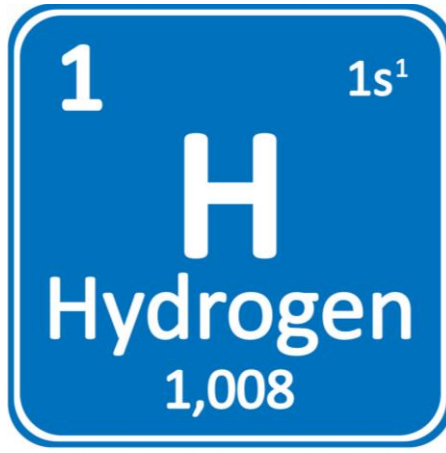




Doğalgaz Sistemlerinde Hidrojen



**T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Enerjide Arama Buluşmaları – Hidrojen**

Prof Dr. Şener OKTİK
Şişecam, Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanı
Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği Onursal Başkanı
seoktik@sisecam.com

TARİHSEL GELİŞİM

1935 yılından bu yana ülkemizin sanayileşme hamlesine öncülük eden Şişecam'ın

Tarihsel Gelişimi



FAALİYET ALANLARI VE İLİŞKİLİ SEKTÖRLER

Düzcamlar



Mimari Camlar

- İnşaat
- Mobilya
- Solar Uygulamalar
- Beyaz Eşya



Otomotiv Camları

- Otomotiv



Cam Ev Eşyası

- Mutfak Gereçleri
- Katlı Mağazalar
- Zincir Mağazalar
 - Toptancılar
 - Turizm
- Promosyon Ürünleri



Cam Ambalaj

- Paketli gıda
- İçecek
- Ecza
- Kozmetik
- Kişisel Bakım

Kimyasallar



Soda Külü

- Cam
- Deterjan
- Tekstil
- Gıda
- Yem
- Gübre
- Kimyasallar



Krom

- Otomotiv
- İnşaat
- Deri
- Metal
- Kağıt
- Kimyasallar
- Emrenye



Maden

- Cam
- Seramik
- İnşaat
- İzolasyon
- Yapı Kim.



Cam Elyaf

- Plastik
- Otomotiv
- Deniz Taşıma.
- Rüzgar Türbin

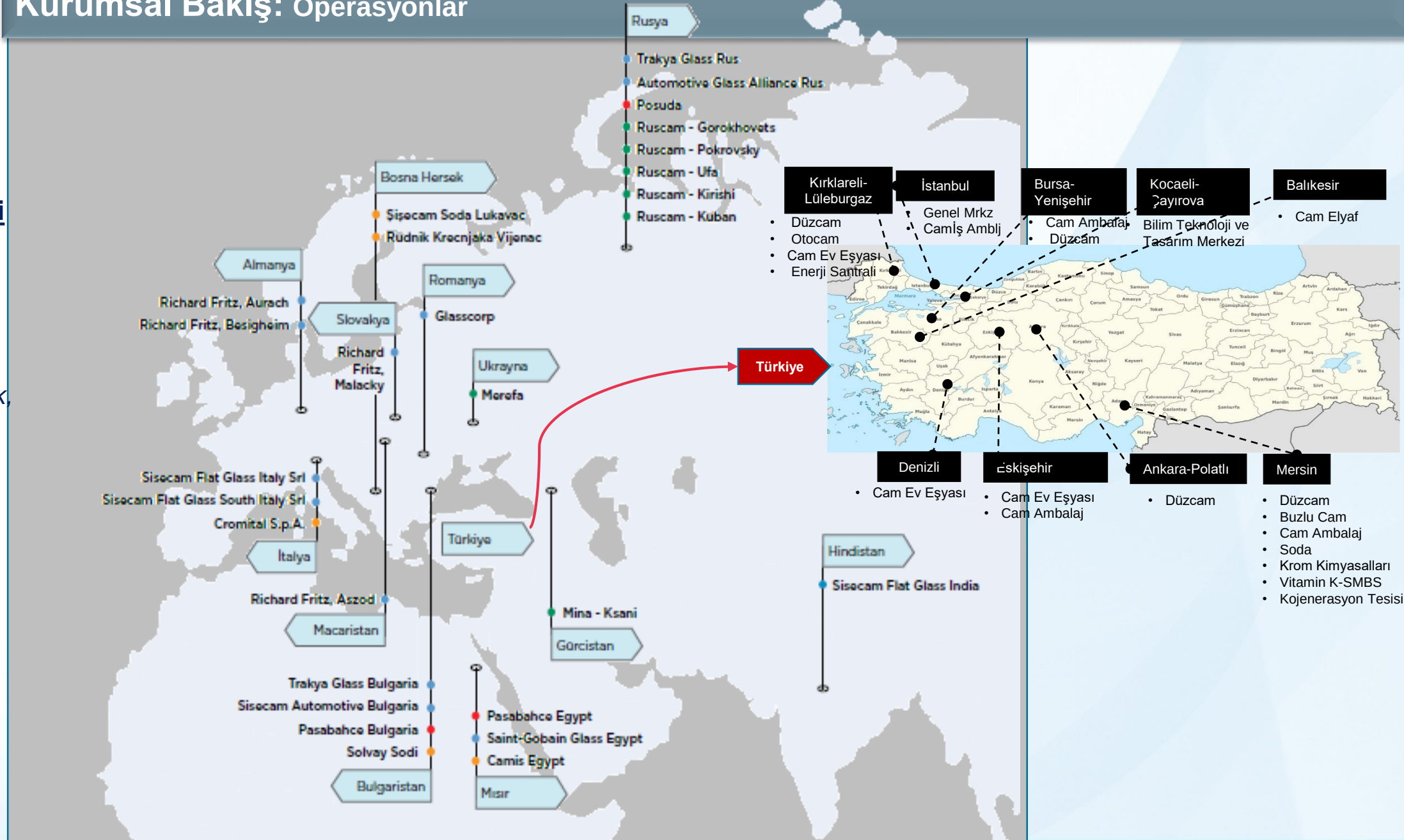
Kurumsal Bakış: Operasyonlar

Şişecam:
13 ülkede
Üretim

43 Üretim Tesisi

1. Türkiye,
2. Rusya,
3. Gürcistan,
4. Ukrayna,
5. Bulgaristan,
6. Bosna-Hersek,
7. İtalya,
8. Romanya,
9. Mısır,
10. Almanya,
11. Macaristan,
12. Slovakya,
13. Hindistan

2019
14. ABD



GÖSTERGELER

Satış Geliri

3,2 Milyar \$

Piyasa Değeri

~ **3** Milyar \$

Sürdürülebilirlik Endeksi

BIST'te işlem gören ilk
50 şirket arasında

Cam Üretimi

>5 Milyon Ton

Soda Üretimi

2,5 Milyon Ton

Endüstriyel Hammadde

4 Milyon Ton

13
Ülkede Üretim

43
Tesiste Üretim

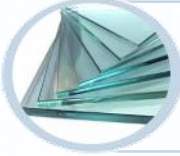
+ 150
Ülkeye İhracat

~ 22 Bin Çalışan
(%46 yurtdışı istihdamı)



