

172518

BAZI TARIMSAL ARTIKLARIN ISIL DEĞERLERİNİN  
SAPTANMASI VE DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN  
SİSTEMLERİN ÖZELLİKLERİ

Sezgin ÜĞÜTMEN

Ç.Ü.  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL MEKANİZASYON ANABİLİMDALI  
MASTER TEZİ

Adana

Mart -1986

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Tarımsal Mekanizasyon  
Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr.Ali BAŞÇETİNÇELİK

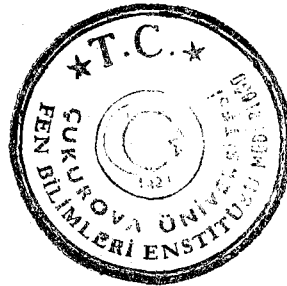
Üye : Doç.Dr.Yusuf ZEREN

Üye : Doç.Dr.Alaettin SABANCI

Kod No: 118

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

*M. DİNÇ*  
Prof.Dr.Ural DİNÇ  
Enstitü Müdürü



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÇİZELGE LİSTESİ .....	II
ŞEKİL LİSTESİ .....	III
ÖZ .....	IV
ABSTRACT .....	V
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	8
3. MATERYAL ve METOD .....	11
3.1. Materyal .....	11
3.2. Metod .....	11
3.2.1. Nem Tayini .....	11
3.2.2. Kül Miktarlarının Saptanması .....	12
3.2.3. Tarımsal Artık Miktarının Saptanması ..	13
3.2.4. Kalorimetre Deneyleri .....	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	20
4.1. Araştırmada Kullanılan Materyalin Nem İçerikleri .....	20
4.2. Araştırma Materyalinin Kül Miktarları .....	20
4.3. Ürün Artık Miktarları .....	21
4.4. Araştırma Materyalinin Enerji Değerleri ....	21
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR .....	24
6. ÖZET .....	28
7. SUMMARY .....	30
EKLER .....	33
KAYNAKLAR .....	44
TEŞEKKÜR .....	47
ÖZGEÇMİŞ .....	48

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u> <u>No.</u>		<u>Sayfa</u>
1	Türkiye'de Üretimi Yapılan Bazı Bitkilerin Ekiliş Alanı ve Üretim Miktarları .....	6
2	Araştırma Materyalinin, Hasat Sonrası ve Hava Kurusu Nem Durumları İle Kül Miktarları	21
3	Ürün Artık Miktarları .....	22
4	Bazı Tarımsal Artıkların Enerji Değerleri (MJ.kg <sup>-1</sup> ) .....	22
5	Bazı Tarımsal Artıkların Yıllık Toplam Enerji Değerleri .....	23
Ek-I	Tarımsal Artık Şekillerinin Özellikleri ....	34

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No.</u>		<u>Sayfa</u>
1	Biyokütle dönüşüm şeması .....	4
2	Artıkların yararlı enerjiye çevrim yöntemleri .....	5
3	KK 190-320 tipi kalorimetre bombası (HOLMAN, 1966) .....	16
Ek-II.1	İkincil yanma çemberi ve çift ceket ile yüksek basınç balyaları için aradan yakmalı kazan (STREHLER,1980) .....	36
Ek-II.2	Sıcak su üretiminde büyük balyalar için sap yakma ocağı (STREHLER,1980) .....	37
Ek-II.3	Alttan yakmalı ocak tipi (STREHLER,1984)	38
Ek-II.4	Alttan yakmalı kazan tipi (STREHLER,1984) .....	39
Ek-II.5	Sürekli beslenen balya yakma sistemi (STREHLER,1984) .....	40
Ek-II.6	Ilık hava ocağı (STREHLER,1984) .....	41
Ek-II.7	Sürekli beslemeli kesilmiş sap ocağı (STREHLER,1984) .....	42
Ek-II.8	Ilık hava üretici ile büyük balya ocağı (STREHLER,1980) .....	43

## ÖZ

Tarımsal üretimde temel bir gereksinim olan enerji sorununun her geçen gün büyüdüğü günümüzde biyokütle'nin değerlendirilmesi soruna bir ölçüde çözüm getirebilmektedir. Kalkınmakta olan ülkelerde enerji tüketiminin çok üzerinde biyokütle enerji potansiyeli olmasına karşın, yeterli bilgi ve sermayenin olmaması bu potansiyelden yararlanmayı kısıtlamaktadır.

Bazı tarımsal artıkların enerji değerlerinin belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada pamuk sapı, soya sapı, mısır sümegi ve yarfıstığı kabuğunun enerji değerleri saptanmış ve bazı biyokütle yakma sistemleri incelenmiştir.

Pamuk sapı katı yakıt olarak değerlendirildiğinde, enerji değeri açısından diğer artıklara göre daha iyi sonuç vermektedir.

## ABSTRACT

Nowadays, energy is a fundamental requirement of agricultural production rising energy demand is getting more serious problems in the world. The use of the biomass can be a solution to this problemsa certain extent.

Developing countries have been a energy potentiel more than their energy consumption. But, They haven't been used, because of their knowledge and capital limited.

This research work, it has been aimed at to define the energy value of several agricultural residues, such as cotton stalk, soybean stalk, corncob and peanut hull. The energy value of these has been defined and their biomass combustion systems studied as well.

The cotton stalk considered as solid burning material pffers better result than the others.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenbilirliği ve her yıl değişen fiyatları önemli bir sorun oluşturmaktadır. Dünya enerji tüketimi her onbeş yılda, iki katına çıkarak büyük bir artış göstermektedir.

Dünya'da yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları, petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlardır. Bunlar yenilenemez enerji kaynakları olup, 600 milyon yıl boyunca güneş enerjisi tarafından fotokimyasal reaksiyonlarla oluşmuşlardır.

Bugün yaklaşık 4 milyar olan dünya nüfusunun yüzyıl sonra 12-13 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfusun beslenme sorununun çözümü enerji ile yakından ilişkilidir. Ayrıca sürekli olarak insanların yaşam düzeyleri yükseleceğine göre, dünya enerji gereksinimi hızla artacaktır.

Günümüzde karşımıza çıkan en önemli teknolojik sorunlardan biri, çevreye fazla zarar vermeden yeterli ekonomik büyümeyi sağlayacak, yeni enerji kaynaklarını belirlemektedir.

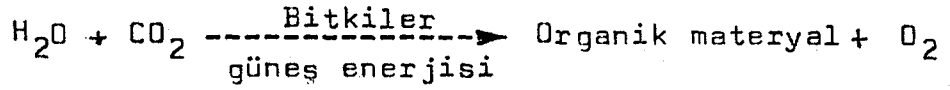
Ülkemizin bir tarım ülkesi olması nedeni ile özellikle tarımsal kaynaklarımızın amacına uygun olarak kullanılması, hem tasarruf ilkeleri ile başdaşacak, hem de birim alandan en fazla ürünün alınmasını sağlayacaktır.

Ülkemiz, 1979 yılında 2,2 milyar dolar dış satım yapmasına karşılık, enerji için petrole ödenen miktar 1.8 milyar dolardır. Bu değer, dış satımın % 78'ine eşittir. Son yıllarda ise bu oran % 45 dolayına inmiştir. Dış satımda en büyük paya sahip olan tarım ürünlerinin genel enerji tüketimi içindeki yeri ise % 4 kadardır (DİE, 1985).



Her geçen yıl, enerji tüketiminin ve nüfusun hızla artış göstermesi ve kalkınmada enerjinin büyük payı, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de "BİYO-KÜTLE"'dir. Biyokütle; güneş enerjisinin suyu ayırıştırması sonucu açığa çıkan enerjiyi, atmosferdeki karbondioksit ile birlikte bitkiye aktarma anlamına gelmekte ve biyo-sentez yolu ile üretilen tüm elemanları içermektedir (HALL, 1982).



Biyokütle deyimi karbon içeren tüm elemanlar için kullanılabilir. Labilmektedir.

Biyokütle'nin enerji kaynağı olarak en belirgin özellikleri;

- İstenildiği zaman kullanılmak üzere depolanması,
- Yenilenebilir olması,
- Kolay bir teknoloji gerektirmesi ve
- İnsan gücü ve öz kaynakları ile geliştirilebilir olması şeklinde özetlenebilir (HALL, 1978).

Birçok tarımsal artık, farklı amaçlarla kullanılmakta olup, bunlar topraktan gelişigüzel uzaklaştırılmaz. Bu artıkların başka hangi işlemlerde kullanılabileceğinin ve doğal dengeyi etkileyecek sonuçlarının bilinmesinde yarar vardır. Örneğin bitki artıkları,

- Toprak yüzeyinin korunmasını sağlar,
- Toprak yapısını iyileştirir ve toprağın verimini artırır.
- Katyon değişim kapasitesini artırır,

- Mikroorganizma faaliyetleri için enerji sağlar,
- Bitkilerin karbondioksit salımına yardımcı olur ve
- Besin maddeleri için depo görevini görür (STOUT, 1983).

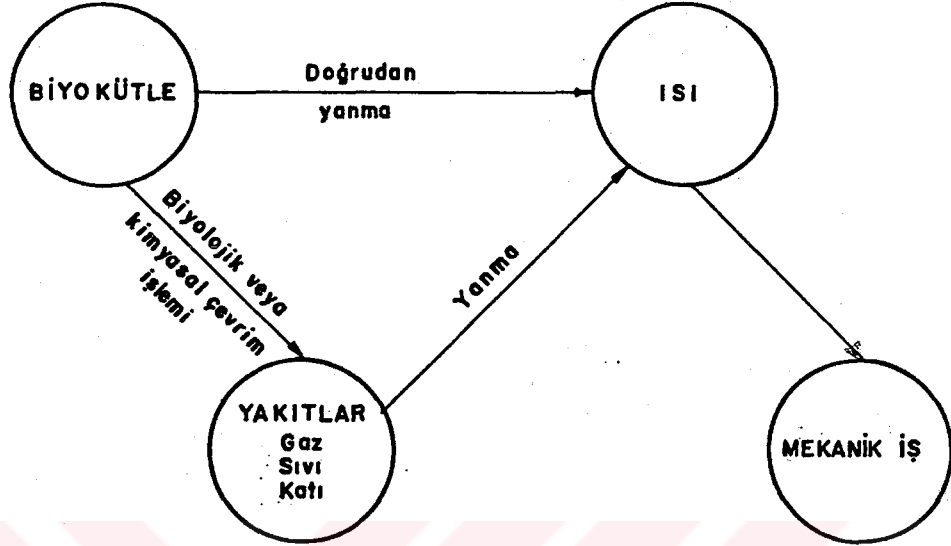
Dünya'daki ekili alanlardan yıllık olarak elde edilecek biyokütle kurumadde miktarı  $10^{11}$  veya  $10^{12}$  ton olduğu varsayılmaktadır. Bu, şu andaki dünya enerji tüketiminin bir kaç katı kadardır. Şüphesiz, toplama, taşıma ve çevrim bedelleri diğer yakıtlarla karşılaştırılamayacak kadar yüksektir.

Biyokütle'nin kullanılabilir enerjiye dönüştürülmesinde çeşitli yollar önerilmektedir. Şekil 1'de görüleceği gibi gerçekleşen fotosentez olayı sonucunda tarımsal ürünlerin yarısına yakın bir kısmı toprak hazırlığı için toprağa geri döner. Bu geri dönüş, hayvansal besin maddesinide içine alan bir döngü ile insan beslenmesinden ve enerji sağlanmasından geçer (TIMBERS ve DOWNING, 1976).

