



BÖLÜM 5

YAKIT GAZLARI

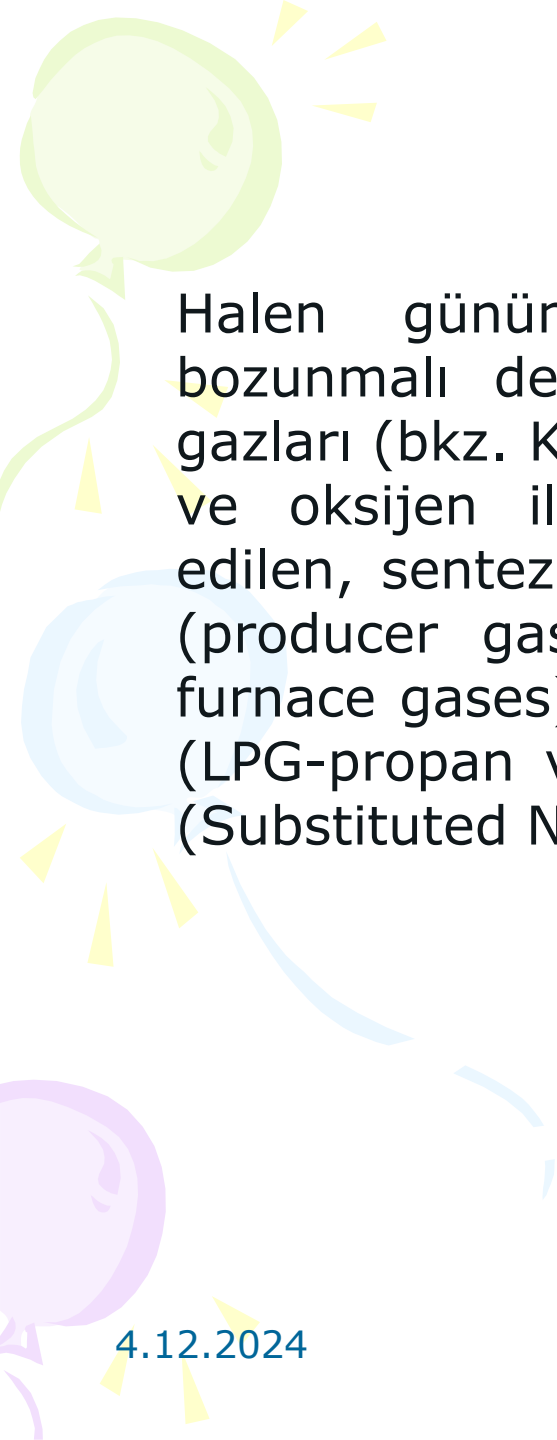


Giriş: Tanım ve Kapsam

Gazlar, yakıtlar ve herhangi bir yanıcı gaz karışımı enerji sağlamak için evlerde ve endüstride kullanılmaktadır.

Yakıt gazları temel olarak hidrokarbonları içerir yani C ve H içeren moleküllerdir. Yakıt gazları, içerdikleri C ve H'nin moleküldeki düzenlenme şekline ve sayısına bağlı olarak farklı özellik gösterir.

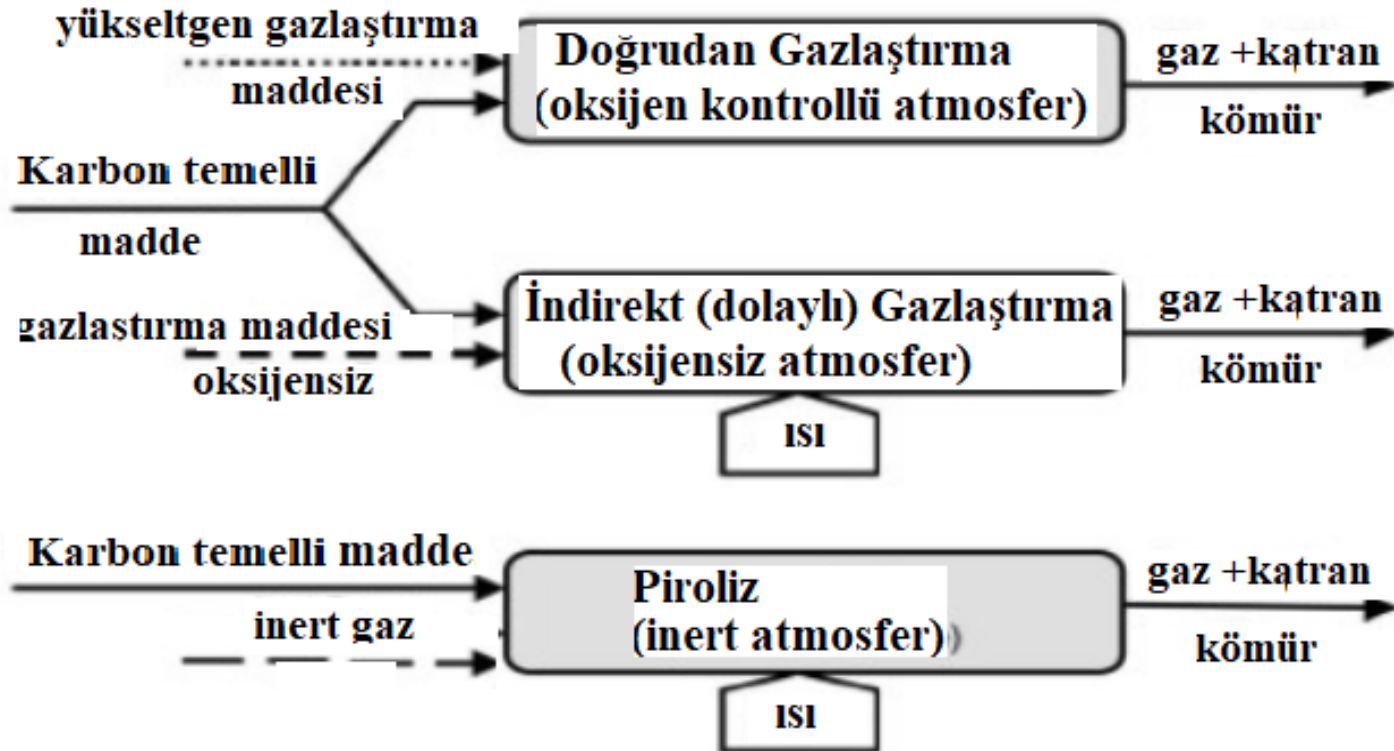
Bütün bu gazlar saf hallerinde kokusuzdur. Bu gazlardan karbon monoksit (CO) zehirli ve öldürücüdür, bu yüzden sızıntılardan ve kaçaklardan bu gazın fark edilmesi ve önlem alınması için içine kötü kokulu kükürtlü bileşikler ilave edilir. Yakıt gazları içerdikleri yanıcı gazlar yanında çeşitli oranlarda yanmayan azot ve su da içerir ki, bunlar onların yanma sonucu açığa çıkan son ürünleridir (endproducts).



Halen günümüzde yakıt gazları olarak, kömürün bozunmalı destilasyonu sonucu ortaya çıkan kok fırın gazları (bkz. Kömür kimyasalları , Böl. 4); Kömürün buhar ve oksijen ile yüksek sıcaklıklarda yakılmasıyla elde edilen, sentez gazı (synthesis gas, syn gas), üretim gazı (producer gas) ve yüksek sıcaklık fırın gazları (blast furnace gases), hafif hidrokarbonlardan oluşan tüp gazlar (LPG-propan ve bütan), doğal gaz, sübstitute doğal gaz (Substituted Natural Gas=SNG) kullanılmaktadır.

Gazlaştırma Prosesleri

Proses karşılaştırması: Oksijen kaynağı



ısıl proses ürünleri

	Gazlaştırma/Piroliz		Yanma
Gaz Faz	CO H_2 N_2 H_2S	←	C H N S O $\longrightarrow$ CO_2 H_2O NO_x SO_2 O_2
Katı Faz	G: Camsı katı P: Hafif yakıtlar		Kül
	sınırlı oksijen kaynağı prosesi (İndirgen atmosfer)		Aşırı oksijen kaynağı prosesi (yükseltgen atmosfer)

PETKOK NEDİR?

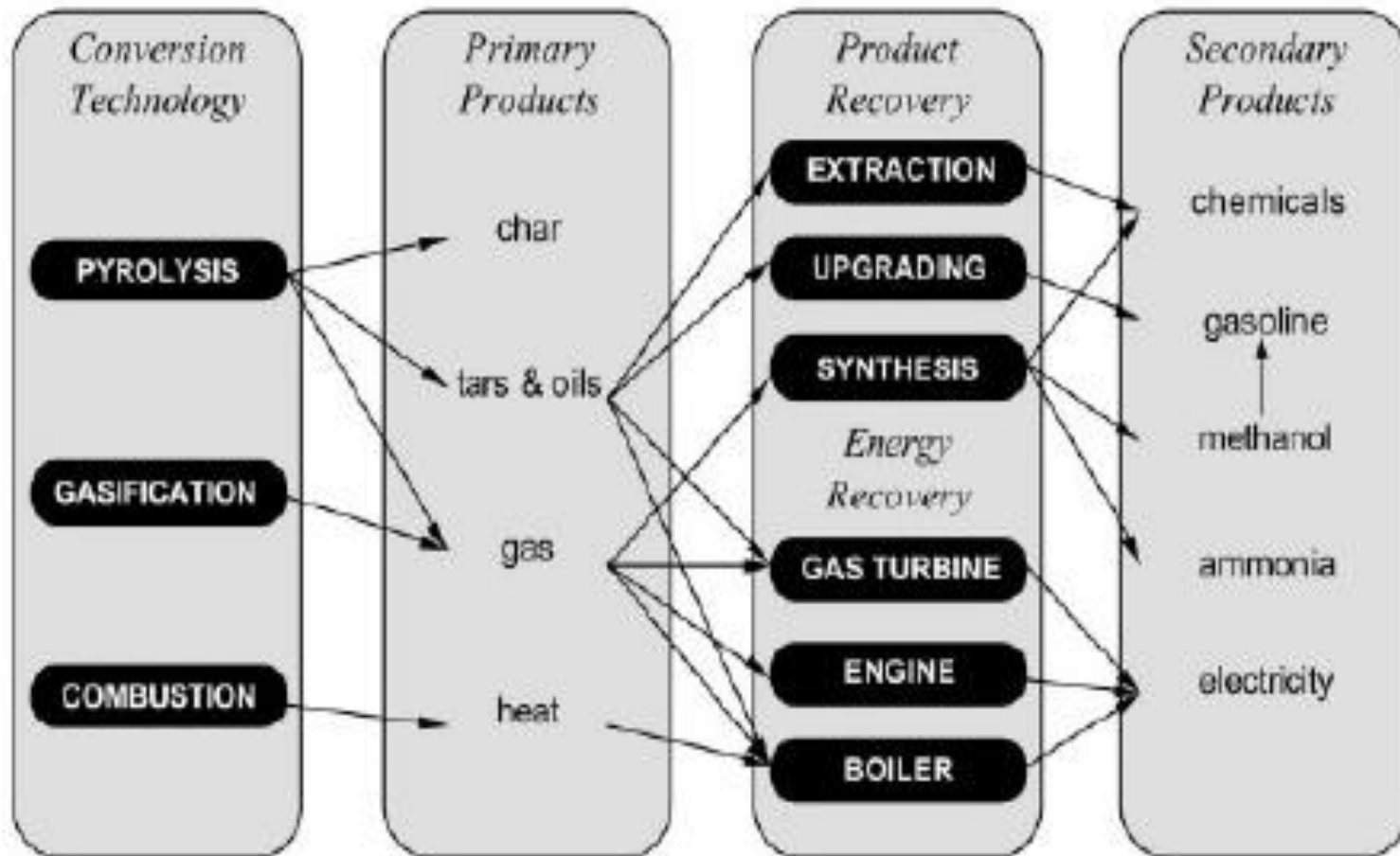
Petrolün destilasyonu takiben yapılan ısı (termal) prosesler sonucunda ele geçen karbonlaşmış maddeler "Petkok" olarak adlandırılır.

