

LUBE DAY 2024

**Transizione energetica, Carbon footprint e lubrificazione:
calcolo, gestione ed esperienze di filiera**

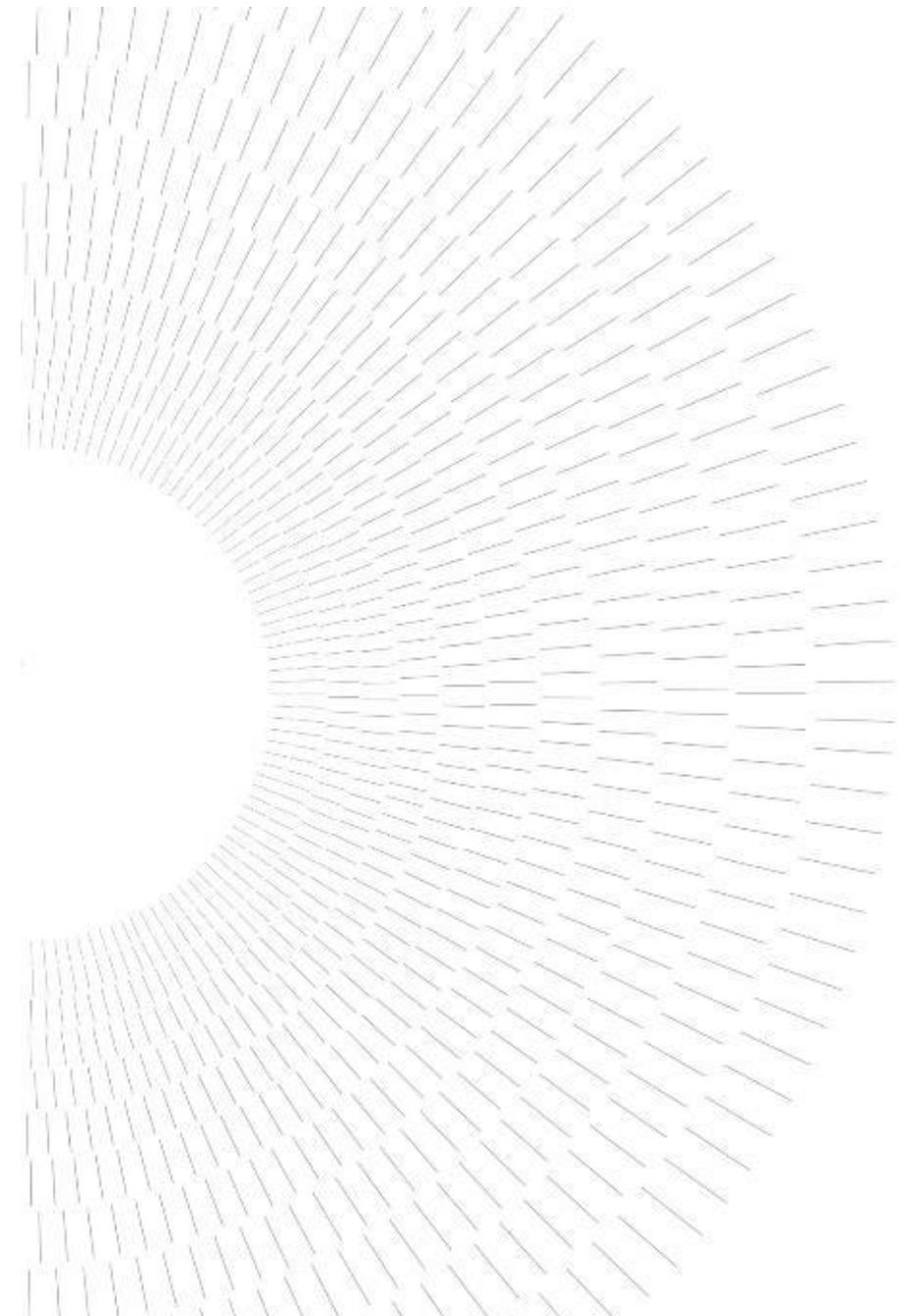
martedì 29 ottobre 2024 Via Giovanni da Procida, 11 - Milano



POLITECNICO
MILANO 1863

Carbon footprint: come e perché

Prof. Davide Bonalumi, Ph.D. – Dipartimento di Energia

- 
- ❖ Panoramica emissioni di CO₂ e gas serra
 - ❖ Obiettivi di decarbonizzazione
 - ❖ Life Cycle Assessment
 - ❖ Esempio – mobilità
 - ❖ Conclusioni

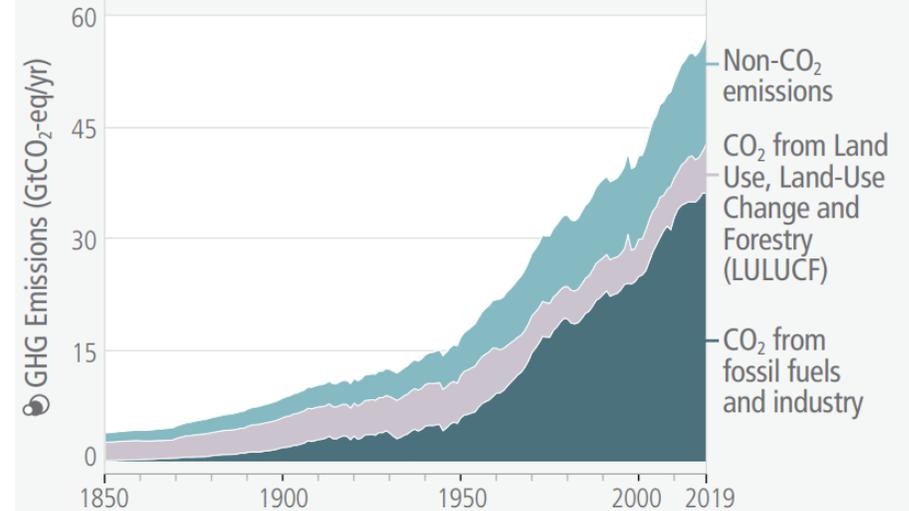
Emissioni di CO₂ e conseguenze climatiche proposte da IPCC

