

# BIOMASS VE ELEKTRİK-ISI ÜRETİMİNDE KULLANIMI



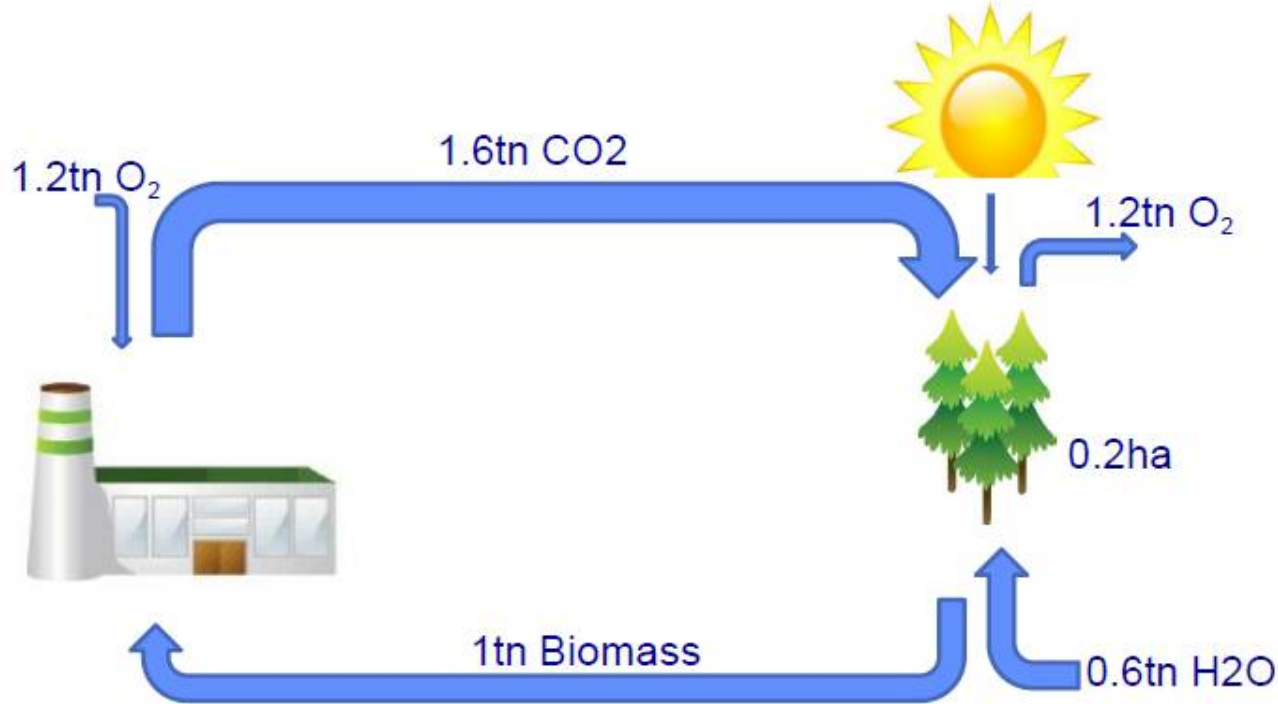
*Çağdaş YEŞİL*

*Makine Yüksek Mühendisi*

*ENEVA ENERJİ SİSTEMLERİ LTD ŞTİ*

## BAŞLICA FAYDALAR

- Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması gibi politik nedenler
- Diğer yakıtlara göre daha fazla insan gücüne ihtiyaç duymasıyla yüksek miktarda iş alanları sağlaması (20 kata kadar)
- Düşük sera gazı salması ve asit yağmurları gibi olumsuzluklara en az mahal vermesi