Petkokun bileşimi:

Element (%)	Ortalama	Oran
Karbon	79.74	75 - 86
Hidrojen	3.31	3 - 3.6
Azot	1.61	1.3 - 1.9
Kükürt	4.47	3.4 - 5.3
Kül	0.27	0 - 0.6
Oksijen	0.05	0 - 0.1
Nem	10.6	5.5 - 15
HHV MJ/kg	31.3	29.3 - 33.7

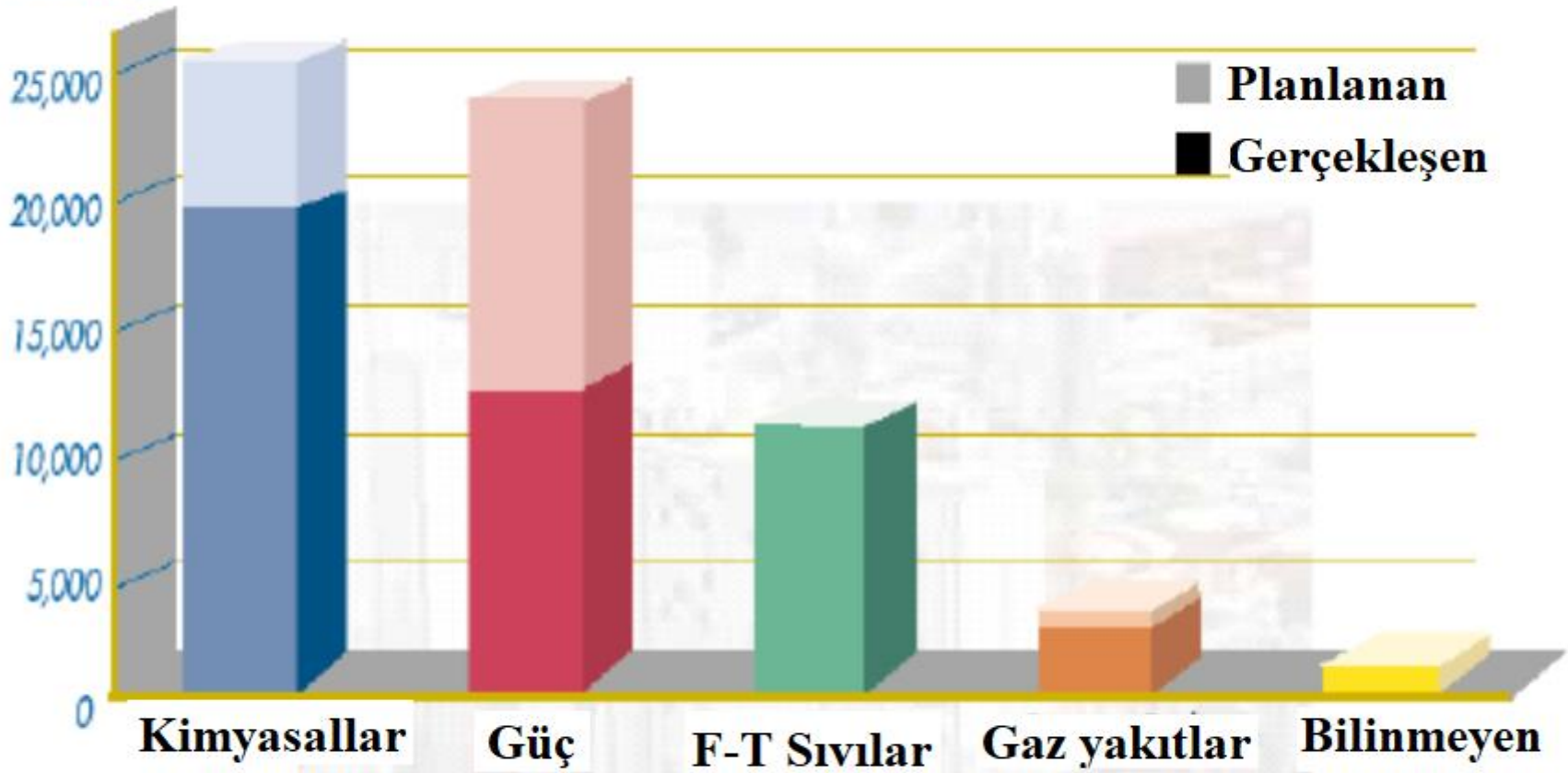
**HHV : High Heat Value
(yüksek ısıtma değeri)**

Processes Comparison: Applications



Gazlaştırma Uygulamaları

MWh syngas



Source-SFA Pacific



Dünya Çapında Gazlaştırma Kapasitesi ve Büyüme

MWth syngas

70,000

60,000

50,000

40,000

30,000

20,000

10,000

0

Note: 1 MWth=3,413,000 Btu/hr

planlanan
Gerçek

1970 1972 1974 1976 1978 1980 1982 1984 1986 1988 1990 1992 1994 1996 1998 2000 2002 2004

Source: CEA Danfær

1950'ler yıllar boyunca yakıt gazları endüstrisinde etkin değişimler oldu, özellikle doğal gaz kullanılmasıyla bu etkinlik geniş bir alana yayılarak devam etmektedir. A.B.D.'lerinde pek çok eyalette büyük doğal gaz kaynaklarından gaz, borularla evlere ve fabrikalara ulaştırılarak tüketim daha ekonomik bir duruma geldi. Bu değişim, demir-çelik ve döküm endüstrilerinde kömürden kok üreten işletmelerde yan ürün olarak elde edilen "kok fırın gazının" kullanımını tamamen sınırlandırmıştır. Şekil 6.1 de yakıt-gazlarının birleşimi ve ısıtma kapasiteleri görülmektedir.

Çizelge 5.1. Doğal gaz ve çeşitli yakıt gazlarının özellikleri ve ısı değerlerinin karşılaştırılması

Yakıt Gazı	Doğal Gaz (ABD) (1)	Doğal Gaz (ABD) (2)	Kok Fırın Gazı	Mavi Su Gazı	Bitümlü Jenaratör Gazı
CO			6,30	42,80	27,00
CO ₂	0,80		1,80	3,00	4,50
H ₂			53,00	49,90	14,00
N ₂	3,20	1,10	3,40	3,30	50,90
O ₂			0,20	0,50	0,60
CH ₄	96,00	67,60	31,60	0,50	30
C ₂ H ₆		31,30			
Isıl Değeri kcal/m ³	8,600	10,960	5,230	2,740	1,335

Doğal Gaz

Doğal gaz, petrol ve kimya endüstrilerinin önemli ham maddeleri olan değerli organik elementler içerir. Doğal gaz yakıt olarak kullanılmadan önce, bütan, propan ve petrol gibi ağır hidrokarbonlar sıvı olarak ekstrakte edilir. Kalan gaz, "kuru gaz, dry gas" olarak adlandırılır ve yakıt olarak kullanılmak üzere evlere ve endüstriyel kuruluşlara borularla taşınır. Kuru gaz ayrıca plastik, ilaç ve boyaların üretilmesinde de kullanılmaktadır.

Doğal gaz, gazlaşmış fosil yakıttır ve ana bileşeni metandır ve önemli miktarlarda etan, bütan, propan, karbon dioksit, azot, helyum ve hidrojen kükürt gibi gazları da içeren bir fosil yakıttır. Petrol ve doğal gaz yataklarında ve kömür yataklarında (kömürlü metan olarak) bulunur.

Metan bakımından zengin gazlar, fosil olmayan organik maddelerin anaerobik bozunması sonucu ortaya çıktığında, bunlara biyogaz denir. Biyogaz kaynağı olarak, bataklıklar, balçık ve çamurlar ile lağım, gübre, ağıl ve kanalizasyon gibi atıklar sayılabilir.

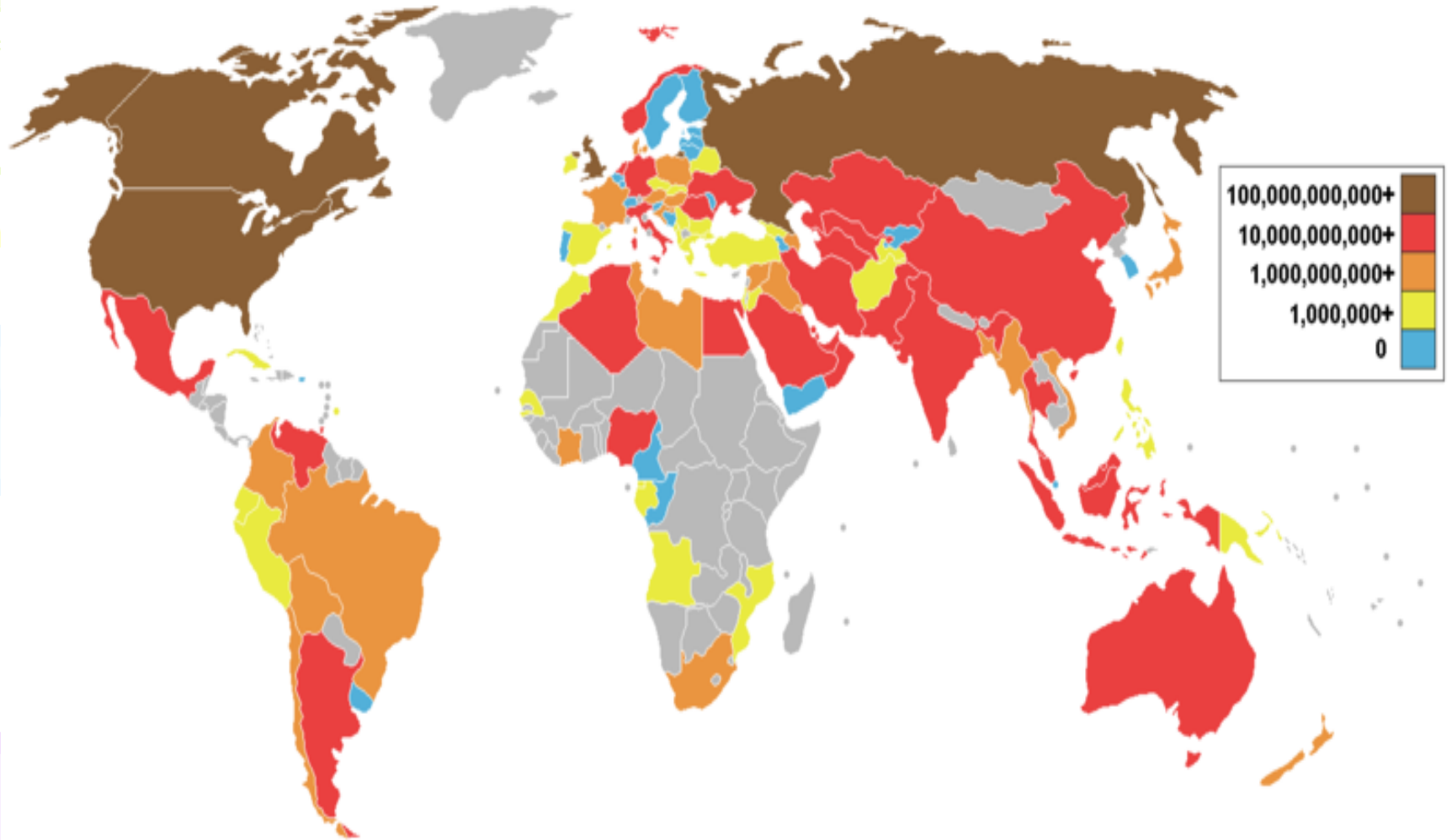
Doğal gaz, genellikle elektrik gibi diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında gayri resmi olarak “basit gaz” olarak bilinir. Doğal gaz yakıt olarak kullanılmadan önce, metan dışındaki bütün bileşenleri ortamdan uzaklaştırılır.

Bu oldukça pahalı bir prosestir. Bu şekilde uzaklaştırılan yan-ürünler, etan, propan, bütanlar, pentanlar ve yüksek molekül kütleli hidrokarbonlar, kükürt, helyum ve azot bulunur.

Doğal gazın bileşenleri ve oranları

Bileşenler	%, kütlece
Metan (CH ₄)	70-90
Etan (C ₂ H ₆)	5-15
Propan (C ₃ H ₈) ve Bütan (C ₄ H ₁₀)	< 5
CO₂, N₂, H₂S, etc.	denge

Ülkelere göre doğal gaz üretimi (Kahve ve kırmızı renkler, en çok üretimi olan ülkeleri gösteriyor)



DOĞAL GAZ (NATURAL GAS)

Doğal gaz sadece üstün bir yakıt gazı değil, aynı zamanda pek çok önemli kimyasal reaksiyonlarda kullanılan bir hammadDEDİR.

Ham doğal gazdan elde edilen metan, etan, propan, butan, LPG ve doğal benzin gibi gazlı ürünler, başka endüstri alanlarında kullanılmaktadır.

