Tandemli traktör
1927		Asma düzeni (mekanik)	1962		Kademesiz hız değiştirici
1927 - 1933		Lastik tekerlek	1963		Tork konvertör

Şekil 4.1. Kuvvet makinelerinin tarihsel gelişimi

Şekilde görüldüğü gibi 1895 yılına değin tarımsal üretimde sadece insan ve hayvan gücü kullanılmıştır. 1895-1908 yılına değin bazı üretim işlemlerinde buharla çalışan bazı makinelerin yapıldığı görülmektedir. 1867'de Otto, 1893 yılında diesel motorları ortaya çıkınca, bu motorlarda çalışan ilk traktör 1908 yılında yapılmıştır.

1920'lerde ilk paletli traktör, 1923'de traktöre diesel motor uygulaması, 1925'de kuyruk mili, 1927'de mekanik asma düzeni yapımı dikkate değer en önemli gelişmelerdir.

1930'larda demir tekerlek yerine lastik tekerler, 1937'de mekanik

asma düzeni yerine hidrolik asma düzenlerinin bulunduğu gözlenmektedir. 1949'dan günümüze kadar önemli değişimler ise; ön yükleyici, traktördeki 4 tekerleğin birden kuvvet tekerleği (çift çeker) olarak kullanılması, motordan tekerleklere hareket iletiminin hidrolik sistemlerle gerçekleştirilmesi ve tork konvertörler şeklinde özetlenebilir (Sabancı, 1990b).

4.2. Traktörlerin Özellikleri ve Sınıflandırma

4.2.1. Genel Yapı

Bir tarım traktörünün yapısal özellikleri, aşağıda görüldüğü gibi 5 bölüme ayrılarak incelenebilir. Her bölüme ait önemli parçaların numaraları aşağıda belirtilmiş, Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şekilde:

1- Motor (1).

2- Hareket iletim organları,

- ✓ Kavrama (2),
- ✓ Hız değiştirme kutusu (3), -Diferansiyel (4),
- ✓ Son hız azaltma ünitesi (5),
- ✓ Tekerlekler (6,7).

3- Yardımcı organlar,

- ✓ Dümenleme (8, 9),
- ✓ Frenler (10),

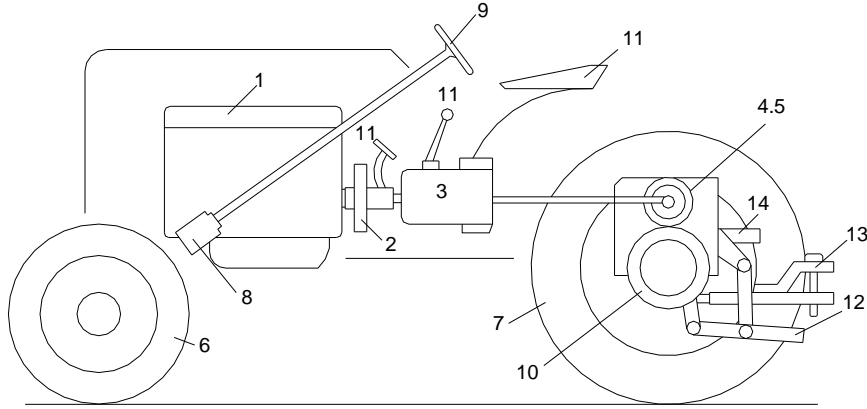
4- Tarım makineleri ile ilgili düzenler.

- ✓ Üç nokta askı sistemi (12),
- ✓ Çeki düzeni (13),
- ✓ Kuyruk mili ve kasnak (14)

5-Sürücü yeri ve denetim organları düzenleri (11)'dir

şeklinde numaralandırılarak gösterilmiştir. (Keskin ve Erdoğan, 1984).

Traktörde motor, traktöre gerekli enerjiyi sağlar. Motorun sağladığı mekanik enerji, dönme hareketi şeklinde hareket iletim organlarından geçerek tekerleklere veya kuyruk mili ve kasnağa gelir. Tekerlekler traktörün çeki kuvvetini geliştirmek için toprakta tutunmayı sağlayan organlardır. Dümenleme düzeni, traktörün değişik üretim alanlarında yönlendirilmesini, frenler ise hareketini denetleyen düzenlerdir. Bu düzenler sürücünün çalıştığı ortamda bulunur.



Şekil 4.2. Tarım traktörlerinin genel parçaları

Kuyruk mili, kasnak, çeki düzeni ve hidrolik sistemler ise traktör enerjisinin iş makinesine iletimini sağlayan organlardır.

Tarım traktörleri başlangıçtan bu yana birçok değişimlere uğramıştır. Bugün uygulamada en yaygın kullanılan traktör tipi; dört tekerlekli, arka tekerlekleri kuvvet tekerleği olan, ön tekerlekleri dümenleme için kullanılan, motorları sürücü önünde olan traktör tipleridir.

4.2.2. Sınıflandırma

Tarım traktörleri, traktörlerin belirli özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre traktörler;

- 1-Motor tipi,
 - 2-Yürüme düzeni,
 - 3-Kullanma alanı ve
 - 4-Sağladığı güce
- göre sınıflandırılmaktadır (Barger ve ark., 1963).

Motor Tiplerine Göre Sınıflandırma

Bu özelliğine göre tarım traktörleri:

- ✓ -Hafif akaryakıtlarla çalışan (otto motorlu).
- ✓ -Ağır akaryakıtlarla çalışan (diesel, sömi-diesel motorlu) ve
- ✓ -Gaz yakıtlarla çalışan traktörler olarak incelenebilir.

Yürüme Düzenlerine Göre Sınıflandırma

Tarım traktörlerinde iki ana yürüme düzeni kullanılır. Bunlar:

- ✓ Tekerlek,
- ✓ Palettir.

Traktörler başlangıçta tekerlekli olarak imal edilmiş, daha sonra paletli traktörlere geçilmiştir. Tekerlekli traktörlerin:

- ✓ Yüksek hızla hareket yeteneklerinin olması,
- ✓ Asılır makinelere uygun olması ve
- ✓ İz genişliği ayarlarının bulunması gibi üstünlükleri vardır.

Tekerlekler başlangıçta çelik tip yapılmış, daha sonra hava basınçlı lastik tekerlekler kullanılmıştır. Tekerlekli traktörlerde, hareket ve dümenleme olmak üzere iki tip tekerlek kullanılır ve tekerleklerin sayısı ve yerleştirme durumuna göre değişik yapıda birçok traktör tipi ortaya çıkmıştır.

1-Tek izli Traktörler

Bu tip traktörlerde tek tekerlek veya tek tırtıl bulunur. Yapıları basittir, daha çok toprak frezesi ile birlikte çalıştırılır. Freze traktörün diğer dayanak noktasını meydana getirir. Motor güçleri 4 BG'den küçük traktörlerdir (Şekil 4.3a).

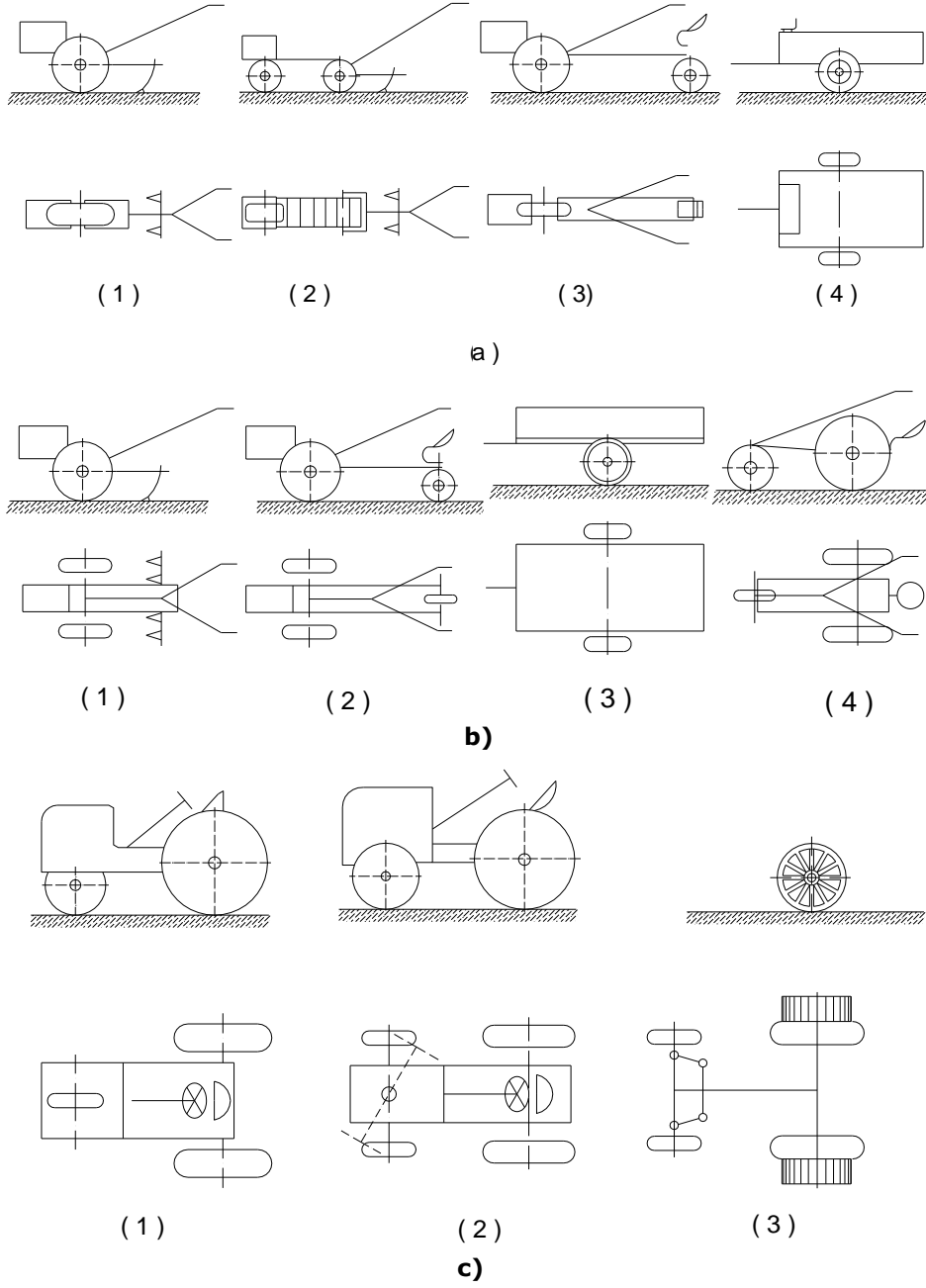
2-Tek Akslı Traktörler

Bir aks üzerinde iki hareketli tekerleğe sahiptir. Bu tekerlekler hareket ve dümenleme tekerleği görevini yapar, genellikle sebze bahçeleri için uygundur (Şekil 4.3b).

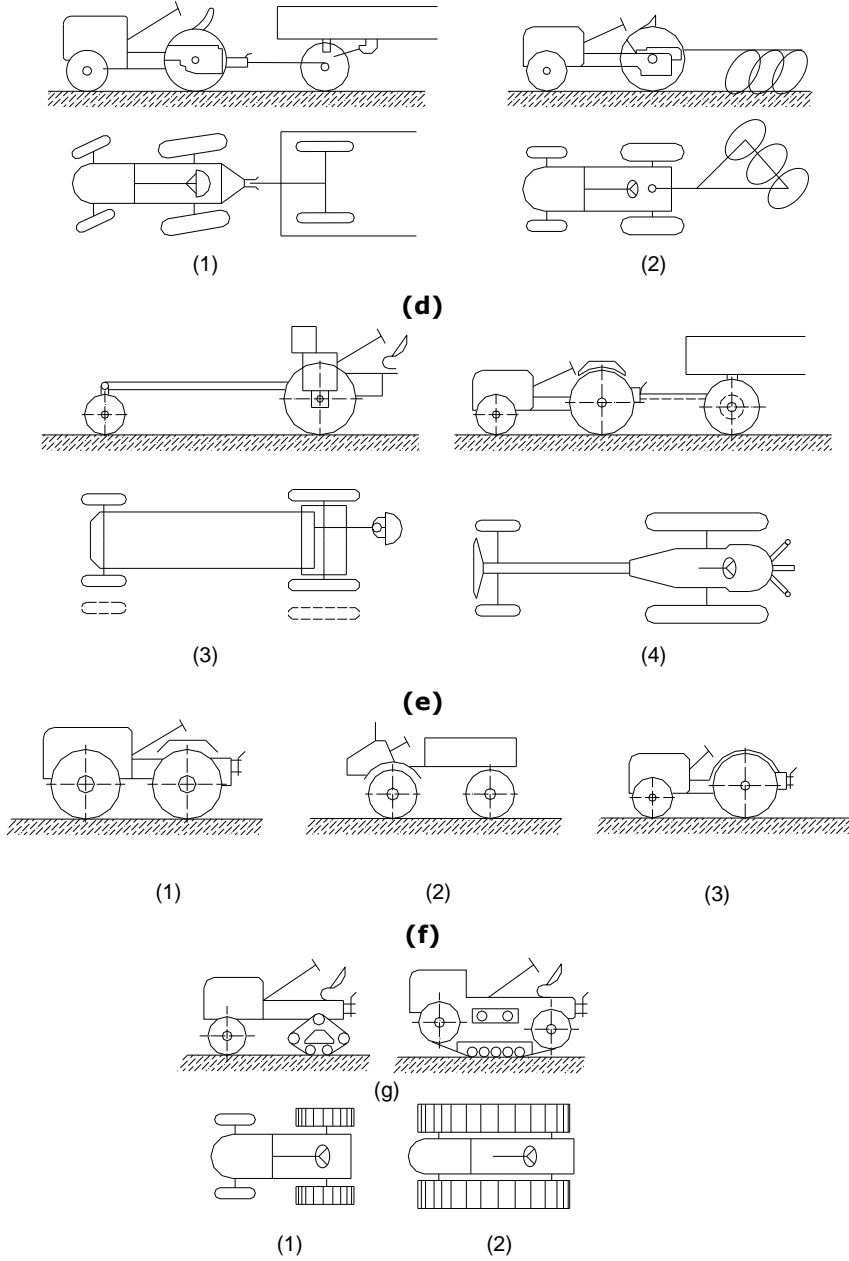
3-Çift Akslı Traktörler

Çift akslı traktörlerde traktör çatısı, iki aks üzerindeki tekerleklerle bağlıdır (Şekil 4.3c). Çift akslı traktörler üç veya dört tekerlekli olarak yapılır. Sebze tarımı için çapalama işlerinde kullanılmak üzere yapılan 3 tekerlekli traktörlerde motor arka tekerlekler üzerinde bulunur ve sürücü motorun önünde oturur. Bu suretle çapalama sırasında sürücünün görüş olanakları arttırılmıştır. Alet taşıyıcı olarak da isimlendirilen bu tip traktörlerde sürücü önünde ön tekerleklerle kadar uzanan çatıya çeşitli alet ve makineler bağlanabilir (Şekil 4.4e).

Standart dört tekerlekli traktörlerde arkadaki tekerlekler enerji (kuvvet) iletimi, ön tekerlekler ise dümenleme görevi yapar. Genellikle arka tekerlekler iyi bir tutunma için daha büyük çaplıdır (Şekil 4.4d).



Şekil 4.3. Traktör tipleri



Şekil 4.4. Traktör tipleri

Dört tekerlekli bazı tip traktörlerde ön tekerleklerde kuvvet tekerleğidir. Böylece dört tekerleğin aynı anda motordan hareket alması ile traktörün çeki yeteneği arttırılmıştır.

İki adet dört tekerlekli standart traktör ön tekerlekleri çıkartılmak ve traktörler birbirine bindirilmek suretiyle tandem olarak da düzenlenebilir. Bu durumda traktör dört tekerleği hareketli hale getirilir ve dümenleme iki çatı arasında yapılır. Tandem traktörler ile çeki kuvveti arttırılabilir ve tekerlekler toprakta daha iyi bir şekilde tutunabilir (Şekil 4.4f).

Paletli traktörlerde, tekerlek yerine sürekli bir palet düzeni kullanılır. Lastik tekerlekli traktörlerde lastiğin toprakta tutunabilmesi her zaman etkili olmaz. Bunun sonucu tekerlek patinaj yapar ve çeki kuvveti geliştiremez. Bu amaçla tekerleklerle ağırlık takılabilir, fakat bu durumda toprakta ağırlık nedeni ile sıkışma artarak fazla ağırlığı taşımadan dolayı yakıt tüketimi artmaktadır.

Paletli traktörlerde geniş palet yüzeyleri ile toprakta daha iyi bir tutunma sağlanabildiği gibi, ağırlık geniş bir yüzeye dağıldığından toprak sıkışması daha az olur. Paletli traktörler bu nedenle ağırlıklarına kıyasla daha iyi çeki kuvveti geliştirebilir (Şekil-4.4/g).

Bazı traktörlerde palet düzeni arka tekerleklerle yerleştirilir. Ön tekerlekler dümenleme görevi yapar. Tam paletli olan traktörlerde motor traktörün ön tarafında bulunur, traktörün iz genişliği genellikle sabittir. Palet arka taraftaki dişli ile hareket ettirilir.

Kullanma Yerlerine Göre Sınıflandırma

Tarım traktörleri kullanma alanlarına göre 4 tipe ayrılabilir. Bunlar:

- 1-Standart tarla traktörleri,
- 2-Üniversal traktörler,
- 3-Çapa traktörleri,
- 4-Bahçe traktörleri

şeklinde adlandırılabilir (Stone and Gulvin, 1967).

Standart Tarla Traktörleri

Özgül ağırlığı fazla, havalı lastik tekerlekli ve daha çok çeşitli çeki işlerine uygun olan traktörlerdir. Tekerlekli ve paletli olarak yapılırlar, tekerlekli olanlarda iz genişlikleri dar sınırlar arasında değiştirilebilir. Standart tarla traktörleri, motor gücü bakımından orta ve büyük güçlü traktörler

sınıfına girer, tarla tarımı ile ilgili işler için uygun olan bu traktörlerde, güç ve çeki hızı değerleri toprak işleme, ekim gibi çeki; pompa, harman makinesi çalıştırma gibi kasnak işleri için yeterli değerdedir.

Üniversal Traktörler

Her türlü tarımsal iş makinesine enerji sağlayacak şekilde tasarlanmış, orta güçlü traktörlerdir. İz genişlikleri büyük sınırlar arasında değiştirilmekte olan bu traktörler, Türkiye'de en çok kullanılan traktörlerdir.

Çapa Traktörleri

Genellikle üç veya dört tekerlekli ve hafif yapılı traktörlerdir. Bunların özgül ağırlıkları düşük olduğundan toprağı sıkıştırma etkileri daha azdır. Çapa traktörlerinde çatı yüksektir, ayrıca bitkiler arasında rahat hareketi sağlamak amacı ile lastikler dar ve traktörün dümenleme yeteneğı daha üstündür.

Çapa traktörlerinde çapalama düzenleri genellikle ön ve arka tekerlekler arasına asılır. Böylece çapalamada traktörün sıralar arasında hareketi kolaylaştırılır. Çapa traktörleri daha çok sıraya ekilen veya dikilen çapa bitkilerinin sıraları arasında çapalanması için kullanılır. Traktörün iz genişliğı, çeşitli bitki sıra arasına uyması için geniş sınırlar içinde ayarlanabilir.

Bahçe Traktörleri

Genellikle küçük güç kapasiteli, sebze ve meyve bahçeleri ile diğer küçük entansif tarım işletmelerinde kullanılan traktörlerdir. Motor güçleri 1-12 BG arasında değişmektedir. Bahçe traktörleri, genellikle tek dingilli veya tek izli olarak yapılmaktadır. Bahçe traktörlerinin her traktörün kendine göre özel olarak yapılmış alet ve makineleri vardır. Bu makineler ile traktör arasındaki bağlantılar standart değildir. Bahçe traktörlerinin dört tekerlekli olan tipleri minyatür bir standart tarla traktörüne benzer.

Güç Kapasitelerine Göre Sınıflandırma

Traktörlerin çok değişik tiplerde imal edilmesi, bunların sınıflandırılması için güç değerlerinin göz önüne alınmasını gerektirmiştir. Traktörlerin maksimum motor gücü diğerlerine göre OECD (*Avrupa Ekonomik Kalkınma Örgütü*) tarafından yapılan sınıflandırma aşağıda görülmektedir.

1-iki tekerlekli traktörler:

- ✓ 5 BG' ne kadar (5 BG dahil),
- ✓ 5 BG' den büyük

2-ikiden fazla tekerlekli traktörler:

- ✓ 10 BG'ne kadar (10 BG dahil),
- ✓ 10-24 BG'ne kadar (24 BG dahil),
- ✓ 24-34 BG'ne kadar (34 BG dahil),
- ✓ 34-50 BG'ne kadar (50 BG dahil),
- ✓ 50 BG'den büyük.

3-Paletli traktörler:

- ✓ 25 BG'ne kadar (25 BG dahil),
- ✓ 25-40 BG'ne kadar (40 BG dahil).

Yukarıdaki sınıflandırma, 12 BG'ne kadar olan traktörler ile tek ve çift gövdeli özel, 25 BG'ne kadar tek gövdeli normal, 40 BG'ne kadar iki gövdeli, 40-70 BG'lü olan traktörler de ise iki veya üç gövdeli, 70 BG'den büyük traktörlerde dört gövdeli pullukları çekebilirler.

4.3. Hareket iletim Organları

Şekil 4.5'de bir traktörün aktarma organları görülmektedir. Görüldüğü gibi motordan alınan enerjinin iş makinelerine iletiminde gerekli olan bu organlar: Kavrama, vites kutusu, diferansiyel, son hareket azaltma ünitesi ve tekerlekten oluşur. Aşağıda bu organların özellikleri sırasıyla incelenecektir.

4.3.1. Kavrama

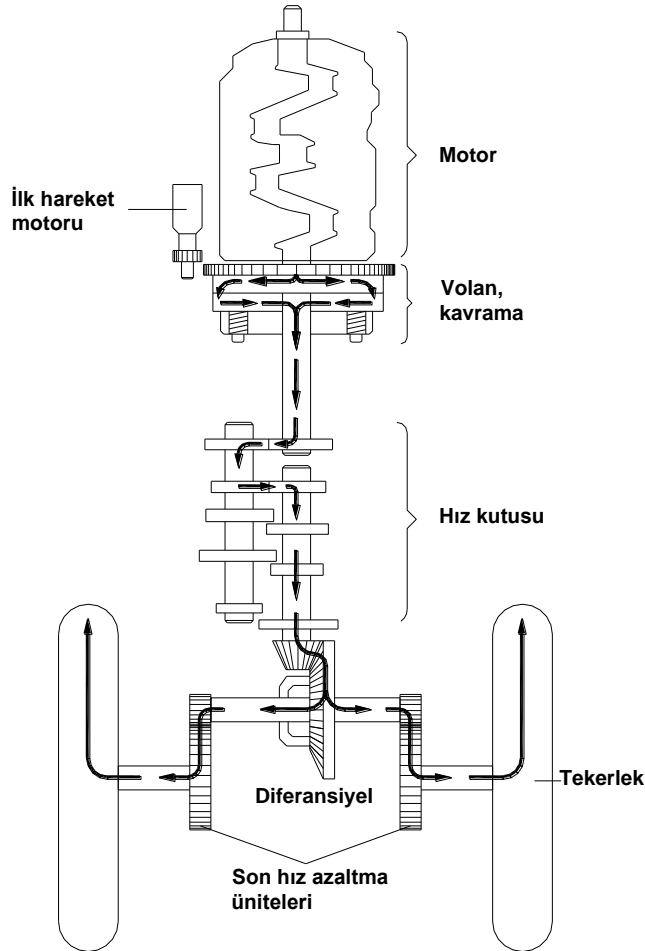
Kavramanın görevi traktör motoru ile diğer elemanlar arasındaki hareket akımını düzenlemektir. Kavrama, motor ile vites kutusu arasında hareket bağlantısı sağlayan veya kesen organdır. Kavrama düzeni motor ile vites kutusu arasında bulunur. Kavrama düzeninin görevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir. Bunlar:

1-Motora ilk hareket verilirken, motor yeterli bir dönme sayısı kazanarak rejime geçebilmesi için yüklenmeden çalışmalıdır. Bu durumu sağlamak için

kavrama yardımı ile motor ile diğer organlar arası hareket iletimi kesilir.

2-Çeşitli işler için hız değiştirme gerektiğinde traktör durdurulmadan bu işlem kavrama ile yapılır. Bu amaçla motor hareketi kavrama ile ayrılır ve vites kutusunda istenilen hız basamağı seçilir.

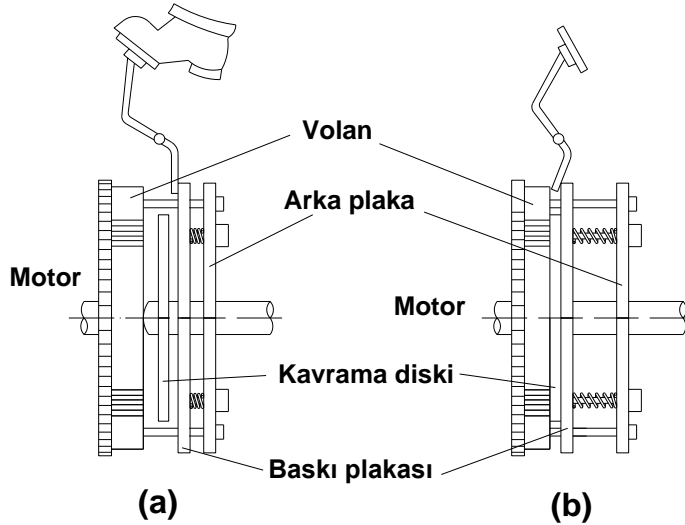
3-Kavrama, hareketli olan motor ile hareketsiz durumda bulunan traktörün diğer hareket elemanları (*vites kutusu, diferansiyel, lastik tekerlekler*) arasındaki hareket bağlantısının titreşimsiz ve düzenli olarak yapılabilmesini sağlar.



Şekil 4.5. Traktör hareket iletim organları

Traktörlerde kavrama sürtünme prensibine göre çalışır. Bu tip kavrama genellikle tek plakalı olur. Motor miline bağlı olan volan üzerinde kavrama kapağı ile baskı yayları etkisi bulunan baskı plakası diğer sürtünme yüzeyini meydana getirir. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi volan ve baskı plakası yüzeyleri arasında kavrama plakası vardır. İki yüzeyinde daire parçası şeklinde üzerinde sürtünme malzemesi bulunan kavrama, kavrama plakası vites kutusuna giden kamalı mil üzerine bağlıdır. Bir manivelaya ayakta kumanda edilerek volan ile baskı plakası birbirinden ayrılır, manivela serbest bırakılınca kavrama plakası, volan ile baskı yayları etkisi ile sıkışır ve motor hareketi vites kutusuna iletilir. Manivela ile iki sürtünme plakası ayrıldığında vites kutusuna bağlı ortadaki kavrama plakası hareket etmez.

Kavrama plakası üzerinde sürtünme malzemesi olarak sürtünme, katsayısı yüksek ve sıcaklığa dayanıklı asbest kullanılır.



Şekil 4.6. Traktörlerde kavramanın şematik görünüşü

4.3.2. Vites Kutusu

Traktörde vites kutusu, bir hız değiştirici ünedir. Traktörün belirli bir motor hızı ile çeşitli çalışma hızları vites kutusundaki dişlilerin değiştirilmesi ile elde edilir.

Vites kutusu girişinde motor devir sayısı her hız basamağı için aynı değerde kalır. Motor devri ve dönme momentine bağlı olarak güç;

$$N = \frac{M_d \times n}{9550} \quad (4.1)$$

eşitliği ile saptanabilir. Burada güç değeri (**N**) sabit tutulduğunda, dönme sayısı (**n**) azaldıkça dönme momenti (**M_d**) artmaktadır. Böylece vites kutusunda motor ile tekerlekler arasındaki hareket oranı değiştirilmekte ve buna bağlı olarak aynı güçlerde değişik momentler elde edilmektedir. Vites kutularında hareketin azaltılma miktarı, transmisyon oranı veya hareket iletim oranı (**i**) olarak bilinir, iki mil arasındaki birbirini kavrayarak çalışan dişli çiftinde veya bu dişlilerin bağlı olduğu millerde transmisyon oranı (**i**):

$$i = \frac{\text{(Hareket alan dişlinin diş sayısı/Hareket veren dişlinin diş sayısı)}}{\text{(Hareket veren mil hızı/Hareket alan mil hızı)}} \quad (4.2)$$

şeklinde gösterilir.

Hareket veren dişli diş sayısı (**Z₁**), devir sayısı (**n₁**), hareket alan dişli diş sayısı (**Z₂**)' devir sayısı ise (**n₂**) olursa, bu oran:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4.3)$$

olarak gösterilebilir. Traktörlerde genel transmisyon oranı ise;

$$i_{gen} = \text{(Tekerlek devir sayısı/Motor devir sayısı)'dir.} \quad (4.4)$$

Traktörün motoru tarafından yaratılan döndürme momenti (**M_d**) kuvvet tekerleği yarıçapı (**r**), genel transmisyon oranı (**i_g**) hareket iletim düzeni verimi (**η_t**), ilerleme hızı verimi (**η_m**) ile gösterilirse, traktörün geliştirebileceği çeki kuvveti (**P**) için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$P = \frac{M_d \times i_{gen} \times \eta_t \times \eta_m}{r} \quad (4.5)$$

Yukarıdaki eşitlikte (**η_t**, **η_m**) ve (**r**) traktörün yapısına bağlı olarak sabit değerlerdir. O halde motorun belirli bir moment değerinde değişik çeki

kuvvetleri elde edebilmek için genel transmisyon oranı değiştirilmelidir. Motorun sabit dönme hızı için düşük viteslerde tekerleğin devir sayısı azaltılırsa (*düşük ilerleme hızı*) traktörün çeki kuvveti artar (Tezer ve Sabancı, 1990).

Şekil 4.7'de 3 ileri, 1 geri vites basamaklı hız değiştirme düzeni görülmektedir.

- ✓ Motordan hareket alan kavrama mili (1),
- ✓ Grup dişli mili (2),
- ✓ Hareketi diferansiyele ileten vites kutusu ana mili (3),
- ✓ Geri vites için ara mili (4)

(1) mili motordan hareket alır, (3) mili (1) mili üzerindeki (8) dişlisine yataklanmıştır. (3) mili üzerindeki iki dişli, mil üzerinde kaydırılarak ilgili olan (4) mili üzerindeki sabit bir dişli ile kavratılır. Bu suretle hareket (1-2-3) yolunu izler. (8) ve (9) dişlileri daima birlikte hareket eder, vites boшта iken hareket (1-2) yolunu izlemekte ve (3) miline geçmediğinden diferansiyele ve tekerleklere iletilmemektedir. (3) mili üzerindeki dişlilerin kayma hareketi, vites koluna (7) bağlı ve hilal adı verilen parçalar (5 ve 6) ile yapılır.

1. Vites

(10) dişlisi (3) mili üzerinde kaydırılarak (11) dişlisi ile kavratılır. (11) dişlisinde daha az sayıda diş bulunduğundan (i_1) değeri ve buna bağlı olarak ilerleme hızı düşüktür (Şekil 4.7).

2. Vites

(10 x 11) dişli kombinasyonu ayrılır. (13) ile (12) dişlileri kavratılır. (12) dişlisinde diş sayısı (daha fazla olduğundan i_2) değeri traktörün ilerleme hızı artar (Şekil 4.7).

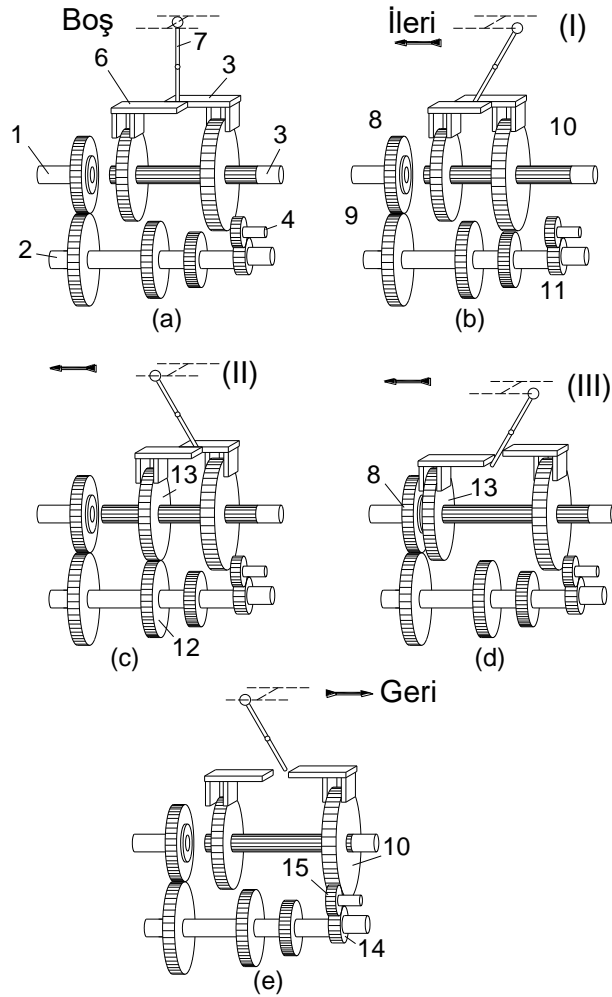
Geri Vites

(2) milindeki (14) dişlisi ile (4) milindeki (15) dişlisi daima temas halindedir. (10) dişlisi (15) dişlisi ile kavratılınca (3) mili ileri viteslerdekine kıyasla ters yönde dönmeye başlar. Bu suretle geri vites elde edilir (Şekil 4.7). (1) ile (2) mili arasında daimi temasla dönen (8) ve (9) dişlileri farklı ölçüdeki dişlilerle değiştirilirse yeni durumda da 3 ileri 1 geri vites elde edilir. Bu suretle traktörün ileri hızı ($3+3=6$) ve geri vites hızı ($1 + 1 =2$) kademeye

yükselir. Vites kutusunda hız basamağı seçilirken iki hareket gereklidir:

- ✓ -Önce bağlı olan dişliler ayrılır,
- ✓ -Sonra yeni basamakla ilgili dişliler birbirine geçirilir.

Bu iki hareket yapılırken dişliler birbirine çarpmamalı ve aşınma yapmamalıdır. Bunun için dişlilerin hareketsiz bulunması ve aynı çevre hızı ile hareket halinde olması gereklidir.



Şekil 4.7. Vites değiştirme sistemi

4.3.3. Diferansiyel ve Son İletim Düzeni

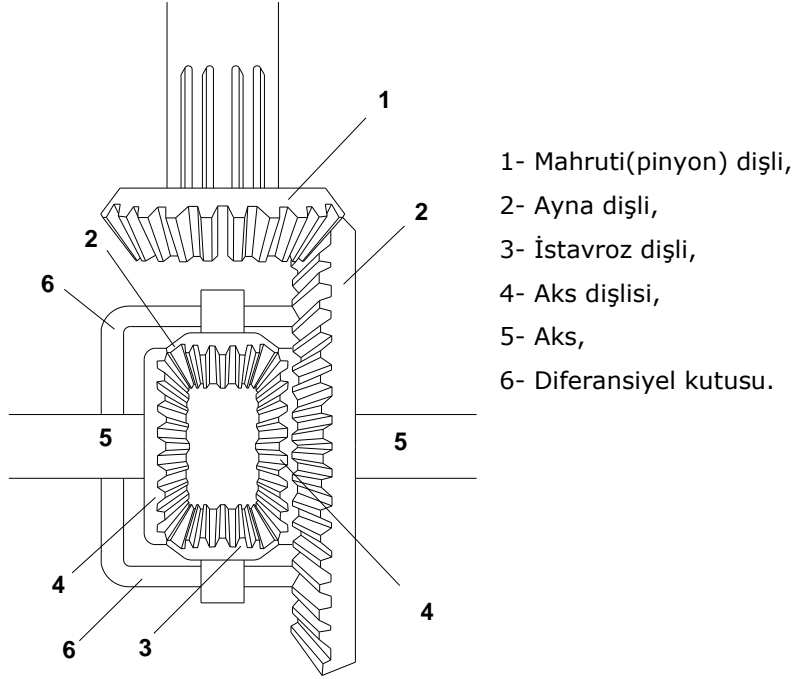
Vites kutusunda hareket miktarı azalır ve dönme momenti arttırılır. Diferansiyel ve son iletim düzeninde ise vites kutusuna ek olarak hareket miktarı daha da azaltılmakta ve tekerlek aksına iletilen dönme momenti arttırılmaktadır.

Diferansiyel ve son iletim dişlilerinin moment arttırıcı etkisinden başka görevleri de vardır. Bunlar:

- 1- Dönüşlerde hareketli tekerlekler arasındaki farklı durumdaki hareket miktarlarını düzenlemek,
- 2- Vites kutusu ana mili traktörün eksenine doğrudan doğruya bir dönme eksenine sahip olduğundan, bu hareketi bir çift konik dişli ile 90° çevirerek tekerlek akslarına iletmektir.