Aumento delle emissioni di GHG

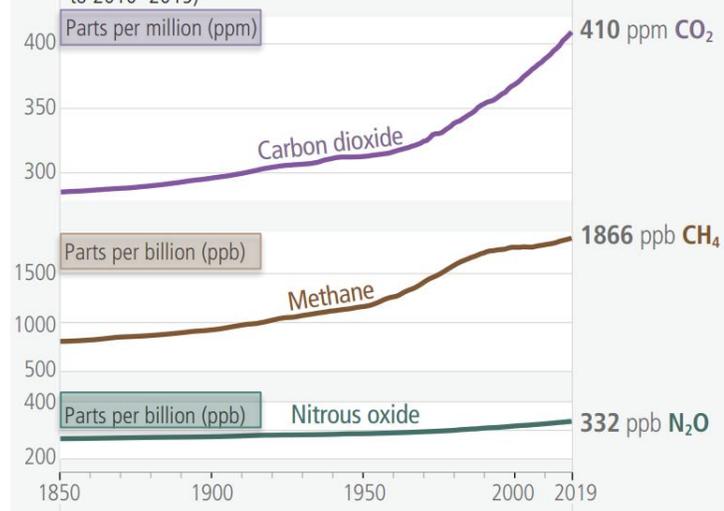
Incremento delle concentrazioni di GHG

Aumento della temperatura globale

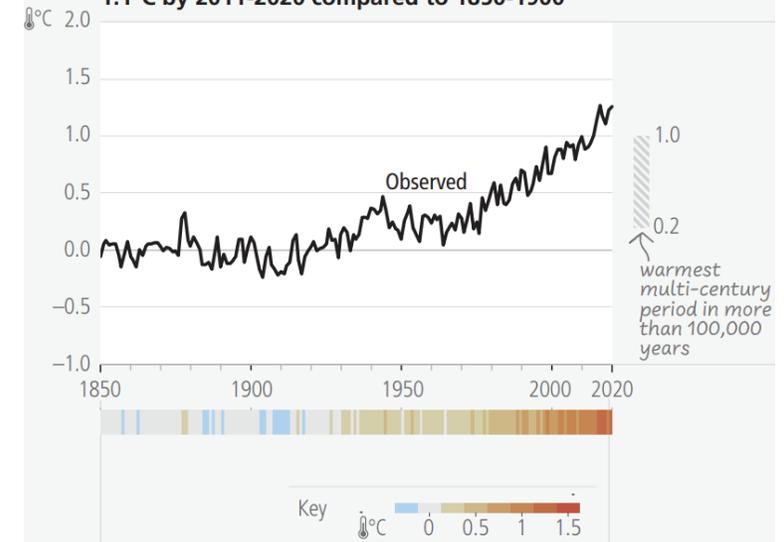
Greenhouse gas (GHG) emissions resulting from human activities continue to increase



Concentrations of GHGs have increased rapidly since 1850 (scaled to match their assessed contributions to warming over 1850–1900 to 2010–2019)



Global surface temperature has increased by 1.1°C by 2011–2020 compared to 1850–1900

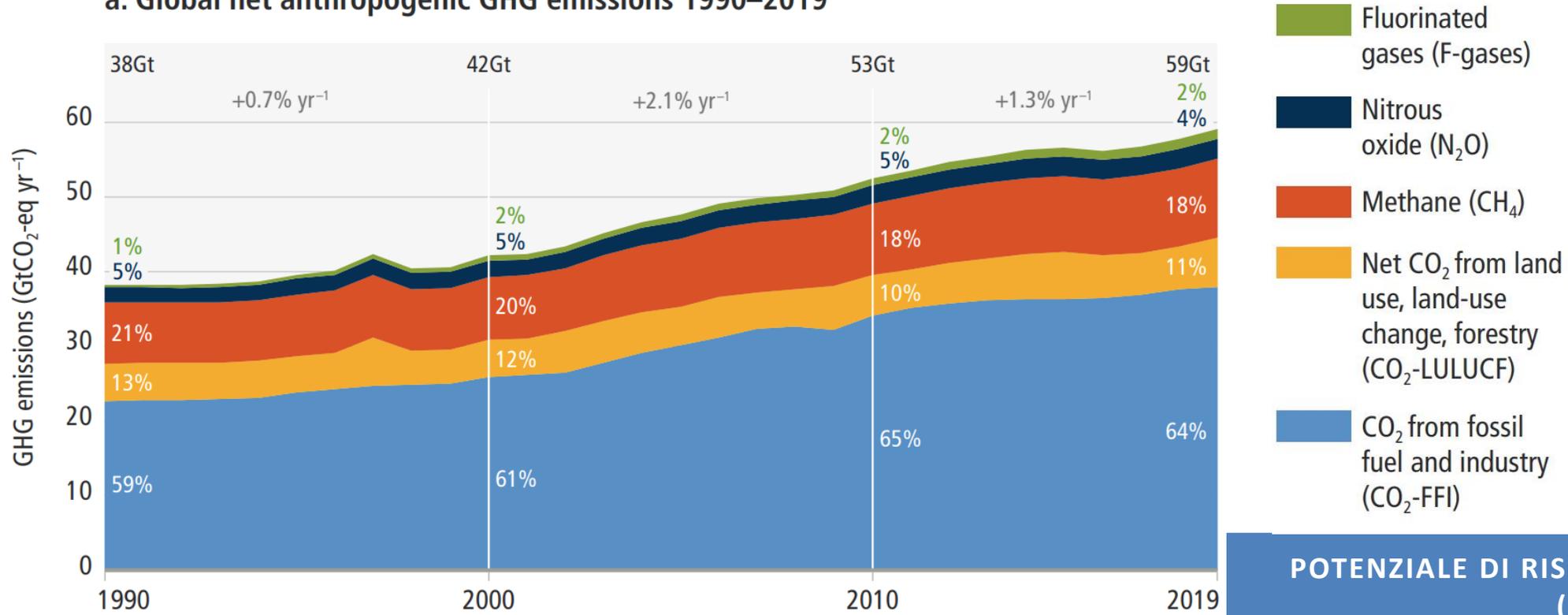


IPCC, Climate Change 2023



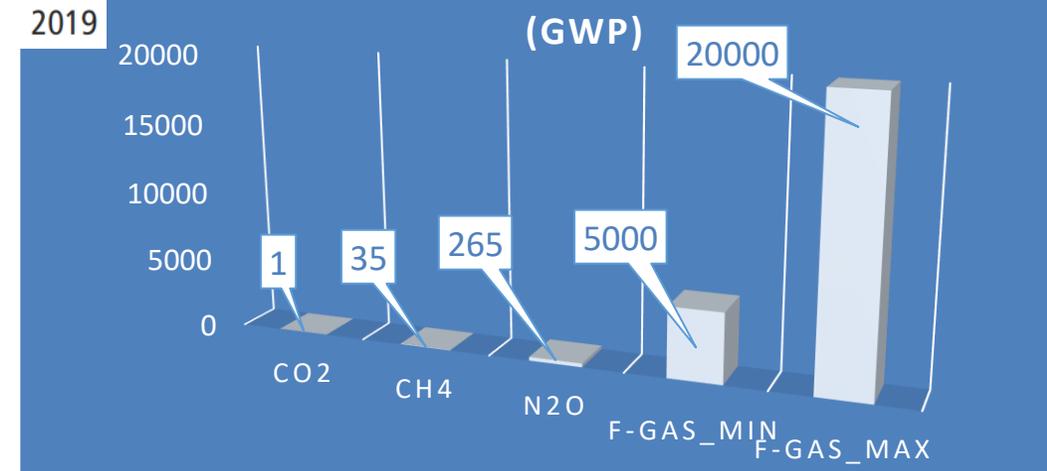
Emissioni globali, regionali e nazionali di Gas-serra (GHG)

a. Global net anthropogenic GHG emissions 1990–2019 ⁽⁵⁾



IPCC, Climate Change 2022

POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE (GWP)