Bunlar ham doğal gazdan, yağ absorpsiyonu ve bunu takiben yapılan fraksiyonlu destilasyon ile ayrılır. Son yıllarda, kriyogenik - genleştirme

(cryogenic-expander process) prosesi ile, -90 ile -100 °C'deki sıcaklıklarda yapılmaktadır. Gaz (soğutulan) genleştirildikten sonra, 1380 ile 2415 kPa basınç uygulayarak sıkıştırılır. Bu şekilde sıkıştırılmış gazlar, gazlık silindir ve tanklarla taşınarak pazarlanır.

SAFLAŞTIRMA İŞLEMLERİ

Ham doğal gaz içinde, endüstriyel olarak önemli olan propan ve butanın yanında istenmeyen ürünler olarak su ve H_2S de vardır ve bunların gazın dağıtımından önce ortamdan uzaklaştırılması gerekir. Gazın, sudan kurtarılması için (dehydration of gas) dört önemli yöntem uygulanır: sıkıştırma, kurutucu madde ile kurutma, adsorpsiyon ve soğutma.

• Sıkıştırma işlemi : gaz bir kompresörde sıkıştırılır daha sonra su buharını uzaklaştırmak için bir soğutma sistemine gönderilerek yoğunlaştırılır.

• Kurutucu madde ile muamele : Bunun için çeşitli organik ve anorganik kurutucu maddeler kullanılır. Bunlardan en önemlisi ve en sık kullanılanı "glikol"dür. Glikolün su tutma kapasitesi oldukça fazladır. (Ayrıca, ucuzdur ve kimyasal olarak kararlıdır). Diğer kurutucular ; aktifleştirilmiş alumina, boksit, silikajel, H_2SO_4 ile $CaCl_2$ ve sodyum tiosüyanattır. Prosesde, gazın reaktif ile zıt-akım ilkesine göre reaksiyon vermesi için dolgu bir reaktör ve kurutucu maddenin regenerasyonu için regenerator yer alır. Gaz, soğutulmuş borular içerisinde geçirilerek de su buharı yoğunlaştırılabilir. Bu yöntem, diğer yöntemlere göre pahalıdır.

Doğal gaz içindeki H_2S ve diğer kükürtlü bileşikler, hem korozyona sebep olmaları hem de yandıkları zaman oluşturdıkları SO_2 benzeri gazlar ile hava kirliliği yaratmalarından dolayı ortamdan uzaklaştırılır. Diğer bir istenmeyen gaz CO_2 'dir. CO_2 , doğal gazın ısıtma değerini düşürür. Hem doğal gaz içinde, $0 - 35 \text{ g/m}^3$ veya daha yüksek değerlerde H_2S bulunur. GİZELGE 5.2, doğal gaz içinde bulunan ve arzu edilmeyen H_2S ve CO_2 'in uzaklaştırılması için uygulanan çeşitli ticari prosesleri göstermektedir.

Gizelge 5.2, CO₂ ve kükürt uzaklaştırma prosesleri.

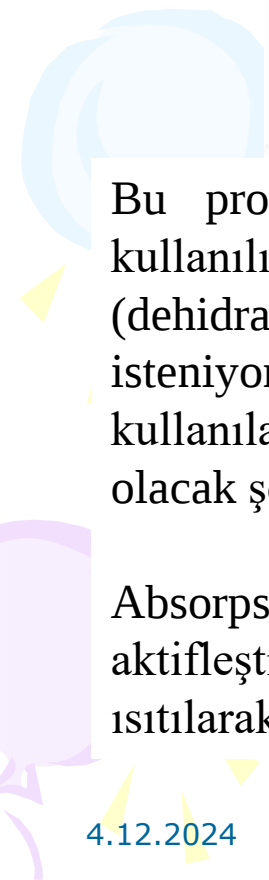
Proses veya reaktif	Reaksiyon	Ticari adı
Sulu Gözelti içinde kimyasal Gözücü	$2RNH_2 + H_2S \rightleftharpoons (RNH_3)_2S$	
Monoetanolamin (MEA)	-----	Girbotol
MEA + Amine	-----	ucar
Dietanolamin (DEA)	-----	-----
Diglikolamin	-----	Flour Econamine
Diisopropilamin	-----	Shell
Sıcak K ₂ CO ₃	$K_2CO_3 + H_2S \rightleftharpoons KHCO_3 + NaHS$	Benfield Catacarb
N-formilmorfoline	-----	-----
Reaktif demir bileşikleri	-----	slurrisweet
	$Fe_2O_3 \cdot xH_2O + 3H_2S \rightarrow Fe_2S_3 + (x+3)H_2O$	
	$2Fe_2S_3 + 3O_2 + xH_2O \rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot xH_2O + 6S$	
Kostik	$2NaOH + H_2S \rightarrow Na_2S + 2H_2O$	
Kireç	$Ca(OH)_2 + H_2S \rightarrow CaS + 2H_2O$	
Fosfat	$K_3PO_4 + H_2S \rightleftharpoons KHS + K_2HPO_4$	
• Fiziksel Gözücüler		
Metanol	-----	Rectisol
Propilen karbonat	-----	Fluor
poli(etilenglikol) dimetileter	-----	Selexol
N-Metil-2-pirolidon	-----	PuriSol
• Granüle maddeler		
Kurutulmuş katı yataklı reaktif		
Hidratize demir oksit kaplanmış tahta çip		

Doğal gaz saflaştırma işlemi için örnek proses (Girbotol)
Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Bu pro
kullanılı
(dehidra
isteniyor
kullanıla
olacak ş

Absorps
aktifleşt
ısıtılarak

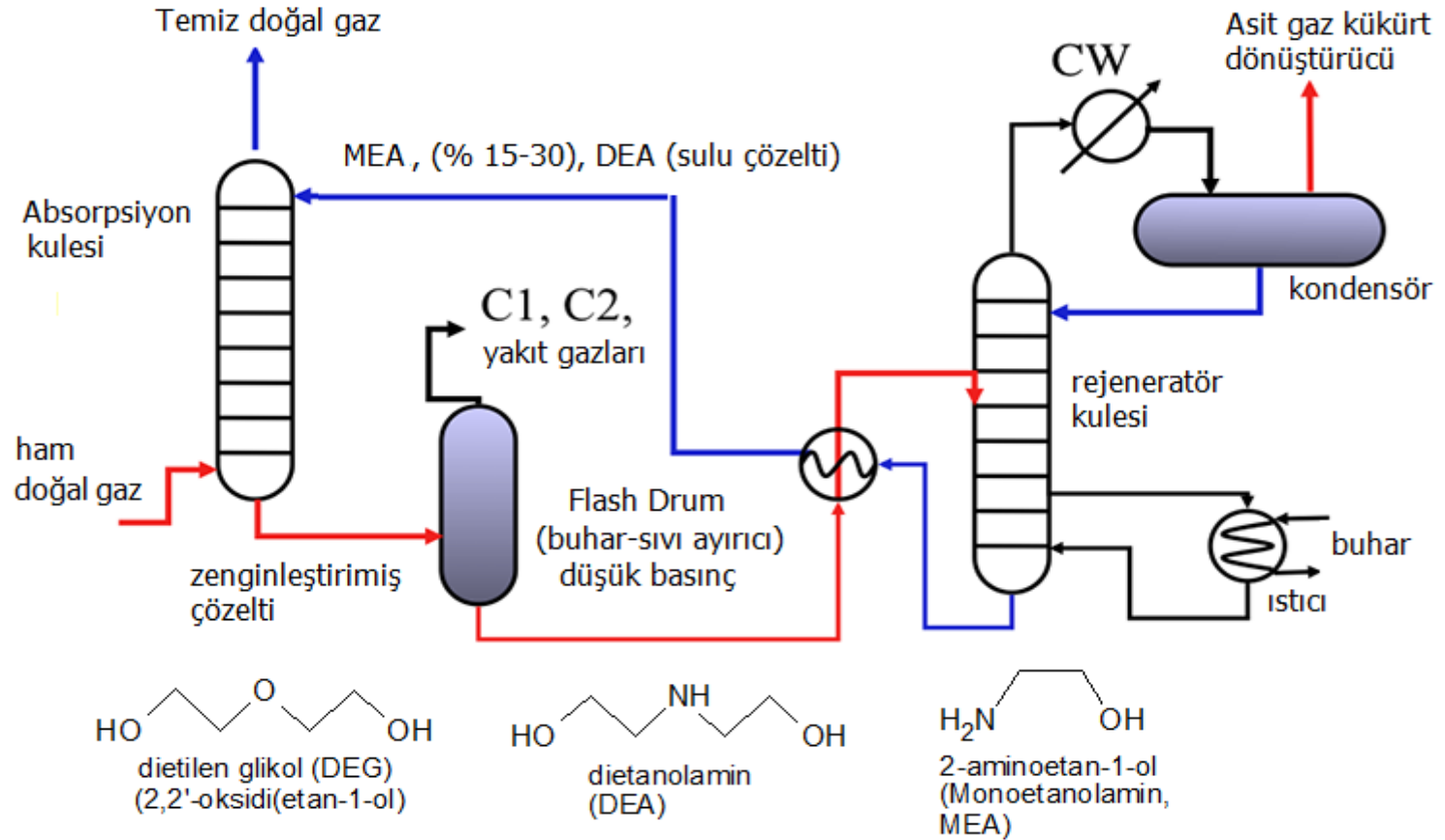
4.12.2024



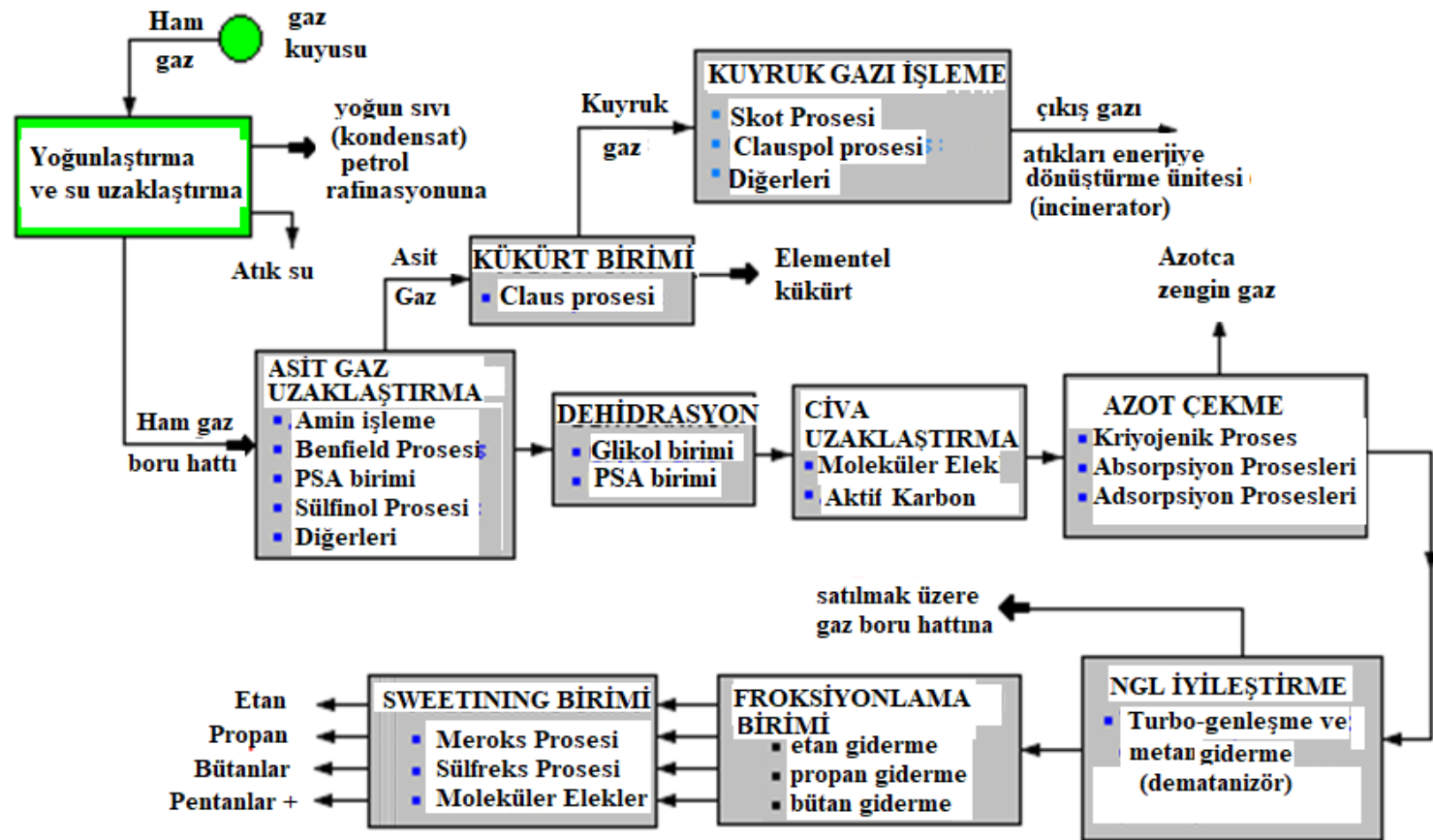
4.12.2024

Girbotol Prosesi: Asidik gazların uzaklaştırılması

Ham doğal gaz içindeki asidik gazlar (H_2S ve CO_2 gibi) gazlar monoetanolamin (MEA) veya dietanolamin (DEA) gibi primer ve sekonder aminleri içeren bazik çözeltide absorplanarak uzaklaştırılır.