Diferansiyel, dönüşlerde iki hareketli tekerlekten içtekinin az, dıştağının fazla dönmesi sonucu ortaya çıkan hareket farkını gidermek için kullanılır (Şekil 4.8). Vites ana mili ucundaki konik dişli (1) hareketi diferansiyel kutusu ayna dişlisine (2) verir.

Hareketli tekerleklerin izleri arasında 1,4 m aralık bulunan bir traktör 90°'lik bir daire yayını dönerken iç tekerleğın 6,1 m çapında bir yay üzerinde hareket ettiğini kabul edelim. Dış tekerleğın hareket ettiği yay yarıçapı $1,4+6,1 = 7,5$ m olacaktır. Buna göre iç tekerlek 9,5 m, dış tekerlek ise 11,9 m yol alacaktır. İki tekerlek hareket miktarı arasında $11,9-9,5=2,4$ m fark vardır.



Şekil 4.8.Diferansiyel ünitesi

Diferansiyel düzeni kullanılmadığı takdirde her iki tekerleğin 1,2 m kadar kayma yapması gerekecektir. Diferansiyel düzeni bu sakıncayı ortadan kaldırmakta her iki tekerleğe eşit dönme momenti uygulanarak bunların farklı yörüngeler üzerinde uygun açısal hızla hareket yapmasını sağlamaktadır.

Diferansiyel kutusu (7) içinde planet (İstavroz) dişlileri (5 ve 6) yataklandırılmıştır. Bu kutu, tekerlek millerinden bağımsız bir şekilde yataklandırılmıştır. Aynı dişli (2) bu kutu üzerine bağlıdır ve konik dişli (1) tarafından hareket ettirilir. Planet dişlileri (5 ve 6) ile tekerlek aks dişlileri (3 ve 4) sürekli temas halindedir.

Hareketli tekerleklerden birisi sabit tutulursa diferansiyel kutusu ve bağlı planet dişliler, sabit kalan konik aks dişlisi etrafından yuvarlanır ve diğer aks dişlisine hareket verir. Dönüşlerde içteki tekerleğin daha kısa bir yörünge üzerinde hareketi nedeni ile azalan hareket miktarı diğer tekerleğe iletilir. Bu durumda planet dişliler kendi eksenleri etrafında hareket etmektedir. Düz yolda ise bu dişliler hareket etmez fakat gövde ile birlikte dönerler.

Tarım traktörlerinin üzerinde çalıştığı yüzey şartları daima değişiklik gösterir. Traktör tarlada çalışırken düzgün bir hareket halinde çeki kuvveti yüklenmiş iken tekerleklerden birinin gevşek toprak bölgesine rastlaması bu tekerlekte patinaj yaratabilir. Diğer tekerlek ise fazla direnç karşısında hareket miktarını sıfıra kadar azaltır. Bunun sonucu motor tarafından tekerleğe verilen döndürme momentinin tamamı patinaj için tüketilir. Düzgün doğrusal hareket halinde ortaya çıkan bu durumda traktörün çeki kuvveti, alet üzerindeki direnci yenemediği için traktör olduğu yerde çalışır. Bunu önlemek için diferansiyel kilit düzeni ile diferansiyel kutusu için planet dişlilerini kendi eksenleri etrafındaki hareketleri önlenir. Diğer deyişle her iki tekerlek de birbirine rijit olarak bağlanmış olur.

Tekerleklerde patinaj kesildikten sonra diferansiyel kilidi kendiliğinden açılmalıdır. Aksi halde dönüşlerde kilitli diferansiyel kullanılırsa devrilme tehlikesi ortaya çıkar ve hareket iletim organları aşırı yüklenir. Diferansiyelden akslara geçen hareket bazı traktörlerde tekerleklerle bir çift dişliden geçirilerek iletilir. Bu suretle vites kutusunda dar olan şartlar nedeni ile elde edilmeyen hız azalması son iletim düzeninde elde edilir. Aks üzerinde küçük tekerlek aksı üzerinde büyük çaplı dişli kullanılarak hareket miktarı azaltılır.

4.3.4. Yürüme Organları

Tarım traktörlerinde tekerlekli veya paletli yürüme organları kullanılır. Yürüme organı, tekerlek aksına gelen döndürme momentini jant üzerinde çekme kuvveti haline döndürmek ve böylece traktörün çeki yeteneğini sağlayan organdır. Yürüme organları bunun dışında traktörün ve traktöre monte edilen aletlerin ağırlığını taşımak, traktörle yol arasında yay ve sönümleme elemanı olarak çalışmak, tahrik veya fren kuvvetini zemine iletmek ve toprakla iyi bir bağlantı sağlayarak traktörün hareket doğrultusunu korumasını gerçekleştirmek gibi görevleri bulunmaktadır (Özemir, 1991).

Tekerlekli yürüme düzenlerinde başlangıçta çelik tekerlekler kullanılmıştır. Fakat çelik tekerleklerin çeşitli sakıncaları nedeni ile bugün traktörlerde çelik bir jant çevresine geçirilmiş ve içinde basınçlı hava bulunan lastik tekerlekler kullanılmaktadır. Lastik tekerlekler aşağıdaki üstünlükleri sağlamaktadır:

- 1-** Yumuşak oldukları için engebeli zeminlerde oluşan titreşimleri azaltmaktadırlar,
- 2-** Toprakla lastik tekerlek arasında oluşan deformasyonla daha iyi bir tutunma yeteneği sağlarlar,
- 3-** Yuvarlanma dirençleri azdır.

Lastikler buna karşılık ıslak zeminlerde aşırı patinaj yaptıklarından ve çelik tekerleklere kıyasla daha çabuk aşındıklarından sakıncalıdır. Bir lastik tekerlek çelik bir jant çevresine geçirilen iç ve dış lastikten meydana gelir. İç lastik ince çeperlidir ve basınçlı havayı taşıyarak dış lastiğin belirli bir biçimde kalmasını sağlar. Basınçlı hava tekerlekte bir çeşit yaylanma meydana getirir. Dış lastik çevresindeki tel örgü ile sağlamlaştırılmıştır. Ayrıca lastikte ana maddeyi meydana getiren kauçuk içinde doğal veya sentetik lif dokusu bulunur. Son zamanlarda iç lastiksiz tekerleklerde uygulamaya girmiştir. Bu tip tekerleklerde dış lastik hava sızdırmaması için bazı özelliklere sahiptir.

Lastiklerin yük taşıma yeteneği lastik ölçüsüne ve lastik hava basıncına bağlıdır. Genellikle tarım traktörlerindeki lastik basınçları 0,8-2 atm arasında değişir. Dümenleme tekerleklerinde tırnaklar çember şeklindedir ve ön tekerleklerin daha iyi dümenlenebilmelerini sağlar. Hareket tekerleklerinde ise yüksek tırnaklı lastikler kullanılır. Yüksek tırnaklı lastikler toprakta daha iyi tutunma sağlar. Genellikle tırnaklar bitişik değil açık yapılıdır, bu suretle tırnaklar arasının toprakla kapanması önlenir.

Lastik tekerleklerde patinaj, çevreye yerleştirilen çelik zincir veya paletlerle azaltılabilir. Özellikle ıslak zeminlerde bu tip düzenlere gereksinim bulunmaktadır.

4.3.5. Dümenleme ve Fren Düzenleri

Dümenleme düzeni, traktörün tekerlekleri üzerinden, yön değiştirmesini sağlayan düzendir. İyi bir dümenleme düzeni, traktörün yön değiştirmesini en büyük bir sapma ve en küçük bir dönme yarıçapı ile gerçekleştirmelidir. Direksiyona uygulanan kuvvet, direksiyonun dişli kutusu yardımıyla şiddetlendirilerek, kumanda çubukları üzerinden ön tekerleklere iletilmektedir.

Kumanda için gerekli kuvvetin oluşum biçimine göre dümenleme

düzenleri genel anlamda ikiye ayrılır. Bunlar:

- 1- Mekanik kumanda düzeni,
- 2- Hidrolik veya hidrostatik kumanda düzenleridir.

Mekanik kumanda düzeni yalnızca sürücünü kol kuvvetiyle çalışırken, hidrostatik kumanda düzenlerinde motor tarafından tahrik edilen bir yağ pompası yardımıyla hidrolik kuvvet iletimi gerçekleştirilmektedir.

Tekerlekli traktörlerde büyük çoğunlukla ön tekerlekten kumanda uygulamaları bulunmaktadır. Ön dingil traktöre sabit olarak bağlıdır. Bu dingilin her iki ucundaki düşey miller dingile yataklandırılmıştır. Düşey millerin yatay uçlarında ise tekerlekler bağlanmaktadır.

Frenleme, traktörün yavaşlatılması ve durdurulması için gereklidir. Frenlerin görevi, gerektiğinde traktör duruncaya kadar olmak üzere traktörlerin hızını azaltmak, durmakta olan traktörün kaymasını önlemek ve bireysel tekerlek frenlerinde olduğu gibi, elverişsiz arazi durumlarında, dar dönemeçlerin dönülmesini sağlamaktır.

Frenler kuvvet tekerleklerine etkilidir. Dönüşleri kolaylaştırmak için gerektiğinde fren pedalları ayrılarak tekerleklerle ayrı ayrı fren etkisi yapılabilir. Alçak hızla ani dönüşler yapabilmek için uygulanan bu sistem yüksek hızla hareket sırasında kullanılmaz. Aksi halde devrilmeye yol açar.

Traktör durduktan sonra el ile kumanda edilen park freni bulunur. Tarım traktörlerinde frenler genellikle mekanik düzenlerle çalışır ve ayak pedalı ile denetlenir.

4.4. Traktör Dengesini Etkileyen Kuvvetler

4.4.1. Statik Durumda Traktöre Etkili Kuvvetler

Bu durumda traktöre etkili kuvvetler arasında aşağıdaki ilişkiler yazılabilir (Şekil 4.9a);

Traktör ağırlığı:

$$G = G_{Sö} + G_{Sa} \quad (4.6)$$

şeklinde ön ve arka aks ağırlıkları toplamıdır. Statik durumda arka tekerleğin

toprağa temas (C) noktasına göre moment alınırsa:

$$G_{s\ddot{o}} \times X_1 - G \times X_2 = 0 \quad (4.7)$$

elde edilir. Bu eşitlikten ön tekerleğin statik ağırlığı ($G_{s\ddot{o}}$) çekilirse:

$$G_{s\ddot{o}} = \frac{(G \times X_2)}{X_1} \quad (4.8)$$

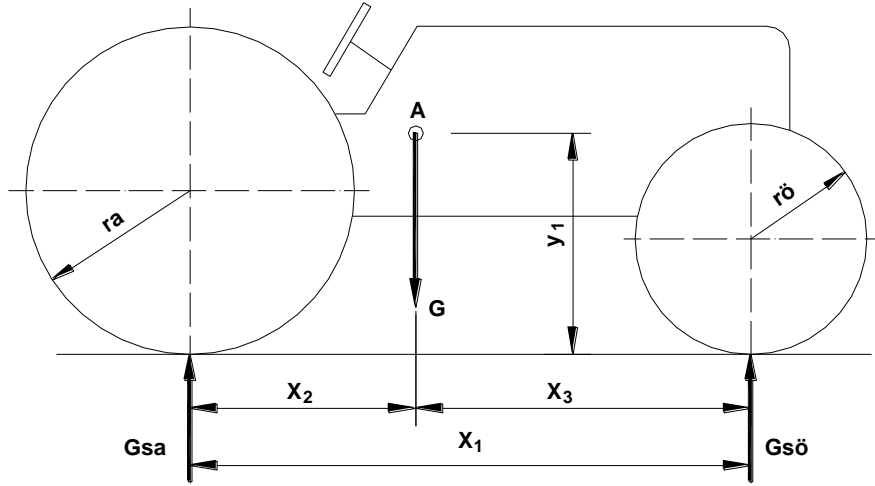
elde edilir. Bu eşitlikteki ön tekerleğin statik ağırlığı 4.6 eşitliğinde yerine konarak. arka statik ağırlık için düzenlenirse:

$$G_{sa} = G - G_{s\ddot{o}} = G - \frac{(G \times X_2)}{X_1} = G \times \frac{(X_1 - X_2)}{X_1} = \frac{(G \times X_3)}{X_1} \text{ ve}$$
$$G_{sa} = \frac{(G \times X_3)}{X_1} \quad (4.9)$$

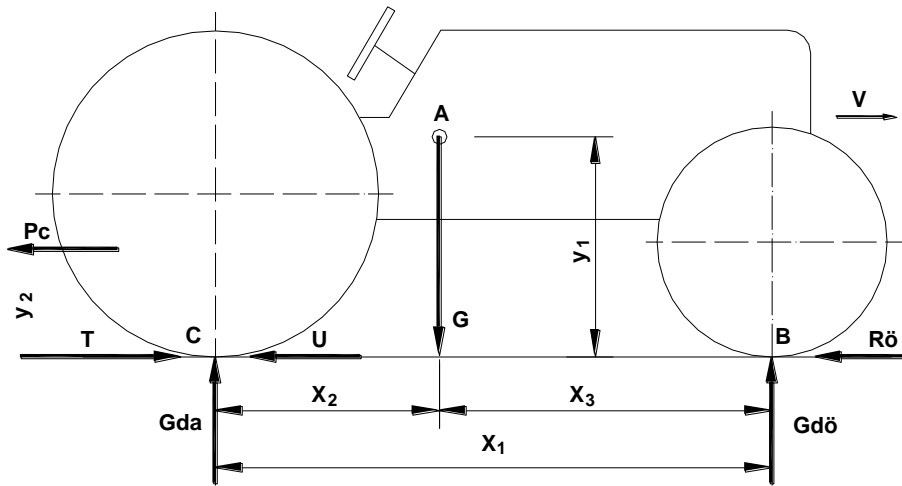
eşitliği elde edilir (Saral, 1984).

Şekil 4.9 'da da görüldüğü gibi eşitlikteki değerler:

- G : Toplam traktör ağırlığı (N),
- G_{sa} :Arka tekerleklere gelen statik toprak reaksiyonu veya statik arka ağırlık (N),
- $G_{s\ddot{o}}$:Ön tekerleklere gelen statik toprak reaksiyonu veya statik ön ağırlık (N),
- X1 :Akslar arası uzaklık (m),
- X2 :Ağırlık merkezinin arka aksa uzaklığı (m),
- X3 :Ağırlık merkezinin ön aksa uzaklığı (m)'dir.



(a)



(b)

Şekil 4.9. Yatay konumda traktöre etkili kuvvetler

4.4.2. Dinamik Durumda Traktöre Etkili Kuvvetler

Bu durumda traktör hareket etmekte ve bir çeki kuvveti geliştirmektedir (Şekil 4.9b). Çalışan bir motor tarafından üretilen moment, tekerleğe ulaşıncaya, tekerleğe teğet bir çevre kuvveti (U) yaratır. Bu çevre kuvveti (U), toprakta (T) gibi bir reaksiyon kuvveti doğurur. Bu kuvvet, traktörü hareket ettiren kuvvettir. Bu kuvvetin büyüklüğüne, motordan alınan momentle birlikte tekerleğin toprakla temas koşulları ve traktör ağırlığı etkilidir.

Bu kuvvet:

$$T = P_C + R_{\delta} \quad (4.10)$$

şeklinde yazılabilir (Tezer ve Sabancı, 1990).

Burada:

- T : Traktörün hareketini sağlayan çevresel toprak reaksiyon kuvveti (N),
P_C : Traktör çeki kuvveti (N),
R_δ : Ön tekerleklerin yuvarlanma direnci (N)'dir.

Dinamik durumda ağırlık:

$$G = G_{da} + G_{d\delta} \quad (4.11)$$

Şeklinde yazılabilir. Yine Yine (C) noktasına göre moment eşitliği yazılırsa,

$$G \times X_2 = G_{d\delta} \times X_1 + P_C \times Y_2 \quad (4.12)$$

elde edilir. Bu eşitlik, dinamik ön ağırlığa göre düzenlenirse:

$$G_{d\delta} = \frac{G \times X_2 - P_C \times Y_2}{X_1} = \frac{G_{s\delta} - (P_C \times Y_2)}{X_1} \quad (4.13)$$

eşitliği elde edilir. 4.11 nolu eşitlikten dinamik arka ağırlık çekilirse:

$$G_{da} = G - G_{d\delta} \quad (4.14)$$

elde edilir. Dinamik ön ağırlık yerine de 4.13 nolu eşitlikteki değeri yazılırsa:

$$G_{da} = G - \left(\frac{G_{sö} - (P_{ç} \times Y_2)}{X_1} \right) \quad (4.15)$$

Veya

$$G_{da} = G_{sa} + \frac{(P_{ç} \times Y_2)}{X_1} \quad (4.16)$$

elde edilir.

Şekil 4.9b'de görüldüğü gibi eşitliklerde:

- G : Toplam ağırlık (N),
- G_{da} : Dinamik arka aks ağırlığı (N),
- $G_{dö}$: Dinamik ön aks ağırlığı (N),
- $P_{ç}$: Traktör çeki kuvveti (N),
- X_1 : Akslar arası uzaklık (m),
- X_2 : Ağırlık merkezinin arka aksa uzaklığı (m),
- X_3 : Ağırlık merkezinin ön aksa uzaklığı (m),
- Y_1 : Ağırlık merkezinin yüksekliği (m),
- Y_2 : Çeki kuvvetinin yüksekliği (m),
- C : Arka tekerleğin toprakla temas noktasıdır.

Eşitlik 4.13 veya 4.16 dikkate alınırsa dinamik durumda ön tekerlek toprak reaksiyonlarında, statik ağırlığa göre:

$$\frac{P_{ç} \times Y_2}{X_1} \quad (4.17)$$

kadar bir kuvvet azalmakta, arka tekerleğe ise aynı miktarda bir kuvvet eklenmektedir. 4.13 nolu eşitlikte:

$$G_{dö} = G_{sö} - \frac{(P_{ç} \times Y_2)}{X_1} \quad (4.18)$$

Ön tekerlek ağırlığından azalacak kuvvet, maksimum statik ön ağırlık kadardır.

$$G_{S\ddot{o}} = \frac{(P_{\zeta} \times \gamma_2)}{X_1} \quad (4.19)$$

Bu azalma daha da artınca, traktör ön tekerleklerden arkaya doğru dönerek şahlanma denen olaya neden olur. Bu nedenle traktör dengesinin bozulmaması için:

$$P_{\zeta} \leq \frac{(G_{S\ddot{o}} \times X_1)}{\gamma_2} \quad (4.20)$$

koşulunun sağlanması gereklidir.

Dinamik durumdaki bir traktörde, şekillerde yer almayan aşağıdaki ilişkiler yazılabilir.

$$T = U = P_{\zeta} + R \quad (4.21)$$

Burada;

$$T = G \times k \quad (4.22)$$

$$R = R_{\ddot{o}} + R_a = G \times f \quad (4.23)$$

ilişkileri vardır.

Eşitliklerde:

- U : Motordan tekerleklere gelen çevre kuvveti (N),
- R : Traktörün hareketi için gerekli, çevre kuvvetine toprak reaksiyonu olarak oluşan kuvvet (N),
- k : Tutunma katsayısı,
- f : Tekerlek yuvarlanma direnci katsayısıdır.

4.4.3. Eğimli Arazide Traktöre Etkili Kuvvetler

Eğimli yüzeylerde traktör dengeliliğinin sağlanması, düz yüzeylere kıyasla şüphesiz daha güçtür. Eğimli yüzeylerde denge boyuna ve enine olmak üzere iki konumda incelenir (Şekil 4.10).

Eğimli Arazide Traktörün Boyuna Dengeliliği

Şekil 4.10a'da görüldüğü gibi (G) ağırlığının yatay bileşeni (G_x) traktörü devirmeye, düşey bileşen i (G_N) ise traktörü toprak yüzeyine bastırmaya çalışır. Diğer taraftan (P_c) çeki kuvveti de traktörün arkaya devrilmesinde etkili diğer bir kuvvettir. Kuvvetler arası ilişkiler aşağıdaki gibi yazılabilir.

Ağırlığın yatay bileşeni :

$$G_x = G \times \sin \alpha \quad (4.24)$$

eşitliği ile gösterilebilir.

Eşitlikte:

G :Traktör ağırlığı (N),

a :Eğim açısı ($^\circ$) dir.

%20 eğime kadar: $\sin \alpha = \text{tga}$ alınabilir. (tga) arazinin eğim yüzdeliğini gösterir. Örneğin, %20 eğimde:

$$\text{tga} = 0.20 \text{ 'dir.}$$

Eğim oranı (m) ile gösterilirse, yatay ağırlık bileşeni:

$$G_x = G \times \sin \alpha = G \times \text{tg} \alpha = G \times m \quad (4.25)$$

şeklinde yazılabilir.

Traktörün boyuna dengesi için:

$$\text{tga} < \frac{X_2}{Y_1} \quad (4.26)$$

veya

$$X < X_1 - X_3 = X_2 \quad (4.27)$$

koşulları sağlanmalıdır.

Eğimli Arazide Traktörün Enine Dengeliliği

Şekil 4.10b'de görüldüğü gibi, ağırlığın yatay bileşeni (G_z) traktörü yana devirmeye çalışırken. düşey bileşen (G_N) toprağa bastırmaya

çalışacaktır. Yatay bileşen, düşey bileşen büyüklüğünü aştığı zaman traktör devrilir. Traktörün dengeli çalışması için:

$$\text{tg } \alpha < \frac{e}{2y_1} < \frac{e}{2y_2} \quad (4.28)$$

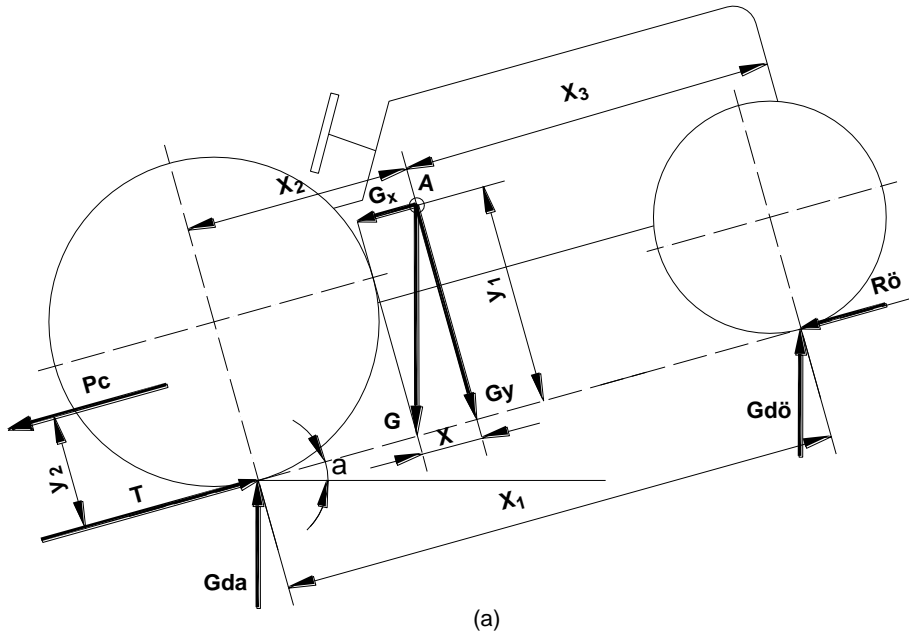
veya

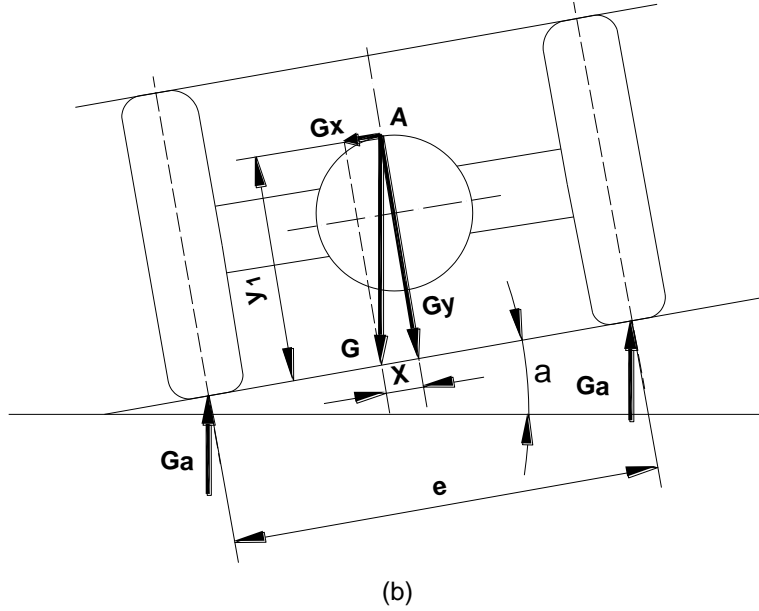
$$Z < \frac{e}{2} \quad (4.29)$$

koşullarının sağlanması gereklidir.

Eşitliklerde:

- e :Traktör iz genişliği (m),
- Z :Traktör ağırlık merkezi bileşkesi ile düşey bileşen arasındaki uzaklık (m)' dir.





Şekil 4.10. Eğimli yüzeylerde traktöre etkili kuvvetler

4.5. Traktörde Güç ve Verim

Bir tarım işletmesinde traktör, çok değişik yük, hız ve ortam koşullarında çalışır. Bu nedenle hareketli araçlar içinde tarım traktörünün yapısal özellikleri diğerlerinden önemli farklılıklar gösterir, bu farklılıklar, traktörlerde yakıtla verilen enerjinin, tarım iş makinesine ulaşmaya kadar izlediği kademelerle açıklanabilir.

Bilindiği gibi motora enerji yakıtla sağlanmaktadır. Bu enerjinin sağladığı güç, yakıt gücü (N_y) olarak adlandırılır. Motor aldığı enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürecek volanda efektif motor gücü (N_e) elde edilir. Bu güç, transmisyon kayıpları ile aksda, aks gücü (N_a) ve kuyruk milinde, kuyruk mili gücü (N_{km}) oluşur. Kuyruk mili gücü, olduğu gibi iş makinesine iletilebildiği; halde, aks gücü olduğu gibi çeki gücüne (N_c)'ne dönüştürülemez. Aks gücünün bir kısmı; çeki gücü (N_c). bir kısmı traktörün hareket direnci (N_{hd}) ve bir kısmı da patinajla (N_{pat}) kaybolur (Şekil 4.11).

Aşağıda sırasıyla traktörlerin bu güç ilişkileri incelenmektedir.

4.5.1. Motor Yakıt Gücü (N_y)

Traktör motoruna yakıtla sağlanan güç :

$$N_y = \frac{B \times H}{3600} \quad (4.30)$$

eşitliği ile saptanır.

Eşitlikte;

- N_y : Motor yakıt gücü (kW),
 B : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h) ve
 H : Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)'dir.

4.5.2. Effektiv Motor Gücü (N_e)

Bir traktör motorundan alınan güç:

$$N_e = \frac{(M_d \times W)}{1000} \quad (4.31)$$

eşitliği ile gösterilir.

Eşitlikte;

- N_e : Effektiv (ölçülen) motor gücü (kW),
 M_d : Motor krank milindeki rölndürme momenti (Nm),
 W : Açısal hız (san^{-1})'dir.

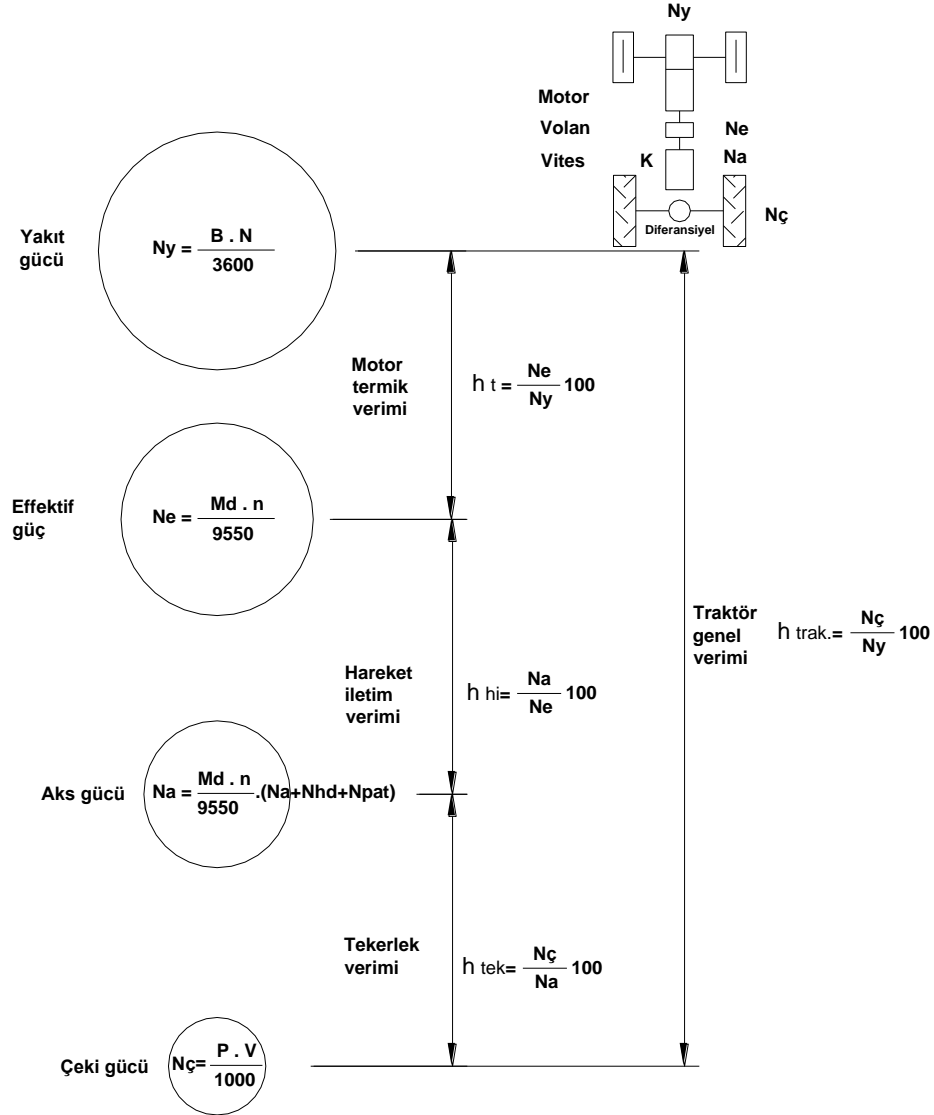
Yukarıdaki eşiklikle açısal hız değeri için:

$$W = \frac{V}{r} = \frac{(2\pi \times N \times r) / 60}{r} = \frac{2\pi \times n}{60} \quad (4.32)$$

$$W = \frac{2\pi \times n}{60} = 0,10472 \text{ yerine konulursa,}$$

$$N_e = \frac{(M_d \times n)}{9550} \quad (4.33)$$

eşitliği elde edilir. Eşitliklerde V çizgisel hız, r yarıçap, n ise motor milinin dakikadaki dönme sayısıdır (d^{-1}).



Şekil 4.11. Traktörlerde güç ve verim ilişkileri

4.5.3. Kuyruk Mili Gücü (N_{km})

Traktörlerde motor ve hareket iletim organlarının özelliklerinin değerlendirilmesinde daha çok kuyruk miligücü kullanılır. Diğer taraftan traktörün iş makinelerine döner hareket halinde güç sağlamak için kuyruk mili

kullanılır.

Kuyruk mili gücü:

$$N_{km} = \frac{(M_k \times n)}{9550} \quad (4.34)$$

eşitliği ile saptanır.

Eşitlikte:

N_{km} :Kuyruk mili gücü (kW),

M_k :Kuyruk mili momenti (Nm),

n :Kuyruk mili hızı (d^{-1})'dir.

4.5.4. Aks Gücü (N_a)

Traktörde kuvvet tekerleklerinin (motor enerjisinin verildiği) bağlı olduğu aksa gelen güç, aks gücüdür. Bu güç:

$$N_a = N_{\zeta} + N_{hd} + N_{pat} \quad (4.35)$$

eşitliği ile gösterilen 3 değişik güç miktarı toplamıdır.

Eşitlikte;

N_a :Aks gücü (kW),

N_{ζ} :Çeki gücü (kW),

N_{hd} :Hareket direnci (kW),

N_{pat} :Patinajla kaybolan güç (kW) dir.

Aşağıda sırasıyla bu güç özellikleri incelenmektedir.

4.5.5. Çeki Gücü (N_{ζ})

Traktör çeki kancası ve üç nokta bağlantı düzeni ile, çekilen ve asılan tarım makinelerine güç sağlayan organdır. Bu organ aracılığı ile sağlanan güç, çeki gücü olarak anılır ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$N_G = \frac{(P_G \times V)}{1000} \quad (4.36)$$

eşitliği ile saptanır. Eşitlikte:

- N_G :Traktör çeki gücü (kW),
 P_G :Traktör çeki kuvveti (N),
 V :Traktör ilerleme hızı (m/s) dir.

Traktör Hareket Direnci Gücü (N_{hd})

Traktörün kendi hareketinin sağlanması için gerekli güç, traktör hareket direnci olarak adlandırılır, düz ve eğimli yüzeylerde olmak üzere iki değişik koşulda ayrı boyutlara sahiptir. Düz arazide hareket direnci için güç (Tezer ve Sabancı, 1990);

$$N_{hdd} = \frac{R \times V}{1000} = \frac{(R_a + R_ö) \times V}{1000} = \frac{G \times f \times V}{1000} \quad (4.37)$$

eşitliği ile gösterilir.

Eşitlikte;

- N_{hdd} :Düz arazide hareket direnci için gerekli güç (kW),
 R :Traktör hareket direnci (N),
 V :Traktör ilerleme hızı (m/s),
 R_a :Arka tekerlek hareket direnci (N),
 $R_ö$:Ön tekerlekler hareket direnci (N),
 G :Traktör ağırlığı (N),
 f :Tekerlek yuvarlanma direnci katsayısı

Eğimli arazide hareket direnci için güç, eğimli yüzeyden dolayı ortaya çıkan güçtür. Bu güç eğim açısına bağlı olarak:

$$N_{hde} = \frac{(R + G_x) \times V}{1000} = \frac{G \times (f \times \cos \alpha \pm \sin \alpha) \times V}{1000} \quad (4.38)$$

eşitliği ile saptanır.

Yukarıdaki eşitlikte:

$$R = G_y \times f$$

$$R = G_y \cdot f$$

$$G_x = G \times \sin \alpha$$

G= Traktör ağırlığı (N),

α =Eğim açısı (°)

V=ilerleme hızı (m/s)'dir.

f= Tekerlek yuvarlanma direnci katsayısıdır.

Çizelge 4.1. Yuvarlanma Direnci Katsayıları (Kadayıfçılar, 1969)

Yüzey Şekli	f, %
Beton	1,5
Tarla yolu	4
Çayır	5
Anız	5-15
Kumlu toprak	15-30

$$\delta = \frac{(L_0 - L)}{L_0} \times 100 \quad (4.39)$$

$$\delta = \frac{(V_0 - V)}{V_0} \times 100 \quad (4.40)$$

eşitlikleriyle saptanır.

Eşitliklerde:

δ :Kayma oranı (%),

L_0 :Patinajsız alınması gerekli yol (m),

L :Patinajlı alınan yol (m),

V_0 :Teorik hız (tekerlek çevre hızı (m/s),

V : Gerçek hız (m/s)'dir.

Buna göre kayma veya patinajla kaybolan güç:

$$N_{pat} = \frac{T \times V_k}{1000} = \frac{T \times \frac{(V_0 - V)}{V_0}}{1000} \quad (4.41)$$

eşitlikleriyle gösterilir.

Eşitlikte:

V_k :Patinaj hızı (m/s),

T :Tekerleğe etkili çevresel toprak reaksiyon kuvveti (N)'dir.

Patinajın toprak yüzeyinin özelliklerine göre belirli sınırlar içinde tutulması gereklidir. Toprak koşulu ne olursa olsun %20'den fazla patinaj; tekerlek lastiklerinde aşırı aşınma, yakıt tüketiminde artış ve iş veriminde azalma gibi olumsuz olaylara neden olduğu için istenmez. Uygulamada patinajın azaltılıp, çeki kuvvetinin artışı için ek ağırlık ile ek tekerlek veya palet uygulamaları yapılmaktadır.

4.5.6. Traktörlerde Verim

Yukarıda açıklanan güç değerleri arasında, traktörün iş başarısını gösteren değişik verim değerleri yazılabilir.