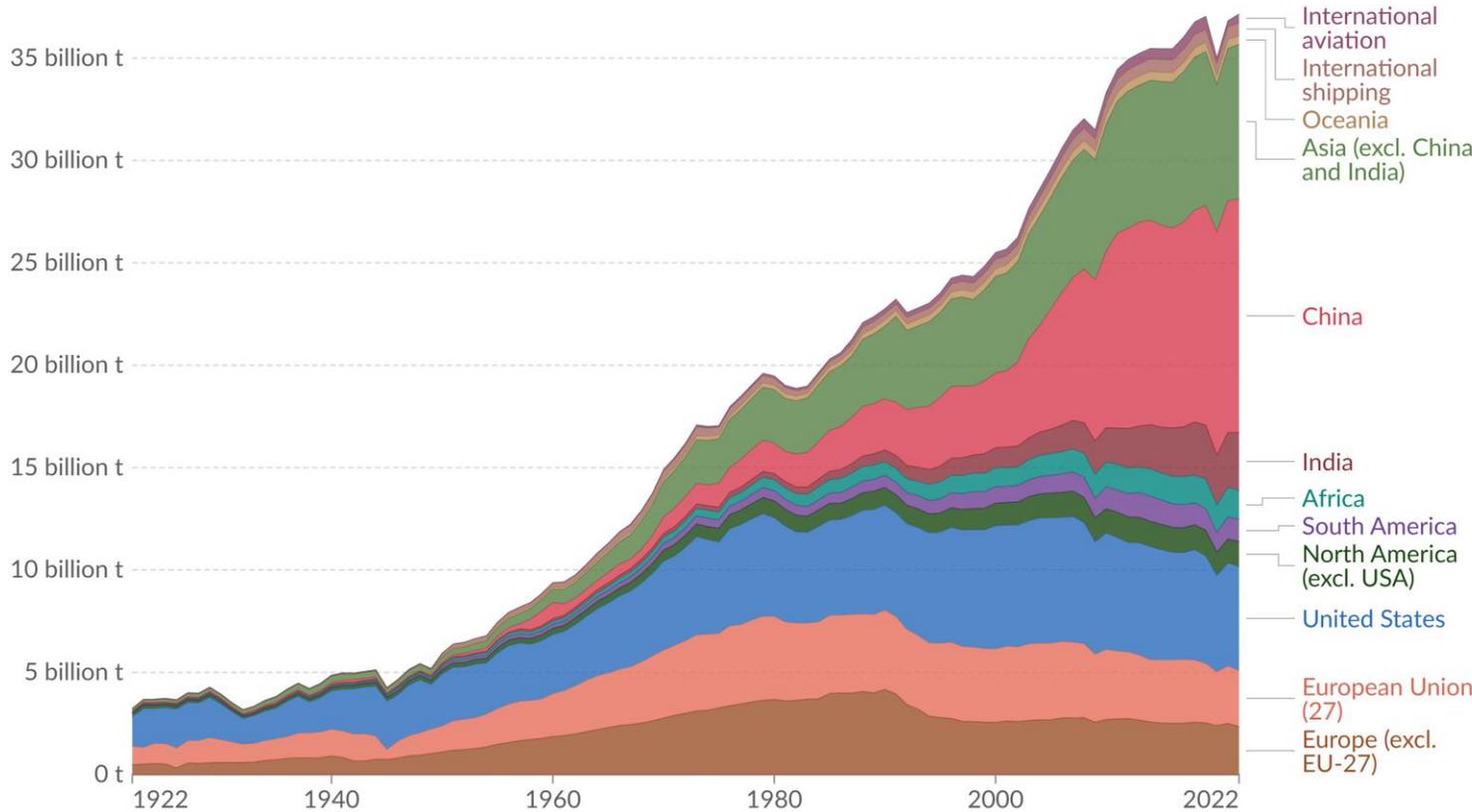


Emissioni globali e regionali di CO₂

Annual CO₂ emissions by world region

Emissions from fossil fuels and industry¹ are included, but not land-use change emissions. International aviation and shipping are included as separate entities, as they are not included in any country's emissions.

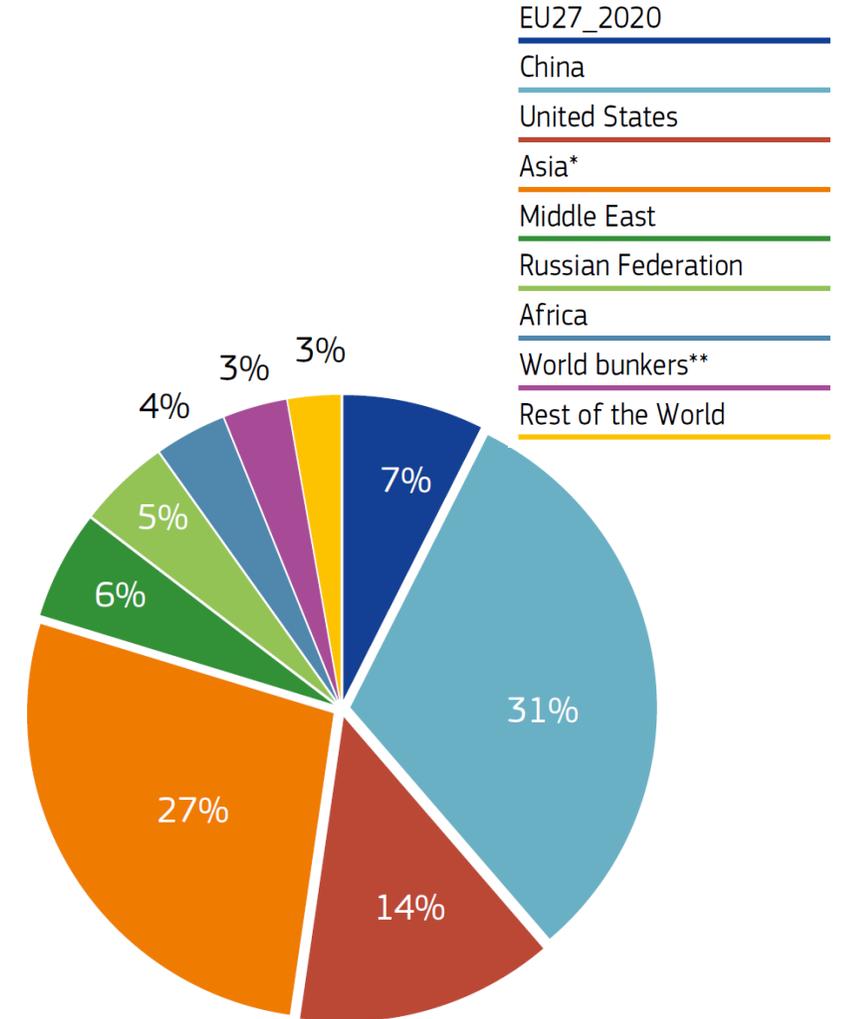
Our World
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2023)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. **Fossil emissions:** Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.



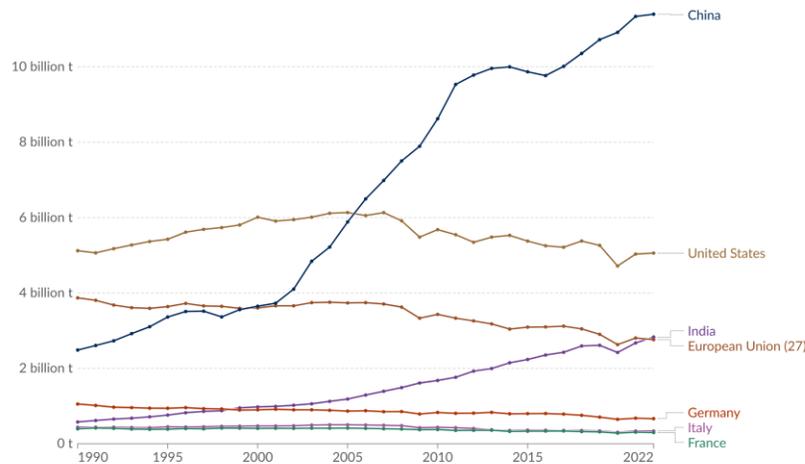
European Union. Eu Energy in figures 2024

Emissioni globali, regionali e nazionali di CO₂

Global-Regional CO₂ Absolute

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



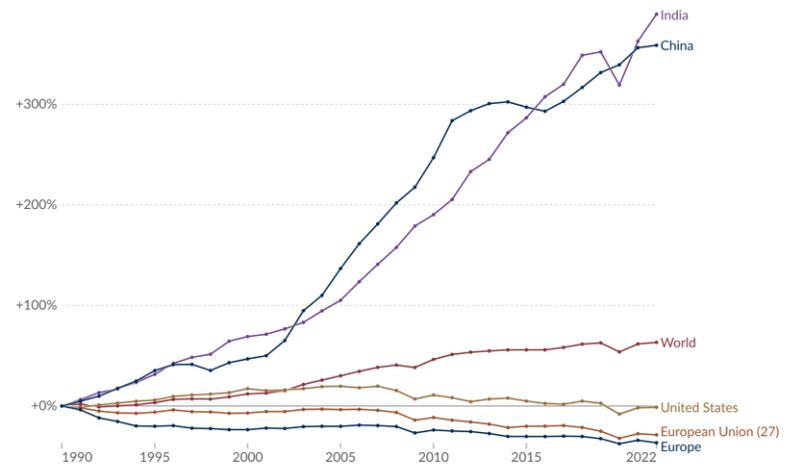
Data source: Global Carbon Budget (2023) OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

Global-Regional CO₂ Variation

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



Data source: Global Carbon Budget (2023) OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

European-National CO₂ Variation

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.