Biyokütle'nin yararlanılabilir yakıt şekline dönüşümü bir seri işlemler sonucunda gerçekleşir. Bu yakıt şekilleri, katı, sıvı ve gaz olarak sınıflandırılabilir. Bunlar da şu şekilde özetlenebilir; katı yakıt olarak materyalin doğrudan yakılması ve ısı elde edilmesi, sıvı yakıt olarak ise etanol fermantasyonu, metanol üretimi ve yağlı tohumlardan yağ üretilmesi, gaz yakıt olarak ise gaz üretici ile CO ve H<sub>2</sub> elde edilmesi, anaerobik bozulma ile metan (biyogaz) ve biofotoliz (ısınım yolu ile kimyasal bozunma) ile hidrojen üretimidir.

Tarla ürün artıklarınınıda içeren katı organik artıklar; doğrudan yanma ile enerjiye dönüşürler, veya seçilen biyolojik ve kimyasal işlemler ile enerji yakıtlarına çevrilebilirler, depolanabilirler (Şekil 2).





Şekil 2. Artıkların yararlı enerjiye çevrim yöntemleri

Yararlanılabilen biyokütle kaynakları çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin, kaynaklarına göre;

- tarla ürün artıkları,
- orman ürünleri ve artıkları,
- hayvan dışkıları,
- endüstriyel artıklar,
- enerji ürünleri (şeker kamışı, süpürge darısı vb.)
- suya ait biyokütle (algler vb.),
- hidrokarbon bitkileri (Lateks ve vakslar) ve
- yağ bitkileri şeklinde özetlenmektedir.

Ülkemizde halen tarımsal artıklar; hayvan besin maddesi, yataklık, bitki toprağı hazırlığı, malçlama yanında

yakıt olarak kullanılmaktadır. Çizelge 1'de bazı bitkilerin 1984 yılına ilişkin ekiliş alanları ve üretim miktarları verilmiştir. Burada belirtilen bitkilerin artıkları çoğunlukla yukarıda belirtilen amaçlarda kullanılmaktadır. Bu bitkilere ilişkin artık madde miktarları, ürün cinsi ve çeşidi dışında materyalin nem içeriğine göre de farklılık göstermektedir. Bu ürünlerin bir kilogram için yaklaşık <sup>artık</sup> kuru madde miktarları sırasıyla; buğday 2,73; arpa 2,25; pamuk 2,7; mısır 1,07; ayçiçeği 5,0; soya 0,85 ve yerfıstığı için 1,2 kg olarak belirtilmektedir (MASUD ve ark., 1983).

Çizelge 1. Türkiye'de Üretimi Yapılan Bazı Bitkilerin Ekiliş Alanı ve Üretim Miktarları (1984)

Bitki Çeşidi	Ekiliş Alanı (1000 ha)	Üretim Miktarı (1000 t)
Buğday	9 000	17 000
Arpa	3 250	6 500
Pamuk	605	835,2
Ayçiçeği	565	710
Mısır	550	1 500
Soya	28	60
Yerfıstığı	23	47,5

Kaynak: DİE, 1985.

Tarımsal artıkların bir enerji kaynağı olarak kullanılması, enerji sorununun çözümüne önemli katkılar sağlayabilir. Bu artıkların değerlendirilmesi, orman ürünlerinin yakıt olarak kullanılmasında ortadan kaldıracaktır. Özellikle kırsal yerleşim alanları dışında yakacak olarak odun

kullanımı yaygındır. 1984 yılı istatistiklerine göre yakıt olarak kullanılan odun miktarı taşkömürü esdeğer olarak 7420 bin tondur. Bunun enerji değeri ise  $2,17 \cdot 10^{11}$  MJ olmaktadır (DİE, 1985). Artıkların belirli bir formda; örneğin, sıkıştırılmış ve pelet haline getirilmiş olarak tüketime sunulması yukarıda belirtilen amaca hizmet edecektir.

Bu çalışmanın amacı, bazı tarımsal artıkların enerji değerlerinin saptanması, ısınma ve tarım ürünlerinin kurutulması için kullanılabilecek biyokütle yakma sistemleri üzerindeki çalışmaları incelemektedir.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünya'da biyokütle'nin enerji kaynağı olarak kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Araştırma konusu ile ilgili çalışma özetleri, yayın tarih sırasına göre aşağıda belirtilmiştir.

BRAUNSTEIN ve ark., (1981). Amerika'da bir yıllık tahıl sap üretiminin toplam enerji içeriği  $2,2 \times 10^{18}$  J olarak saptanmıştır. Buna karşılık mısır sapsularının enerji içeriği ise  $1,9 \times 10^{18}$  J olarak hesaplanmıştır.

EILAND ve ark., (1982), Şeker kamışı artıklarının bazı yararlı gübreler gibi potasyum içerdiğini ve gübre olarak kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Şeker kamışı ürün artıklarının  $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$  olduğunu ve bu değer mısır artıklarından elde edilen değere çok yakın olduğunu belirtmişlerdir.

SUMNER ve ark., (1982), Bomba kalorimetresinde bazı ürün artıklarının ve orman ürünlerinin enerji değerlerini ölçmüşlerdir. Bu sonuçlara göre en yüksek enerji değerine  $22,2 \text{ MJ.kg}^{-1}$  ile mısır sapsularının sahip olduğu görülmektedir. Pamuk sapsuları için bu değer  $21,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , mısır koçanı için  $19,7 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , pamuk kökleri için  $12,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$  ve soya artıkları için  $17,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$  olarak saptanmıştır. Ayrıca, bu tarımsal artıkların kül miktarlarını saptamışlardır. Kül değerini mısır sapsularında % 4,1, pamuk sapsularında % 4,6, mısır koçanında % 2,9, pamuk köklerinde % 5,2, soya artıklarında % 7,9 olarak bulmuşlardır.

Bu çalışmada ayrıca direk yakma sistemi olan stromor ocağında mısır koçanı, pamuk sapsuları ve soya artıklarını değerlendirmişlerdir. Buna göre sistemde pamuk sapsularının % 69, soya artıklarının % 58, mısır koçanının ise % 49 olduğunu ve en iyi yakıtın pamuk sapsuları olacağını belirtmişlerdir.

SUMNER ve ark., (1982)'nin bildirdiklerine göre MOREY ve THIMSEN (1980), yaptıkları analizlere dayanarak, 1 ha'dan elde edilen mısır artıklarının ısı enerjisinin, 10 ha veya daha büyük bir alandan elde edilen mısır ürününün kurutulmasında gereksinme duyulan enerjiyi karşılayabileceğini ileri sürmüşlerdir.

JENKINS ve EBBKING (1983), Lignoselülozik yakıtların yaş madde üzerinden enerji değerinin  $8,14 \text{ MJ.kg}^{-1}$  olduğunu belirtmişlerdir. Kuru ağırlık esas alındığında, enerji değerinin  $18,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$  olduğunu ileri sürmüşlerdir. Tarımsal artıkların yakılması sonucunda geride kalan kül miktarının değişmesine, hasat yöntemi, artıkların taşınmasında kullanılan ekipman, hava ve toprak şartlarının etkili olduğunu açıklamışlardır.

LEPORI ve ark., (1983), bazı biyokütle yakıtlarının yüksek oranda kül içerdiklerini ve bunların sistem parçaları üzerinde kül birikimine veya sert curuf oluşumuna neden olduklarını ve sorgum sapları ile çırçır artıklarının direk yanmasındaki düşük sıcaklıklarda, curuf ve pisliğin sorunlara neden olduğunu belirtmişlerdir.

MISHOE ve ark., (1983), Şeker kamışının biyokütle için önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve özellikle biyokütle için üretildiğinde pazar sorununun azalacağını bildirmişlerdir. Şeker kamışının etanol için üretilmesi durumunda enerji dengesinin pozitif olacağını ileri sürmüşlerdir.

SUMNER ve ark., (1983)'nin bildirdiklerine göre; FLUCK ve BAIRD (1980), bir sap çekici, sap toplayıcı ve balayama ünitelerinden ibaret pamuk sapı hasat sisteminde, materyalin hasadı sırasında toplam olarak ton başına 3,5 litre dizel yakıt kullanıldığını ve bu yakıtın ısı enerjisi



içeriğinin 131 MJ olduğunu, hasat edilen bir ton pamuk sapının enerji içeriğinin ise 21 300 MJ olduğunu hesaplamışlardır. Ancak bu enerji değerlerinin ayrı formlarda olduğunu ve direk olarak karşılaştırılmayacaklarını belirtmişlerdir.

SUMNER ve ark., (1983), ayrıca topraktan pamuk saplarını çekmek için, iki döner tekerleğin, çekme verimini hesaplamışlar ve bitki kaldırma veriminin, geniş bir alanda, çekici tekerlek frekansı ve hareket hızlarına göre değiştiğini ve bu değerlerin ortalama olarak % 97,4 olduğunu saptamışlardır.

JENKINS ve ark., (1984), ısısal değer ve kimyasal bileşimlerini saptamak amacı ile 62 bitki çeşidi üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Tarımsal artıkların nem içeriği, hacim yoğunluğu ve parçacık hacimlerinin, çevre şartları ve elle işleme yöntemleri ile bağlantılı olarak değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Tarla ürün artıklarını, odunlar, kabuklar ve koçanlar ve biyokütle'nin diğer tipleri olarak üç kategoride toplamışlardır.

Yaptıkları çalışmalarda, nem içeriğini ASTM D 3173-73 kurutma metodu ile, kül analizi için ise örneği fırının soğuk gözünde, sıcaklığın kademe kademe yükseltilmesi ile 700-750°C sıcaklık aralığında yakmış ve iki saat 700-750°C sıcaklıkta veya ağırlık sabit oluncaya kadar bekleterek saptamışlardır.

JENKINS ve EBELING (1984), ayrıca ASTM D 8176-74 standartları ile karbon, sülfür, hidrojen ve klor miktarlarını; oksijen miktarını ise karbon, hidrojen, azot, sülfür, klor. ve külün toplam ağırlığı ile örneğin toplam ağırlığı arasındaki farktan saptamışlardır. ASTM 2015-77 standardı ile de adiabatik bomba kalorimetresinde sabit hacimde maddenin en yüksek ısısal değerlerini belirlemişlerdir.

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

Bu araştırmada, pamuk sapı, soya sapı, mısır koçanı ve yarfıstığı kabuğu materyal olarak seğıilmiştir. Bu bitkiler, ülkemiz kırsal kesiminde yakacak maddesi olarak yaygın kullanıldığı için seğıilmiştir.

Pamuk (Deltapine 15-21) bitkisinin sapı koyu renkte olup, kuvvetli bir gelisme gösterir. Bitki boyu, 70-120 cm arasında değişmekle birlikte sulama koşullarında biraz daha boylanmaktadır. Ekim işleminde sıralar arası uzaklık 65-80 cm, sıra üzeri uzaklık ise 20-30 cm arasında değişmektedir.

Soya bitkisinin (Amsoy 71) yaprakları orta sıklıkta olup, ekimde, sıralar arası uzaklık 65-70 cm, sıra üzeri 2,5-5 cm arasında değişim göstermektedir.