Motor Verimi:

$$\eta_{\text{mot}} = \frac{N_e}{N_y} \times 100 \quad (4.42)$$

Transmisyon Verimi:

$$\eta_{\text{hi}} = \frac{N_G}{N_e} \times 100 \quad (4.43)$$

Mekanik Verim:

$$\eta_{\text{mek}} = \frac{N_m}{N_e} \times 100 \quad (4.44)$$

Tekerlek Verimi:

$$\eta_{\text{tek}} = \frac{N_G}{N_a} \times 100 \quad (4.45)$$

Traktör Genel Verimi:

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{N_G}{N_y} \times 100 \quad (4.46)$$

eşitlikleriyle gösterilebilir. Eşitliklerde:

- N_e :Effektif motor gücü (kW),
 N_y :Yakıt gücü (kW),
 $N_ç$:Traktör çeki gücü (kW),
 N_a :Traktör aks gücü (kW)'dür.

4.6.Traktör İş Makinesi ilişkileri

Tarım traktörü ile yapılan işlerde traktör ile makine arasındaki ilişkiler, işin şekline göre incelenebilir (Culpin, 1981;Alcock, 1986). Traktörle yapılacak işleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür. Bunlar:

- 1- Çeki işleri,
 - a- Çekilen aletle,
 - b- Asılan aletle,
 - arkada,
 - arada,
 - önde.
- 2- Kuyruk mili işleri,
- 3- Kasnak işleri,
- 4- Hidrolik sistemle yapılan işler şeklinde özetlenebilir.

4.6.1.Çekilen Tarım Makineleri

Çekilen makine ile çalışmada makinenin çeki oku, traktörün çeki kancasına takılır. Çekilen makinenin bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ✓ Asılan makinenin daha ağırdır, yuvarlanma direnci büyüktür,
- ✓ Çalışma sırasında dengeli bir rejim sağlamak için traktör ile makine arasındaki bağlantı yatay ve düşey düzlemde tam olmalıdır,
- ✓ Geri hareket zor ve kısa mesafede dönme olanağı yoktur,
- ✓ Traktöre bağlanmaları kolaydır, gücü yeterli olan her traktöre bağlanabilirler,
- ✓ Makine ile traktör arasında bir noktada bağlantı olduğundan, tarlada çalışma iyi bir ayar için daha dengelidir.

4.6.2.Asılan Tarım Makineleri

Asılan tarım makineleri traktöre bağlı bir parça durumundadır. Makinenin işleme derinliği, kaldırma sistemi ile ayarlanır. Bu tarım makinelerinde ağırlık, genellikle çekilen makinelere kıyasla daha azdır. Çalışma sırasında makine ağırlığının bir kısmı traktöre kaydığı için traktörün çeki yeteneği olumlu yönde etkilenir (Smith and Wilkes, 1977).

Tarım traktörlerinde asılan makine, traktörün genellikle, arkasına asılır, fakat bazı tiplerde araya ve öne asılan makineler de kullanılmaktadır. Arkadan asma sisteminde genellikle 3 nokta askı düzeni uygulanmaktadır. Bu durumda makine traktör üzerine üç noktadan bağlanır. Alt noktalar traktör üzerinde sağ ve sol olmak üzere iki tanedir, üçüncü nokta yukarıda bulunur. Asılan ve çekilen tarım makineleri ile çalışmadaki sakıncaları azaltmak ve üstün tarafları bir araya getirmek amacı ile yarı-asma adı verilen düzenlemeler kullanılır. Bu düzenlemede makine ağırlığının bir bölümü traktöre verilmiştir, diğer bölümü aletin kendi tekerleklerince taşınmaktadır.

4.6.3.Kuyruk Mili ve Kasnak ile Çalışan Makineler

Çeşitli tarım makineleri traktörle çekilirken çeki gücüne ek olarak makine üzerindeki organların güç ihtiyacı da kuyruk mili ile sağlanır. Sabit durarak çalışan tarım makinelerinde ise kuyruk milinden başka traktörün kasnağından yararlanılmaktadır. Kuyruk mili ile tarlada toprak frezesi, çayır biçme makinesi, çekilir biçer döver gibi makinelere hareket verilebilir. Sabit işlerde ise sulama pompası, yem değirmeni, harman makinesi gibi makinelere güç verebilir.

Kuyruk mili kamalı bir mildir, hareket yönü, traktörün gerisinden bakıldığında saat yönündedir. Kuyruk mili dönme sayısı standart olarak 540 d/d'dir. Bu hıza uygun motor hızı genellikle traktörün çalışma saati üzerinde işaretlenmiştir.

Traktör kasnağı genellikle traktörün arka tarafında bulunur. Kasnak hareketini kuyruk milinden alır. Kasnakta çevre hızı 13-16 m/s arasındadır.

Çeşitli tarımsal işlemlerin traktörün yetenekleri ile ilişkisi Çizelge 4.2'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, pulluklarla yapılan toprak işleme, diğer

tarımsal işlemlerden daha fazla çeki gücüne ihtiyaç göstermektedir. Kuyruk mili gücü incelendiğinde; toprak frezesi, ot kıyıcı ve biçerdöverle çalışmada yüksek güçler gerektiği görülmektedir.

Çizelge 4.2. Çeşitli Tarımsal İşlemler İçin Traktör Nitelikleri

İşlem	Güç Tipi						Traktöre Bağlantı	
	Çeki Gücü			Kuyruk Mili Gücü			çekilir	asılır
	az	orta	çok	az	orta	çok		
Pullukla İşleme			✓				✓	✓
Toprak Frezesi	✓					✓		✓
Ekim	✓						✓	✓
Çapalama		✓						✓
Pülverizatör	✓				✓		✓	✓
Ot Hasadı	✓		✓					✓
Ot Tırmıklama	✓		✓				✓	✓
Balyalama	✓				✓		✓	
Ot kıyma		✓				✓	✓	✓
Biçer-bağlar hasat	✓				✓			
Biçerdöver		✓				✓		
Pamuk Hasadı		✓				✓		

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1) Kullanma koşullarına göre bir traktör için en önemli özellikler nelerdir?
- 2) Kuvvet makinelerinin bulunmasından bu yana en önemli gelişim basamaklarını yazınız.
- 3) Bir tarım traktörünün parçalarını temel organlar ve bunların fonksiyonlarını dikkate alarak hangi bölümlerden oluştuğunu yazınız.
- 4) Traktör enerjisinin iş makinelerine iletimini sağlayan organlar nelerdir?
- 5) Tarım traktörlerini: a) Motor tipine göre, b) Yürüme düzenine göre, c) Kullanma alanına göre, d) Sağladığı güce göre şekil ile sınıflandırınız.
- 6) Tekerlekli traktörlerle paletli traktörleri genel özellikleri açısından kıyaslayınız.
- 7) Traktörlerde güç iletim organları nelerdir? Her birisinin temel görevlerini açıklayınız.
- 8) Hareket iletim organlarından diferansiyel olmasaydı traktörde ne gibi sorunlar ortaya çıkardı?
- 9) Traktörün statik ve dinamik dengesine etkili kuvvetler nelerdir? Bu kuvvetler arasındaki ilişkiyi eşitliklerle belirtiniz.
- 10) Bir traktörde; efektif güç, aks gücü, çeki gücü ne demektir? Eşitliklerle ve birimleriyle açıklayınız.
- 11) Patinaj nedir? Patinajın olumsuzlukları nelerdir? Patinajı azaltma yöntemleri nelerdir?
- 12) Bir tarım traktörü ile hangi tarımsal işler yapılmaktadır? Bu işler içerisinde hangisi traktörden en fazla güç istemektedir?
- 13) Traktörle çalıştırılan çekilir tip bir pancar hasat makinesinin hareketli organlarını çalıştırmak için gerekli moment 540 d/d da 60 Nm'dir. Bu makine için gerekli kuyruk mili gücü nedir?
- 14) 35 kW gücündeki bir tarım traktörünün transmisyona verimi (genel verimi) %90 olduğuna göre transmisyonda ortaya çıkan kayıp gücü nedir?

KAYNAKLAR

- ALCOCK, R., 1986.** Tractor-Implement Systems. AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut. 161 pp.
- BUTTERWORTH, B., 1984.** Farm Tractors. Eand F.N. Spon, London. 149 pp.
- CULPIN, C., 1981.** Farm Machinery. Granada Publishing Limited. London. 450 pp.
- DİNÇER, H., 1981.** Tarımsal Kuvvet Makinaları. Ankara Üniversitesi. Zir. Fak. Yayınları: 751, Ders Kitabı: 217, Ankara. 286 s.
- GOERING, C.E., 1989.** Engine and Tractor Power. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, USA. 404 pp.
- JONES, F.R. AND ALDRED. W.H., 1989.** Farm Power and Tractors. McGraw-Hill Book Company, New York. 466 pp.
- KADAYIFÇILAR, S., 1969.** Ziraat Traktörleri (I). Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 359, Ders Kitabı: 123, Ankara. 380 s.
- KESKİN, R. VE ERDOĞAN, D., 1984.** Tarımsal Mekanizasyon. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları: 927, Yardımcı Ders Kitabı No : 262, Ankara. 325 sayfa.
- ÖZEMİR, Y., 1991.** Traktörler. T.C. İstanbul Teknik Üniversitesi, Kütüphanesi, Sayı:1449. 244 sayfa.
- SABANCI, A., 1990/b.** Tarım Traktörleri. Ç.Ü. Zir. Fak. Ders Kitabı No : 75, Adana. 170 sayfa.
- SARAL, A., 1984.** Tarım Traktörleri. Ankara Üniversitesi, Zir. Fak. Yayınları: 948, Ders Kitabı: 271, Ankara. 200 sayfa.
- SMITH, A.E., 1988.** Farm Machinery and Equipment. Tata McGraw-Hill Publishing Comp. Ltd. New Delhi. 455 pp.
- STONE, A.A. AND GULVIN, H.E., 1967.** Machines For Power Farming. John Wiley and Sons, Inc. New York. 559 pp.
- TEZER, E., A. SABANCI, 1990.** Tarımsal Mekanizasyon I. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No : 33, Adana. 138 sayfa.
- ULJEDAHL, J.B., 1989.** Tractors and Their Power Units. Avi Publication, New

York. 463 pp.

WITNEY, B., 1988. Choosing and Using Farm Machines. Longman Scientific and Technical Copublished in the United States with John Wiley and Sons, Inc.. New York. 421 pp.

5. TARIMSAL MEKANİZASYON İŞLETMECİLİĞİ

5.1. Genel

Günümüz koşullarında tarımsal üretimde amaçlanan, kaliteli, çevreye ve insan sağlığına duyarlı, yüksek getirili bir şekilde üretim yapmak ve üretimin sürdürülebilirliğini sağlamaktır. Yapısal farklılıkları ve kullanılan kaynakların çeşitliliği nedeniyle başarılı bir şekilde tarımsal üretim yapılabilmesi çok sayıda faktörün işletme koşullarında en iyilenmesiyle mümkündür. Üretim esaslarının ve buna bağlı seçimlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi, tarımsal üretimdeki risk etmenlerinin çok iyi bilinmesiyle yakından ilişkilidir. Tarımsal üretimde risk kaynakları, genel anlamda beş temel başlık altında incelenebilir (Peng, 1997). Bunlar;

- ✓ Üretim ve teknik riskler,
- ✓ Pazar ve fiyat riskleri,
- ✓ Teknolojik riskler,
- ✓ Yasal ve sosyal riskler,
- ✓ İnsan kaynağı riskleridir.

Üretim ve teknik riskler, kontrol altına alınamayan doğal nedenlere (*iklimsel faktörler, hastalık etmenleri vb*) bağlı olarak ürün veriminde oluşacak farklılıklarla ilişkilidir.

Pazar ve fiyat riskleri, yıldan yıla değişen ürün fiyatları ve pazar bulmadaki sıkıntılarla açıklanabilecek, özellikle dışa açık piyasalarda tüm üretim aktörlerinin ortak hareket alanında oluşan ve kontrol edilmesi güç değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Genel ekonomik yapıdaki istikrarsızlıkla ilişkili olan bu risk faktörünün olumsuz etkisi çoğu ülkelerde desteklemelerle azaltılmaya çalışılmaktadır.

Teknolojik risk, özellikle bilgi teknolojileri çağının ağırlıklı yaşandığı günümüzde, üretici yatırım mallarının, kısa sürede yeni teknolojik gelişmelerin etkisiyle üretim üzerindeki etkinliğinin azalmasıyla açıklanabilir. Tarım işletmesine yeni teknoloji transferi gelecekte beklenen üretim getirilerinin azalmasına neden olmaktadır.

Yasal ve sosyal risk, işletme dışı sermayeye olan bağıllık ile hükümetlerin destekleme politikalarında oluşabilecek olumsuz değişimlerle ilişkilidir. Özellikle gelişmiş ülkelerde insana ve çevreye duyarlı olmayan üretim koşullarından doğacak maddi kayıplar ve cezai yükümlülüklerde yasal ve sosyal risk grubunda değerlendirilmektedir.

İnsan kaynağı riskleri, işgücü güvenilirliği, işletme içerisindeki performans, yönetimle eşgüdümlü çalışma yeteneği ve sağlık durumundan kaynaklanan ve zamanlı işlerin tamamlanmasındaki aksaklıklar şeklinde özetlenebilir.

Özetlenen risklerle de ilişkili olarak, önemli bir tarımsal üretim teknolojisi olan ve literatürde bildirildiğine göre toplam işletme giderleri içerisinde ortalama %30-50 arasında gider yüküne neden olan tarımsal mekanizasyon uygulamalarının bilimsel esaslarla işletme koşulları dikkate alınarak en iyilenmesi zorunluluktur (Edwards ve Boehlje, 1980; Kay, 1981; Chen, 1986). Tarımsal mekanizasyon uygulamalarına ilişkin yatırım ve işletme giderlerinin toplamı, genellikle arazi ve bina giderlerinden sonra en büyük gider bileşenidir. Tarımsal işletmelerde tarımsal mekanizasyon gider yükünün hedeflenen üretim için en alt düzeyde tutulabilmesi, konuyla ilgili yapılacak hesaplamaların ve verilecek kararların doğru olmasıyla ilişkilidir. Hesaplamaların ve kararların tümü bir dizi teknik seçimin bir sonucu olacaktır. Sonuçta. Verilecek kararlar için mekanizasyon sistemini oluşturan 4 unsur dikkate alınmalıdır (Sındır, 1999). Bu unsurlar;

- ✓ alet veya makina,
- ✓ güç kaynağı (özellikle traktör),
- ✓ İnsan ve
- ✓ zamandır.

İzleyen bölümde bu unsurlar, mekanizasyon işletmeciliği penceresinden belirli bir çerçeve içerisinde değerlendirilecektir.

5.2. İşletme Özellikleri ve Mekanizasyon Uygulamalarının Genel Değerlendirilmesi

Mekanizasyon uygulamalarından etkin şekilde yararlanılabilmesi, işletme özelliklerinin dikkate alınarak, işletmecilikle ilgili verilecek her türlü kararın birbiriyle uyumlu bir şekilde olmasına bağlıdır. Bu tür bir değerlendirme ise en azından tarımsal mekanizasyon işletmeciliği temel bilgilerine sahip işletmeciler tarafından yapılabilir.

İşletmeci, işletmede mevcut makinaların kullanım etkinliğini arttırarak makine giderlerinin azalması ve işletme özelliklerine uygun makine (veya makine seti) seçimiyle işletmenin karlılığında önemli bir etkiye sahiptir. İşletme özelliklerine uygun makine ve traktör gücünün seçimi, finansal etkileri uzun süreli olacağından, işletmenin geleceği açısından son derece önemlidir. Konu tarımsal mekanizasyon varlığı ve organizasyonu olduğunda, işletme özellikleriyle anlatılmak istenen genel hatlarıyla birbiriyle ilişkili olan aşağıdaki etkenlerdir (Işık, 1987).

- 1) Üretim alanı,
- 2) Ürün deseni ve
- 3) İş gücü varlığı

İşletmenin üretim alanı, toprak verimliliği başta olmak üzere, şekilsel yapı, alan büyüklüğü ve parsel sayısı gibi değişkenlerle incelenmektedir. Örneğin dikdörtgen ve dikdörtgene yakın şekle sahip alanlarda (*en ile boy arasında belirli bir oran olan geometrik şekil*) mekanizasyon uygulamalarının şekilsiz alanlara kıyasla daha etkin yürütülebildiği bilinmektedir. Şekilli alanlarda dönüş sayılarının ve boşta hareketlerin azalması ile tarla etkinliği artacaktır. Parsel şekli ve boyutları kadar, toprak yapısı ve eğim de mekanizasyon uygulamalarının etkinliğinin belirlenmesinde dikkate alınması gereken diğer etkenlerdir. Bu konu izleyen bölümde tarla etkinliği başlığı altında daha detaylı incelenmiştir.

Tarım makinalarının kapasitelerinin ve kuvvet kaynağının büyüklüğünün belirlenmesinde, ürün deseninin ve yürütülecek tarımsal işlemlerin bilinmesi başlangıç aşamalarından birisidir. Herhangi bir işletmede yetiştirilecek ürünlerin çeşitliliği; toprak özellikleri, iklimsel değişkenler ve yıl boyunca karakteristiği ile sulama olanakları başta olmak üzere bir çok faktörün etkisi altındadır. Sayılan faktörler etkisiyle, yıl boyunca tek bir ürünün yetiştirilebilmesi mümkün olabileceği gibi, birden fazla ürünün

yetiştirilmesi de söz konusu olabilecektir. Ürün deseninin bu şekilde farklılaşması, mekanizasyon uygulamalarının düzeyi ve organizasyonunu da etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle, bir ürünün yetiştirilmesi aşamasında uygulanacak tarımsal işlemler, işletmede bulunması gereken alet-makinalara ait genel özelliklerin neler olması gerektiği konusunda başlangıç noktasıdır. Örnek oluşturması açısından, Çizelge 5.1'de pamuk üretimi (*sulu tarım*), Çizelge 5.2'de ise buğday üretimi için gerekli tarımsal işlemler, mekanizasyon uygulamaları ekseninde ve Çukurova bölgesi örneğinde verilmiştir (Işık, 1988).

Çizelge 5.1. Sulu Pamuk Üretiminde Uygulanan Üretim İşlemleri, Kullanılan Tarım Makinaları ve Yıllık Ortalama İşlem Sayıları

İşlem	Kullanılan Makina	Ortalama İşlem Sayısı
<i>Sonbahar Toprak Hazırlığı</i>		
ön bitki artıklarını parçalama	sapkese	1
birincil toprak işleme	kulaklı pulluk	1
taban taşı kırma	dipkazan veya çizel	3 yılda bir
ikincil toprak işleme	goble diskaro, kültüvator	2
<i>İlkbahar Toprak Hazırlığı</i>		
toprak işleme	diskli tırmık, kültüvator	2
taban gübresi uygulama	santrifüj gübre dağ. mak.	1
toprak bastırma	Tapan	4
<i>Ekim</i>	üniversal ekim mak.	1
<i>Bakım İşlemleri</i>		
tava yapımı	dolaplı sırt yapma mak.	1
çalama	çapa kültüvatorü	6
seyreltme	el ile	1
üst gübre uygulaması	gübreli ara çapa mak.	1
sulama	-	-
ilaçlama	tarla pülverizatörü	3
sulama kanalı açma	tesviye küreği	3
<i>Hasat</i>	pamuk hasat mak.	2

Çizelge 5.2. Kuru Koşullarda Buğday Üretiminde Uygulanan Üretim İşlemleri, Kullanılan Tarım Makinaları ve Yıllık Ortalama İşlem Sayıları

İşlem	Kullanılan Makina	Ortalama İşlem Sayısı
ön bitki artıklarını parçalama	sapkese	1
toprak işleme	goble diskaro	2
taban gübresi uygulama	santrifüj gübre dağ. mak.	1
ekim	kombine tahıl ek. mak.	1
toprak bastırma	tapan	1
üst gübre uygulaması	santrifüj gübre dağ. mak.	3
hasat	biçerdöver	1

Bir işletmede işgücü planlaması, üretim faaliyetlerinin etkin yürütülebilmesi ve başarılı bir üretim için son derece önemlidir. Özellikle teknik bilgi ve beceri gerektiren mekanizasyon uygulamalarının eksiksiz yürütülebilmesi, traktör ve tarım makinaları konusunda bilgili ve tecrübeli işgücünün varlığıyla doğrudan ilişkilidir. Kullanılacak her türlü mekanizasyon aleti için gerekli ayarların yapılması, arazi üzerinde oluşacak bir takım aksaklıklarının giderilebilmesi ve bakım işlemlerinin yürütülmesi için işletme bünyesinde yeterli işgücü varlığı sayısal ve niteliksel anlamında bulundurulmalıdır. Herhangi bir ürünün yetiştirilme periyodunda işgücü gereksiniminin planlanmasında dikkat edilecek temel noktalar aşağıda sıralanmıştır;

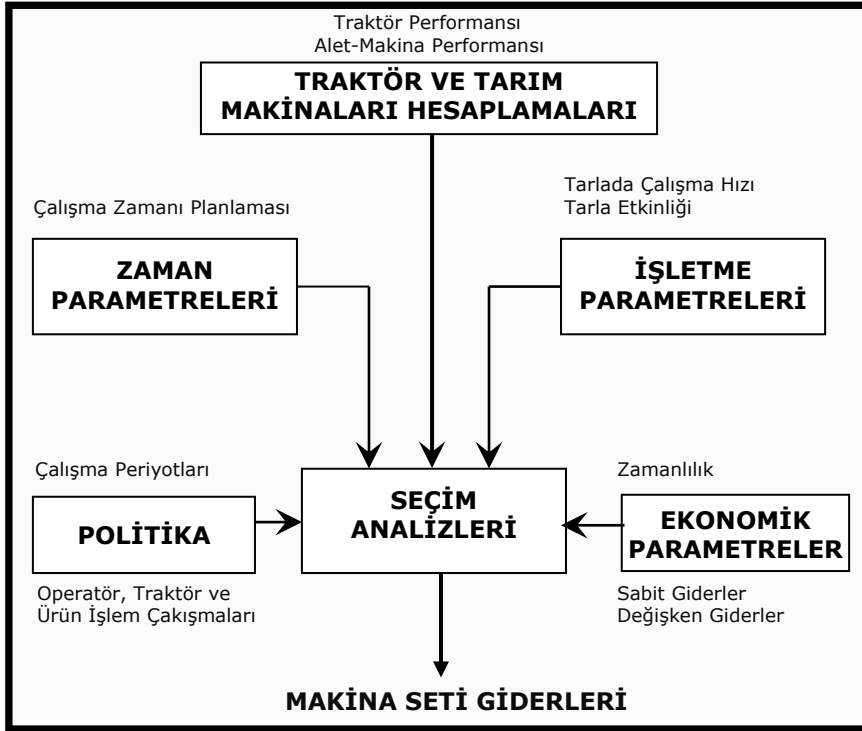
- ✓ üretimin hedeflenen verim düzeyinde gerçekleştirilebilmesi için gerekli tarımsal işlerin (örneğin **bkz.** Çizelge 5.1. ve Çizelge 5.2.) ve uygulanacak tekniklerin belirlenmesi,
- ✓ üretim alanı büyüklüğüne ve gerekli mekanizasyon işlemlerine göre alet-makina, traktör ve diğer araç gereçlerin seçilmesi,
- ✓ üretim faaliyetlerinin yıl içindeki dağılımının optimum zaman dilimleri dikkate alınarak belirlenmesi (örneğin **bkz.** Çizelge 5.4.) ,
- ✓ işletmenin üretim faaliyetlerine ve üretimin gerçekleştirildiği yörenin iklimsel değişkenlerine göre günlük çalışma süresinin belirlenmesi,
- ✓ ekonomik ve stratejik bir değerlendirme gerektiren ve işletmenin tarımsal üretim kapasitesine bağlı olarak mekanizasyon araçları için bir tamir-bakım atölesinin gerekliliğine ilişkin kararın verilmesi,

Bunlarla birlikte, işletmede üretimi yönlendirenler için dönemsel değişiklikler gösteren tarımsal üretim faaliyetleri için gerekli işgücü organizasyonunun yapılması oldukça önemlidir. Tarımsal işlemlerin belirli bir periyotta tamamlanma zorunluluğu bulunması, aksi taktirde ürün kaybı yaşanacağı gerçeği düşünülürse işgücü organizasyonunun önemi ortaya çıkmaktadır.

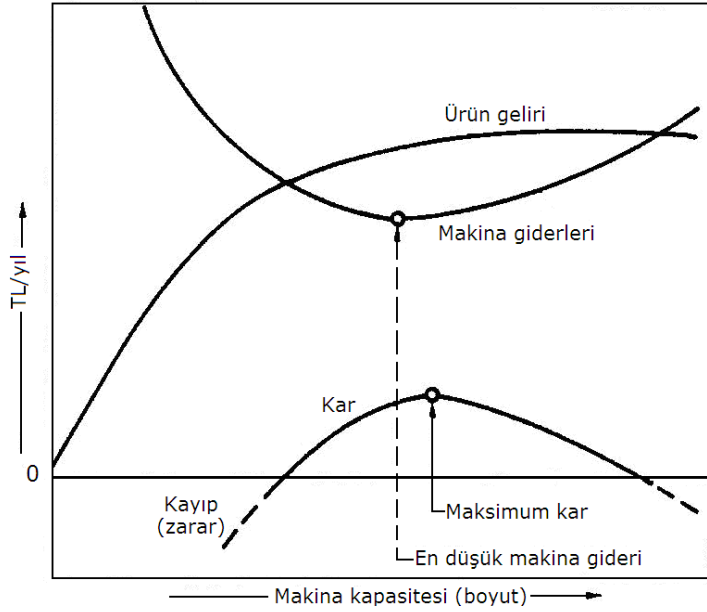
5.3. Tarımsal Mekanizasyon İşlemciliği ve Ekonomik İlişkiler

Bir tarımsal işletmede kazancın arttırılması, büyük ölçüde işletmede gereksinim duyulan traktör ve tarım iş makinelerinin işletme özelliklerine uygun seçilmesi ve ekonomik kullanılmasına bağlıdır. Bu nedenle mekanizasyon yatırımlarına yönelik kısa ve uzun dönemli kararların alınmasında ve bu yatırımlara ilişkin giderlerin tahmininde dikkatli davranılması gerekmektedir. Herhangi bir tarımsal işletme veya yörenin mekanizasyon yatırımlarının belirlenmesine yönelik planlamanın yapılması; Şekil 5.1.'de görülen parametrelerin etkisi altındadır (Von Bargen, 1979).

İyi bir tarımsal mekanizasyon işletmeciliği, Şekil 5.1'deki aşamaların ayrı ayrı değerlendirilmesi ve başarılı bir şekilde uygulanmasıyla mümkün olmaktadır. Ekonomik parametrelerin detaylarıyla incelenmesinden önce ürün geliri ile makina giderlerinin değişimine ilişkin genel ekonomik ilişkiler kısaca incelenmelidir (Işık, 1988)(Şekil 5.2).



Şekil 5.1. Tarımsal mekanizasyon işletmeciliğinin temel bileşenleri



Şekil 5.2. Makina kapasitesine bağlı genel ekonomik ilişkiler

Şekilde görüldüğü gibi, bir işletmede ürün geliri ile makina giderleri yakından ilişkilidir. En düşük giderli makina boyutundaki küçük sapmalar giderleri önemli oranda arttırmaktadır ve bu artış oranı küçük boyutlara doğru daha fazla olmaktadır. Ürün geliri, makina boyutunun küçülmesi ile önemli azalmalar gösterirken, daha büyük makina boyutlarında da bağıl olarak daha az bir artış göstermektedir. Şekilde gösterilen en düşük giderli makina boyutu kritik olmayan tarla işlemleri için kabul edilebilecek bir boyuttur. Ancak işlemin zamanında yapılamaması durumunda önemli düzeyde verim kayıplarının oluşacağı işlemlerde, maksimum kazanç en düşük gider boyutundan daha büyük boyutlu bir makina ile elde edilebilmektedir. Maksimum kazancın elde edildiği bu boyut **optimum boyut** olarak tanımlanmaktadır. Bu açıklamalar traktör gücü seçimi için de geçerlidir. İzleyen bölümde, tarımsal mekanizasyon işletmeciliğinin temel bileşenlerine ilişkin esaslar genel çerçevede verilmiştir.

5.3.1. Ekonomik İş Başarısı

Mekanizasyon planlamasıyla ilgili yaklaşımların tamamında çıkış noktası, makinaların ekonomik iş başarılarına dayanmaktadır. Ekonomik iş başarısı, söz konusu makinanın iş kapasitesiyle, makinanın işletilmesiyle ilgili oluşacak bütün işletme giderlerinin tamamı arasındaki bir oran olarak hesaplanmaktadır. Bir makina veya bir makina grubu için ekonomik iş başarısı (Tezer ve Sabancı, 1997);

$$EİB = \frac{TİK}{TİG} \quad (5.1)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Eşitlikte;

- EİB : Ekonomik iş başarısı (yapılan iş/toplam gider),
TİK : Makina iş kapasitesi (yapılan iş/zaman),
TİG : Toplam işletme giderleridir (toplam gider/zaman).

Makina iş kapasitesi, makinanın gerçekleştirdiği işe bağlı olarak birim zamanda yapılabilen iş miktarını göstermektedir. İş miktarı işlenen alan olabileceği gibi hasat edilen ürün miktarı üzerinden de hesaplanabilmektedir. Buna göre makinanın kapasitesi, uygun çalışma hızı ve iş genişliğiyle ilgili olduğu kadar yapılan işin özelliğine göre çalışılabilecek süreyle de ilişkilidir.

İşletme giderleri, makinanın satınalma ve kullanma giderlerinin toplamı olarak, ekonomik değerlendirme ve hesaplamalarla ilişkilidir. Bu değerlendirmelere göre, ekonomik iş başarısının yükseltilebilmesi için yapılan işin niteliğinde herhangi bir olumsuzluk oluşturmadan, incelenen özel bir makina için iş kapasitesi arttırılmalı, toplam işletme giderleri düşürülmelidir.

İzleyen bölümde, makina kapasitesi kavramı ile makina giderleri konusu üzerinde durulacaktır.

5.3.1.1. Makina Kapasitesi ve Ölçülmesi

Bir tarım makinasının kapasitesi, o makinenin iş başarısının bir ölçüsüdür. Makine kapasitesi, birim zamanda yapılan iş miktarı olarak tanımlanabilir ve makine cinsine bağlı olarak değişim gösterir. Makine kapasitesinin birimi; **ha/h, ton/h, Mg/h** veya işlenen materyal miktarı (**kg veya ton**)/h vb. cinsinden olabilir (ASAE, 1994)

Makine kapasitesinin belirlenirken, yapılan işin miktarı kadar kalitesi de dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, hedeflenen kalitedeki işin belirli bir zaman dilimi başına miktarı, bir makinanın iş kapasitesini belirler.

Makine cinsi ve ölçüm yöntemine bağlı olarak 3 tip kapasiteden söz edilebilir. Bunlar;

1. Tarla (veya alan) kapasitesi: Birim zamanda işlenen alan miktarını tanımlar ve genellikle **ha/h** birimiyle ölçülür. Bu tanım, özellikle toprak işleme ve ekim makineleri için geçerlidir.

2. Ürün kapasitesi: Birim zamanda işlenen ürün (*tane, silaj vb.*) miktarını (*yani kütlesini*) tanımlar ve genellikle **ton/h, Mg/h ve kg/h** birimleriyle ölçülür. Bu tanım, özellikle hasat ve silaj makineleri için geçerlidir.

3. Materyal kapasitesi: Birim zamanda işlenen tüm materyal (*ürün dahil sap vb.*) miktarını tanımlar ve genellikle **ton/h, Mg/h ve kg/h** birimleriyle ölçülür. Bu tanım, özellikle biçerdöver, patates hasat makinesi vb. gibi hasat-harman makinelerinin kapasitelerinin kıyaslanmasında kullanılan bir kapasite tanımıdır.

Ürün veya materyal miktarının ölçüsü olarak, genellikle kütle birimi (kg) kullanılır. Kütle ile ağırlık kuvveti arasındaki ilişki aşağıdaki temel eşitlik ile tanımlanabilir:

$$\mathbf{F = ma} \quad (5.2)$$

Eşitlikte;

F : Ağırlık kuvveti, N
m : Kütle, kg
a : İvme, m/s²'dir.

Eğer ivme yerçekimi etkisiyle ortaya çıkıyorsa bu durumda **a** simgesi **g** ile gösterilir ve F kuvveti cismin ağırlığı olarak tanımlanır. Deniz seviyesinde **g**'nin değeri **9.807 m/s²**'dir ve bu değer deniz seviyesinden yükseldikçe az da olsa bir azalma gösterir.

Bulunulan yere göre bir düzeltme yapılmadığı yani cismin ağırlığında bir düzeltme yapılmadığı süreçte, cismin ağırlığında az da olsa bir değişme

olacağından, tarımsal ürünlerin miktarının belirlenmesinde ağırlık yerine, **SI** birim sisteminde kütle birimi olan **kg** veya **ton** birimleri kullanılır.

5.3.1.2. Teorik ve Efektif Makine Kapasiteleri

Tarım makinalarının kapasiteleri teorik ve efektif kapasite olmak üzere iki şekilde hesaplanmaktadır. *Teorik* veya *potansiyel kapasite*, makinenin iş genişliği ve zamanın tamamından yararlanıldığı dikkate alınarak belirlenen kapasitedir. *Efektif* veya *gerçek kapasite* ise, makinenin tarlada ölçülen gerçek kapasitesini ifade etmektedir.

Tarlada meydana gelen zaman kayıpları ve makine iş genişliğinin tamamından yararlanılamaması nedeniyle, efektif makine kapasitesi teorik kapasiteden daha düşük bir değere sahiptir. Söz konusu zaman kayıplarını ve iş genişliği kayıplarını dikkate alan tarla etkinliği faktörü, efektif ve teorik kapasite arasındaki dönüşümün yapılmasını sağlamaktadır.

Teorik ve efektif makine kapasitesi tanımları, makina cinsine bağlı olarak kullanılan; alan, ürün veya materyal kapasiteleri cinsinden ölçülürler ve aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilirler:

(5.3)

(5.4)

(5.5)

(5.6)

(5.7)

(5.8)

Eşitliklerde;

C_{at} : Teorik alan kapasitesi, ha/h

C_{ae} : Efektif alan kapasitesi, ha/h

$C_{üt}$: Teorik ürün kapasitesi, birim(kg veya ton)/h

$C_{üe}$: Efektif ürün kapasitesi, birim(kg veya ton)/h

C_{mt} : Teorik materyal kapasitesi, birim(kg veya ton)/h

C_{me} : Efektif materyal kapasitesi, birim(kg veya ton)/h

- S : Tarla alışma hızı, km/h (izelge 3.1)
w : Makine alışma (iş) genişliği, m
Y_ü : Tarla ürün (tane vb.) verimi, birim(kg veya ton)/ha
Y_m : Tarla materyal (tane+sap vb.) verimi,
birim(kg veya ton)/ha
e : Tarla etkinliği (ondalık)'dir.

Sıralar arasında çalışan çapa kltivatr, döner çapa vb. gibi tarım makinelerinde makine iş genişliği; iki sıra arası uzaklık ile her bir geçişte işlenen sıra veya işleyici organ (ayak, gövde v.b) sayının çarpımına eşittir. Bu amaçla aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$w = n a \quad (5.9)$$

Eşitlikte;

- n : Ayak sayısı, adet
a : İki sıra veya işleyici organ arası uzaklık, m'dir.

Sıralar arasında çalışmayan ayır biçme makinesi vb. gibi makinelerde, makinenin tam iş genişliğinde çalışabilmesi sürücünün dümenleme başarısı ile sağlanabilmektedir. Başarısız dümenleme sonucunda, işlenen alanın bir kısmının tekrar işlenmesi nedeniyle iş genişliği, tam iş genişliğinden daha düşüktür (Hunt, 1983).

C_{mt}; yeşil yem hasat makineleri, balya makineleri vb. gibi ürün işleyen makinelerde tarla çalışma hızının kısıtlılığı nedeniyle, işlenen materyal esasına göre belirlenen teorik tarla kapasitesi sınırlı değerlerde kalmaktadır. Teorik materyal kapasitesi (C_{mt}), belirli bir iş genişliği (w) ve materyal verimi (Y_m) için; çalışılabilecek en yüksek tarla hızı değeri ve tarla etkinliği maksimum değerde (e= 1.0) tutularak (5.7) eşitliğiyle hesaplanabilir.

(5.7) eşitliği, herhangi bir ürün işlemenin yapılmadığı toprak işleme makineleri vb. gibi makineler için kullanılmaz. Bu tür makinelerde çalışma hızı; kullanılan traktörün mevcut gücü, yapılan işin kalitesi, güvenlik vb. gibi faktörlerin biri veya birkaçının etkisi altındadır.

Tarla etkinliği değeri 1'e eşit olduğunda, makine kapasitesinin tanımlanmasında teorik kapasite (C_{at}, C_{mt}) kullanılır. Yani; teorik kapasite, makine genişliğinden ve zamanın %100'nden yararlanılması durumunda

elde edilen kapasitedir (Whitney, 1988). Tarım makineleri ile çalışmada, diğer bir ifadeyle işletme alanına uygun makine kapasitesinin seçiminde teorik kapasitelerden çok efektif kapasiteler esas alınmaktadır.