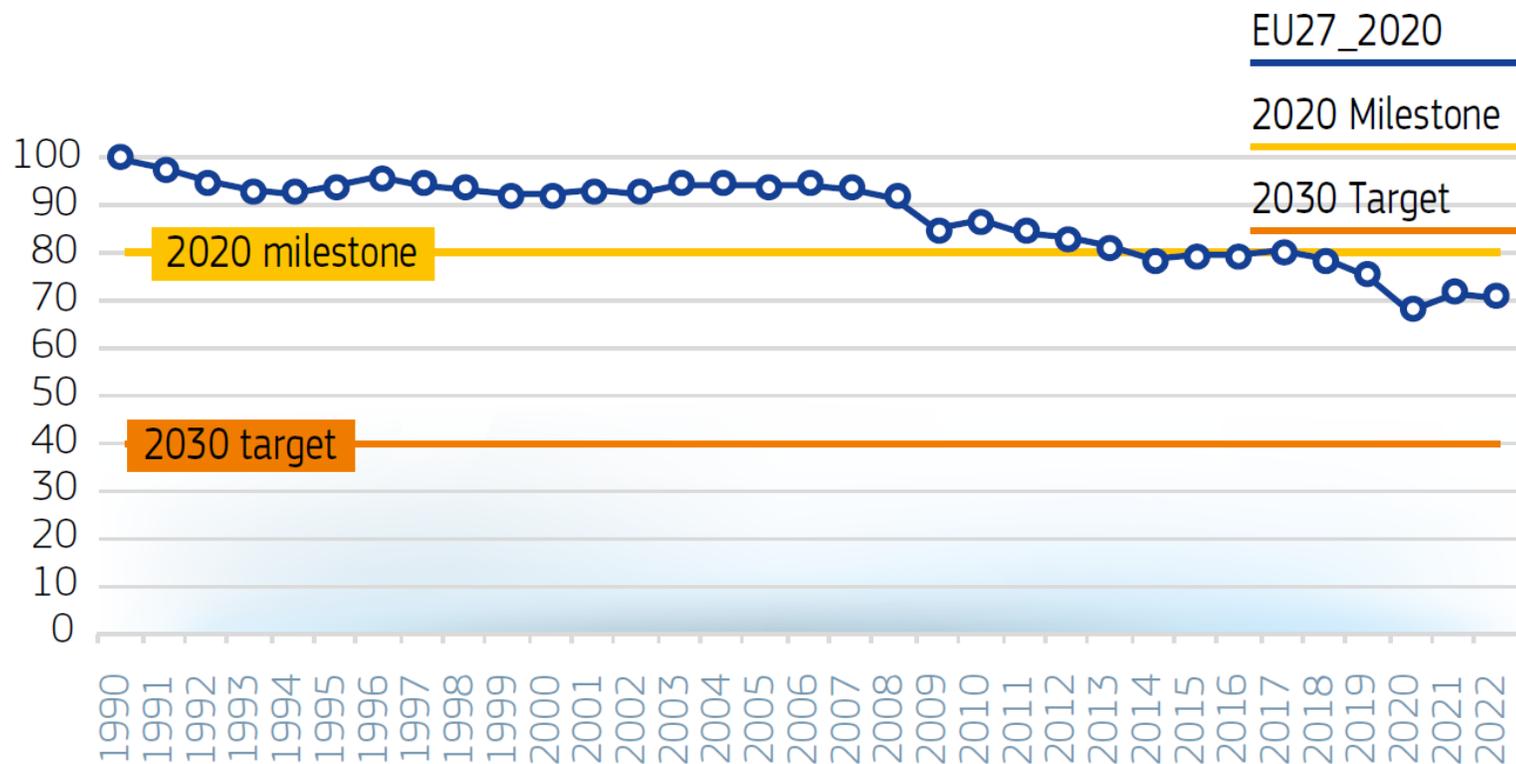
Data source: Global Carbon Budget (2023) OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.



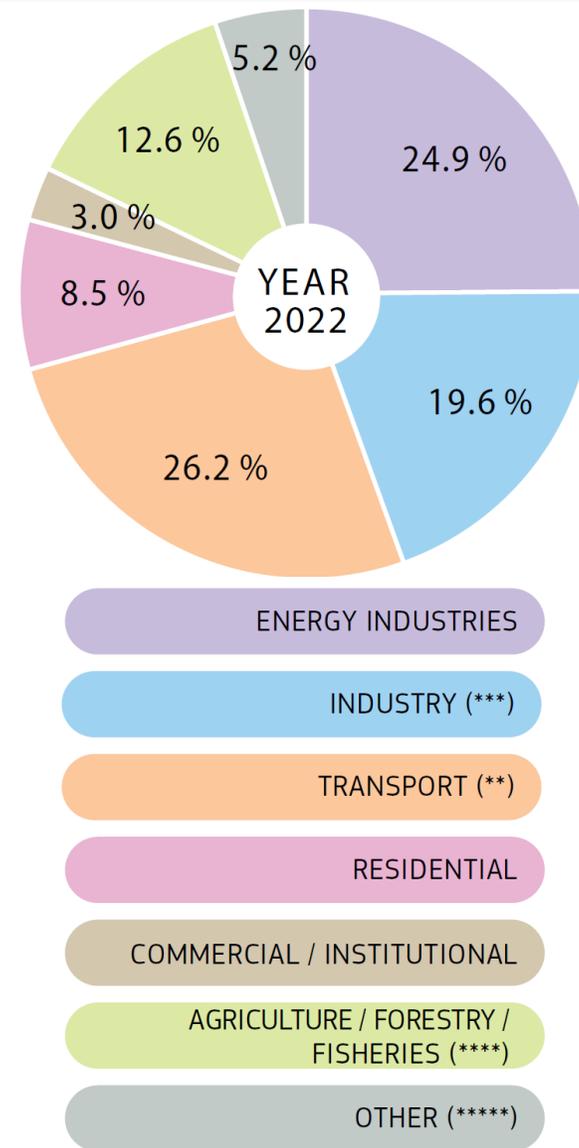
Emissioni globali, regionali e nazionali di CO₂ eq

EU27_2020: GHG EMISSIONS (index100=1990) 1990 - 2022



*milestone for EU27_2020, based on the target for EU28

European Union. Eu Energy in figures 2024



European Union. Eu transport in figures. 2024

Come decarbonizzare il settore industriale

Valutazione dell'impronta carbonica delle aziende (Carbon footprint – CFP)

Nell'ambito della sostenibilità aziendale è di riferimento il protocollo Greenhouse Gas (GHG), sviluppato dalla collaborazione tra il World Resources Institute (WRI) e il World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), in cui sono stati definiti:

SCOPE 1-2-3



Le emissioni nell'ambito 1 – SCOPE 1

Sono i gas a effetto serra che un'azienda immette direttamente nell'atmosfera con le proprie proprietà.

