



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



**İSTANBUL
KALKINMA
AJANSI**



**FATİH
SULTAN
MEHMET**
VAKIF ÜNİVERSİTESİ



KARBONSUZ EKONOMİ VE SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

Yeşil Metaller ve Alüminyum

Prof. Dr. Fevzi YILMAZ

FSMVÜ Mühendislik Fakültesi

Mayıs 2022

Alüminyum Sektörü Enerji Verimliliği Dijital Arayüzü Geliştirilmesi ve ALUTEAM Yetkinliğinin Arttırılması Projesi İSTKA tarafından desteklenmektedir. İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen Alüminyum Sektörü Enerji Verimliliği Dijital Arayüzü Geliştirilmesi ve ALUTEAM Yetkinliğinin Arttırılması Projesi kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği ile ilgili tek sorumluluk FSMVÜ'ne ait olup İSTKA veya T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın görüşlerini yansıtmamaktadır.

GÜNDEM

- GİRİŞ
- YENİ NORMAL
- SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ (SKD)
- EMİSYONU AZALTMADA İNOVATİF ADIMLAR
- ENERJİYİ DEPOLAMADA İNOVATİF ADIMLAR
- SONUÇLAR
- KAYNAKLAR

GİRİŞ

- Salgın sonrası yeni normal ve iklim değişikliği problemlerini öne çıkarmalıyız.
- Yüksek emisyonlu ürünler AB'ye ihracatlarında karbon vergisine tabi tutulacaklardır.
- Enerji obur, çevre obur karaktere sahip ORTA TEKNOLOJİ alanlarında yoğunlaşan birçok ülke ve ülkemiz için süreç zorlu geçecektir.
- Alüminyum alaşımları ve çelik gibi birçok malzeme üretimleri sırasında ağırlıklarından fazla CO2 emisyonu salar (Yüksek karbon ayakizi).
- Gelişmekte olan ekonomiler, gelişmiş ülkelerle aynı karbon azaltma taahhüdünde bulunamazlar.
- Ulusların/bireylerin enerjiye adaletli erişimi önemsenmeli ve kendi enerji yönetim sistemleri öne çıkarılmalıdır.

YENİ NORMAL

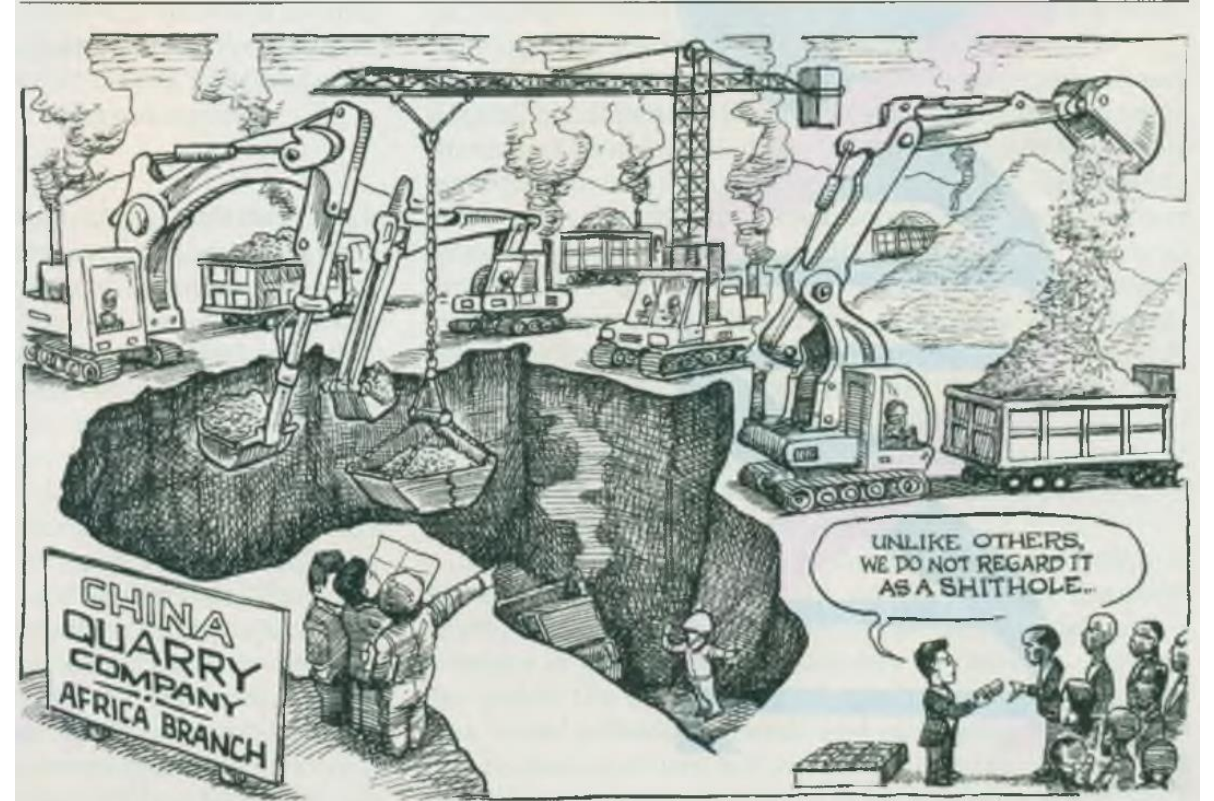
Tarihsel Gelişme

- 12. YY'dan çok sonra AVAMERİKA ülkeleri (Avrupa ve Amerika, Batılı sömürgeciler), AFRASYA (Afrika ve Asya) ülkelerini kolonileştirdiler.
- Kaynak ve zenginlik aktarımı sırasında;
1.Onur kıran ırgat (muhacir) işçilik + 2.Geri dönülmez ekolojik hasar (doğallıktan sapma) oluşturulmuştur[1].

Egemenlerin (AVAMERİKA+Diğerleri) enerji obur, malzeme obur ve çevre obur faaliyetleri/yaşamı günümüzde de sürmektedir.

Bugün +10.000 Çin firması Afrika'dadır.

The Economist 20.Sayı Ocak 2018, sayfa 9



YENİ NORMAL

Tarihsel Gelişme

- Küreselleşme ve Antroposenik Çağ gerçeği.
(Uluslararası Jeoloji Mühendisleri Örgütünce 1950 sonrası döneme İnsan Çağı - Antroposen denmiştir).

- 20. YY 2. Dünya Savaşı Sonrası: Harry Truman'ın (ABD), "Az gelişmiş Ülkeler" tanımı, "Marshall Yardımı"

Politikası.

Emperyal güçlerin gölge kuruluşlarla yoksulluğu önleme adımları.

xWB(DB), IMF(UPF), FDA (GİD) ve WHO (DSÖ) gölgelemeleriyle ve küresel şirketlerle yerküre kaynaklarının yağmalanması sürmektedir.

Fotoğraf Referans : 'Natural Capital: Valuing the Planet' adlı kitabın kapağı

- 11 Eylül 2001 ve Büyük Kırılma: Ülkelerin tekrar dizaynı (Filistin, Libya, Suriye, Irak, Yemen, Afganistan, Ukrayna vb), vekalet savaşları ve kargaşalar.



YENİ NORMAL

COVID Sonrası Yeni Normal

Öne çıkan ve dikkat çeken unsurlar:

- Yeşil şehirler, koruma-paylaşma ekonomisi
- Karbon nötr Avrupa şehirleri (Barselona gibi)
- Megaşehirler (İstanbul gibi) gerçeği
- Biyoçeşitlilik ve gıda bağımsızlığı

Önerilen ve uyulması istenen ana ilkeler:

- Kültürel farklılıkları bilme ve anlama anlayışı
- Sosyal uyum ve adaletli olma ilkesi
- Ekonomik özgürlük ve demokrasi[1].
- Ekolojik bütünlüğü savunma ve doğa dostu olma (X)

Ref.:Fashish Kothari, "Tapestry Of Alternatives", Scientific American, June 2021, p. 56-65.

Bkz. F.Yılmaz, COVID-19 sonrası yeni normal – Tem. 27,2021

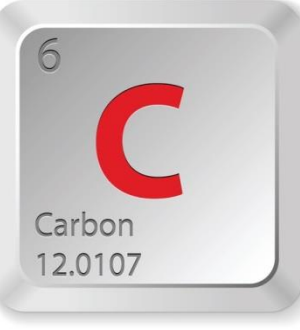
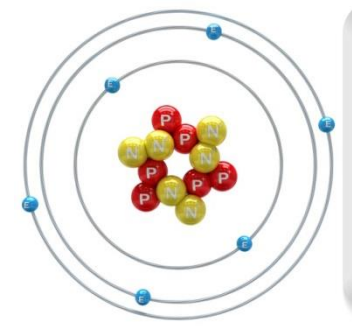


X Çıkarılan altının milyon katı kadar su tüketimi+atık çıktısı Waihi Au-Ag işl./Yeni Zelanda



SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ (SKD)

AB Raporu



AB tarafından Aralık 2019'da açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakat Çağrısı

- 2030: Karbon (C) salınımının %50 azaltılması hedefi
- 2050: C salınımı Net Sıfır, salınan=emilen, Karbon nötr hedefi
- “Karbon sınır vergisi- sınırda karbon düzenlemesi- SKD” 30 AVRO/ Ton CO₂ emisyonu
- TR: İhracatın %60'ı SKD kapsamındadır.
- Ekotasarım (Telefon, tablet, beyaz eşya): Tamir, geri dönüşüm ve yeniden kullanıma elverişlilik.
- Yeşil Badana'ya tedbir: Ürünün yanlış olarak çevre dostu ve doğaya zararsız olduğunu ileri sürmek. Yeşil Yıkama
- 2030: Enerji kaynaklarının %32'si yenilenebilir olacaktır.

Ref.:Didem Eryar Ünlü, “Yakın plan”, Dünya; 05 Ocak 2021



SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ (SKD)

AB Raporu

- 2030: AB'de yenilenebilir elektrik üretimi da toplamın %50'si olmalıdır [2].

AB: 2000'lerde elektrik enerji karmaşası 0,443 kg CO₂/kWh enerji (Bu ayakizinin günümüzde düştüğü düşünülmektedir).

- AB: Tarımda gübre kullanımını %20-50 azaltma hedefi.
- AB: 2030 yılına kadar 1 Trilyon AVRO Bütçenin paydaşlara kullandırılması
- Küresel emisyonun 1/3'ü konut eksenlidir, iyi ısı yalıtma burada çok önemlidir ve emisyon düşer (AB: %36) .
- TR: Ağır sanayi (çimento, metal rafinasyonu, kimyasallar) dekarbonize edilmelidir.

Bunlar ulusal emisyonunun 1/3'ünü oluşturur.

TR: Sera gazı salımının + %40'ı enerji sektöründen

- TR: 2021 elektrik enerjisi, yeşil/fosil: %50/%50
- AB'de binalardaki enerji tüketimi toplamın %40'ıdır.



Karbon (C) Ayak İzi, ürüne geçiş süreci boyunca ve ürünün işlevi boyunca enerji harcatan her türlü eylemin karbondioksit cinsinden boyutu

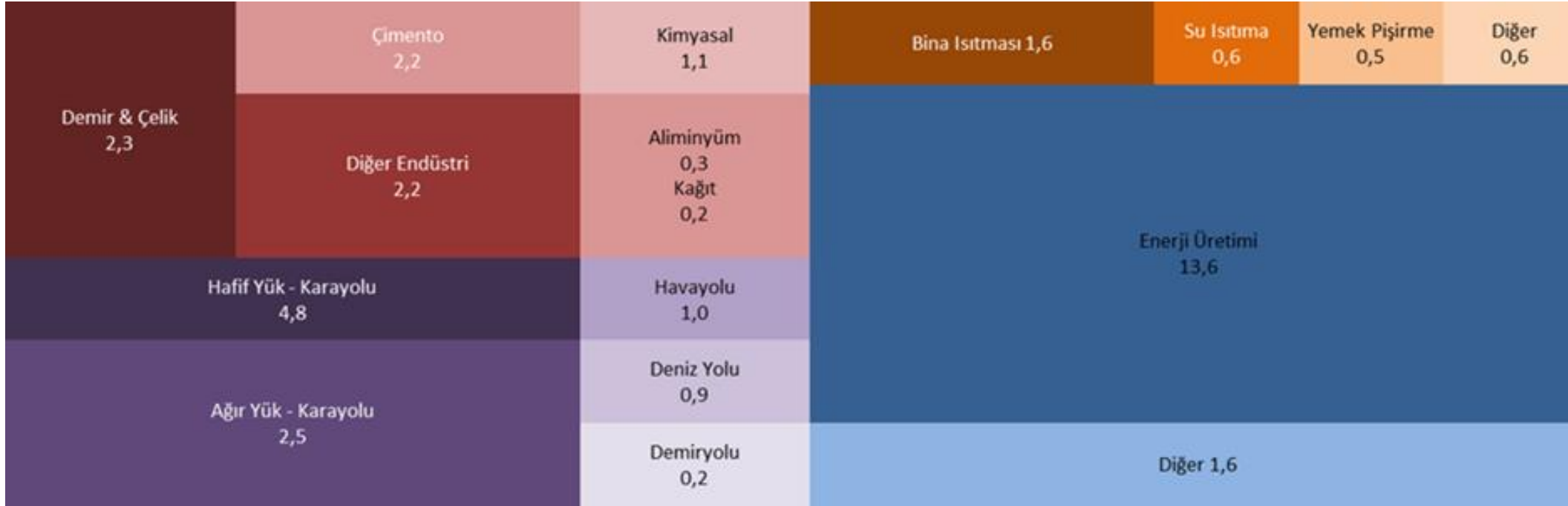
- Ref.:Didem Eryar Ünlü, "Yakın plan", Dünya; 05 Ocak 2021

SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ (SKD)

Emisyon Miktarları

Küresel CO₂ salınımı (2017): 43 milyar ton, TR:496 milyon ton (%1,1)

Küresel CO₂ emisyonlarının (Toplam 36,2 milyar ton CO₂/ 2014) malzemelere ve sektörlere göre dağılımı (milyar ton)



“Technology Quarterly : Towards Zero Carbon” ,
The Economist,
December 1st
2018, p. 3,4

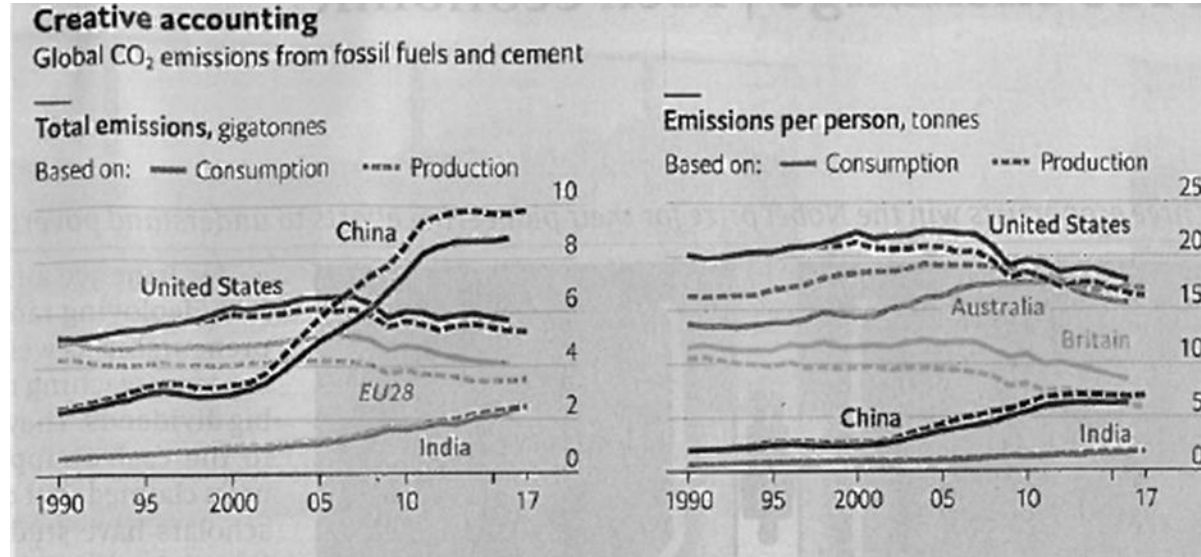
xGelişmiş ülkeler özellikle sanayi devriminden sonra atmosfere yüksek oranlarda sera gazları (CO₂ gibi) pompalamışlardır (1770-2011 aralığı için 1,3 trilyon ton verilmiştir).

xAtmosfere hiç veya göreceli az emisyon salan az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler sebebi olmadıkları Antroposenik dönüşüm nedeninden/sonucundan ne kadar sorumlu durlar? Karbon kontrol ve düşürmede öncelik Avamerika gibi gelişmiş ekonomilere ait olmalıdır [8].

SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

İstatistikler

ÇİN 2009'dan itibaren CO₂ emisyonunda birinci. Toplam emisyonunun bir kısmını (2/3'ü mertebesi) OECD ülkelerine ihraç ediyor[10].

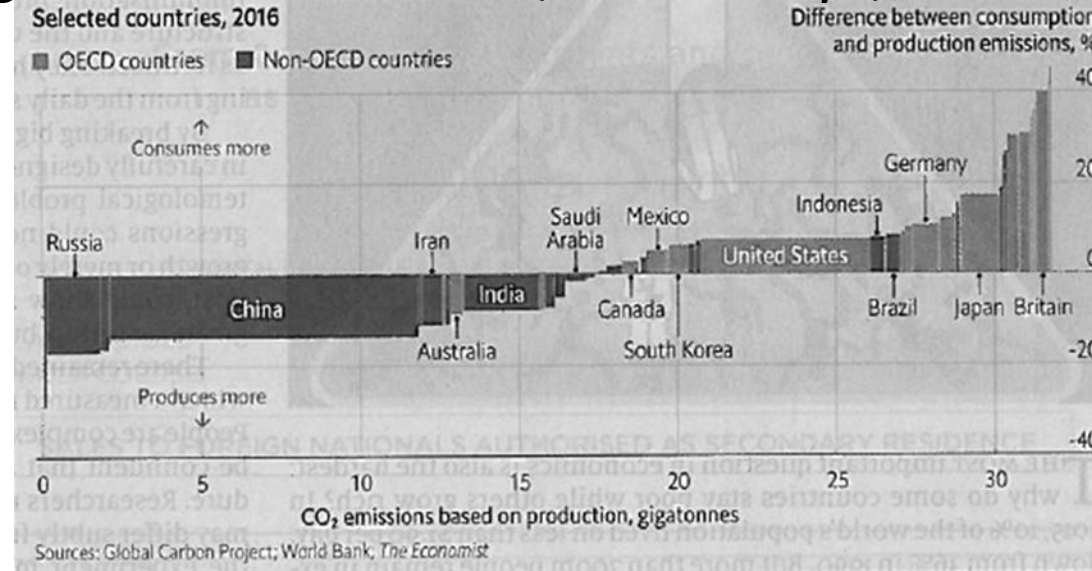


“Climate Action”,
The Economist,
September 28th 2019,
p. 55,56.

SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

İstatistikler

Çin Dünya üretim merkezidir ve ürünle birlikte emisyon da ihraç etmektedir.
Emisyon ihraç eden diğer ülkeler: Hindistan, Avustralya, İran ve Rusya[10]



“Climate Action”,
The Economist,
September 28th
2019, p. 55,56.

SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

İstatistikler

- **Karbon Nötr** olmak, bir ürünün iş operasyonları veya hizmetin bir sonucu olarak atmosfere karışan sera gazları emisyonunda net artış olmaması anlamına gelir.
- **Net sıfır**, atmosfere yeni emisyonlar eklememek demektir.
- 60 ülke 100 şehir «net 0» eylemi sözü vermişlerdir.
- «NewYork'ta net -0- sağlandı» denmektedir. Binalar karbon nötr denmektedir. Binalarda ithal beton ve çelik kullanılmaktadır!
- İngilizlerin net sıfır sözü sadece iç emisyonu kapsamaktadır.
- Çin 2060 yılında C Nötr olma sözü vermiştir[10].

Küresel Hedef: Yüzyıl ortasında net -0-

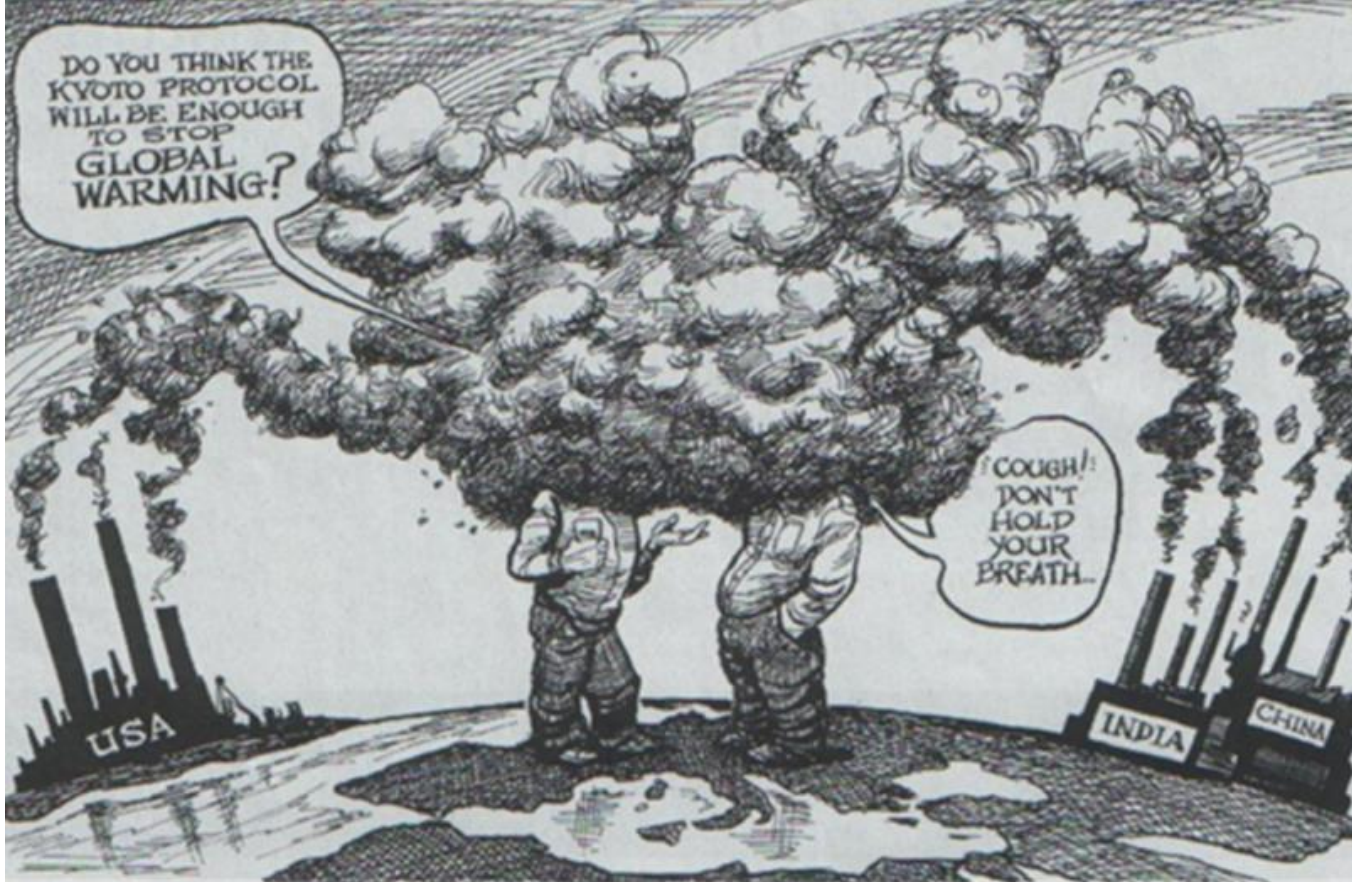
Türkiye net -0- için 2053 demiştir. AB Temsilcisi TR için C Nötr demiştir.



SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

İstatistikler

- BM İklim Değişikliği Konferansı (COP26) BK2021/Glasgow'da 40'ı aşkın ülke (ABD ve Çin hariç) kömür santrallerinden vaz geçeceklerini belirtmiştir.



The Economistten alınmıştır

SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

İstatistikler

- İngilizlerin Hollanda'dan (sera ısıtılmalı+ulaştırılmalı) ithal ettikleri bir demet gül 30 kg CO₂ salınımına sahiptir. Bu kime yazılacaktır; Hollandaya mı İngiltereye mi?
- İngiltere ürettiği emisyonlardan %40 fazla tüketir (Servis ekonomisi). AB'de bu %19, ABD'de %9'dur.
- Çin 2017: CO₂ (fosil yakıt+çimento:üretimde salınım) 10 milyar tondur. CO₂ (tüketim:içerde kalan) 8,5 milyar tondur.
- İngiltere'ye, Çin'den ithal araba parçaları Almanya'dan ithale göre 9 kat fazla emisyon yükü taşır[10].



SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

İstatistikler

- Çin için 2 ton CO₂/1 ton çelik C ayak izi verilmiştir. Çeliğin Şanghay'dan NewYork'a gemi ile transferi sırasında +0,3 ton ilave emisyon kaydedilir.
- İsveç (Yenilenebilir enerjide öncü) 350 kg CO₂/EV Batarya, Polonya (Fosil yakıtla enerji üretimi) 8000 kg CO₂/EV Batarya.
- İngitere'de satılan; İngiliz domatesi İspanyol domatesinden 3 kat fazla enerji ve emisyon yüküne sahiptir.
- İngiliz elmasını 9 ay buzlukta bekletmek, Yeni Zelanda'dan ithal edilene göre daha çok CO₂ emisyon yükü taşır[10].



EMİSYONU AZALTMADA İNOVATİF ADIMLAR

- **Yeşil enerjide büyük yatırımlar:** Sahillerde rüzgar güllerinin arttırılması, karalarda güneş enerjisi (PV) tarlalarının oluşturulması projeleri en etkili çözümdür.
- **Demir-hava bataryası ucuzluğu ve elverişliliği** (fosilli termik enerji santrallerine alternatif): Temmuz 2021 Wall Street Journal Raporu ABD Startup'ı Form Enerji araştırmalarını vermiştir.
- **Isı pompası** ev ısıtma ve soğutmada en önemli enstrüman olabilir. Küresel enerji tüketiminin dörtte biri ev ısıtma ve soğutmaya gitmektedir. 1 kWh elektrikle çalışan pompa, 3 kWh mertebesinde ısı sağlayacaktır (Gradient/San Francisco, duvar pano ısı pompasını ticarileştirmiştir). Jeotermal ısı pompası (yerin 9 m altındaki su sıcaklığı yıl boyu sabittir).
- **Dikey tarım uygulamasında** su tüketimi düşecek, haşere olmayacağından ilaç kullanımı azalacak, verim yükselecek, doğal felaketlerin etkisi azalacak ve alan kullanımı düşecektir[3].

Decarbonization rises", Scientific American, November 2021, p. 42-43.

https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump

<https://www.verticalfield.com/>

<https://www.usda.gov/media/blog/2018/08/14/vertical-farming-future>https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump

<https://www.airxpertswv.com/benefits-of-a-heat-pump-system-why-you-need-one/>



EMİSYONU AZALTMADA İNOVATİF ADIMLAR

- **Uçan elektrikli taksiler** (Flying electric taxis)-dikey yükselen ve dikey inen elektrikli taksi-Electric vertical take-off and landing (evTOL) aircraft.
- Job Aviation/California onlarca sayıda 5 kişilik 250 km menzilli araç üretecektir.
- Volocopter/Almanya, 2024 Paris Olimpiyatlarında uçan taksilerle servis verecektir.
- eHang, Lilium, Vertical Aerospace, Cezeri (alternatiflerdir).
- **E-uçak:**2019'da hava ulaşımının küresel emisyondaki payı %2,5'tir. 2050'de pay %7,5 olabilecektir.
- Teknoloji elektrikli uçaklarda yakıt maliyetini %90, bakım maliyetini %50 ve gürültüyü %70 mertebelerinde düşürecektir.
- 2025'te elektrikli uçak menzili 800 km olabilecektir.
- Günümüzde 170 e-uçak projesi yürütülmektedir.
- Airbus 100 yolculuk e-uçağı 2030'da uçuracağını ilan etmiştir[3]

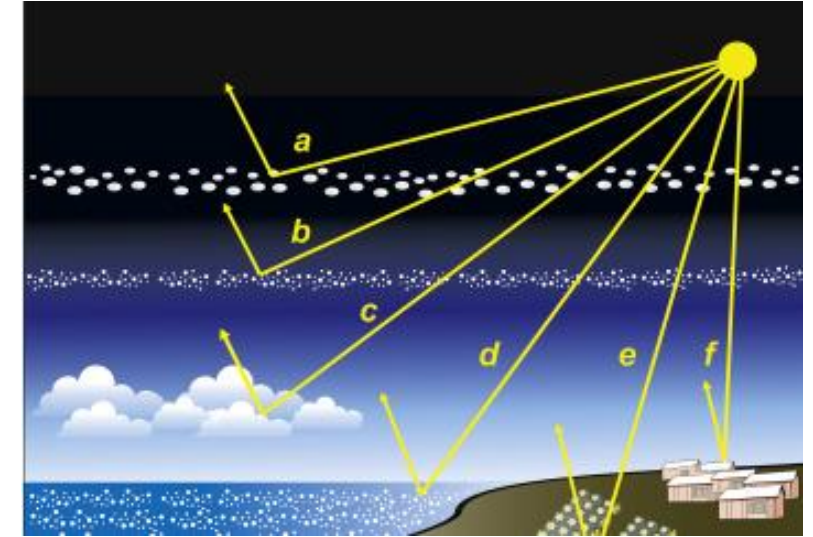
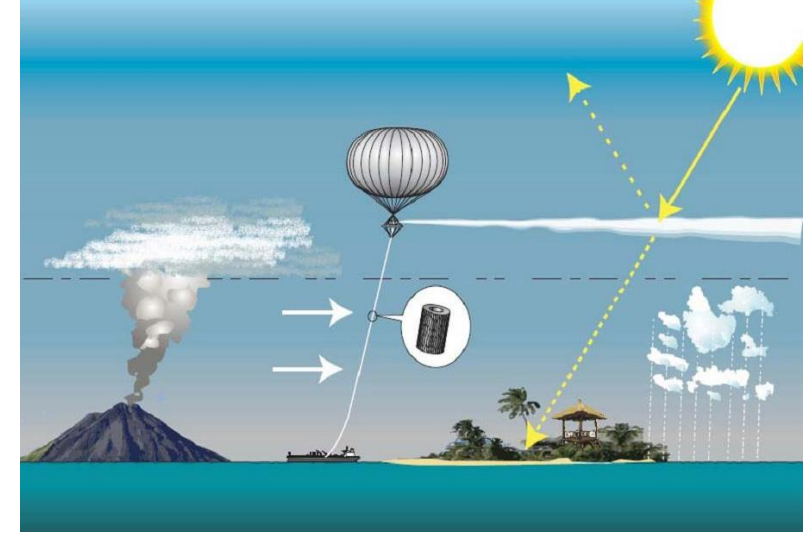


EMİSYONU AZALTMADA İNOVATİF ADIMLAR

- **Solar Jeomühendislik:** Stratosfere güneş ısısını geri yansıtan çözelti tabakası yerleştirme-Yansıtıcı partiküller, sülfat aerosoller ve karbonat iyonları.

xFilipinlerdeki Pinatubo yanardağı püskürmesi (1991) dört yıl boyunca dünyayı 0.5 °C soğutmuştur (Doğal süreç).

xSCOPEX deneyi ile (Harvard University): Stratosphere balon ile 2 kg malzeme püskürtülmüş ve soğuma sağlanmıştır (Yapay süreç)[3].