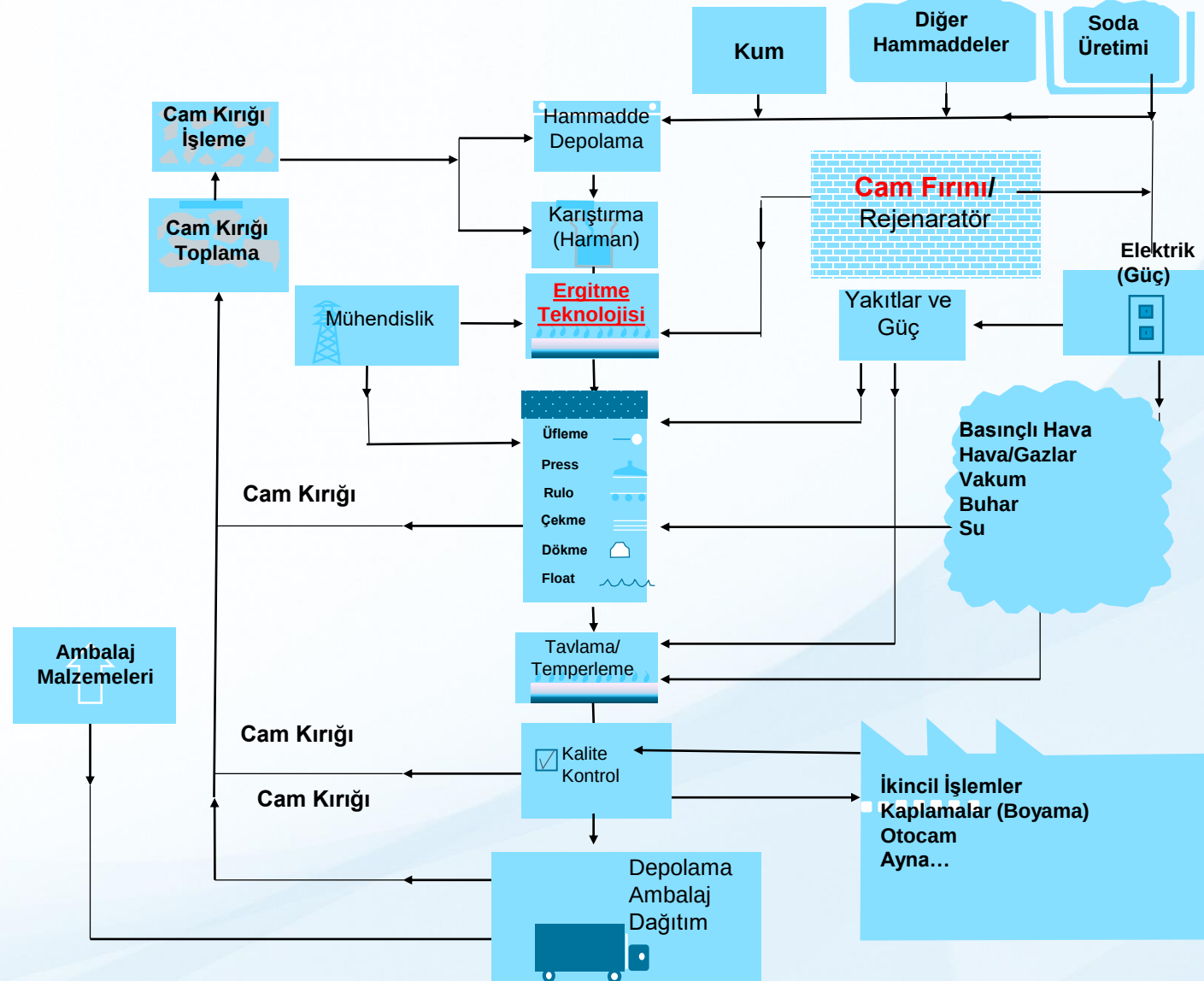
ÜRETİM KAPASİNDE KÜRESEL SIRALAMA

Küresel Liderlikte Şişecam'ın Konumu

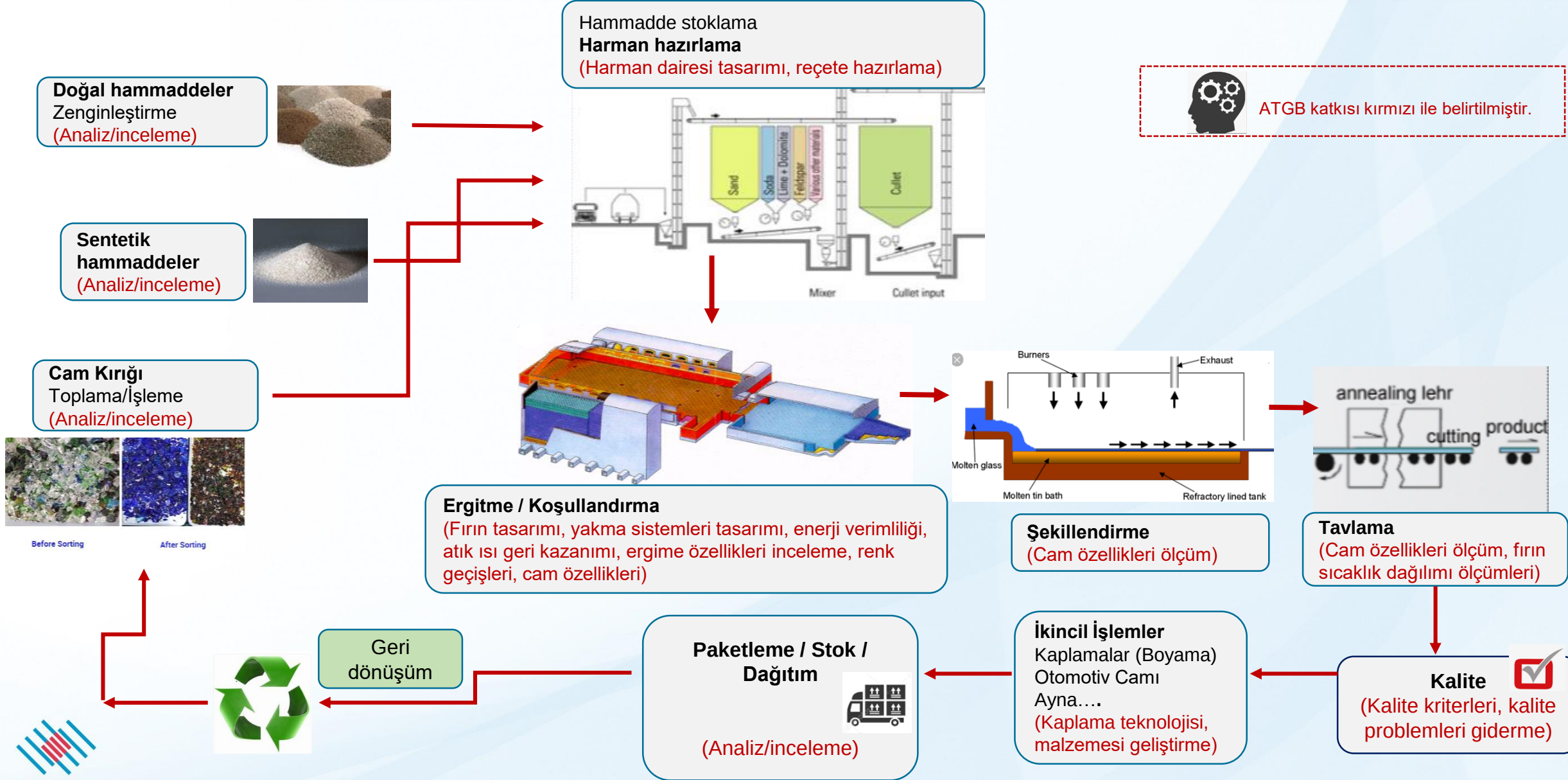
		Küresel	Avrupa
Düzcam		5. Büyük Oyuncu	1. Büyük Oyuncu
Cam Ev Eşyası		3. Büyük Oyuncu	2. Büyük Oyuncu
Cam Ambalaj		5. Büyük Oyuncu	5. Büyük Oyuncu
Soda Külü		9. Büyük Oyuncu	5. Büyük Oyuncu

