



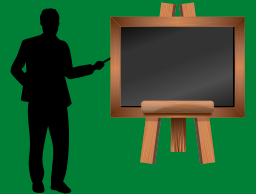
İTÜ

CEVHER HAZIRLAMA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KÖMÜR TEKNOLOJİSİ



Dr.Öğr. Üyesi Mustafa ÖZER



KÖMÜR DÖNÜŞÜM PROSESLERİ

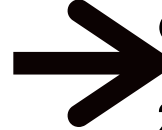
PIROLİZ



Gaz Sıvı Katı (char)



YANMA



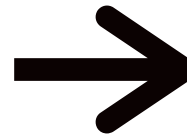
ISI ve Gaz



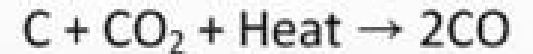
GAZLAŞTIRMA



Kısmi



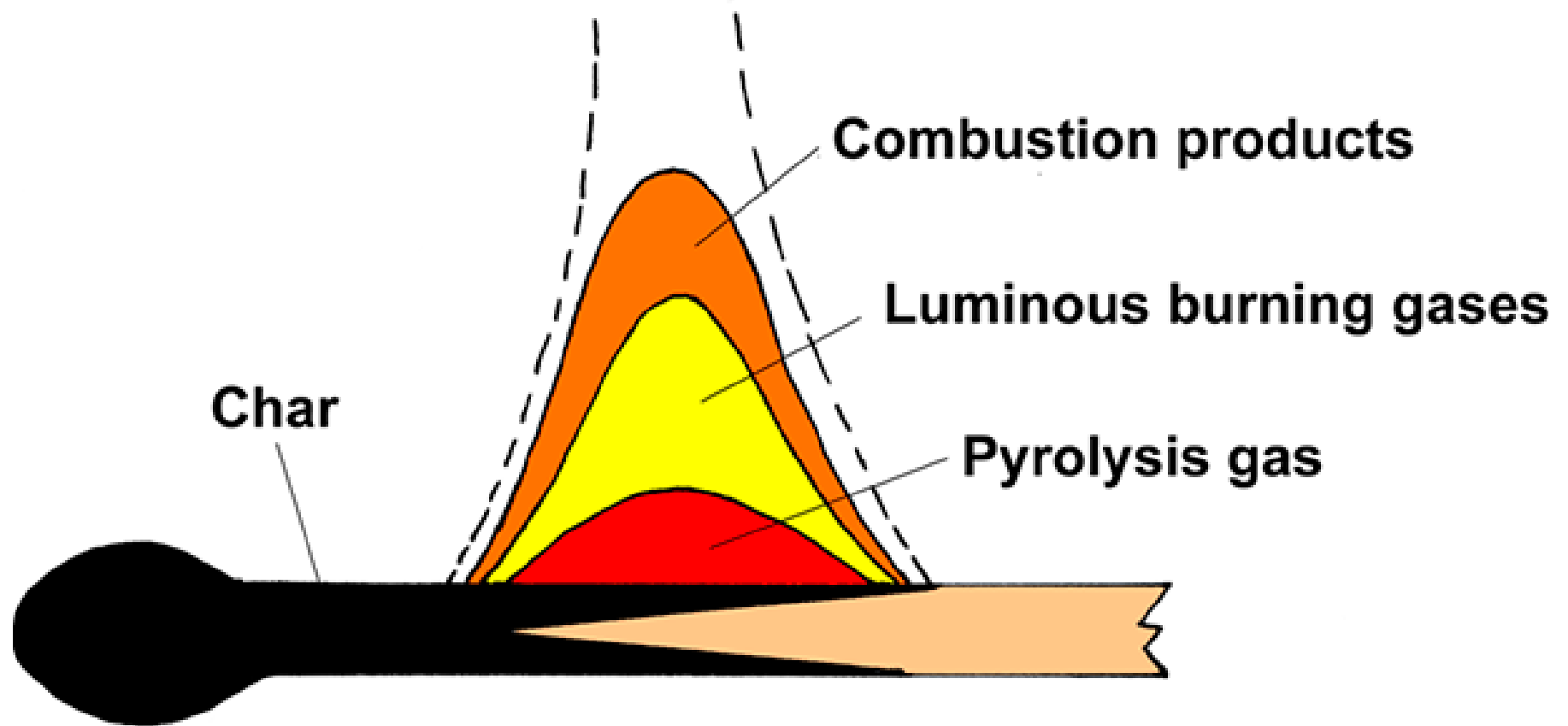
Syn Gaz, CO, CO2, H2)