Mısır bitkisi (melez mısır TÜM 82-2), çlü melez bir mısır türüdür. Olumsuz yetiştirme koşullarında tek melezlerden daha dayanıklıdır. Tek bitki tek koçan taşımaktadır. Bitki boyu ortalama 240 cm, koçanın yerden yüksekliği ise ortalama olarak 120 cm'dir. Ekim işleminde, sıralar arası uzaklık 70-80 cm, sıra üzeri uzaklık 25-30 cm arasında değişmektedir.

Yarfıstığı (om), Virginia grubundan olup, yarı yafık olarak gelişir. Ekimde sıralar araları 75-80 cm, sıra üzeri 25-30 cm'dir. Bitki basına meyve verimi yüksektir.

#### 3.2. Metod

##### 3.2.1. Nem Tayini

Öncelikle hasat edilen materyalin nem içeriği seğıtanmıştır. Bu amaçla, tartımları alınan materyal örnekleri, 7-8 saat, 70°C sıcaklıkta kurutulmuş ve tekrar tartımları

alınmıştır. Daha sonra materyal değirmende öğütülmüştür. Öğütülmüş materyal, 2-3 gün açık havada bırakılmıştır. Hava kuru materyalde tekrar nem tayini yapılmıştır. Materyalin tartımları alınmış ve kuruyuncaya kadar etüvde bekletilmiştir (KAÇAR, 1972).

Nem miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$f = \frac{Y_m - K_m}{Y_m} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Bu eşitlikte;

$f$  = % nem miktarıdır.

$K_m$  = kuru materyal (gr) ve

$Y_m$  = yaş materyal (gr) dir.

### 3.2.2. Kül Miktarlarının Saptanması

Hava kuru öğütülmüş materyal örnekleri, tartımları alınarak porselen kaplara konulmuştur. Elektromak fırınının soğuk gözüne konulan kaplar içindeki materyal, sıcaklığın kademe kademe yükseltilmesi ile 800°C sıcaklıkta yakılmış ve 1-2 saat veya ağırlık sabit oluncaya kadar bekletilmiştir (JENKINS ve ark., 1984).

Kül miktarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$K_M = \frac{h_k - S_t}{h_k} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Bu eşitlikte;

$K_M$  = kül miktarı (%),

$h_k$  = hava kuru materyalin ağırlığı (gr) ve

$S_t$  = sabit tartıma gelmiş materyaldir (gr).

### 3.2.3. Tarımsal Artık Miktarının Saptanması

Pamuk için sap örnekleri; sulanan ve sulanmayan parsellerde verimin yüksek olduğu üç ayrı yerden ve sıra üzerinde 5 metre uzunluğundaki şeritlerden alınmıştır. Sıra üzeri ve sıralar arası uzaklıklardan yararlanılarak, bir sapa düşen yaşam alanı ve birim alana düşen ortalama sap miktarı hesaplanmıştır. Hesaplama işlemlerinde 3 ve 4 no'lu eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$Y_a = S \cdot S_{\bar{u}} \dots\dots\dots (3)$$

$$A = S_s \cdot S_a \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (4)$$

Bu eşitlikte;

- $Y_a$  = bir bitkiye düşen yaşam alanı ( $cm^2$ ),
- $S$  = sıralar arası uzaklık (cm),
- $S_{\bar{u}}$  = sıralar üzeri uzaklık (cm),
- $A$  = birim alandaki artık miktarı ( $t \cdot ha^{-1}$ ),
- $S_s$  = 1 ha'daki sap sayısı ( $adet \cdot ha^{-1}$ ), ve
- $S_a$  = bir sapın ortalama ağırlığıdır (gr).

Soya sapsarı da, pamuk bitkisinde olduğu gibi parselin üç ayrı yerinden ve 5 metre uzunluğundaki şeritlerden alınmıştır. Ortalama sap miktarının belirlenmesinde pamuk için uygulanan yöntem kullanılmıştır.

Mısır bitkisi için, bir bitkiye düşen yaşam alanı saptanmıştır. Sömek örneklerinin tartımları alınarak ortalama sömek ağırlığı hesaplanmıştır. Örneklerinin parselden alımı, pamuk ve soya'da olduğu gibi gerçekleştirilmiştir. Bir bitki ortalama bir sömek bulundurmaktadır. Hesaplama 5 no'lu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$A = K_a \cdot K_s \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (5)$$

Bu eşitlikte;

$$\begin{aligned} A &= \text{birim alandaki artık miktarı (t.ha}^{-1}\text{)}, \\ K_a &= \text{ortalama sömek ağırlığı (gr) ve} \\ K_s &= \text{1 ha'daki sömek sayısı (adet.ha}^{-1}\text{) dır.} \end{aligned}$$

Yerfıstığı bitkisinde meyvelerin ortalama kabuk ağırlığı saptanmış, bir bitkideki meyve sayısından yararlanılarak, bitki başına kabuk ağırlığı hesaplanmıştır. Birim alandaki bitki sayısı ve ortalama kabuk ağırlığı değerlerine bağlı olarak, birim alana düşen artık miktarı saptanmıştır. Hesaplama aşısındaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$A = K_b \cdot B_s \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (6)$$

Bu eşitlikte;

$$\begin{aligned} A &= \text{birim alandaki artık miktarı (t.ha}^{-1}\text{)}, \\ K_b &= \text{bitki başına kabuk ağırlığı (gr) ve} \\ B_s &= \text{bitki sayısı (adet.ha}^{-1}\text{) dır.} \end{aligned}$$

#### 3.2.4. Kalorimetre Deneylei

Pamuk sapı, soya sapı, mısır sömek ve yerfıstığı gibi tarımsal artıkların ısıl değerleri bomba kalorimetre cihazında ölçülmüştür.

Araştırmada kullanılan kalorimetre KK-190-320 tipi Rekord Kalorimetredir. (Şekil 1). Kalorimetre cihazının kısımları; kalorimetre bombası, kalorimetre ve parçaları ve termometre olarak özetlenmektedir.

Kalorimetre bombasının gövdesi, kalın kenarlı paslanmaz çelikten yapılmış olup, içi aside dayanıklı metal ile kaplanmıştır. Yine paslanmaz çelikten yapıli ve üzerinde iki sübap bulunan bir kapağı vardır. Sübapların biri oksijen gazının giriş çıkışını, diğeri ise, yanan gazların

çıkışını sağlamaktadır. Ayrıca, kapakta numunenin yakılmasını sağlayacak elektrik devresinin geçtiği iki kutup vardır. Bunlar, gövde içinde krozenin takılabileceği şekilde kıvrılmıştır (Şekil 3).

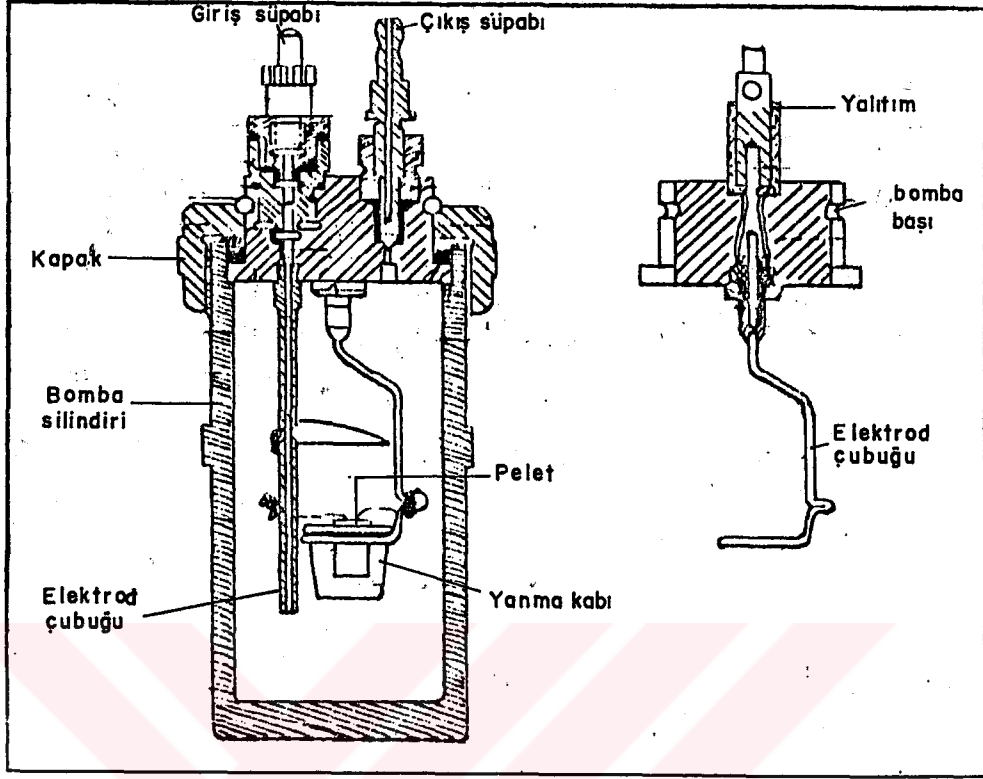
Kalorimetre kabı, çift çeperli ve arasında su bulunan bir metal kaptır. Kabin içine, ısı iletkenliği az olan ayaklar üzerine oturtulmuş nikelajlı bir kova, motorun hareket ettirdiği karıştırıcı, termometre ve ayrıca kalorimetre bombası konmaktadır.

Kalorimetre kabının üstü ebonit veya benzeri malzemedен yapılmış ve iki yarım daire olan bir kapakla kapatılmıştır. Bu kapakta bulunan delikten termometre geçmekte ve kovada bulunan suyun sıcaklık değişimlerini ölçmektedir. Termometreler iki tiptir. Ölçek bölümleri 1/100 olan Beckman termometresi, 7-8 C'lık bir sıcaklık aralığındaki değişimleri ince ayrıntıları ile göstermektedir. Diğeri ise kalorimetre kabındaki suyun sıcaklığını ölçmekte kullanılan 1/10 ölçek bölümlmeli termometredir.

Elektrik devresi; karıştırıcı motorun çalışmasını ve numuneyi yakacak akımı sağlamaktadır.

Enerjisi ölçülecek materyal, tartılarak kuru madde tayini gereğince 70°C sıcaklıkta 7-8 saat bekletilmiştir. Daha sonra 2-3 gün açık havada bırakılmıştır.

Havada kurutulan bu madde içerisinden, platin tel geçirilerek preslenmiştir. Telin uzunluğu 7 cm, ağırlığı ise 7,9 mg olup, enerji değeri 4,9 cal'dır. Pres aleti el ile işletilebilen ve yakılacak numuneyi, preslemeye yarayan bir alettir. Palet haline getirilen materyal, kalorimetre bombasına yerleştirilmiştir. Bomba içine 25-30 atmosfer basınç altında oksijen verilmektedir. Kalorimetre bombası çelik kova içerisine yerleştirilmiş, ayrıca, çelik kovaya



Şekil 3. KK 190-320 tipi kalorimetre bombası  
(HOLMAN, 1966)

kutup başlıklarının alt hizasına kadar 2 800 cc su konulmuştur. Materyalden geçen platin tel, ateşleme devresinin kutuplarına bağlanmaktadır. Bölümlenmesi 1/100 olan Beckman termometresi ile kalorimetre bombasının çevresindeki suyun sıcaklığındaki artışlar, birer dakika ara ile ölçülmektedir. Bu arada, kalorimetre dış çeperinin sıcaklığı sabit kalsın diye su akımı sağlanmış ve derecesi sabit tutulmuştur. Kalorimetre bombasının çevresindeki suyun sıcaklığı bir müddet (sıcaklık farkı sabit oluncaya dek) ölçüldükten sonra, ateşleme düşmesine basılarak madde ateşlenmiş ve sıcaklık artışları birer dakika ara ile ölçülmüştür. Sıcaklık artışları bir müddet sonra durmuş ve tekrar düşmeye başlamıştır.