Şişecam Topluluğu **bazık krom sülfatta dünya lideri, kromik asitte ise küreselde 4. büyük oyuncudur.**

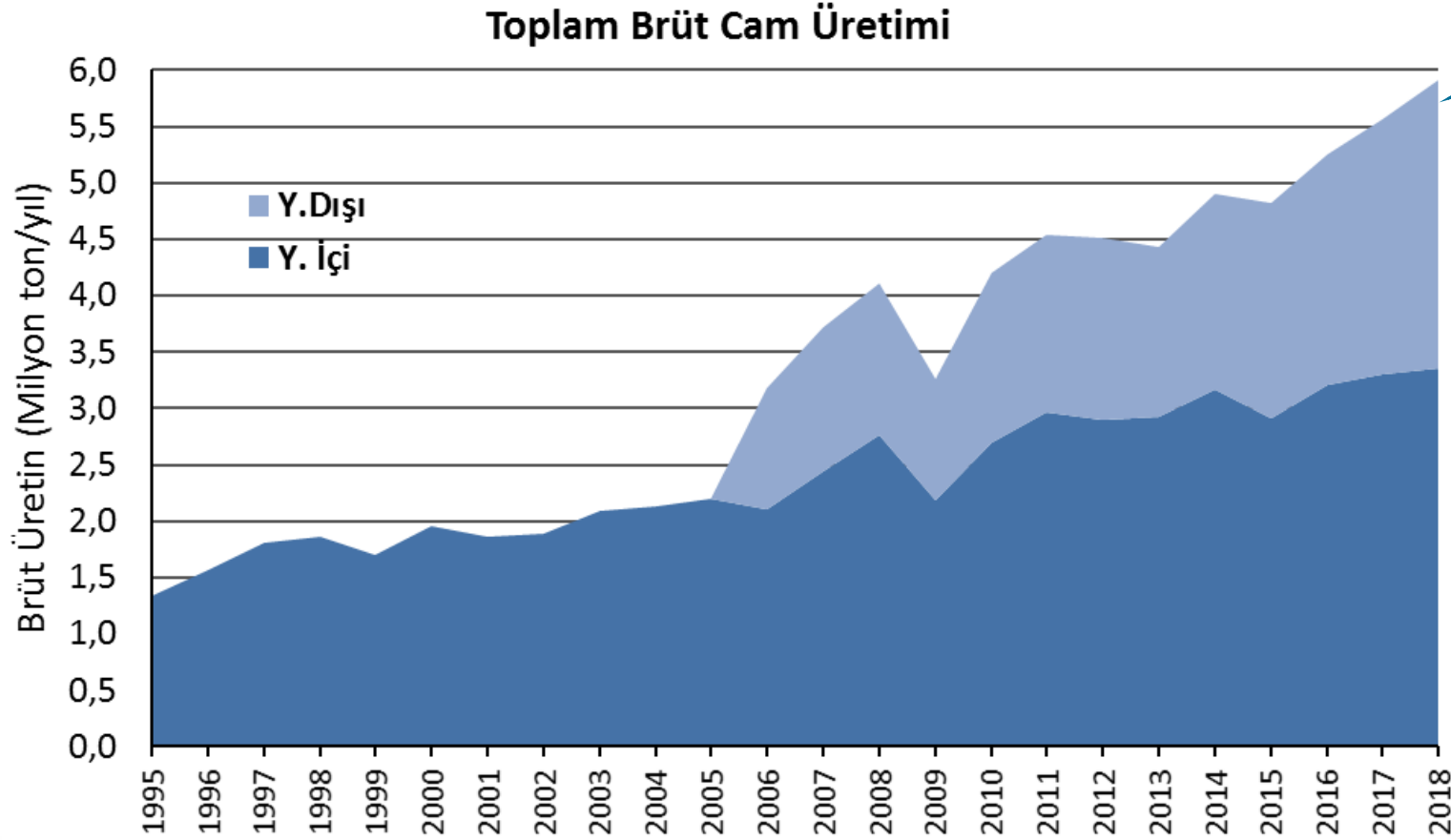
CAM SEKTÖRÜNDE ÜRETİM DEĞER ZİCİRİ



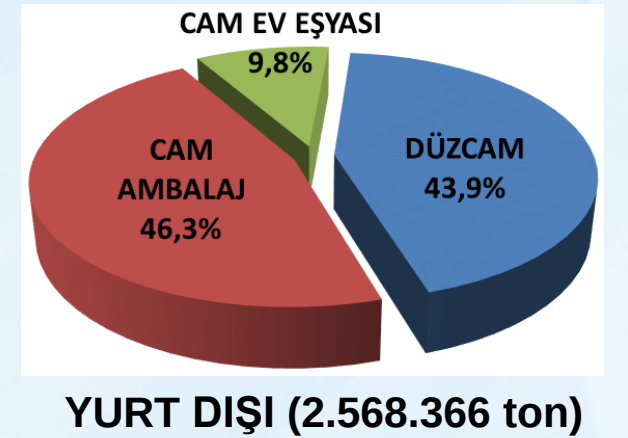
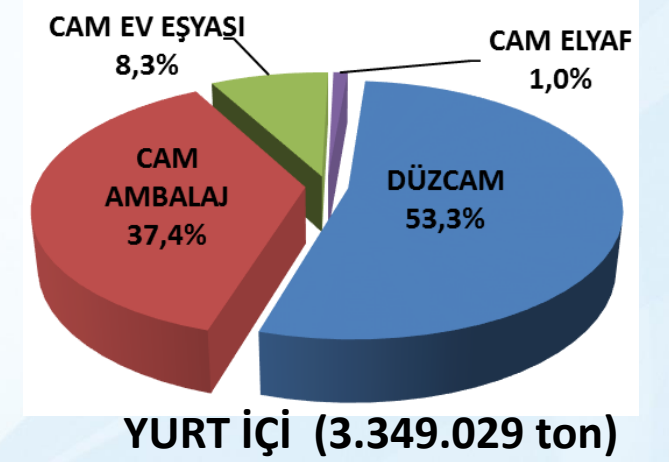
ŞİŞECAM FAALİYETLERİ VE KURUMSAL ARTEGE & TASARIM