Kimyasal Dönüşüm Süreçleri ve Elde Edilen Ürünler

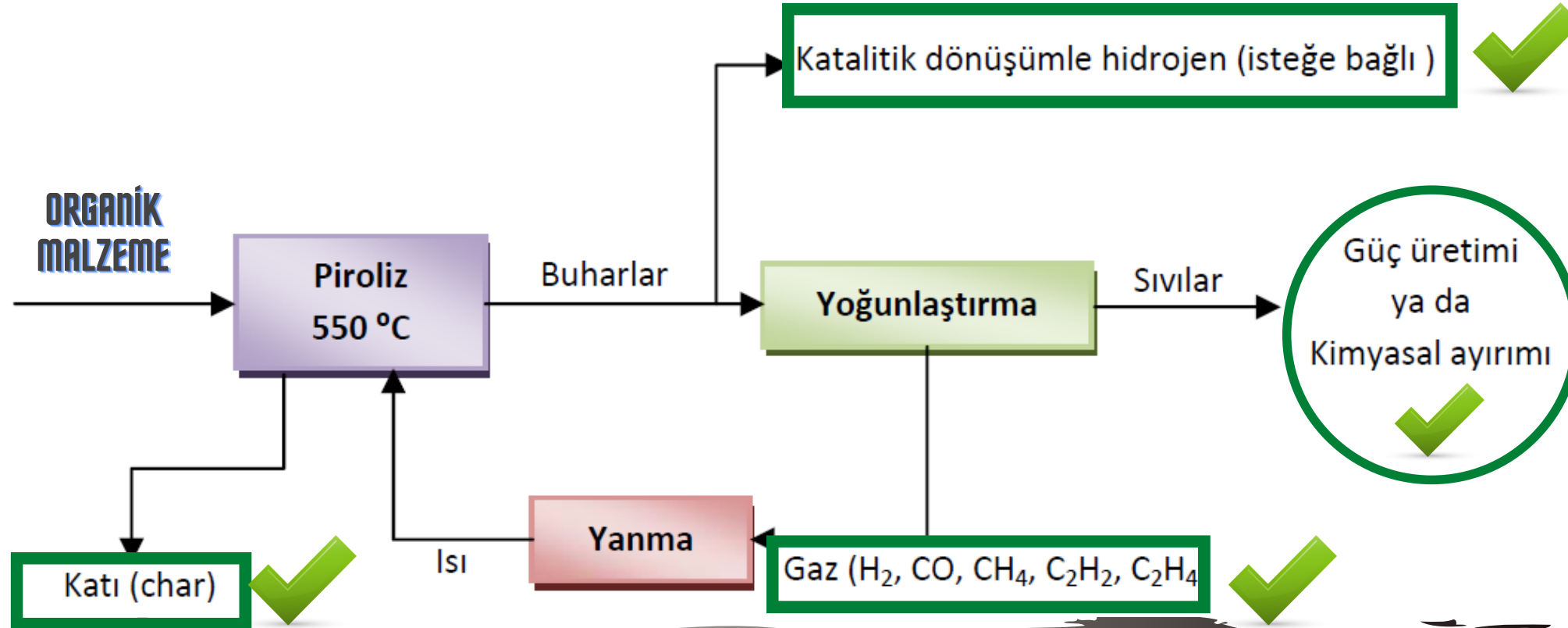
Kimyasal Dönüşüm Süreçleri	Primer Ürün	Uygulama Alanı
Doğrudan Yakma	Isı	Isıtma
Piroliz ve Karbonizasyon	Gaz Sıvı Katı (char)	Yakıt gazı Sıvı yakıt Katı yakıt veya bulamaç yakıt
Gazlaştırma	Gaz	Yakıt gazı
Sıvılaştırma	Sıvı	Sıvı yakıt