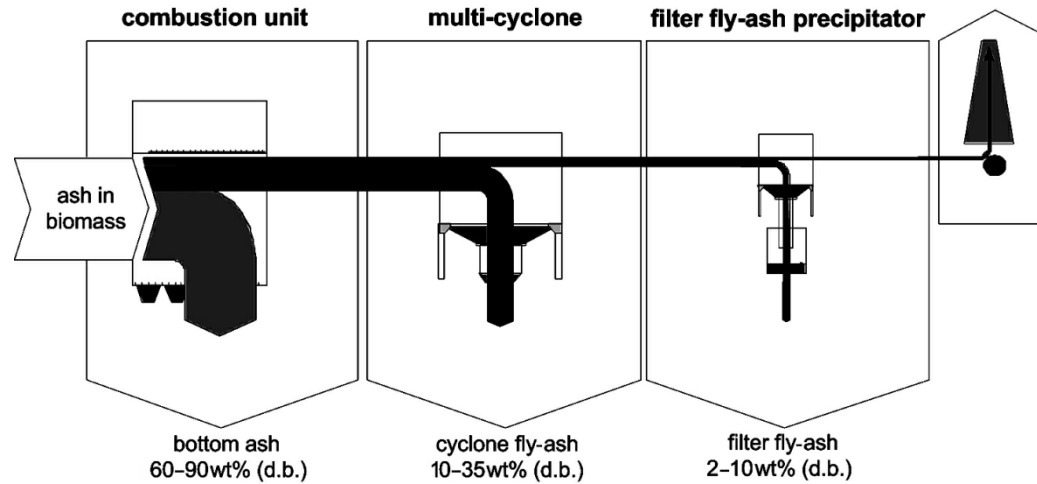
## BIOMASS KULLANIM KADEMELERİ

- Kurutma; 100 oC altında su buharlaşarak kuru hale gelir, alınan bu ısı yanma sıcaklığını düşürür, örneğin odun sobalarında %60 üzerinde nemli odunlar yanmaz.
- Piroliz; hava kullanılmaksızın yakıt içindeki uçucular gider tar oluşur. Bu kok endüstride, evsel kullanımda (Mangal kömürü vs) kullanılabilir.
- Gazlaştırma hava veya oksijen kullanılarak yanabilir kalorifik gazlar oluşturur. Hava kullanılırsa düşük kalorili (4-7 MJ/m<sup>3</sup>) oksijen kullanılırsa orta kalorili 1(0-18 MJ/m<sup>3</sup>) gazlar oluşur, bu gazlar daha sonra iyileştirilerek (metanol) ısı güç üretiminde kullanılabilir.
- Yanma; yakıtın tamamen oksitlenmesidir. Kuruma, piroliz ve gazlaşma yanmanın aşamalarıdır.
- Sıvılaştırma; düşük sıcaklık (350-400 oC) ve yüksek basınçta (100-200 bar) düşük oksijenli yüksek kalorili yakıt oluşur.



## BIOMASS YAKIT PARAMETRELERİ VE ETKİLERİ

- Nem miktarı; yüksek olması yanma sıcaklığını düşürür, kalma süresini artırır. Eksik yanma ve emisyon artımına neden olabilir.
- Isıl değer 18-22 MJ/kg arasında değişir. Yakıttaki C, H ve S pozitif etki yaratırken, N, O ve kül negatif etki yaratır.
- Sıcaklık, kalma zamanı, stokiometri; eksik yanmanın bazı nedenleri; yetersiz karışma bazı bölgelerde zengin karışım yaratabilir (eksik yanma), düşük yanma sıcaklığı, düşük kalma süresi,
- Biomass genellikle yüksek uçuculu ve düşük karbonludur, bu da oldukça aktif bir yakıt olmasını sağlar. Gözenekliliği (porosity) kütle kaybı hızını artırır. Aktifliğini artırır.
- Yakıt boyutu azaldıkça kalma süresi kısalır ve boyut homojenliği arttıkça proses kontrolü kolaylaşır.



## BIOMASS YANMASI

- Pülverize kömür yakma sistemlerinde kömür 75 mikron altına öğütülür. Biomass için bu öğütme enerjisi oldukça fazladır bu nedenle biomass uygulamalarında pülverize yakma pek görülmez. Bunun yerine büyük partiküller halinde ızgarada yakma veya akışkan yatakta yakma daha yaygındır.
- Akışkan yataklı yakmada partikül boyutları akışkanlaşmayı sağlayacak ve tam yanmayı da temin edecek bir üst limitin altında olmalıdır. Sirkülasyonlu sistemde hava hızı ile akışkanlaşma sağlanabilir, yanmayan partikül tekrardan siklondan geri beslenebilir. Kabarcıklıda ise hava hızı düşük tutularak partikül kaçırılmaz.
- Izgaralı yakma sistemlerinde partiküller büyüktür, iri partikülün yanmasını ızgara üzerinde tamamlayacak şekilde sistem dizayn edilmelidir.
- Yakıt boyutu mikron mertebesinde 50 cm'ye kadar değişebilir. Yakıt aktarma sistemini ve yakma sistemini yakıt boyutu ve homojenitesi belirler.
- Biomass uçucu oranı kömüre göre oldukça yüksektir. (%70-86) Dolayısıyla yanmanın büyük kısmı uçucu ayrıldıktan sonra homojen ortamda olur.
- Kül oranının yüksek olması kül toplama sistemi ve ısı transfer yüzeyleri açısından istenmez.