1995-2018 ŞİSECAM YILLIK BRÜT CAM ÜRETİMİNİN SEKTÖRLERE DAĞILIMI



2018 Toplam Brüt Cam Üretimi:
5.917.395 ton



***Brüt Cam:** fırından çekilen toplam cam

ŞİŞECAM FAALİYETLERİDE ENERJİ TÜKETİMLERİ

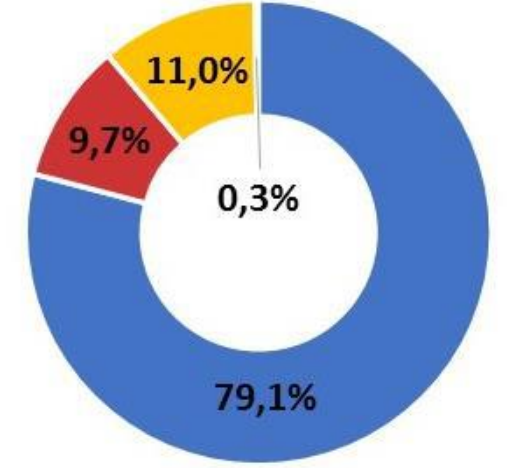
**2018 yılında cam
üretimi için
tüketilen toplam
enerji:
~45 milyon GJ**

(~1,6 Milyar TL
tutarında ödeme
yapılmıştır)*

*2018 yılı ortalama
döviz kuru:
1USD=4,85 TL,
1 EUR=5,7 TL

2018 Yılı Şişecam Tüketimleri		Yurtiçi	Yurtdışı
Doğalgaz	[Milyon Sm ³]	~720	~502
Elektrik	[Milyar kWh]	~1.1	~0.8
LPG	[Bin kg]	~54	~530
Asetilen	[Bin ton]	~52	~87
Antrasit	[Bin ton]	~451	~553
Motorin	[Milyon litre]	~1. 2	~1.9

Tüketim Miktarına Göre Dağılım



■ Doğal gaz ■ Elektrik ■ Antrasit ■ Diğer

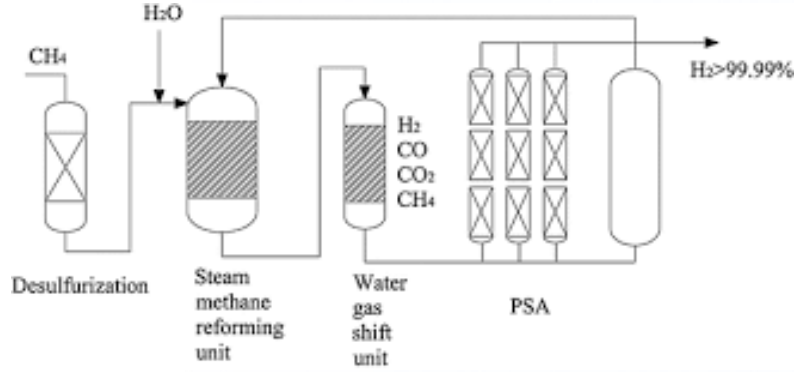
Şişecam 2018 Yılı (Türkiye_Sanayi ve Nihaiye Göre) Tüketim Oranları [% tep]

Şişecam / Türkiye	gaz	elektrik	toplam	nihaiye göre
proses	6,3	0,9	1,9	0,7
proses + elektrik	9,4	0,9	2,7	0,9
Proses + elektrik + yurtdışı	13,8	1,6	4,0	1,3

Şişecam Elektrik Üretimi

Elektrik Üretim Santralleri	Şişecam Üretimdeki Payı	Şişecam Tüketimdeki Payı
Doğalgaz Santralleri	93%	101%
Atık Isı Elektrik Üretim Santralleri	6%	6%
Güneş Elektrik Santralleri	1%	1%

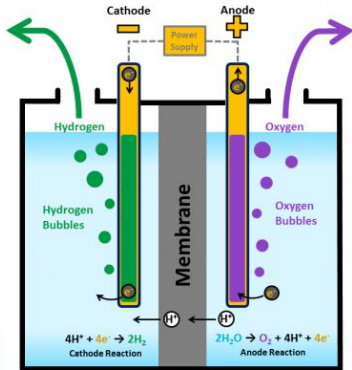
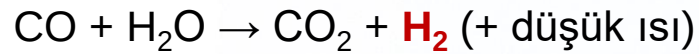
Hidrojen Üretim Teknolojileri



1. Steam-methane reforming (SMR)



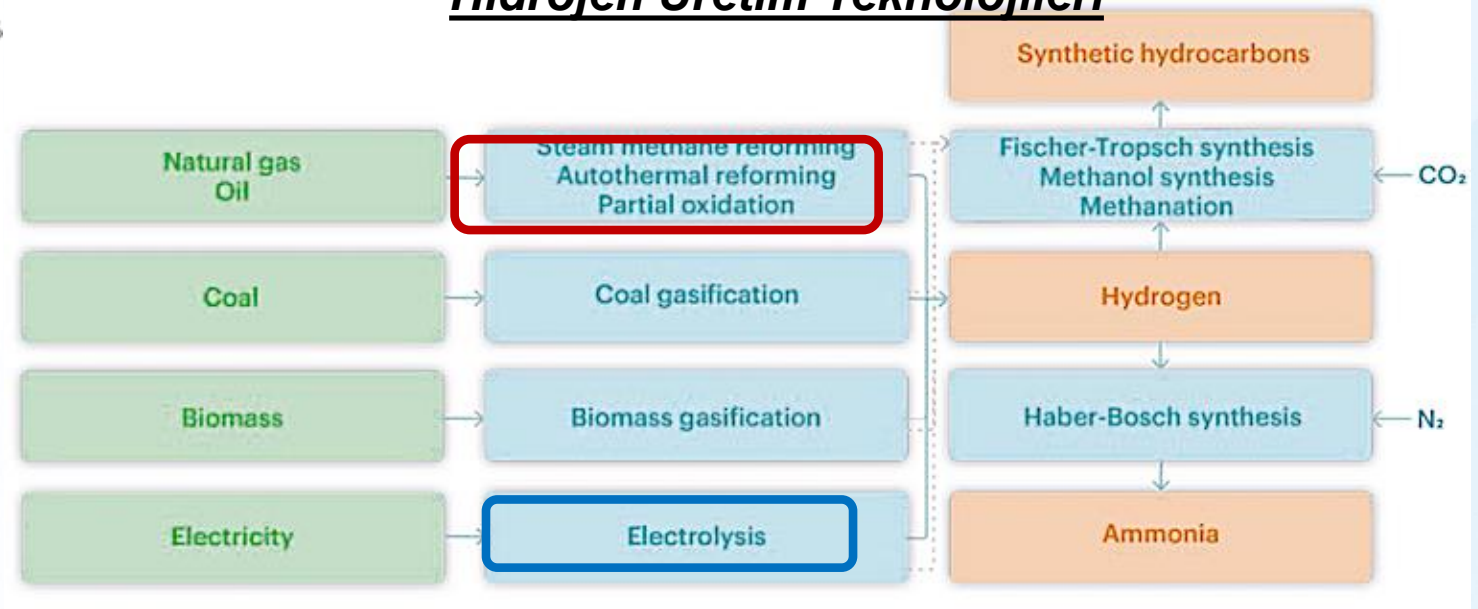
Water-gas shift



2. Elektroliz



Hidrojen Üretim Teknolojileri



“Küresel H2 üretiminin tamamı **Elektroliz** ile karşılansaydı

Elektrik Tüketimi: **3.600 TWh/yıl**

(AB yıllık elektrik üretiminden fazla)