Ad esempio, quando un'azienda brucia petrolio o gas naturale (combustibili fossili) per riscaldare i propri edifici, alimentare i processi produttivi, questi combustibili creano gas a effetto serra.



Le emissioni nell'ambito 2 – SCOPE 2

Derivano dall'elettricità che l'azienda acquista dalla rete elettrica. Si tratta di emissioni “indirette” che avvengono in centrali elettriche (distanti). Tuttavia, come per le emissioni dell'ambito 1, l'azienda ne è considerata unicamente responsabile: se usasse meno elettricità, ci sarebbe meno domanda di fonti energetiche (fossili) che emettono gas-clima-alteranti.



Le emissioni nell'ambito 3 – SCOPE 3

Comprendono tutte le altre fonti indirette di gas serra derivanti dalle attività dell'azienda.

Queste possono essere legate alla gestione quotidiana dell'azienda: ad esempio, se i dipendenti di un'azienda si recano al lavoro in macchina, la benzina che consumano rientra nell'ambito 3.

Possono essere legate ai materiali e alle forniture che l'azienda acquista, come quando un'azienda automobilistica acquista l'acciaio: la produzione di quell'acciaio crea alcuni gas a effetto serra. Oppure le emissioni possono derivare da prodotti finiti, come quando un'azienda automobilistica vende un'auto, che poi viene riempita di combustibile, creando altre emissioni di ambito 3.



Categorie di emissioni per SCOPO 3

1. Beni e servizi acquistati
2. Beni strumentali
3. Emissioni a monte legate ai combustibili e all'energia
4. Trasporto e distribuzione a monte
5. Rifiuti
6. Viaggi di lavoro
7. Pendolarismo dei dipendenti
8. Beni in leasing a monte
9. Trasporto e distribuzione a valle
10. Lavorazione dei prodotti venduti
11. Utilizzo dei prodotti venduti
12. Fine vita dei prodotti venduti
13. Beni in leasing a valle
14. Franchising
15. Investimenti



Gli attori per lo SCOPO 3

Le emissioni di **ambito 3** sollevano talvolta questioni spinose su chi sia “realmente” responsabile.

Ad esempio, un'automobile può creare emissioni di ambito 3 per il datore di lavoro del conducente, per l'azienda che ha prodotto l'auto e per l'azienda petrolifera che ha estratto il petrolio da raffinare in benzina. È una sorta di doppio (o triplo) conteggio? Sì,

Il datore di lavoro dell'automobilista può ridurre le emissioni rendendo più facile per i suoi dipendenti andare al lavoro a piedi o con i mezzi pubblici.

Il produttore di automobili può ridurre le emissioni rendendo le sue auto più efficienti dal punto di vista energetico.

La compagnia petrolifera potrebbe esplorare combustibili alternativi che producono meno impatto climatico quando vengono bruciati.



La misurazione delle emissioni per lo SCOPO 3

Un'altra sfida dell'ambito 3 è la misurazione.

Immaginiamo di nuovo la nostra azienda automobilistica che acquista acciaio. Non gestisce la fonderia dell'acciaio: come può essere sicura di quanti gas clima alteranti vengono creati per ogni tonnellata di acciaio che acquista?

Per l'azienda automobilistica occorre una “valutazione del **ciclo di vita** basata sul processo”, che coinvolga tutti i suoi fornitori, dal minerale grezzo all'acciaio pronto per l'uso, per sapere come viene prodotto l'acciaio e quanti gas clima alteranti vengono creati in ogni fase, calcolato per ogni tonnellata di acciaio.

Questa strategia richiede molto lavoro e dati, ma alla fine l'azienda può scegliere un acciaio meno inquinante e lavorare con i suoi fornitori per migliorare i loro processi.



Ridurre le emissioni – SCOPO 1 e SCOPO 2

- Per ridurre le emissioni dell'Ambito 1 (quelle generate dalle operazioni e dalle strutture di proprietà o controllate), le aziende devono migliorare l'efficienza dei loro processi e adottare le numerose soluzioni a basse o nulle emissioni di carbonio che già esistono.
- Per ridurre le emissioni dell'Ambito 2, le aziende possono approvvigionarsi di elettricità da fonti rinnovabili, stipulare contratti di acquisto di energia (PPA), installare impianti di produzione di energia rinnovabile in loco. Inoltre, le aziende dovrebbero elettrificare le attività che attualmente si basano sull'energia da combustibili fossili (dato che la maggior parte dei Paesi ha ora obiettivi di decarbonizzazione per le reti elettriche). Laddove le soluzioni a basse emissioni di carbonio sono proibitive o irrealizzabili, le aziende dovrebbero identificare le opportunità di transizione verso prodotti a basse emissioni di carbonio e nuovi mercati.



Ridurre le emissioni – SCOPO 3

Per ridurre le emissioni dell'Ambito 3, le aziende dovrebbero agire sulla gestione delle emissioni della loro catena di fornitura (a monte e a valle).

Lo sviluppo di **un'impronta aziendale** completa consente alle aziende di comprendere l'intero impatto delle emissioni sia in loco che lungo la catena del valore e di concentrare gli sforzi dove possono avere il maggiore impatto. Inoltre, si prepara a normative come il **CBAM** dell'UE, che richiede dati sulle emissioni della catena di fornitura, oltre ad avere uno strumento per determinare se quanti **crediti di carbonio** si devono acquistare.

Ad esempio: progettare i prodotti secondo il principio della circolarità, per ridurre le emissioni incorporate in tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, dalle materie prime alla lavorazione, fino all'uso e allo smaltimento del prodotto finale.

Chiedere e incentivare i fornitori a rendere note le proprie emissioni e a fissare obiettivi di zero emissioni. Integrare i dati sull'intensità delle emissioni di carbonio in tutto il processo di approvvigionamento, sia attraverso le impronte di carbonio dei prodotti (PCF) sia attraverso le impronte di carbonio aziendali.



Cos'è Life Cycle Assessment?