PÍROLÍZ



1920'li yıllardan beri çalışılmakta olan piroliz; organik maddenin genellikle 400-800°C sıcaklık aralığında, havasız ya da oksijensiz ortamda termal parçalanması sürecidir.

Bu ısıl bozunma, katı yakıt açısından değerlendirildiğinde karbonizasyon olup, bu yönüyle bu proses, yüzyıllardan beri, 30 kJ/kg ısıl değerli ve %35'e kadar ulaşılan verimle mangal kömürü veya odun kömürü elde etmek için, yaklaşık olarak 400°C düşük reaksiyon sıcaklığı ve çok uzun alıkonma zamanı (günlerce) gibi şartlarda uygulanmış ve hala da uygulanmaktadır. Sıvı ve gaz ürün açısından bakıldığında ise bu termal bozunma süreci piroliz olarak adlandırılır.



Sıvılar

(piroliz
yağları)

Piroliz yağlarının miktarı, sistemde dönüşüme uğrayan beslemenin yaklaşık olarak %80'i kadardır. Piroliz yağının ısı değeri 17 MJ/kg civarında ya da hacim temelinde dizel yakıtının % 60'ı kadardır. Piroliz yağı (bio-oil), performans, emisyon ve motor parametreleri bakımından dizel motorlara benzerlik gösteren, birkaç dizel test motorunda başarılı bir şekilde yakılmaktadır. Piroliz yağı, motorlar gibi türbinlerde de kullanılabilmekte ve aynı zamanda onun rafineriler için kimyasal hammadde olarak kullanımı da düşünülmektedir.

Gazlar

(CH₄, H₂, CO,
CO₂, C₂H₂,
C₂H₄, C₂H₆,
C₄+, vb.)

Piroliz prosesi sonucunda oluşan gaz ürün ise, büyük oranda karbonmonoksit, karbondioksit ve metan gazlarını ihtiva etmekte olup, bunlarının yanında propan, propilen, hidrojen, bütan, bütanlar, etan, vb. bulunur. Şekil'de görüldüğü gibi metanla birlikte önemli miktarda karbondioksit içeren piroliz gazı, endüstriyel yanma amaçları için bir yakıt olarak kullanılabilir.

Katı (char)