Su tüketimi : **617 milyon m3/yıl**

(küresel enerji sektörü su tüketiminin %1,3'ü kadar)

Rakamlarla Hidrojen

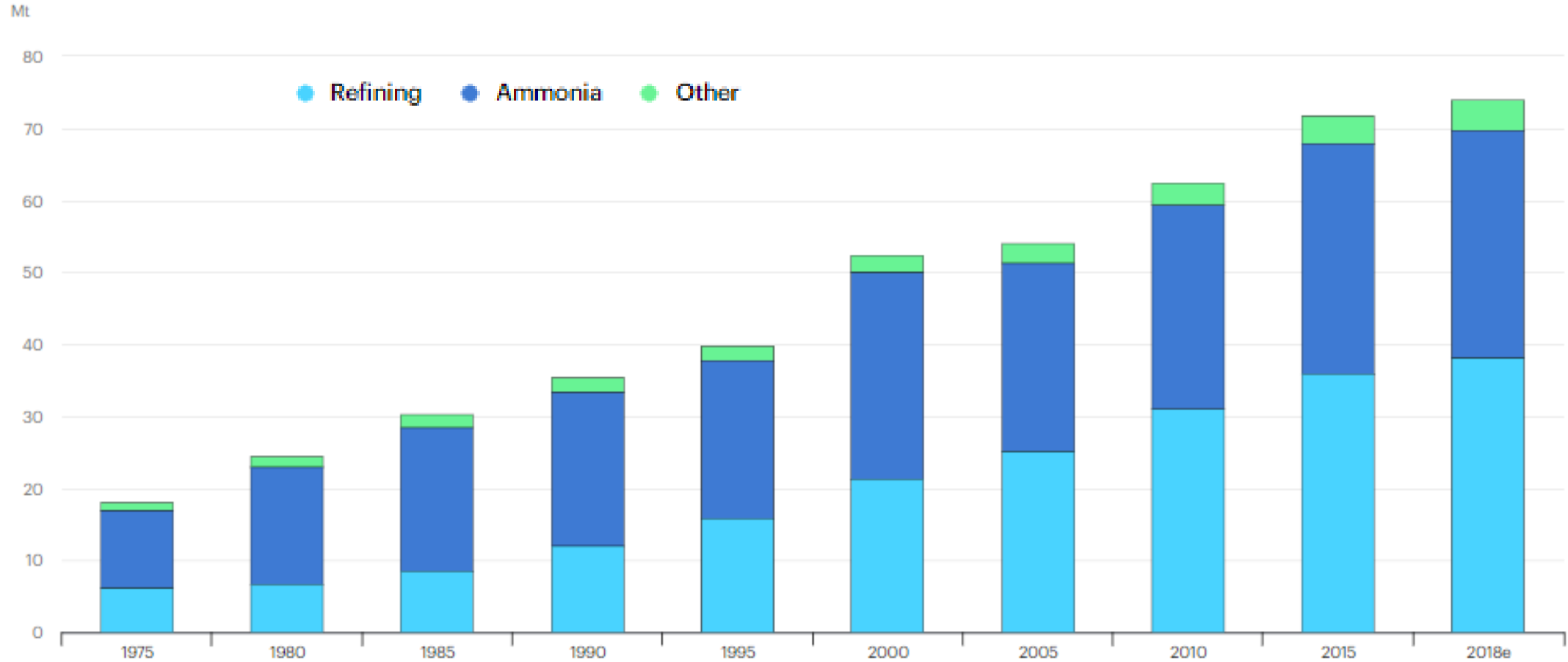
- Evrendeki en bol element
- Laminer **alev hızı** doğal gazın ~10 katı
(Glassman and Yetter, 2008)
- **Alt ısı değeri** **doğal gazın ~%30'u** (hacimsel)
- **Küresel üretim:** 780 milyar Nm³/yıl (IEA 2019)
- **Doğal gazdan üretilen (SMR) H₂'nin payı:**
590 milyar Nm³/yıl (%76)
- **H₂ üretimi için tüketilen doğal gaz:**
205 milyar m³/yıl
 - *Dünya DG tüketiminin yaklaşık %6'sı*
 - *Türkiye DG tüketiminin yaklaşık 4 katı*

Evrendeki en bol 10 element

Element	Bolluk Katsayısı (silisyuma göre)
Hidrojen	40.000
Helyum	3.100
Oksijen	22
Neon	8,6
Azot	6,6
Karbon	3,5
Silisyum	1
Magnezyum	0,91
Demir	0,60
Sülfür	0,38

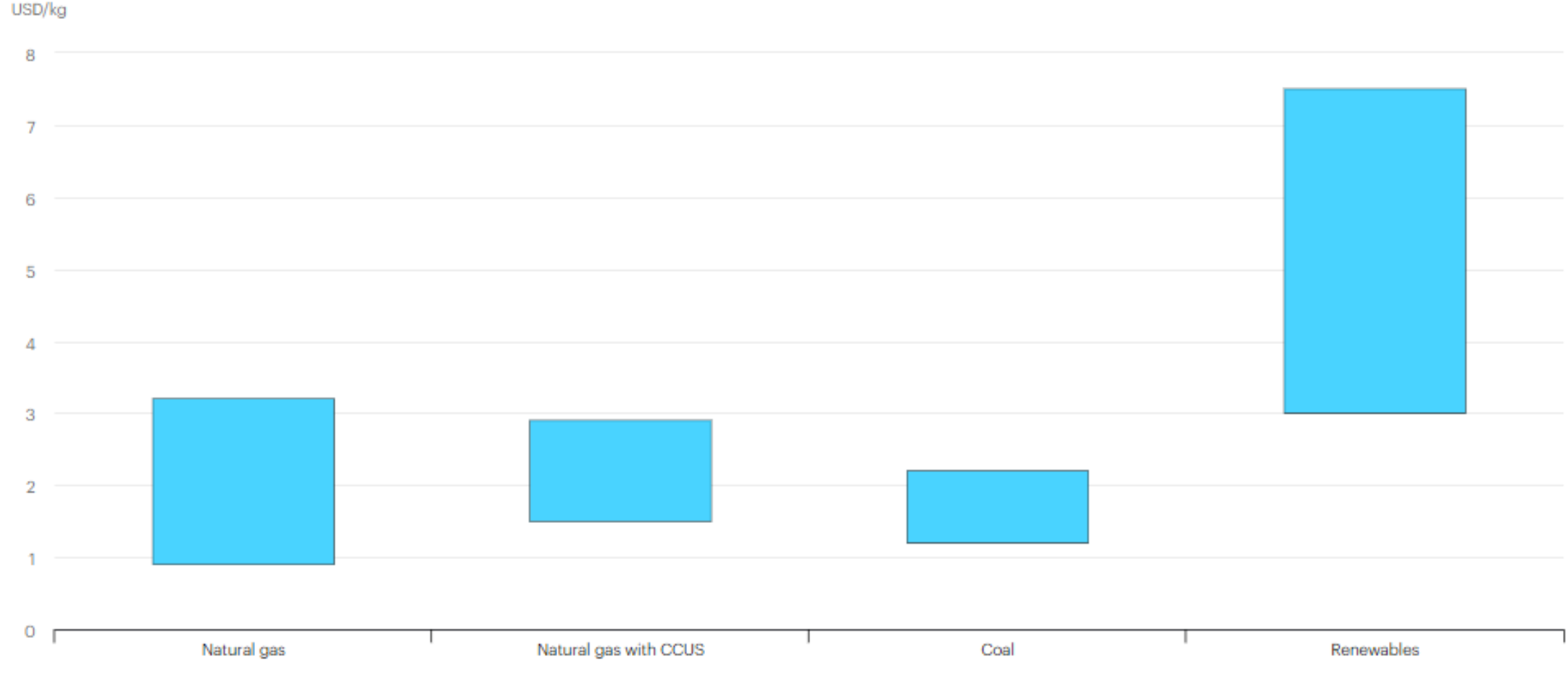
Ref: Exploring Chemical Elements and Their Compounds
David L Heiserman, 1992