**Table 2.6** *Fuel-specific ash content of biomass fuels*

Biomass fuel used	Ash content
Bark	5.0–8.0
Woodchips with bark (forest)	1.0–2.5
Woodchips without bark (industrial)	0.8–1.4
Sawdust	0.5–1.1
Waste wood	3.0–12.0
Straw and cereals	4.0–12.0
Miscanthus	2.0–8.0
Olive residues	2.0–4.0

*Explanations:* Ash content in wt% (d.b.), ash content measurement according to ISO 1171–1981 at 550°C.



## Kullanımı Üzerine Bazı Notlar

- Küldeki Ca ve Mg kül ergime sıcaklığını arttırırken, K ve Na azaltmaktadır.
- Saman, tahıl, ot ve zeytin atıkları, odun ve kabuklardan daha az ağır metal içerir. Bunun nedeni ise uzun sürede ağır metallerin birikebilmesi ve orman zeminin Ph'ının ağır metal çözülmesine uygun olmasıdır.

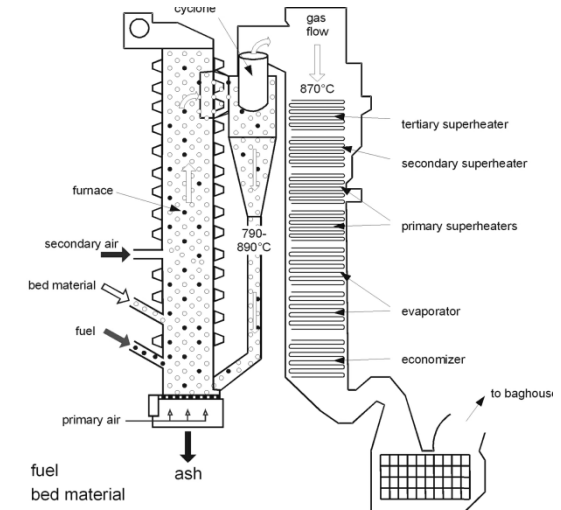
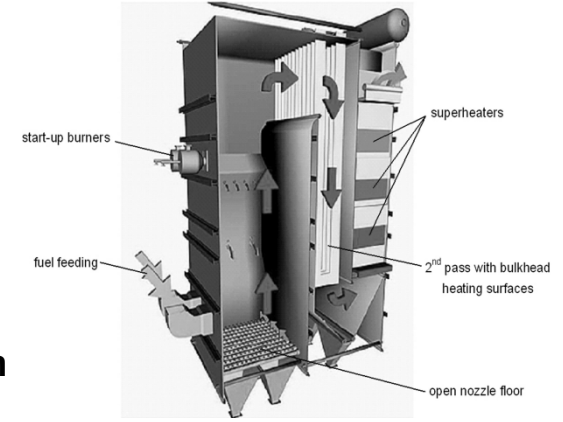
TABLE 3.2: BIOMASS POWER GENERATION TECHNOLOGIES AND FEEDSTOCK REQUIREMENTS

Biomass conversion technology	Commonly used fuel types	Particle size requirements	Moisture content requirements (wet basis)	Average capacity range
Stoker grate boilers	Sawdust, non-stringy bark, shavings, end cuts, chips, hog fuel, bagasse, rice husks and other agricultural residues	6 - 50 mm	10 - 50%	4 to 300 MW many in 20 to 50 MW range
Fluidised bed combustor (BFB or CFB)	Bagasse, low alkali content fuels, mostly wood residues with high moisture content, other. No flour or stringy materials	< 50 mm	< 60%	Up to 300 MW (Many at 20 to 25 MW)
Co-firing: pulverised coal boiler	Sawdust, non-stringy bark, shavings, flour, sander dust	< 6 mm	< 25%	Up to 1500 MW
Co-firing: stokers, fluidised bed	Sawdust, non-stringy bark, shavings, flour, hog fuel, bagasse	< 72 mm	10 - 50%	Up to 300 MW
Fixed bed (updraft) gasifier	Chipped wood or hog fuel, rice hulls, dried sewage sludge	6 - 100 mm	< 20%	5 to 90 MW <sub>th</sub> + up to 12 MW <sub>e</sub>
Downdraft, moving bed gasifier	Wood chips, pellets, wood scrapes, nut shells	< 50 mm	< 15%	- 25 - 100 kW
Circulating fluidised bed, dual vessel, gasifier	Most wood and chipped agricultural residues but no flour or stringy materials	6 - 50 mm	15 - 50%	- 5 - 10 MW
Anerobic digesters.	Animal manures & bedding, food processing residues, MSW, other industry organic residues	NA	65% to 99.9% liquid depending on type (i.e. from 0.1 to 35% solids)	

SOURCE: US EPA, 2007.