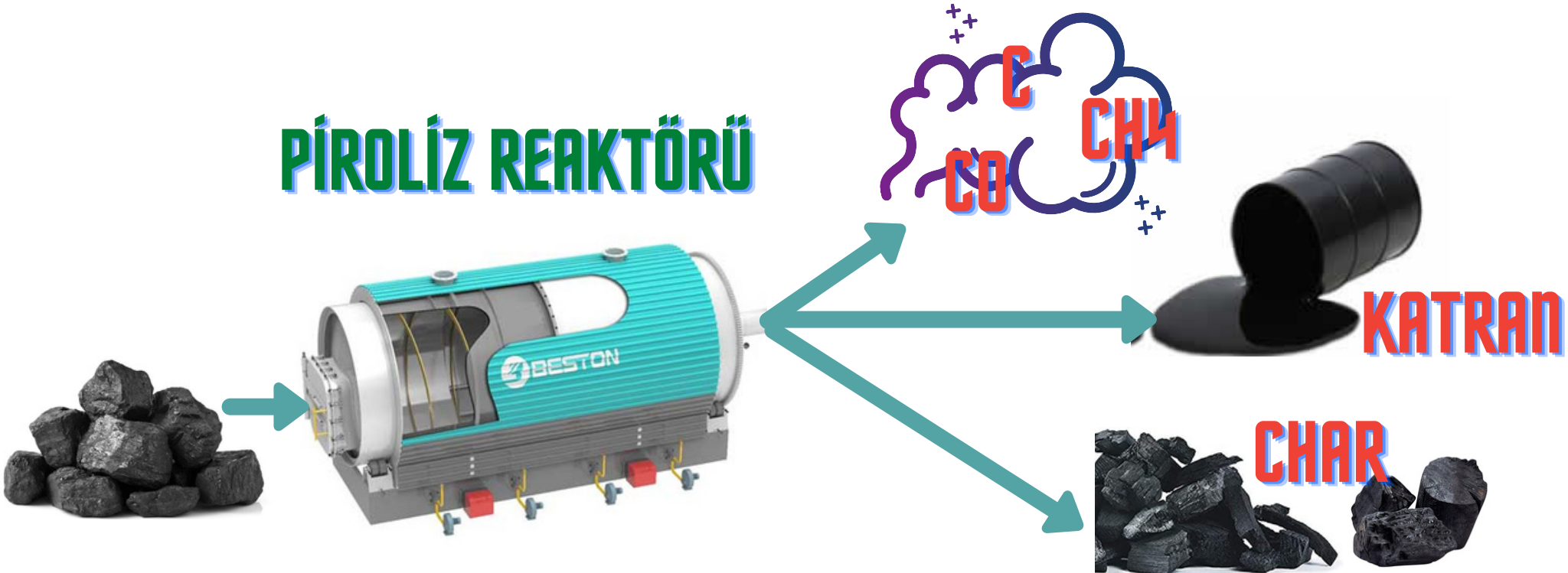
Katı ürün (char) ise, hidrojenle birlikte elementel karbon ve bunlara ilaveten çeşitli inorganik türleri içerir. Katı üründen çeşitli endüstriyel alanlarda faydalanılabilir. Örneğin, aktif karbon üretimi, kazanlar için değişik formlarda katı yakıt olarak kullanım, termal kraking yöntemiyle hidrojen zengin gaz karışımı eldesi, vb.

ÜRÜNLER

PİROLİZ Prosesi Aşamaları

- 100-120 Mutlak kuruma.
- 120-250 Dezoksidasyon, desülfürleşme.
- 380 Karbonlaşma ve zenginleşme aşaması.
- 400 C-O ve C-N bileşiklerin bağlarının parçalanması.
- 400-420 Bütün maddelerin Piroliz yağına ve katrana dönüşmesi
- 600 Bütün maddelerin ısıya dayanımlı maddelere kırılması.
- >600°C Aromatların ve etilenlerin oluşması.