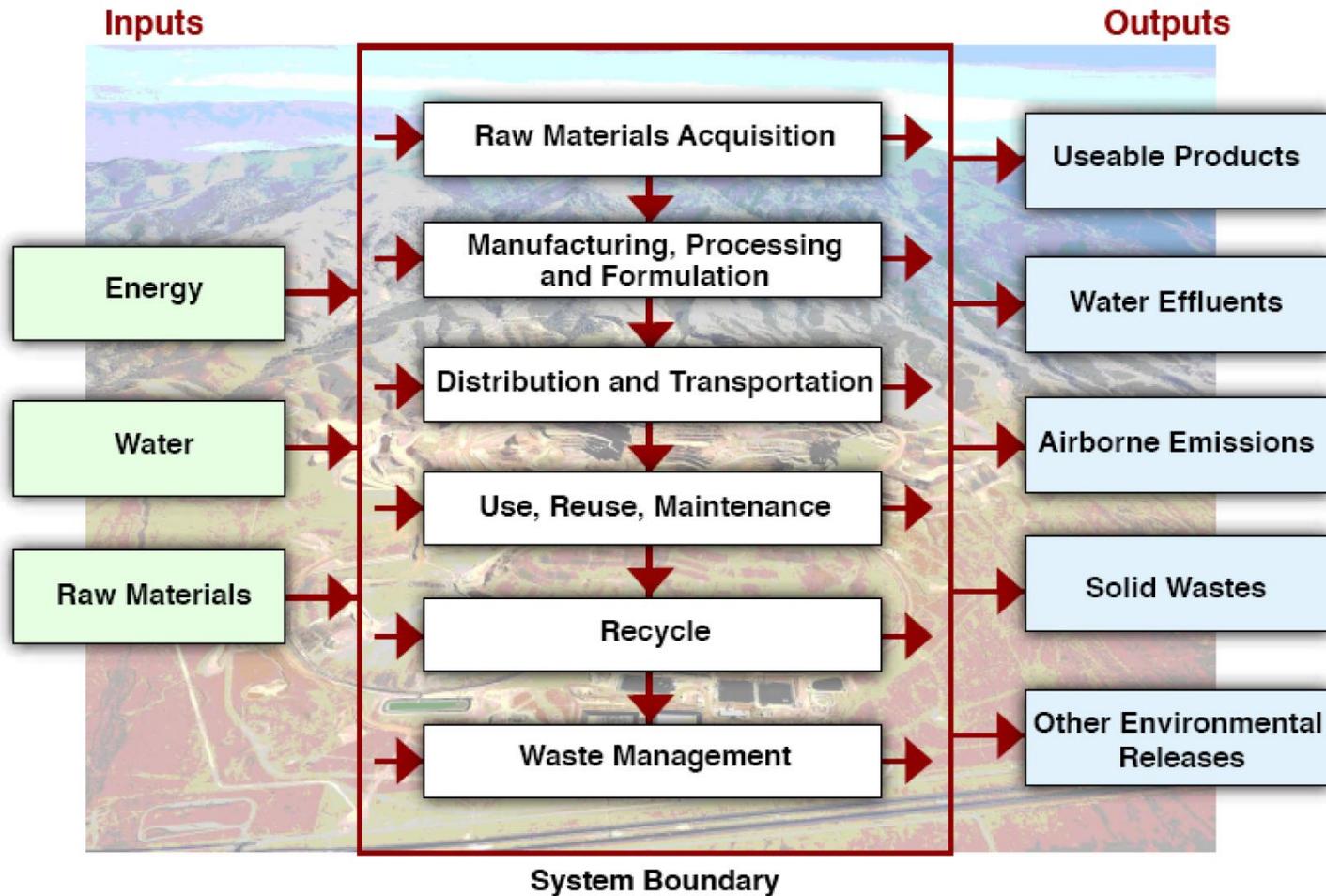
La valutazione del ciclo di vita (LCA) è un metodo utilizzato per valutare l'impatto ambientale di un prodotto durante il suo intero ciclo di vita - dall'acquisizione delle materie prime, al processo di produzione, all'utilizzo e infine allo smaltimento.

Lo scopo dell'LCA è identificare e valutare i potenziali impatti ambientali, come l'uso delle risorse e le conseguenze ambientali delle emissioni. Questo approccio considera l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla culla alla tomba.

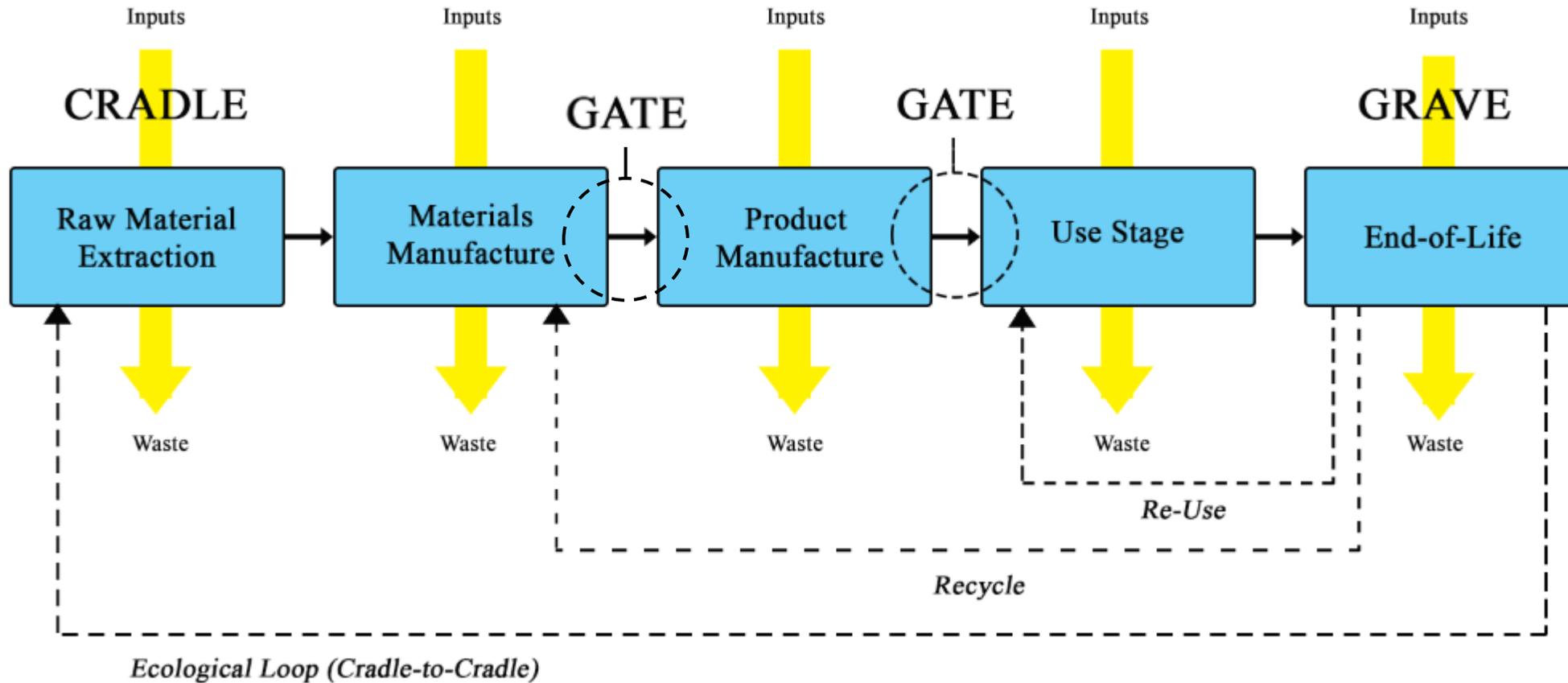
La norma ISO 14040:2006 fornisce indicazioni sull'applicazione dell'LCA.



LCA e misurazione dei flussi



Confini del sistema

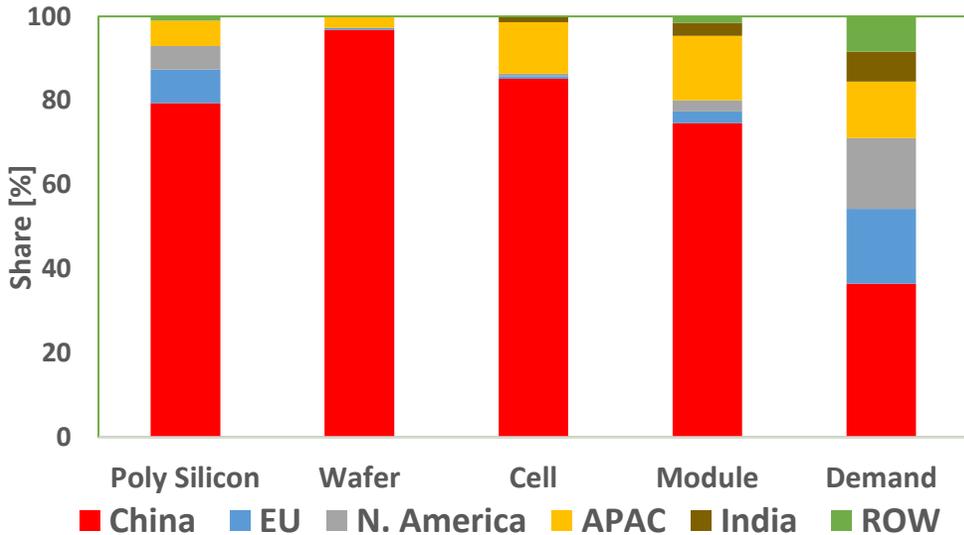
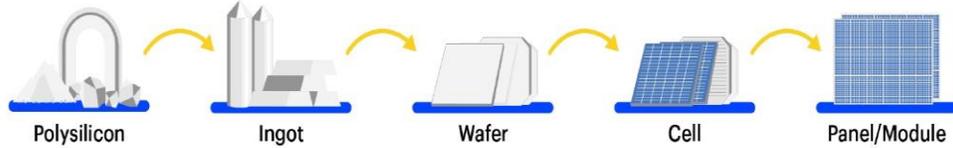