5.3.1.3. Tarla Etkinliği Değeri

Önceki bölümde açıklanan kapasite eşitliklerinde de görüldüğü gibi, tarla etkinliği, efektif kapasitenin teorik kapasiteye oranıdır. Tarla etkinliği değeri için örneğin, alan kapasitesi cinsinden değerler dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik yazılabilir (Bowers, 1970; Anonymous, 1981):

$$e = \frac{C_{ae}}{C_{at}} \quad (5.10)$$

Eşitlikte de görüldüğü gibi, teorik ve efektif kapasite değerleri bilindiğinde tarla etkinliği kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Ancak, efektif kapasitenin belirlenebilmesi için, makinenin tarlada çalıştırılması sırasında bu kapasitenin ölçülmesi gerekir. Bu ise, tarla ve çalışma koşullarına göre değişim gösterir. Bu nedenle, makine cinslerine göre, efektif kapasitenin hesaplanabilmesi için tarla etkinliğinin bilinmesi gerekmektedir. Aynı cins makine ile, değişik tarla ve çalışma koşullarında tarla etkinliği ölçümleri yapılarak ortalama değerlerin belirlenmesiyle bu işlemin kolaylaştırılması sağlanmıştır.

Belirli bir tarla işlemini yapmak için gerekli teorik zaman (T_t), teorik tarla kapasitesi ile ters orantılı olarak değişir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Işık, 1998):

$$T_t = \frac{A}{C_{at}} \quad (5.11)$$

Eşitlikte;

T_t : İşlemin yapılması için gerekli teorik zaman, h

C_{at} : Teorik tarla kapasitesi, ha/h

A : İşlenecek alan, ha'dır.

Tarla etkinliği; tarım makinesinin tarladaki aktif çalışma süresinin, yani söz konusu makinenin kendisinden beklenen işte çalışma süresinin,

toplam tarla çalışma zamanına oranıdır. Bu nedenle, tarla etkinliğinin belirlenebilmesi için bu iki zamanın ölçülmesi yeterlidir.

Tarlada üst üste gelen çakışmalar (örtme), tarlanın sonunda dönüşler için gerekli zaman, materyal yükleme ve boşaltma zamanı vb. gibi zamanlar nedeniyle herhangi bir işlemin yapılması için gerekli gerçek zaman; teorik zamana göre daha fazla olacaktır. Bu tür zaman kayıpları, tarla etkinliğini %100'ün altına düşürür.

Tarla etkinliğinin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir (Grisso ve ark, 2002).

$$e = \frac{T_a}{T_t} = \frac{T_a}{T_a + T_y} = \frac{T_a}{T_a + T_b + T_o} \quad (5.12)$$

Eşitlikte;

- e : Tarla etkinliği, ondalık,
- T_t : Toplam tarla zamanı, h (veya h/ha)
- T_a : T_t/K_w = Aktif (efektif) çalışma zamanı, h (veya h/ha)
K_w = Gerçekte kullanılan makine genişliği oranı
- T_y : Yardımcı zaman, h (veya h/ha)
- T_b : İşlenen alandan bağımsız zaman kayıpları, h (veya h/ha)
- T_o = İşlenen alanla orantılı zaman kayıpları, h (veya h/ha)'dır.

Yardımcı zaman (T_y) tanımı içinde, makinenin tarlada çalışması sırasında yapılan dönüşler, tohum, gübre vb. materyalin doldurma-boşaltma zamanları, işleyici organlardaki tıkanmaların temizlenmesi, ayarların yapılması için harcanan zaman, küçük tamir ve bakımlar için harcanan zaman, sürücünün dinlenme zamanı vb. gibi zamanlar yer almaktadır.

T_o ile gösterilen kayıpların tipik örnekleri; tıkanan püskürtme memelerinin temizlenmesi, gübre veya tohum kovalarına gübre veya tohum ilaveleri, pülverizatör deposunun doldurulması vb. gibi zaman kayıplarıdır. Belirli bir ürün veriminde; hasat edilen ürünün boşaltılması için harcanan zaman; işlenen alanla orantılı olarak değişir ancak, bu zaman aynı zamanda ürün veriminin artışı ile de artar.

T_b ile gösterilen kayıp zamanların çoğu, T_a ile gösterilen efektif çalışma zamanı ile orantılıdır. Bu tür zaman kayıplarının tipik örnekleri;

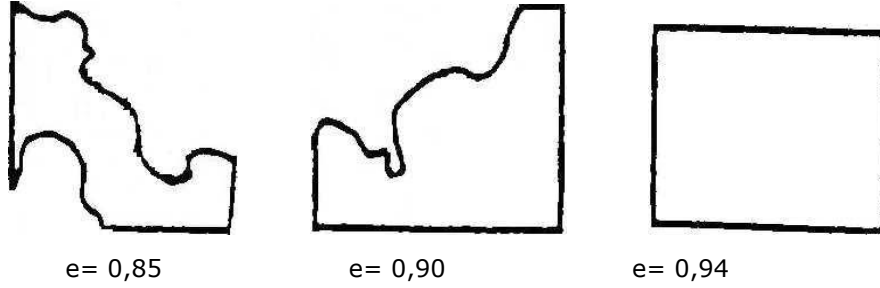
sürücünün dinlenmesi için yapılan duraksamalar, ekipmanın ayarlanması, normal çalışma hızında tarla sonlarında dönüşler için boşa geçen zamanlardır. Tarlanın şekli, T_b zamanı üzerinde önemli oranda etkilidir. Örneğin, tarla uzun ve dar bir şekle sahipse T_b zamanı T_a 'ya göre bağıl olarak çok daha küçük olacaktır. Çünkü böyle bir tarlada, makine tarla sonunda daha az dönüş yapacaktır.

Bir tarım makinesinin bir tarladan diğerine taşınması için gerekli zaman, tarla etkinliği hesaplamalarında dikkate alınmaz. Aksi takdirde, tarla etkinliği, tarlalar arasındaki uzaklığa ve tarla ile makine parkı yeri arasındaki uzaklığa bağıl olarak geniş sınırlar arasında değişim gösterecektir.

Önceki bölümde belirtildiği gibi, üzerinde çalışılan tarım arazisinin şekil özellikleri ve büyüklüğü de tarla etkinliği değeri üzerinde etkilidir. Şekil ve büyüklük birlikte değerlendirilerek yapılan bir araştırma sonucuna göre mekanizasyon açısından yeterli parsel büyüklüğünün diğer bütün koşullar aynı olmak üzere, şekerpancarı tarımı için 1,6-2,2 ha, hububat tarımı için 1,9-2,2 ha ve çapalama ile gübreleme gibi bakım işlem basamakları gerektiren mısır vb. gibi bitkilerin yer aldığı tarımsal üretim için 1,7-2,1 ha arasında olduğu bildirilmektedir (Okursoy, 1996).

Düzensiz parsellerin, dikdörtgen şekilli parseller haline getirilmesi tarımı yapılan ürünün çeşidine bağıl olmak koşuluyla, parsel sonlarında ve sınırlarında makine kullanımından kaynaklanan kaybı azaltacağı gibi toprak işlemeden hasada kadar yürütülen tarımsal işlem zamanlarının da planlanmasına yardımcı olacaktır (Okursoy, 1999; Sındır, 1999). Şekil 5.3'de biçerdöverle hasatta dikdörtgen şekilli ve şekilsiz alanlarda buğday hasadında tarla etkinliği (e) değerindeki farklılığın deneysel olarak belirlendiği bir çalışmanın sonuçları özetlenmiştir (Say, 2001).

Özellikle ülkemizde miras yolu ile tarım alanlarının parçalanmakta ve bu parçalanmanın sonucunda genellikle daire dışında, çok kenarlı ve çok köşeli düzlem parçaları oluştuğu bilinmektedir. Parselin makinanın iş genişliği ile orantılı olması (*tamsayılı orantı*) tarla etkinliğinin artmasına neden olacaktır. Makine iş genişliğinin tamsayı katları şeklinde boyutları ifade edilemeyen bir parsel de makinanın iş genişliğinden tam olarak yararlanması mümkün olmayacaktır.

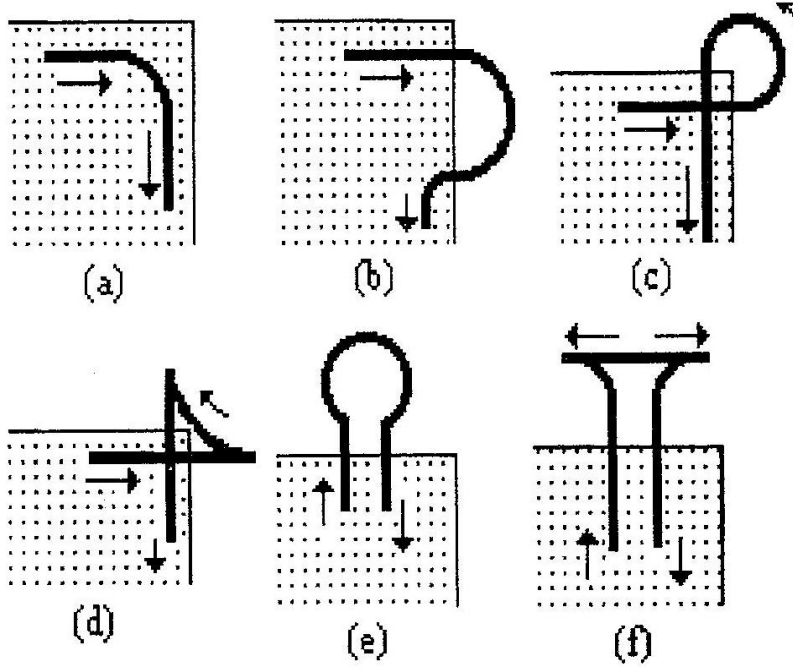


Şekil 5.3. Tarla şekline göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi

Çalışılan tarım makinasının manevra yeteneğine de bağlı olarak, çalışma genişliği, tarlanın şekil ve boyut özelliklerine göre seçilecek parsel sonu dönüşleri tarla etkinliği üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şekil 5.4'de yaygın şekilde uygulanan parsel sonu dönüşlere ait temsili çizimler verilmiştir (Özgül, 1982; Whitney, 1988; Okursoy, 1999).

Parsel sonu dönüş için yapılacak seçimde; tarla sınırlarının şekil ve boyut özellikleri, çalışılan makinanın etkin iş genişliği, dönüş için harcanan sürenin etkin iş yapma süresine oranı (*dönüşler için alınan yolun uzunluğu*), dönüş sonucunda işlenmeden kalan alan miktarı, dönüşlerde yapılacak fren ve alınacak mesafeye bağlı yakıt tüketimindeki artış gibi faktörler dikkatlice ölçülmeli ve değerlendirilmelidir.

Tarım iş makineleri ile çalışmada tarla çalışma hızları, tarla etkinlikleri ve ortalama değerlere göre hesaplanan birim çalışma genişliği başına efektif alan kapasiteleri değerleri Çizelge 5.3'de verilmiştir (Kepner ve ark., 1980; Hunt, 1983; ASAE, 1994). Efektif birim alan kapasitesinin tahmini, tarımsal üretimin doğası gereği, bazı mekanizasyon işlemlerinin belirli bir zaman aralığında tamamlanması gerektiğinden önemlidir. Çizelgede de görüldüğü gibi; tarla çalışmalarında makine cinsine göre, ortalama ilerleme hızları **3-10 km/h**, ortalama tarla etkinlikleri **%65-85**, birim iş genişliği başına efektif alan kapasitesi değerleri de **0.20-0.85 ha/h** arasında değişmektedir. Çizelge 5.3'de verilen bu değerler, genel ortalamaları yansıtmaktadır. Herhangi bir özel makine veya durum için gerekli veriler uygun ölçümlerle belirlenmelidir. Ancak, genel amaçlı planlama çalışmaları için bu değerlerden belirli hata sınırları içerisinde yararlanılabilir.



Şekil 5.4. Uygulamada yaygın kullanılan parsel sonu dönüş şekilleri a) parsel içinde 90°'lik yuvarlak dönüş, b) parsel köşesi dışından 135°'lik dönüş, c) parsel köşesinde 270°'lik ilmek dönüş, d) parsel köşesinden geri manevra ile 90°'lik dönüş, e) parsel başında 180°'lik dairesel dönüş, f) parsel başında 180°'lik geri manevra ile dönüş.

Bir tarım makinesinin tarla çalışma hızı, makinenin tarlada aktif çalışma periyodundaki ortalama hareket hızıdır. Ortalama tarla çalışma hızı, çalışma sırasında en az 20 saniyelik sürede 20-25 m'lik çalışma yolundaki hareket süresinin çok tekrarlı olarak ölçülmesiyle belirlenebilir (Ayres ve ark., 1981; Işık, 1988).

Çizelge 5.3. Tarım Makineleri İle Çalışmada Tipik Tarla Hızları ve Tarla Etkinliği ve Birim Efektif Alan Kapasitesi Değerleri

MAKİNE	Tarla Çalışma Hızı (km/h)		Tarla Etkinliği (%)		Birim Efektif Alan Kps. (ha/h-m)*
	Değişim Sınırları	Ort.	Değişim Sınırları	Ort.	

TOPRAK İŞLEME MAK.					
Dipkazan	3 - 7	5	75-90	85	0.43
Çizel	4 - 9	6	75-90	85	0.51
Kulaklı Pulluk	5 - 9	7	75-90	85	0.51
Diskli Pulluk	5 - 10	7	75-90	85	0.60
Goble Diskaro	5 - 10	7	75-90	85	0.60
Diskli Tırmık	5 - 10	9	75-90	85	0.76
Dişli Tırmık	6 - 12	9	65-85	80	0.72
Tarla Kùltivatòrù	5 - 10	8	70-90	85	0.68
Ağır Tapan	7 - 12	10	75-90	85	0.85
Merdane	7 - 12	10	75-90	85	0.85
Rototiller	2 - 7	5	70-90	85	0.43
Lister	4 - 9	6	75-90	85	0.51
EKİM-DİKİM MAK.					
Tahıl Ekim Makinesi	4 - 10	8	60-80	70	0.56
Üniversal Ekim Mak.	4 - 8	6	55-75	65	0.39
Fide Dikim Makinesi	2 - 4	3	55-75	65	0.20
Patates Dikim Makinesi	4 - 8	6	55-80	65	0.39
BAKIM MAK.					
Santr. Gübre D.M.	6 - 10	8	55-75	60	0.48
Döner Çapa (yerden hark.)	7 - 12	8	70-85	80	0.64
Çapa Kùltivatòrù	5 - 10	7	70-90	80	0.56
Gübreli Araçapa M.	5 - 10	6	60-80	75	0.45
Tarla Pùlverizatòrù	5 - 12	8	55-80	65	0.52
Kanal Pulluğu	2 - 6	4	70-90	80	0.32
Tesviye Kùređi	4 - 8	5	70-90	85	0.43
Tava Makinesi	4 - 8	5	70-90	80	0.40
HASAT MAK.					
Çayır Biçme Makinesi	6 - 11	8	75-85	80	0.64
Ot Tırmığı	6 - 8	7	70-85	80	0.56
Balya makinesi	4 - 8	6	60-85	75	0.45
Yeşil Yem Hasat M.	3 - 8	5	50-75	65	0.33
Şekerpancarı Hasat M.	4 - 8	5	60-80	70	0.35
Patates Hasat M.	3 - 6	4	55-70	60	0.24
Pamuk Hasat M.	3 - 6	5	60-75	70	0.35
Kendi yürür Biçerdöver	3 - 8	5	60-80	70	0.35
Sapkese	6 - 10	8	70-85	80	0.64

5.3.2. Optimum Makina Seçimi

Bir işletmeye uygun optimum makina büyüklüğünün seçimi;

- ✓ makina giderlerinin sadece bir makinaya bağlı olmaması,
- ✓ makina sisteminin bir veya daha fazla traktòrden güç alması,
- ✓ bir makinanın iş başarısının diğer makinalardan etkilenebilmesi,
- ✓ bazı makinalara ilişkin giderlerin doğrudan üreticinin cebinden çıkmaması ve bunların kolay belirlenememesi,
- ✓ iklim verilerinin değişken olması gibi nedenlerle oldukça zor bir problemdir.

Makina seçiminde seçimi yapılacak en uygun değişken önceki bölümde detaylandırılan makina büyüklüğü veya makina kapasitesidir. En basit kapasite seçimi;

- ✓ makinanın çalışacağı alan,
- ✓ işlemin tamamlanabileceği tahmini çalışma günü sayısı,
- ✓ ve günlük çalışma süresine

bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Işık, 1987; ASAE, 1994)

$$C = \frac{A}{(D \times H \times U)} \quad (5.13)$$

veya

$$0,1 \times S \times w \times e = \frac{A}{(D \times H \times U)} \quad (5.14)$$

Eşitlikte;

- C : Makina kapasitesi, ha/h,
- A : Üretim alanı büyüklüğü, ha
- D : İşlemin tamamlanması gereken optimum süre, gün,
- H : Her bir tarla iş günü için çalışılması planlanan süre, h/gün,
- U : Bir çalışma günü olasılığı, ondalık

İşlemin tamamlanması gereken optimum süre, işlemin özelliğine göre değişmekle birlikte zamana bağlı olarak verimde meydana gelecek değişimler esas alınarak deneysel değerlendirmelerle yöreye ve ürüne özgü bir değer olarak hesaplanmak zorundadır. Çizelge 5.4’de optimum ekim ve hasat zamanlarının belirlenmesi için bazı ürünler için Adana yöresinde yapılmış bir araştırmanın sonuçları işlem ve ürünler için çalışma günü olasılık değerleriyle birlikte verilmiştir (Işık, 1990).

Çizelge 5.4. Optimum Ekim ve Hasat Zamanlarına İlişkin Sonuçlar

İşlem	Ürün	Optimum periyot*	Periyot uzunluğu, D	Çalışma günü olasılığı, U
-------	------	------------------	---------------------	---------------------------

	Buğday	1-30 Kasım	30	0,65
	Pamuk	1-20 Nisan	20	0,56
Ekim	1. Ürün Mısır	15 Nisan-10 Mayıs	25	0,60
	2. Ürün Mısır	17-29 Haziran	12	0,85
	2. Ürün Soya	15-25 Haziran	10	0,85
	Buğday	5-25 Haziran	20	0,88
	Pamuk	15 Eylül-15 Kasım	60	0,85
Hasat	1. Ürün Mısır	1-12 Eylül	12	0,96
	2. Ürün Mısır	10-25 Ekim	15	0,84
	2. Ürün Soya	5-15 Ekim	10	0,88

*: ürünün cinsine göre değişen, kabul edilebilir kayıp düzeylerine göre belirlenmiş değerlerdir

(5.14) nolu eşitlikle hesaplanan makina kapasitesi işletmeye alınacak makinanın sahip olması gereken minimum kapasitedir. Zamanlılık giderlerini de içeren ve toplam yıllık giderlerin en düşük olduğu makina büyüklüğü veya kapasitesi olarak bilinen optimum büyüklük veya kapasitenin seçimi ise ekonomik bir seçimi gerektirmektedir.

5.15 eşitliğinden iş genişliği (w) çekilecek olursa, minimum işgenişliği elde edilmiş olur.

$$w = \frac{A}{(D \times H \times U \times 0,1 \times S \times e)} \quad (5.15)$$

5.3.3. Optimum Güç Seçimi

Makina seçiminde olduğu gibi optimum güç seçiminde de amaç, işletmede üretim işlemlerinin eksiksiz ve zamanında tamamlanabilmesi için ihtiyaç duyulan güç kaynağının en ekonomik şekilde belirlenmesidir.

Birçok tarımsal işlemde güç kaynağının önemli bir gider yükü oluşturması, yapılacak işlemlerde olabildiğince gereksiz harcamalardan kaçınmayı ve uygun bir seçimi gerektirmektedir. Bir tarımsal işletmede kullanılan tarım makinalarının çoğu, traktörden güç almakta ve işletmenin bir çok işi traktör kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Tarım makinalarının optimum kapasitelerinin belirlenmesi konusunda belirtildiği gibi, uygun traktör büyüklüğünün seçiminde de işletmenin büyüklüğü, işletmede uygulanacak ekim nöbeti, toprak ve iklim özellikleri gibi işletme özellikleri

yanında, traktörün tipi, traktörün ağırlığı, ağırlık dağılımı ve üretim işleminin özelliği gereği optimum tarla ilerleme hızının elde edileceği vites kademesinin bulunması gibi traktör özellikleri de traktör seçiminde gözönünde bulundurulması gereken önemli özelliklerdir (Von Bargen, 1979; Işık, 1987).

Traktör gücünün seçimi, genellikle en ağır çeki kuvveti (*örneğin kulaklı pullukla derin toprak işleme*) veya silaj kesme kuvveti dikkate alınarak kuyruk mili gücü esasına göre yapılır. Seçimde, mevcut çeki gücünün kuyruk mili gücünden az olduğu unutulmamalıdır. Şekil 5.3'te net motor gücünün kuyruk miline, akslara veya çeki kancasına ulaşıncaya kadar meydana gelen kayıpların oransal değerleri verilmiştir (ASAE, 1995). Kayıpların temel kaynağı, dişlilerdeki ve yataklardaki sürtünmelerdir. Şekil 5.5'te iki tekerleği tahrikli lastik tekerlekli bir traktörün beton zeminde maksimum mekanik güç performans tahminini ifade etmektedir. Şekle göre, anma motor gücü 100 kW olan bir traktörün çeki gücü en ideal koşul olarak değerlendirilen beton zeminde 75 ile 81 kW arasında olabilmektedir (Sındır, 1999). Gerçek tarla çalışma koşullarında güç değişimi;

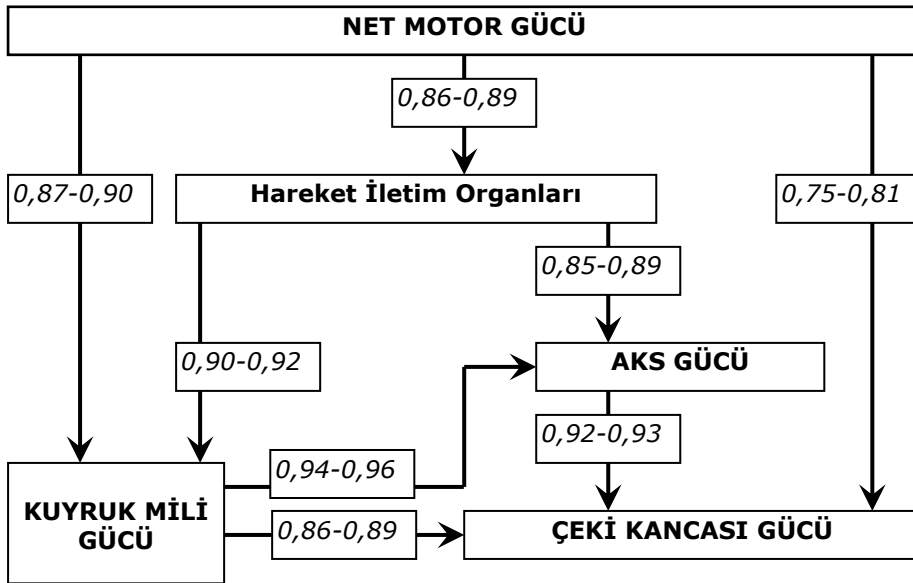
- ✓ traktörün ağırlığına,
- ✓ tahrik tekerleğinin özelliklerine,
- ✓ toprağın fiziksel özelliklerine (*üst tabakanın penetrasyon direnci, nem içeriği, yüzeyde anız olma durumu*)
- ✓ ilerleme hızına,
- ✓ aletin traktöre bağlantı şekline (*ağırlık transferi etkisi*) göre önemli farklılıklar gösterebilmektedir.

Traktör güç büyüklüğünün belirlenmesinde aşağıdaki işlem sırası izlenir (Von Bargen, 1979);

- ✓ gereksinim duyulan optimum makina genişliğinin belirlenmesi,
- ✓ söz konusu makinanın istenen şekilde çalışabileceği ve traktörün yeterli oranda yüklenebileceği tarla hızının seçimi (*maksimum motor gücünün %70-80'i arasında birim yakıt tüketimine karşı daha fazla enerji elde edilir-yakıt etkinliği artar*),
- ✓ makinanın kullanılacağı toprak koşullarında gerekli çeki kuvvetinin belirlenmesi ve traktör büyüklüğü seçimi için kuyruk mili gücüne dönüştürülmesi.

Dönüşüm için literatürde yaygın kabul gören ve aşağıda verilen Bowers yaklaşımı (%86 kuralı) genel bir değerlendirme olarak kullanılabilir (Işık, 1987).

- Maksimum kuyruk mili gücü : kmP
 - Maksimum çeki gücü, *beton zemin* : $(0,86) kmP$
 - Maksimum çeki gücü, işlenmemiş toprak : $(0,86 \times 0,86) kmP$
 - Kullanılır çeki gücü, işlenmemiş toprak : $(0,86 \times 0,86 \times 0,86) kmP$
 - Kullanılır çeki gücü, işlenmiş toprak : $(0,86 \times 0,86 \times 0,86 \times 0,86) kmP$
 - Kullanılır çeki gücü, kum : $(0,86 \times 0,86 \times 0,86 \times 0,86 \times 0,86) kmP$
- ✓ Lastik yük limitini aşmadan optimum patinaj için traktörün dengelenmesi. Toprak tipine göre değişmekle birlikte optimum patinaj değerleri işlenmemiş toprakta **%10-15**, işlenmiş toprakta **%12-20**, yumuşak toprak veya kumda ise **%14-21** arasında değişmektedir.



Şekil 5.5. Net motor gücünün çıkış noktalarına oransal dağılımı

Çekilerek çalıştırılan tarım alet-makinalarının güç gereksinimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$P_{\zeta} = \frac{F_{\zeta} \times S}{3,6} \quad (5.16)$$

Eşitlikte;

P_{ζ} : Çeki gücü, kW,

F_{ζ} : Çeki kuvveti (*makinaı çekmek için gerekli, ilerleme yönüne paralel kuvvet*), kN

S : İlerleme hızı, km/h,

Çeki kuvveti, toprak bitki direnci ile makina yuvarlanma dirençlerinin toplamıdır.

$$F_{\zeta} = \text{TBD} + \text{YD} \quad (5.17)$$

Eşitlikte;

TBD : Toprak-bitki direnci (*makina çalışan parçası ile toprak/bitki arasındaki temastan kaynaklanır*), N,

YD : Yuvarlanma direnci, N

Toprak bitki direnci ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir

$$\text{TBD} = \text{ÖÇD} \times W \quad (5.18)$$

Eşitlikte;

ÖÇD : Özgül çeki direnci, kN/m,

W : İş genişliği, m'dir.

Yuvarlanma direnci, ilerleme yönüne paralel ve ters yönde etkili bir direnç kuvvetidir. Bu direnç değerinin büyüklüğü, taşıma tekerleklerinin boyutu, lastik hava basıncı, toprak tipi ve toprak nem içeriğine bağlıdır. Yuvarlanma direncinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$\text{YD} = 9,81 \times W_{tt} \times \text{YDK} \quad (5.19)$$

Eşitlikte;

W_{tt} : Dinamik tekerlek yükü, kg,

YDK : Yuvarlanma direnci katsayısı (*tekerleğin temas ettiği yüzeyin girişim direnciyle orantılı*), birimsiz.

Çizelge 5.5.'te seçilmiş bazı tarım makinalarına ait literatürden alınmış veriler olarak birim çeki kuvveti değerleri görülmektedir. Toprak tipi,

toprak yüzey özellikleri ve işleme derinliği gibi faktörlerin çok değişken olması nedeniyle değerler belirli aralıklarda verilmiştir (Işık, 1988; Evcim, 1990).

Çizelge 5.5. Bazı Tarım Makinalarına Ait Birim Çeki Kuvveti Değerleri

Makina	Birim Çeki Kuvveti, kN/m					Ort.
	Bowers 1970	Hunt 1973	Culpin 1975	Finner 1978	Özkan 1985	
Dipkazan	-	10,7-24,3	-	4,7-7,8	-	11,8
Çizel	-	2,9-13,1	-	7,3	8,8	6,7
K. Pulluk	12,4	8,5-16,6	14,3	16,9	13,1	13,9
G. Diskaro	2,6-5,8	2,4-3,9	6,26	3,6-5,8	5,8	4,8
T. Kültüvatörü	3,50	0,9-4,4	6,27	5,0-9,5	3,3	4,6
D. Tırmık	3,87	1,5-2,6	1,82	1,5-4,5	2,2	2,6
Tapan	4,96	-	-	0,3-2,2	-	3,0
Tah. Ekim Mak.	1,53	0,4-1,5	-	0,4-1,5	1,0	1,1
Üni. Ekim Mak.	1,61	1,5-5,8	-	0,6-2,7	2,2-5,1	2,6

Birim çeki kuvvetinin belirlenmesinde, kuvvet etkisini elektriksel gerilime çeviren dönüştürücülerden yararlanılmaktadır. Bu dönüştürücüler, alet ile traktör arasına bağlanmakta, üretilen kuvvet etkisiyle orantılı değişen gerilim değerleri çalışma sırasında sürekli bir şekilde bilgisayara aktarılmaktadır. Kalibrasyon eşitlikleri yüklenmiş yazılımda, gerilim değerleri kuvvet değerlerine çevrilerek depolanmaktadır.

Tarım makinalarında makina cinsine göre, yukarıda açıklanan çeki gücünün dışında, kuyruk mili gücünün de ölçülen bazı değerler üzerinden hesaplanması oldukça önemlidir. Kuyruk mili gücü, traktörle birlikte çalıştırılan makinalarda traktör kuyruk milinden, kendi yürür makinalarda ise makina üzerindeki motor milinden alınan ve makina organlarının döndürülerek çalıştırılması için gereksinim duyulan güçtür. Kuyruk mili gücü gereksinimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$P_{km} = \frac{M_d \times n}{9550} \quad (5.20)$$

Eşitlikte;

P_{km} : Döndürme gücü olarak kullanılan kuyruk mili gücü, kW,

M_d : Torkmetre ile ölçülen döndürme kuvveti (bkz. Bölüm 7.), Nm,
 n : Kuyruk mili devri, d/d (min^{-1})

Eşitlikte yer alan döndürme kuvveti ve kuyruk mili devri torkmetre adı verilen cihazla eş zamanlı olarak ölçülebilmekte ve çalışma sırasında bir bilgisayarda daha sonra değerlendirilmek üzere depolanmaktadır. Çizelge 5.6'da kuyruk milinden hareketli bazı tarım makinaları için deneysel olarak belirlenmiş birim döndürme kuvveti (tork, moment) ve kuyruk mili gücü gereksinimleri örnek oluşturması açısından verilmiştir (Işık, 1988).

Çizelge 5.6. Bazı Tarım Makinaları İçin Birim Döndürme Kuvveti ve Kuyruk Mili Gücü Değerleri

Makina*	Çalışma koşulu	Döndürme momenti	Kuyruk mili gücü, kW/sıra
Sapkese	4,5 km/h	69,2 Nm/sıra	3,9 kW/sıra
T.Pülverizatörü	5 atm	5,1 Nm/meme	0,6 kW/m
S.G.Dağ. Mak.	20-20-0 gübre	85.2 Nm	0,5 kW/m
(10 m iş gen)	Buğday ekimi	51,1 Nm	0,3 kW/m

*: 48 kW motor gücünde traktör ile 540 d/d k.mili devrinde, Sapkese, 1,5 m iş genişliğinde, 7,7 km/h-T.Pülv.; 8 m iş gen., 6,6 km/h S.G.Dağ.Mak. 8,1 km/h

5.3.4. Makina Giderleri ve Tahmin Yöntemleri

Bir tarım makinesine ait toplam giderler; genel olarak kullanım miktarından bağımsız olan "**sabit giderler**" ve kullanımla orantılı olan "**değişken giderler**" olmak üzere iki grup giderden oluşmaktadır (Evcim, 1990). Makine yatırımının faizi, vergi, sigorta ve koruma giderleri makinenin kullanımından bağımsız olan, takvim yılı zamanına bağlı sabit giderlerdir. Yakıt-yağ ve işgücü giderleri ise, kullanımla orantılı değişken giderlerdir.

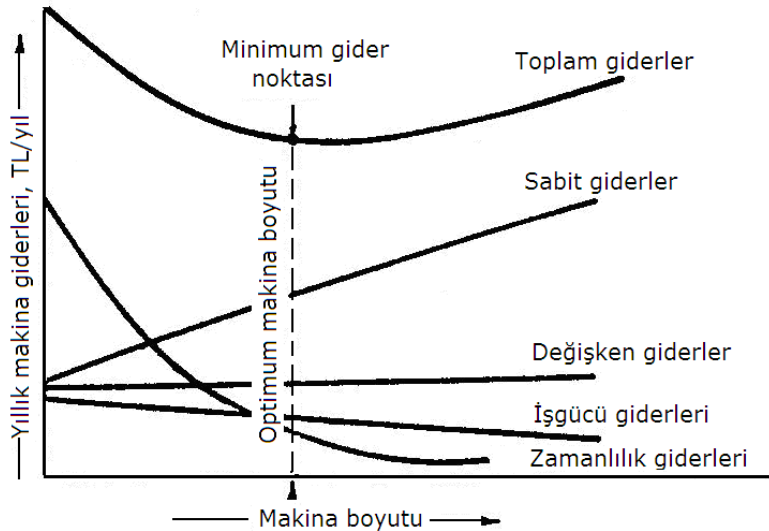
Buna karşılık, amortisman ve tamir-bakım giderleri hem zamanın hem de kullanımın fonksiyonu olduğu için hangi sınıfa dahil olduğu kesin olarak açık olmamakla birlikte, genellikle amortisman gideri sabit giderler, tamir-bakım giderleri de değişken giderler sınıfında dikkate alınmaktadır. Bazı araştırmacılar, büyük bir bölümünü makine kullanıcı giderlerinin oluşturduğu işgücü giderlerini, değişken giderlerden ayrı olarak değerlendirmekle birlikte bu giderler de genellikle değişken giderler sınıfına dahil edilmektedir (Işık, 1998).

Makine büyüklüğündeki yetersizlik nedeniyle ürün verimi ve kalitesindeki düşmeyi dikkate alan ve özellikle ekim ve hasat gibi tarımsal

işlemlerde önemli olan bir başka gider bileşeni de "zamanlılık giderleri" olarak tanımlanmaktadır.

Bu durumda, bir tarım makinesine ait toplam giderler; **sabit giderler, değişken giderler, zamanlılık giderleri ve makinenin çalıştırılmasında kullanılan traktör sabit giderlerinin** toplamından oluşmaktadır. Makine yıllık toplam giderleri (YTG) için aşağıdaki genel eşitlik yazılabilir. Makina giderlerinin makina büyüklüğü ile değişimi Şekil 5.6'da verilmiştir (Özkan ve Edwards, 1983).

$$YTG = \text{Makine Sabit Giderleri} + \text{Değişken Giderler} + \text{Traktör Sabit Giderleri} + \text{Zamanlılık Giderleri} \quad (5.21)$$



Şekil 5.6. Makina giderlerinin makina büyüklüğü ile değişimi

Şekilde görüldüğü gibi, makina boyutundaki artışla makinaya ait sabit giderler doğrusal olarak artmakta, işgücü ve zamanlılık giderleri ise azalmaktadır. Tamir-bakım, yakıt ve yağ giderlerinden oluşan değişken giderler işlenen alanla orantılı olduğu için makina büyüklüğünden bağımsızdır. Gider bileşenleri toplamından oluşan toplam makina giderleri belirli bir boyutta minimuma düşmekte ve bu boyutun dışında giderek artmaktadır. Toplam giderlerin minimum olduğu bu boyut, seçimi yapılacak en ekonomik (optimum) boyuttur.

5.3.4.1. Makina Sabit Giderleri

Amortisman Giderleri ve Tahmin Yöntemleri

Amortisman; genellikle en büyük makine gideridir ve makine kullanılsın ya da kullanılsın, zamanın geçi nedeniyle makinenin değerindeki azalmanın miktarı ile ölçülmektedir.

Amortismanın tahmin edilmesi için, herhangi bir makinenin *ekonomik ömrü*, daha uygun bir zaman periyodu ölçüsüdür. *Ekonomik ömür*; herhangi bir tarım makinesinin ilk satın alma tarihi ile, bu makinenin yıpranma veya modası geçmesi nedeniyle ikinci bir makineyle değiştirilmesinin, eski hali ile kullanılmasına göre daha ekonomik olmaya başladığı ana kadar geçen süre olarak tanımlanabilir.

Genellikle tarım makinelerinin yıpranma ömürlerine karşılık gelen ve ekonomik ömür olarak da kullanılması kabul görmüş olansüreler makina gruplarına göre Çizelge 5.7.'de verilmiştir (Işık, 1987; Evcim, 1990).