PİROLİZ REAKTÖRÜ



PİROLİZ Prosesini Etkileyen Faktörler

KARBON KAYNAĞININ ÖZELLİKLERİ

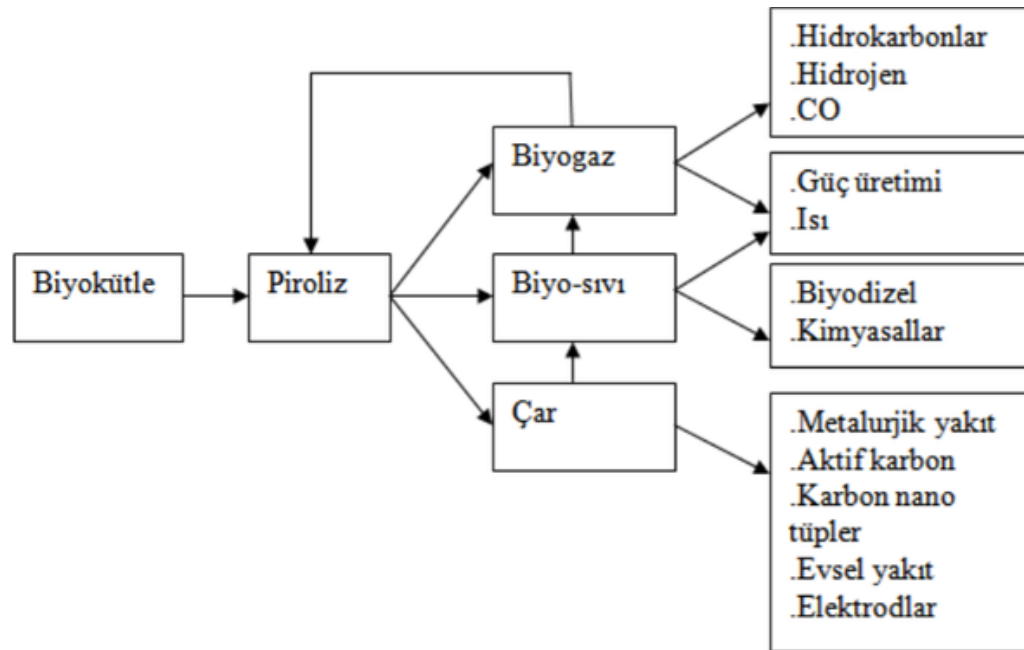
1. Organik yapı
2. İnorganik yapı
3. Nem içeriği
4. Gözeneklilik
5. Kül miktarı
6. Uçucu bileşenler
7. Tane boyutu
8. Isıl değeri
9. Sabit karbon/uçucu madde oranı
10. Selüloz/lignin oranı
11. Alkali metal içeriği

PROSES DEĞİŞKENLERİ

1. Sıcaklık
2. Isıtma hızı
3. Gaz ortamın özellikleri (inert gaz, reaktif gaz, basınç)
4. Reaktörde kalma süresi
5. Reaktör geometrisi
6. Katalizör