CARBON FOOTPRINT CASO STUDIO - MOBILITÀ

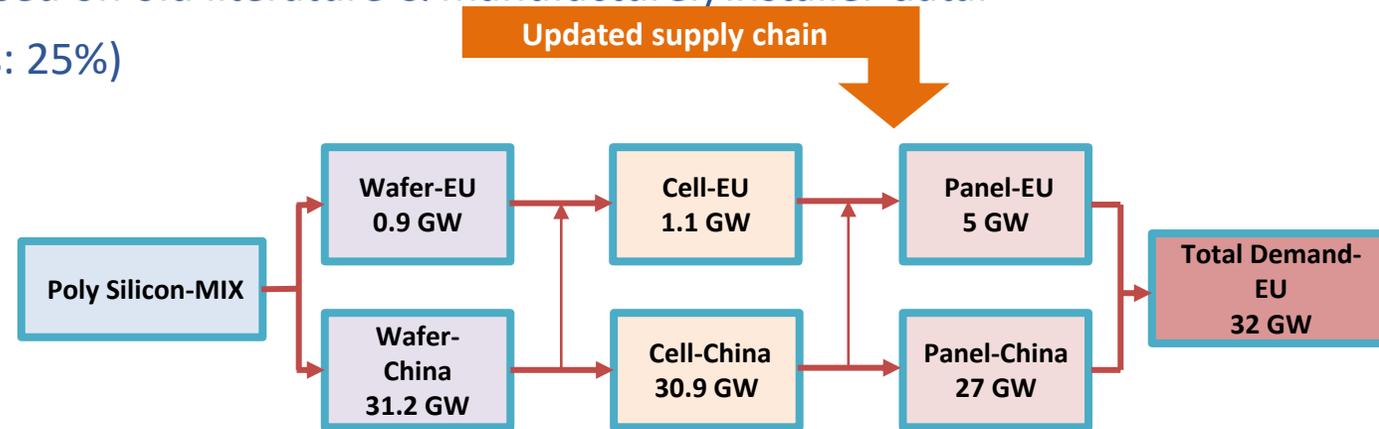
ATTIVITÀ POLITECNICO DI MILANO

LCI OF THE PV PLANT-ACTUAL & FUTURE INSTALLATIONS

- **ecoinvent 3.9** newest dataset: sampling procedure based on old literature & manufacturer/installer data.
- ecoinvent: less than 50% Asian panels (Chinese panels: 25%)
- Actual supply chain is considered (2021)
- Increase the share of Chinese products w.r.t ecoinvent*
- Conservative assumptions (APAC neglected)



*Asia-Pacific region countries



- Advancement in PV industry → New IEA LCI (2020)
 - Lower energy and material demand in manufacturing steps
- The market is updated according to IEA with a focus on panels used in Europe (2021) → Single-Si panels 400W
- Panels with higher efficiency

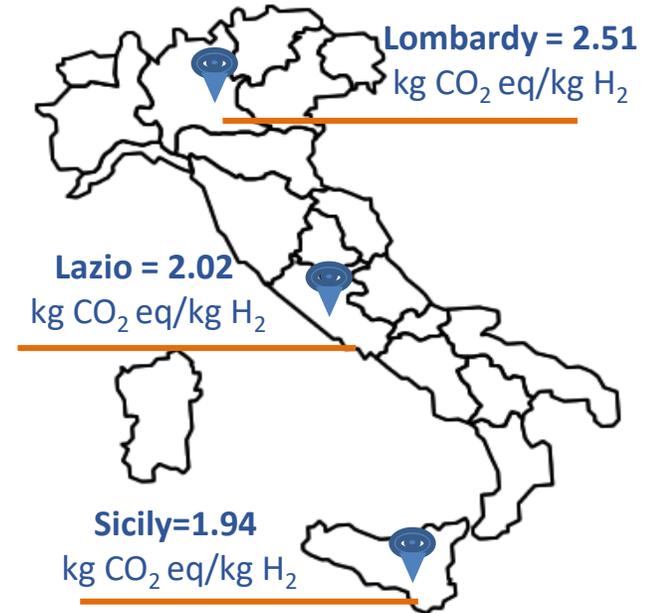
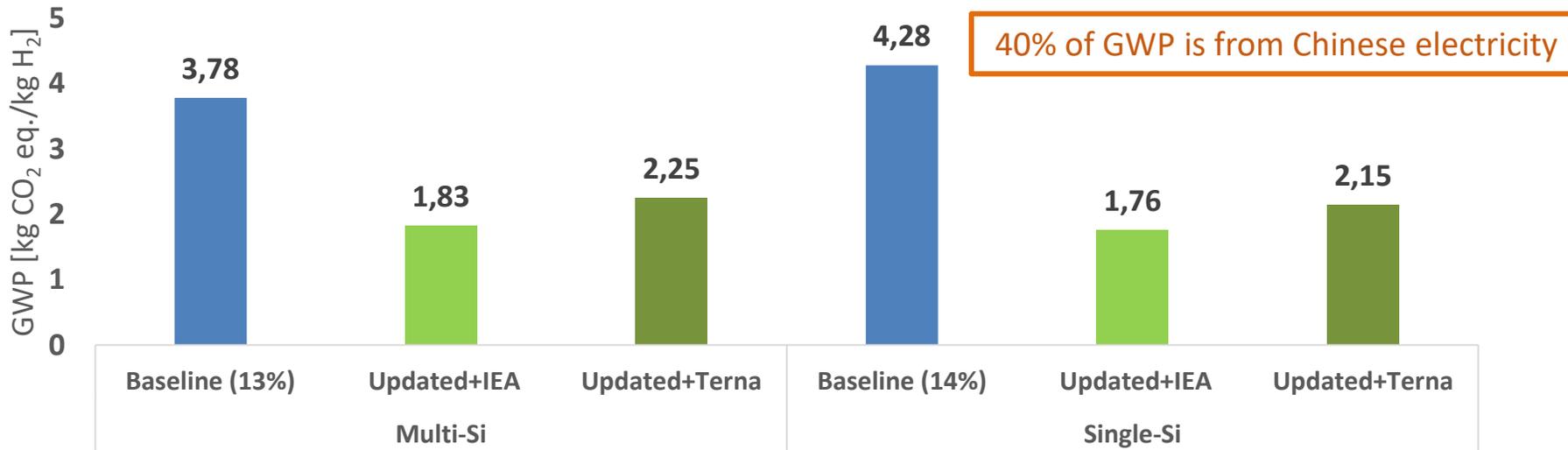
| Panel | Baseline | Updated |
|-----------|----------|---------|
| Multi-Si | 13% | 18% |
| Single-Si | 14% | 20% |

| Region- Eq. hrs | Baseline [hrs] | Updated [hrs] |
|-----------------|----------------|---------------|
| Italy | 1033 | 1376 or 1118 |