Yıllara Bağlı Küresel Hidrojen Tüketimi



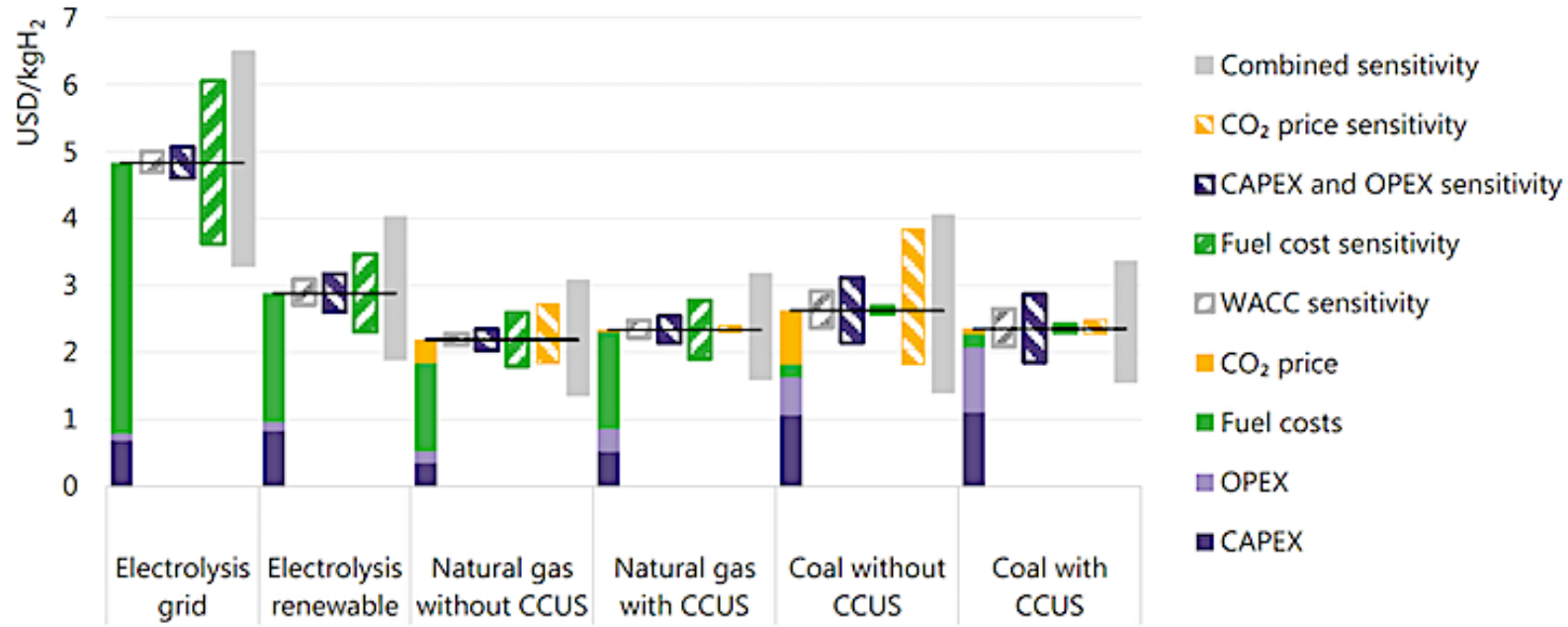
Ref: IEA <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

Mevcut (2018) Hidrojen Üretim Maliyetleri



Ref: IEA <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

Gelecek (2030) Hidrojen Üretim Maliyetleri



Ref: IEA <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

*Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)

	Büyük ölçekli « off shore» rüzgar santralleri	Elketric Maliyeti	Hidrojen Maliyeti
2020	600-1000 Avro/kW	40-50 Avro /MWh	3,5-5 Avro7KG
2030	300-500 Avro/kW	25-35 Avro/MkWh	1,5-2,5 Avro7KG

Büyük Ölçekli offshore Rüzgar santralleri ile hidrojen üretimi
Ref: Delft University 2019

Mevcut Temel Hidrojen Kullanım Alanları

- Petrol rafinerileri
- Amonyak üretimi
- Metanol üretimi
- Çelik üretimi



Endüstri (katma değerli ürün)

Gelişmekte Olan İlave Hidrojen Kullanım Alanları

- Ulaşım (yakıt hücreleri)
- Binalar (mevcut doğal gaz boru hattına H2 takviyesi)
- Elektrik üretimi (yenilenebilir enerji depolama)



Ulaşım ve Enerji Üretimi
(karbonsuzlaşma)

Gelişmekte Olan H2 Kullanım Alanları – Güncel Örnekler

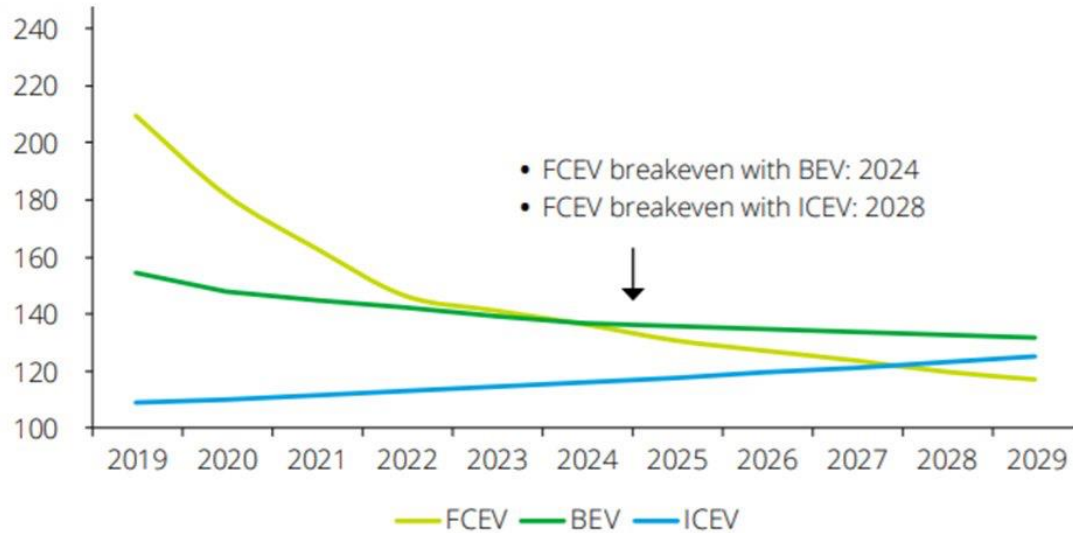
Norveç (2020) deniz ulaşımını destekleyecek hidrojen üretim tesisi

<https://www.h2-view.com/story/norway-to-build-hydrogen-production-facility-to-support-marine-transportation/>

Japonya dünyada ilk sıvı hidrojen taşıma gemisini devreye alıyor.