Sıcaklık düşüşleri, sıcaklık farkı sabit oluncaya dek ölçülmüştür.

Ölçümler üç bölümde yapılmaktadır. Atesleme öncesi ölçümlere, ön test, atesleme anından sıcaklığın düşmeye başladığı ana kadar ana test ve sıcaklığın düşmeye başlaması ile sıcaklık düşüş farkları sabit oluncaya kadar yapılan ölçümlere, son test adı verilmektedir (HOLMAN, 1966).

Aletin su eşdeğerliği, 447,4 Cal/°C olarak verilmiştir. Bu da alete konulan su miktarına eklenerek kalorimetrenin toplam su eşdeğerliğini vermektedir.

$$447,4 + 2\ 800 = 3\ 247,4 \text{ Cal/}^{\circ}\text{C}$$

Bu değer Benzoik asit yöntemi ile doğrulanmıştır. Kalori değerinin hesabında aşağıda görülen eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$V_{wl} = \frac{W_w \cdot (t_m + C - t_o)}{G} \dots\dots\dots (7)$$

$$C = m \cdot \Delta n - (\Delta n + \Delta v) \cdot F \dots\dots\dots (8)$$

$$F = m - \frac{1}{t_n - t_v} \cdot \left( \sum_{l=1}^{m-1} t_l + \frac{t_o + t_m}{2} - mt_v \right) \dots\dots\dots (9)$$

Bu eşitliklerde;

$$V_{wl} = \text{hava kurusu materyalin kalori değeri} \\ (\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}),$$

$$W_w = \text{kalorimetrenin su eşdeğerliği (Cal/}^{\circ}\text{C)},$$



- $t_m$  = ana testin son sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $C$  = kalorimetre ile çevresi arasındaki ısı değişimi için düzeltme faktörü,  
 $t_o$  = ana testin ilk sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $G$  = yakıtın ağırlığı (g),  
 $m$  = ana testin süresi (min),  
 $\Delta n$  = son test sırasında ortalama sıcaklık farkı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $\Delta v$  = ön test sırasında ortalama sıcaklık farkı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $F$  = zaman düzeltme faktörü (min),  
 $t_n$  = son testin sıcaklık ortalama değeri ( $^{\circ}\text{C}$ ),  
 $t_v$  = ön testin sıcaklık ortalama değeri ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve  
 $\sum_{i=1}^{m-1} t_i$  = ana test sırasındaki toplam sıcaklıklar (ilk veson değer hariç) ( $^{\circ}\text{C}$ ) dir.

Bu değerler eşitlikte yerlerine konularak önce E ve C değerleri bulunmuş, daha sonra enerji değerleri hesaplanmıştır. Enerji değerleri bulunduğundan sonra hava kurusu yakıtın ısı değeri, orijinal yakıtın enerji değeri ve ısı değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama aşamada aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$H_{u1} = V_{w1} - 5,85 \cdot f \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$H_{u2} = H_{u1} \times \left(100 - \frac{Y_m - K_m}{Y_m}\right) \cdot 100^{-1} - 5,85 \cdot f \quad (11)$$

$$V_{w2} = V_{w1} \left(100 - \frac{Y_m - K_m}{Y_m}\right) \cdot 100^{-1} \quad \dots \dots \dots (12)$$

Bu eşitliklerde;

$H_{u1}$  = hava kurusu materyalin ısı değeri  
(kcal.kg<sup>-1</sup>),

$H_{u2}$  = Orijinal yakıtın ısı değeri (kcal.kg<sup>-1</sup>),

$V_{w2}$  = orijinal yakıtın enerji değeri (kcal.kg<sup>-1</sup>),

$f$  = yakılan materyalin içerdiği nem miktarı (%) ve  
5,85 = bir gram suyun buharlaşmasını sağlayan enerji (Cal).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 4.1. Araştırmada Kullanılan Materyalin Nem İçerikleri

Bu çalışma iki aşamada yürütülmüş, birinci aşamada el ile hasat edilen materyalin nem içeriği saptanmıştır. Hasadı gerçekleştirilen materyal yüksek oranda nem içermektedir. Materyalin yakılmadan önce kurutulması, yanma kalitesi açısından önemlidir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, en fazla nemi % 50 ile mısır sömeği içermektedir. Pamuk sapı için bu değer, % 46'ya ulaşmaktadır. Yerfıstığı tarladan direk olarak alınmamıştır. Açık havada bir müddet kurutmaya tabii tutulmuştur. Bu nedenle içerdiği nemin bir bölümünü kaybetmiştir. Yerfıstığı kabuğu için, nem içeriği % 11 olarak saptanmıştır.

İkinci aşamada hava kurusu materyallerin nem tayini yapılmıştır. Metoda açıklanan yöntemle göre yapılan ölçmelerde bulunan sonuçlarda, en fazla nemi % 4,55 ile soya sapı ve pamuk sapı içermektedir. Yerfıstığı kabuğunda bu değer en düşük olup, % 3,9 olarak saptanmıştır (Çizelge 2).

##### 4.2. Araştırma Materyalinin Kül Miktarları

Tarımsal artıklar, yandıktan sonra geride bir miktar kül bırakmaktadır. Yüksek orandaki kül, yakma sistemlerinin bazı kısımlarında birikebilmekte ve bir takım olumsuzluklara neden olmaktadır. Ölçmelerde kül içerikleri mineral madde bazında değerlendirilememiştir. Yapılan ölçümler sonucunda kuru ağırlığın yüzdesi olarak en fazla kül miktarını % 5,94 ile soya sapı içermektedir. Bunu % 4,68 ile pamuk sapı izlemekte, en az kül içeriği ise mısır sömeğinde saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Araştırma Materyalinin, Hasat Sonrası ve Hava Kurusu Nem Durumları İle Kül Miktarları

Artık Cinsi	Hasat Sonrası materyalde nem (%)	Hava Kurusu materyalde nem (%)	Kül miktarı (%)
Pamuk sapı	46	4,55	4,68
Soya sapı	28	4,55	5,94
Mısır sömeği	50	4,32	2,3
Yerfıstığı kabuğu	11	3,9	3,1

#### 4.3. Ürün Artık Miktarları

Araştırma materyallerinin  $t.ha^{-1}$  olarak birim alana düşen artık miktarları ve Türkiye'deki 1984 yılı üretim alanları göz önüne alınarak, bir yılda birim alandan elde edilebilecek artık miktarları hesaplanmıştır. Buna göre, bir yıllık pamuk sapı miktarı  $5,39 t.ha^{-1}$  olarak bulunmuştur. Bu değer mısır sömeğinde,  $3,42 t.ha^{-1}$  olarak saptanmıştır. En az artık miktarı yerfıstığı kabuğunda  $1,52 t.ha^{-1}$ 'dir (Çizelge 3).

Ekim alanı 605 bin hektar olan pamukta, ortalama kuru madde miktarı  $5,39 t.ha^{-1}$  alındığında yıllık toplam artık miktarı 3 261 bin tona ulaşmaktadır. Aynı şekilde bu değer mısır sömeğinde 1 881 bin ton olmaktadır. Diğer ürünlere ilişkin değerler ise Çizelge 3 de verilmiştir.

#### 4.4. Araştırma Materyalinin Enerji Değerleri

Bomba kalorimetresi ile materyal olarak kullanılan tarımsal artıkların enerji değerleri ölçülmüş ve değerler Çizelge 4 de verilmiştir.

Çizelge 3. Ürün Artık Miktarları

Artık Cinsi	Kuru madde miktarı (t.ha <sup>-1</sup> )	Ekiliş alanı (1000 ha)	Toplam Artık (1000 t.yıl <sup>-1</sup> )
Pamuk sapı	5,39	605	3 261
Soya sapı	3,08	28	86,24
Mısır sömeği	3,42	550	1 881
Yerfıstığı kabuğu	1,52	23	34,96

Elde edilen bu sonuçlara göre en yüksek enerji değerine 20,68 MJ.kg<sup>-1</sup> ile pamuk sapı, en düşük enerji değerine ise 18,89 MJ.kg<sup>-1</sup> ile soya sapı sahiptir. En yüksek ısı değer hava kurusu materyal cinsinden 20,56 MJ.kg<sup>-1</sup> ile yine pamuk sapına aittir. Bu çizelge incelendiğinde hava kurusu materyal ısı değeri ve orijinal yakıt ısı değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Genel bir yaklaşımla tarımsal ürün artıkları için enerji değeri 20 MJ.kg<sup>-1</sup> olarak alınabilir.

Çizelge 4. Bazı Tarımsal Artıkların Enerji Değerleri (MJ.kg<sup>-1</sup>)

Artık Cinsi	Hava kurusu enerji değeri	Orijinal yakıt değeri	Hava kurusu ısı değeri	Orijinal yakıtın ısı değeri
Pamuk sapı	20,68	20,66	20,56	20,44
Soya sapı	18,89	18,88	18,78	18,66
Mısır sömeği	20,11	20,10	20,00	19,89
Yerfıstığı kabuğu	20,27	20,26	20,17	20,00

Çizelge 5 de materyal olarak seçilen tarımsal artıkların yıllık toplam enerji değerleri, toplam artık miktarı ve hava kurusu enerji değerlerine göre hesaplanmıştır. Bu dört artık maddenin toplam değeri ise  $1,76 \cdot 10^{11}$  MJ kadar olup, 1984 yılı odun enerjisi tüketimi olan  $2,17 \cdot 10^{11}$  MJ değerine yakındır. Diğer deyişle orman ürünleri yerine tarım ürünleri artıklarından bazıları kullanılabilir.

Çizelge 5. Bazı Tarımsal Artıkların Yıllık Toplam Enerji Değerleri (MJ)

Artık Cinsi	Pamuk sapı	Soya sapı	Mısır sömeği	yerfıstığı kabuğu
Yıllık Toplam	$6,7 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^8$

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu araştırmada bazı tarımsal artıkların enerji değerleri saptanmış ve biyokütle yakma sistemlerinden birkaç çeşit incelenmiştir.

Araştırma materyali olarak seçilen pamuk sapı, soya sapı, mısır sömeği ve yerfıstığı kabuğundan oluşan dört örneğin, hasat sonrası nem içerikleri saptanmıştır. Nem miktarı yanma kalitesi açısından önemlidir. Yüksek oranda nem içeren materyalin yanma verimi oldukça düşük olacaktır. Bitki artıkları hasat edildikleri anda yüksek oranda nem içerdiklerinden kurutmaya tabi tutulmaları gerekir. Hasat sonrası açıkta yapılan iyi bir kurutma sonucu materyaldeki nem miktarı azalacaktır. Bitkilerin hasat sırasında içerdikleri nem miktarı çevre şartlarına, bitkinin cinsine ve hasat mevsimine göre değişmektedir (SUMNER ve ark., 1983).