Ref.: «Solar Geoengineering», The Economist, The World Ahead 2022,p:93.
<https://geoengineering.environment.harvard.edu/geoengineering>
https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_geoengineering
<https://chinadialogue.net/en/climate/10733-solar-geoengineering-rises-in-the-east>

EMİSYONU AZALTMA DA İNOVATİF ADIMLAR

- **Deniz taşıma** için teknolojik çözümler üretme (batmayan/kanatlı/katlı gemiler). Deniz taşımayı karbonsuzlaştırma zor olacaktır.
- Gemiler sera gazlarının %3 ünü atmosfere pompalar.
- Bunker yakıt (fueloil+dizel yakıt vd. karışımlar) asit yağmurları sebebidir.
- 2022'de Michelin /Fransa, batmayan gemileri yüzdürecek ve yakıt tüketimini %20 düşürecektir.
- Karbon ticareti uygulaması bizi 2022 yılında büyük kargo gemileri ile yüzleştirecek, maliyet ve emisyonları düşürecektir[3]
- **Altyapı yatırımlarında** (tünel ve boru hattı döşeme, yenileme ve bakım) alternatifine göre göreceli düşük emisyonlu **kazısız teknolojileri** öne çıkaracaktır.

www.behance.net/gallery/20377183/ixtract-tunnel-boring-machine-TBM



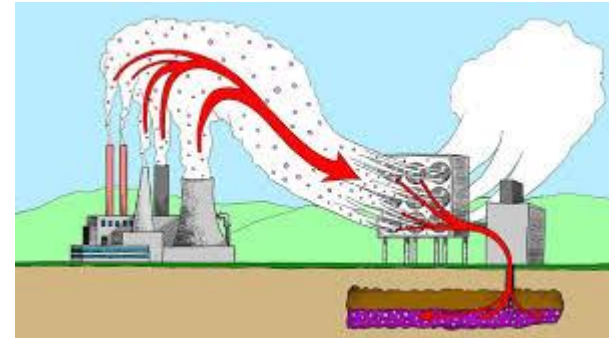
EMİSYONU AZALTMADA İNOVATİF ADIMLAR

Karbon Yakalama ve Depolama

- Karbon yakalama ve depolama (DAC=The direct air capture-CCS=Carbon capture and storage-Negatif Emisyon-CO₂'i jeolojik yüzeye depolama)
- Karbon yakalama ve depolama (CCS): Küresel emisyonun binde biri (%0,1).
- Kimyasal çözelti (seyreltik alkaliler ve emiciler) içine geçen CO₂ sonraki aşamada ısı yardımı ile ayrılır ve ürüne dönüştürülür.
- 2022 Carbon Engineering /Kanada firması, Teksas'ta DAC facility yatırımı yapmıştır (1 m ton CO₂/yıl yakalama).
- ClimeWorks/ İsviçre firması, İzlanda'da 2021'de DAC birimi oluşturmuştur.
- Bu şirket 2025'te küresel CO₂ emisyonununun %1'ini yakalayacağını belirtmektedir.
- Yakalanan CO₂ mineral formuna sokulacaktır (4,000 ton/yıl).
- Global Thermostat/ American firması, DAC için 2 pilot tesis inşa etmiştir[3,4].

Ref.: "Briefing Negative emissions", The Economist, December 7th 2019<https://www.iea.org/reports/direct-air-capture>

https://en.wikipedia.org/wiki/Direct_air_capture



Elon Musk'ın önerisi

EMİSYONU AZALTMADA İNOVATİF ADIMLAR

- ABD'de toplam karbon emisyonununun %13'ü konutlardan ve ticari binalardan (genellikle ısıtma+yemek pişirme) yayılır.
- Amerikada ve diğer ülkelerde bu rakamı düşürmek için net-sıfır-emisyonlu HEVAC (ısıtma, havalandırma ve soğutma), ve pasif güneş çevre sistemleri yanında doğal ve yeni inşaat malzemeleri (geri dönüşüm kereste ve düşük-karbon-ayakizli çimento gibi) kullanılmaktadır.
- **Ziraatte et dışı bitkisel protein** kullanımının yaygınlaşması (Impossible Burger ve Beyond Meat gibi) hayvancılık eksenli yüksek karbon ve metan çıkışı azaltacaktır.
- **Nesnelerin interneti (IoT)** sayesinde zeki toprak kullanımı, ürün yönetimi, kontrollü gübre ve su tüketimi karbon emisyon azalmasına yardım edecektir.

Ref.: "Decarbonization rises", Scientific American, November 2021, p. 42-43.

ENERJİYİ DEPOLAMADA İNOVATİF ADIMLAR

İklim krizinden çıkış için NUKE ve diğer alternatifler çözüm olabilir mi? Durum analizi:

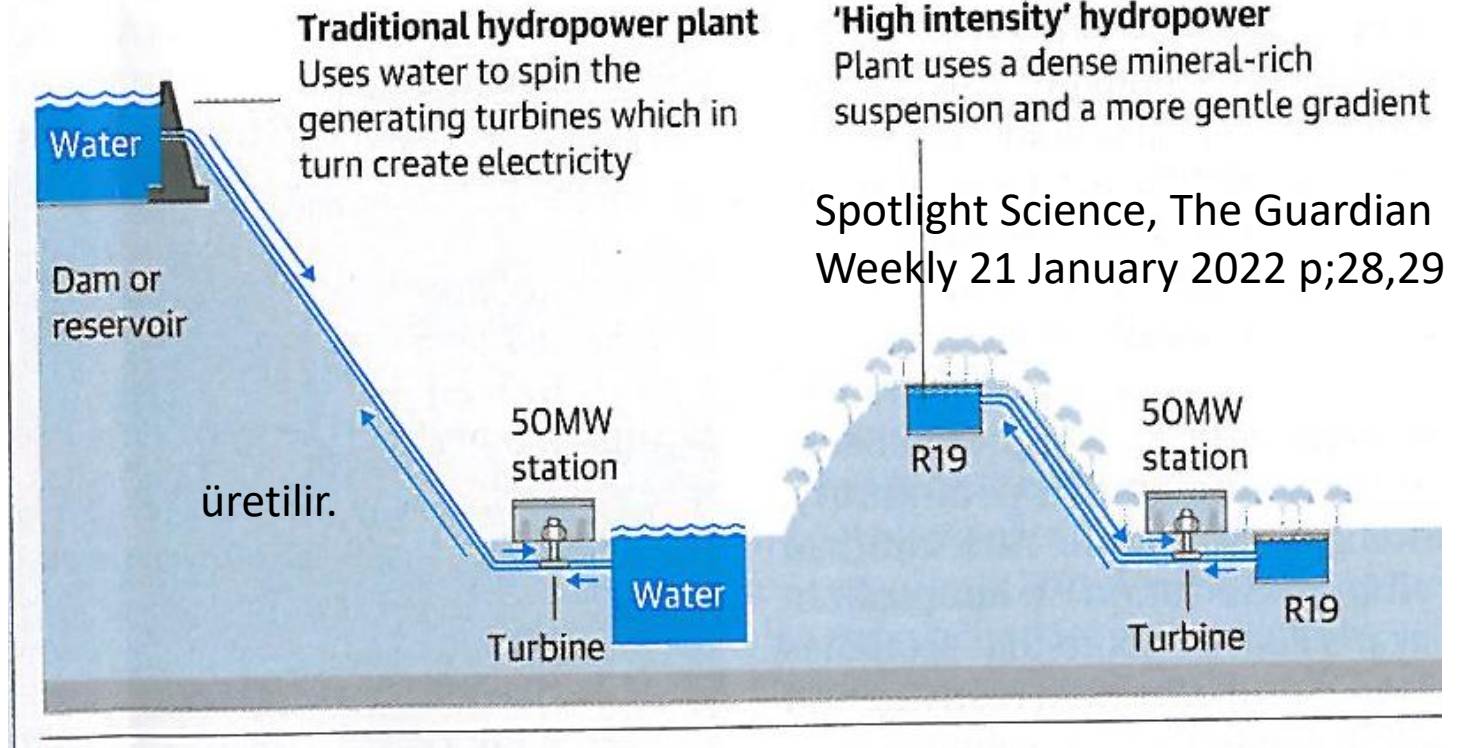
1. Fosil kaynaklarla ilgili destekler sıfırlanmalı ve karbon vergisi yüksek tutulmalıdır.
 2. Trilyonlarca ağaç dikmek, büyümeleri zaman alacağından, karbon emilimi için yetersiz olacaktır.
 3. Nükleer santraller, yer seçimleri ve inşaatları (10 yıl) uzun zaman aldığından, çözüm olamazlar. Nükleer elektrik fiyatının, düşüşte olan yenilenebilirlerin iki katı olması diğer olumsuzluktur.
 4. Jeomühendislik ve nükleer füzyon da çözüm olamayacaktır.
 5. Biz ne yaparsak yapalım, birkaç yüzyıldır kullandığımız ve kullanmaya devam ettiğimiz fosil yakıtların, yavaş yavaş etkilerinin (CO2) bedelini ödemeye devam edeceğiz.
 6. Teknolojik sıçramalar hayatı kolaylaştırmakta, konfor sağlamakta ve bizi eğlendirmektedir. İklim değişikliği ve etkileri umut kırıcıdır ve bizi kaygılandırmaktadır.
- «Enerjiyi Depolamada İnovatif Adımlar» acaba çözüm olabilir mi?

ENERJİYİ DEPOLAMADA (ED) İNOVATİF ADIMLAR

- Küresel gaz fiyatlarının sıçradığı günümüz gerçeği yenilenebilir enerjinin depolanması için yeni yollar bulmamızı gerektirmiştir.
- Ucuz ama kesikli olan yenilenebilirler için bu bir zorunluluktur.
- IEA, 2026'da enerjinin %56'sının (270 GW) depolanabileceğini vermiştir.
- Li-iyon bataryalar birkaç saatlik depolama sağlar ve bu yetersizdir.
- Daha uzun periyot (günler) için 4 alternatif tartışmaya açılmıştır:
 - 1.Gravity Depolama (Gravity storage)
 - 2.Konsantre güneş gücü depolama (Concentrated solar power storage)
 - 3.Yeşil hidrojen (Green Hydrogen)
 - 4.Kriyojenik bataryalar (Cryogenic batteries)

(ED) 1.GRAVİTY DEPOLAMA (Gravity Storage)

Hidroğüç BK'da onlarca yıldır kullanılmaktadır. Enerjinin gerekmediği anlarda pompa suyu tepedeki rezervuara basar. Yoğun elektrik talebinde, rezervuar suyu serbest bırakılır ve elektrik üretilir.

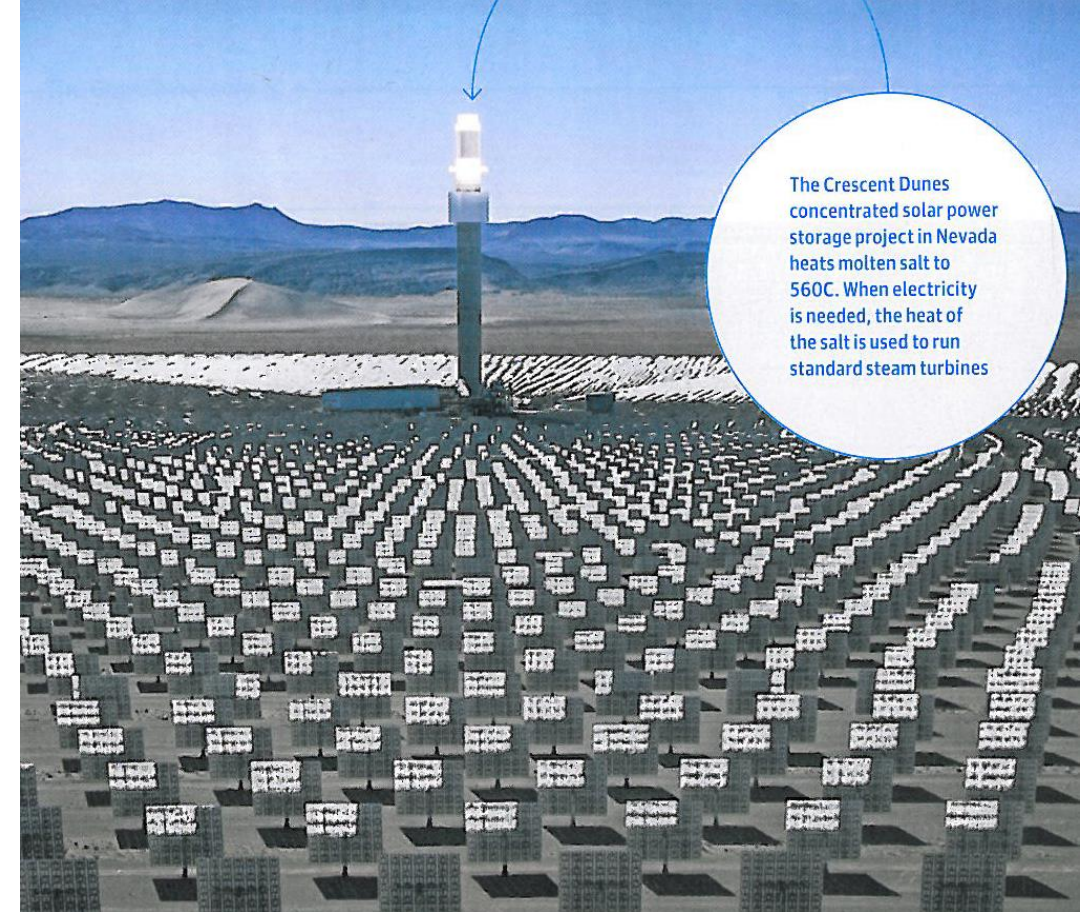


Mineral-zengin yoğun sıvı kullanıldığında daha az eğimle aynı miktarda enerji üretilir.

Bu sistem bataryanın yerini almaz, iklim hedefine düşük maliyetle erişimi sağlar.

(ED) 2.KONSANTRE GÜNEŞ GÜCÜ DEPOLAMA (Concentrated Solar Power Storage)

xABD mühendisleri: Nevada
Çölündeki bir kuledeki mercekler
vasıtasıyla sıvı tuza ısı yönlendirilir.
x560 C'lik sıcaklıktaki sıvı tuz
gruplarından gerektiği zaman buhar
türbünüyle enerji üretilir.
x75.000 konuta güneşin batması
sonrası elektrik verilir.
xBu sistemle solar güç, 5-15 saat
süreyle depolanır (Li bataryadan
üstün).