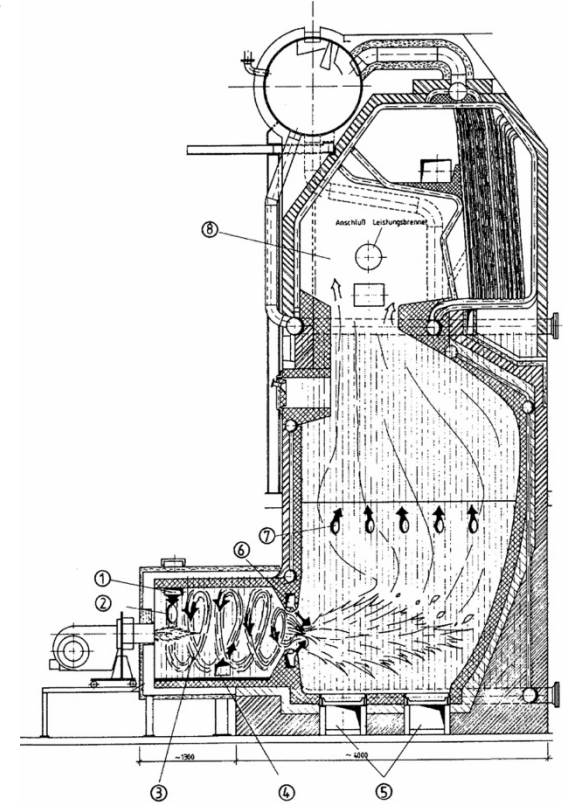
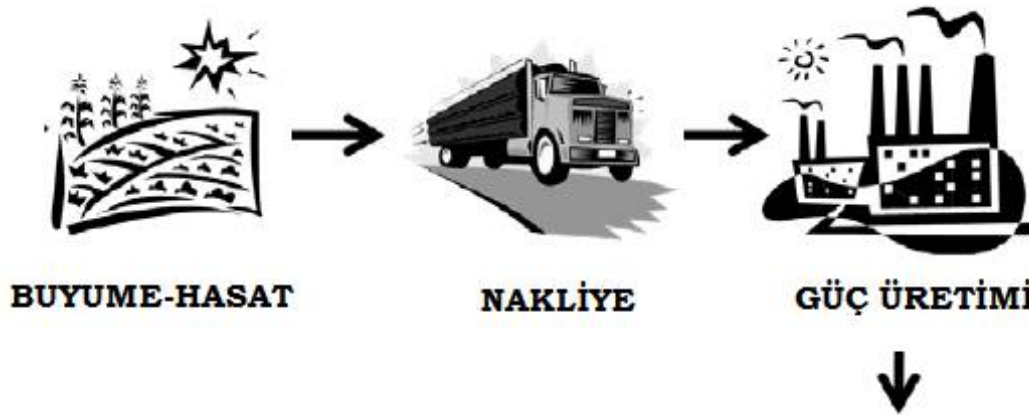
## BIOMASS YAKMA SİSTEMLERİ

- Izgara üzerinde yakma yüksek nemli, değişken boyutlu ve yüksek kül oranlı yakıtlar için uygundur.
- Stokerli yakma sistemleri 6 MWth kapasiteye kadar kullanılabilir. Stokerli yakma sistemleri düşük kül miktarlı (Talaş, pellet vs) ve küçük partikül boyutlu 0-50 mm yakıtlar için uygundur. Yüksek kül miktarlı ve düşük ergime sıcaklı yakıtlar problem yaratabilir.
- Akışkan yataklı yakma sisteminde yatağın %90-98'ini yatak malzemesi oluşturur. Hava fazlalığı CFB için %10-20, BFB için %20-30 civarındadır. Yatak sıcaklığı Nox ve kül sinterlenmesi açısından 650-900 oC arasındadır. İyi karışımdan dolayı yakıt türüne ve kalitesine daha esnektir. Akışkan yataklı kazanlar diğerlerine göre daha uzun sürede rejime girer. (8-15 saat)
- 20 MWth kapasiteye kadar kabarcıklı sistem (BFB) kullanılabilir. Yatak malzemesi kum olup, 0-1 mm arası boyuttur. Biomass yatağın üstüne değil içine beslenmelidir. (Kömüre göre daha reaktif olduğu için) Yatağa beslen hava %35 e kadar olabilir, yanma sıcaklığı düşük olup düşük kül ergime sıcaklı yakıtları yakabilir. Kısmi yük oranı %60-100 arası olabilir.
- Akışkanlaştırma hızı arttırılarak (10 m/s) ve yatak malzemesi boyutu düşürülerek (0.2-0.4 mm) sirkülasyonlu sistem (CFB) oluşturulur. Kabarcıklıya göre daha büyük boyutludur, daha pahalıdır, daha düşük boyutlu yakıt ister (0.1-40 mm) Dolayısıyla yakıt işleme maliyeti çıkabilir. CFB sistemler 30 MWth üzerindeki kapasitelerde uygun olmaktadır.