Hasat sonrası materyalin içerdiği nem miktarını saptamak amacı ile yaptığımız ölçümlerde, en fazla nemi % 50 ile mısır sömeğinin içerdiği görülmüştür. Pamuk sapında bu değer % 46, soya sapında ise % 28 olarak bulunmuştur. Yerfıstığı bir müddet açık havada kurutulmuş olduğundan nem miktarı % 11 olarak saptanmıştır. Materyalin açık havada bırakılması ile nemin büyük bir miktarı kaybolmaktadır. Yakılabilecek miktarın iyi bir kurutma mevsiminde kontrollü olarak açıkta kurutulması önerilebilir.

Artık materyal yönünden en zengin olan pamuk sapı, halen köylerde ve tarım işletmelerinde katı yakıt olarak kullanılmaktadır. Uygun olmayan sistemlerde yakılan bu artık potansiyelinden gerektiği gibi yararlanılmamaktadır.

Enerji değerleri ölçüldüğünde, pamuk sapının  $20,68 \text{ MJ.kg}^{-1}$  ile en iyi durumda olduğu gözlenmiştir. Soya sapının enerji değeri  $18,89 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , mısır sömeğinin  $20,11$

$\text{MJ.kg}^{-1}$ , yer fıstığı kabuğunun enerji değeri ise  $20,27 \text{ MJ.kg}^{-1}$  olarak saptanmıştır. Diğer deyişle tarım ürünleri artıkları için ortalama bir değer olarak  $20 \text{ MJ.kg}^{-1}$  alınabilir. Bu konuda SUMNER ve Ark., (1982), tarafından yapılan çalışmalarda da pamuk sapının enerji değerinin  $21,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , mısır koçanının  $19,7 \text{ MJ.kg}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. Bulunan bu değerler diğer literatür değerlerini de yaklaşık olarak doğrulamaktadır.

Bu durumda birim alana artık madde miktarının ve enerji değerinin yüksek olması bakımından pamuk sapı ve mısır koçanının katı yakıt olarak kullanılması önerilebilir.

Ülkemizde yakıt olarak kullanılan odun, aynı zamanda kağıt endüstrisinin de hammaddesidir. 1984 yılı istatistiklerine göre yakıt olarak tüketilen odun miktarı taş kömürü eşdeğeri olarak 7420 bin ton olup, bunun enerji değeri ise  $2,17 \cdot 10^{11} \text{ MJ}$  olmaktadır. Ayrıca istatistiklere girmeyen miktar kadar kaçak odun kullanımı olduğu sanılmaktadır. Bu artık ürünlerin belirli bir formda tüketime yönlendirilmesi ormanların korunmasında yardımcı olacaktır.

Günümüzde halen çeşitli biyokütle yakma sistemi çalışmaları sürdürülmektedir. Tarımsal artıklar çeşitli şekillerde yakılmaktadır. Bunlar kesilmiş materyal, normal balyalar, yüksek basınç balyaları ve paletler olarak özetlenmektedir. Yüksek basınç balyaları normal balyalara göre daha uzun süre yanmaktadır (DEMİR, 1984). Sürekli beslemeli yakma sistemlerinde kesilmiş sap ve paletler daha iyi sonuç vermektedir (Çizelge Ek-1). Bu sistemlerin taşınabilir olması kullanma açısından kolaylık göstermektedir (STREHLER, 1984). Büyük işletmelerde biyokütle potansiyeli yüksek olduğundan, ısı üretimi yapıldığı gibi elektrik üretiminde gerçekleştirildiği ve diğer biyokütle profillerinin elde



edilebileceği sabit ve kombine sistemler önerilebilir. Böylece işletmeler enerji yönünden kendi kendine yetebilir duruma getirilebilir.

Hava kurusu materyalde yapılan nem tayini sonuçlarına göre pamuk ve soya sapının % 4,55, mısır sömeğinin % 4,32, yarfıstığı kabuğunun % 3,9 oranında nem içerdıği bulunmuştur.

Elektromak fırında örneklerin kül miktarları saptanmış, yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, kül miktarı % 5,94 ile en fazla soya sapında görölmektedir. Bunu % 4,68 ile pamuk sapı, % 3,1 ile yarfıstığı kabuğu ve % 2,3 ile mısır sömeği izlemektedir. Daha önce çeşitli araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara göre soya artıklarının kül içeriğinin % 7,9, pamuk sapının 4,6 ve mısır koçanının % 2,9 oranında kül içerdıği bilinmektedir (SUMNER ve ark., 1983; EBELING ve JENKINS, 1983). Bulunan sonuçlar literatür değerlerini yaklaşık olarak doğrulamaktadır. Hava kurusu olarak en fazla nemi içeren soya ve pamuk artıklarının kül miktarları da yüksek bulunmuştur. Kül miktarı bitkinin cinsine ve artık materyalde bulunan nem miktarına bağlıdır. Biyokütle yakıtlarının yüksek oranda kül içermeleri, sistem parçaları üzerinde kül birikimine ve sert curuf oluşumuna neden olmaktadır (LEPORI ve ark., 1983). Kül miktarının yüksek olması istenmeyen bir durumdur.

Birim alana düşen tarımsal artık miktarı kuru madde üzerinden en fazla  $5,39 \text{ t.ha}^{-1}$  ile pamuk sapında bulunmuştur. Mısır sömeğinde bu değer  $3,42 \text{ t.ha}^{-1}$ , soya sapında  $3,08 \text{ t.ha}^{-1}$ , yarfıstığı kabuğunda ise  $1,52 \text{ t.ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

Dünya'da ve ülkemizde en yaygın olarak kullanılan enerji kaynağı petroldür. Ancak yeryüzündeki fosil yakıt kaynakları sınırlıdır ve hızla tükenmektedir. Petrolün bu hızla tüketildiği göz önüne alınırsa, 21. yüzyıl başlarında

bitebileceği ileri sürölmektedir.

Enerji sorunun her geçen gün büyüdüğü yaşadığımız yüzyılda, biyokütle'nin değerlendirilmesi soruna bir ölçüde çözüm getirebilecektir.



## 6. ÖZET

Günümüzde yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenbilirliği ve her yıl artan fiyatlar önemli bir sorun oluşturmaktadır. Dünya enerji tüketimi her onbeş yılda, iki katına çıkarak büyük bir artış göstermektedir. Halen tüketilmekte olan enerji kaynakları fosil yakıtlar olup; petrol, doğal gaz, kömür olarak sıralanabilir. Bunlar yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır.

Aynı zamanda dünya nüfusu hızla artmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biride biyokütle'dir. Biyokütle; güneş enerjisinden yararlanarak suyun parçalanması ile elde edilen enerjiyi ve atmosferdeki CO<sub>2</sub>'i bitkiye aktarma anlamına gelen, bio-sentez yolu ile üretilen tüm elemanları içermektedir (HALL, 1978).

Araştırma materyali pamuk sapı, soya sapı, mısır koçanı ve yerfıstığı kabuğundan oluşmaktadır. Bu örneklerde;

- hasat sonrası materyalde nem içeriği,
- hava kurusu materyalde nem içeriği,
- kül miktarları,
- birim alana düşen artık miktarı ve
- kalorimetre'de enerji değerleri

belirlenmiştir.

Ayrıca ekler bölümünde biyokütle katı yakıt sistemlerinden birkaç örnek verilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- hasat sonrası materyalde nem içeriği yönünden, en yüksek değeri % 50 ile mısır şömeği almaktadır. Yerfıstığı

tarladan direk alınmamış olup, bir müddet açık havada bekletilmiş ve nem içeriği % 11 olarak saptanmıştır. Hasat sonrası, materyalde nem içeriği, hasat mevsimine, bitkinin cinsine ve toprak şartlarına bağlıdır.

- hava kuru materyalde nem içeriği, en fazla pamuk ve soya sapında % 4,55 olarak saptanmıştır. Nem içeriği materyalin yanma verimini etkilemektedir. Bu değer yerfıstığı kabuğunda % 3,9 dur.

- kül miktarlarının saptanması işleminde en yüksek kül miktarı % 5,94 ile soya sapında, en düşük değer ise % 2,3 ile mısır sömeğinde bulunmuştur. Nem oranının yüksek olduğu materyalde, kül miktarında yüksek olduğu gözlenmiştir. Kül miktarı bitkinin cinsine, hasat ekipmanına bağlıdır.

- birim alana düşen tarımsal artık miktarı kuru madde üzerinden en fazla  $5,39 \text{ t.ha}^{-1}$  ile pamuk sapında bulunmuştur. Mısır sömeğinde bu değer  $3,42 \text{ t.ha}^{-1}$  olarak saptanmıştır.

Enerji sorununun her geçen gün büyüdüğü günümüzde, tarımsal artıkların katı yakıt olarak değerlendirilmesi sorununa bir ölçüde çözüm getirecektir. Pamuk sapı ve mısır sömeğinin katı yakıt olarak kullanılması önerilebilir.

Büyük tarım işletmelerinde kurutma ve ısıtma amaçlı biyokütle katı yakıt sistemlerine yer verilerek artık materyallerin değerlendirilmesi yoluna gidilmelidir. Böylece işletmeler enerji yönünden kendi kendine yetebilir duruma getirilebilir.

Ayrıca hidrojen üretimi, metanol ve etanol eldesi gibi biyokütle'nin diğer profillerine de önem verilmelidir.

## 7. SUMMARY

Nowadays, energy is a fundamental requirement of agricultural production. Rising energy demand is getting more serious problems in the world.

More energy is needed for two reasons; (a) the world population is growing at an exponential rate, and (b) energy use percaput energy sources (natural gas, coal, etc.) are limited, the energy base for continued development must shift to renewable or practically infinite forms such as solar or biomass energy.

One of the new and renewable energy sources is biomass. Biomass is defined as all organic matter except fossil fuels, i.e., all renewable organic matter. This includes all plant material (annuals, perennials, residues, algae etc.) whether grown on land or in water; all animal products and manure; all food processing and forestry by products, and urban wastes.

Cotton stalk (Deltapine 15-21), soybean (Amsoy 71), comcob (hybrid corn TÜM 82-2) and peanut hull (Çom) was selected to use as a material.

In the laboratory analyses of these samples made for;

- determination of moisture content after harvesting; period (wet basis),
- determination of moisture content on a dry weight of the materials (dry basis),
- determination of ash content,
- determination of plant residues in the unit area.
- Energy value was measured with bomb calorimeter

and these results were compared.

Also, a few of biomass burning system has been given as an example in the notes.

The results of measures that are in this study can be summarized as below.

- After harvesting period, according to the moisture determination, corncob had get the highest value as 50 %. Peanut hull samples has been taken from the field after drying. Therefore it contents low rate of moisture. Moisture content of the material depent on the harvesting season, kind of plant and characteristics of soil.

- Moisture content was determined by oven drying method. Moisture contend expressed on a dry basis of the loss in weight during drying to the final dry weight of the samples. Moisture content was found as a highest value in the cotton stalk and soybean stalk, 4,55 %. This value has been determined in peanut hull as 3,9 %. Moisture content effects combustion efficiency of the material.

- In determination of ash content, the most amount of ash was found in soybean stalk as 5,94 %, the lowest value was in corncob as 2,3 %. If the moisture content of the material was high, it has been found also the highest ash content. Also, the amount of ash content related with the harvest equipment and kind of plants.

- Plant residues in the unit area has been found in cotton stalk  $5,39 \text{ t.ha}^{-1}$  from dried material. This value has been determined for corncob, soybean and peanut respectively,  $3,42$ ,  $3,08$  and  $1,52 \text{ t.ha}^{-1}$ . In the big agricultural establishment must be constructed the biomass solid fuel burning systems for drying, heating or the other

agricultural needs. Thus, the big agricultural establishment can be get a solution for energy porblem and it will be a self - sufficient.