Spotlight Science, The Guardian
Weekly 21 January 2022 p;28,29

(ED) 3.YEŞİL HİDROJEN (Green Hydrogen)

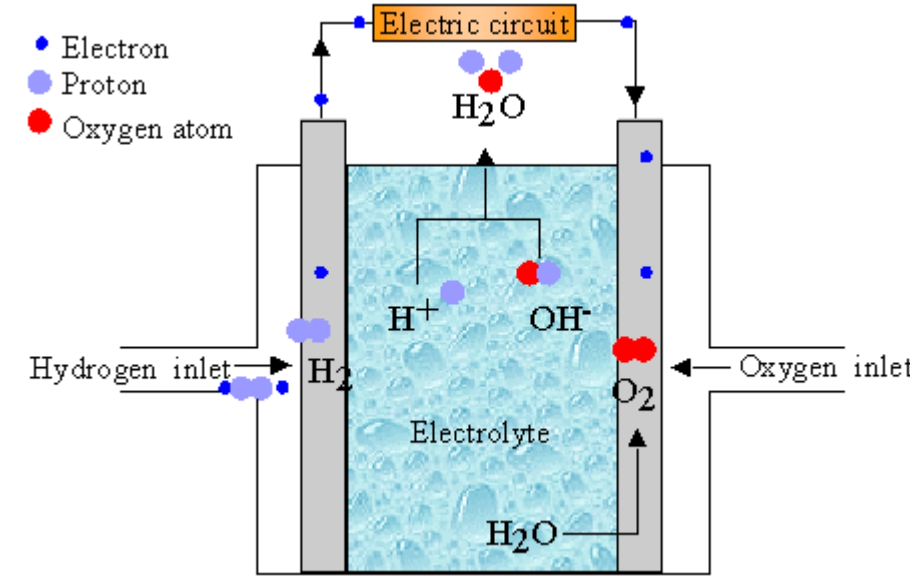
- Gelen onlu yıllarda fosil yakıtlı güç santrallerinin yerini yenilenebilir enerjiler alacaktır ve sıçramalar görülmektedir.
- Fabrikalarda ve ağır ulaşımda dönüşüm yeşil-hidrojen enerji depolama eksenli olacaktır ve sudan elde edilen hidrojene talep yükselecektir.
- Rüzgar enerjisinin fazlasını bataryalarda kısa süreli (1 saat) depolayabilirsiniz.
- Rüzgar veya güneş enerjisinin fazlasını elektrolizle hidrojen eldesine yönlendirir ve hidrojeninizi günler ve aylar boyu depolayabilirsiniz. Yenilenebilir enerji maliyeti ile hidrojen maliyeti birlikte düşmektedir.

4.Kriyojenik bataryalar (Cryogenic batteries)

xYenilenebilir enerji ile havayı sıvılaştırırsınız (-196oC) ve büyük metal tanklarda haftalarca bekletirsiniz.

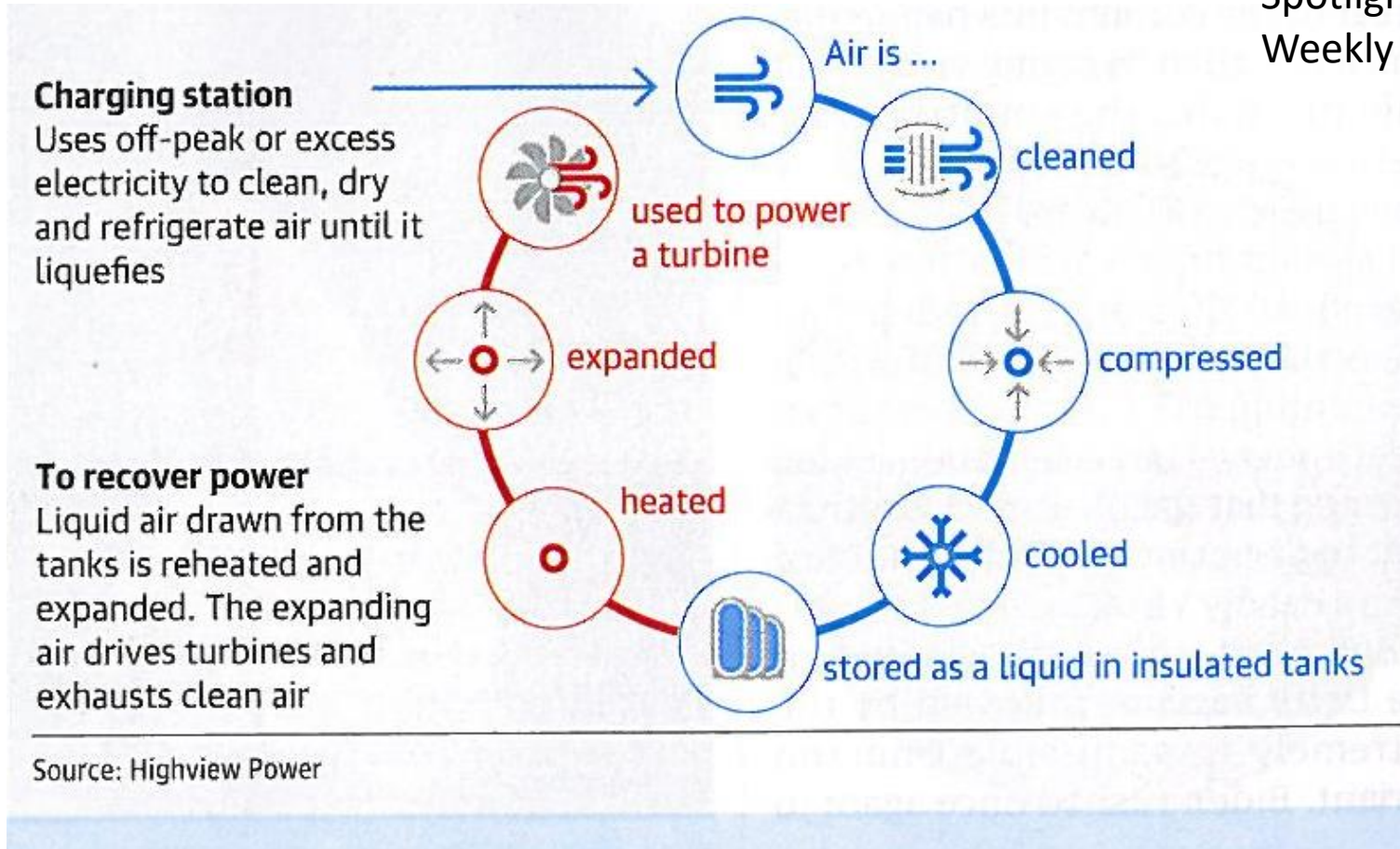
xİhtiyaç olduğunda ısıtma sonucu sıvı-gaz dönüşümü ile türbini döndürür, üretilen elektrikle 5 saat boyunca 200.000 konutu beslersiniz.

xİngiltere (Manchester), Şili, ABD ve İspanya başı çekmektedir.



(ED) 4.KRIYOJENİK BATARYALAR (Cryogenic Batteries)

Spotlight Science, The Guardian
Weekly 21 January 2022 p;28,29



SONUÇLAR

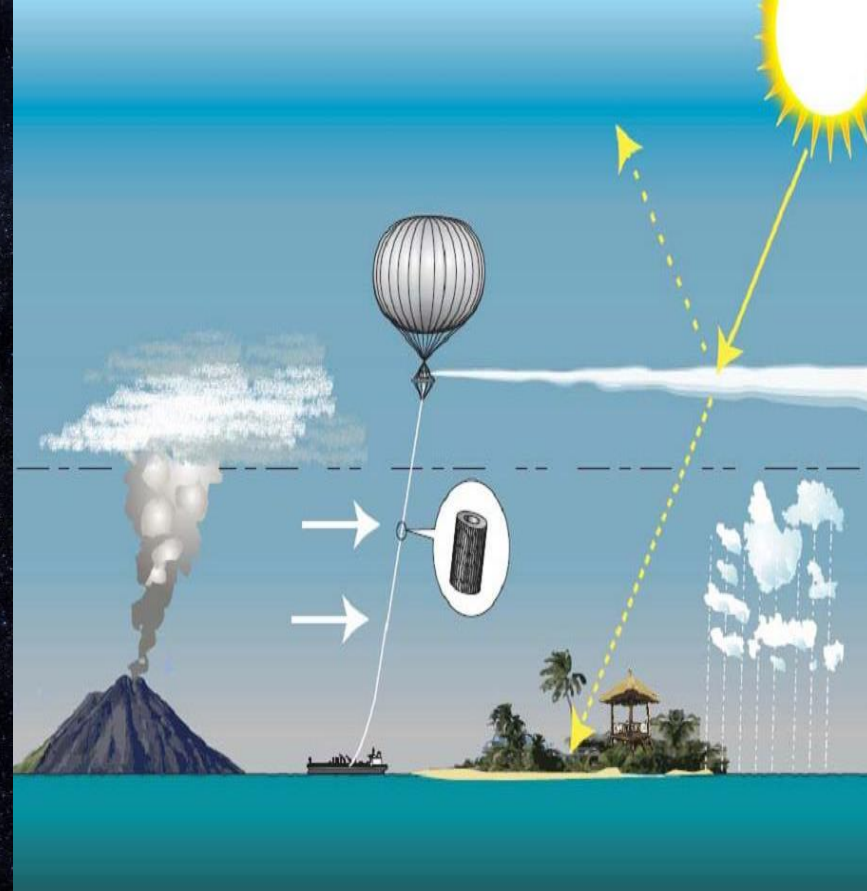
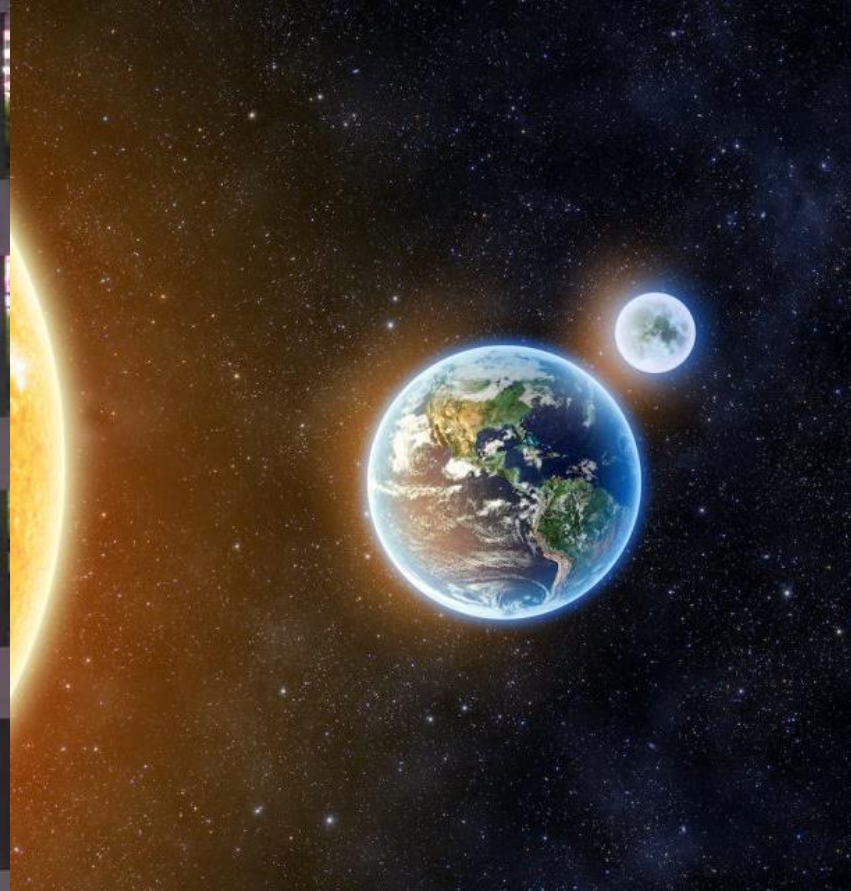
- “Yeşil dönüşüm” sloganının en önemli unsuru ekosistemi sürdürülebilir kılmaktır. COVID Salgını sonrası kendimizi eski normale uyarlamamalıyız, yeni normal düşünmeli ve yol haritamızı oluşturmalıyız.
- Küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği yadsınamaz bir gerçekliktir, etkileri görülmektedir ve kaygılar artmıştır.
- Bugün, karbondioksit emisyonunu düşürmek insanlığın en önemli görevi olmuştur.
- Birçok alanda önerilen inovatif ve emisyon düşük çözümler önemsenmeli ve tartışılmalıdır.
- Karbon kontrol ve düşürmeyi öncelikle Avamerika gibi gelişmiş ekonomiler yapmalıdır.
- TEŞEKKÜR: Çizimler için ve e-yayınlar için yardım aldığım öğrencilerime (Yasin K. TURAN ve Sibel SEFERİ) teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- 1. Fashish Kothari, “Tapestry Of Alternatives”, Scientific American, June 2021, p. 56-65
- 2. Didem Eryar Ünlü, “Yakın plan”, Dünya; 05 Ocak 2021
- 3. “The World in 2022”, The Economist, December 2021, p.:93-98.
- 4.“Briefing Negative emissions”, The Economist, December 7th 2019+“Falling Carbon Emissions” , The Economist , November 24th 2018 , p. 38-39).
- 5. “Yükseköğretimde Uygulamalı Eğitimler Çerçeve Yönetmeliği”, YÖK duyurusu,17 Haziran 2021.
- 6. Daniel W.O’Neil ve diğ., “A good life for all within planetary boundaries”, Nature Sustainability, Vol 1, February 2018, p. 88-95.
- 7. “Decarbonization rises”, Scientific American, November 2021, p. 42-43.
- 8. “Technology Quarterly : Towards Zero Carbon” , The Economist, December 1st 2018, p. 3,4
- 9. Mike Ashby, Kara Johnson. “Materials and Design : The Art and Science of Material Selection in Product Design ”, Third Edition , Elsevier, 2014, s. 80-83, 255-299.
- 10. “Climate Action”, The Economist, September 28th 2019, p. 55,56.
- 11. “Spotlight Science“. The Guardian Weekly 21 January 2022 p;28,29

E-KAYNAKLAR

- <https://geoengineering.environment.harvard.edu/geoengineering> (Şubat2022)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_geoengineering (Şubat2022)
- <https://chinadialogue.net/en/climate/10733-solar-geoengineering-rises-in-the-east/> (Şubat2022)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump (Şubat2022)
- <https://www.airxpertsww.com/benefits-of-a-heat-pump-system-why-you-need-one/> (Şubat2022)
- <https://www.verticalfield.com/> (Şubat2022)
- <https://www.usda.gov/media/blog/2018/08/14/vertical-farming-future> (Şubat2022)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_farming (Şubat2022)
- <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture> (Şubat2022)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Direct_air_capture (Şubat2022)



KARBONSUZ EKONOMİ VE SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ
f.yilmaz@fsm.edu.tr



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



**FATİH
SULTAN
MEHMET**
VAKIF ÜNİVERSİTESİ



Alüminyum Test, Eğitim ve Araştırma Merkezi



GİRİŞİMCİ ALÜMİNYUM
SANAYİCİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ



İSTANBUL DEMİR ve DEMİR DİŞİ METALLER
İHRACATÇILARI BİRLİĞİ

TEŞEKKÜR EDERİZ

Mayıs 2022

Hizmet Detayları

aluteam.fsm.edu.tr

Bilgi ve İletişim:

0212 5218100 Dahili: 4373

aluteam@fsm.edu.tr; aluteamlab@fsm.edu.tr



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



**FATİH
SULTAN
MEHMET
VAKIF ÜNİVERSİTESİ**



ALUTEAM
Alüminyum Test, Eğitim ve Araştırma Merkezi



GALSİAD
Gelişmiş Alüminyum
Sanaatçileri ve İşadamları Derneği



İDDMiB
İSTANBUL DEMİR VE DEMİR DIŞI METALLER
İHRACATÇILARI BİRLİĞİ

KARBONSUZ EKONOMİ VE SINIRDA KARBON DÜZENLEMESİ

Yeşil Metaller ve Alüminyum

Prof. Dr. Fevzi YILMAZ

FSMVÜ Mühendislik Fakültesi

Mayıs 2022

Alüminyum Sektörü Enerji Verimliliği Dijital Arayüzü Geliştirilmesi ve ALUTEAM Yetkinliğinin Arttırılması Projesi İSTKA tarafından desteklenmektedir.
İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen Alüminyum Sektörü Enerji Verimliliği Dijital Arayüzü Geliştirilmesi ve ALUTEAM Yetkinliğinin Arttırılması Projesi kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği ile ilgili tek sorumluluk FSMVÜ'ne ait olup İSTKA veya T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının görüşlerini yansıtmamaktadır.