## BIOMASS YAKMA SİSTEMLERİ

- Pülverize yakma sistemlerinde talaş benzeri yakıtlar yakılabilir fakat yakıt kalitesi çok değişmemelidir.
- Yakıt boyutu 20-30 mm'ye kadar çıkabilir, nem oranı maks. %20 olmalıdır. Yakıt taşıma havası aynı zamanda primer havadır.
- Yakıt boyutu ufak ve yanma hızlı olduğundan ani yük değişimlerinde başarılıdır. Hava kademeleme ile düşük hava fazlalığı (1,3-1,5) Nox sağlanabilir.





# BIOMASS YAKMA SİSTEMLERİNİN KARSILASTIRILMASI - 1

**Table 5.1** Overview of advantages, disadvantages and fields of application of various biomass combustion technologies

Advantages	Disadvantages
<b>Grate furnaces</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• low investment costs for plants &lt; 20MW<sub>th</sub></li><li>• low operating costs</li><li>• low dust load in the flue gas</li><li>• less sensitive to slagging than fluidized bed furnaces</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• usually no mixing of wood fuels and herbaceous fuels possible (only special constructions can cope with such fuel mixtures)</li><li>• efficient NO<sub>x</sub> reduction requires special technologies (combination of primary and secondary measures)</li><li>• high excess oxygen (5–8vol%) decreases efficiency</li><li>• combustion conditions not as homogeneous as in fluidized bed furnaces</li><li>• low emission levels at partial load operation require a sophisticated process control</li></ul>
<b>Underfeed stokers</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• low investment costs for plants &lt; 6MW<sub>th</sub></li><li>• simple and good load control due to continuous fuel feeding and low fuel mass in the furnace</li><li>• low emissions at partial load operation due to good fuel dosing</li><li>• low flexibility in regard to particle size</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• suitable only for biomass fuels with low ash content and high ash-melting point (wood fuels) (&lt; 50mm)</li></ul>
<b>BFB furnaces</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• no moving parts in the hot combustion chamber</li><li>• NO<sub>x</sub> reduction by air staging works well</li><li>• high flexibility concerning moisture content and kind of biomass fuels used</li><li>• low excess oxygen (3–4 Vol%) raises efficiency and decreases flue gas flow</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• high investment costs, interesting only for plants &gt; 20MW<sub>th</sub></li><li>• high operating costs</li><li>• reduced flexibility with regard to particle size (&lt; 80mm)</li><li>• utilization of high alkali biomass fuels (e.g. straw) is critical due to possible bed agglomeration without special measures</li><li>• high dust load in the flue gas</li><li>• loss of bed material with the ash without special measures</li></ul>

## BIOMASS YAKMA SİSTEMLERİNİN KARSILASTIRILMASI - 2

Advantages	Disadvantages
<b>CFB furnaces</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• no moving parts in the hot combustion chamber</li><li>• NO<sub>x</sub> reduction by air staging works well</li><li>• high flexibility concerning moisture content and kind of biomass fuels used</li><li>• homogeneous combustion conditions in the furnace if several fuel injectors are used</li><li>• high specific heat transfer capacity due to high turbulence</li><li>• use of additives easy</li><li>• very low excess oxygen (1–2vol%) raises efficiency and decreases flue gas flow</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• high investment costs, interesting only for plants &gt; 30MW<sub>th</sub></li><li>• high operating costs</li><li>• low flexibility with regard to particle size (&lt; 40mm)</li><li>• utilization of high alkali biomass fuels (e.g. straw) is critical due to possible bed agglomeration</li><li>• high dust load in the flue gas</li><li>• loss of bed material with the ash without special measures</li><li>• high sensitivity concerning ash slagging</li></ul>
<b>Pulverized fuel combustion</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• low excess oxygen (4–6vol%) increases efficiency</li><li>• high NO<sub>x</sub> reduction by efficient air staging and mixing possible if cyclone or vortex burners are used</li><li>• very good load control and fast alteration of load possible</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• particle size of biomass fuel is limited (&lt; 10–20mm)</li><li>• high wear rate of the insulation brickwork if cyclone or vortex burners are used</li><li>• an extra start-up burner is necessary</li></ul>