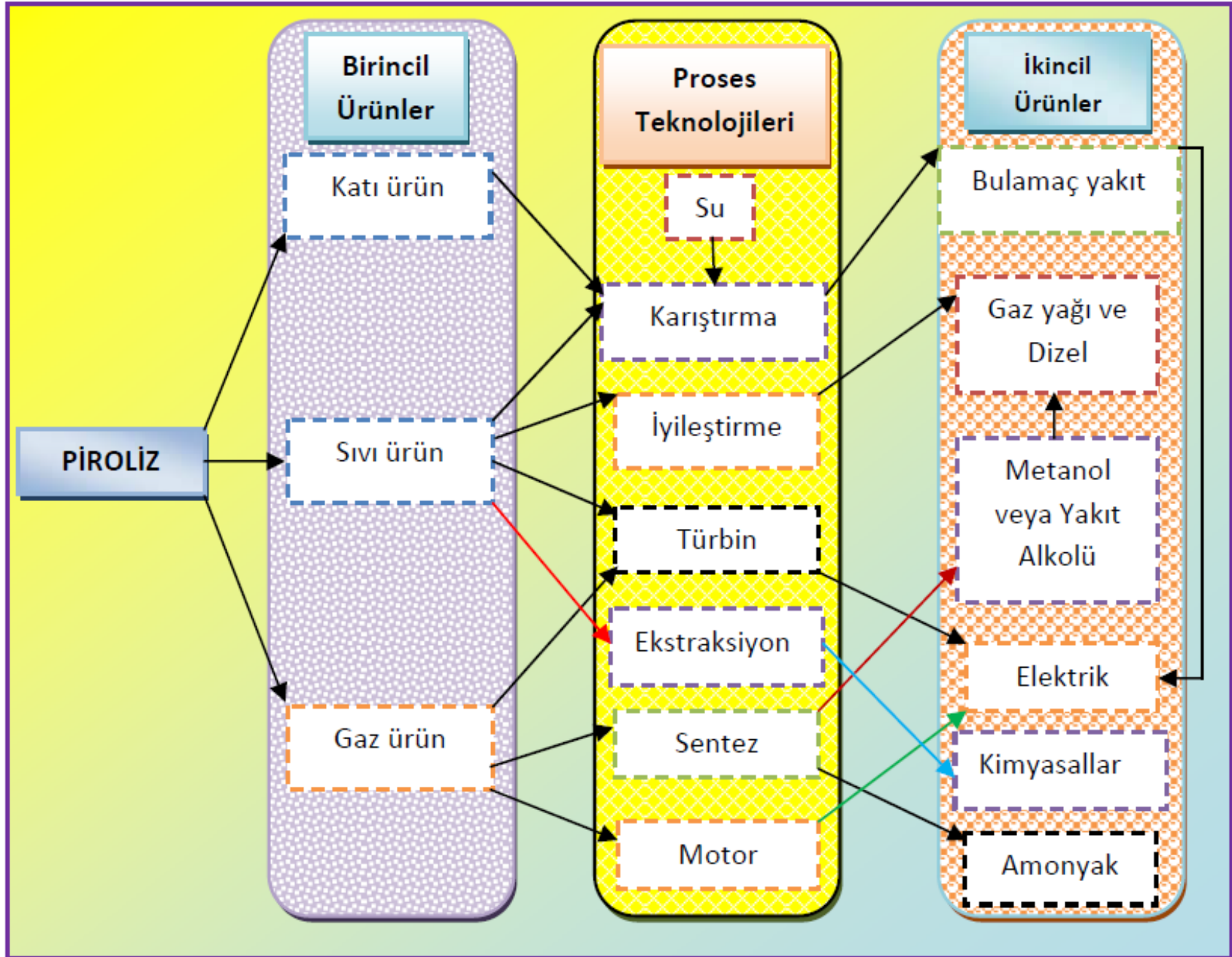
PIROLİZ TÜRLERİ

Piroliz türü	Zaman	Isıtma hızı	Sıcaklık / °C	Sıvı Ürün %	Katı ürün %	Gaz ürün %
Yavaş piroliz "Torrefaction" (ılımlı piroliz)	Saat-gün 20-60 dk	Çok düşük Düşük	200-600 230-300	30 50	35 25	35 25
Orta piroliz	5-30 dk	Orta	500	40	30	30
Hızlı piroliz	<2 s	Yüksek	500-950	75	12	13
Flash piroliz	ms	Çok yüksek	1050-1300	85	5	10



Pirolitik Yağ: Plastik ve lastiklerden elde edilen pirolitik yağ yaklaşık olarak 10.500-11.000 kcal/kg ısı değere sahiptir. Motorin ise 10.000-10.200 kcal/kg ısı değere sahiptir. **Karbon Siyahı:** Yakıt olarak kullanılabildiği gibi metalurjik amaçlarla ve kimya endüstrisinde de kullanılmaktadır. **Parafin:** Eczacılık, tekstil ürünleri, kozmetik sanayi gibi kullanım alanları vardır. **Yanıcı Gaz:** Piroliz işlemi esnasında yoğunlaştırılamayan gazlar kalorifik değer olarak doğalgazdan daha üstündür. Birçok farklı sektörde enerji ihtiyacını karşılamak için yakıt olarak kullanılabilir.