KAPSAM

- GİRİŞ
- YEŞİL METALLER
- ÇİN FARKI
- RUSYA-UKRAYNA
- MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ
- ALÜMİNYUM
- SONUÇLAR
- KAYNAKLAR

GİRİŞ

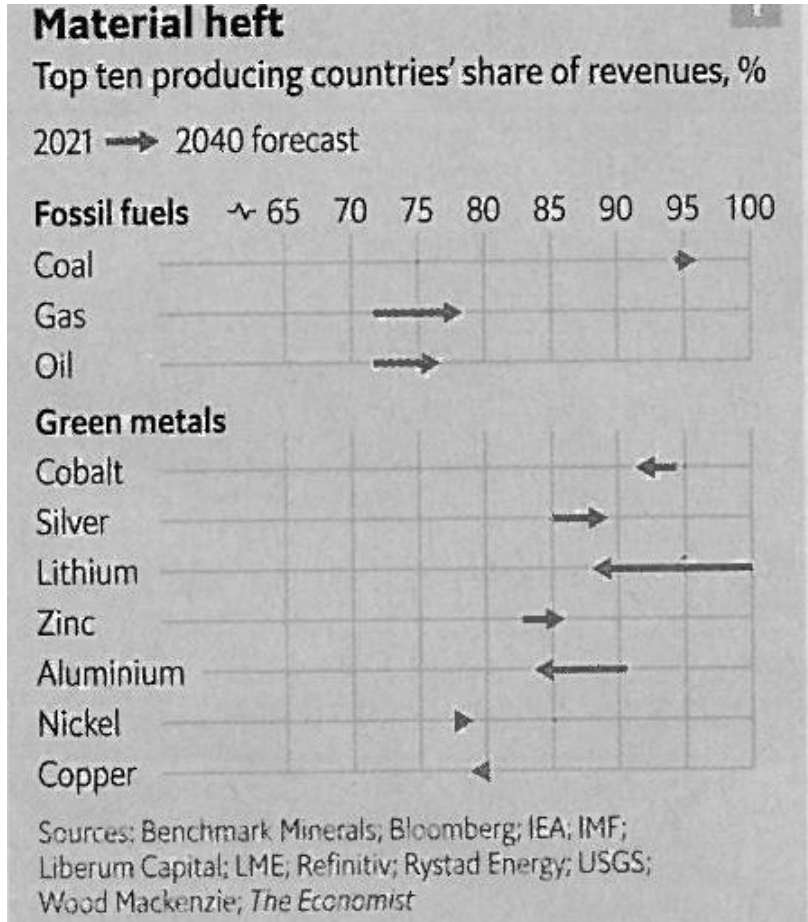
- Emtia ve malzeme fiyatları, savaş ve salgın dönemleri hariç, son 150-200 yıldır sürekli düşüş göstermiştir.
- Doğal zigzakkı iniş ve çıkışlar hep görülmüştür.
- Savaş ve salgınlarda iniş ve çıkış genlikleri göreceli olarak fazladır.
- Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) göre 2020'de küresel elektrik enerjisinde %9 olan rüzgar ve güneş payı, 2050'de karbon nötür hedefi için %70'lere tırmanacaktır.
- Bu gerçeklik emtia maddeleri ve malzeme fiyat hareketlerini de biçimlendirecektir.

GİRİŞ

- “yeşil metaller”
- **Alüminyum, kobalt, bakır, lityum, nikel, gümüş ve çinko**
- Gelen yıllarda bu metallerde, elektrikli araçlardan güç santrallerine kadar geniş alanda talep artışı görülecektir.
- Yeşil metallerin 2030 için talep beklentileri günümüz miktarının 7 katı olabilecektir.
- Metallerle ilgili önceki tanımlar (sağlık etkili):
- **A) kırmızı liste ağır metaller (Cd, Hg, Pb)**
- **B) gri liste metaller (Cr, Cu, Ni, Zn)**

YEŞİL METALLER

Udocan Bakır Maden İşletmesi(Sibirya-Rusya)



Finance & economics

The Economist March 26th 2022



Green commodities

The new superpowers

KOLWEZI, PARIS AND SAN PEDRO DE ATACAMA
Meet the commodities giants vying to power the energy transition

bon-neutral by 2050. That translates into huge demand for the metals, such as cobalt, copper and nickel, that are vital for the technologies underpinning everything from electric cars to renewables; the IEA reckons that the market size of such green metals would increase almost seven-fold by 2030. And much like fossil-fuel reserves, these commodities are distributed unevenly (see chart on next page). Some

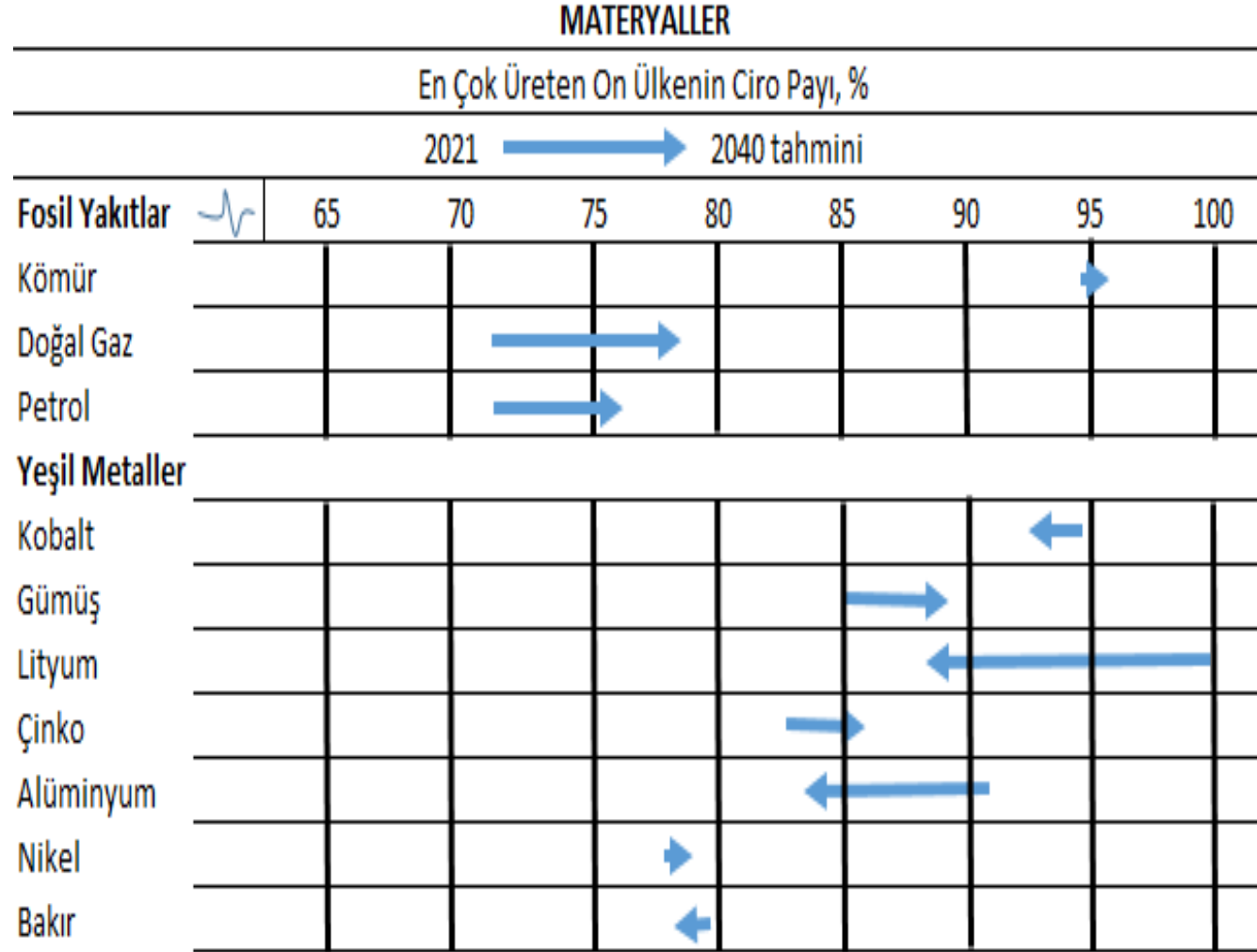
YEŞİL METALLER

xKüresel boyutta, 10 emtianın GSMH'ya oranı olan %5,8(2021), 2040'ta %3,4'e düşecektir.

xFosil yakıtlar için harcamada düşüş yarı yarıyadır.

xYeşil metaller için oran (GSMH'ya) artışta olup %0,5'ten (2021) 2040'ta %0,7'ye yükselecektir..

x“Yeşil metaller” için 2040 yılına kadar 2 tr ABD Doları civarında yatırım yapılacaktır.



Kaynak: Benchmark Minerals; Bloomberg; IEA;IMF; Liberium Capital; LME; Refinitiv; Rystad Energy; USGS; Wood Mackenzie; The Economist

YEŞİL METALLER

- Kobalt, bakır, alüminyum ve nikel için elektrikli araçlardan yenilenebilir güç santrallerine kadar geniş alanda talep artışı vardır.
- Fosil rezervler gibi bu yeşil ihtiyaç maddelerinin yerküremizdeki dağılımı da dengesizdir.
- Yer üstü madencilik pik noktasındadır ve sınırı zorlamaktadır.
- Yeşil ihtiyaç metalllerinde özellikle kobalt üretiminde birçok çevresel ve insan-hakları ihlalleri iç içedir.
- Yeni arayışlar, derin-deniz madenciliğini öne çıkarmaya başlamıştır.
- Pasifik Okyanus dibindeki kitlesel sülfid ve kobalt-zengin demir-mangan yataklarından trilyonlarca sayıda patates büyüklüğünde nikel, kobalt ve manganez oluşumlarının toplanması yeni tarz olmaya başlamıştır (Kaliforniya, Impossible Mining).
- 1000-6500m derinliğindeki okyanus yataklarından robotlarla maden çıkarma (Riskler: biyo hasar ve deniz dibi çevresel hasar).



YEŞİL METALLER

Petrol İnovasyonu Öldürür

- Metallerdeki durum kömürü tahtından eden ikinci dünya savaşı sonrası gerçeklikten (petrol ve doğalgaz sıçraması) farklı seyredebilecektir.
- 1940-1970 arasında H-C tüketiminde zengin ülkelerin payları %26'dan %70'e yükselmiştir.
- H-C'ca aşırı zengin olan ülkelerin gelirleri çok yükselmiştir. 1970 ile 1980 arasında kişi başı GSMH Katar için 12 kat, Suudi Arabistan için 18 kat artmıştır.
- Enerji hammaddesi sahibi olmak rekabete dayalı ekonomik büyümeyi düşürmekte ve inovatif teknolojilere erişimi geciktirmektedir.

YEŞİL METALLER

- Lityumlu modern pillerin yapı elemanları Nikel, Kobalt ve Alüminyumdur.
- TESLA Model S pili (2012) 11kg ve TESLA Model 3 pili (2019) 5 kg kobalt içerir.
- İnovasyon çalışmaları gelecekte geri dönüşümün kapısını açacaktır.
- IEA, 2040 yılında kobalt geri dönüşümünün pildeki payını %12 olarak vermiştir.
- Mineral yataklarının kalitesi ve tenörü (ana element yüzdesi) zamanla düşmektedir (mineralinde bakır konsantrasyonu %1 üstü olmalıdır).
- Şili bakırı tenörü %30'dan 15 yılda %0,7'ye düşmüştür.
- Bugün, bakırın eldesi 100 yıl önceye göre 16 kat fazla enerji oburdur.

YEŞİL METALLER

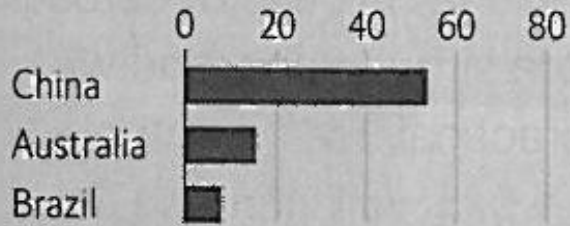
- Ekonomileri zayıf ve siyasi istikrarsızlığa sahip ülkeler kendi yeşil metal kaynaklarını özgürce yönetememektedir.
- Dış etkiler ve sömürgeci yaklaşımlar erişim ve tedarik problemlerine yol açabilecektir.
- Nijerya'da bitmeyen politik kararsızlık ve plansızlık vardır.
- Şili dünya lityumunun %42, bakırının %25'inine ev sahipliği yapmaktadır.
- Kongo küresel kobalt rezervinin %46'sına sahiptir (Üretimdeki payı %70'tir).
- Çin alüminyum, bakır ve lityumun en önemli üreticisidir.
- Endonezya nikel dağı üstünde oturur.
- Peru dünya gümüş rezervinin %25'ine sahiptir.