Çizelge 5.7. Tarım Makinalarında Ekonomik Ömür Değerleri

MAKİNA	Ekonomik Ömür		Yıllık Çalışma Süresi (h/yıl)
	(Yıl)	(h)	
TRAKTÖRLER	15	12 000	800
TOPRAK İŞLEME MAK.			
Dipkazan	15	2 500	167
Çizel	15	2 500	167
Kulaklı Pulluk	15	2 500	167
Diskli Pulluk	15	2 500	167
Goble Diskaro	15	2 500	167
Diskli Tırmık	15	2 500	167
Dişli Tırmık	15	2 500	167
Tarla Kültüvatorü	12	2 500	167
Ağır Tapan	15	2 500	167
Merdane	15	2 500	167
Rototiller	12	1 500	125
Lister	15	2 500	167
EKİM-DİKİM MAK.			
Tahıl Ekim Makinası	15	1 200	80
Üniversal Ekim Makinası	15	1 200	80
Fide Dikim Makinası	15	1 200	80
Patates Dikim Makinası	15	1 200	80
BAKIM MAKİNALARI			
Santr. Gübre D.M.	10	1 200	120
Döner Çapa (yerden hr.)	10	2 000	200
Çapa Kültüvatorü	10	2 000	200
Çizelge 5.7. DEVAM			
-----	10	2 000	
Gübreli Araçapa M.	10	2 000	200

Tarla Pülverizatörü	15	2 000	200
Kanal Pulluğu	15	2 000	133
Tesviye Küreği	15	2 000	133
Tava Makinası			133
<u>HASAT MAKİNALARI</u>	10	2 000	
Mısır Koçan Yolma M.	10	2 000	200
Çayır Biçme M.	10	2 500	200
Ot Tırımığı	10	2 000	250
Balya mak.	10	2 500	200
Yeşil Yem Hasat M.	10	2 500	250
Şekerpancarı Hasat M.	10	2 500	250
Patates Hasat M.	10	2 000	250
Pamuk Hasat M.	10	2 000	200
K.y. Biçerdöver	10	2 000	200
Sapkeser			200
<u>DİĞERLERİ</u>	15	5 000	
Tarım Arabası			333

Çok yaygın olarak yararlanılan temel amortisman tahmin yöntemleri;

1. Tahmini değer ve
2. Doğru-hat şeklinde belirtilebilir.

Tahmini değer yöntemi, en gerçekçi amortisman belirleme yöntemidir. *Gerçek amortisman* yöntemi olarak da isimlendirilir. Bu yöntemde; herhangi bir makinenin her yılın sonundaki değeri, o yılın başındaki değeri ile karşılaştırılır. Aynı yıla ait iki değer arasındaki fark, amortisman değeridir. Bu yöntemin geçerliliği, makine kalan değerlerinin hangi güvenilirlikte belirlendiğine bağlıdır. Yaşlı veya kullanılmış makinalara ait tahmini değerler; işletmeler arası satışlardan, özel olarak düzenlenmiş açık arttırma veya makine müzayedelerinden ve tarım makineleri satıcıları tarafından düzenlenmiş fiyat listelerinden elde edilebilir. Bu tür yayınlarda ayrıca günün fiyatlarına göre düzenlenerek sürekli olarak kullanılabilir hale getirilebilir. Fiyatlar arasında marka ve model nedeniyle bazı değişiklikler olabilir.

Türkiye'de Çukurova Bölgesi koşullarında toplam 437 adet kullanılmış traktör satın alma bedelleri esas alınarak Işık ve ark. (1995) tarafından elde edilmiş sonuçlardan derlenmiş olarak, kullanılmış traktör satın alma bedellerinin yenisinin satın alma bedellerine göre oransal değerleri Çizelge 5.8.'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; herhangi bir gruba giren yeni bir traktörün (*sıfır yaş*) satın alma bedeli %100 olarak kabul edildiğinde;

herhangi bir yaştaki kullanılmış traktörün gerçek piyasa değerinin yenisinin değerine oranı, kullanım ömrü arttıkça azalmaktadır. Bu azalma veya kullanılmış traktörün kalan değeri, 60 kW'tan daha büyük traktörlerde diğer gruba göre daha hızlı bir düşüş göstermektedir.

Çizelge 5.8. Kullanılmış Traktör Satın alma Bedellerinin Yenisinin Satın alma Bedellerine Göre Oransal Değerleri (Işık ve ark., 1995)

Yaş	Güç Grupları				Ort	St.Hata	VK
	31-40 kW	41-50 kW	51-60 kW	61≤ kW	(%)	(%)	(%)
0	100.0	100.0	100.0	-	100.00	0.00	0.00
1	96.3	92.3	94.9	-	94.51	1.17	2.14
2	92.9	90.8	86.2	-	89.96	1.97	3.80
3	103.7	84.8	84.0	-	90.82	6.42	12.25
4	94.9	81.6	93.9	75.82	90.13	4.29	8.24
5	86.0	78.9	75.4	74.41	80.13	3.10	6.71
6	-	76.2	65.4	71.70	70.85	5.40	10.78
7	84.2	72.5	65.5	57.36	74.05	5.45	12.75
8	96.6	75.8	66.7	52.19	79.70	8.83	19.20
9	88.8	80.4	61.3	-	76.83	8.14	18.36
10	82.3	75.8	57.0	47.47	71.70	7.59	18.35
11	81.6	78.9	-	38.57	80.27	1.37	2.41
12	63.1	66.8	53.5	-	61.15	3.96	11.22
13	70.4	63.2	42.5	-	58.69	8.35	24.64
14	74.6	57.9	45.5	-	59.32	8.45	24.66
15	79.0	57.9	-	-	68.45	10.55	21.81
16	87.5	68.4	69.6	-	75.15	6.16	14.21
17	74.5	-	-	-	74.53	-	-
18	73.3	53.7	80.7	-	69.22	8.05	20.15
19	70.7	62.1	62.1	-	64.97	2.88	7.68
20	58.9	-	67.8	-	63.38	4.44	9.91
21	66.4	-	71.3	-	68.82	2.43	4.99
22	58.1	-	61.6	-	59.83	1.76	4.16
23	69.0	-	65.5	-	67.29	1.75	3.68
24	56.0	52.6	54.0	-	54.21	0.97	3.09
25	-	-	41.1	-	41.06	-	-
26	41.3	-	52.8	-	47.04	5.76	17.31
27	65.8	49.1	47.5	-	54.15	5.86	18.75
30	-	42.1	-	-	42.11	-	-

Genellikle 10-15 yıllık ekonomik ömür sonundaki hurda değerin, yeni satın alma bedelinin % 10'u dolayında olduğu kabul edilmektedir.

Ancak, ülkemiz koşullarında 25 yaşındaki bir traktörün piyasa değeri yenisinin satın alma bedelinin % 10'undan daha fazladır. Bu nedenle bu ikinci el traktör satın alma bedellerinin Türkiye koşullarına uygun olarak

değerlendirilmesi ve standart amortisman hesaplama yöntemlerinin kullanımında dikkatli olunması gerekmektedir.

Tarım makineleri için kullanılan amortisman hesaplama yöntemi; amortismanın, işletmenin gelir vergisi hesabından düşülecek giderlerden birisi olması nedeniyle, hükümetleri de ilgilendirmektedir.

Doğru-hat yöntemi, sahip olunan makinenin her yıl eşit miktarda değer kaybını esas alan bir yöntemdir. Makina yaşına göre makinenin kalan değeri veya hurda değeri bilindiğinde belirli bir zaman periyodundaki amortisman değeri de kolayca hesaplanabilir.

Bu yöntemde, yıllık ortalama amortisman gideri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$D = \frac{P-S}{N} \quad (5.22)$$

Eşitlikte;

D : Amortisman gideri (YTL/yıl),

P : Makine satın alma fiyatı (YTL),

S : Makine hurda değeri veya elden çıkarma satış fiyatı (YTL),

N : Satın alma ve satma arasındaki zaman veya ekonomik ömür (yıl)'dır.

Çok hassas olmayan hesaplamalarda bu yöntemden yararlanılabilir. Doğru hat yöntemi, makinenin belirli bir hurda değerine sahip olduğunu dikkate alır ve daima belirli bir zaman periyodu için amortisman giderinin tahmininde kullanılır.

Faiz Giderleri ve Tahmin Yöntemleri

Tarım makineleri ister kredi ile ister peşin para ile alınsınlar, söz konusu makinenin satın alınması için yatırılan sermayenin faizi, makinenin faiz gideri olarak değerlendirilmektedir. Çünkü bu amaçla kullanılan paranın, başka amaçlı kullanımından elde edilecek gelirden (*fırsat maliyetinden*) vazgeçilmiştir. Faiz gideri, yatırım sermayesi ve faiz oranına bağlı olarak değişir. Yıllık sabit giderlerin faiz gideri bileşeni aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Dinçer, 1976; Kay, 1981):

$$FG = \frac{SAB + HD}{2} \times i = 0.5 \times (SAB + HD) \times i \quad (5.23)$$

Eşitlikte;

- FG : Yıllık faiz gideri, YTL,
SAB : Makinenin yenisinin satın alma bedeli, YTL,
HD : Makinenin hurda değeri, YTL
i : Fırsat maliyeti faiz oranı (gerçek faiz oranı)'dır.

Faize giren sermaye miktarı, makinenin kalan değeri veya amortisman nedeniyle, her yıl belirli miktarda azalma gösterecektir. Bu nedenle, faiz giderinin hesaplanabilmesi için, her yıl faize tabi ortalama sermaye miktarının, makinenin satın alma bedeli ve hurda değeri toplamının yarısına eşit olduğu kabul edilmektedir. Bu değer, makinenin ekonomik ömrü ortasındaki değeridir.

Diğer Sabit Giderler

Bu giderler; makineye sahiplik nedeniyle oluşan *vergi sigorta ve koruma* giderlerinin toplamından oluşmaktadır.

Bazı ülkelerde, tarım makinelerinin yangın ve kaza vb. gibi diğer risklere karşı sigortalanmasında, makine ortalama değerinin (*satın alma bedeli ve hurda değerinin yarısı*) %0.4...0.6'sı (*ortalama %0.5'i*) kadar bir gider oluşmaktadır.

Diğer yandan, bazı tarım makineleri vergiye tabi olabilmekte ve tescil için bazı giderler oluşabilmektedir. Genel olarak vergi giderlerinin makine ortalama değerinin yaklaşık %1'i dolayında olduğu kabul edilmektedir.

Koruma giderleri, genellikle tarım makinelerinin korunması amacıyla bina veya hangarın yapım ya da kira gideri olarak dikkate alınmaktadır. Bu gider, esas olarak makinenin yer ihtiyacı ve yerin birim fiyatından gidilerek, bina değer kaybı, binanın ortalama değeri üzerinden faiz gideri, bina bakımı, bina vergileri ve sigortası gibi gider unsurları dikkate alınarak hesaplanır.

Genel bir yaklaşım olarak, makine koruma giderleri, makinenin yenisinin satın alma bedelinin bir oranı olarak hesaplanmaktadır. Makine cinsine göre koruma gideri, satın alma bedelinin %0.7'si ile %1.5'i arasında değişmekle birlikte bu değer ortalama %1 olarak kabul edilmektedir.

Topluca değerlendirildiğinde; vergi, sigorta ve koruma giderlerinden oluşan diğer sabit giderler, makinenin yenisinin satın alma bedelinin yaklaşık %2'si kadardır. Bu amaçla aşağıdaki eşitlik yazılabilir. (Tezer ve Sabancı, 1997):

$$DSG = 0.02 \times P \quad (5.24)$$

Eşitlikte;

DSG : Diğer sabit giderler, YTL,

P : Makinenin yenisinin satın alma bedeli, YTL'dir.

Tarım makinelerinin yıllık toplam sabit giderleri (YSG; $YTL/yıl$); önceki bölümlerde açıklanan amortisman (A), faiz (FG) ve diğer sabit gider (DSG) bileşenlerinin toplamından oluşmaktadır. Bu amaçla aşağıdaki genel eşitlik yazılabilir.

$$YSG = A + FG + DSG \quad (5.25)$$

5.3.4.2. Makina Değişken Giderleri

Traktör ve makinenin çalışma süresi ile orantılı olarak değişen bu giderler genellikle saatlik olarak hesaplanmaktadır. Saatlik olarak hesaplanan değişken giderler, söz konusu makinenin yıllık çalışma süresi ile çarpılarak yıllık değişken giderler hesaplanabilir. Saatlik değişken gider bileşenleri (SDG) aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$SDG = \text{Tamir ve Bakım Giderleri} + \text{İşgücü Giderleri} + \text{Yakıt Giderleri} + \text{Yağ ve Yağlama Giderleri} + \text{Traktör Değişken Giderleri} \quad (5.26)$$

Tamir ve Bakım Giderleri

Tamir ve bakım giderleri; eskime, küçük boyutlu arızalanmalar, kazalar ve doğal çürümelerden dolayı söz konusu traktör veya makinenin çalışmasını aksatmamak için yapılan bakım ve onarımlar sonucu oluşan harcamaları kapsamaktadır. Bu tür giderlerin, kısa bir zaman periyodu içinde fiilen yapılmış harcamalara göre belirlenmesi oldukça zordur. Çünkü, yapılan tamir ve bakımların sayısı, genel olarak makinenin yaşı ile artarken, birçok

tamir ve bakım da geçmişte yapılan kullanımların bir birikimi olarak ortaya çıkar. Bu nedenle, her makine cinsi için çok tekrarlı olarak belirlenmiş yıllık ortalama tamir ve bakım giderleri esas alınarak bir hesaplama yapılması daha doğru bir yaklaşımdır. Bu giderler içerisinde hem tamirde kullanılan parçanın bedeli, hem de tamir ve bakım atölyesinde bu amaçla kullanılan işgücü gideri yer alır.

Bir tarım makinesinin tamir ve bakım giderleri; genel olarak *makinenin yapısına, kullanım koşullarına, bakımın türüne, makineyi kullanan sürücünün tecrübesine ve becerisine, önceden görülemeyen ve risk* olarak bilinen bazı olaylara bağlıdır. Bu nedenle de sürekli bir değişim gösterir. İyi bir yönetici bu tür giderleri aşağı çekebilir. Kolaylık sağlanması açısından, zamanla oluşan değişim ihmal edilerek genellikle ortalama bir değer olarak hesaplanır.

Tamir ve bakım giderleri, *tamir bakım faktörü* olarak ifade edilen ve ekonomik ömür boyunca oluşan yığılmalı tamir bakım giderlerinin söz konusu makinenin yenisinin satın alma bedeline oranlanmasıyla belirlenen bir katsayı esas alınarak tahmin edilmektedir. Tarım makinesi veya traktörün herhangi bir yığılmalı kullanım süresindeki toplam tamir ve bakım giderleri aşağıdaki eşitlikle tahmin edilebilir (ASAE, 1994b):

$$TBG_h = r_1 \left[\frac{h}{1000} \right]^{r_2} P \quad (5.27)$$

Eşitlikte;

TBG_h : h yığılmalı kullanımdaki tamir ve bakım giderleri,

r_1 ve r_2 : Tamir ve bakım faktörleri (*Çizelge 5.9.*)(ASAE, 1995)

P = Makinenin yenisinin satın alma bedeli,

h = Makinenin yığılmalı kullanımı (h)'dir.

Çizelge 5.9. Satın Alma Bedelinin Oranı Olarak Tamir Bakım Faktörleri

Makina	Tamir Bakım Faktörü	
	r ₁	r ₂
Traktörler		
Tek çekerek	0.007	2.0
Çift Çeker ve Paletli	0.003	2.0
Toprak İşleme Mak.		
Kulaklı Pulluk	0.29	1.8
Diskli Pulluk	0.29	1.8
Diskli Tırmık	0.18	1.7
Dişli Tırmık	0.27	1.4
Yaylı Tırmık	0.27	1.4
Çizel	0.28	1.4
Tarla Kültüvatörü	0.27	1.4
Toprak Frezesi	0.36	2.0
Merdane	0.16	1.3
Ekim Makinaları		
Tahıl Ekim Mak.	0.32	2.1
Üniversal Ekim Mak.	0.32	2.1
Bakım Makinaları		
Çapa Kültüvatörü	0.17	2.2
Döner Çapa	0.23	1.4
Sant. Gübre Dağ. M.	0.63	1.3
Tarla Pülverizatörü	0.41	1.3
Hasat-Harman M.		
Mks.Kes.Çayır Bç.Mak.	0.46	1.7
Serb. Kes.Çayır B.Mak.	0.44	2.0
Yanal Ot Tırmağı	0.17	1.4
Yeşil Yem Hasat Mak.	0.15	1.6
Ky.Biçerdöver	0.04	2.1
Ky.Pamuk Toplama Mak.	0.11	1.8
Mısır Koçan Yolma	0.14	2.3
Patates Hasat Mak.	0.19	1.4
Şeker Pancarı Hasat Mak.	0.59	1.3
Balya Makinaları	0.23	1.8
Sapkeser	0.28	1.4
Diğerleri		
Tarım Arabaları	0.19	1.3

Yakıt ve Yağ Giderleri

Yakıt ve yağ tüketim miktarları dolayısıyla giderleri, seçilen traktör-makina ikilisine, iş derinliği, tarla ilerleme hızı gibi çalışma parametreleri ile çalışılan arazideki zemin özelliklerine göre geniş aralıklarda değişim göstermektedir. Bu nedenle, yakıt ve yağ tüketim değerlerinin, hesaplamaların yapılacağı işletme için bir kez çok tekrarlı olarak deneysel olarak belirlenmesi ve kaydedilmesi gider hesaplamaları için en ideal yoldur. Deneysel verilerin üretilmesinin mümkün olmadığı koşullarda, bazı öngörüler ve sadeleştirmeler ile söz konusu yakıt ve yağ tüketimleri gider

hesaplamalarında kullanılabilir düzeyde genel kabul görmüş bazı eşitliklerle hesaplanabilmektedir (Sındır, 1999). Yakıt giderlerinin tahmin edilmesinde yararlanılan eşitliklerden birisi aşağıda verilmiştir (Işık, 1987b; Whitney, 1988);

$$YG = YF \times \left[\frac{(F_{\zeta} \times w \times S)}{(0,96 \times \zeta E \times 3,6)} \right] \times \left[(2,64 \times R + 3,91 - 0,203) \times (738 \times R + 173)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (5.28)$$

Eşitlikte;

- YG : Yakıt gideri, YTL/h
 YF : Dizel yakıtın geçerli birim fiyatı, YTL/l,
 CE : Traktörün çeki etkinliği, ondalık,
 R : Eşdeğer kuyruk mili gücünün mevcut kuyruk mili gücüne oranı, yük faktörü, ondalıktır.

Yaygın kullanımı olan bazı toprak işleme makinalarıyla çalışmada deneysel olarak belirlenmiş yakıt tüketimi değerleri Çizelge 5.10'da verilmiştir (Akıncı, 1994).

Çizelge 5.10. Toprak İşleme Makinalarıyla Çalışmada Yakıt Tüketimi Değerleri

Makina*	Çalışma hızı/İş derinliği (km/h) (m)	Yakıt Tüketimi, l/h
Kulaklı Pulluk	4/0,25	9,5
Dipkazan	4/0,40	5,8
Çizel	5/0,20	7,3
Kültüvatör	5/0,15	8,2
Y. Tırmık	4/0,15	6,9

*: K.Pulluk; 63 kW traktörle çalışmada, killi kuru toprak koşulunda, 0,91 m iş genişliğinde-Dipkazan; 1 m iş genişliğinde Çizel; 1,8 m iş genişliğinde-Kültüvatör; 2,42 m iş genişliğinde-Yaylı Tırmık; 1,95 m iş genişliğinde.

Yağ giderleri ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$YaG = YaF \times (0,00059 \times_{km} P + 0,02169) \quad (5.29)$$

Eşitlikte;

- YaG : Yağ gideri, YTL/h
 YaF : Yağın geçerli birim fiyatı, YTL/l,
 $_{km}P$: Traktörün kuyruk mili gücü, kW'dir.

5.28 eşitliğinde yer alan ve enerji kaynağı olarak kullanılan traktörün üretebileceği gücün ne kadarının alet tarafından tüketildiğini ifade eden yük faktörü (*yüklenme oranı*); kullanılan traktörün, çalıştırılan tarım makinasının ve çalışılan zeminin özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Seçilen bazı tarım makinaları için Çukurova Bölgesinde yapılmış bir çalışmanın sonuçları olarak örnek oluşturması açısından Çizelge 5.11'de yük faktörü değerleri verilmiştir (Işık, 1988).

Çizelge 5.11. Tarım Makinaları İle Çalışmada Ortalama Traktör Yüklenme Oranı Değerleri

Makina*	R, ondalık
Dipkazan	0,675
Kulaklı pulluk	0,588
Goble diskaro	0,579
Tahıl ekim makinası	0,498
Tarla pülverizatörü (asılır)	0,150

*:Traktör gücü;48 kW/dipkazan;1 gövde, iş gen. 1,50 m, iş der. 45cm/k. pulluk; 3 gövde, iş gen. 0,91 m, iş der. 25 cm/ g. diskaro; 16 disk, iş gen. 1,76 m, iş der. 13 cm/t.ek.mak.; 18 ayak, iş gen. 3,06 m, iş der. 5 cm/t.pülv.; 400l, iş gen. 8 m

5.3.4.3. İşçilik Giderleri

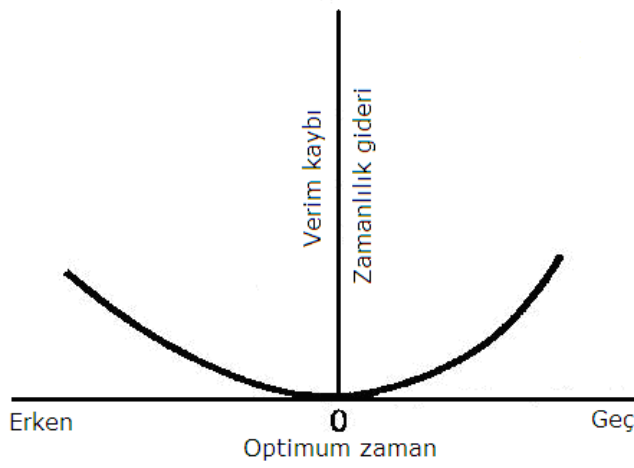
Saatlik işgücü giderleri (YTL/h), makinaların çalıştırıldığı sürece yararlanılan işgücüne ödenecek bedeli ifade etmektedir ve mekanizasyon araçlarının kullanımıyla ilişkili bütün işgücü giderlerinin toplamına eşittir. Söz konusu işgüçleri işletme içinden ya da dışarıdan kira karşılığı sağlanabilmektedir. Hesaplamlarda iki durumda da işgücünün kira karşılığı sağlandığı dikkate alınarak günün geçerli işgücü kira bedeli üzerinden saatlik olarak saptanabilmektedir. Aynı işlemler ve makinalar için işgücü kira bedellerinin yöresel olarak farklılıklar göstermesi mümkündür.

5.3.4.4. Zamanlılık Giderleri

Tarımsal üretimin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için işlemlerin uygun zamanlar içerisinde tamamlanması son derece önemlidir. Buradaki uygun zaman kavramı ile, ürünün ekimden hasata kadar ki süreçte, genetik özelliklerinin şekillendirdiği agronomik isteklerin en uygun dönemlerde karşılanması anlatılmaktadır. Buna bağlı olarak, zamanında tamamlanamayan işlemler sonucunda, ürünün kalite ve miktarında azalmalar söz konusu

olacaktır. İşlemlerin zamanında tamamlanamamasına bağlı oluşacak kayıplar “**zamanlilik giderlerini**” meydana getirmektedir. Zamanlilik konusunda ekim, hasat ve tarımsal mücadelenin diğer tarımsal işlemlere oranla daha hassas olduğu bilinmektedir.

Bu kayıplar ve sonucunda oluşacak gider yükü, işletme içerisinde traktör, makina seçimi ve işgücü planlamasının yöresel ve işletme içi değişkenlere göre değerlendirilmesiyle en alt seviyeye indirilebilmektedir. Ürün verimindeki azalmanın zamana göre genel değişimi Şekil 5.7’de verilmiştir (Sındır, 1999).



Şekil 5.7. Optimum işlem zamanı verim kaybı ilişkisi

Zamanlilik giderinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yaygın olarak yararlanılmaktadır (Whitney, 1988).

$$ZG = V_{\max} \times V_k \times A \times \ddot{U}_f \quad (5.30)$$

Eşitlikte;

- ZG : Zamanlilik gideri, YTL,
- V_{\max} : Elde edilen en büyük ürün verimi, t/ha,
- V_k : Ürün kaybı, %,
- A : Üretim alanı, ha
- \ddot{U}_f : Birim ürün fiyatı, YTL/t

Elde edilmesi beklenen en büyük verim değeri ve ürün gelişimi için optimum tarih, belirli bir yöre için genellikle bilinmektedir. En büyük verim değerinin bilinemediği durumlarda, çok yıllık çakılı denemelerle deneysel verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Açık tarım alanlarında üretimde, iklimsel faktörlerin yıl boyunca değışimi ve dağılımı da dikkatlice ele alınması gereken bir diğer konudur.

5.3.5. Makina Edinme Yöntemleri

Mekanizasyon yatırımlarının tarımsal üretim giderleri içerisinde önemli bir yer tutması nedeniyle, işletme için üretim faaliyetlerinin yürütülmesinde kullanılacak bütün alet, makina ve ekipmanların edinilme şekli önem kazanmaktadır. Makina edinme şekli seçiminde, özellikle üretim alanı büyüklüğü ve ürün deseninin dikkate alındığı bir takım hesaplamalar yapılmaktadır. Hesaplamalarda esas alınan nokta, traktör veya makinanın zamana bağlı olarak işletmeye birim maliyetinin (YTL/h) belirlenmesi ve edinme yöntemlerinin hesaplanan maliyetler üzerinden karşılaştırılmasıdır. Bu bölümde makina edinme yöntemleri ve genel özellikleri üzerinde durulmuştur. Makina edinme yöntemleri ülkemiz koşulları içerisinde genel olarak 2 ana başlık altında incelenmektedir (Sındır, 1999; Karşıgil, 1997).

1. Bireysel makina kullanımı,
2. Ortaklaşa makina kullanımı,

5.3.5.1. Bireysel Makina Kullanımı

Ülkemizde en yaygın makina edinme yöntemi bireysel olarak ihtiyaç duyulan makinaların satın alınmasıdır. İşletme öz sermayesi veya finans kuruluşlarından edinilen kaynakla satın alınan makina işletme ihtiyaçları doğrultusunda çoğunlukla ekonomik ömrünün sonuna kadar kullanılmaktadır. Bireysel makina kullanımının avantajları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- ✓ Makina kapasitesinden üretim sezonu boyunca etkin yararlanıldığı uzun süreli kullanımlar için oldukça kârlıdır.
- ✓ Tarımsal üretim işlemlerinin zamanında tamamlanabilmesi için daha güvenli bir yöntemdir.

- ✓ İşletmede sürekli çalışan kalifiye işçilerden etkin yararlanılmasına neden olmaktadır.
- ✓ Uygun koşullar oluştuğunda atıl kapasitenin makinanın kiralınmasıyla gelire dönüştürülmesi mümkündür.

Bireysel makina kullanımının sayılan bu avantajlarının yanısıra, işletme özelliklerinin dikkate alınmadığı bilinçsiz ve yanlış seçim ve satınalmaya bağlı olarak özellikle sabit giderlerde artış olacağı unutulmamalıdır. Kiralamayla satınalma arasında karar verilirken, gerekli olan bütün makinalar için *kritik işletme büyüklüğü* değerleri belirlenmeli ve mevcut işletme alanıyla karşılaştırılmalıdır.

5.3.5.2. Ortaklaşa Makina Kullanımı

Makinaların birden fazla işletmede kullanılması ortak makina kullanımını tanımlamaktadır. Günümüzde ortaklaşa kullanım modelleri çoğunlukla ekonomik ve teknik esaslara dayanmaktadır. Birçok ortaklaşa makina kullanım modeli bulunmasına ve değişik bölge/ülkelerde çoğu başarıyla uygulanıyor olmasına karşın, süreç içerisinde birçok sorunla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar; işletme büyüklüğü ve tipleri, arazi ve toprak koşulları, iklimsel faktörler, finansman ve pazar koşulları ile çiftçilerin eğitim düzeyi ile yakından ilişkilidir. Bu değişkenleri tamamı, uygulanması en uygun ortaklaşa makina kullanım modelini belirleyici niteliktedir. Ortaklaşa makina kullanımının avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ Üretici sabit gider yükünden kurtulmaktadır.
- ✓ Farklı alanlara yatırım yapma şansı doğmaktadır.
- ✓ Organizasyon ve üretim değişiklikleri açısından esnek bir yapıya kavuşmakta, uzun dönem yatırımlarına bağımlılık azalmaktadır.
- ✓ Kapasite kullanımındaki artışla orantılı olarak, amortisman süresi kısaltmakta, daha sık aralıklarla makinaların yenilenmesi ve yeni teknolojilere yatırım yapma imkanı doğmaktadır.
- ✓ Yıl içerisinde makinaların daha uzun süre kullanılmasıyla üreticilerin tecrübesi artmakta, makinaların daha verimli kullanılması mümkün olmaktadır.

Kritik dönemlerde organizasyonda yaşanacak aksaklıklara bağlı olarak işlemlerin zamanında tamamlanamama olasılığının bulunması bu sistemin önemli bir dezavantajıdır.

Mülkiyet biçimine göre ortaklaşa makina kullanım modelleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- ✓ Bireysel mülkiyet,
- ✓ Grup mülkiyeti ve
- ✓ Devlet mülkiyeti

Komşu yardımlaşması, müteahhitlik ve makina ringleri bireysel mülkiyet, kooperatifler, şirket ve dernek ortaklıkları ile çiftçi birlikleri grup mülkiyeti içerisinde değerlendirilmektedir (Sındır, 1999).

Komşu yardımlaşması, alan veya saat üzerinden yöresel olarak değişkenlik gösteren bir fiyatlandırma ile uygulanan, organize olmayan en basit ortak makina kullanım modelidir. Üreticiler arası ilişkiler bu sistemin başarısında temel değerlendirme noktasıdır. Örneğin komşu yardımlaşmasıyla traktör kullanımı söz konusu olduğunda karşılık anlaşmaya bağlı olarak sürücülü veya sürücüsüz kiralama sözkonusu olmaktadır.

Müteahhitlik sistemi, ticari özelliği olan ve gelişmekte olan ülkelerde sıklıkla karşılaşılan bir ortak makina edinme modelidir. Müteahhitin elinde bulunan makina belirli sözleşmelerle, belirli dönemler için ücret karşılığı sürücüsüyle birlikte üreticiye kiralanmaktadır. Bu sistem daha çok kalifiye işçiye gereksinim duyulan büyük iş kapasiteli pahalı makineler için uygundur (Karşıgil, 1997). Ülkemizde özellikle biçerdöver, pamuk toplama makinası, balya makinası, sapdöver harman makinası ve pnömatik ekim makinası müteahhitlik yöntemine göre kullanılmaktadır. Ücretlendirme şekli yöresel olarak değişiklikler göstermekte ve birim alan başına ya da ürün yüzdesi olarak yapılabilmektedir.

Makina ringleri, çiftçilerin sahip oldukları makinelerin atıl kapasitelerini belirli bir organizasyon çatısı altında ücret karşılığında organizasyon içerisinde yer alan diğer çiftçilere yararlandırmaları esasına dayanır. İletişim ve teknolojinin gelişmiş olduğu ülkelerde başarıyla

uygulanan bir sistemdir. Çalışma prensipleri ring üyelerinin tamamının ortak kararıyla belirlenmekte, bir idare merkezinde çoğu kez profesyonel yöneticilerin çalıştırılması zorunlu olmaktadır.

Grup mülkiyetli ortak makina kullanımında, özellikle yüksek kapasiteli ve gelişmiş makinaların birden fazla çiftçinin değişen oranlardaki sermayelerinin birleştirilerek satın alınması söz konusudur. Ortaklıkta temel belirleyici noktalar; işletmelerin sahip oldukları arazi büyüklükleri, sermaye oranları ve yıllık kullanım süreleridir. Karşılaşılabilecek bazı sorunlar; hizmet sunmada izlenecek sıra, ortaklığın yürütüldüğü alandaki araziler arası mesafe ve arazilerin genel yapısal özelliklerindeki farklılıklarla ilişkilidir.

Ortalama işletme büyüklüğü (≈ 6 ha), dış piyasada rekabet halinde olduğumuz ülkelere kıyasla düşük olan ve tarımsal arazileri çok parçalı olan ülkemizde, mekanizasyon uygulamalarından yararlanılarak işletme giderlerinin azaltılması ve karlılığın artmasına katkıda bulunabilecek ortak makina kullanımı modellerinin yaygınlaşması gerekmektedir.

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1)** Bir işletmede tarımsal mekanizasyon işletmeciliği yaklaşımlarının uygulanıp uygulanmamasının üretim kârlılığı nasıl etkileyebileceğini yorumlayınız.
- 2)** Mekanizasyon sistemini oluşturan unsurları genel özellikleriyle açıklayınız.
- 3)** Makina kapasitesi ile mekanizasyon giderleri ilişkisini grafik gösterimle açıklayınız.
- 4)** Makina kapasitesi kavramını açıklayarak, makina kapasitesi çeşitlerini eşitlikleriyle belirtiniz.
- 5)** Tarla etkinliğinin tanımını eşitlik kullanarak açıklayıp, hangi faktörlere göre değiştiğini belirtiniz.
- 6)** Makina kapasitesi seçiminde kullanılan eşitliği yazarak eşitlikteki parametreleri kısaca açıklayınız.
- 7)** Makina giderlerini gruplandırarak amortisman giderini açıklayınız.
- 8)** Zamanlılık giderinin tanımını yaparak hesaplanmasında kullanılan eşitlikteki değişkenleri açıklayınız.

KAYNAKLAR

- AKINCI, İ., 1994.** Traktör-Tarım Makinası Enerji İlişkilerinin Saptanması İçin Bilgisayar Destekli Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve Mekanizasyon Planlamasında Temel İşletmecilik Verilerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü. F.B.E. Doktora Tezi. 123 sayfa.
- ANONYMOUS, 1981.** Machinery Management-Fundamentals of Machine Operation. John Deere Fundamental Writing Services. 168 pages.
- ASAE, 1994.** ASAE Standards-Uniform Terminology for Agricultural Machinery Management, ASAE S322.1. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, MI. 49085-9659.
- ASAE, 1995.** Agricultural Machinery Management. ASAE Standarts, ASAE EP496.2 MAR94, S:329-334.
- AYRES, E., D.L. WILLIAMS, E. ÖZKAN, 1981.** Estimating Field Capacity of Farm Machines. Machinery Management Series Pm-696. Co-operative Extension Service. Iowa State University. Ames, Iowa 50011.
- BOWERS, W., 1970.** Modern Concepts of Farm Machinery Management. Stipes Publishing Company, Campaign, İllinois. 60 pages.
- CHEN, L.H., 1986.** Microcomputer Model for Budgeting and Scheduling Crop Production Operations. Trans. of ASAE (29) 4. 908-911.
- CULPIN, C., 1975.** Profitable Farm Mechanisation. Crosby Lockwood Staples London. 307 pages.
- DİNÇER, H., 1971.** Tarım Makinalarında Masraf Hesapları. A.Ü.Z.F. Tar.Mak. Kürsüsü, Ankara. 28 sayfa.
- EDWARDS W., M. BOEHLJE, 1980.** Machinery Selection Considering Timeliness Losses. Transactions of the ASAE Vol (23) No: 4, pp: 810-821.
- EVCİM, Ü., 1990.** Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması Veri Tabanı, E.Ü.Z.F. Yayın No:495, Bornova, İzmir.
- GRISSE R. D., P. J. JASA, D. E. ROLOFSON, 2002.** Analysis Of Traffic Patterns And Yield Monitor Data For Field Efficiency Determination. Applied Engineering in Agriculture, 18 (2), 171-178.