DOĞAL GAZ SAFLAŞTIRMA



AÇIKLAMALAR:

Kondensat (yoğunlaştırılmış sıvı) : Doğal benzin veya sondaj başı benzini.

Pentanlar + : Pentan ve pentanlardan daha ağır hidrokarbonlar karışımı, doğal benzin olarak da adlandırılır.

Asit gazları: Hidrojen sülfür ve karbon dioksit.

Sweetening Prosesleri: NGL (natural gas sıvıları) içinden merkaptanları (R-SH) uzaklaştırma prosesi.

PSA birimi: Pressure Swing Adsorption=Basıncılı Swing Adsorpsiyon birimi.

NGL: Natural Gaz Liquid=Doğal Gaz Sıvıları

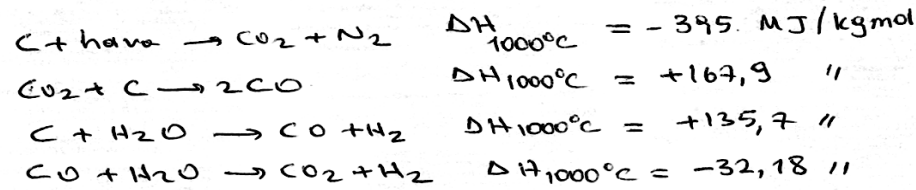
En son geliştirilen ticari doğal gaz saflaştırma yöntemlerinden birisinde, membranlar kullanılır. Bu yöntemin esası, farklı gazların değişik hızlarda membrandan geçmesine dayanır. Membran olarak, polisülfon, polistren, teflon ve çetirli kauçuk maddeler kullanılır. Bu şekildeki ayırma prosesinin diğer ayırma proseslerine üstünlüğü şunlardır: proses koşulları daha ılımlıdır, enerji tüketimi daha azdır, işletme maliyeti düşüktür, hem düşük hem de yüksek akış hızlarındaki işlemleri daha ekonomiktir.

KOK - FIRIN GAZI

Bu gaz yalnızca yan-ürün olarak üretilir. Yan ürün olarak çıkan gaz önce ön yoğunlaştırıcıya (primary condenser) oradan kömür katranı ve amonyaktan ayrılması için katran ekstraktörüne gönderilir. Gazın içindeki amonyak, gaz H_2SO_4 iünden geçirilerek amonyum sülfat şeklinde uzaklaştırılır. Benzen, toluen ve naftalin gibi kömür katranı ürünleri, hafif yağ kuleleri ve yıkayıcısında saman yağı ile yıkanarak ayrılır. Bu gaz, daha çok Demir-Çelik fabrikalarında yakıt olarak kullanılır.

ÜRETİM GAZI

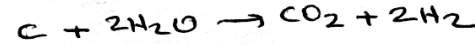
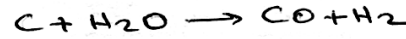
Bu gaz, kok ve kömür yatakları (sıcak) iünden hava ve su buharı geçirilerek elde edilir.



İlk reaksiyonda CO_2 ve N_2 oluşur. Gazlar, yatağa boyunca ilerlerken CO_2 , CO 'e indirgenir ve su buharı. Kısmen H_2 'e bozunur. Üretim gazının ısıtma kapasitesi doğal gazın yaklaşık %15'i kadardır.

IV - SU GAZI = MAVİ GAZ =

Su gazı, yandığı zaman alevinin mavimsi renk olması sebebiyle "MAVİ GAZ" olarak adlandırılır. Bu gaz, akkor halindeki kömür veya kokun, 1000°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda su buharı ile reaksiyonu sonucu oluşur.



V - SENTEZ GAZI (Syngas)

Kömür ve buhardan $\text{CO}-\text{H}_2$ karışımını elde etmek için su gazı ve üretim gazı proseslerine göre daha yeni ve modern prosesler geliştirilmiştir. Bu şekilde üretilen gazların, eğer buhar ve oksijen kullanılırsa, ısı içeriği daha düşüktür.

Düşük ve orta ısı değerli gazlar arasındaki temel farklılık, düşük ısı değerli gaz yaklaşık %50 oranında azot içerir. Düşük ısı değerli gaz; özellikle, endüstriyel yakıtların bir kısmında ve formaldehit ile amonyak üretiminde ara ürün (intermediate) olarak kullanılır.

Gazlaştırma sistemleri, fixed bed (sabit yatak), fluidized bed (akışkan yatak) ve entrained bed (sürüklenen yatak) gibi gazlaştırıcılarda kullanılan yatak türlerine göre sınıflandırılır. Bunların en eski ve bilinen örnekleri; Lurgi prosesi (fixed bed), Winkler prosesi (Fluidized bed) ve Koppers-Totzek prosesi (Entrained akış)'dir.

Metandan sentez gazı eldesi



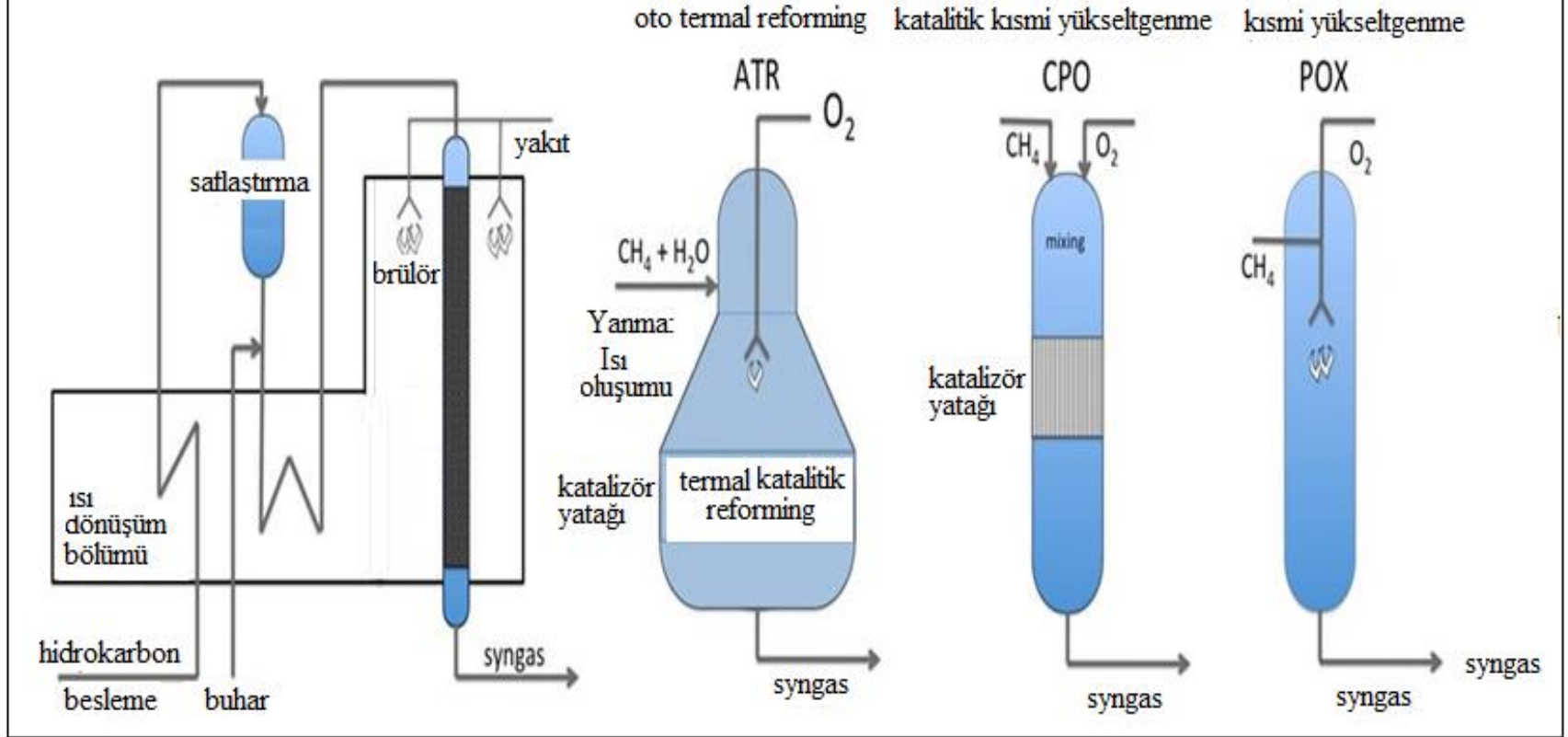
Dolaysız mekanizma: $\text{CH}_4 + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$
(Direkt)

Dolaylı mekanizma:
$$\begin{cases} \text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \\ \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 \\ \text{CH}_4 + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2 \end{cases}$$

(İndirekt)

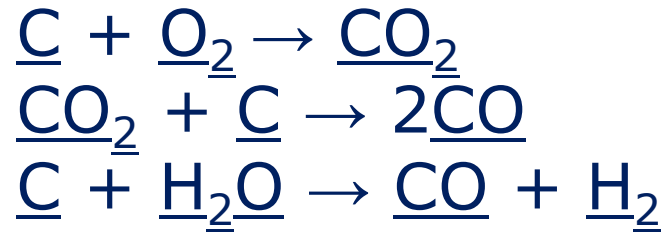


Metan buhar reformingi ile sentez gazı üretimi prosesi



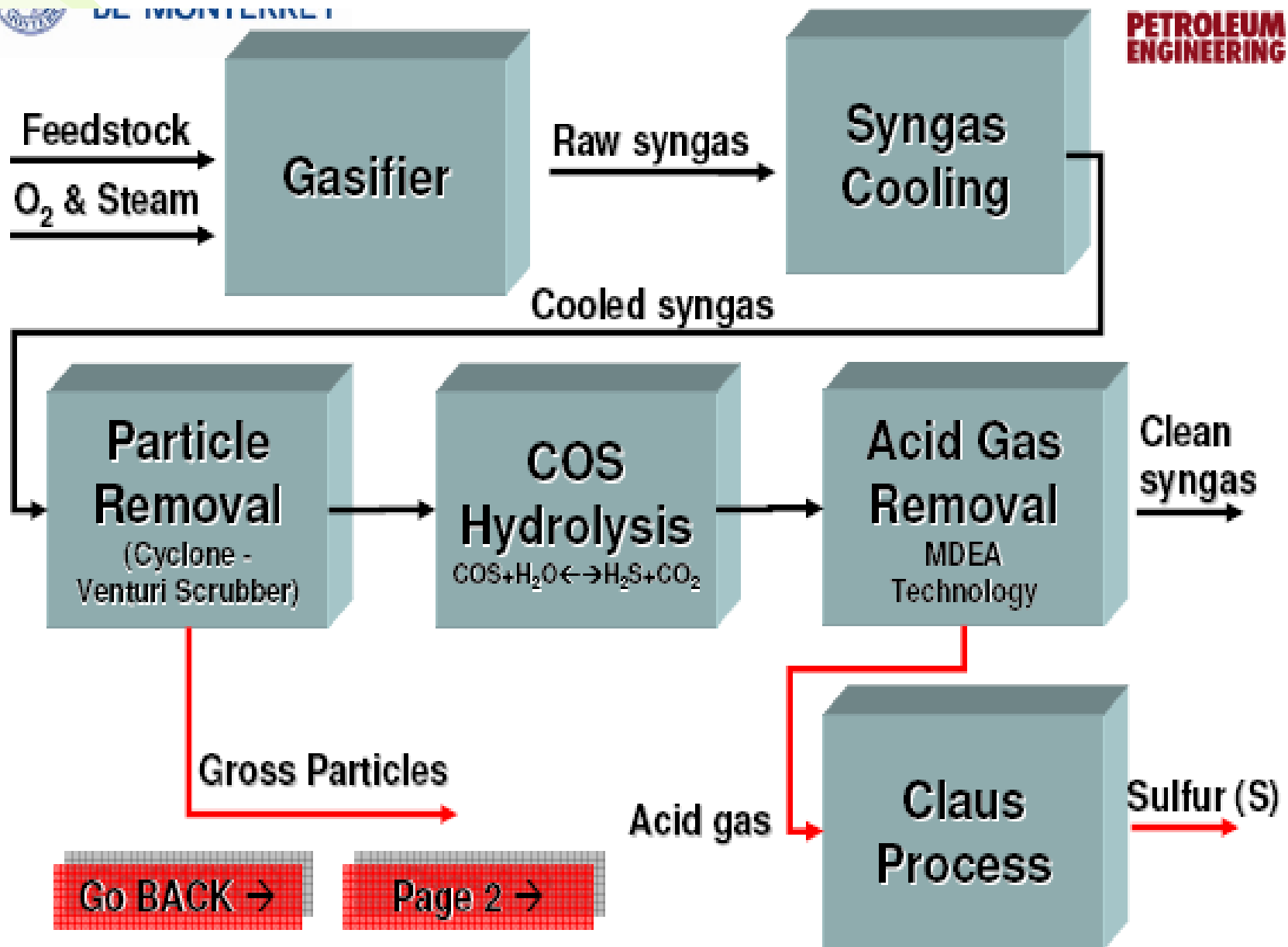
Syngas (sentez gazı), fosil yakıtların (genellikle kömür) gazlaştırılması ile elde edilen değişen miktarlarda karbon monoksit, hidrojen ve karbon dioksit içeren bir gaz karışımıdır. Doğal gazın veya sıvı hidrokarbonların buhar reformingi ile hidrojen üretilmesi, kömürün gazlaştırılması ile atık gazların enerjiye dönüştürülmesi örnek olarak verilebilir. Sübstitüe doğal gaz (SNG), amonyak ve metanol üretilmesinde ara ürün olarak kullanılmaktadır. Syngas ayrıca Fischer-Tropsch sentezi yoluyla bir yakıt veya yağlayıcı olarak kullanılmak üzere sentetik petrol üretiminde bir ara ürün olarak da kullanılır.