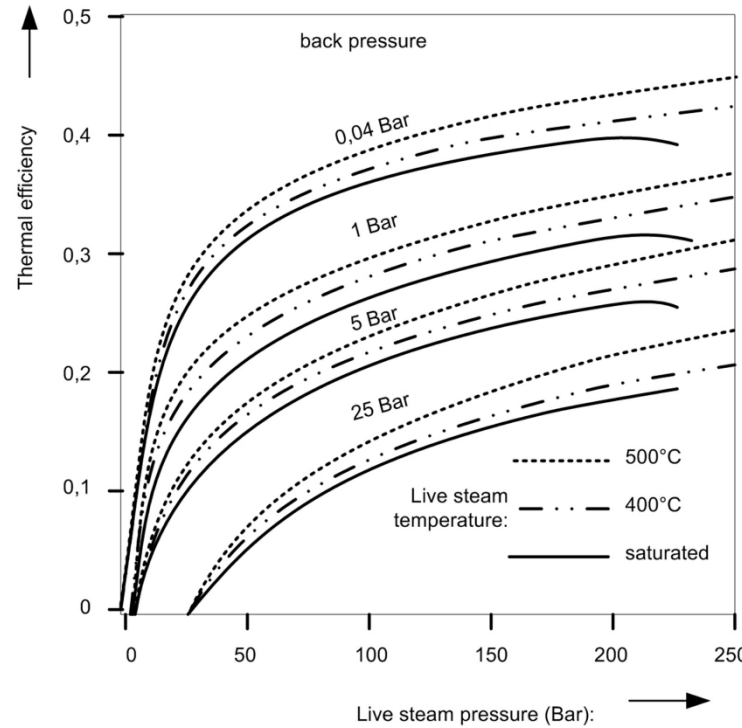
## BIOMASS İLE GÜÇ ÜRETİMİ VE KOJENERASYON

**Table 6.1** *Closed processes for power production by biomass combustion*

Working medium	Engine type	Typical size	Status
Liquid and vapour (with phase change)	Steam turbine	500kW <sub>e</sub> – 500MW <sub>e</sub>	Proven technology
	Steam piston engine	25kW <sub>e</sub> – 1.5MW <sub>e</sub>	Proven technology
	Steam screw engine	Not established, estimated range from 500kW <sub>e</sub> – 2MW <sub>e</sub>	One demonstration plant with 730kW <sub>e</sub> and turbine from commercial screw compressor
	Steam turbine with organic medium (ORC)	400kW <sub>e</sub> – 1.5MW <sub>e</sub>	Some commercial plants with biomass
Gas (without phase change)	Closed gas turbine (hot air turbine)	Not established, similar size as steam turbine, probably large due to cost and efficiency	Concept and development
	Stirling engine	1kW <sub>e</sub> – 100kW <sub>e</sub>	Development and pilot

Tipik buhar basınçları 50 – 60 bar, sıcaklığı 400-500 oC olup, verim %20-30 arasında olabilir.

# BACK PRESSURE İLE KOJENERASYON VE VERİM İLİŞKİLERİ



**Table 6.2** Advantages and disadvantages of steam turbines for use in biomass combustion

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mature, proven technology</li> <li>• Broad power range available</li> <li>• Separation between fuel and thermal cycle, enabling the use of fuel containing ash and contaminants</li> <li>• High pressures and temperatures can be applied enabling high efficiencies for large plants</li> <li>• Co-firing of fossil fuels and biomass is possible to enable high efficiency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Only limited efficiencies are reached in small, decentralized plants due to investment and technology limitations</li> <li>• High specific investment for low power ranges</li> <li>• High operation costs for small and medium plants</li> <li>• Low part-load efficiencies</li> <li>• Variations in fuel quality lead to variation of steam and power production</li> <li>• Superheater temperature (and therefore efficiency) can be limited due to high temperature corrosion and fouling, especially due to alkali metals, chlorine, and sulphur</li> <li>• High-quality steam is necessary</li> </ul>