- HUNT D., 1983.** Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press. 352 pages.
- IŞIK, A., 1987.** Tarımsal Mekanizasyonda Optimum Makina ve Güç Seçimi. Ç.Ü. Z.F Dergisi, Cilt 2, Sayı:1. 34-48.
- IŞIK, A., 1987b.** Tarımsal Mekanizasyonda Makina Giderleri Tahmini. Ç.Ü. Z.F Dergisi, Cilt 2, Sayı:1. 49-63.
- IŞIK A., 1988.** Sulu Tarımda Kullanılan Mekanizasyon Araçlarının Optimum Makine ve Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ç.Ü. FBE, Yayın Kod No:108, Adana. 210 sayfa.
- IŞIK A., 1990.** Zamanlılık Analizleri ve Tarım Makinelerinin Seçimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1990, 5, (3):59-68.
- IŞIK, A., AKINCI, İ., SABANCI, A., SAY, S.M., 1995.** Çukurova Bölgesinde Kullanılmış Traktör Pazarı Özellikleri ve Satınalma Bedellerinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı:595-605. 5-7 Eylül, Bursa.
- IŞIK, 1998.** Tarımsal Mekanizasyon Planlaması (Basılmamış Ders Notu).
- KARŞIĞİL, 1997.** Ortak Makina Kullanım Sistemleri ve GAP Bölgesine Uygulanabilme Olanaklarının İrdelenmesi. Ç.Ü.Z.F. Tarım Makinaları ABD Seminerleri, No:97/7.
- KAY, R.D., 1981.** Farm Management. Tosho Printing Co., Ltd. Tokyo, Japan.370 pages.
- KEPNER R.A, R. BAINER, E. L. BARGER, 1980.** Principles of Farm Machinery. AVI, Rub. Cop., Inc, Westpark, Co, USA.
- ÖKURSOY, R., 1996.** Optimum Land Size Determination for Sugar Beet Mechanization in Türkiye. Agric. Mech. in Asia, Africa and Latin America. AMA. Vol.26, No:4, 53-55.
- ÖKURSOY, R., 1999.** Makinalı Tarımda Alan Kayıpları ve Optimum Makina İşlem Zamanları ile Uygun Parsel Büyüklüklerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Bilgisayar Programının Geliştirilmesi. U.Ü.Z.F. Araştırmalar ve İncelemeler No:21. 55 sayfa.
- ÖZGÜVEN, F., 1982.** Çeşitli İş Makinalarıyla Tarla Başı Dönüşlerde İşletme Karakteristiklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü.F.B.E., Doktora Tezi, Adana.

- ÖZKAN, E., EDWARDS, W., 1983.** Machinery Management with Microcomputers. ASAE Paper No: 83-1028 ASAE, St. Joseph, Michigan 49085.
- PENG, W., 1997.** Risk Analysis of Adopting Conservation Practices on a Representative Peanut-Cotton Farm in Virginia. MSc. Thesis, Agricultural and Applied Economics, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, State University. 276 pages.
- SAY, S.M., 2001.** Biçerdöverle Hasatta Biçerdöver Çalışma Güvenilirliğinin Belirlenmesi Ve Park Planlaması Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü. FBE. Doktora Tezi. 157 sayfa.
- SINDIR, K.O., 1999.** Tarımda Makine Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Daire Başkanlığı, Ankara. 91 sayfa.
- TEZER, E., A. SABANCI, 1997.** Tarımsal Mekanizasyon 1. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:44 Ders Kitapları Yayın No:A-7, Adana. 166 sayfa.
- VON BARGEN, K., 1979.** Machinery Size vs Cost. Presented at a Conference "Managing Agricultural Technology for Profit". February 13-15, Alberta, Canada. 14 pages.
- WHITNEY, B., 1988.** Choosing and Using Farm Machines. Longman Scientific and Technical Longman Group. 411 pages.

6.

TARIMSAL MEKANİZASYONDA ERGONOMİ VE İŞ GÜVENLİĞİ

6.1. Genel

Üretim artışı sağlamak için insan işinin pek çoğunu makinalara devreden modern tarımın, mekanizasyon ilkeleri dikkate alınmadan ekonomik ve başarılı olması düşünülemez. Mekanizasyonun ilk ve temel amacı üretim artışına destek sağlamaktır. Ancak, bu artış insan işini kolaylaştırıp zevkli hale getirmeden gerçekleştirilemez.

Teknolojik gelişim, gerçekten insanın fiziksel işlerini azaltarak üretimi hızlandırmaktadır. Teknolojik gelişime paralel olarak insana duyulan gereksinim azalır gözükmese de, insan işinin niteliği artmaktadır. Diğer bir ifadeyle, üretim içindeki insanın daha yetenekli, becerili olması gerekmektedir (Bridgers, 1995). Oysa, insanın beceri ve yetenekleri sınırlıdır. Bu nedenle mekanizasyon düzeyi yükseldikçe üretimde kullanılan makinaların iş başarısını yükseltmek için bu makinaların insan özellikleri dikkate alınarak tasarlanması zorunlu hale gelmektedir. Aksi halde, bir yandan yetenekleri dışında zorlanan insan, mesleki hastalık ve kazalarla karşı karşıya kalırken, diğer yandan sistemden beklenen iş başarısı gerçekleştirilememektedir. Nitekim bugüne değin birçok ülkede yapılan araştırmalar; tarımsal mekanizasyonla ilgili olarak, örneğin traktör kazalarının, bu kazalarda ölü ve yaralı oranlarının çok önemli boyutlarda olduğunu göstermektedir. Ayrıca, traktör sürücülerinin; sırt, omuz, mide ve dizlerinde sürekli ağrılar şeklinde ortaya çıkan sağlık sorunları ile kulak işitme yeteneği kayıpları, akciğer hastalıkları gibi birçok hastalığın etkisi altında çalıştıkları bilinmektedir (Sabancı, 1981). Ayrıca tarımsal mekanizasyon ile ilgili kazalar sadece traktörle sınırlı değildir.

Teknolojik gelişime paralel olarak, tarımsal mekanizasyon uygulamalarında farklı özellik ve çeşitte birçok makinanın kullanılması kaçınılmaz bir gereksinimdir. Yukarıda özetlenen bu sorunların azaltılması veya çözümlenmesi için bugüne değin insan-makina ilişkilerini konu edinen ergonomi bilim dalının ürettiği bilgi birikiminden yararlanmak bir zorunluluktur.

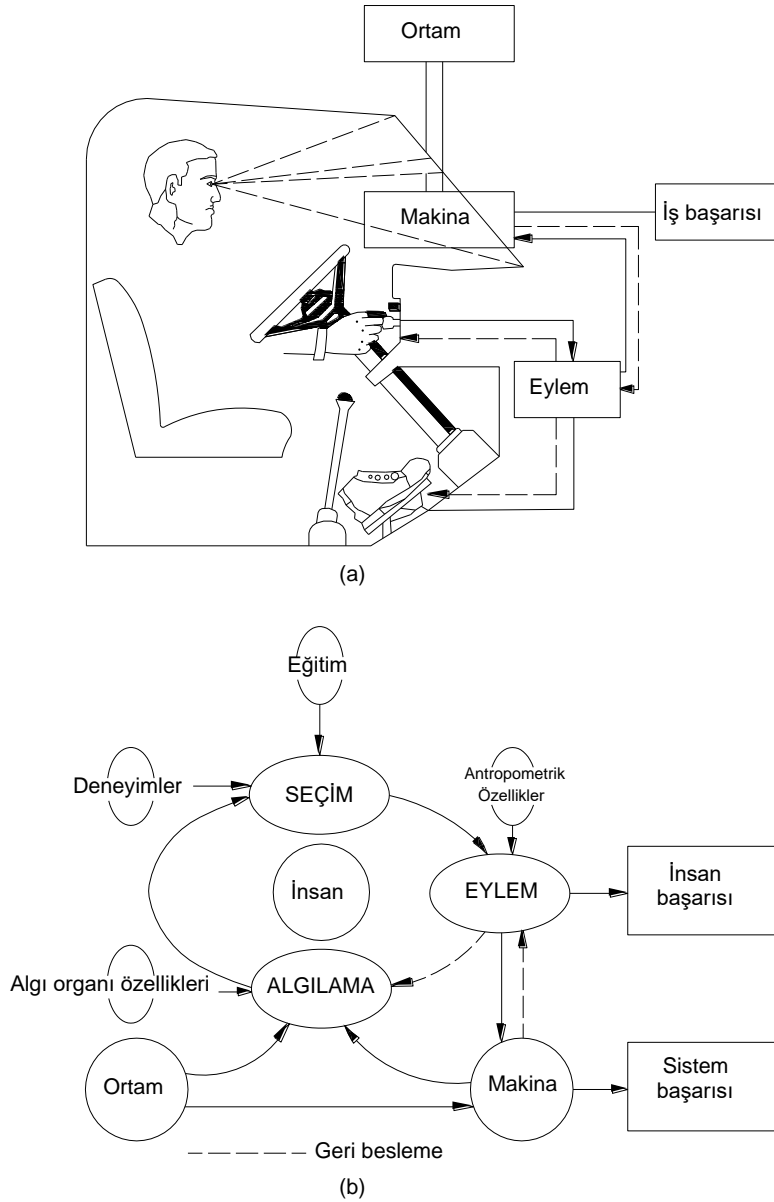
Ergonomi; insan makina özellikleri ve bu özelliklerin birbirine uyumunu araştırarak. sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarını ortaya koyan bir bilim dalıdır.

6.2. insan Makina ilişkilerinde Ergonomik Yaklaşım

Teknolojik gelişimin, üretim sistemlerinde insan işinin karakterini değiştirdiği daha önce belirtilmiştir. Bu gelişime paralel olarak insan iş yükünün azaldığı söylenebilir. Ancak, insan iş yükünün azalmadığı, azalan fiziksel yüklerin, zihinsel yüke kayarak arttığını söylemek daha doğru olacaktır. Çünkü, üretim için insana duyulan gereksinim nicelik olarak azalırken, nitelik olarak artış göstermektedir. Makinalı bir üretim sistemindeki sorunlara ergonomik yaklaşım, Şekil 6.1a'da görülen bir model üzerinden aşağıdaki gibi açıklanabilir. Şekilde görüldüğü gibi, makina kullanan insan makina ve ortamdan gelen sürekli bir bilgi akışı altında çalışır. Algı organları ile dış ortamdan algılanan bu bilgiler, merkezi sinir sistemi aracılığı ile el, kol ve vücudun farklı organlarınca bir eylemle dönüştürülerek yanıtlanır. Alınan bilgiye verilen yanıt ne denli uygunsa, sistemin başarısı da o denli yüksek olacaktır. Yanıtların uygunluğuna veya sistemin iş başarısına, ortam ve makinadan gelen bilgi sinyallerinin boyutları yanında, insan özellikleri de etkilidir.

Şekil 6.1b'de görüldüğü gibi bir üretim sistemi **insan-makina-ortam** gibi üç temel ögeden oluşmaktadır. Ortam özellikleri insanı etkilediği gibi makinayı da etkilemekte, ortam ve makinadan gelen bilgiler, insan algı organlarınca alınmaktadır. Algılanan bilgiler daha sonra merkezi sinir sistemine iletilmekte, merkezi sinir sistemi alınan bilgilere en uygun yanıtı hazırlamaktadır. Bu işleme seçim işi denir. Algılama ve seçim, insanda bir zihinsel yük yaratır, seçimin uygunluğuna ve yüküne, insanın o zamana değin kazandığı deneyimler ile eğitim etkilidir. Yapılan seçimin uygulanması, sinir

sistemi, iskelet ve kasların yardımı ile el, kol ve vücudun değişik hareketleriyle eylem haline dönüştürülerek gerçekleştirilir. Yapılan eylem insanda bir fiziksel yük oluşturur. Eylemin yapılmasında insan özellikleri açısından en büyük etken, antropometrik özelliklerdir.



Şekil 6.1 İnsan-makine ilişkilerinde temel ergonomik yaklaşım (Tezer ve Sabancı, 1997)

Algılama, seçim ve eylemin başarısı, insan iş başarısını, insan iş başarısı sistemin diğer özelliklerine bağlı olarak makinalı üretim sistemin iş başarısını ortaya çıkarır. Görüldüğü gibi insanı yoran ve enerji tüketimine yol açan yükler sadece fiziksel yükler değil bugünkü teknolojik gelişimin gereği olarak aynı zamanda zihinsel yüklerdir. Bir makina kullanıcısının fiziksel ve zihinsel yükleri ölçülebilir ve ölçülen bu değerler, makina özelliklerinin ergonomik açıdan değerlendirilmesinde kullanılabilir.

6.3. Tarımsal Mekanizasyon ve Ergonomik Etkenler

Yukarıda açıklandığı gibi makinalı bir çalışma sisteminin başarısı sadece makinaya değil, aynı zamanda bu makinayı kullanan insan ve her ikisini de içinde bulunduran ortam özelliklerine bağlıdır.

Bu nedenle tarımsal mekanizasyonda ergonomik etkenler:

- İnsan özellikleri ile
- Ortam ve makina özelliklerine

ilişkin olarak 2 bölüm altında incelenmektedir.

6.3.1. İnsan Özelliklerine İlişkin Ergonomik Etkenler

Üretim içerisinde işlevselliğini sürdüren sistem elemanlarının kapasitelerine uygun yükleme yapılması üretimin sürekliliği ve sistem elemanlarının işe uygunluklarını devam ettirebilmeleri için son derece önemlidir. Örneğin, herhangi bir elektrik devresinin güvenliği için devrede sigorta bulunmakta, devrenin fazla yüklenmesi halinde sigorta devreyi keserek, sistem elemanlarının zarar görmesini önlemektedir. Benzer şekilde makinalarda birtakım uygulamalarla güvenlik altına alınmıştır. Fakat, insanda elektrik devresini kesen sigortaya benzer etkin bir koruyucu bulunmamakta, kısa süreli çalışmalarda normal kapasitesinin çok üstünde yüklenebilmektedir. Normal kapasitenin üzerindeki yüklemelerin belirli bir sürenin üzerinde devam etmesi durumunda yapılan işte aksaklıklar, yanlışlıklar oluşmaya başlamakta ve bir süre sonra insan işlevselliğini kaybetmekte, sağlık ve güvenlikle ilgili problemler ortaya çıkmaktadır. Olası olumsuzlukların ortadan kaldırılması ve uygun önlemlerin alınabilmesi için en azından insan özelliklerinin genel hatlarıyla bilinmesi gerekmektedir (Sabancı, 1996). İnsan özellikleri; fiziksel, fizyolojik ve psikolojik olmak üzere üç bölüm altında incelenebilir.

6.3.1.1. insanın Fiziksel Özellikleri

İnsana ait fiziksel özellikler, kolayca değişmeyen boyu ve ağırlığı gibi makina özellikleri ile kıyaslanabilecek özellikler olduğu kadar; geliştirilebilen kuvvet ve güç, yanıtlama süresi, vücut ölçüleri, yaş ve insan algı organlarının özellikleri olarak da sıralanabilir. Bunlardan insanın geliştirdiği kuvvet genel olarak kütlesi ile orantılıdır ve bu oran kütlesinin %45-50'si kadardır. İnsanın geliştirebildiği sürekli güç ise 0.1 BG dolayındadır. İnsanın geliştirebildiği kuvvet ve güç; alınan besin maddelerine, adalelerin boyut özelliklerine, kan ve solunum miktarı ile yapılan işin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Sabancı, 1999).

İnsana ortam ve makinadan gelen uyarıların; algı organı merkezi olan sinir sistemi ve adale arasındaki ulaşım süresi yanıtlama süresi olarak tanımlanmaktadır. Normal bir insanda bu süre makinaların yanıtlama süresi ile kıyaslanmayacak kadar uzundur. Ortalama 1/3 saniye olan bu süre örneğin, traktörün arkaya devrilmekte olduğunu anlayan sürücünün gerekli önlemleri alması için yeterli bir süre değildir. Bu yanıtlama süresi özellikle kuyruk mili gibi daha hızlı çalışan makina parçalarıyla ilişkili oluşacak olumsuz bir durumdan korunmak için verilebilecek tepki açısından oldukça uzun bir süredir.

İnsanın yanıtlama hızı; yorgunluk, ilaç ve alkol kullanım, zihinsel uğraşı ve panik ortamlarında daha da azalmaktadır.

İnsan vücut ölçülerinin, yapılacak işin çeşidine göre uygunluğu değişim göstermektedir. Örneğin bir basketbol oyuncusu için uzun boy bir jokey için ise kısa boylu olmak önemli avantajlar getirmektedir. Ancak, bu iki ekstrem örnek dışında hiçbir insanın tüm boyutlarıyla bir işe uygunluğu da düşünülemez. Bu nedenle, makinaların insan boyutlarına göre ayarlanması istenir. Örneğin, traktör oturaklarının farklı kütle ve boyutlara sahip sürücülere göre ayarlanabilir olması, farklı antropometrik ölçülere sahip sürücülerin aynı etkinlikte çalışmasını sağlayacaktır.

İnsanın fiziksel işbaşarıları üzerinde yaşın etkisi büyüktür. Fiziksel olarak insan iş yeteneği 25-30 yaşlarında maksimum düzeye ulaşır. Diğer bir ifadeyle, insan fiziksel olgunluğa bu yaşlar arasında ulaşmaktadır. Bu yaştan sonra fiziksel yetenekler azalmaya başlarken, karar verme ve deneyim

kazanma gibi zihinsel yeteneklerin artışı devam etmektedir. Zihinsel yetenekler de çoğunlukla 55-70 yaşları arasında, adale güçsüzlüğü ve yanıtlatma süresindeki gerilemeler ile solunum, kalp ve damar yetersizliklerine bağlı olarak azalmaya başlamaktadır.

Ergonomik yaklaşımla 5 algı organı arasında insan algı organları açısından bir değerlendirme yapıldığında, görme ve işitme organlarının işlevselliğinin diğerlerine kıyasla çok daha önemli olduğu bilinmektedir.

Örneğin insanın yaptığı işlerin %90'ının denetlenmesi için göze ihtiyaç duyulmaktadır. Bu denli işlevsel olan gözün işlevlerini başarıyla yapabilmesi için çalışma yerinde; yeterli bir aydınlatma, cismin görünür boyutlarda olması, çalışan cisim ile arkasındaki ortam arasındaki renk farklılığı, uygun bakış açısı ve uygun uzaklık gibi optimum koşullara gereksinim bulunmaktadır.

Bu koşulların uygun olmaması, gözün kısa sürede yorulmasına baş ağrılarına, genel yorgunluk haline ve göz kusurlarının oluşmasına, bunların sonucunda da iş kazalarına neden olabilmektedir.

İşitme kayıpları, diğer algı kayıplarına göre daha yavaş oluşan, etkileri yıllar sonra ortaya çıkabilen bir olumsuzluktur.

Ses desibel birimi ile ölçülür. 140 dB kulak için sancı eşiği, 90-110 dB traktör gürültü düzeyi, 15-20 dB insan ses algılama eşiğidir. Kulak tarafından algılanabilen sesler 20-20.000 Hz arasında bulunmaktadır. Kulak için en büyük duyarlılık 1-4 kHz arasındadır. Nitekim, yapılan çalışmalar işitme kayıplarının 1 kHz üzerinde başladığını, 4 kHz dolayında ise maksimum değerlere ulaştığını göstermektedir.

6.3.1.2. insanın Fizyolojik Özellikleri

İnsan vücudu, belirli fizyolojik özelliklere sahiptir. Bu özelliklerden en önemlileri; kas gerilimi, metabolik işverimi ve hastalıklara karşı direnç şeklinde özetlenebilir. İnsandaki özelliklerin boyutları insandan insana, hatta aynı insanda günden güne ve gün içinde değişim göstermektedir. Bu değişimde rol oynayan en büyük etkenler; yorgunluk, hastalık ve olumsuz ortam koşullarıdır. Bunlardan yorgunluk; işin monotonluğuna, uzun süreli çalışmaya, hastalık ve besin maddesi eksikliği gibi nedenlere dayanmaktadır. Genel olarak yorgunluk sonucunda adale kasılması ve krampları gibi tipik

olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Bilindiği gibi insan yaptığı işler için gerekli enerji, adalelerdeki kimyasal enerjinin mekanik enerjiye dönüşümü ile sağlanmaktadır. Bu dönüşümde, kan sirkülasyonu ve solunum, önemli rol oynayan iki etkidir. Yorularak kasılan adaleler bu görevlerini yerine getiremediğinden işbaşarı da düşmektedir. Adale yorgunluğu insan kapasitesini belirleyen bir çeşit güvenlik ölçütüdür. Bu ölçüte dikkat edilmeden, sınır değerlere ulaşıldığı halde çalışmaya devam edilirse, denetim ve dikkat azalmasına bağlı olarak yanlışlıkların sayısı artmakta, iş kazaları için olumsuz ortam koşulları oluşmaktadır. Hastalığın tip ve şiddetine göre insan yetenek ve iş başarısı üzerindeki olumsuz etkilerin boyutlarında değişmektedir. Ancak, her koşulda hastalığın makina kullanımına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Soğuk algınlığı, baş ağrısı gibi küçük rahatsızlıklarda dahi iş başarısında azalma, hatalarda artış, ve iş kazası riski söz konusu olmaktadır. Çünkü, bahsedilen rahatsızlıklar sonucunda refleksler zayıflamakta, insanın zamanlı hareketinin engellenmesiyle karar verme yeteneğini azalmaktadır. Daha ciddi rahatsızlıklarda ise insanın yatakta dinlenmesini gerektiğinden iş başarısı üzerindeki olumsuz etkiler daha belirgin olmaktadır. **Titreşim, gürültü, sıcaklık, nem, kimyasal maddenin varlığı (ilaç)** gibi ortam koşulları insan fizyolojik özelliklerini önemli oranda etkilemektedir. Ancak, bugünkü yaşam standartları altında bu tip ortamlar ile insan ilişkisinin kesilmesi olası değildir. Örneğin, modern tarımda üretim artışı için bir takım toz, gaz, sıvı ilaç ve gübre kullanımı zorunludur. Buna ilaveten ilaç ve gübreler, titreşim ve gürültü yaratan bazı makinalarla uygulanabilmektedir. Bu olumsuz ortam koşulları genel olarak insanın kan basıncını, sinirsel gerilimini, denge durumunu, refleks süresi gibi fizyolojik özelliklerini olumsuz etkileyerek, insan sağlığını bozmakta, iş başarısını düşürmektedir.

6.3.1.3. İnsanın Psikolojik Özellikleri

Makina ile çalışan bir insanın sağlık, güvenlik ve iş başarısına, insanın psikolojik özelliklerinin de önemli etkileri vardır. Makina ile insan özellikleri arasındaki en önemli farklılık insanın psikolojik özellikleri ve bu özelliklerdeki değişimin farklı koşullarla olan bağlantısıdır. Çünkü, makinadan farklı olarak insan, zaman zaman heyecanlanır, duygulanır ve bu psikolojik değişkenlik iş başarısını doğrudan etkilemektedir.

İnsanda psikolojik sorunların nedenleri; personel uyuşmazlığı, üzüntüler, ailevi sorunları, meslek sorunları, ekonomik zorluklar ve güvensizlik şeklinde özetlenebilir. Sayılan bu psikolojik sorunlar, kişide: kırgınlık, öfke, üzüntü, isteksizlik, tembellik şeklinde ortaya çıkmakta ve sonuçta iş ve çalışma koşulları olumsuz etkilenmektedir. Örneğin, normal zamanda kolaylıkla yapılan bir iş üzüntülü ve sınırlı iken yapılamaz olabilmektedir.

6.3.2. Ortam ve Makine Özelliklerine İlişkin Ergonomik Etkenler

Makinalı üretim sistemlerinde insan, kapalı ya da tarımsal üretimde olduğu gibi açık doğal ortamlarda faaliyetlerini yürütmektedir. Gerek çalışma ortamı, gerekse bu ortam içerisinde makinanın neden olduğu bazı olumsuzluklar, üretim sisteminin iş başarısı ve güvenliğini etkilemektedir. Bu nedenle, insanı merkeze alan ve olası bütün etkiler ile bu etkilerin düzeylerini irdeleyen sistematik bir yaklaşımla, istenen verimin alınacağı koşulların bilimsel verilerle ortaya konması oldukça önemlidir.

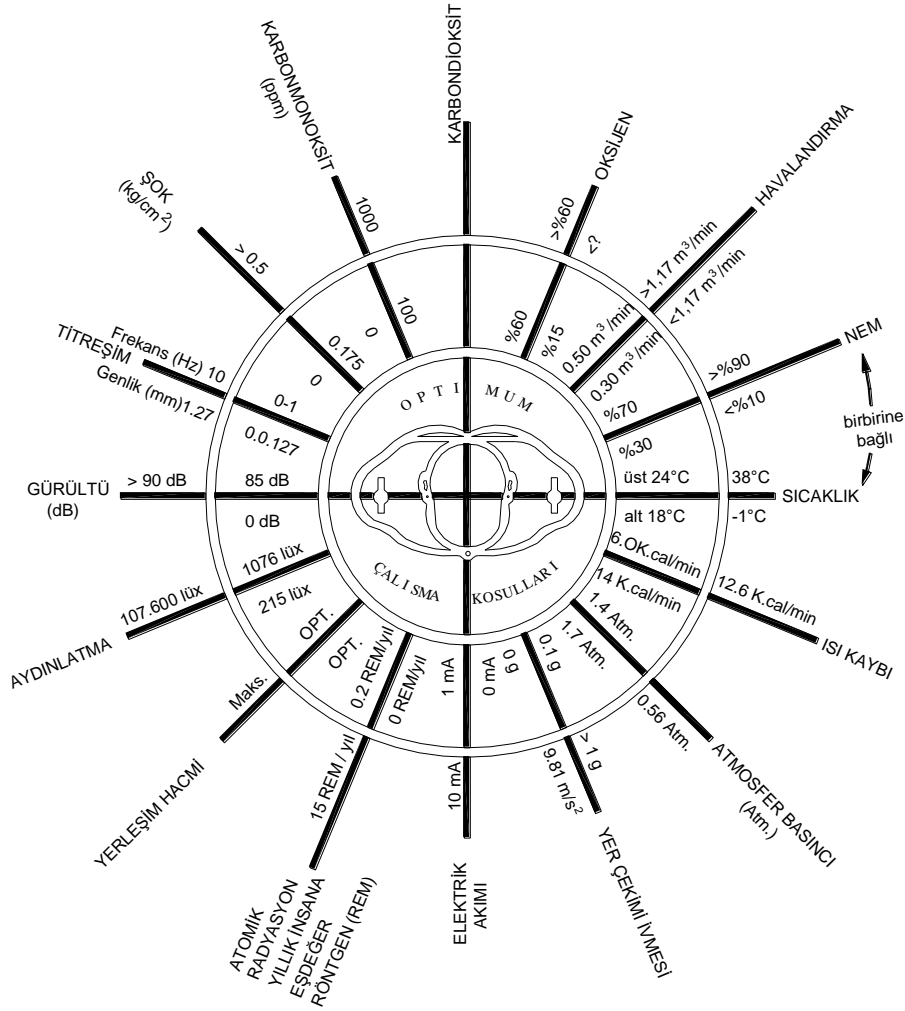
Kapalı veya açık ortamlarda çalışmada bir üretim sistemini etkileyen bazı özellikler ile bu özelliklerin ergonomik açıdan optimum ve maksimum değerleri (Şekil 6.2'de) gösterilmiştir.

Şekilde genel olarak bir çalışma ortamında bulunabilecek belli başlı 16 etkenin ergonomik yönden optimum ve maksimum değerleri verilmiştir. Bu etkenler, ortamdan ya da çalışılan makinadan kaynaklanabilmektedir. Ortam ve çalışan makinanın ortak etkilerinin de olabileceği unutulmamalıdır. Şekilde ortada yer alan daire içindeki değerler optimum, dışındaki değerler ise maksimum sınırları göstermektedir.

Tarımsal mekanizasyonda ergonomik yönden incelenmesi gereken ortam ve makina özellikleri:

- Sıcaklık ve nem,
- Titreşim,
- Gürültü,
- Zehirli gaz ve tozlar ile
- Yerleşim özellikleridir.

İzleyen bölümde bu özellikler genel hatlarıyla sırasıyla incelenecektir.



Şekil 6.2 Çalışma ortamında insana etkili faktörler ve ölçütleri (Sabancı, 1981)

6.3.2.1. Sıcaklık ve Nem

İnsanın çalışabileceği optimum ortam sıcaklığı 18-24°C arasında değişmektedir. 24°C'nin üzerinde fiziksel yorgunluk başlamakta, 10-30°C dışında zihinsel etkinlikler ile el kuvvet uygulama yeteneği ve dokunma duyarlılığı azalmaktadır. Aynı şekilde insan çalışma ortamında optimum hava nemi %30-70 arasında olmalıdır. %10-%90 nemli hava ile 0-38°C sıcaklığa sahip ortamlarda etkin ve verimli bir çalışma mümkün olmamaktadır.

İnsanın bir biyolojik yapı olarak ortama uyma yeteneği son derece

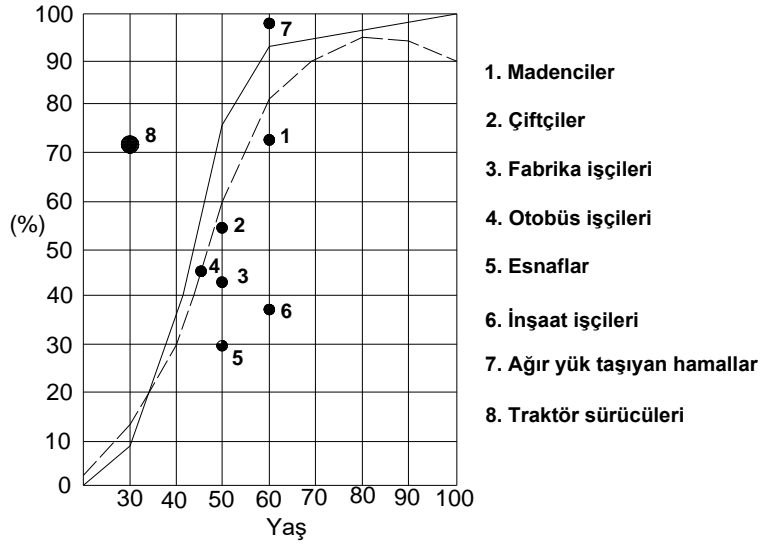
yüksektir. Örneğin, normal koşullarda 0.1 BG'lük güç geliştirebilen insan, birkaç saniye gibi çok kısa süreli çalışmalarda 1 BG'ne kadar güç geliştirebilmektedir. Normal yaşamsal fonksiyonlar için maksimum ortam sıcaklığı 30°C olmasına karşın, Çukurova ve Güneydoğu Anadolu gibi yaz ayları çok sıcak geçen bölgelerde, güneş altında sıcaklığın 45-50°C'ye, hava neminin %95'in üzerine çıktığı koşullarda tarım işçilerinin sınırlı iş başarıları düzeylerinde çalıştıkları sıklıkla rastlanan bir durumdur.

6.3.2.2. Titreşim

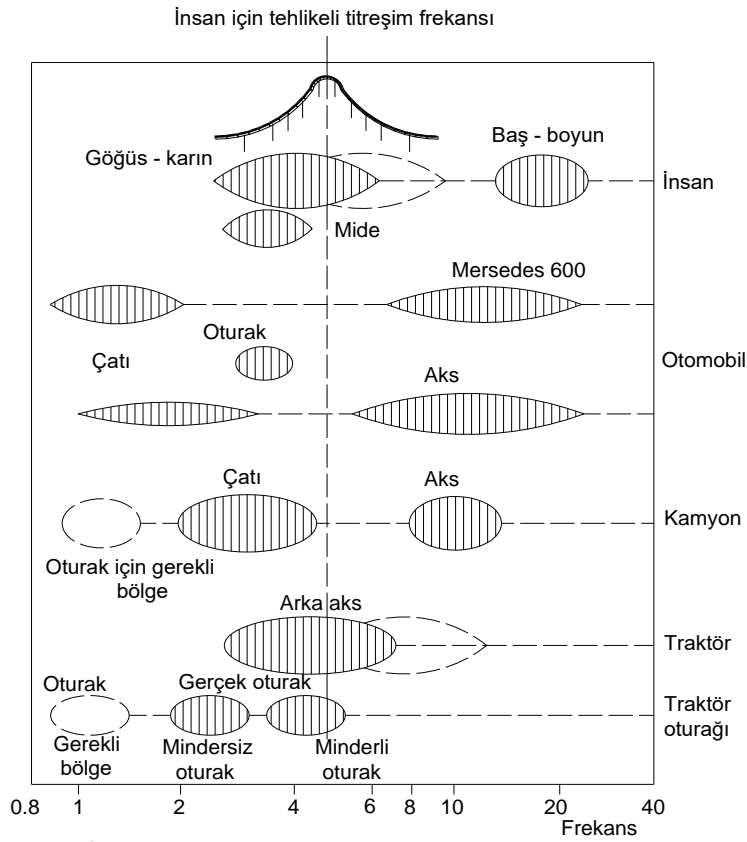
Tarımsal mekanizasyonda traktör ve biçerdöver gibi kendi yürür tarım makinalarının kullanımında, çalışılan zemin ve çalıştırılan tarım makinasının çalışma özelliklerine de bağlı olarak belirli değerlerde titreşim oluşmaktadır. Titreşim, operatörlerde ciddi boyutlarda omurga ve mide rahatsızlıklarına neden olabilen zararlı etkilerinin giderilebilmesi için gerekli önlemlerin alınması gereken olumsuz bir etkidir. Özellikle uzun yıllar traktör kullanan kişilerde meslek hastalığı kapsamına giren bel rahatsızlıkları söz konusu olmaktadır. Şekil 6.3'de traktör sürücülerindeki titreşim etkilerinin boyutları bir araştırma sonuçlarına dayalı olarak gösterilmiştir.

Şekilde incelendiğinde, 20-29 gibi çok genç yaştaki traktör sürücülerinin % 71'inde ortaya çıkan omurga deformasyonlarının, diğer mesleklerde hem yaş hem de oransal olarak bu denli olumsuzluk yaratmadığı gözlenmektedir. Örneğin, maden işçilerinde yaklaşık 51 yaşında % 70 oranında gerçekleşen bu rahatsızlık, otobüs şoförü, fabrika işçisi ve inşaat işçilerinde sırasıyla 40-45-51 yaşlarında ve oransal olarak daha küçük değerlerde gerçekleşmektedir.

Traktör gibi araçları kullananlarda bu olayın nedeni, insan vücudunun titreşim frekansları ile makina titreşim frekansları arasındaki benzerlik yani rezonans olayının oluşmasıdır. Şekil 6.4'de görüldüğü gibi insan organlarının titreşim frekansları 4 Hz'de maksimum değerlere sahiptir. Benzer şekilde traktör titreşimleri de aynı aralıkta maksimum değerlere sahip olmaktadır. Rezonans adı verilen kontrol altına alınamayan aşırı titreşim bahsedilen bu koşullar altında oluşmaktadır.



Şekil 6.3 Farklı mesleklere göre oluşan omurga bozuklukları (Rosegger ve Rosegger, 1960)



Şekil 6.4. İnsan ve taşıtlar için rezonans frekansları (Sabancı, 1981)

Ortam ve makinadan kaynaklanan titreşimler sonucunda, sürücünün yönlendirme yeteneği ile solunum sistemi olumsuz etkilenmekte, ayak ve el ile geliştirilebilecek kuvvet değerleri azalmaktadır.

Titreşimin bu olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılması için önerilen ilk önlem, titreşimi azaltacak yalıttır. Ancak tarım makinalarında çalışma koşulları ve makinaların genel özellikleri nedeniyle titreşim yalıtımında önemli sorunlar bulunmaktadır.

6.3.2.3. Gürültü

Arzu edilmeyen sesler olarak tanımlanan gürültü, makina kullanıcısı üzerinde önemli olumsuz etkilere sahiptir. Gürültü düzeyi artışı ile birlikte insanın kalp atış hızı da artmaktadır. Kalp atış hızının artışı, insanın enerji tüketiminin artışının bir belirtisidir. Dolayısıyla gürültü etkisiyle yorgunluk artmakta iş başarısı düşmektedir. Uzun ve sürekli gürültü etkisi altında çalışma durumunda, insanın fizyolojik özellikleri yanında, fiziksel özellikleri de etkilenmekte sonuçta insan işitme yeteneğini azaltmakta daha ileri düzeyde sağırlık meydana gelmektedir.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre, traktör gürültüsünden dolayı sürücülerde işitme kayıplarının çok olağan olduğu belirtilmektedir. Traktörle 1-2 yıllık düzenli çalışmanın ardından işitme kayıplarının kaçınılmaz olduğu saptanmıştır. Ayrıca gürültünün, traktör sürücülerinde yönlendirme yeteneğini azalttığı ve zihinsel yükü önemli düzeyde arttırdığı bilinmektedir. Uluslararası çalışma örgütü (ILO) tarafından saptanan gürültülü ortamlarda iş veriminde düşmeye neden olmadan ve sağlık sorunlarıyla karşılaşmadan maruz kalınabilecek maksimum çalışma süreleri, gürültü düzeyine bağlı olarak Çizelge 6.1 'de verilmiştir.

Tarla çalışmalarında ölçülen traktör gürültü düzeyleri traktörlerin kabinli ve kabinsiz oluşuna göre 90-110 dBA arasında değişmektedir. Tamamı sınır gürültü düzeyinin üzerinde olan bu değerlerin azaltılması için ses ve titreşim yalıtımı iyi yapılmış kabinler ile filtreli kulaklıklar uygulamada kullanılan yaygın önlemlerdir. Kabinler traktör sürücü alanına ulaşan gürültü düzeylerini 2-10 dBA arasında azaltabilmektedir. Tarımsal mekanizasyonda kullanılan motorlu testerelerin gürültü düzeyi genellikle 110-120 dBA gibi çok yüksek değerler arasındadır. Bu makinalarda titreşim sorunu da büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 6.1. Gürültülü Çalışma Yerlerinde Çalışma Süresi Sınırları (ILO, 1977)

Günlük Çalışma Süresi, h	Ses Düzeyi, dBA
8	90
6	92
4	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25	105

6.3.2.4. Zehirli Gaz ve Tozlar

Tarımsal üretimde söz konusu zehirli gazlar çoğunlukla; termik motor eksoz gazlarından, kimyasal gübre ve ilaçlardan (fungusit, herbisit) ve depolanmış yeşil bitkilerden kaynaklanmaktadır. Kapalı veya açık tarımsal çalışma ortamlarında değişik düzeylerde karşılaşılan bu gazlar tarımsal mekanizasyon içinde ele alınması gereken önemli ergonomik faktörlerdir. Termik motorlardan kaynaklanan zehirli gazlar; karbon ve azot oksitleri ile yanmamış hidrokarbonlardır. Bunlardan herbiri insan sağlığını dolayısıyla iş güvenliğini olumsuz yönde önemli derecede etkilemektedir.