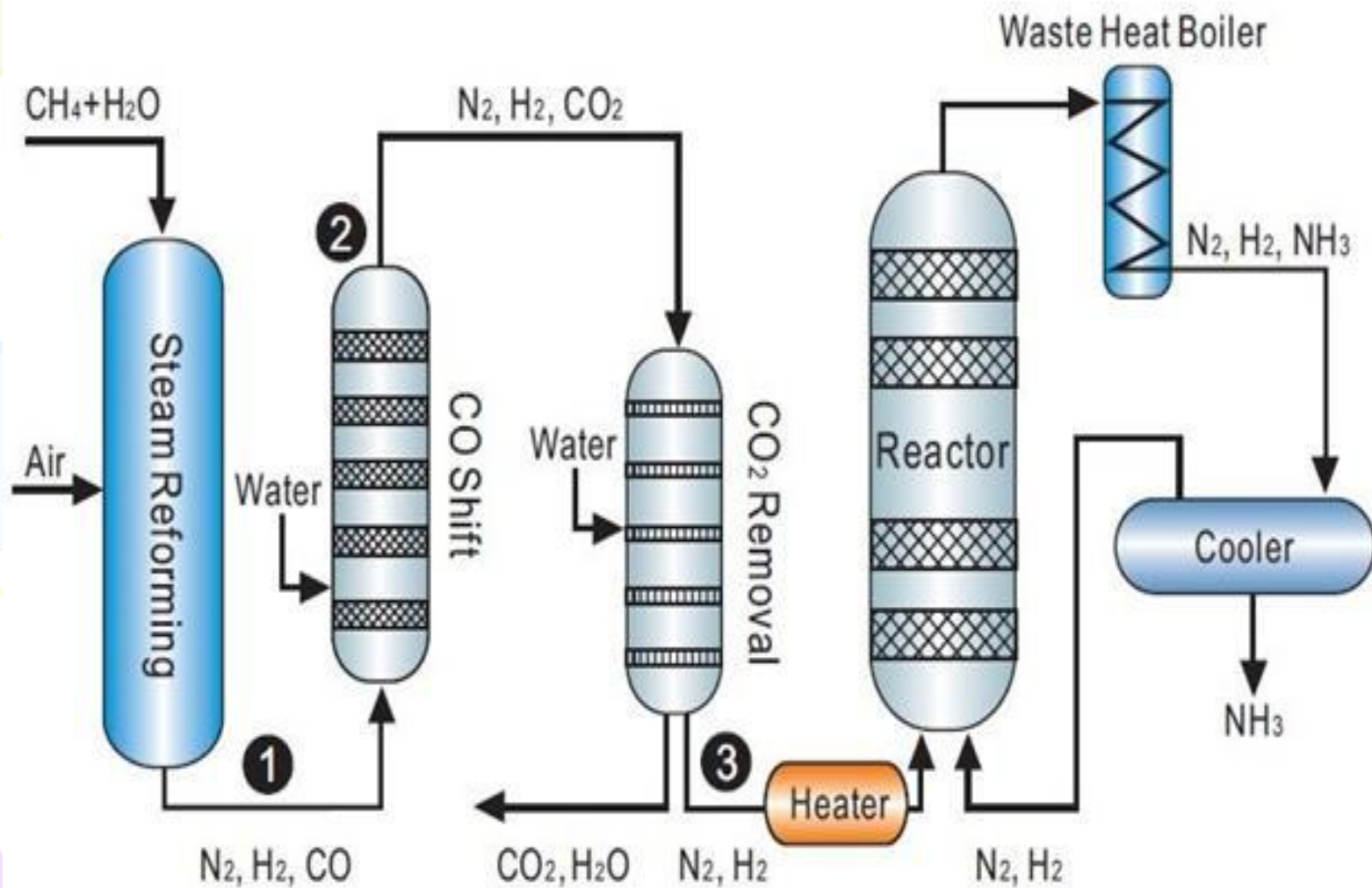
Sentez gazı, temel bileşenler olarak karbon monoksit, karbon dioksit ve hidrojeni içerir. Enerji değeri, doğal gazın yarısından biraz daha azdır. Syngas yanıcıdır ve genellikle yakıt kaynağı olarak veya diğer kimyasalların üretilmesinde ara ürün olarak kullanılır. Genellikle, kömür ve şehrsel atıkların gazlaştırılması ile üretilir. Reaksiyon basamakları aşağıda verilmiştir:



Ayrıca, büyük miktarlarda hidrojen ve amonyaka ihtiyaç olduğunda, doğal gazın buhar reformingi ile de üretilmektedir.



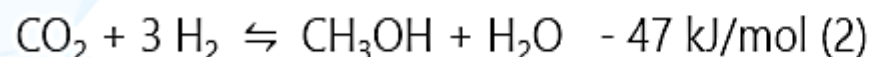




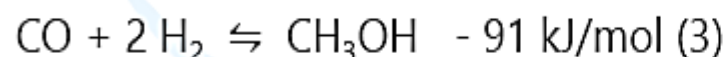
Syngas to Methanol

Methanol is a versatile intermediate for the chemical industry, but can also serve as a fuel. Even better is dimethyl ether, applicable as bottle gas for cooking (like camping gas) or as a substitute for diesel fuel. Methanol is also used in the transesterification of vegetable oils to produce biodiesel. Methanol is produced catalytically from a mixture $\text{CO}_2:\text{CO}:\text{H}_2 = 5:5:90$, at 50-100 bar and 225-275 dg.C over $\text{Cu}/\text{ZnO}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

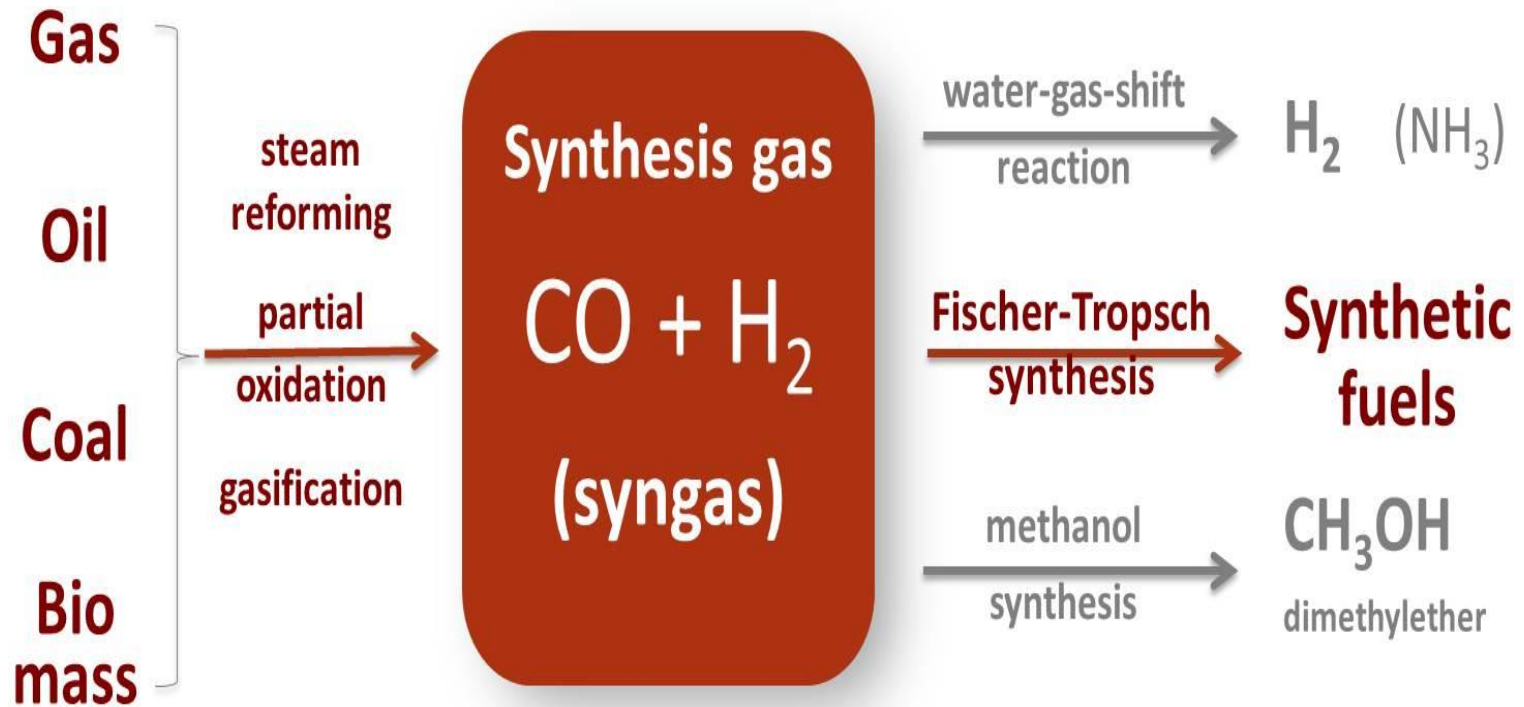
The predominant reactions are



or combined with the water-gas shift reaction (1) above



Copper metal is the catalytically active phase, and ZnO is a chemical and structural promoter, while alumina is only a structural promoter.