PİROLİZ SONUCU ELDE EDİLEN BİRİNCİL VE İKİNCİL ÜRÜNLER

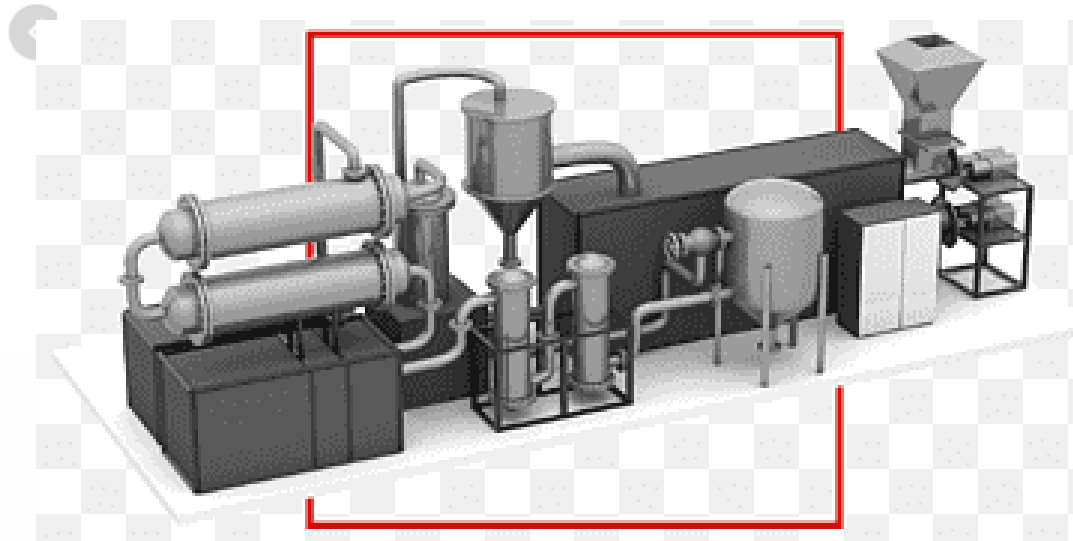


Reaktör tipi; özellikler hızlı piroliz proseslerinin kalbi olmakla birlikte, elde edilen ürünlerin bileşimi ve verimi üzerinde etkili olup, bir bütünleşmiş piroliz sisteminin maliyetinin yaklaşık olarak %10-15'lik kısmını oluşturmaktadır. Günümüzde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının büyük bir çoğunluğu reaktör üzerine odaklanmış durumdadır.

Piroliz reaktör tasarımları; sabit yatak, akışkan ve asılı yatak, hareketli yatak, serbest düşmeli beslemeli reaktör, eğimli dönen fırın, vb. gibi reaktör yatak tiplerinin kapsamaktadır. Sirkülasyonlu akışkan yatak, köpürmeli (bubbling) akışkan yatak, dönen koni, tel kafes örgülü ve sürüklemeli akış reaktörü, vb. gibi reaktörler, günümüzde kullanılan piroliz reaktör tiplerinden bazılarıdır.