<https://www.ft.com/content/8ae16d5e-1bd4-11ea-97df-cc63de1d73f4>

Total cost of ownership/ USD per 100km



Danimarka (2019) Endüstriyel Demo Projesi

Açık deniz RES 2MW elektroliz ile 600 kg/gün (20-30 otobüs) H2 üretimi

<https://orsted.com/en/Media/Newsroom/News/2019/12/945369984118407>

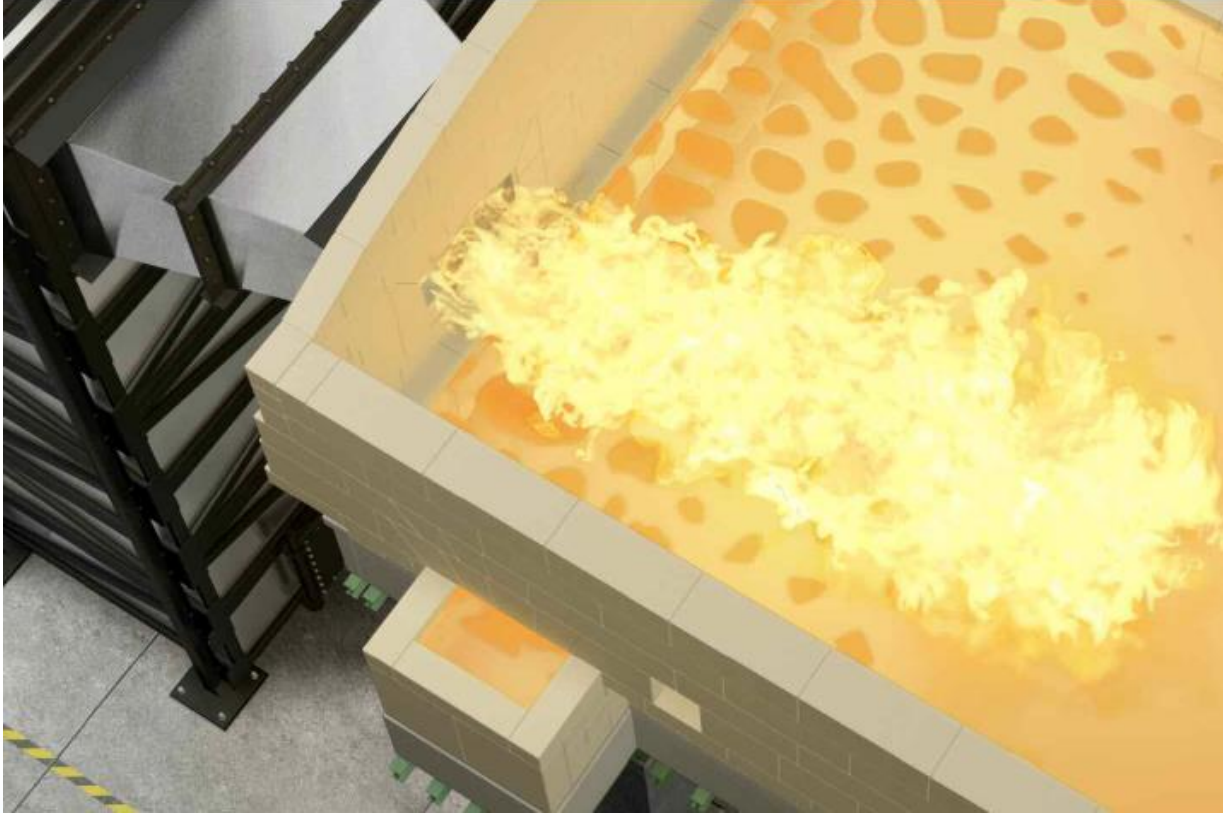
Ref: *Fueling the Future of Mobility: Hydrogen and fuel cell solutions for transportation (Deloitte and Ballard)*

<https://info.ballard.com/deloitte-vol-1-fueling-the-future-of-mobility>

Cam Sanayiinde Öne Çıkan Teknolojik Gelişmeler (H2)

LINDE OPTIMELT

➤ Baca gazından elde edilen sentez gazının ($\text{CO} + \text{H}_2$) cam **ergitme** fırınında oksijen ile yakılması



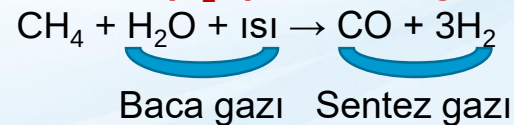
Öngörülen Fayda

1. Arkadan ateşlemeli rejeneratif fırına göre ~%20-25 enerji tasarrufu

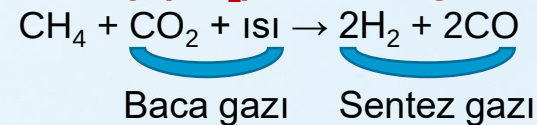
Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

1. Oksijen ihtiyacı
2. Ekipman/yatırım ayak izi

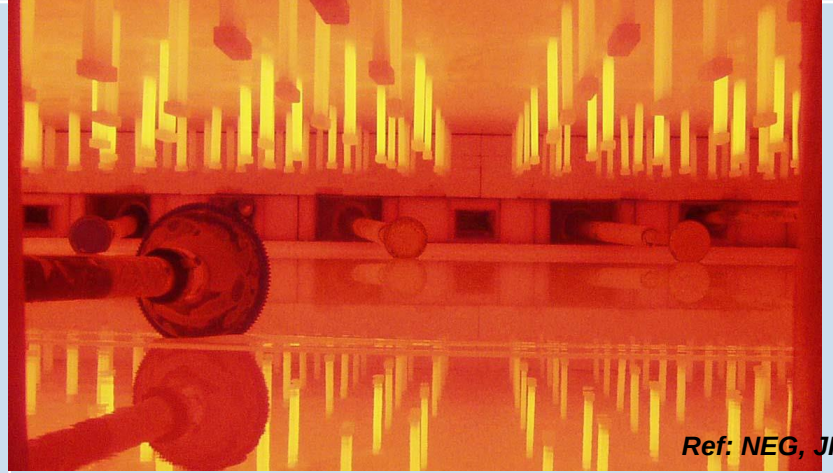
Wet (H_2O) Reforming



Dry (CO_2) Reforming



Şişecam Mevcut Hidrojen Kullanım Alanları

Sektör	Cam Ev Eşyası	Düzcam
Proses	Şekillendirme	Şekillendirme
Uygulama	Alev Parlatma (O2 ile)  Ref: Belus, CZ	Kalay Banyosu (N2 ile) (inerting or protective gas),  Ref: NEG, JP
Cam Üretimi [brüt ton cam/yıl] (2019)	~500.000	~2.500.000* (İtalya ve Hindistan hariç)
DG Tüketimi [Nm3/yıl] (2018)	~175.000.000	~540.000.000
H2 Tüketimi [Nm3/yıl] (2019)	~2.300.000	~5.800.000 (İtalya ve Hindistan hariç)