Bunlardan en önemlisi olan karbonmonoksitin etkileri, çalışma süre ve şekline bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, çalışma sırasında 10 ppm'lik CO konsantrasyonunun söz konusu olduğu bir ortamda, 6-7 dakikalık bir çalışmada herhangi bir belirtiyeye rastlanmamaktadır. Buna karşın aynı koşullar altında, 15 dakikalık çalışma sonucunda baş ağrısı, 30 dakika sonra baş dönmesi, mide bulantısı, halsizlik, bir saat sonra ise ölüme kadar varan etkiler gözlenebilmektedir. Çalışılan ortamda 1 ppm'den (milyonda bir parça) fazla CO gazı olmaması sağlık açısından oldukça önemlidir. Diğer gazlar sözkonusu olduğunda ise, azotmonoksit için 25 ppm, azotdioksit için 5 ppm sınır değerleri geçerlidir.

Bunlardan karbon gazları otto motor, azot oksitleri ise diesel motor eksoz gazında bulunmaktadır. Ayrıca bu gazlar silaj kuyusu ve yeşil yemlerin depolandığı ortamlarda oluşmakta ve bulunmaktadır. Ayrıca, yeşil yem, hububat ve hayvan barınaklarındaki bitki artıklarının işlenmesi sırasında ortaya çıkan ve havaya karışan biyolojik toz; göz, akciğer ve deride sağlık

sorunları yaratmaktadır. Sera, silo, ambar gibi kapalı çalışma yerlerinde ve yalıtımsız kabinlerde bu tip zehirleyici gaz ve tozların etkinliği önemlidir. Bu tip sorunların çözümü için, motorda yapılacak yapısal değişiklikler ile bu ortamlarda havalandırma filitreli maske kullanımı en etkin yöntemler arasında sayılabilir.

6.3.3. Sürücü ve Denetim Organları Yerleşimi

Buraya kadar sayılan ve etkilerinden bahsedilen ortam özelliklerinin makinadan veya ortamdaki kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bunların dışında, makina ile doğrudan ilgili ergonomik değerlendirmelerden bir diğeri, kullanılan makina denetim organlarının sürücüye göre konumu ve yerleşimidir. Bir makinada denetim organlarının uygun yerleşiminde; *kullanıcı konumu, denetim organları tasarımı ve denetim organlarının yerleşimi* gibi konular dikkate alınmaktadır (Bottoms, 1980).

Bir makinayı kullanan kişinin, kullanım sırasındaki konumu, makine denetim organlarının yerleşimi ile doğrudan ilgilidir. Bir makina kullanıcısı makinayı, ayakta veya oturarak çalıştırmak durumunda kalabilmektedir. Bunlardan ayakta çalışma, kullanıcının ayakta durarak veya yürüyerek her an her yönde hareketine olanak sağlayan bir konumdur. Diğer bir ifadeyle, kullanım sırasında yürüme gerektiren işlerde zorunlu olarak kullanılmaktadır.

Yorgunluğun daha uzun sürede ortaya çıkması nedeniyle, oturarak çalışma, ayakta çalışmaya kıyasla uygulamada çok daha fazla rastlanan bir durumdur. Oturarak çalışmada kullanıcı, elleri ile daha duyarlı, ayakları ile daha ağır işleri uzun süre yapabilmekte, kullanıcının dengeliliği artmakta ve iki ayak birden kullanılabilir. Oturarak çalışmada kullanıcı, elleri ile daha duyarlı, ayakları ile daha ağır işleri uzun süre yapabilmekte, kullanıcının dengeliliği artmakta ve iki ayak birden kullanılabilir.

Oturarak çalışmada kullanıcı, elleri ile daha duyarlı, ayakları ile daha ağır işleri uzun süre yapabilmekte, kullanıcının dengeliliği artmakta ve iki ayak birden kullanılabilir. Oturarak çalışmada kullanıcı, elleri ile daha duyarlı, ayakları ile daha ağır işleri uzun süre yapabilmekte, kullanıcının dengeliliği artmakta ve iki ayak birden kullanılabilir.

Oturarak çalışmada kullanıcı, elleri ile daha duyarlı, ayakları ile daha ağır işleri uzun süre yapabilmekte, kullanıcının dengeliliği artmakta ve iki ayak birden kullanılabilir. Oturarak çalışmada kullanıcı, elleri ile daha duyarlı, ayakları ile daha ağır işleri uzun süre yapabilmekte, kullanıcının dengeliliği artmakta ve iki ayak birden kullanılabilir.

Bir makina kullanıcısı, makinayı çalıştırırken sürekli denetim organları ile ilişki içindedir. Bu nedenle, denetim organlarının sürücü gereksinimine uygun; hacim, kuvvet ve kullanım frekanslarına göre seçimi gereklidir. Seçimde dikkate alınan temel ilkeler şu şekilde özetlenebilir (Tezer ve Sabancı, 1997):

- 1-Hızlı ve duyarlı kullanım gerektiren denetimlerde el kullanılmalı,
- 2-Büyük ve sürekli kuvvet gerektiren denetimlerde ayak kullanılmalı,
- 3-El ile denetlenecek organ sayısı 2'den çok olabildiği halde ayakla denetlenecek organ sayısı her bir ayak için 2'den fazla olmamalıdır.

Bir operatör bir makinayı kullanırken göz, el, ayak gibi üç önemli denetim organından yararlanmaktadır. Makinanın beklenen işlevi en iyi şekilde yerine getirmesinde operatörün denetim organlarını kullanma yeteneği oldukça önemli bir faktördür. Eğitim ve tecrübeyle bir dereceye kadar iyileştirilebilen denetim yeteneğinin artırılmasında diğer bir önemli faktör göz, el ve ayak için optimum ve maksimum denetim hacimlerine araç aktif yönlendirme alanında yer verilmesidir. Gerekli hacimlerin sınırları insan antropometrik özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir.

Mekanik denetim organlarının sürücü denetim hacmi içerisine yerleşiminde, bu organların bazı özelliklerinden yararlanılmaktadır. Makina denetim organlarına ait bu özellikler; *öncelik derecesi, gruplama ve organlar arası ilişkiler* şeklinde özetlenebilir. Örneğin bir denetim organının kullanım sıklığı, yerleşim yeri seçiminde önemli bir etkidir. Benzer fonksiyonları olan denetim organları sürücü denetim hacmi içerisinde birbirine yakın şekilde gruplandırılarak yerleştirilmektedir. Örneğin traktörlerde hidrolik sistemi hareketlendiren denetim organları sürücünün rahat ulaşabileceği koltuğun arka çapraz kısmında birarada bulunmaktadır. Operatör denetim hacmi içerisine yerleşim ve tasarımda dikkate alınan diğer bir nokta, denetim organlarının iş güvenliğini tehlikeye atmayacak şekilde kolay denetlenebilir olmasıdır.

6.4. İş Güvenliği

İş Güvenliği; işlerin yürütülmesi sırasında oluşacak tehlikelerden, sağlığa zarar verebilecek koşullardan korunmak ve daha rahat bir çalışma

ortamı sağlamak amacıyla yapılan bilimsel ve sistemli çalışmalar şeklinde tanımlanmaktadır. Tanımdan da anlaşılacağı gibi iş güvenliği konusu, ergonomi kavram ve uygulamalarıyla yakından ilgilidir. Tüm insan özelliklerinin dikkate alınmasıyla ergonomik ilkelerle düzenlenmiş bütün uygulamalarda iş güvenliği konusunda etkili çözümlerin üretilebilmesi için gerekli altyapı tamamlanmış anlamına gelmektedir. İş güvenliği önlemlerinin alınmasıyla iş gücü kayıplarının azaltılması, üretimdeki aksamaların önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede, çalışanların korunması, üretim ve işletme güvenliğinin sağlanması söz konusu olacaktır. Buradan anlaşılacağı gibi, iş güvenliğinin iş kazalarının oluşumuyla yakın ilişkisi bulunmaktadır. İş kazalarının, iş verimini düşüren zaman kayıplarından, insan yaşamını tehlikeye atan ciddi boyutlara varan etkileri bulunmaktadır. Bir çok ülkede yapılan araştırmalar, tarımsal mekanizasyonda iş kazalarının önemli boyutlarda olduğunu göstermektedir.

Tarım işletmelerinde kazaya neden olan faktörler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Sabancı, 1999):

- Tarım makineleri ve traktör ile çalışmada oluşan kazalar,
- Tarım makineleri ve traktörlerin atölye veya arazide ayar bakımı sırasında oluşan kazalar,
- Diğer motorlu araçların kullanımından kaynaklanan kazalar,
- El aletleri ile çalışmada oluşan kazalar,
- Hayvanlarla yapılan uygulamalara bağlı kazalar,

ABD'de yapılan uzun yıllık bir çalışmanın sonuçlarına göre, tarımsal işletmelerde kaza olasılığının % 32 olduğu, bu kazaların % 87'sinin tarımsal mekanizasyonla ilişkili uygulamalardan kaynaklandığı bildirilmiştir. Ayrıca, kazaların sonucunda % 27 oranında büyük sakatlanmaların söz konusu olduğu belirtilmiştir.

Tarımsal mekanizasyonda iş kazalarının yapılan işlere göre gruplandırılması aşağıda özetlenmiştir:

- Traktör kazaları,
- Hasat (biçerdöver, mısır tablası vb.) kazaları,
- Bakım (çapa, ilaçlama) kazaları,

- Toprak hazırlığı, ekim-dikim kazaları,
- Taşıma (tarım arabası, su tankeri) kazaları ve
- Elevatör kazaları,

Traktörle ilgili iş kazaları en çok traktörlerin devrilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Traktör devrilmesini sırasıyla traktöre inip binme, iş makinası bağlama, sökme, diğer taşıt araçları ile çarpışma, sürücü yanında oturma ve traktör çarpması şeklinde oluşan kazalar izlemektedir. Traktörün devrilmesi sonucu meydana gelen ölümlerin oranı traktörle yapılan diğer kazalara kıyasla oldukça yüksektir.

Hasatla ilgili kazalar çoğunlukla çalışma sırasında oluşan aksaklıkların makine çalışırken giderilmeye çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Çoğunlukla hızla dönen parçalara müdahale sırasında el, kol, bacak ve giysinin kaptırılması bu tip kazaların temel nedeni olarak sayılabilir.

Tarım arabalarıyla yapılan kazaların büyük bir çoğunluğu işletme avlusunda, herhangi bir yük boşaltımı ve yüklenmesi sırasında meydana gelmektedir. Diğer alanlar olarak belirtilen % 35 'lik oranda tarım arabalarıyla yapılan tarımsal ürün, işçi veya diğer birtakım şeylerin taşınması sırasında tarla yollarında veya traktörün bir hendeğe yuvarlanma yada tümseğe tırmanması sırasında geriye doğru devrilmesi sonucunda olmaktadır.

Tarım arabaları ile yapılan kazalardaki yaralanma ve ölümlerin çoğu, arabadan düşme, arabaya inip-binme, araba durmadan atlama ve en önemlisi devrilmesi sonucunda özellikle fazla işçi taşıyorsa tekerleğin patlaması sonucunda oluşmaktadır.

Elevatör kazalarının büyük bir kısmı; elevatör çalışırken aşırı yüklenme sonucu oluşan tıkanma ve tıkanmalar ile oluşan arızanın elevatörün durdurulmadan tamir edilmeye çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Kazalar daha çok çalışanların elevatöre vücudun herhangi bir organını kaptırması veya çarptırması sonucunda meydana gelmektedir. Elevatör kazalarının çoğunluğu ölümlerle sonuçlanmakla birlikte bazen kalıcı sakatlanmalara da yol açtığı görülmekte bu durumda kişileri ruhsal bunalımlara sürüklemektedir. Bu kazaların % 75'i kazazedenin ellerine ve parmaklarına zarar vermektedir.

Gelişmiş ülkelerde dahi tarımsal mekanizasyon uygulamalarıyla ilişkili iş kazalarının nitelik ve niceliksel boyutları diğer sektörlerle kıyaslandığında

sorunun gerçekten önemli olduğu görülmektedir. Sorunun bu denli büyük olmasının temel nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Tezer ve Sabancı, 1997);

1. Tarım makinalarının çok değişik koşullarda çalıştırılıyor olması,
2. Mevsimlik çalışma dönemlerindeki farklılıklar,
3. Toprak ve iklim özelliklerindeki büyük değişimler ve,
4. Tarım makina kullanıcılarının yetersiz ve eksik eğitim düzeyidir.

İş kazalarından korunmanın en etkin yolu, gerek atölye gerekse arazi koşullarında olsun iş güvenliği ilkelerine uygun bir çalışma düzeni kurmaktır. Buna göre uygulanması gerekli çalışmalar aşağıdaki gibi gruplandırılabilir;

- 1.Mühendislik hizmetleri,
- 2.Eğitim,
- 3.Tedbir,
- 4.İkna ve Teşvik,
- 5.Kişisel uyumluluğun sağlanması ve
- 6.Disiplin

Kazaların önlenmesinde mühendislik, her geçen gün gelişen teknoloji ile önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. İş güvenliği hizmetlerinin en önemli bölümü tehlikelerin saptanmasını oluşturmaktadır. Mühendislik saptamalar ve ergonomik yaklaşımlar birlikte değerlendirilerek tarım işletmesinde iş zincirinin her halkasında etkin uygulamalar yürütülmelidir. Mühendislik yaklaşımıyla ayrıca kaza oluşmadan önce tahmin yapabilmek ve sonuçları pratiğe aktarmak oldukça önemlidir.

Eğitimin amacı, insanlara olumlu yönde davranışlar kazandırmak ve onun gelişmesine yardım etmektir. İş güvenliği eğitimi, insanların işitme, görme, duyma, tatma ve koklama duyularını işleme sokarak; *tekrarlama*, *pratik yapma* ve *konu özetlemelerle* sürdürülmekte, böylece kişisel düşünme yeteneğinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Tarımsal mekanizasyonla ilgili çalışmalarda karşılaşılabilecek riskleri içeren eğitim programları yaygınlaştırılarak uygulanmalıdır. Eğitimler kapsamında; iş çeşitliliğine göre

önlem şekil ve çeşitleri, teşvik, iş disiplini ve kişinin işe uyumunu sorgulayan yaklaşımlar ele alınmalıdır.

Büyük ölçüde çeşitlenen gereksinimlerin ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle insan-makina etkileşiminde insanın fiziksel yükleri azalırken zihinsel yükleri artmaktadır. Bu genel eğilime paralel olarak üretim artışında önemli etkisi bulunan tarımsal mekanizasyon alanında sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının korunması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu koşulların sağlanmasında, insan, makine ve çevrenin özelliklerini de birlikte değerlendiren üretimde etkinliği ve güvenliği hedefleyen ergonomik ilkelerin dikkate alınması son derece önemlidir.

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1)** Ergonominin tanımını yaparak tarımsal mekanizasyon uygulamalarıyla olan ilişkisini açıklayınız. Tarımsal mekanizasyonda en önemli ergonomik etkenleri sıralayınız.
- 2)** Çalışma ortamında, insan üzerinde etkili faktörleri sınır değerlerini vererek sıralayınız.
- 3)** Tarımsal mekanizasyonda ergonomik yönden incelenmesi gereken ortam ve makina özellikleri nelerdir?
- 4)** İş güvenliğinin tanımını yaparak tarımsal mekanizasyonda ergonomi uygulamalarıyla olan ilişkisini açıklayınız.
- 5)** Tarımsal mekanizasyon uygulamaları ile ilgili karşılaşılan kaza çeşitlerini gruplandırarak bu kazaların azaltılabilmesi için yapılması gerekenleri özetleyiniz.

KAYNAKLAR

- BOTTOMS, D.J., 1980.** Tractor Workplace Design. Paper presented at the NIAE Subject Day, Silsoe.
- BRIDGERS, R.S., 1995.** Introduction to Ergonomics. McGraw-Hill Pub. Com., New York.
- ILO, 1977.** Protection of Workers Against Noise and Vibration in the Working Environment. International Labor Office, Geneva.
- ROSEGGER, R., S. ROSEGGER, 1960.** Health Effects of Tractor Driving. Journal of Agricultural Research, 5(3), London.
- SABANCI, A., 1981.** Tarım Traktörlerinin Ergonomik Nitelikleri Üzerinde Bir Araştırma. TZDK, Tarım Makinaları Araştırma Enstitüsü, Yayın No:1, Ankara. 196 sayfa.
- SABANCI, A., 1996.** Ergonominin Temel İlkeleri (*Dr. J. Jander'ın Principles of Ergonomics kitabından çeviri*). Düzeltilmiş 2. Baskı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:142.Adana.
- SABANCI, A., 1999.** Ergonomi. Baki Kitabevi, Yayın No: 13. 592 sayfa.
- TEZER, E., A. SABANCI, 1997.** Tarımsal Mekanizasyon 1. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:44, Adana. 166 sayfa.

7.

ÖLÇME, ÖLÇÜ BİRİMLERİ VE KAVRAMLAR

7.1. Temel Tanımlamalar

Mühendislikle ilgili bütün çalışmalar için, ölçmenin işlem esasları ile bulguları ifade etmede kullanılan birimler ve birimler arasındaki ilişki ve dönüşümler temel özellikleriyle de olsa öğrenilmek zorundadır. Uluslararası birim (SI) sisteminde yer alan ve günümüzde bilimden ticarete kadar geniş bir alanda yaygın olarak bir anlamda ortak bir dil olarak kullanılan birimlerle ilgili bilgilendirmeye geçmeden önce, temel bazı kavramların ve ölçme işleminin genel hatlarıyla açıklanması gerekmektedir.

Genel anlamda nicelik (büyüklük): Fiziksel çevrede ve doğada karşılaşılan, bir oluşum, madde ve/veya cisme özgü olduğu belirlenmiş, ölçülebilir ve tanımlanabilir hale gelmiş herhangi bir özelliğe "*genel nicelik*" adı verilmektedir. Kütle ve elektriksel yük bu duruma örnek olarak verilebilir.

Özel anlamda nicelik: Belirli bir oluşum, madde ve/veya cisim için ölçülen özelliğe "*özel nicelik*" adı verilmektedir. Ayın kütlesi ve bir protonun elektriksel yükü bu durum için örnek oluşturmaktadır (Anonymous, 2007a).

Genel ve özel nicelikler, tarımsal mekanizasyon konularıyla bağlantılı olarak birlikte örneklenemez olursa; belirli devirde dönen herhangi bir cismin, bir moment etkisine (tork) sahip olduğunu ifade ederken *genel bir nicelik*, belirli bir kuyruk mili gücüne sahip bir traktörün seçilen bir kuyruk mili devri için ölçülecek moment değerini belirtirken ise *özel bir nicelikten* bahsedilmiş olur.

Fiziksel nicelik: Bilim ve teknoloji alanında yararlanılan, matematiksel eşitliklerde kullanılabilen büyüklük değerleri fiziksel büyüklük olarak adlandırılmaktadır.

Birim ölçü: Kendisiyle benzer özellikler taşıyan belirli büyüklüklerin karşılaştırmalı yani bağıl olarak ifade edilmesinde kullanılmak üzere, bir kural çerçevesinde tanımlanmış ve genel kabul görmüş, özel fiziksel bir büyüklüğe birim adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle, herkesçe bilinen kaynak büyüklüğe *birim* veya *birim ölçü* denmektedir.

Fiziksel niceliğin değeri: Bir birim ve rakamla belirtilen, özel fiziksel bir niceliğin ifadesi fiziksel niceliğin değeri olarak adlandırılmaktadır. Bu tanımlamaya göre, özel fiziksel niceliğin rakamsal değeri ifade edildiği birime bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, 73.6 kW kuyruk mili gücüne sahip bir traktörün güç değerinin ifadesinde güç birimi olarak kW yerine BG kullanıldığında dönüşüm oranına bağlı olarak güç değeri 100 BG olmaktadır. Örnekte kW ve BG traktörler için güç tanımlamasının yapılmasında yaygın olarak kullanılan ve farklı ölçüm sistemlerinden gelen birimler, 73.6 ve 100 değerleri ise ölçülen büyüklüğün seçilen birime göre değişen rakamsal değerleridir. Günümüzde kullanılan ve alt birimleri arasında belirli katsayılarla dönüşüm sağlanan farklı ölçme sistemleri bulunmaktadır.

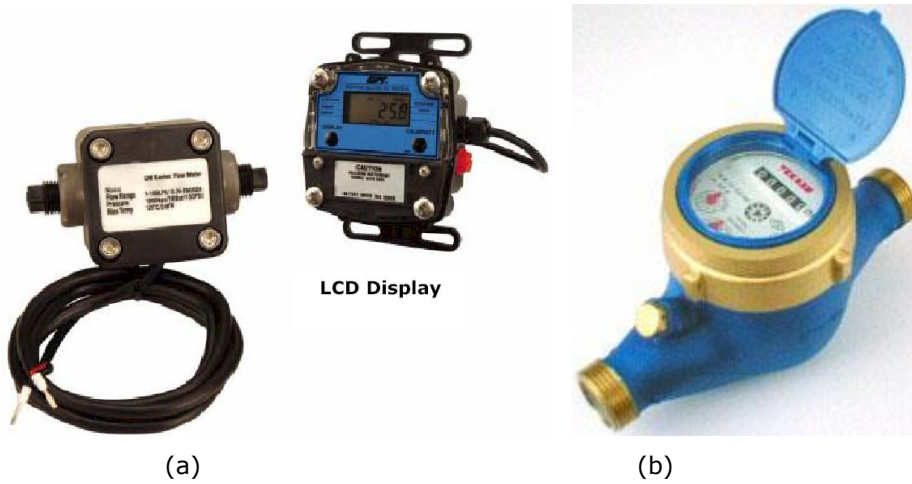
7.2. Ölçmenin Tanımı ve Önemi

Ölçme tanım olarak, bilinmeyen bir niceliği, bilinen bir nicelikle karşılaştırarak değerlendirme işlemidir. Diğer bir ifadeyle, birbirleriyle karşılaştırılabilen nesnelere *büyüklik*, karşılaştırma eylemine de *ölçme* denir. Aslında bir karşılaştırma işlemi olan ölçmede, karşılaştırmanın sonucunu sayısal olarak ifade etmek için herkesin bildiği bir kaynak büyüklüğe gereksinim vardır. Ölçme işlemi sonunda, ölçülen büyüklük içerisinde o birimden kaç tane bulunduğunu gösteren *ölçü sayısı* elde edilir ve her ölçme sonucunda, ölçme birimiyle birlikte verilir (Akpınar ve Yazıcı, 1992; Genceli, 1995). O halde bir büyüklüğü ölçmek demek, o büyüklüğü kendi cinsinden olan büyüklüğün birimi ile orantılamak veya karşılaştırmak demektir. Böyle bir orantılama veya karşılaştırma sonucunda bir cisme ait uzunluk, sıcaklık, ağırlık veya renk gibi çeşitli fiziksel özellikler insandan insana değişen algı durumundan kurtarılarak genel kabul görmüş referans değerlere dayandırılmış olmaktadır.

7.3. Ölçmede Dikkate Alınan Etkenler

Bütün mühendislik dallarında yararlanılan ölçme işlemi için tasarımdan üretimin sona erdiği aşamaya kadarki süreçte, amaçlanan doğrultuda yararlanabilmek bazı konuların bilinmesiyle mümkün olmaktadır. Bu konular izleyen bölümde özetlenmiştir.

Uygun ölçme sisteminin seçilmesi: Burada ölçme sistemi, işlemi gerçekleştirmek için gerekli donanımı ifade etmekte, ölçülmek istenen büyüklükteki değişimi algılayarak farklı özelliklerde (örn: analog veya sayısal) verilerin üretilmesine olanak sağlayacak ölçüm sistemi seçilme zorunluluğu üzerinde durulmaktadır. Örneğin, bir tarım makinasıyla çalışmada birim alan başına yakıt tüketiminin ölçülmesi amaçlandığında, traktör üzerine evlerde kullanılan klasik yapıdaki su sayaçlarının bağlanarak ölçüm yapılması yapısal ve hedeflenen doğruluk düzeyi açısından mümkün değildir. Bunun yerine, traktör üzerine monte edilebilecek özelliklerde ve hasas bir yakıt ölçerin kullanılması gerekmektedir. Şekil 7.1. de yakıt tüketimi ölçümü için kullanılacak uygun bir sayaç ve klasik yapıda bir su sayacı birlikte gösterilmiştir.

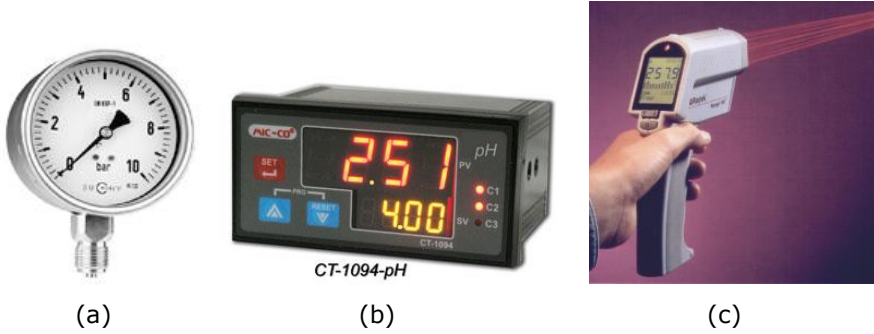


Şekil 7.1. (a) Traktör yakıt tüketimi ölçümlerinde kullanılacak bir yakıt ölçer, (b) Su sayacı.

Şekil 7.1 (a) da gösterilen yakıt ölçüm sistemiyle yakıt tüketimi verilerinin tarla koşullarında sürekli olarak sayısal bir kayıt ortamına (örn: dizüstü bilgisayar) aktarılıp depolanması ve farklı hesaplamalarda kullanılması mümkündür.

Ölçme sistemi özelliklerinin uygunluğu: Fiziksel olarak, ölçülecek büyüklüğü istenen hassaslık düzeyinde algılayacak yapıda ölçme sisteminin seçilmesinin ardından amaçlanan işin uygun bir şekilde tamamlanabilmesi için ölçme sisteminin bazı özellikleri değerlendirilmelidir. Bu özelliklerden en önemlileri:

Okunabilirlik; görsel olarak ölçüm sonuçlarının sürekli veya belli aralıklarla izlenmesinin gerekli olduğu durumlarda, ölçme sisteminin göstergesi kolay algılanabilir ve anlaşılır bir yapıda olmalıdır (Şekil 7.2). Günümüzde sayısal verilerin istenen zaman diliminde algılanarak bir veri yoluyla bilgisayara aktarılması, depolanması ve birtakım hesaplamalarda kullanılması da söz konusudur.

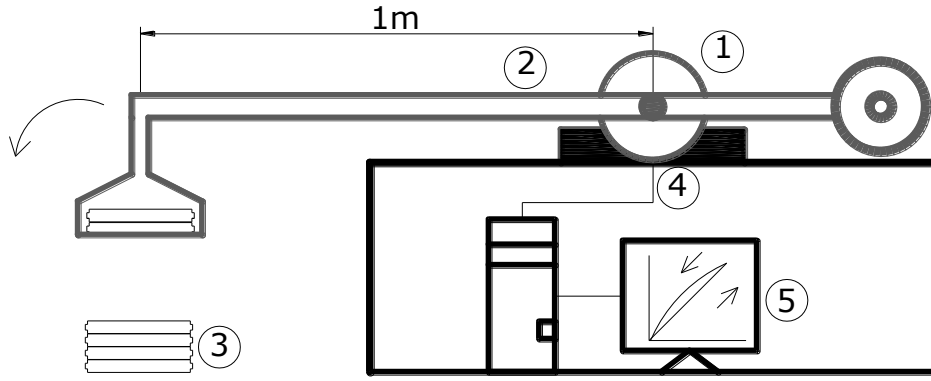


Şekil 7.2. Analog (a) ve sayısal (b), (c) göstergelere sahip 2 farklı ölçme cihazı

En küçük değerlendirme; ölçme cihazı göstergesinde okunabilen iki değer arasındaki en küçük farktır. Diğer bir ifadeyle, fiziksel büyüklükteki değişimin ölçme aleti tarafından algılanabilen en küçük değeri olarak ifade edilebilir.

Duyarlık; ölçme aleti ibresindeki veya sayısal gösterimde rakamsal artış ve azalmanın doğrusal olduğu varsayımı ile artış veya azalma miktarının ölçülen fiziksel büyüklüğe oranıdır. Sayısal ölçme yapan cihazlarda duyarlık, bu cihazların çeşitli kademe düğmelerine basıldıkça farklı değerlerde olabilir. Örneğin; voltaj ölçen bir cihazda 200mV kademesinde duyarlık 0,1 mV iken 500 V kademesinde 2 V olabilmektedir.

Histerisis; genellikle bir ölçme cihazında, ölçme işlemi yapılırken herhangi bir değere artarak veya azalarak yaklaşılması durumunda histerisis olayı nedeniyle aynı değerın gözlenmesinin beklendiği noktada farklı değerler okunabilir. Örneğin, kuyruk milinden hareketli bir tarım makinası için tork ölçümlerinde kullanılan bir torkmetrenin laboratuvar koşullarında kalibrasyonunun yapılması sırasında, arttırarak ve azaltarak standart kütlelerle 1m lik kuvvet kolu üzerinden moment uygulandığını düşünelim (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Torkmetrenin standart kütlelerle denemesi. 1. Torkmetre, 2. Tork kolu, 3. Standart kütleler, 4. Veri iletim kablosu, 5. Bilgisayar

Standart kütlelerin (örn. 10 kg) kademeli olarak yüklenmesi ve geri kaldırılması sırasında, standart kütlelerden ve kuvvet kolundan hesaplanan gerçek torkla torkmetre ölçüm değerlerini birlikte gösteren grafik üzerinden histerisis olayı gözlenebilir (Şekil 7.3 kısım 5). Cihazlardaki mekanik sürtünmeler, manyetik etkiler, elastik deformasyonlar ve ısıl etkiler histerisis olayına neden olmaktadır.

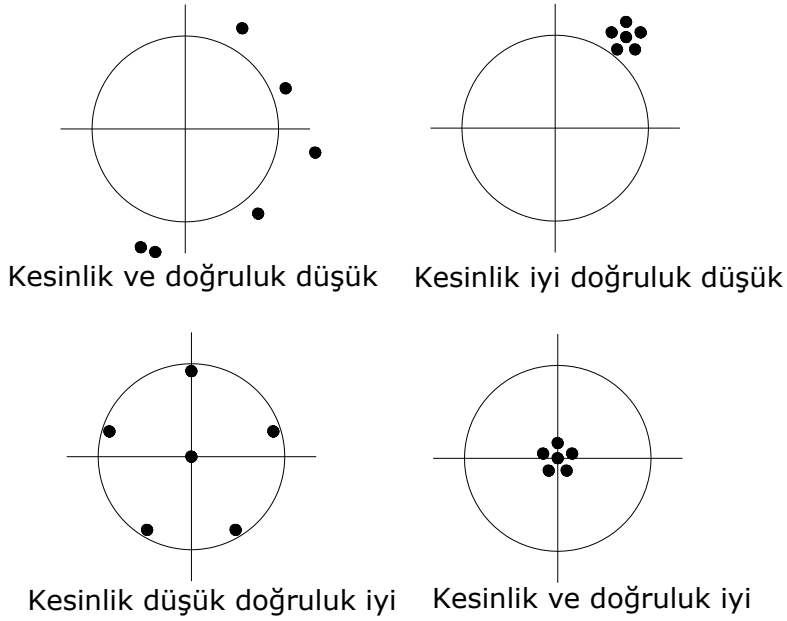
Doğruluk; bir fiziksel özelliğın referans olarak kabul edilen büyüklüklere dayalı olarak yapılan ve doğru kabul edilen ölçüm (gerçek) değeriyle, ölçüm cihazının gösterdiği değer arasındaki farktır. Örneğın 1000 Nm değeri kadar tork ölçülebilen bir torkmetrenin kataloğunda belirtilen doğruluk değeri %0.1 ise bu torkmetre ile ± 1 Nm sınırları içerisinde ölçme yapılabilmektedir.

Kesinlik; bir ölçüm cihazının aynı fiziksel büyüklüğe ait tekrarlanan çeşitli ölçümler sırasında aynı değeri verebilme yeteneğine kesinlik denmektedir. Kesinlik ve doğruluk kavramları genellikle birbiriyle karıştırılmaktadır. Bu karışıklığı ortadan kaldırmak için aşağıdaki örnek ve Şekil 7.4. dikkatlice incelenmelidir.

Örneğin devir sayısının 1000 dev/dk olduğu, doğruluğu kabul edilmiş bir cihazla belirlenmiş bir cisme ait dönü sayısı, başka bir ölçüm aletiyle 5 tekrarlı ölçüm sonucunda sırasıyla; 995, 998, 1002, 1004 ve 996 dev/dk olarak belirlenmiştir. Öncelikle beş tekrarlı ölçümü temsil etmesi amacıyla ortalama bir değer bulunmalıdır. Buna göre hesaplanan ortalama devir sayısı 999 dev/dk olacaktır. Bu durumda bu ölçüm aletinin doğruluğu, referans değerden görülen en büyük farklılığa göre belirlenir. Bu koşullarda ölçüm aletinin doğruluğu, $(995-1000)/1000=-0,005$ yani **%0,5** olacaktır. Kesinlik değeri ise, gözlenen en büyük sapma değeri ve ortalamadan hareketle hesaplanabilir. Bu durumda kesinlik, $(995-999)/999=0,004$ yani **%0,4 tür**. Bu değer ortalamadan sapmanın oransal ifadesidir. Ölçme cihazlarının kalibrasyon ile doğruluk düzeyleri arttırılabilirken kesinlikleri iyileştirilemez. Şekil 7.4. te orijin noktası gerçek değeri, çizilen çemberin içerisindeki alan ise kabul edilebilir ölçüm değerlerini temsil etmek üzere kesinlik ve doğruluk kavramlarının beş tekrarlı ölçüm sonuçları üzerinden temsili gösterimi yer almaktadır (Anonim, 2007b).

Ayarlama (Kalibrasyon); ölçme aletlerinde kullanılan duyargaların (algılayıcı) özelliğine bağlı olmak üzere çoğunlukla ölçülen fiziksel büyüklüğün beklenen değerini çağrıştırmayan çıktılar üretilmektedir. Ölçme cihazı ile yapılan ölçmelerin doğruluğunun bilinen değerlerle karşılaştırılarak hataların en aza indirilmesi işlemi kalibrasyondur. Tüm ölçü aletlerinde bu işlemin belirli zaman aralıklarında yapılması gerekir. Ayar işlemleri, bu amaçla kurulmuş enstitüler, kurumlar, belirli birincil veya ikincil standartlarla karşılaştırılarak yapılır. Bu amaçla aşağıda Şekil 7.5 de belirtilen yollar izlenmektedir. Örneğin, Şekil 7.3.'te görülen torkmetre test düzeneğinde 196,2 Nm lik yükleme sonucunda 196,2 Nm olduğu bilinen gerçek tork değeri için torkmetre çıktı olarak içyapısı gereği belirli bir voltaj değeri (mV düzeyinde) üretecektir. Arttırarak veya azaltarak yapılacak yüklemeler

sonucunda çıktı olarak alınan voltaj değerlerindeki değişimin, gerçek değerlerle karşılaştırılmasına ayarlama (kalibrasyon) denmektedir.



Şekil 7.4. Ölçümlerde kesinlik-doğruluk değerlendirilmesi



Şekil 7.5. Standart işlemlerinde basitleştirilmiş olarak izlenen yol

Diğer bir deyişle ayarlama, bilinen bir girdi değeriyle ölçme aletinin ürettiği çıktı değerinin karşılaştırılmasıdır. Çizelge 7.1'de örnek olarak bir torkmetrenin ayarlama çalışmasından elde edilmiş veriler yer almaktadır.