SABİT YATAK



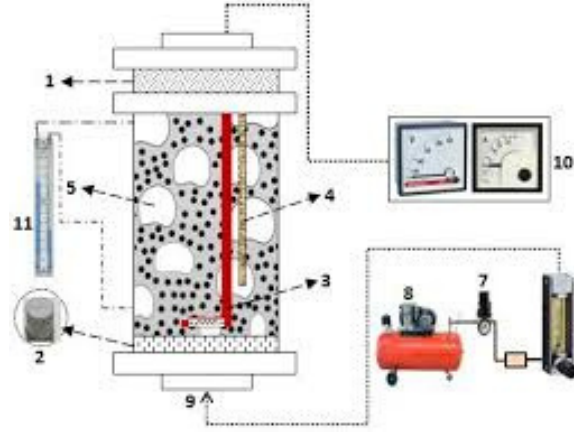
AKIŞKAN VE ASILI YATAK



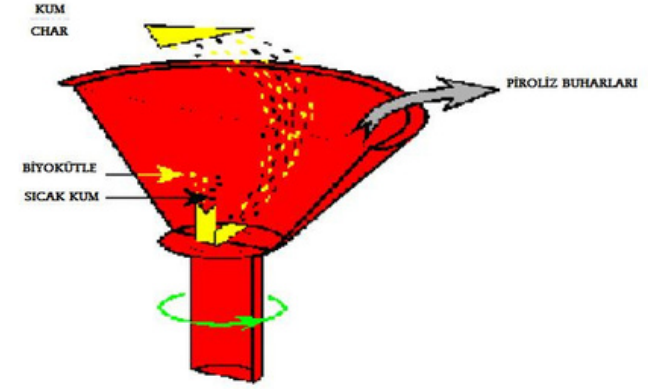
HAREKETLİ YATAK



EĞİMLİ DÖNER FIRIN



KÖPÜRMELİ (BUBBLING) AKIŞKAN YATAK



DÖNER KONİK



	YAKMA	PİROLİZ	GAZİFİKASYON
Reaksiyon Sıcaklığı (° C)	800 – 1450	250 – 700	500 – 1600
Yanma Odası Basıncı (bar)	1	1	1-45
Ortam	Hava	İnert – Azot	O ₂ , H ₂ O
Stokiyometrik Hava Oranı	> 1	0	< 1
Gaz Halindeki Ürünler	CO ₂ , O ₂ , N ₂	H ₂ , CO, H ₂ O, N ₂	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂
Katı Haldeki Ürünler	Kül, Cüruf	Kül, Kömür	Cüruf, Kül
Sıvı Haldeki Ürünler	-	Piroliz Yağı, Su	-

ÜRÜN KULLANIM ALANLARI

ISI, ELEKTRİK

PİROLİZ SIVISI:
KİMYASAL, ISI, ELEKTRİK
TAŞIT YAKITI

KİMYASAL,
ISI, ELEKTRİK

GAZ ÜRÜN:
KİMYASAL, ISI, ELEKTRİK

Termal İşlemlerin Karşılaştırılması/Değerlendirilmesi

- 1) Her üç teknolojiye de (Yakma, Gazlaştırma ve Piroliz) ihtiyacımız var.
- 2) Gazlaştırma ve Piroliz öne çıkan teknolojiler olmakla birlikte, Gazlaştırma ve Piroliz işlemleri sonucunda elde edilen “SynGaz”dan ısı ve elektrik enerjisi üretimi için “Yakma Teknolojilerine” gereksinim var.
- 3) **Yakma ve Gazlaştırma Teknolojilerinin Karşılaştırılması**
Gazlaştırma’nın üstünlükleri:
 - a. Üretilen SynGaz çok amaçlı kullanılabilir.
 - b. Endüstriyel ölçek H_2 üretiminde en ekonomik yöntem: Yakıt Pilleri
 - c. Emisyonlar:
 - NO_x oluşumu yok veya düşük
 - SO_2 yerine H_2S oluşur. H_2S giderimi daha kolaydır.
 - d. IGCC Teknolojisi en gelişmiş Santral Teknolojisidir. En yüksek verim.
 - e. CO_2 tutunması daha ucuz.

Termal İşlemlerin Karşılaştırılması/Değerlendirilmesi

4) Gazlaştırma-Piroliz Karşılaştırması

- a. Yapışkan, kolay kekleşebilen ve kül ergime sıcaklıkları düşük atıklar için piroliz işlemi gazlaştırmaya tercih edilebilir.
- b. Piroliz işleminde reaktöre mutlaka dışarıdan enerji girdisine (ek bir yakıt yakılmasına) gereksinim vardır.



İSTAÇ-ÇÖPTEN ENERJİ ÜRETİMİ

Odayeri Çöp Gazı Enerji Üretim Tesisi

Kurulu Kapasite: 34 MW



Kömürcüoda Çöp Gazı Enerji Üretim Tesisi

Kurulu Kapasite: 14 MW



ÖMRÜ BİTEN ARABA LASTİKLERİNİN PİROLİZİ AKIM ŞEMASI