YEŞİL METALLER

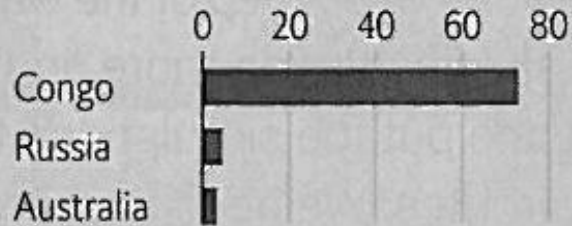
Green giants

Revenue share of largest producers, 2021, %

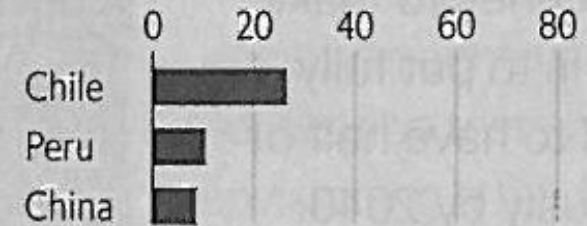
Aluminium



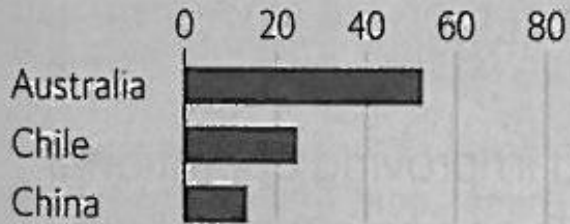
Cobalt



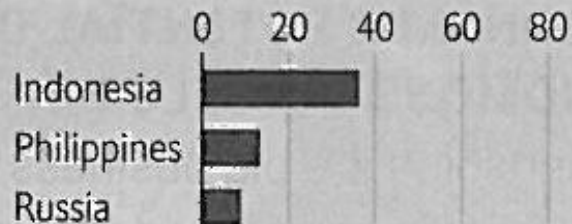
Copper



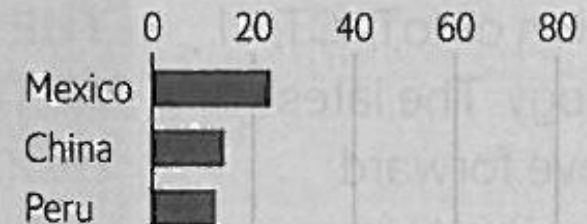
Lithium



Nickel



Silver



Sources: USGS; The Economist

ÇİN FARKI

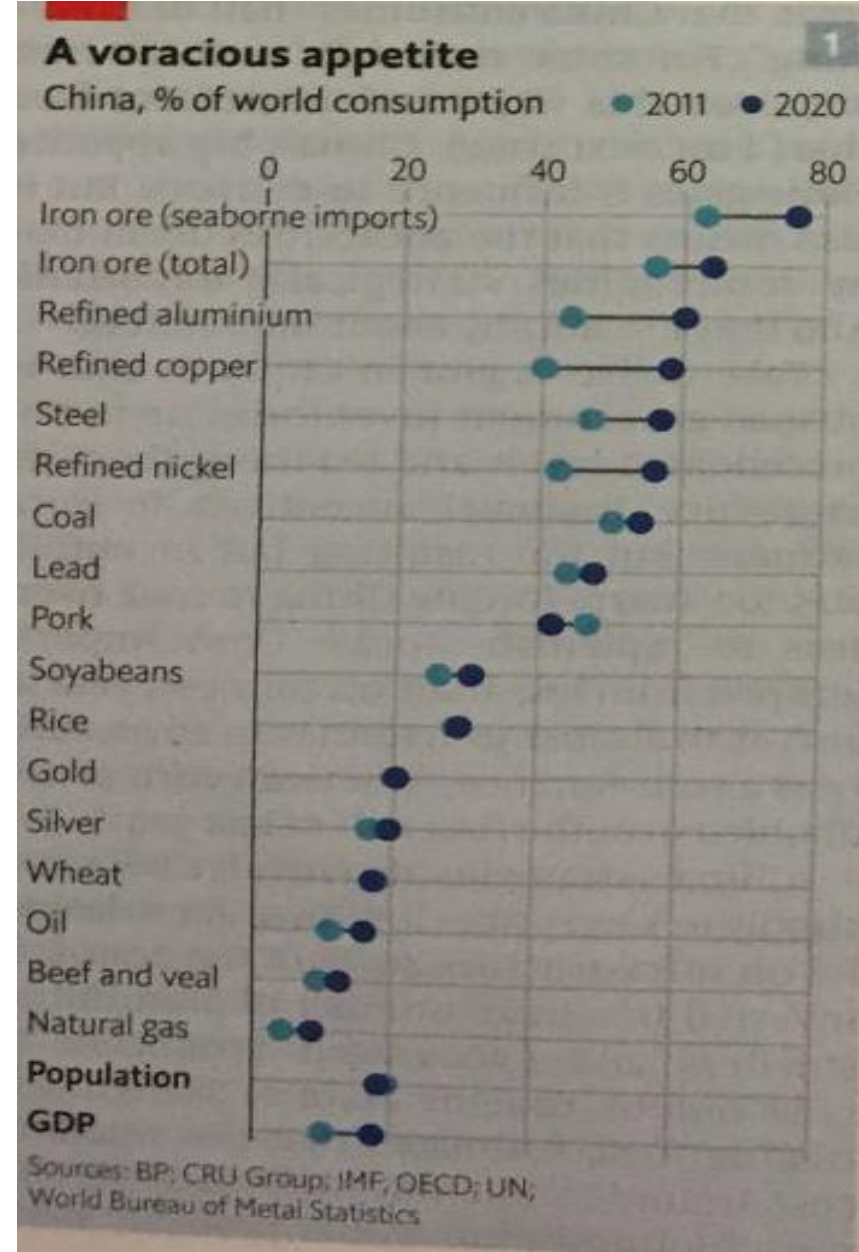
xÇin taleplerinde değişim dünyanın öbür yakasını büyük oranda etkiler.

ABD'den Çin'in mısır ithalat artışı yıllık 5 milyon ton iken, 2020'de 30 milyon ton olmuştur. Sonuç şaşkırtıcıdır. O yıl ABD mısır fiyatı ikiye katlanmıştır.

xÇin'in stratejisi iç piyasa fiyatlarını düşük tutma adına dışalımını yüksek tutmaktır.

x70 milyar ABD Dolarını bulan teşvikler sayesinde iç üretim artmış ve metal fiyatında istikrar sağlanmıştır. Bu yapılmıyorsa alüminyumun yüksek fiyatı bakırla birlikte Çin'in altyapı maliyetini çok arttıracaktı.

xÇinde, 2000-2015 yılları arasında yapılan altyapı maliyeti 1 trilyon ABD Doları mertebesinde yükselecekti.



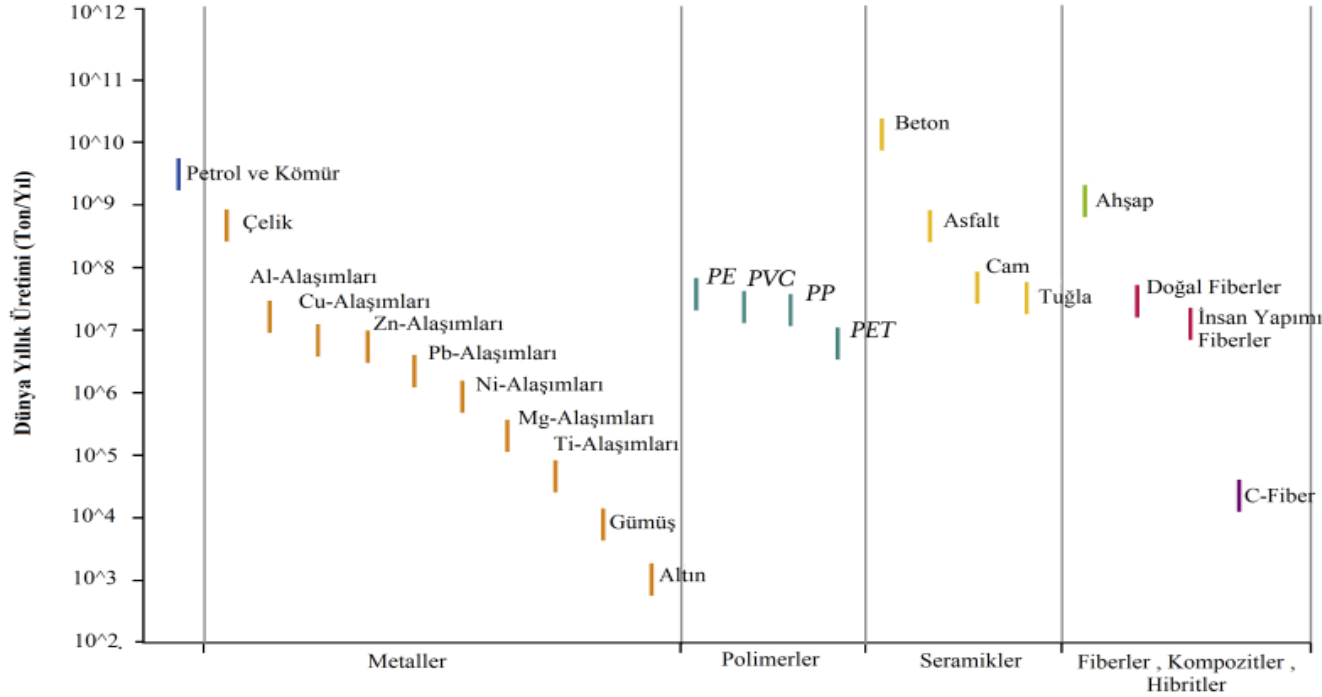
ÇİN FARKI

- 2003 ile 2016 arasında Çin'in cevher ithalatı 10 kat artmıştır.
- Farklı finansal sistem, en sofistike market, dinamik spot marketing, özel strateji
- Çin'de onlarca liman demir cevheri değiş-tokuşu hasredilmiştir.
- Depolama imkanı alış ve satış esnekliği sağlamaktadır.
- Çin Borsası da batılı borsalardan farklıdır. Nüfusu dünya nüfusunun beşte biri olan Çin bugün küresel üretim merkezidir.
- Çinin aksine, Güney Kore ve Japonya uzun kontratlar yaparlar.

RUSYA-UKRAYNA

- Dünya alüminyum ve bakır ihracatının %10'a yakını Rusya tarafından yapılır.
- Rusya'nın en büyük alüminyum üreticisi/ihracatçısı olan Rusal, ABD'nin engellemesiyle karşılaşınca 2018'de metal fiyatları çok yükselmiştir.
- Enerji fiyatlarının artışı alüminyum ergitme tesislerini kapattırmaktadır.
- Rusya'nın 2020 yılında petrol ihracatındaki payı %15, buğday ve doğal gazdaki payı %20'ye yakın olarak gerçekleşmiştir.
- Rusya dünyanın en büyük doğal gaz ihracatçısıdır. İkinci büyük petrol ihracatçısıdır.
- Rusya ve Ukrayna'nın birlikte küresel buğday ihracatındaki payları %29'dur. Engelleme/boykot fiyatı 2 kat arttırmıştır.
- Savaş ekonomisi ve etkileri açıktır ki enerji ve tedarik problemleri doğurmaktadır.

MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ



- Yüksek tonajlı 10 malzeme (Petrol ve kömür, çelik, alüminyum, PE, PVC, PP, beton, asfalt, cam, ahşap gibi) ~ 20 milyar ton/yıl.
- Dört grup malzemenin ilk halleri mineraller, fosil yakıtlar ve bitkilerdir.
- Ham haller + Üretim girdileri ile birlikte kaynak kullanım 3 kata kadar yükselebilir (60 milyar ton).

- 8 milyar Dünya nüfus değerine göre: göre kişi başı yıllık çelik tüketimi 250 kg (hammadde ile 750 kg/kişi/yıl kaynak).
- Alüminyum tüketimi 8 kg/kişi/yıl (hammadde ile 50 kg/kişi/yıl kaynak).
- Plastik malzeme tüketimi 50 kg/kişi/yıl (hammadde ile 200 kg/kişi/yıl kaynak)
- Türkiye için malzeme ayak izi 11,6 ton/kişi/yıl olup **7,2 ton/kişi /yıl sürdürülebilir değerinden** oldukça fazladır.
- Ton/kişi/yıl olarak oran ABD için (27,2), Çin için (12,3) ve Almanya için (21,6) olarak verilmiştir

MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON

AYAKİZLERİ

Malzeme Ayak İzi (Limit Değer : 7,2 ton/kişi/yıl) TR 11,6

- **Ham maddeler :**

- Mineraller , fosil yakıtlar

- **Örnekler (farklı Kaynak Bilgileri):**

- Beton ≈4 milyar ton/2017 (0,5 ton/kişi/yıl)

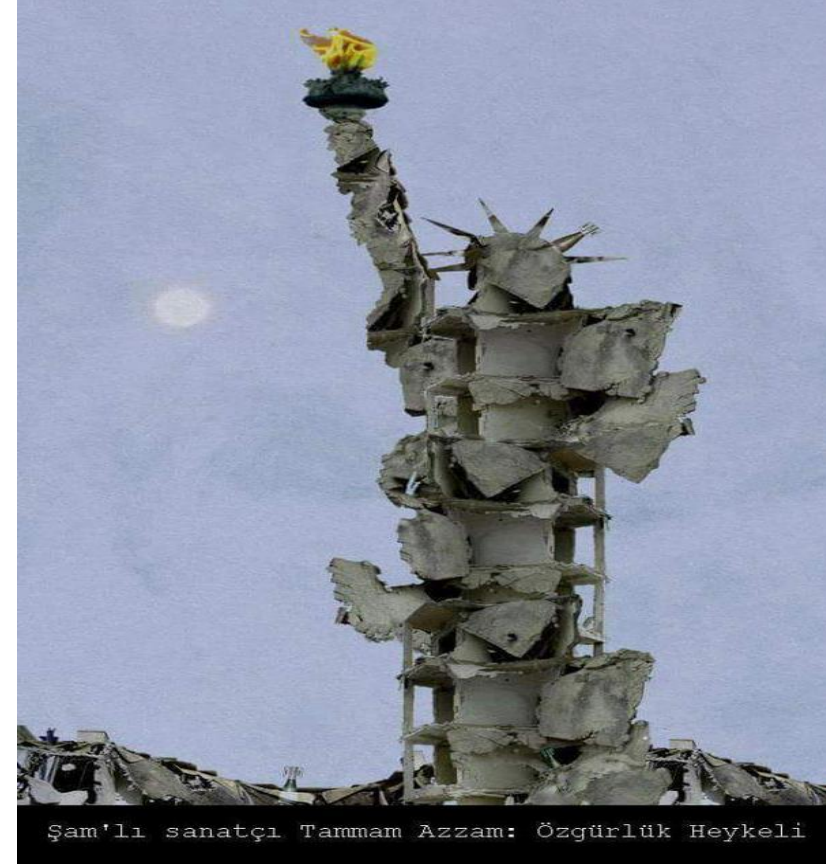
- Çelik ≈ 1,7 milyar ton/2017(0,25 ton/kişi/yıl)

- Plastik ≈ 0,3 milyar ton/2017(0,04 ton/kişi/yıl)

- **Teknofosil :**

- Plastik atık , Beton atık , Seramik atık ,
Demir-Çelik çürüğü , Alüminyum atığı ,
Uçucu kül vb.

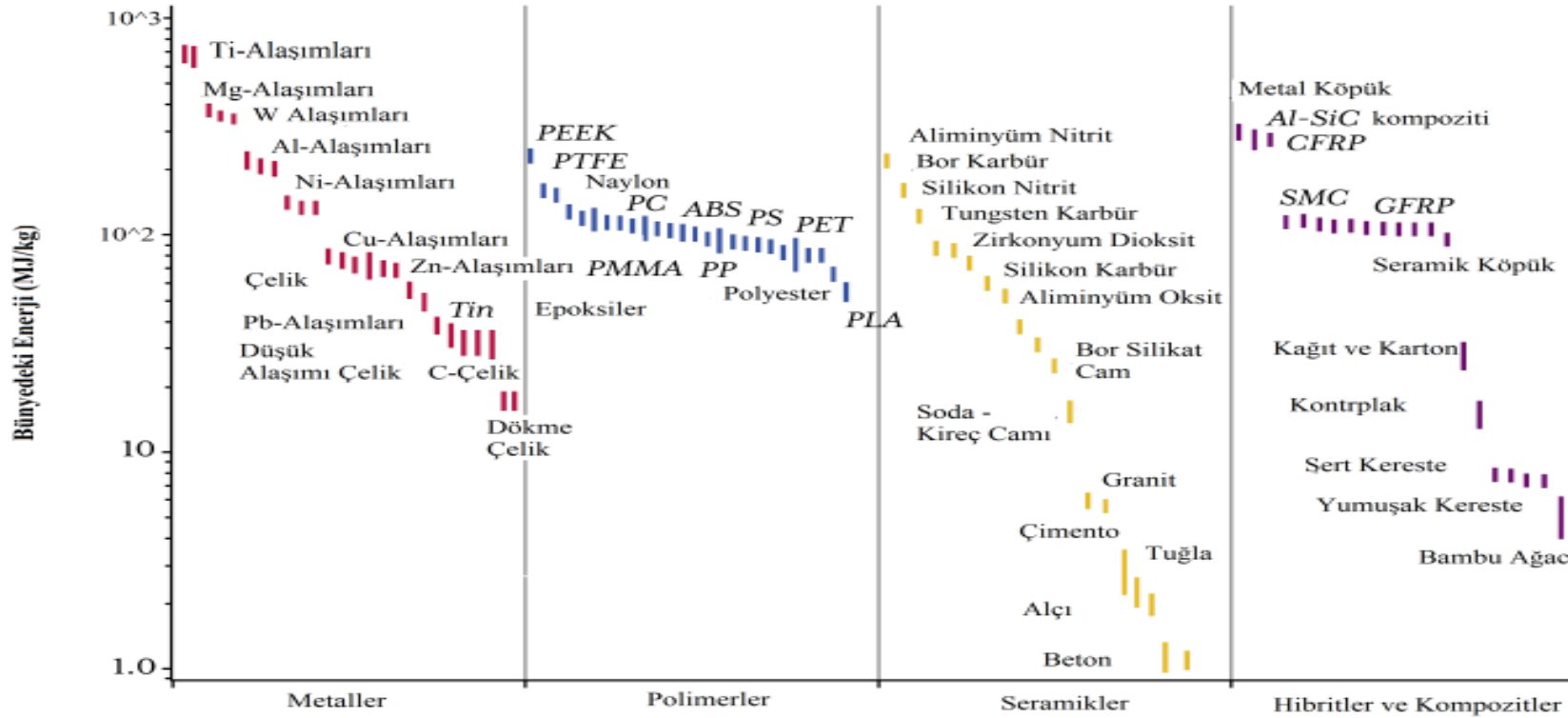
(Tümünde fosil yakıtlar girdi olarak kullanılır,
CO2 salınımı)



Tammam Azzam , Damascus, Syria , (2016): Statue of Liberty made by concrete technofossil

- Peek, Kate, "Timeline: When did the Anthropocene Begin", Sci, September 2016.
- Daniel W.O'Neil ve ark., "A good life for all within planetary boundaries", Nature Sustainability, Vol 1, February 2018, page 88-95.

MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ



- ✓ Metal ve alaşımlar
- ✓ Petrolden üretilmiş kimyasallar, Polimerler
- ✓ Seramikler ve camlar
- ✓ Kompozit (melez) malzemeler ve fiberler.

1 MJ (Mega Jul) = 0,3 kWh = 3 litre (1 galon) benzinin vereceği ısı enerjisi (x 0,1 kg CO₂/kg emisyon)

MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKIZLARI

- Metallerin geniş enerji aralığı → yer kabuğunda bulunuş yüzdesi, üretim, saflaştırma farklılığı.
- Polimerlerin yakın değerlerde kümelenmeleri → hepsinin petrol türevi olmaları, ilk kademe enerji yüklerinin aynı olması.
- Teknik seramiklerin (elektronik kalite alümina- Al_2O_3 gibi) yüksek enerjileri → üretim süreçleri nedeniyle.
- Cam, çimento, tuğla, beton malzemeler → yüksekten düşüğe geniş enerji aralığı.
- Kompozitler (Karbon takviyeli polimer - CFRP gibi) → yüksekten düşüğe enerji: Al-SiC, kâğıt, sunta ve kereste .
- Beton, Tuğla, Kereste → bütün malzemelerin oldukça altında enerji yükü.
- Mj/kg eşelli mukayese fonksiyon başına düşen iç enerji ile olmalı.



MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ

Malzeme Ailesi	Malzemeler	Fiat \$/kg (x)	Yoğunluk Mg/m ³ (x)	Enerji içeriği MJ/kg (x)	Karbon ayakizi CO ₂ (kg/kg) (x)	Geri kazanım potansiyeli (x)	Açıklama (Akma gerilmesi MPa ile)(x)
METALLER	Çelik	0,40-0,60	7,8-7,9	57-72	1,8	Yüksek	(250-1755) Demir yerkabuğunda 4. element
	Bakır alaşımı	1,72-1,93	8,93-8,94	100-130	3,7	Yüksek	(45-330) Bronz çağı M.Ö. :3000-1000
	Çinko alaşımı	0,90-2,90	5,5-7,2	50-145	4,1	Yüksek	(50-450) Buharı toksiktir. Pirinç alaşımı (Cu-Zn)
	Nikel alaşımı	4,30-28,60	7,65-9,3	400-690	12	Yüksek	(70-2100) Toksik metal, süper alaşım girdisi
	Şekil Bellek Alaşımı		6,42-6,47	320-380	23	Yüksek	(195-690) NiTi, CuZnAl, Biyomedikal uygulamaları
	Titanyum alaşımı	21-28	4,36-484	750-1250	46	Yüksek	(172-1245) Yerkabuğunda 8. element
	Magnezyum alaşımı	2,60-11,40	1,73-1,95	300-500	35	Yüksek	(65-435) Yerkabuğunda 5. element
	Alüminyum alaşımı	1,30-5,70	2,50-2,95	235-335	13	Yüksek	(30-510) Yerkabuğunda 3. element
POLİMERLER	PE (Polietilen)	1,10-4,0	0,92-1,4	104-114	2,8	Yüksek	(8-31) Ev eşyaları, yiyecek ambalajları
	PVC (Polivinilklorür)	1,0-1,2	1,3-1,58	77-83	2,5	Yüksek	(35-52) Termal giderme, HCl gazı çıktısı verir
	PP (Polipropilen)	0,90-1,00	0,89-0,92	76-84	3,1	Orta	(21-37) 1958'de ticarileşti, yıllık büyüme %10'dur
	PET (Polietilen Tet.)	1,25-2,5	1,19-1,81	89-95	3	Yüksek	(30-40) İçecek kutuları, O ₂ geçirgenliğine sahip
SERAMİKLER ve CAMLAR	Alumina (%97,5)	4-12	3,7-3,8	150-200	2,8	Düşük	(1400-1600) Yalıtkan malzeme, çok sert, safir
	Cam (soda)	0,7-1,0	2,4-2,5	20-25	0,8	Yüksek	(31-35) En eski malzeme, NaO+CaO+SiO ₂ bileşiği
	Cam fiber	1,6-3,2	2,5-2,6	62-69	3,5	Düşük	(1900-2050) Aramid ve karbon liflerden ucuz
KOMPOZİTLER	GFRP	9-20	1,75-1,95	250-300	10	Düşük	(200-500) Yüksek mukavemet ve dirençlilik
	CFRP	50-61	1,55-1,6	600-800	35	Düşük	(500-1050) Spor ve havacılık uygulamaları

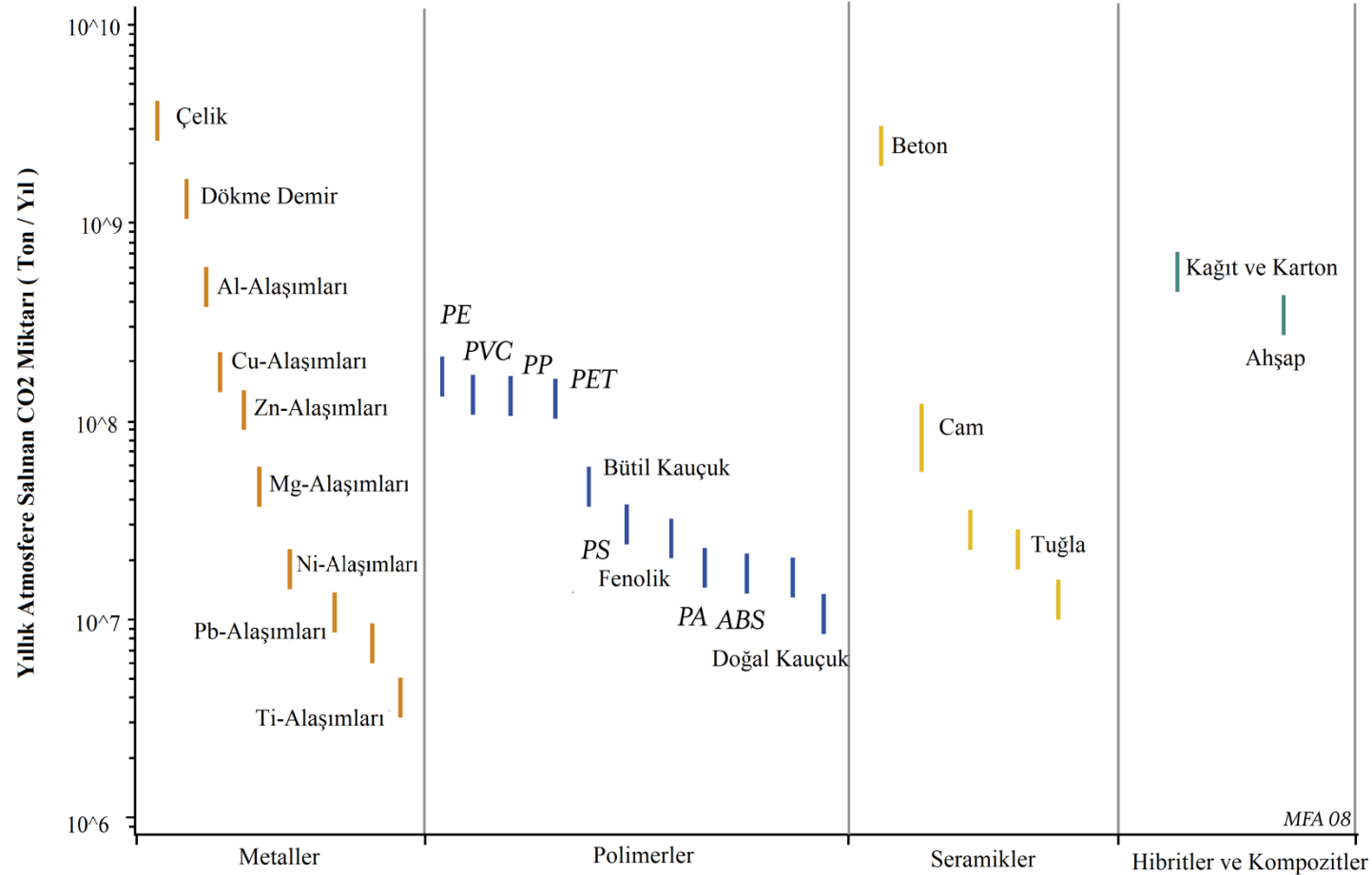
(x) A. Mike, J.Kara, "Materials and Design : The Art and Science of Material Selection in Product Design ", Elsevier , s: 80-83, 255-299, 2014.

- **Enerji gömülü değildir, kitle malzeme niteliği sağlanana dek malzemeye yüklenmiştir ve geri kazanılabilir.**
- Alüminyum, magnezyum ve titanyum en yüksek iç enerjiye sahiptir (Ti için 1000 MJ/kg civarı).
- Polimer malzemelerde iç enerjiler 100 MJ/kg mertebelerindedir.
- Hafif alaşımlar (250-1250 MJ/kg)
- Çelikler için verilen yüklü enerji bandı 57-72 MJ/kg aralığında iken,
- Alüminyum için yüklü enerji bandı 235-335 MJ/kg aralığındadır.

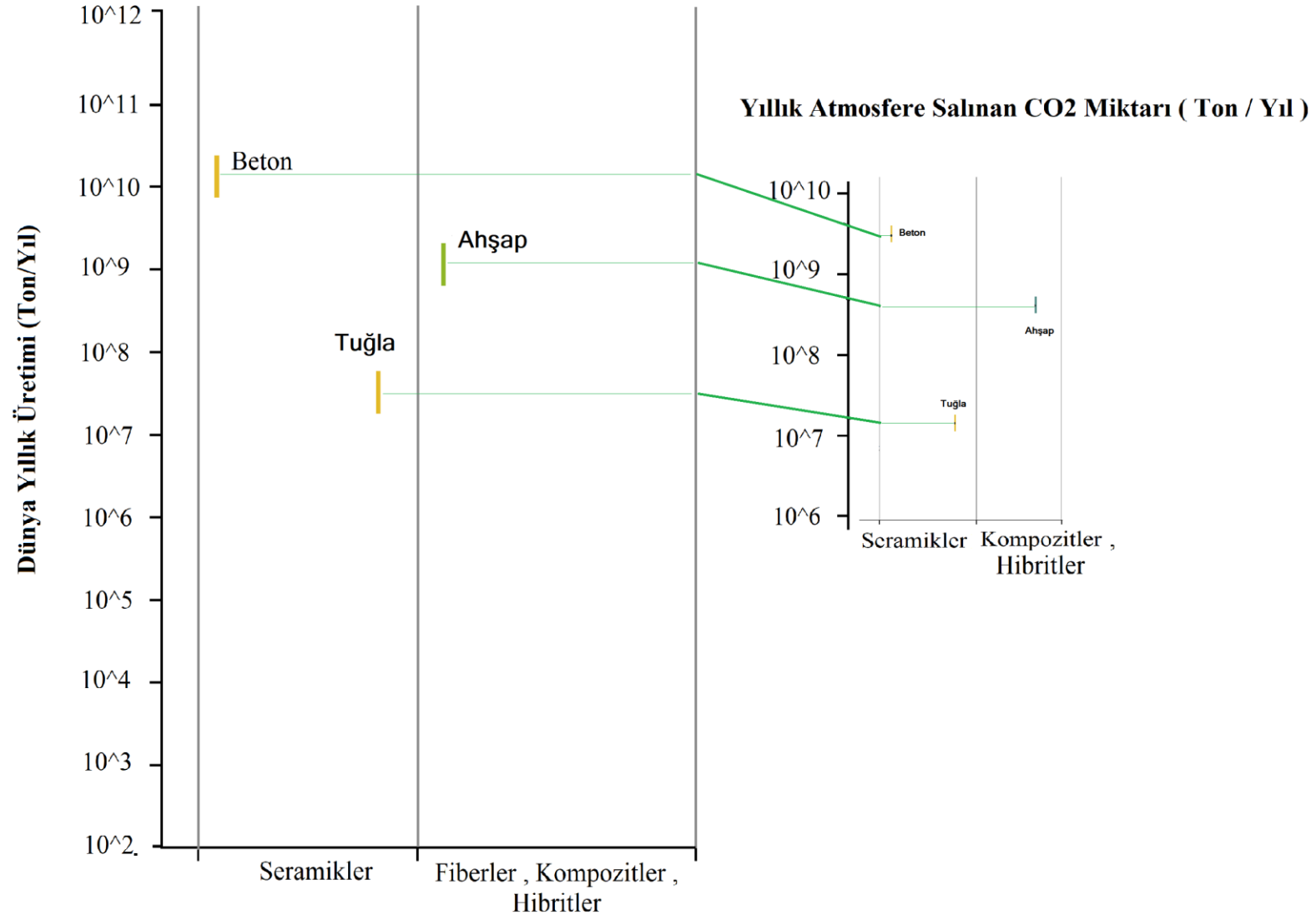
MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ

- 10 kitle malzemenin toplam CO₂ emisyon çıktısı 10 milyar ton.
- Ortalama 1 ton kitle malzeme → 0,5 ton emisyon (0,5 Ton CO₂ /1 Ton malzeme).
- Yüksek tonajlı **4 metal** (demir-çelik, alüminyum, bakır ve çinko) → 5 Ton CO₂ /1 Ton metal
- **5 polimerde** oran 2/1 (2 Ton CO₂ /1 Ton plastik).
- **Seramikler** ve betonda oran oldukça düşüktür(0,2/1 ile 1/1)
- **Kompozitler** (melez malzemeler), kerestede oran 0.1/1'den azdır (0,1 Ton CO₂ /1 Ton kereste).
- 7,2 ton/yıl/kişi malzeme ayak izi sürdürülebilirlik üst değeri ve 1,6 ton/kişi/yıl CO₂ emisyon sınır değeri ilişkisi asla ıskalanmamalıdır.
- CO₂ emisyonunda hafif alaşımlardan alüminyum öne çıkmakta → birincil yerine ikincil (hurda kaynaklı) üretim önemlidir.