Also, it must be studied on other profiles of biomass as hydrogen production, methanol and ethanol production.







## Ek-I

## BİYOKÜTLE YAKIT ŞEKİLLERİ

Weihenstephan'da 1974 yılından beri saplardan enerji üretimi konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Sap ve diğer artıklar yakıt olarak kullanıldığında; enerji değeri, toplam sırasındaki nem içeriği, depolama koşulları, bitki özellikleri, yetiştirme koşulları ve gübrelemenin saptanması ile karakterize edilmektedir. Yanma için diğer karakteristikler, buharın ve kimyasal elementlerin yüzdesi, özgül yakıt hacmi ve yanma havasıdır (STREHLER, 1980).

Tarımsal artıkların yakma sistemlerinde kullanımını kolaylaştırmak açısından çeşitli şekiller önerilmektedir.

Çizelge Ek-1 de bazı tarımsal artık yakıt şekilleri verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, tarımsal artık yakıt şekillerinden paletlerin özgül ağırlığının 300-500  $\text{kg.m}^{-3}$  arasında değiştiği ve en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Büyük balyalar için bu değer 100  $\text{kg.m}^{-3}$  ve kesilmiş sap için 50  $\text{kg.m}^{-3}$ 'tür. Katı yakıt olarak hazırlanan kütlelerin birim ağırlıkları, büyük balyalarda 300-400  $\text{kg}$ , yüksek basınç balyalarında 10  $\text{kg}$ , paletlerde ise 0,02-02.  $\text{kg}$  arasında değişmektedir. Hazırlanan bu malzemelerin yakılması için yanma odası hacmi 60.000  $\text{kWh}$  lik kazan kapasitesi için kesilmiş sap 370  $\text{m}^3$ , yüksek basınç balyalarında 200  $\text{m}^3$ , büyük balyalarda 245  $\text{m}^3$ , paletlerde ise 41  $\text{m}^3$  olarak belirtilmektedir. Artıkların kullanılacak forma dönüşümü en kolay şekilde kesilmiş saplarda olmakta, paletlerde ise bu işlem daha fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Taşıma işlemleri için kısa mesafelerde paletler ve büyük balyalar, uzun mesafelerde paletler uygunluk göstermektedir. Yakma sistemlerinde yakıtın ocağa beslenmesi; sürekli veya zaman zaman yapılabildiği gibi bu beslemeninde

Çizelge Ek-1. Tarımsal Artık Şekillerinin Özellikleri

	Kesilmiş Sap	Yüksek Basıncı Balyaları	Büyük Balyalar	Paletler	
Özgül Ağırlık (kg.m <sup>-3</sup> )	50	80-100	100	300-500	
Birim kütle ağırlığı (kg)	-	10	300-400	0.02-0.2	
Yanma odası hacmi (m <sup>3</sup> /60 000 kWh)	370	200	245	41	
Üretim değeri	++	0	+	--	
Ulaşım	Kısa Yol.	-	0	++	++
	Uzun Yol.	--	+	0	++
Ocak besleme	Sürekli	Zaman zaman	Zaman zaman	Sürekli ve Zam. zam.	
El ile besleme	-	+	--	++	
Otomatik yakma besleme	++	-	-	++	
Kapasite kontrolü	++	-	-	++	
Yakma Sistemleri	a,b	İkincil Yanma Çemberi İle Özel Sap Yakma Ocakları			

Kaynak: STREHLER, 1984

Not: ++: Çok uygun    +: Uygun    0 : Nötr; -- Uygun değil

- : Az uygun

a : Toz yakıcı

b : Otomatik beslemeli katı yakıt ocağı

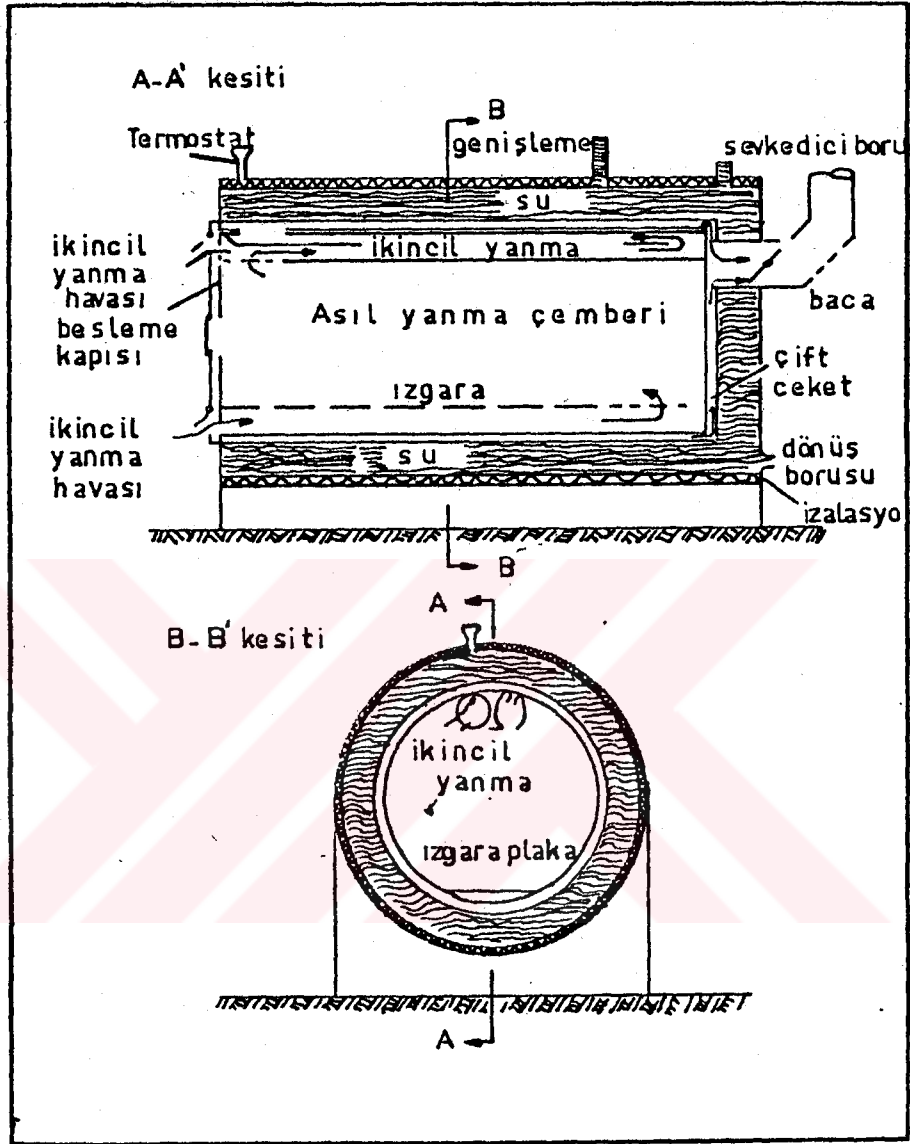
ne şekilde yapılacağı yakıt yönünden önemlidir. İster el ile beslensin, ister otomatik besleme yapılsın, her durumda paletler ve kesilmiş sap en uygun yakıt şekli olmaktadır. Ayrıca bu iki yakıt şeklinde yakma kapasitesi kontrolü iyi bir şekilde yapılmaktadır.

## Ek-II

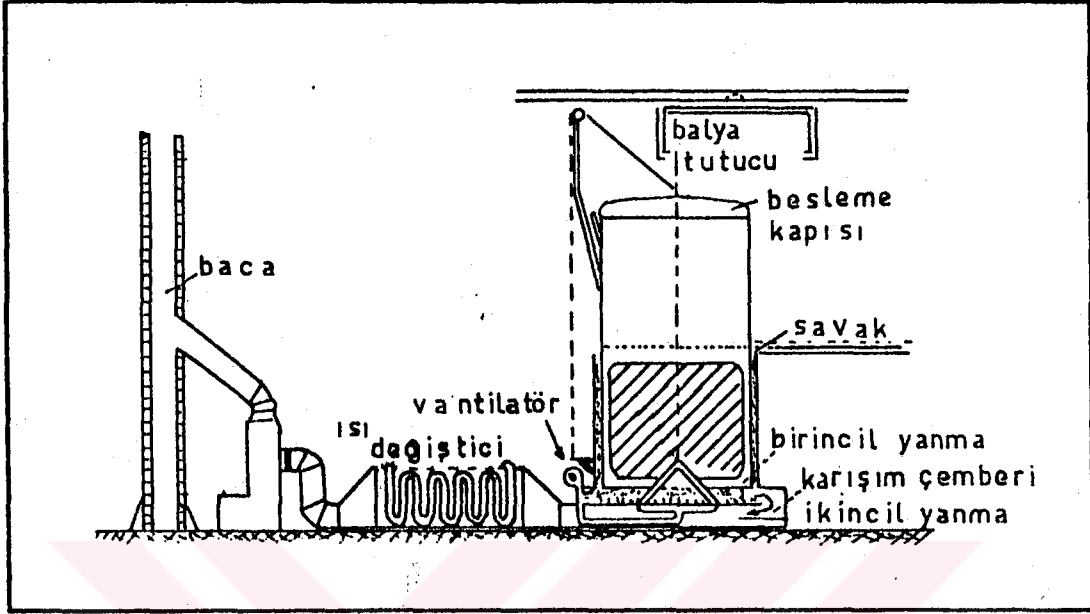
### YAKMA SİSTEMLERİ

Şekil Ek-II.1'de ikincil yanma ve çift silindir ceketi ile yüksek basınç balyaları için aradan yakmalı kazan tipi görülmektedir. Kazanın yan tarafındaki besleme kapısından yüklenen yüksek basınç balyaları asıl yanma çemberinde yakılmakta, birincil yanma havası alttan kontrollü olarak verilmektedir. İkincil yanma çemberine gelen sıcak gazlar burada tamamen yakılmakta ve etrafı çevreleyen suyu ısıtmaktadır. Artık gazlar ise bir baca yardımı ile dışarı verilmektedir.

Su ısıtmada kullanılan, büyük balya yakıcı bir sistem Şekil Ek-II.2'de görülmektedir. Büyük balyalar ocağa vinç yardımı ile yüklenmekte, sistemin üst kısmındaki besleme kapısından balyalar yanma odasına gönderilmektedir. Savak ile materyal miktarı ayarlanmaktadır. Birincil yanma çemberinde yanma işleminin ilk adımı gerçekleştirilmekte, açığa çıkan sıcak gazlar, karışım çemberine gelmekte ve burada ikincil yanma işlemi oluşmaktadır. Yanma havası bir vantilatör ile sağlanmaktadır. Sisteme bağlı ısı değiştirici ile sıcak su elde edilmektedir.