Şişecam Ergitme Teknolojileri Karbonsuzlaşma Yol Haritası

Kısa Vade

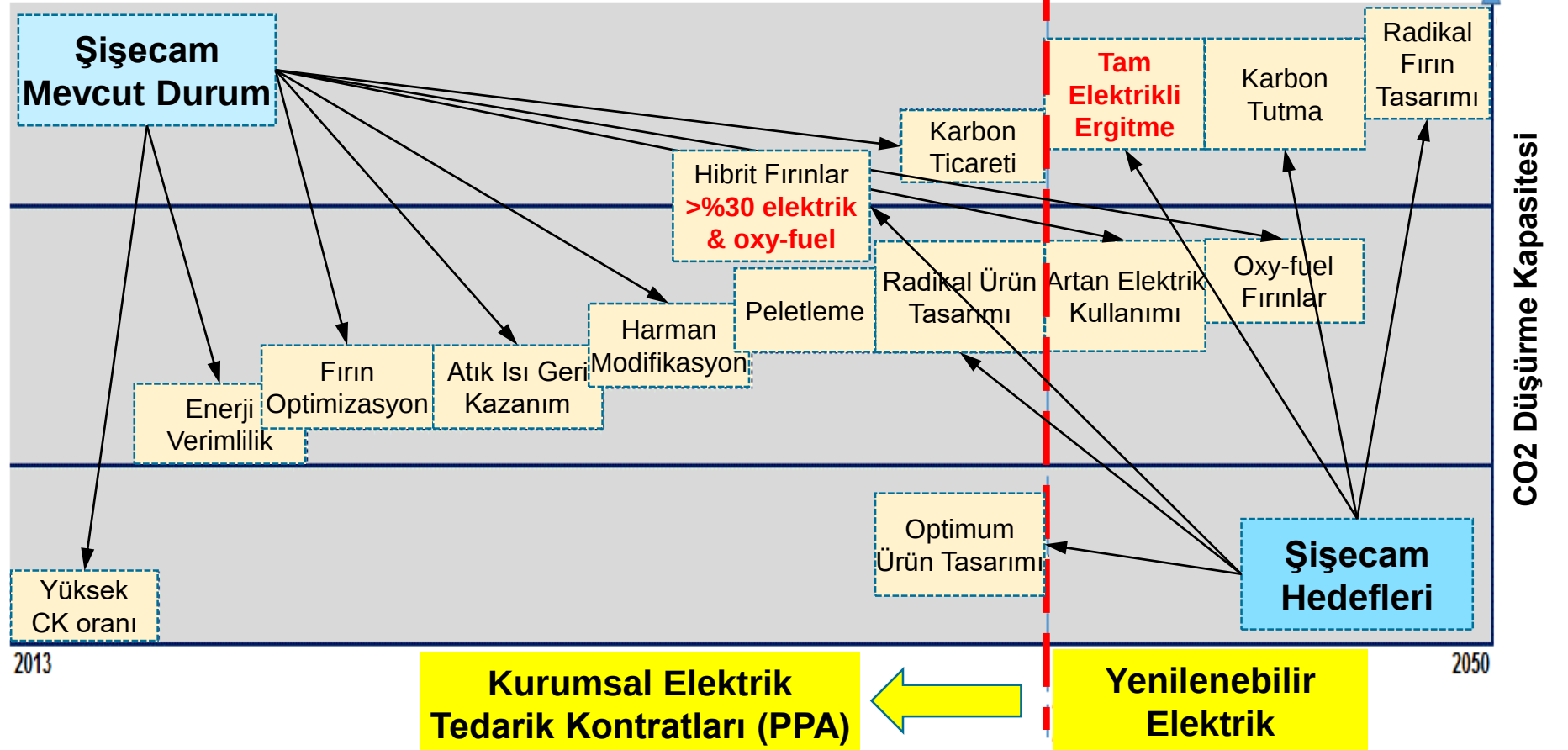
- Cam Kırığı Artış
 - CK Ön Isıtma
- Atık Isı Kazanım
- Proses Kontrol

Orta Vade

- **Hibrit** Fırınlr (oksi/elektrik)
- Ürün Modifikasyonları
- Harman Modifikasyonları
- Karbon Ticareti

Uzun Vade

- **Tam Elektrikli Ergitme**
- H₂ / Syngas Yakma
- Radikal Fırın Tasarımları
- Karbon Tutma



International Partners in Glass Research (IPGR)

Hidrojen ile Ergitme Çalışma Konuları

- Refrakter etkileri (fırın ömrü)
- Cam kalite ve rengine etki
- Ergitme kinetiği
- Köpüklenme (yanma atmosferinde daha fazla su buharı)
- Enerji verimliliği



Test Fırını – Dış Görünüm



Test Fırını – İç Görünüm

O₂/H₂ Test Brülörü

Hidrojenin Doğal Gaz Sistemlerinde Kullanılmasında Temel Kısıtlar

- Hidrojenin elektriğe göre **üretim ve dağıtım altyapı** eksikliği
- Hidrojen **tedarik iş modeli** eksikliği (boru hattı veya yerinde yenilenebilir H₂ üretimi)
- **Ölçek ekonomisi** (büyük ölçekli merkezi yenilenebilir elektrik üretim yatırımlarının avantajlı olması)
- Doğal gaza göre yaklaşık 3 kat **düşük alt ısı değer** sebebiyle **borulama** maliyetlerinde artış
- Hidrojenle ilgili daha katı **emniyet** prosedürleri gereği ilave kontrol/izleme enstrümantasyon yatırımı ihtiyacı
- Nispeten yüksek yenilenebilir hidrojen (GES/RES Elektroliz) **fiyat projeksiyonları**
- Hidrojenin yakmaya göre daha **katma değerli ürün ve prosesler**de (petrokimya, çelik, taşıma, enerji depolama) kullanılma ihtimalinin yüksekliği



Sonuç – Şişecam Ergitme Teknolojileri Yaklaşımı

- Fosil yakıt bağımlı mevcut cam ergitme prosesine alternatif yakıtları (örnek: H₂) adapte etmek yerine, ergitme prosesini altyapı ve dağıtım avantajı olan elektrik enerjisine kademeli olarak adapte etmek
 - 1. kademe: ergitmede elektrik enerjisi payının arttırılması ve oxy-fuel fırınlar
 - 2. kademe: ergitmede %30'dan fazla elektrik enerjisi kullanımı (hibrit fırınlar)
 - 3. kademe: tam elektrikli ergitme fırınları (öncelikli olarak şişe ve cam ev eşyası)
- Cam üretim prosesinin karbonsuzlaştırılmasında emisyon ticaret sistemine (ETS) paralel olarak, artması beklenen ergitmedeki elektrik enerjisi payını yenilenebilir elektrik tedarik kontratları ile desteklemek (öncelikli olarak AB yatırımlarında)
- Küçük ölçekte fabrika/tesis özelinde yapılabilecek yenilenebilir H₂ üretim yatırımlarının ölçek ekonomisi nedeniyle büyük ölçekli merkezi yenilenebilir enerji (H₂ veya Elektrik) üretim yatırımlarına göre dezavantajlı olacağı öngörülmektedir.