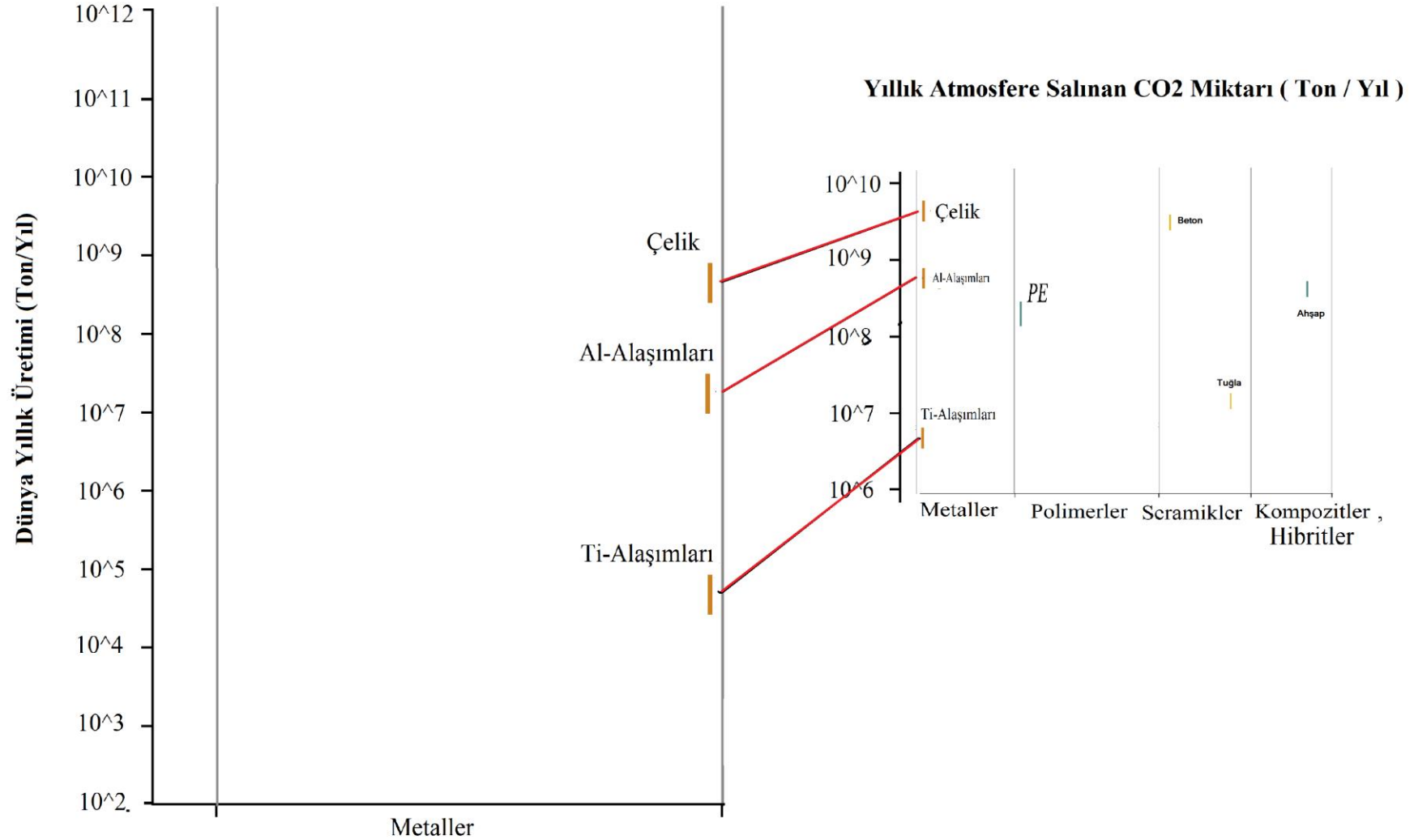
MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ



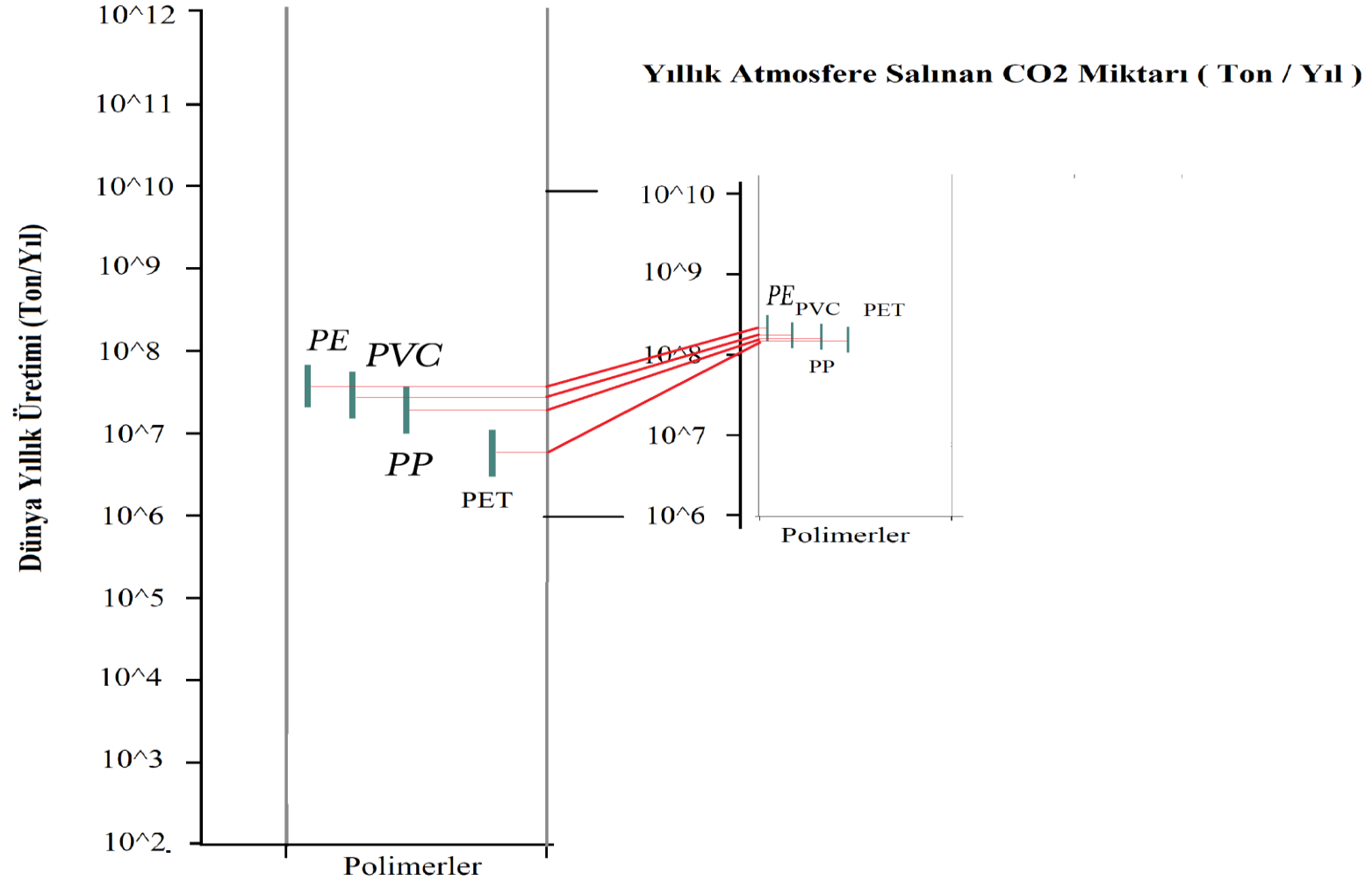
MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ



MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ



MALZEMELER: ENERJİ YÜKLERİ ve KARBON AYAKİZLERİ



ALÜMİNYUM

- OECD Raporu: çelik ve alüminyumun endüstrileri toplam emisyon çıktısını 2006 yılı için, 2.560 milyon ton
- 33 milyon tonluk birincil alüminyum endüstrisi payı 410 milyon ton SG (300 milyon ton, farklı referans)
- ~12,5 kg CO₂-e çıktı/kg alüminyum için (9 kg CO₂-e /kg Al, farklı referans)
- 1.250 milyon ton çelik için, CO₂ -e çıktısı 2.130 milyon tondur (~1,7 kg CO₂-e çıktı/kg çelik).

Üretim adımı:	Madencilik (CO ₂ /t Al)	Rafinasyon (CO ₂ /t Al)	Anodizasyon (CO ₂ /t Al)	Smelting (CO ₂ /t Al)	Madencilikten Yan Ürün (CO ₂ /t Al), (%) ¹
Proses			388	1582	1970, (21,3)
Yakıtlar	16	754	135	133	1038, (11,2)
Perfluroc arbons (PFC)				960	960, (10,4)
Elektrik		58	63	5147	5268, (57,0)
Genel toplam	16	812	586	7822	9236
Toplamda Yüzde	0,17	8,79	6,34	84,69	(100)

¹ Madencilikten ergitmeye yüzde toplam, CO₂e/t Al (9236 Kg)

Kaynak : "OECD Environment Directorate", OECD, 25-27 Ekim 2010, Mechelen, Belçika

ALÜMİNYUM

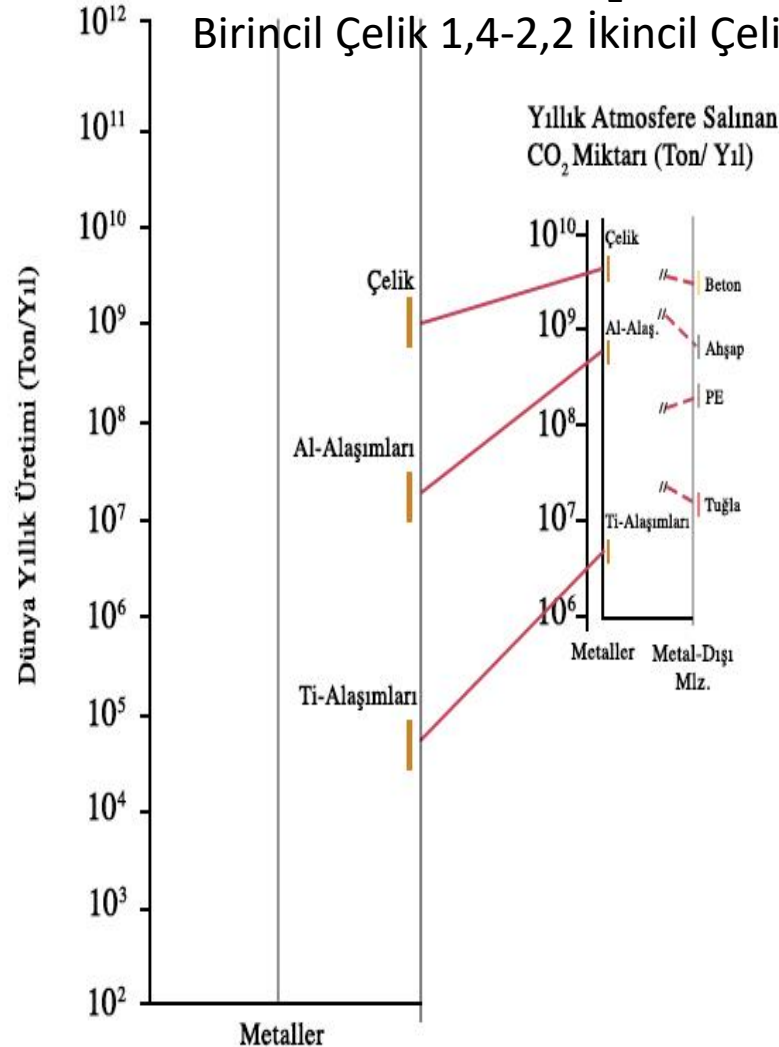
2014 ÖNCESİ

x1 milyar ton çelik bandına karşılık gelen 3 milyar ton CO₂ emisyonu.

x50 milyon ton alüminyum alaşım bandı da ortalama 500 milyon ton CO₂ emisyonuna karşılık gelmektedir.

2014 SONRASI

Malzeme Ayakizi (CO₂/X) (kg/kg) : Birincil Al 6-8 İkincil Al 0,6-1
Birincil Çelik 1,4-2,2 İkincil Çelik 0,4-0,6



Ashby Mike, Johnson Kara "Materials and Design : The Art and Science of Material Selection in Product Design ", Third Edition , Elsevier, 2014, s.: 80-83, 255-299.

Çin için 2 ton CO₂/1 ton çelik C ayak izi verilmiştir. Çeliğin Şanghai'dan NewYork'a gemi ile transferi sırasında +0,3 ton ilave emisyon kaydedilir.

SONUÇLAR

- Emtia fiyatları, savaş ve salgın dönemleri hariç, son 150-200 yıldır sürekli düşüş göstermiştir.
- Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) göre 2020’de küresel elektrik enerjisinde %9 olan rüzgar ve güneş payı, 2050’de karbon nötr hedefi için %70’lere tırmanacaktır.
- Bu gerçeklik emtia maddeleri ve fiyat hareketlerini de biçimlendirecektir.
- Yeşil enerjiye yönelimin artması özellikle metal talebini de yükseltmektedir.
- Yenilenebilir “yeşil enerjiler”, “**yeşil metallere**” tanımını da literatüre katmıştır.
- **Alüminyum, Kobalt, Bakır, Lityum, Nikel, Gümüş Çinko**
- Küresel ölçekte yüksek tonajlı orta teknoloji 10 farklı malzeme üretiminin (ve tüketiminin) kişi başına düşen oranı 3 Ton/yıla yakındır.
- İkincil alüminyum, proses hurdası (yeni hurda) kullanım ömrünü doldurmuş hurda (eski hurda) ve cüruftan üretilir.

SONUÇLAR

- Alüminyum alaşımları ve çelik gibi birçok malzeme üretimleri sırasında ağırlıklarından fazla CO₂ emisyonu salar (Yüksek karbon ayakizi).
- 1 ton ikincil alüminyum üretiminde salınan CO₂-e 0,6 ile 1 ton arasındadır .
- 1 ton alüminyumun, yeniden ergitilmesi (ikincil) ile birincil üretim sürecine göre yaklaşık olarak 8800 kg daha az CO₂ eşdeğeri kirli gaz çıkar.
- Tekrar ergitilen alüminyumun %60'ı yeni hurda niteliğindedir .
- Enerji girdisi ve sera gazı çıktısı yönüyle çok uygun ve ekonomik olan ikincil alüminyum üretimi kalite değeri arttırılarak teşvik edilmelidir.
- Araba kullanan ve et yiyen insanoğlu enerji obur, malzeme obur yaşam tarzını değiştirmeli ve doğa dostu olmalıdır.
- TEŞEKKÜR: Çizimler için için yardım aldığım öğrencim F. Zehra Yolcu'ya teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- “Green commodities”, The Economist, March 26th 2022, 61-63.
- F. Yılmaz, “Malzeme Araştırmaları Ve Eđitiminde Yeni Aılımlar”, TMMOB Metalurji ve Malzeme Dergisi, <https://www.metalurji.org.tr> › dergi › dergi 141PDF (Mayıs 2022)
- A.Baker, “Make Mining green”, TIME, April 25/May 2, 2022, 54,55.
- “China and commodities”, The Economist, March 26th 2022, 65,66.
- “Material moves”, The Economist, January 29th 2022, 60,61.
-
- “The Anthropocene”, The Economist, 3, September 2016, s. 69.
- “The Anthropocene should bring awe-and act as Warning”, Time , 12-19, September 2016, s. 8.
- Peek, Kate, “Timeline: When did the Antropocene Begin”,Scientific American, September 2016.
- W.O’Neil ,Daniel ve ark. , “A good life for all within planetary boundaries”, Nature Sustainability, Vol 1, February 2018, page 88-95.
- Fischetti, Mark ve ark ., “A good life for all”, Graphic Science, Scientific American June 2018, page 80.
- Worland, Justin, “Climate catastrophe seen just 12 years away, Time, October 22, 2018, p:10
- Jonathan Watts, UN Climate report, The Guardian Weekly, 12 October 2018, p:17
- Global Warming, The Economist, October 13th 2018, p:68,69
- <https://www.footprintnetwork.org/> (December 2018)
- “Energy efficiency”, “Green around the edges”, The Economist, 11, April 2015.
- “Renewable Energy”, The Economist, 13, June 2015.
- “The Tempeture Rises” , The Economist , October 13th 2018, p:12

Prof. Dr. Fevzi Yılmaz
f.yilmaz@fsm.edu.tr



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



**FATİH
SULTAN
MEHMET
VAKIF ÜNİVERSİTESİ**



Alüminyum Test, Eğitim ve Araştırma Merkezi



Gelişmiş Alüminyum
Sanaatçileri ve İşadamları Derneği



İSTANBUL DEMİR VE DEMİR DİŞİ METALLER
İHRACATÇILARI BİRLİĞİ

TEŞEKKÜR EDERİZ

Mayıs 2022

Hizmet Detayları
aluteam.fsm.edu.tr

Bilgi ve İletişim:
0212 5218100 Dahili: 4373
aluteam@fsm.edu.tr; aluteamlab@fsm.edu.tr

Alüminyum Sektörü Enerji Verimliliği Dijital Arayüzü Geliştirilmesi ve ALUTEAM Yetkinliğinin Arttırılması Projesi İSTKA tarafından desteklenmektedir. İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen Alüminyum Sektörü Enerji Verimliliği Dijital Arayüzü Geliştirilmesi ve ALUTEAM Yetkinliğinin Arttırılması Projesi kapsamında hazırlanan bu yayının içeriği ile ilgili tek sorumluluk FSMVÜ'ne ait olup İSTKA veya T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının görüşlerini yansıtmamaktadır.