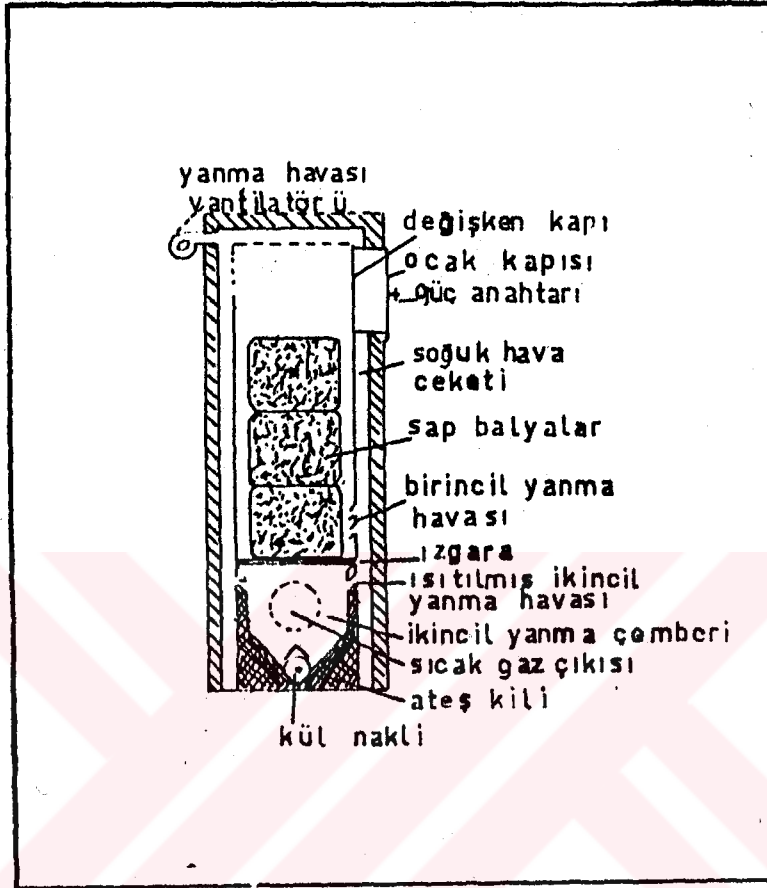


Şekil Ek-II.1. İkincil yanma çemberi ve çift ceket ile yüksek basınç balyaları için aradan yakmalı kazan (STREHLER, 1980)



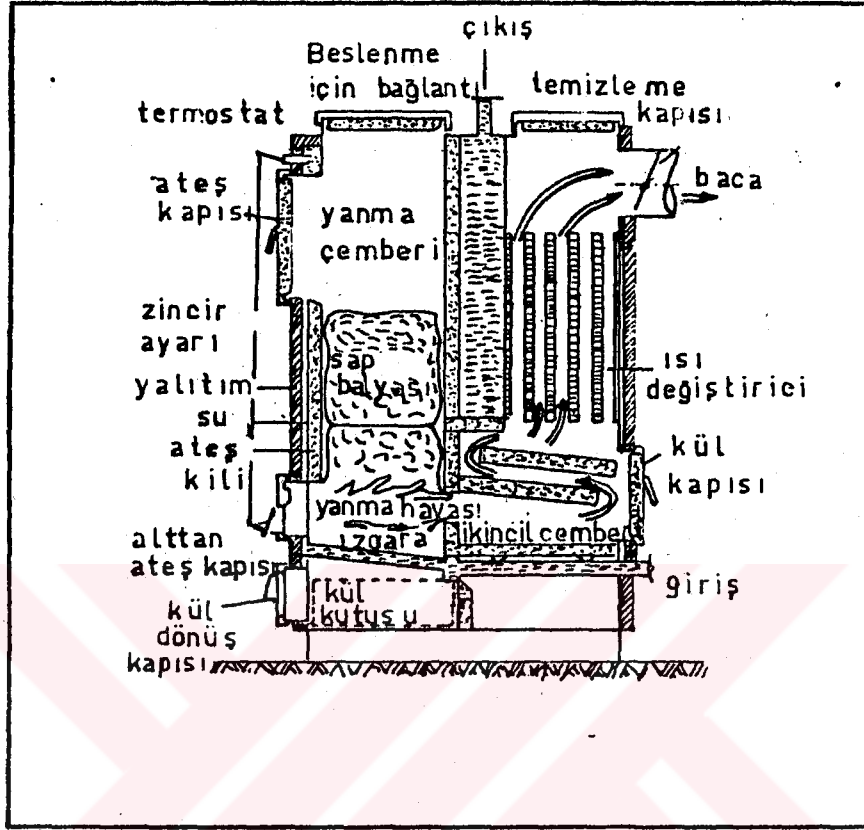
Şekil II.2. Sıcak su üretiminde büyük balyalar için sap yakma ocağı (STREHLER, 1980)

Ocak tiplerinin alttan veya aradan yakma sistemleri mevcuttur. Şekil Ek-II.3'te sap balyası yakan alttan yakmalı bir sistem görülmektedir. Balyalar üst yandan verilmekte ve değişken bir kapı ile yakıt hacmi ayarlanabilmektedir. Bir vantilatör ile sağlanan yanma havası alt kısımdaki üfle-yiciler yardımı ile birincil yanma çemberine verilmektedir. Sistemin çevresi soğuk su çeketleri ile çevrilidir. Yanma işlemi ikincil yanma çemberinde tamamlanmaktadır. Kül ocağın altındaki çıkıştan atılmaktadır.



Şekil Ek-II.3. Alttan yakmalı ocak tipi  
(STREHLER, 1984)

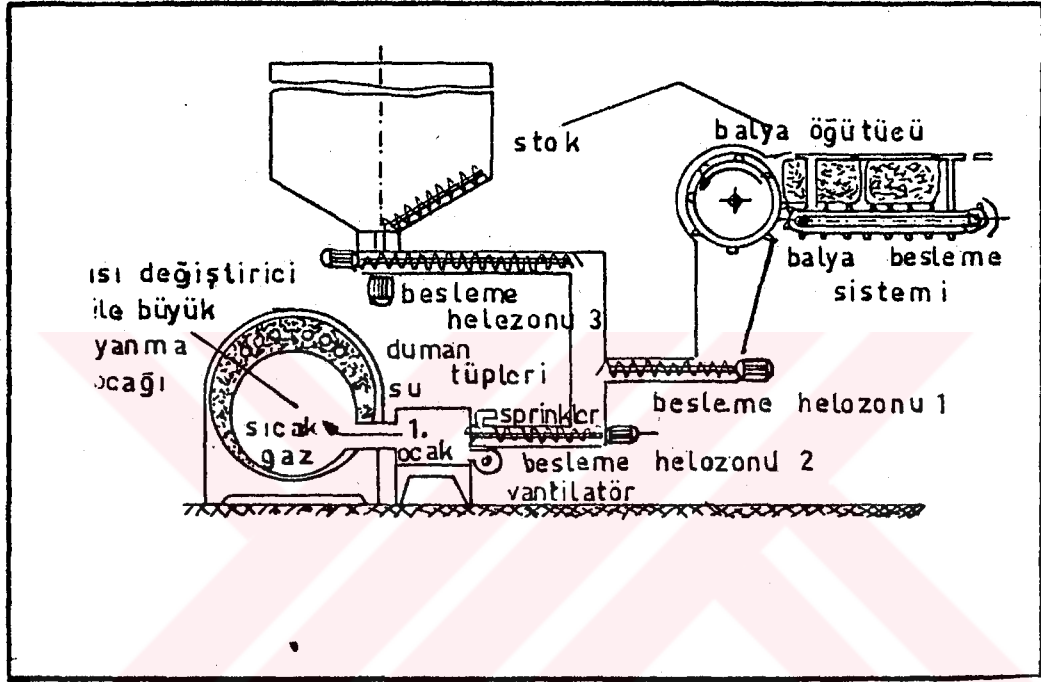
Sap ve odun yakılmasında kullanılan bir başka sistem ise Şekil Ek-II.4'te verilmiştir. Sistemin çevresi yalıtılmıştır. Birincil ve ikincil yanma çemberlerinden elde edilen ısı, bir ısı değiştiricisi ile değerlendirilmektedir. Su ısıtma amacı ile kullanılmaktadır. Hava bir termostat ile ayarlanmaktadır. Yanma sonucu geride kalan kül, ocağın alt kısmındaki çıkıştan dışarı atılmaktadır.



Şekil Ek-II.4. Altın yakmalı kazan tipi  
(STREHLER, 1984)

Bazı sistemlerde balyalar bir zincir götürücü ile balya öğütücüye iletilmekte ve otomatik olarak beslenmektedir. Şekil Ek-II.5'de görüleceği gibi siloda bulunan kısa kesilmiş saplarla sistemin sürekliliği sağlanmaktadır. Materyal öğütüldükten sonra helezon dişlilerle ocağa taşınmakta ve elde edilen ısıdan sıcak su elde edilmektedir. Hava bir vantilatör ile verilmektedir.

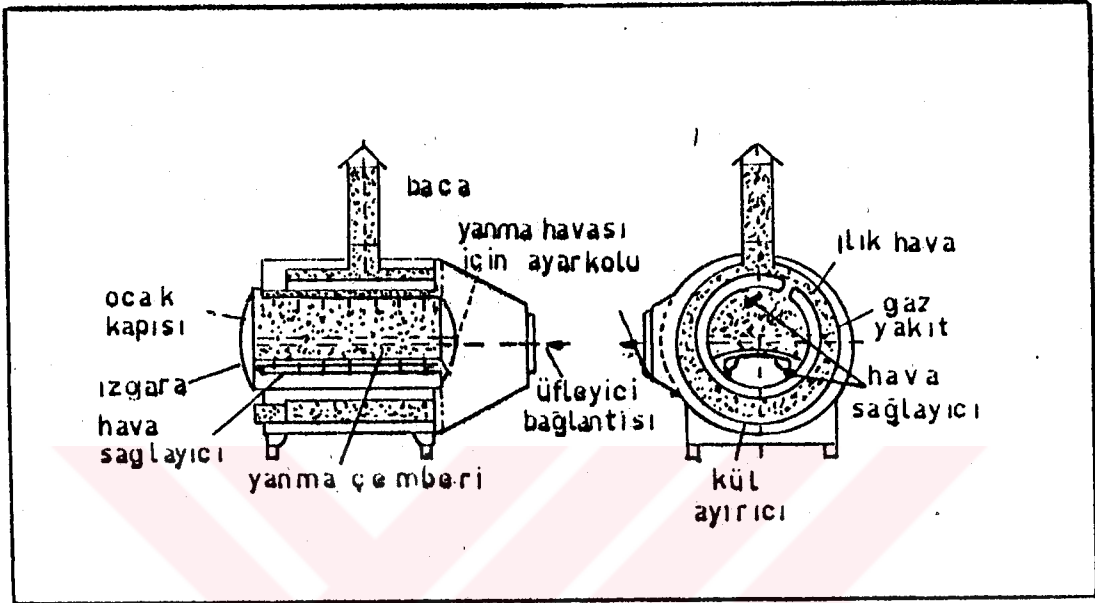
Artık gazlar ikincil yanma çemberinin etrafındaki borular yardımı ile atılmaktadır.



Şekil Ek-II.5. Sürekli beslenen balya yakma sistemi (STREHLER, 1984)

Ilık hava üretiminde kullanılan bir ocak tipi Şekil Ek-II.6'da görülmektedir. Sap veya odun yakılmaktadır. Besleme ocağın yan tarafından yapılmaktadır. Yanma çemberi iki taraftan ızgara ile çevrilidir. Yanma havası alttan verilmekte ve bir ayar kolu ile kontrol edilmektedir. Elde edilen ılık hava bir üfleyici yardımı ile bağlantısı sağlanan kurutma düzenine verilebilmektedir.