Feedstock in

Coal/Biomass

Natural
gas/fuel oil

Natural
gas/naptha

O_2 and/or Air

GASIFIER

**PARTIALOXI
(POX)**

**REFORMER
(SMR/ATR)**

O_2 and/or Air
Steam

Syngas
(H_2 , CO,
 CO_2 , H_2O)

SHIFT REACTOR

(Water–gas shift
 H_2O , H_2 , CO, CO_2
shift to H_2 & CO_2)

GAS CLEAN UP

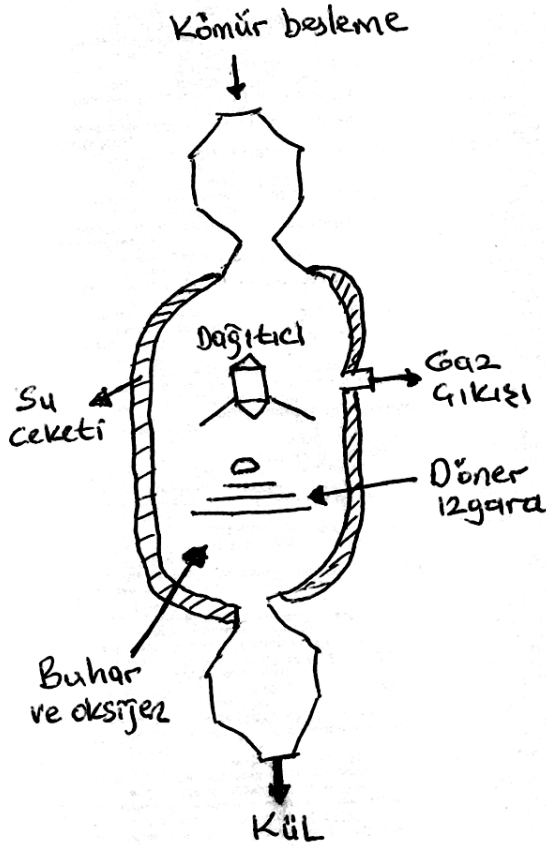
(H_2 & CO_2
separation)
PSA, physical
absorption e.g.
Selexol

CO_2 :

- Vented
- To urea production
- Enhanced oil recovery

H_2 and to ammonia
and F-T processes

LURGI PROSESİ

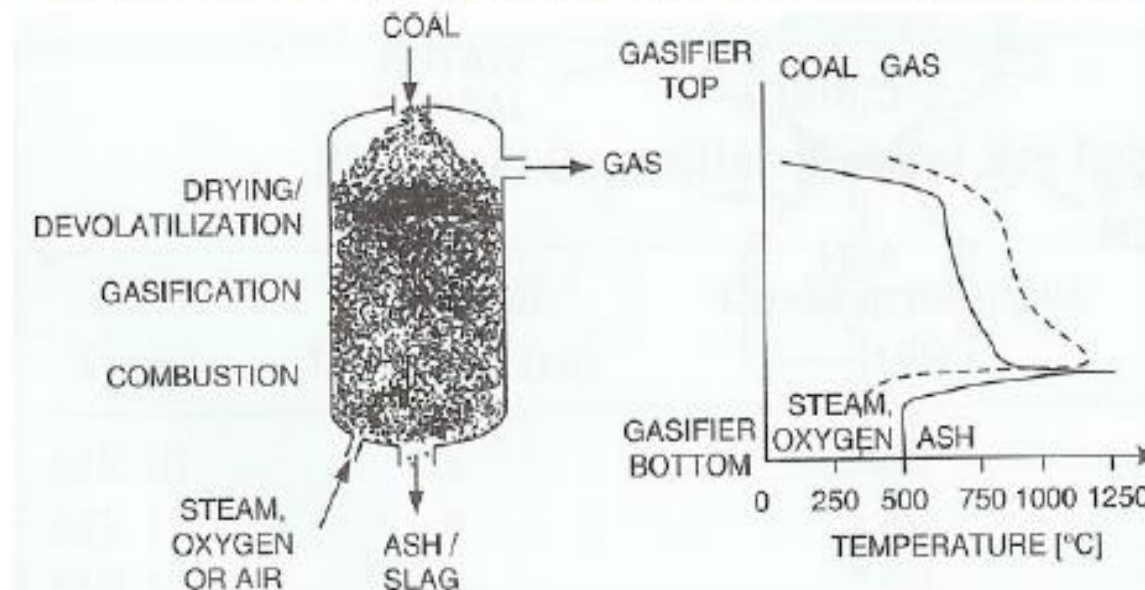


Bu prosesde basınç 2800 kPa'ın üzerindedir. Kömür, hava veya oksijen ile yakılır. Gazlaştırma sıcaklığı diğer yataklı sistemlere göre daha düşüktür. Kömür yukarıdan aşağıya doğru inerken, yavaş yavaş ısıtılır, sıcaklık 620 ile 760°C çıktığında gazlaştırma işlemi sonlandırılmış olur. Bu şekilde elde edilen gaz, (ham) 370 ve 595°C arasında gazlaştırma ünitesinden ayrılır. Bu gaz karbonizasyon ürünleri olan, katran, nafta, fenoller, amonyak, eser miktarda kömür ve kül kalıntılarını içerir.

Ham gaz, buradan scrubere (yıkama ünitesi) gönderilir, burada yıkanır, buhar ile doyurulduğu sıcaklığa kadar soğutulur. Bu şekilde saflaştırılarak gazlaştırma ünitesinden ayrılan gaz başlıca CO_2 , CO , CH_4 , H_2 ve H_2O içerir.

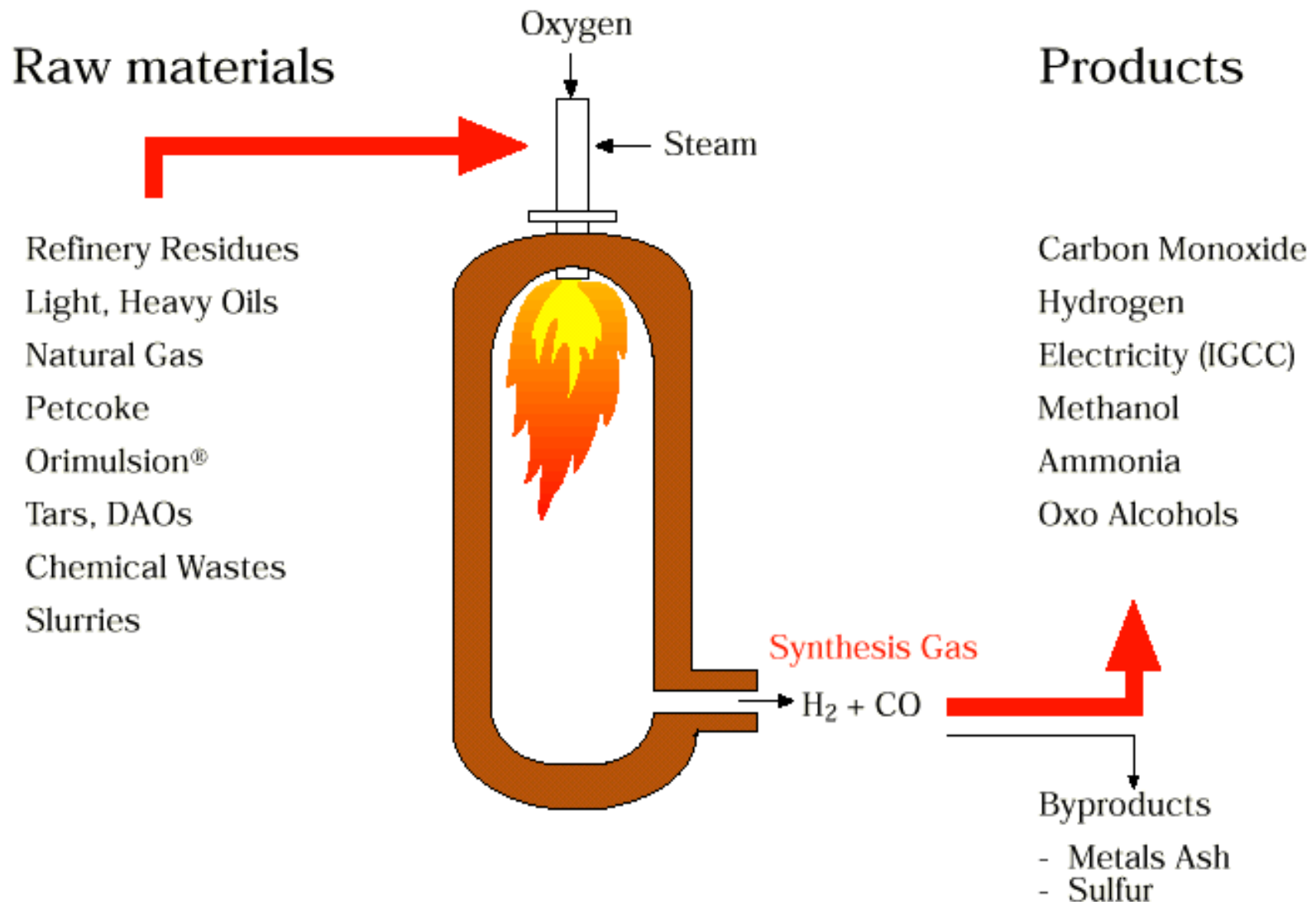
LURGI Moving-Bed Pressurized gasification process (1931)

Low Temperature 425 – 650 °C / Particle Size 6 – 50 mm / High hydrocarbons in gas

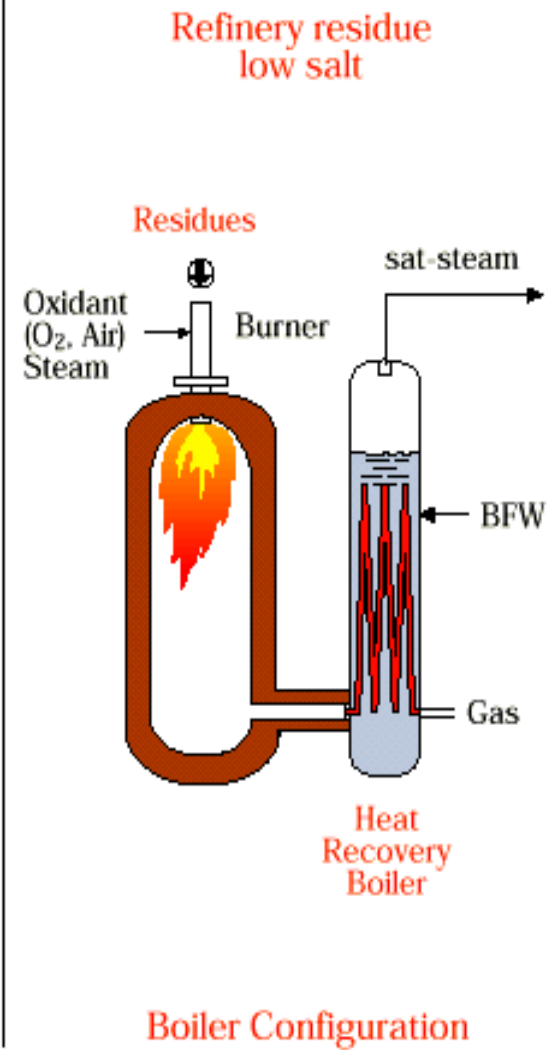
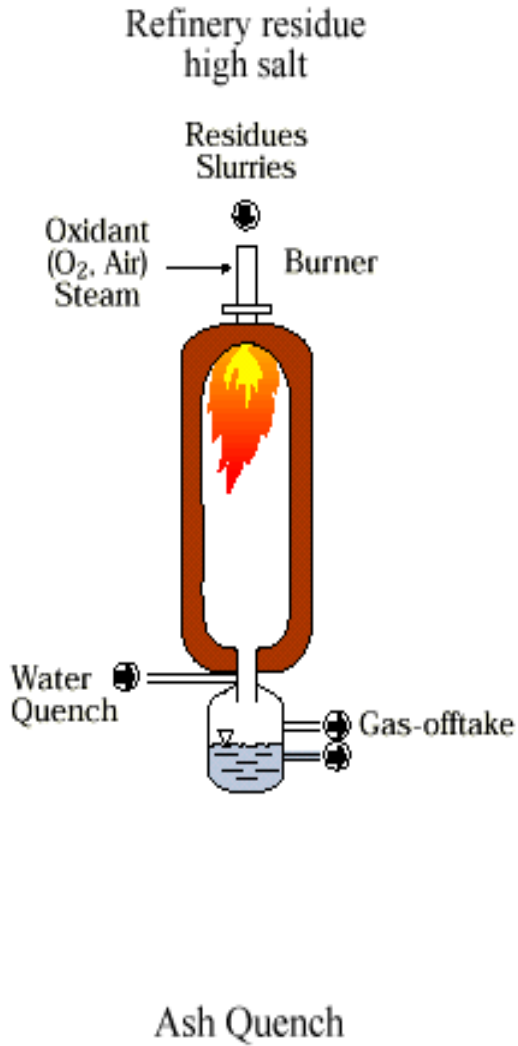
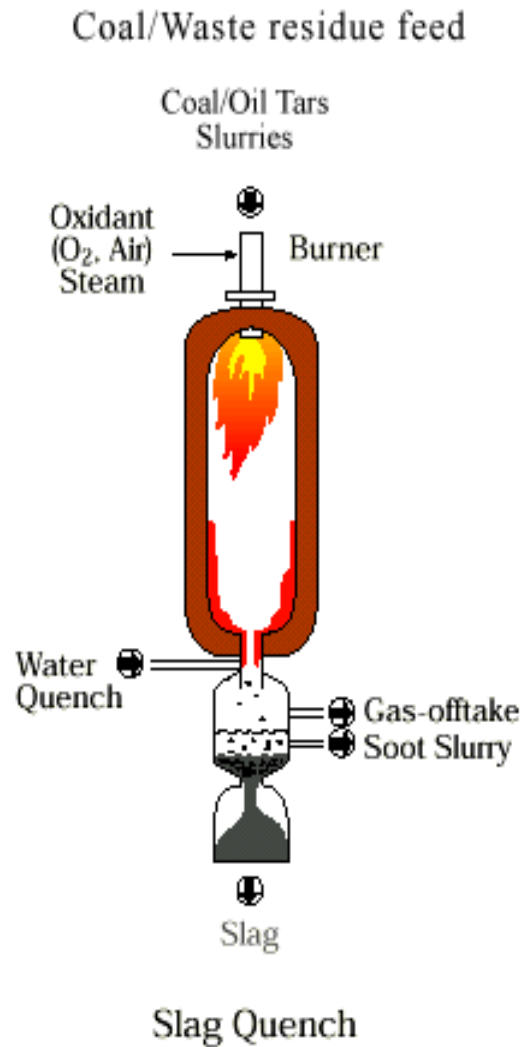