Çizelge 7.1. Torkmetre Ayarlama Değerlendirmesi

Gerçek Tork Değeri, Nm	Torkmetre çıktısı, mV
0	0
98,1	22
196,2	43
294,3	66
392,4	87
490,5	107
588,6	128
686,7	148

Çizelgeden de izlenebileceği gibi, gerçek tork değerleriyle torkmetrenin yapısal özellikleri (algılayıcısının çalışma prensibi) gereği ürettiği voltaj değerleri arasında doğrusala çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkinin matematiksel modeli çıkartıldıktan sonra, uygulama alanında karşılaşılabilecek olası ara değerlerin tahmin edilmesi zor olmayacaktır. Torkmetre çıktısı olan voltaj değerleri bir bilgisayar aracılığıyla elde edilen matematiksel eşitlikle gerçek tork değerlerine dönüştürülüp, önceki bölümde de belirtildiği gibi birtakım hesaplamalarda kullanılmak üzere depolanabilmektedir. Örneğin tarım makineleri uygulamalarıyla ilişkili olarak kuyruk mili gücü ölçümlerinde kullanılan bir dinamometre, çeki gücü değerlerinin belirlenmesinde yararlanılan çeki kuvveti değerlerinin elde edilmesi için kuvvet ölçme pimleri gibi algılayıcılar satın alınırken uluslararası kurallarla belirlenmiş özelliklere sahip laboratuvarında kalibre edilmiş ve kalibrasyon setifikası bulunan algılayıcılar tercih edilmelidir. Bunun ötesinde, algılayıcının özelliklerine bağlı olarak belirli aralıklarla kalibrasyonun yenilenmesi elde edilecek verilerin güvenilirliği açısından son derece önemlidir.

Hata; kullanılan cihazlar ve yöntemler amaca uygun olarak seçilse bile ölçülen değerlerle gerçek değerler arasında azda olsa mutlaka bir farklılık olacaktır. Gerçek değerlerle ölçülen değerler arasındaki bu farka yapılan ölçmenin hatası denmektedir. Hatalar çoğunlukla üç alt başlık altında incelenmektedir (Genceli, 1995; Anonim, 2006).

Bunlar;

- İnsan kaynaklı basit hatalar,
- Sabit veya sistematik hatalar,
- Rasgele oluşan hatalardır.

Ölçme hataları :

- kişi,
- raslantı,
- sistem
 - o yapım,
 - o yöntem,
 - o okuma, belirtme ve
 - o ortam hataları olarak incelenmektedir.

Bu hatalar, dikkatsizlik veya deneyimsizlik gibi durumlardan kaynaklanabileceği gibi ölçme sistemlerinin yanlış düzenlenmesinden de kaynaklanabilir. İnsan kaynaklı basit hatalar çoğunlukla dikkatsizlik ve tecrübesizlikten kaynaklanmaktadır. Ölçüm cihazının veya algılayıcının özelliklerinin tam olarak algılanamamasına bağlı basit okuma hataları, ölçme cihazlarının amaca uygun özelliklerde seçilmemesinden kaynaklanan hatalar bu grup altında sıklıkla karşılaşılan hatalardır. Bu tip hataların belirlenmesi ve ortadan kaldırılması mümkündür.

Sabit veya sistematik olarak isimlendirilen hatalar genel olarak tekrar edilen okumalarda görülen ve nedenleri genellikle bilinmeyen hatalardır. Sistematik hatalar sonucunda ölçüm değerlerinde önemli sapmalar meydana gelir ve ölçümün doğruluğu bu sapmalardan etkilenir. Sistematik hata, çevreden, ölçüm yönteminden ve kullanılan ölçüm aletinden kaynaklanabilmektedir. Örneğin bir sarkacın salınım frekansı ölçümü sırasında sarkaç desteğindeki küçük sallanma etkisinin dikkate alınmaması sistematik hataya neden olur. Ölçüm aleti üzerinde doğru yapılamayan sıfırlama işlemi de sistematik hatanın oluşmasında neden olur. Ölçüm ortamında özellikle tesadüfi hatalarında bulunması durumunda sistematik hataların belirlenmesi oldukça zordur. Yine de tahmin edilerek düzeltme yönteminin doğru seçilmesiyle bir dereceye kadar giderilebilmesi mümkün olmaktadır.

Rasgele oluşan hatalar, deneyi yapan elemanların değişmesinden, ölçüm süresince zamanla dikkat azalmasından ya da örneğin arazide traktör ekipman çiftiyle çeki gücü gereksinimi ölçümleri sırasında ara sıra oluşacak aşırı titreşimler gibi nedenlere bağlı oluşan hatalardır. Tesadüfi hatalar ölçümün kesinliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Çok tekrarlı ölçümler sonucunda ortalama değerler alınarak tesadüfi hatalar kabul edilebilir seviyeye getirilebilir.

Görüldüğü gibi, ölçme işlemi çok sayıda faktörün etkisi altında gerçekleşen bir eylemdir. Bazı araştırmacılar için belirli hata limitleri içerisinde ölçüm yapılması sorun yaratmazken örneğin sağlık gibi hata sınırlarının son derece dar olduğu çalışma alanlarında ölçümlerin doğru yapılması son derece önemli ve yaşamsaldır.

Bilimsel araştırmalarda, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yürütüldüğü ve üretimin yapıldığı hemen hemen her alanda, ölçme işlemlerinin uluslararası standartlarla belirlenmiş kurallar içerisinde uygun alet ve cihazlarla uygun yöntemler kullanılarak yapılması gerekmektedir. Ancak bu sayede elde edilen sonuçların kabul edilebilir ve kullanılabilir olması mümkündür. Herhangi bir ölçme cihazının seçimi, konunun uzmanları tarafından titizlikle yapılmalıdır. Ancak böyle bir seçim sonucunda sonuçların güvenilir olduğundan sözedilebilir. Örneğin elde etmeyi beklediğimiz sonuçların rakamsal olarak hassasiyeti, ölçme cihazının sahip olduğu doğruluk değerleri ile örtüşmek durumundadır.

Özetle, mühendislik bilimi ile bir şekilde uğraşanlar, ister yeni bir sistem tasarlamayı planlasınlar isterse basit bir sıcaklık ölçümü yaparak sonuçlarını rapor haline getirsinler, ölçme işlemi için uygun özelliklerdeki algılayıcının seçiminden, kalibrasyon ve hata analizlerinin yapılmasına kadar bütün aşamalar hakkında bilgi sahibi olmak zorundadırlar.

7.4. SI Birim Sistemi

Bütün pozitif bilimlerde, kuramla deneyin karşılaştırılmasına dayanılarak sonuçlara ulaşılır. Herhangi bir konuda yapılacak deneyler, bir aşamada mutlaka ölçme işlemi yapılmasını gerektirecektir. Ölçme işlemi herhangi bir niceliğe ait büyüklüğün seçilmiş, tanımlanmış ve kabul edilmiş özel bazı nicelikler ile karşılaştırılması anlamına geldiğinden, birim olarak

adlandırılan bu özel nicelikler konusunda bilgi sahibi olmak mühendislik bilimiyle uğraşanlar için oldukça önemlidir.

Ölçülebilir özellikte olan herşeyin değerini belirtirken kullanılan birimlerin tamamı bir ölçme sistemini tanımlamaktadır. Ortak bir ölçü dili kullanılması, bir rakam ve birimle ifade edilen özel bir büyüklüğün herkes için aynı şeyi ifade etmesi açısından oldukça önemlidir. Kuralları tanımlanmış bir birim sistemi resmi anlamda ilk olarak ticaret yapanlar ve vergi toplayanlar arasındaki sorunların giderilebilmesi amacıyla 18 yy da Fransa'da oluşturulmuştur. Sonraki dönemde birim sistemi oluşturulurken bilimsel esaslara uygun olarak fiziksel ve teknik tüm boyutların ölçülendirilmesinde uluslararası antlaşmalar çerçevesinde ortak kararlar alınmıştır. Uluslararası birimler sistemi (SI) ile, uluslararası düzeyde standart bir birimler sistemi oluşturulması amaçlanmıştır. Uluslararası Standardlar Organizasyonunun (ISO) Haziran 1972 tarihinde uygulamaya koyduğu, ISO 1000'e göre içlerinde Türkiye'nin de bulunduğu 30 ülke tarafından benimsenen uluslararası birimler sistemi (SI), daha sonra *Metre Antlaşması'nın* 47 üyesinin imzasıyla 1985 yılında kabul edilmiştir (Başçetinçelik ve Öztürk, 1997).

Metrik sistemin modern formu olarak isimlendirilen SI birim sistemiyle, daha önceki dönemlerde uzunluk-kütle-zamanı ifade etmede esas olarak kullanılan *santimetre-gram-saniye* (CGS) temeline dayalı olan birim sistemi, *metre-kilogram-saniye* (MKS) olarak değiştirilmiştir.

SI birim sistemi, bilimsel alandaki yenilikler ve gereksinimlere bağlı olarak günümüzde de yeni eklentilerle zenginleştirilen ve güncellenme gereksinimi bulunan dinamik bir yapı olarak düşünülmelidir.

Metrik sistemden farklı olarak, sayıları çok az olmakla birlikte İngiliz birim sisteminin de kullanıldığı ülkeler bulunmaktadır. İngiliz birim sistemi, metrik sistemden farklı olarak uzunluk-kütle-zaman ifadesi için *foot-pound-saniye* (FPS) esaslıdır. Metrik sistem ile İngiliz ölçü sistemi arasında genel bir karşılaştırma yapmak gerekirse, örneğin metrik sistemde uzunluk ölçü birimi *metre* dir ve ilerleyen bölümde verilecek metreye ait tanımlama gereği, ölçülen bazı uzunluk değerlerinin metrenin alt veya üst katlarıyla ifade edilmesi daha anlamlı olabilmektedir. İki ülke arasındaki mesafenin metre yerine metrenin bin katına karşılık gelen *kilometreyle* ifade edilmesinin daha anlaşılır ve pratik olması bu duruma örnek olarak verilebilir. Metrik sistemin

aksine günümüzde sınırlı geçerliliği bulunan İngiliz ölçüm sisteminde durum daha farklı ve karışıktır. Örneğin İngiliz sisteminde uzunluk birimleri olan **inch** (2.54 mm) ve **mile** (kara mili 1609 m) arasındaki dönüşüm için desimal (ondalık) kaydırmalardan yani kurallı bir dönüşüm katsayısı kullanımından söz edilemez.

İlerleyen bölümde metrik sistemle İngiliz sistemi arasındaki dönüşüm katsayılarının bulunduğu çizelgeler verilecektir.

İzleyen bölümde uluslararası (SI) birim sistemlerinde yer alan değişik birimlerin tanımları verilmiş, birim büyüklüklerinin tanımlanmasında kullanılan ön ekler ve kullanım ilkeleri açıklanmış ve ziraat mühendisliğinde yaygın olarak karşılaşılan fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi için önerilen birimler verilmiştir.

Uluslararası birimler sistemi (SI); *temel birimler, türetilmiş birimler* ve *tamamlayıcı birimlerden* oluşmaktadır. Farklı birimlerin katları ve as katları için ön ekler kullanılır.

7.4.1. SI Temel Birimleri

Uluslararası Birimler Sistemi (SI) esas olarak yedi temel birim üzerine kurulmuş olup, bu temel birimlerin isim ve sembolleri Çizelge 7.2'de verilmiştir (ASAE, 1994).

Çizelge 7.2. Temel Birimler

Büyükük	Adı	Sembol
Uzunluk	metre	m
Zaman	saniye	s
Kütle	kilogram	kg
Termodinamik sıcaklık	Kelvin	K
Elektrik akım şiddeti	Amper	A
Işık şiddeti	kandela	cd
Madde miktarı	mol	mol

7.4.1.1. Temel Birimlerin Tanımları

Birimlerin tanımlanmasında "Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO 1000, SI Birimleri ve Bu Birimlerin Çarpım Faktörleri ve Diğer Özel Birimlerin Kullanılması İçin Öneriler" konulu yayın esas alınmıştır.

Uzunluk temel birimi metre'dir. **Metre**, ışık tarafından boşlukta $1/299\,792\,458$ saniyede alınan yolun uzunluğudur. Uzunluk temel birimi olan metreden, alan birimi olarak metre kare (m^2) ve hacim birimi olarak metre küp (m^3) türetilir. Arazi ölçümlerinde kullanılan hektar ($ha=10\ da$), dekar ($da=1000\ m^2$) gibi birimler SI birim sisteminde yer almayan ama uygulamada sıklıkla karşılaşılan alan birimleridir. Sıklıkla kullanılan ve hacim ölçülerinden litre ise $1\ dm^3$ e eşittir.

Zaman temel birimi saniye'dir. **Saniye**, sezyum-133 (Cs-133) atomunun temel enerji durumunda, iki aşırı ince düzeyi arasındaki geçişe karşı gelen ışımının (dalga boyunun) $9\,192\,631\,770$ periyodluk süresidir.

Kütle temel birimi kilogram'dir. **Kilogram**, 1989 yılında Paris'te toplanan Uluslararası Ölçüler ve Ağırlıklar Genel Konferansı'nda kabul edilerek Sevr şehrinde saklanmakta olan iridyumlu platinden yapılmış uluslararası kilogram prototipinin kütesidir. Bir kilogram ayrıca, $+4^\circ C$ sıcaklıkta $1\ dm^3$ saf suyun kütesidir. Bir cismin kütlesi, kütlesi bilinen cisimlerle kıyaslanarak bulunur. Kıyaslamada terazi kullanılır. Bu nedenle bu sisteme göre terazide ölçülen büyüklükler kütedir. Örneğin bir taşıt aracının taşıdığı yük veya bir terazide tartılan tüm değerler kütleyle ait büyüklüklerdir ve birimi kg'dır. Cisim bir yerde dururken terazi ile ölçülen özellik cismin kütesidir. Kütle ile ağırlık genellikle birbiriyle karıştırılan farklı büyüklüklerdir. Bir cismin kütlesi bulunduğu ortamdan bağımsız içsel bir özellik olarak değerlendirilirken, ağırlık bir cisim üzerindeki yerçekimi kuvvetinin ölçüsü olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle ağırlık, cisim üzerindeki çekim etkisinden kaynaklanan bir kuvvettir. Bir cisim üzerindeki yer çekimi kuvvetinin büyüklüğü cismin kütlesi ile doğru orantılıdır. Kütle ile ağırlık arasındaki dönüşüm için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmaktadır.

$$W=mg \quad (7.1)$$

Eşitlikte yer alan W ağırlığı (itme kuvveti) (Newton-N), m kütleyi (kg), g ise yerçekimi ivmesini ($9,81\ m/s^2 \approx 10\ m/s^2$, *sadece yeryüzündeki ölçümler için geçerli*) göstermektedir. Örneğin; bir traktörün ön aksı 330 kg olarak ölçülmüşse, traktörün ön aksı zemine yaklaşık olarak 3 300 N'luk bir kuvvetle bastırıyor demektir. Traktör, römork arasındaki zincirde dinamometre ile

ölçülen değerde yerçekimi ivmesi ile çarpılmaksızın aynı şekilde kuvveti ifade etmektedir.

Termodinamik sıcaklık için SI temel birimi *Kelvin* (**K**)'dir. **Kelvin**, suyun üçlü noktasının termodinamik sıcaklığının 1/273,16'lık kesridir. Yani 273,16 *Kelvin* sıcaklıkta, saf su, saf buz ve saf su buharı kararlı denge durumundadır. Bu noktada sonsuz küçük değerde basınç ve sıcaklık farkı yaratıldığında denge bozulmaktadır. Özellikle mühendislik ve bilimsel olmayan alanlarda yaygın olarak kullanılması nedeniyle, sıcaklık derecesinin belirtilmesinde *Celcius derece* kullanılabilir. Bir derece *Celcius*'luk (**1 °C**) sıcaklık farkı ile *Kelvin*'lik (**1 K**)'e sıcaklık farkı birbirine eşittir. *Celcius* sıcaklığı (**t, °C**) ile *Kelvin* sıcaklığı (**T, K**) arasında aşağıda verilen ilişki vardır:

$$t = T - 273,15 \quad (7.2)$$

Akım şiddetinin temel birimi *Amper*'dir. **Amper**, doğrusal sonsuz uzunlukta, ihmal edilebilir dairesel kesitte ve birbirinden 1 m uzaklıkta, boşluğa yerleştirilmiş paralel iki iletkenin geçirildiğinde, bu iletkenler arasında her metre başına $2 \cdot 10^{-7}$ Newton'luk bir kuvvet meydana getiren sabit elektrik akım şiddetidir. Uygulamada **Amper**, gümüş nitratin saf sudaki eriyiğinden geçirildiğinde, saniyede 1,118 mg gümüş ayıran sabit akım şiddeti olarak da tanımlanır.

Işık şiddeti temel birimi *kandela*'dır. **Kandela**, belirli bir doğrultuda $540 \cdot 10^{12}$ Hz frekans değerinde monokromatik ışın yayan ve verilen doğrultudaki enerji şiddeti steradyan başına 1/683 (W/sr) olan bir kaynağın bu doğrultudaki ışık şiddetidir.

Madde miktarı temel birimi *mol*'dür. **Mol**, bir sistemin 0,012 kg Karbon 12 içindeki atomların sayısı kadar temel bireyi içeren madde miktarıdır. Mol kullanıldığında temel bireyler belirtilmelidir. Temel bireyler atomlar, moleküller, iyonlar, elektronlar, başka parçacıklar veya bu tür parçacıkların belli grupları olabilir.

7.4.2. Türetilmiş Birimler

Türetilmiş birimler, yukarıda açıklanan yedi temel büyüklük esas alınarak, tanımlanmak istenen fiziksel büyüklüğün karakterine uygun olarak bir anlamda temel birimlerin kombinasyonları şeklinde oluşturulmaktadır.

Ayrıca, bazı fiziksel özelliklerin tanımlanmasında temel birimler ve türetilmiş birimlerden hareketle yeni türetilmiş birimlerin oluşturulması mümkündür (Anonim, 1990). Özellikle dersin içeriği ile ilgili görülen bazı türetilmiş büyüklükler ve birimleri Çizelge 7.3'te verilmiştir.

Çizelge 7.3. Türetilmiş Büyüklükler ve Birimleri

Büyüklük	Adlandırma	(Birim)
Alan	Metre kare	(m ²)
Hacim	Metre küp	(m ³)
Debi	Saniye başına Metre küp	(m ³ /s)
Yoğunluk	Metre küp başına kilogram	(kg/m ³)
Özgül hacim	Kilogram başına metreküp	(m ³ /kg)
Hız	Saniye başına metre	(m/s)
Açısal hız	Saniye başına radyan	(rad/s)
İvme	Saniye kare başına metre	(m/s ²)
Açısal ivme	Saniye kare başına radyan	(rad/s ²)
Basınç	Metre kare başına Newton	(N/m ²)
Kuvvet	Saniye kare başına kilogram metre	(Kg m/s ² =Newton=N)
Kuvvet momenti	Newton metre	(N m)
Enerji, Isı, İş	Newton metre	(N m=Joule=J)
Güç	Saniye başına enerji	(J/s=Watt=W)
Frekans	Saniye başına periyot	(periyot/s=Hertz=Hz)
Aydınlık şiddeti	Metre kare başına lümen	(lm/m ² =lux=lx)
Elektrik miktarı	Amper saniye	(A s)
Elektrik gerilim	Volt	(V)
Elektriksel direnç	Amper başına gerilim	(V/A=Ohm=Ω)
Özgül ısı	Kilogram Kelvin başına Joule	(J/kg °K)
Isıl İletkenlik	Metre Kelvin başına Watt	(W/m °K)

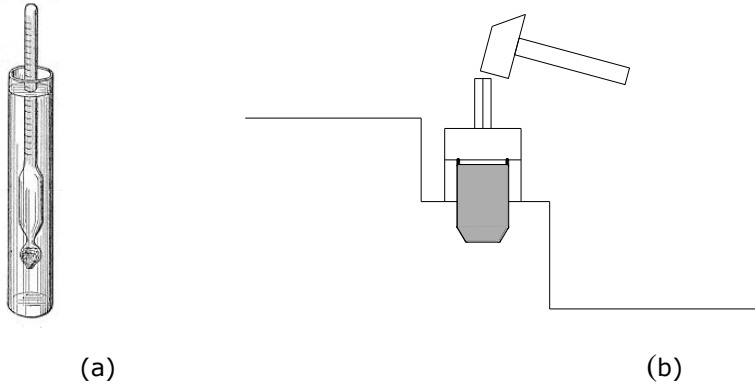
Genel tarımsal mekanizasyon konuları içerisinde kullanılan bazı türetilmiş büyüklere ilişkin detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

Yoğunluk (hacimsel kütle, özgül kütle): homojen olduğu varsayılan nesnelere için;

$$\text{ÖzgülKütle } (\rho) = \frac{\text{Kütle (g, kg)}}{\text{Hacim (cm}^3, \text{m}^3)} \quad (7.3)$$

eşitliği kullanılarak belirlenebilir. Sıvıların yoğunluk değerlerini belirlemede çoğunlukla arşimet prensibine dayalı olarak ölçüm yapan hidrometreler kullanılır. Hidrometre, cam tüp ve uç kısmında civa bulunan bir çubuktan oluşmaktadır. Cam çubuk ölçüm yapılacak sıvı içerisine bırakılır ve sıvı içerisinde dengeye geldiği sıvı yüzeyi referans alınarak çubuk üzerinden yoğunluk değeri okunur (Şekil 7.6a).

Tarımsal mekanizasyon konularıyla doğrudan ilgili olan ve farklı yapılardaki toprakların hacimsel kütleleri belirlenmesi gerektiğinde ise, toprağın ilgili derinliğinden uygun aletlerle hacmi belli (100 cm^3) bir kap içerisine bozulmamış toprak örneği alınmakta (Şekil 7.6b) ardından toprağın ağırlığı ölçülmektedir. Bu gibi ölçümler sonucunda örneğin; toprağın kesilme direnci ile hacimsel kütlesi arasındaki ilişki gerekli traktör çeki gücünün belirlenmesi amacıyla değerlendirilebilmektedir.



Şekil 7.6. (a) Sıvı yoğunluğu ölçümünde kullanılan hidrometre (b) Hacimsel kütle ölçümü için toprak örneği alınması

Özgül hacim ise özgül kütlenin tersine eşittir ve aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir.

$$\text{ÖzgülHacim} = \frac{\text{Hacim (cm}^3, \text{m}^3)}{\text{Kütle (g, kg)}} \quad (7.4)$$

Açısal hız (dönü hızı); mekanikte, dönen parçaların zamana bağlı dairesel hareket miktarını (açısal yol) belirtmede açısal hız (rad/s) ifadesi

kullanılmaktadır. Açısal hız genellikle radyan/saniye (t^{-1}) ve devir/dak (min^{-1}) birimleriyle gösterilmektedir. Bir *radyan*, herhangi bir çemberin yarıçapına eşit uzunluktaki yay parçasını gören açının değeri olarak tanımlanmaktadır. Buna göre, radyan, derece ve devir arasında aşağıdaki ilişki söz konusudur.

$$2\pi rad = 360^\circ = 1 \text{ devir}$$

$$1 \text{ rad} \approx 57.3^\circ (57^\circ 17' 44.6'') \approx 0,16 \text{ devir}$$

Örneğin 12,57 rad/s hızla dönen bir parçanın dev/dak olarak hızı aşağıdaki dönüşümle belirlenir.

$$\frac{\text{dev}}{\text{dak}} = \frac{(12,57 \text{ rad} \times 57,3^\circ) \frac{1}{360}}{\frac{1}{60} \text{ s}} = 120$$

Kuvvet; herhangi bir cismin ivmelenmesine neden olan etki olarak tanımlanmaktadır. Bu etki, kaldırma, çekme ve itme şeklinde oluşabilmektedir. Bir cisme ait gerçek ivme değeri, cisim üzerinde etkisi bulunan bütün kuvvetlerin vektörel toplamı ile belirlenir. SI birim sisteminde kuvvetin birimi Newton'dur (N). Bir Newton, bir kilogramlık bir kütleyle 1 m/s^2 'lik ivme kazandıran kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Yani;

$$1N = 1 \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} \text{ 'dır.}$$

Yeryüzeyinde 1 kg'lık kütlelerin dayandığı yüzeye uyguladığı kuvvet ortalama 9.81 N'dur. Önemli düzeyde hassasiyet gerektirmeyen mühendislik uygulamaları hariç, yapılacak hesaplamalarda 1kg=10N değeri kullanılabilir. SI birim sistemi içerisinde yer almayan fakat bazı alanlarda kullanılan diğer kuvvet birimi kilogram-force'tur (kgf, kısaca kg veya kp-kilopond). Bir kgf'luk kuvvet 1 kg'lık kütleyle etki ettiğinde ona yerçekimi ivmesi kadar ivme kazandıran kuvvettir. Buna göre aşağıdaki ilişki yazılabilir.

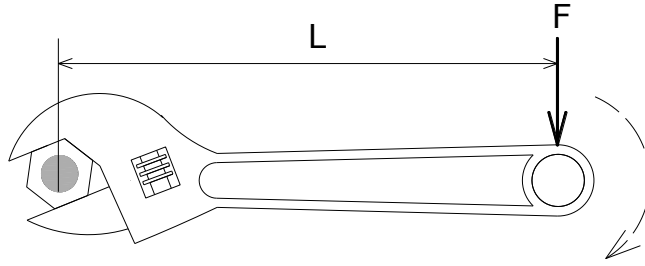
$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N}$$

(yerçekimi ivmesi, $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$)

Kuvvet momenti (tork); herhangi bir dönü hareketinde bir değişime neden olan döndürme veya açısal kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Tork, etkili doğrusal kuvvetle kuvvet kolu uzunluğunun çarpımına eşittir (Şekil 7.7).

$$Md = F \cdot L \quad (7.5)$$

Eşitlikte Md torku (Nm), F uygulanan kuvvet (N), L ise kuvvet kolu değerlerini (m) temsil etmektedir.



Şekil 7.7. Tork örnekleme

SI birim sisteminde torkun birimi Nm'dir. Tarım makinaları ile ilgili uygulamalarda tork ölçümleri, kuyruk milinden hareketli tarım makinalarının kuyruk mili gücü gereksinimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Tork ölçümlerinde kullanılan cihaz torkmetredir. Traktör kuyruk mili ile tahrik edilecek tarım makinasının dişli kutusu girişi arasına bağlanan torkmetre (Şekil 7.8) uygun algılayıcıların kullanımıyla tork verisi üretmektedir. Bu tork verisi ve devir sayısından hareketle kullanılan kuyruk mili gücü hesaplanabilmektedir.



Şekil 7.8. Tork ölçümlerinde kullanılan torkmetre örneği

Basınç; genel bir ifadeyle herhangi bir yüzeyin birim alanına, dik doğrultuda uygulanan kuvvet etkisi basınç olarak tanımlanmaktadır. SI birim sisteminde kabul edilen basınç birimi *Pascal*'dir (Pa). 1 *Pascal*, 1 m²'lik düz bir yüzey üzerinde 1 Newton'luk kuvvet uygulaması sonucu oluşan baskıdır. *Pascal* biriminin yanısıra pratik uygulamalarda yararlanılan çok sayıda basınç birimi bulunmaktadır. Örneğin uygulamalarda sıkça karşılaşılan bar (bar), atmosfer (atm), psi (inch kare başına pound kuvvet), mmHg (milimetre civa) bunlardan bazılarıdır. Tarımsal mekanizasyonla ilgili uygulamalarla ilgili olarak, ilaçlama etkinliği üzerinde etkisi olan basınç ayarlaması için pülverizatörler üzerinde bulunan basınç göstergelerinin okunması oldukça önemlidir.

Enerji, ısı, iş; ölçülebilen fiziksel bir özellik olan enerji doğrultudan bağımsız (skalar) fiziksel bir büyüklüğü ifade etmektedir. Enerjinin mekanik enerji (potansiyel ve kinetik), ısı enerjisi, radyasyon enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi farklı formları bulunmaktadır. Belirli limitler içerisinde bütün bu formlar arasında dönüşümlerin yapılması mümkündür. Hangi forma göre tanımlanırsa tanımlansın enerji, bir sistemin iş yapabilme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Bu nedenle enerji büyüklüğü, yapılan iş cinsinden belirtilebilir. Dolayısıyla enerji ile iş birimleri aynıdır. SI Birim sisteminde, iş, enerji ve bir enerji türü olan ısının birimi "*Joule*"dir.

1 *Joule* (J), bir cismin 1 N'luk bir kuvvet etkisiyle kendi doğrultusunda 1 m yol aldığı anda yaptığı işe denmektedir.

$$J = N.m = \frac{kg.m^2}{s^2} = W.s \text{ şeklinde yazılabilir}$$

Harcanan enerji ve/veya yapılan iş belirli bir güç değerindeki bir kaynağın belirli bir süre çalışmasıyla oluşturduğu etki şeklinde de ifade edilebilir. Örneğin kW.h (kiloWatt saat), gücü 1 kW olan bir makinanın 1 saatlik çalışması sonunda ürettiği iş miktarıdır ve aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$1kWh = 1000Wh = 1000 \frac{J}{s} \times 3600s = 3,6Mj = 3600kJ$$

$$1Wh=3,6.10^3 J=3,6 kJ$$

Isı birimi olarak Joule'ün yanısıra *Kalori* de kullanılmaktadır. *Kalori*, normal atmosfer basıncında 1 dm³ suyun sıcaklığını 14,5°C'den 15,5 °C'ye çıkarmak için gerekli ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır.

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$$

Güç: Birim zamanda yapılan iş miktarı veya birim zamanda aktarılan ya da harcanan enerji miktarı, güç olarak ifade edilmektedir.

$$\text{Güç} = \frac{\text{iş}}{\text{zaman}} = \frac{\text{kuvvet} \times \text{yol}}{\text{zaman}} = \frac{\text{enerji}}{\text{zaman}} \quad (7.6)$$

(SI) birim sisteminde güç birimi "Watt"dır.

$$\text{Watt} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \frac{\text{N.m}}{\text{s}} = \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3} \text{ şeklinde açıklanabilir.}$$

Diğer güç birimleriyle Watt arasındaki ilişkiler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

$$\frac{\text{kpm}}{\text{s}} = \frac{9,81 \text{ Nm}}{\text{s}} = 9,81 \text{ W}$$

$$1 \text{ BG} = \frac{75 \text{ kpm}}{\text{s}} = \frac{75 \times 9,81 \text{ Nm}}{\text{s}} = 735,5 \text{ W} \approx 0,736 \text{ kW}$$

$$\frac{\text{kcal}}{\text{s}} = \frac{4,1868 \text{ kJ}}{\text{s}} = 4,1868 \text{ kW}$$

Metrik sistemde geçerli olmayan fakat yaygın kullanımı bulunan BG (beygir gücü) 75 kg lık kütlenin 1 s içerisinde 1 m yükseltilmesi durumunda geçerli olan güç büyüklüğünü ifade etmektedir.

Frekans: tekrarlı bir olayın belirli bir zaman dilimi içerisindeki tekrarlama sayısı, söz konusu büyüklüğe ilişkin frekans değeridir. Frekans birimi *Hertz*'dir. **Hertz (Hz, s⁻¹)**, periyodu 1 saniye olan periyodik bir olayın frekansıdır. *Hertz* birimi periyodik bütün olaylar için geçerlidir. Örneğin bir traktör koltuğunda ölçülen titreşim için tanımlayıcı büyüklüklerden birisi

titreşimin frekansdır. Dakikada ölçülen devir sayısı (rpm, min⁻¹) da bir frekans ifadesidir.

$$1\text{rpm}=0,105\frac{\text{rad}}{\text{s}}=0,017\text{Hz}$$

$$1\frac{\text{rad}}{\text{s}}=1\text{Hz}\times 2\pi$$

7.4.3. SI Birim Sisteminde Ön ekler

Çizelge 7.4'te SI birim sisteminde yaygın olarak kullanılan ön ekler (büyültme ve küçültme değerleri) verilmiştir.

Çizelge 7.4. SI Birim Sisteminde Ön Ekler

Faktör	Ön Eki	Sembolü
10 ¹⁸	eksa (exa)	E
10 ¹⁵	peta (peta)	P
10 ¹²	tera (tera)	T
10 ⁹	giga (giga)	G
10 ⁶	mega (mega)	M
10 ³	kilo (kilo)	k
10 ²	hekto (hecto)	h
10 ¹	deka (deca)	da
10 ⁻¹	desi (deci)	d
10 ⁻²	santi (centi)	c
10 ⁻³	mili (milli)	m
10 ⁻⁶	mikro (micro)	μ
10 ⁻⁹	nano (nano)	n
10 ⁻¹²	piko (pico)	p
10 ⁻¹⁵	femto (femto)	f
10 ⁻¹⁸	atto (atto)	a

7.4.4. Metrik Ve İngiliz Birim Sistemi Dönüşümleri

Çizelge 7.5'te, metrik ve yaygın kullanımı olan ve uygulama sahasında karşılaşma olasılığı bulunan İngiliz birim sistemi arasındaki dönüşümler seçilen bazı büyüklükler için özetlenmiştir (Culpin, 1986).

Çizelge 7.5. SI ve İngiliz Birim Sistemleri Arasındaki Dönüşümler

Büyüklik	İngiliz Birim Sistemi	SI Birim Sistemi	SI Birimi Çarpım Faktörü
Uzunluk	inch (in)	mm	25,4
	foot (ft)	m	0,3048
	yard (yd)	m	0,9144
	mile	km	1,609
Alan	in ² .	m ²	0,000645
	in ² .	cm ²	6,4516
	ft ²	m ²	0,092903
	yd ²	m ²	0,84
	acre	ha	0,4047
	mil ²	km ²	2,590
Hacim	ft ³	dm ³	28,3
	in ³	m ³	0,0000164
	yd ³	m ³	0,76
	gallon (gal)	L	4,55
	Bushel	L	35,24
	oz	mL	29,573
Hız	mile/h	km/h	1,609
	ft/s	m/s	0,305
	in/s	mm/s	25,4
Debi	ft ³ /s	m ³ /s	0,02832
	ft ³ /s	m ³ /min	1,699
	gal/s	m ³ /s	0,00455
Kütle	libre (lb)	kg	0,454
	ton	kg	1016
Kuvvet	lbf	N	4,448
	kgf	N	9,81
	dyne	N	0,00001
Yoğunluk	lb/yd ³	kg/m ³	0,593
	lb/in ³	kg/m ³	27679,90
	lb/ft ³	kg/m ³	16,018
	lb/gal	kg/L	0,120
Basınç	lbf/in ²	kPa	6,895
	mmHg	kPa	0,133
	kgf/cm ²	kPa	98,07
	bar/	kPa	100
	atm	kPa	101,33
	lbf/in ²	Pa	6894,76
Kuvvet Momenti	lbf.in	N.m	0,113
	lbf.ft	N.m	1,356
	kgf.cm	N.m	0,098
Enerji, iş, ısı	ft.lbf	J	1,356
	BTU	kJ	1,055
	kCal	kJ	4,1868
	kW.h	MJ	3,6
	hP.h	MJ	2,685
	hP.h	kW.h	0,746
Güç	BTU/h	W	0,293
	hP (550ft.lbs/s)	kW	0,7457

KONU İLE İLGİLİ SORULAR

- 1)** Ölçmenin tanımını yaparak, ölçü birimlerinin gerekliliğini yorumlayınız.
- 2)** Herhangi bir ölçme işlemi yapılırken dikkat edilmesi gereken faktörleri örneklendirerek açıklayınız.
- 3)** Kalibrasyonun tanımını yaparak neden gerekli olduğunu yorumlayınız.
- 4)** Ölçümlerde kesinlik ve doğruluk değerlendirmesini şekil çizerek açıklayınız.
- 5)** Ölçümlerde hata oluşum nedenlerini sınıflandırarak açıklayınız.
- 6)** Tork, basınç ve enerji kavramlarını eşitlik ve şekiller ile açıklayınız.
- 7)** Güç ve frekans kavramlarını eşitlikleriyle açıklayınız.

KAYNAKLAR

ANONİM, 1990. Uluslararası Birimler Sistemine Dair Yönetmelik. Resmi Gazete, 7 Aralık 1990, Sayı: 20718, S. 7-18.

ANONYMOUS, 2006. Error Analysis.

URL: <http://level1.physics.dur.ac.uk/skills/erroranalysis.php>

(son erişim 10 Eylül, 2008).

ANONYMOUS, 2007a. International System of Units.

URL: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/introduction.html>;

(son erişim: 18 Eylül 2008)

ANONYMOUS, 2007b. The Science of Measurement: Accuracy vs. Precision.

URL: <http://honolulu.hawaii.edu/distance/sci122/SciLab/>

(son erişim: 18 Eylül 2008)

AKPINAR, S., R. YAZICI, 1992. Ölçme Tekniği. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Genel Yayın No: 157, 221 sayfa.

ASAE, 1994. Use of SI (Metric) Units. ASAE Standards 1994, Standards Engineering Practices Data. Adopted by: American Society of Agricultural Engineering, pp. 52-59.

BAŞÇETİNÇELİK, A., H.H., ÖZTÜRK, 1997. Uluslararası (SI) Birimler ve Kullanılması. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 163. 39 sayfa.

CULPIN, C., 1986. Farm Machinery. BSP Professionals Books. 450 p.

GENCELİ, O.F., 1995. Ölçme Tekniği (Boyut, Basınç, Akış ve Sıcaklık Ölçmeleri). Birsen Yayınevi, 387 sayfa.