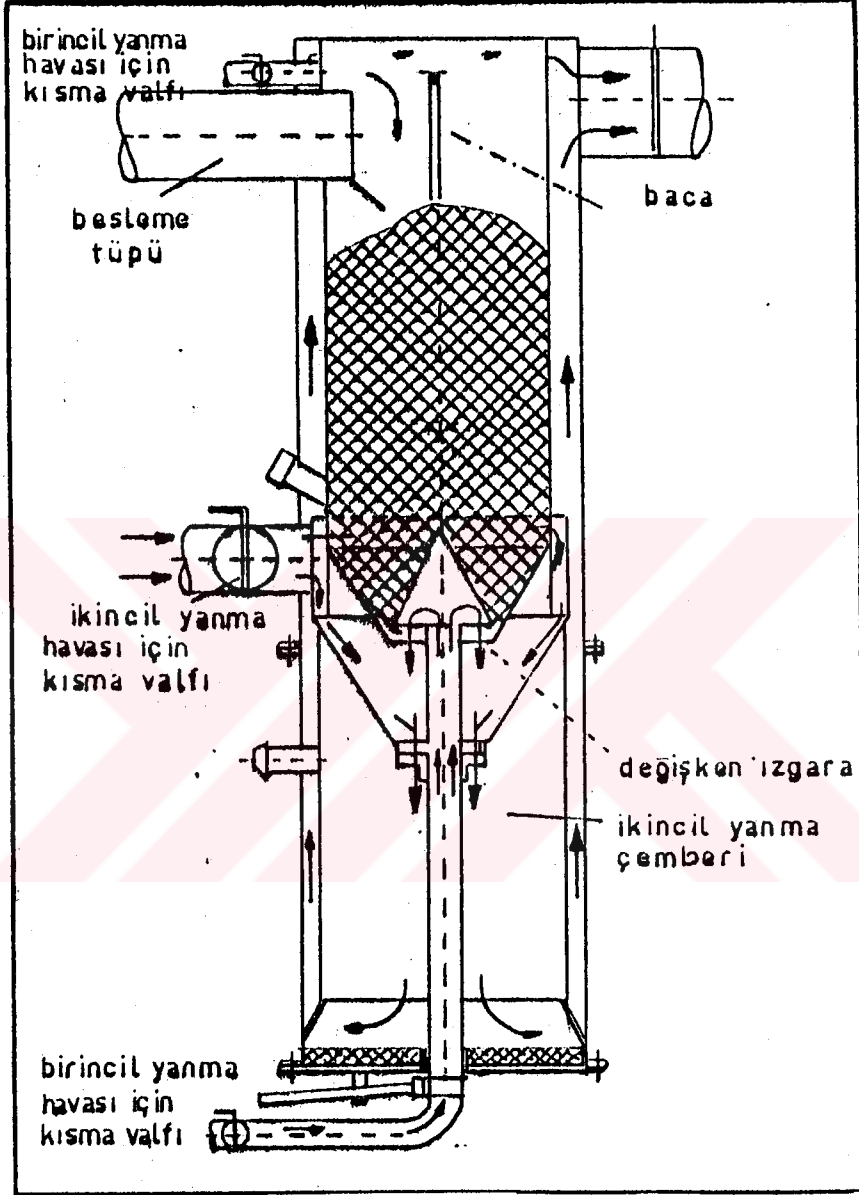




Şekil Ek-II.6. Ilık hava ocağı (STREHLER, 1984)

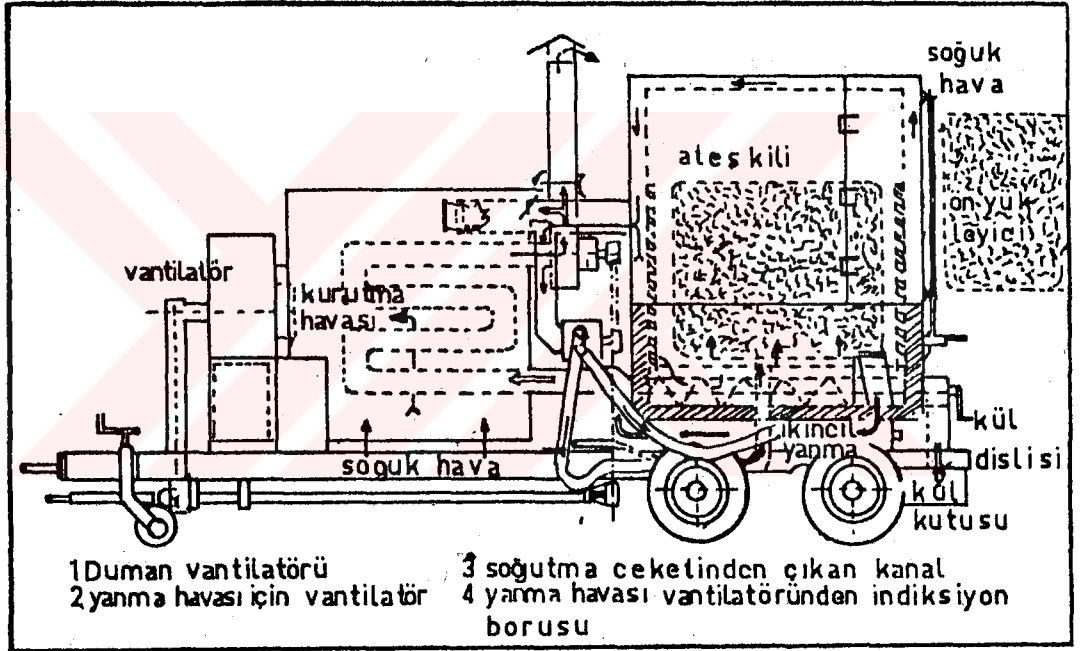
Yakma sistemlerinde tarımsal artıklar çeşitli şekillerde kullanılabilir. Kesilmiş sapların kullanıldığı sistemlerde süreklilik sağlanabilmektedir.

Şekil Ek-II.7'de sürekli beslemeli, kesilmiş sap yakma sistemi görülmektedir. Materyal bir besleme borusu yardımı ile ocağın üst kısmından verilmektedir. Vanalar yardımı ile birincil ve ikincil yanma havası düzenlenmektedir. Bir emniyet çubuğu ile materyal miktarı ayarlanabilmektedir. Baca aracılığı ile artık gazlar dışarı atılmaktadır.



Şekil Ek-II.7. Sürekli beslemeli kesilmiş sap ocağı (STREHLER, 1984)

Şekil Ek-II.8'de ılık hava üreten büyük balya ocağı görülmektedir. Taşınabilir bir sistemdir. Büyük balyalar ocağa bir ön yükleyici ile verilmektedir. Birincil ve ikincil yanma işlemlerinden sonra ısınan hava kurutma sistemine verilebilmektedir. Yanma sonucu kalan kül, kül kutusuna aktarılmakta ve buradan dışarı atılmaktadır. Sistemin gereksinme duyulduğu yere taşınabilmesi kullanım açısından iyi bir özelliktir.



Şekil Ek-II.8. Ilık hava üretici ile büyük balya ocağı (STREHLER, 1980)

## KAYNAKLAR

1. BRAUNSTEIN, H.M.; KANCIRUK, P.I.; ROOP, D.R.; SHAPLES, F.E.; TATUM, J.S.; DAKES, K.M., 1981. Biomass Energy Systems and the Environment. Pergamon Press. New York. S.182.
2. DİE., 1985. Türkiye Yıllık Raporu. Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası. Ankara, S.463.
3. DEMİR, F., 1984. Buğday Sapından Enerji Kazanma Olanakları.2. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Simpozyumu. Ankara S.168-176.
4. EILAND, B.R.; CLAYTON, J.E., 1982. Collection of Sugarcane Crop Residue for Energy. ASAE. Paper No.82, 3586 Chicago. S.1-5.
5. HALL, D.O., 1978. Solar Energy Use Through Biology Past, Present and Future. University of London, King's College, England.
6. HALL, D.O., 1982. Solar Energy Through Biology. Fuels from Biomass experientia 38, Birkhouser Verlag, Basel. S. 3-10.
7. HOLMAN, J.P., 1966. Experimental Methods for Engineers Mc Grow-Hill Book Co. S. 297-302.
8. JENKINS, B.M.; EBELING, J.M., 1983. Physical and Chemical Properties of Biomass Fuel. ASAE, Paper No. 83-3546, St. Joseph, Michigons. S.15.
9. JENKINS, B.M.; EBELING, J.M.; ARTHUR, S.F.; MILLER, G.E.; PARSONS, P.S., 1984. Logistics and Economics of Biomass Utilization. Transaction of the ASAE. Vol.27 (6). St. Joseph, Michigan. S.1904-1910.
10. KACAR, B., 1972. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Ankara. S.646.

11. LEPORI, W.A.; BARNELL, C.B.; CARNEY, D.B.; LING, P.; POLLOCK, T.C.; TOBIAS, R.G., 1983. Small Scale Power Generation from Biomass. ASAE. Paper No. 83-3541. Chicago. S.1-15.
12. MASUD, M.S.; LACEWELL, R.D.; COLLINS, G.S., 1983. Economic Implications of Agricultural Biomass as an Alternative Energy Source. Natural Resource Work group. Dept. of Agr. Economics. Texas. S.66
13. MISHOE, J.W.; LORBER, M.N.; PEART, R.M.; FLOUCK, R.C.; JONES, I.W., 1983. Analysis of Biomass Production Systems. ASAE. Paper No. 83-2019. Montana. S.1-25
14. STOUT, B.A., 1983. Biomass Energy Profilleri. FAO. Agricultural Service Bulletin. No.54. Rome. S.131.
15. STREHLER, A., 1984. Results of Utilization of Dry Biomass for Heat and Power Generation in Agriculture. 2. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, Ankara. S.406-420.
16. STREHLER, A., 1980. Energy From and Woodwaste. Landtechnik. Weihenstephan. Munich. S. 1-13.
17. SUMNER, H.R.; SUMNER, P.E.; HAMMOND, W.C.; MONROE, G.E., 1982. Indirect-Fired Biomass Furnace Test and Bomb-Calorimeter Determinations. Transaction of the ASAE, 26 (1), St. Joseph, Michigan. S.238-241.
18. SUMNER, H.R.; HELWIG, R.E.; MONROE, G.E., 1983. Harvesting Cotton Plant Residue for Fuel ASAE. Paper No.83-3068. S. 968-971.
19. TIMBERS, G.E.; DOWNING, C.E.E., 1976. Agricultural Biomass- A Renewable Resource for Energy input. ENGCON 76. Toronto. S.28.

## TEŞEKKÜR

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemi gittikçe artan enerji sorununun çözümüne katkı sağlaması amacı ile bana bu konuyu veren, önerileriyle tezin biçimlenmesine yardım eden Sayın Hocam Doç.Dr.Ali BAŞÇETİNÇELİK'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Kalorimetre deneyleri sırasında yardımcı olan Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyelerinden Yrd.Doç. Dr.Fadime TANER'e ve Biyoloji Bölümü Öğretim Görevlilerinden Dr. Saadet SAYGIDEĞER'e ve bölümümüz elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

1962 yılında Antakya'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Antakya'da tamamladım. 1979 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümünde öğrenime başladım. Dört yıllık Lisans eğitimimi 1983 yılı Haziran ayında tamamladım. Aynı yıl, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde açılan Yüksek Lisans sınavını kazanarak Yüksek Lisans öğrenimime başladım.