Partial Oxidation (Multi-Purpose-Gasification - MPG)

The new Lurgi Multi Purpose Gasification process generates valuable synthesis gas (mainly H₂ and CO) from various types of hydrocarbons and low-value refinery residues by partial oxidation with oxygen



Reactor Configurations

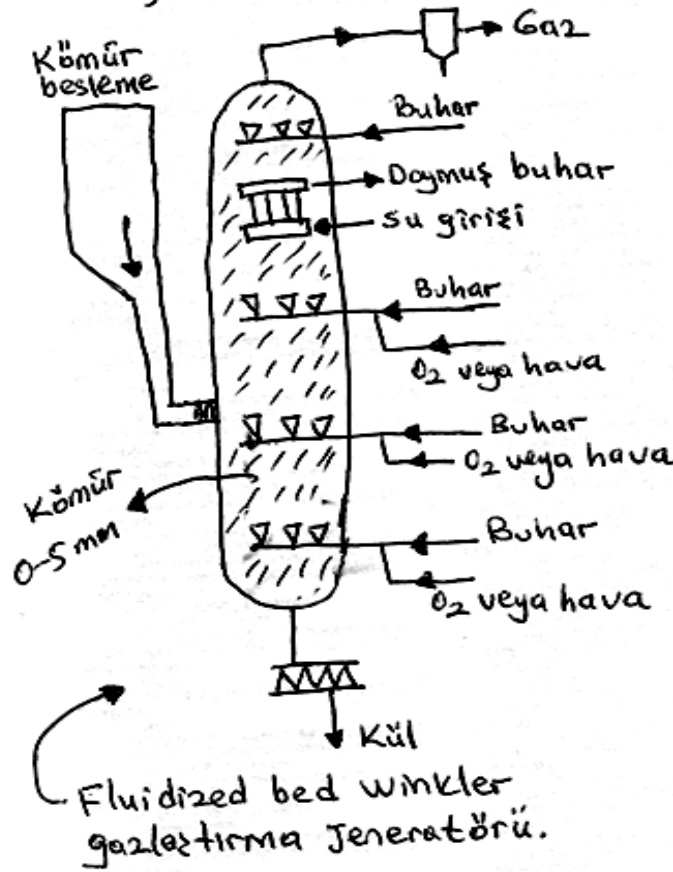




Depending on the feedstock composition, the oxidant and the actual gasification temperature, the raw synthesis gas (H_2 , CO) contains H_2O , CO_2 , CH_4 , H_2S , N_2 , NH_3 , HCN and Ar in various concentrations. In addition, a small amount of unconverted carbon is present, e.g. some 0.5 wt.% of the feedstock when processing liquid hydrocarbons, as well as the metals ash introduced with the feedstock.

WINKLER PROSESİ

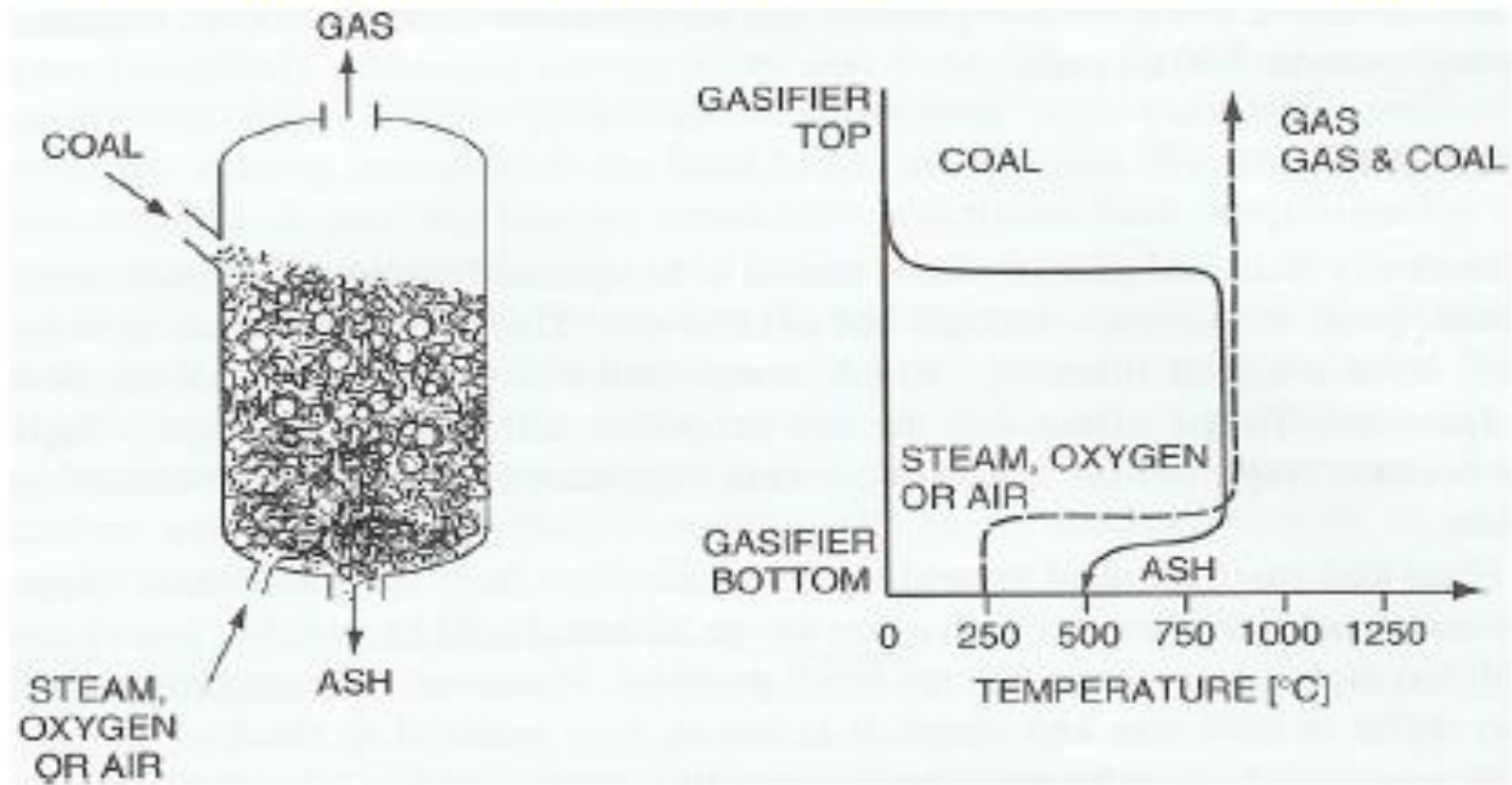
Winkler akışkan yatak gazlaştırma sisteminin avantajı, sıcaklığın her yerde aynı olması (uniform temp. rature distribution) ve katı-gaz temasının mükemmel olarak sağlanmasıdır.



Proses, çok ince öğütülmüş kömür (0-5mm) kullanılır. Kömür üstten beslenir, buhar ve oksijen alttan verilir. Proses, 800-1000°C sıcaklıklarda yürütülür. (Entrained bed prosesinde en yüksek sıcaklıklarda) Jeneratörden çıkan gaz çok fazla toz içerdiğinden, bunların uzaklaştırılması gerekir.

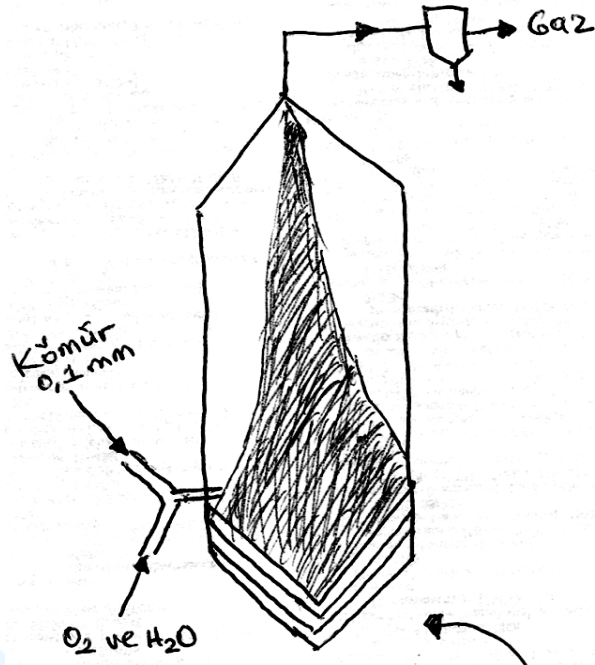
WINKLER Fluid-Bed (1926)

Mean Temperature 900 – 1050 °C / Particle Size 6 – 10 mm



KOPPERS-TOTZEK ENTRAINED YATAKLI GAZLAŞTIRMA

Üç proses içerisinde, en yüksek kapasiteli olanıdır.



Entrained süspansiyon
Kömür gazlaştırma sistemi

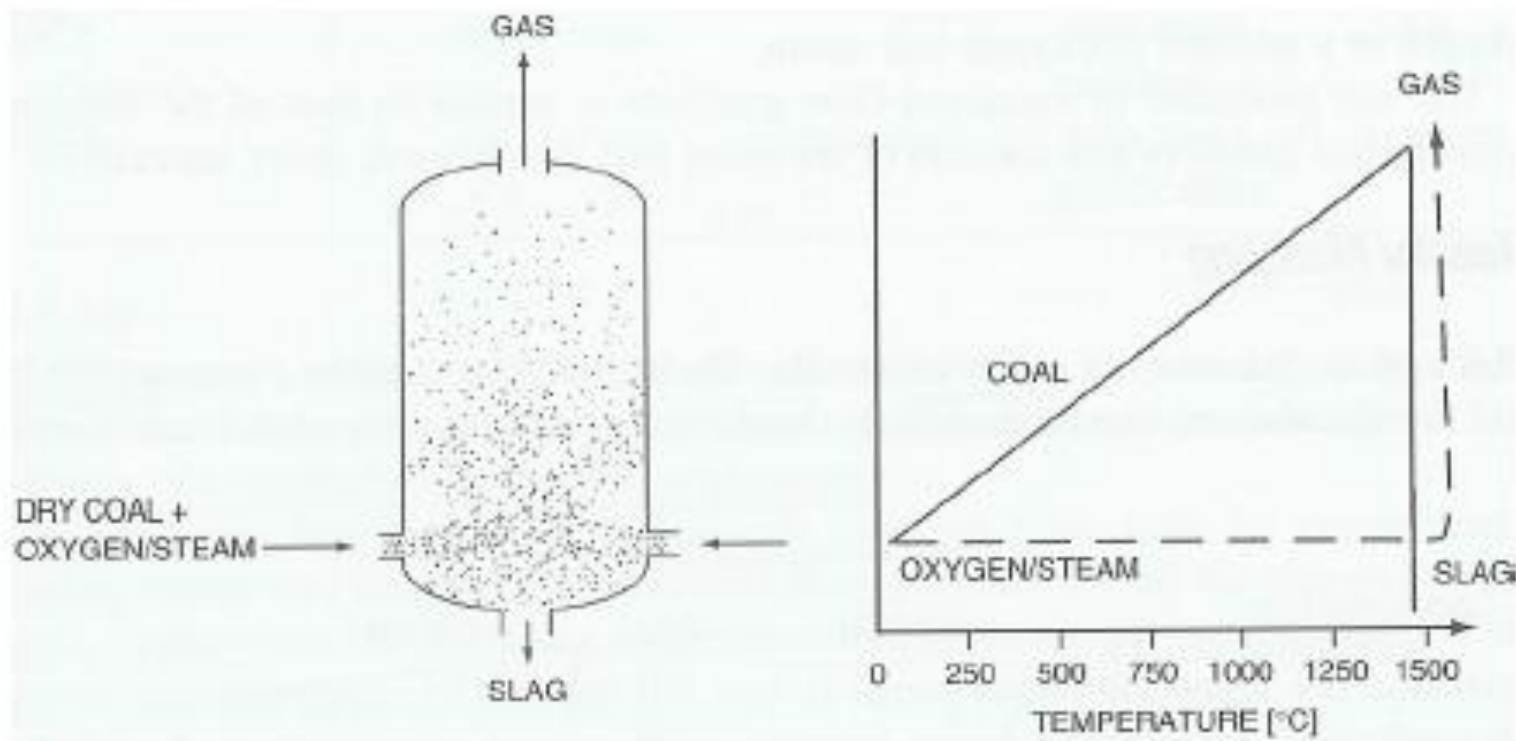
gaz içerisinde kömür tozlarını ayırmak için ön işleme gerek kalmaz.

Bu sistemde, çok ince parçalanmış kömür, O_2 ve buhar ile birlikte sisteme verilir. Süspansiyon şekline gelen kömür gazlaştırılır. Sistemden alınan gaz içinde katran ve fenoller bulunmaz.

Proses, büyük miktardaki oksijene ihtiyaç duyar ve $1900^\circ C$ gibi çok yüksek sıcaklıklarda yürütülür. Gazlaştırma o kadar hızlı olur ki, kömür tanecikleri kümelezemez bu sebeple

KOPPERS-TOTZEK Entrained-Flow Process (1940)

High Temperature 1250 – 1600 / °C Particle Size < 100 µm



The analysis of the gas produced by the ACGP will vary according to the coal that is being gasified. For illustrative purposes an analysis of a low grade South African coal is given in table 1, and the gas it will produce, is given in table 2.

Table 1
Analysis of a low grade South African coal.

COAL ANALYSIS	% (mass/mass)
Proximate	
Moisture	2,38
Ash	19,66
Volatile	24,93
Fixed carbon	53,03
Ultimate	
Carbon	64,10
Hydrogen	3,77
Nitrogen	1,56
Oxygen	7,53
Sulphur	1,0
 Higher heating value	 25,52 MJ/kg

Table 2

Product gas analysis for the coal identified in table 1.

GAS ANALYSIS (dry basis)	% (vol/vol)
Hydrogen	22,3
Carbon monoxide	67,5
Carbon dioxide	7,6
Hydrogen sulphide	0,4
Carbonyl sulphide	0,03
Ammonia	0,03
Hydrogen cyanide	0,03
Nitrogen	1,2
Argon	0,8
Methane	0,08
Oxides of nitrogen	20 ppm

Synthesis Gas Fermentation

Biomass can be converted to synthesis gas (consisting primarily of carbon monoxide, carbon dioxide, and hydrogen) via a high temperature gasification process. Anaerobic bacteria are then used to convert the synthesis gas into ethanol. Bioresource Engineering Inc. has developed synthesis gas fermentation technology that can be used to produce ethanol from cellulosic wastes with high yields and rates.

Biomass can be converted to synthesis gas, which consists primarily of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and hydrogen (H₂), via the gasification process. Gasification technology has been under intensive development for the last 2 decades. Large-scale demonstration facilities have been tested and commercial units are in operation worldwide. The problems with the application of gasification have been economic, not technical. In the past, the product from gasification has been electricity or heat source, and the low value of these products in today's market is insufficient to justify the capital and operating costs. However, if gasification is coupled with the production of a higher value liquid fuel, the combination could be a viable alternative energy technology.

After gasification, anaerobic bacteria such as *Clostridium ljungdahlii* are used to convert the CO, CO₂, and H₂ into ethanol. Higher rates are obtained because the process is limited by the transfer of gas into the liquid phase instead of the rate of substrate uptake by the bacteria.

References

1Klasson, K.T.; Elmore, B.B.; Vega, J.L.; Ackerson, M.D.; Clausen, E.C.; Gaddy, J.L., "Biological Production of Liquid and Gaseous Fuels from Synthesis Gas." *Applied Biochemistry and Bioengineering*, Vol. 24/25, 1990, pp. 857-873.

For Further Reading

Search the [Bioenergy Topical Search](#)
Search the [Biomass Document Database](#)

Çizelge 5.2. Üç prosesinde elde edilen tipik gaz oranları
(% mol, kuru olarak)

	Lurgi	Koppers-Totzek	Winkler
H ₂	38,0	36,7	41,8
CO	20,2	55,8	33,3
CO ₂	28,6	6,2	20,5
CH ₄	11,4	0,0	3,0
C ₂ H ₆	1,0	0,0	0,0
H ₂ S veya COS	0,5	0,3	0,4
N ₂	0,3	1,0	1,0

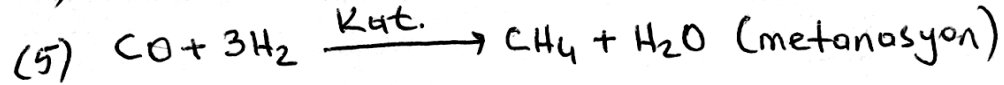
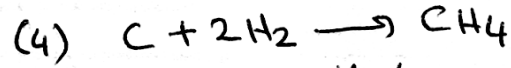
SUBSTITUTE DOĞAL GAZ (SNG)

A. Kömür gazlaştırma

Kömürden elde edilen düşük- ve orta-ısılı sentez gazı, doğal gaza benzer şekilde yüksek-ısılı gaza dönüştürülebilir. Reaksiyonları aşağıda verilmiştir:

- (1) $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ ---- Gazlaştırma
- (2) $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ ---- Su-gazı değiş-tirme
reaksiyonu
(Reaksiyon $CO:H_2 = 1/3$ olacak şekilde kontrol edilir)
- (3) $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ ---- Boudourad reaks.

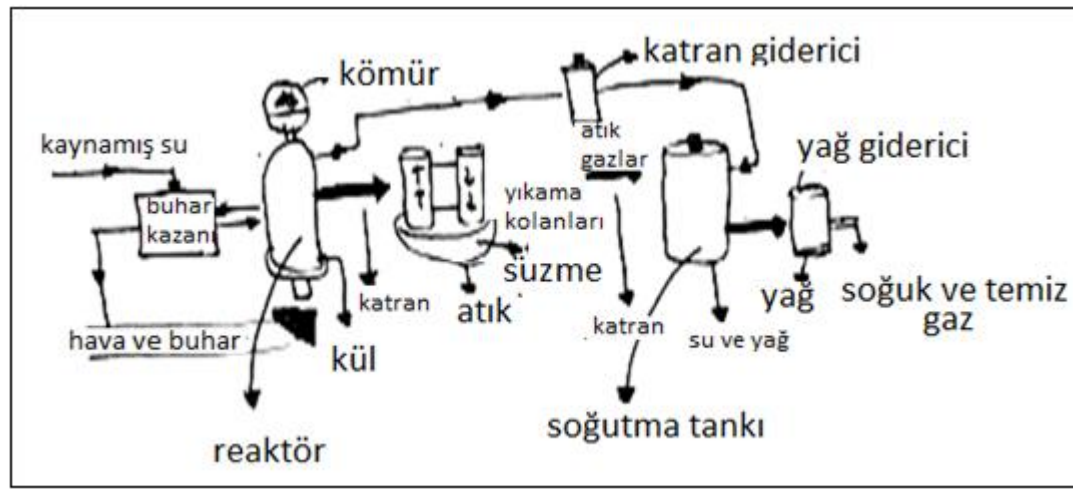
(1) ve (2) reaksiyonlarından elde edilen hidrojen yeterince yüksek basınç uygulanarak "C" ile, CH_4 (metan) vermek üzere etkileştirilir (Reaks. 4 ve 5).



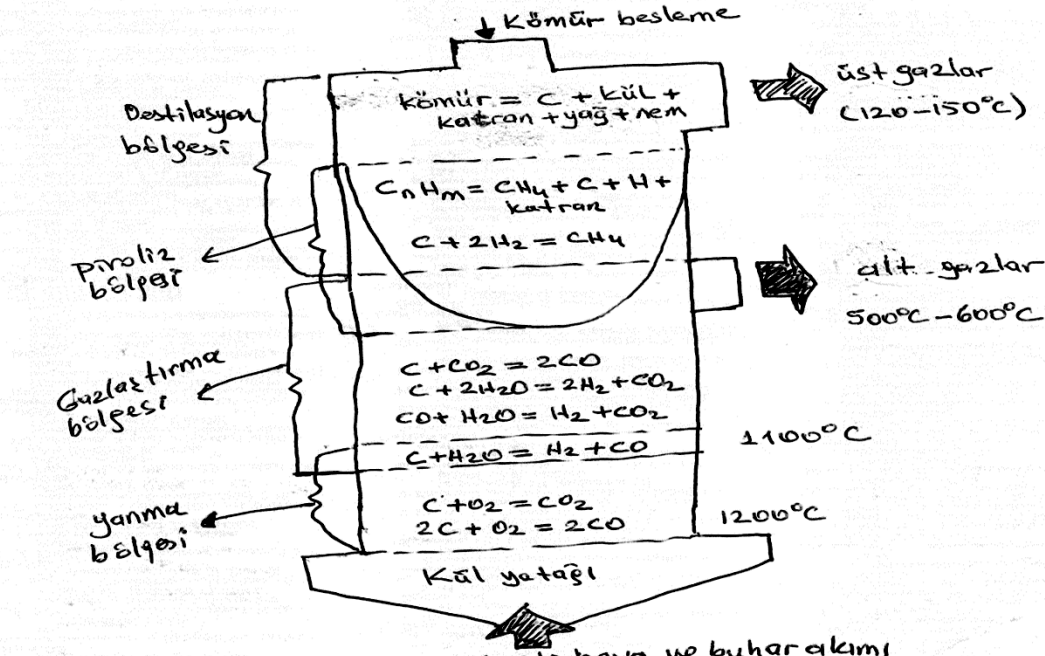
Bu şekilde üretilen gaz "SENTETİK DOĞAL GAZ" olarak bilinir ancak "SUBSTITUTE DOĞAL GAZ" olarak adlandırılır.

Metanasyon izleminden önce, gaz içinde bulunan CO_2 ve kükürt ortamdan uzaklaştırılır. Gazlaştırma ünitesinde uygulanan basınç 6,9 MPa ve sıcaklık 850°C ile 1650°C arasındadır. Yüksek basınç ve düşük sıcaklık, büyük miktarlarda metan oluşmasına sebep olur.

- Şekil 5.1 ve 5.2, kömürün SNG vermek üzere gazlaştırılması prosesine art ekim diyagramını ve gazlaştırma ünitesi içinde oluşan kimyasal reaksiyonları göstermektedir.



Şekil 5.2. Wellman iki-basamaklı gazlaştırıcı (Wellman Thermal System Corp)



Şekil 5.3. Gazlaştırıcıda oluşan kimyasal reaksiyonlar

VII. SIVILAŞTIRILMIŞ PETROL GAZLARI (LPG)

Sıvı propan ve butan; doğal gaz ve üretilmiş gazlar kullanan endüstriyel prosesler ile, şehirlerde kullanılan en büyük ve önemli yedek gazdır. LPG, bazı toplumlarda ve endüstrilerde; mutfakta, tütün kavumada, tahıl kurutmada ve motorlu araçlar ile traktörlerde başlıca kullanılan tek gazdır. Bu gazın tüketildiği ikinci büyük alan, petrokimya endüstrisidir.

LPG, yağ doğal gaz, ham yağlar ve petrol rafinasyonuunda yan ürün olarak elde edilir.

örneğin, doğal gaz fabrikalarında; yağ (ham) doğal gaz, absorpsiyon kulesinde gaz yağı ile yıkanır, fraksiyonlu destilasyon işlemi yapılarak kullanışlı fraksiyonlar ayrılır.

LPG, A.B.D'deki toplam enerji kaynakları içerisindeki % 5'lik kullanıma katkısını sürdürmeye devam etmektedir.

Liquefied petroleum gas (also called LPG, LP Gas, or autogas) is a mixture of hydrocarbon gases used as a fuel in heating appliances and vehicles, and increasingly replacing chlorofluorocarbons as an aerosol propellant and a refrigerant to reduce damage to the ozone layer.

Varieties of LPG bought and sold include mixes that are primarily propane, mixes that are primarily butane, and the more common, mixes including both propane (60%) and butane (40%), depending on the season—in winter more propane, in summer more butane. Propylene and butylenes are usually also present in small concentration. A powerful odorant, ethanethiol, is added so that leaks can be detected easily. The international standard is EN 589.



The background is a light cream color decorated with festive elements. There are several balloons in green, light blue, and purple. Long, flowing streamers in green, purple, and light blue are scattered across the page. Small, yellow, triangular confetti pieces are also present, adding to the celebratory feel.

BÖLÜM SONU