Source: 1. IEA (2022), Solar PV Global Supply Chains, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains>, License: CC BY 4.0 2. IEA (2020), Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems

PV UPDATE- RESULTS

- 1- Baseline scenario: default PV electricity from ecoinvent (lifetime=30years)
- 2- Updated scenario: Current PV supply chain (Chinese electricity mix during manufacturing), more efficient panels, lower energy and material consumption during manufacturing, real eq. hours according to IEA and Terna



- 52-60% (40-50%, Terna) reduction in GWP for Italy
- The adverse effect of the Chinese supply chain is mitigated with more efficient panels and production routes



Review

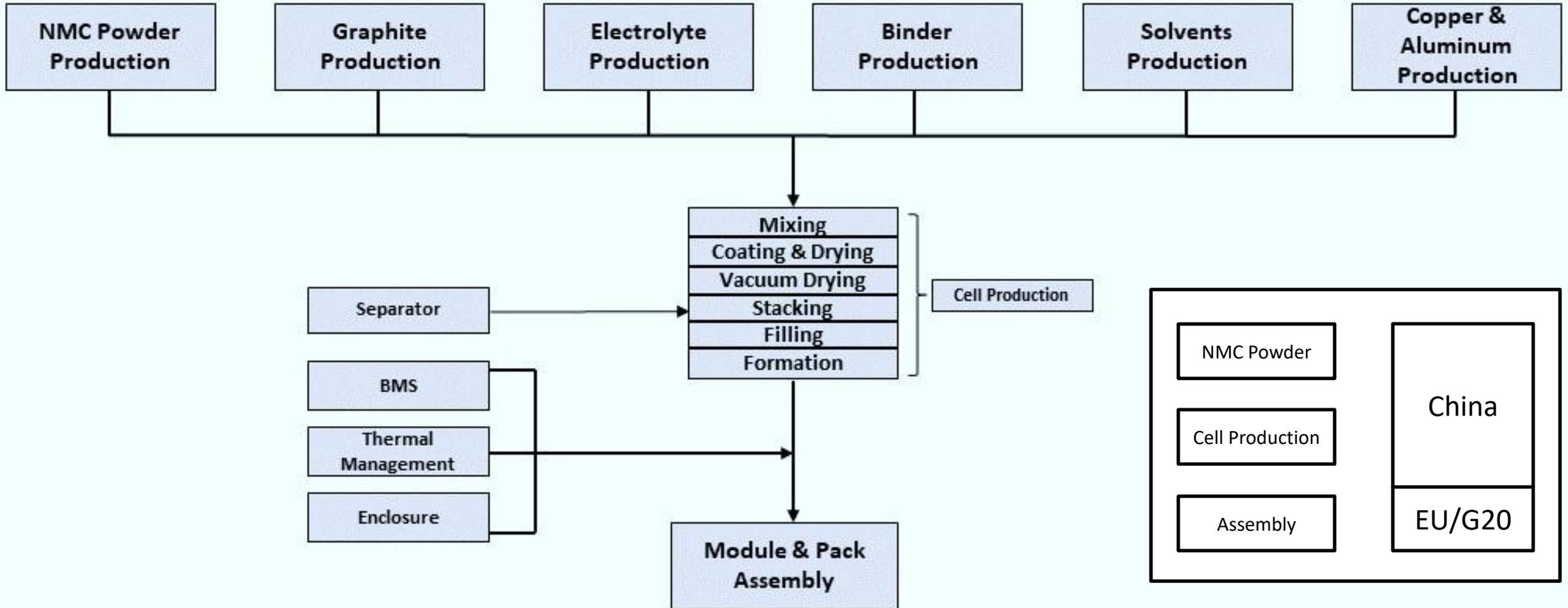
The Carbon Footprint of Hydrogen Produced with State-of-the-Art Photovoltaic Electricity Using Life-Cycle Assessment Methodology

Mehrsad Kolahchian Tabrizi, Jacopo Famiglietti, Davide Bonalumi and Stefano Campanari

Source: M. Kolahchian Tabrizi, J. Famiglietti, D. Bonalumi, S. Campanari «The carbon footprint of hydrogen produced with state-of-the-art photovoltaic electricity using life-cycle-assessment methodology», Energies, 2023 <https://doi.org/10.3390/en16135190>



Lithium batteries for EVs (cathode chemistry NMC)



Source by Bonalumi: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.2c02204>

~ 120 kg CO₂ eq/ kWh

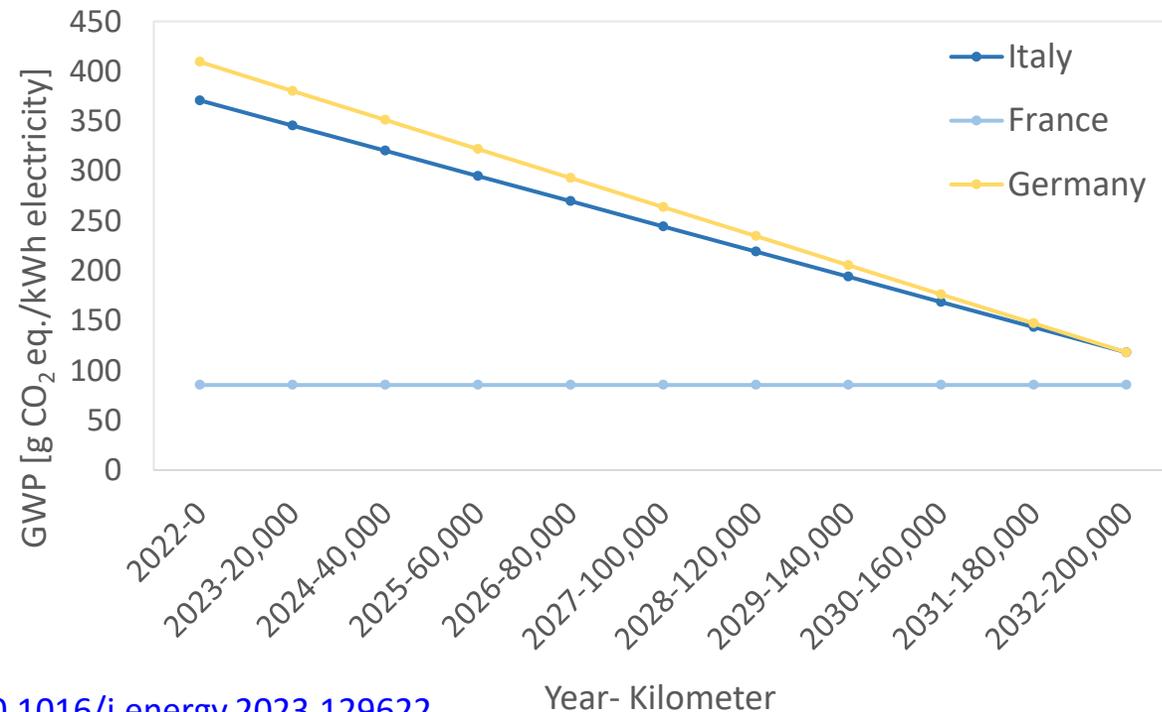


CO₂ emissions with Real Drive data (BEV Vs. ICE)

Two categories of cars

| Vehicle | BEV | | ICE | |
|---------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | LIB capacity [kWh] | Consumption [kWh/100km] | Consumption [l/100km] | WTW [g CO ₂ /km] |
| Small City car (A) | 42 | 17.4 | 5.5 | 152 |
| Compact executive car (D) | 83.9 | 19.5 | 6.8 | 187 |

ADAC



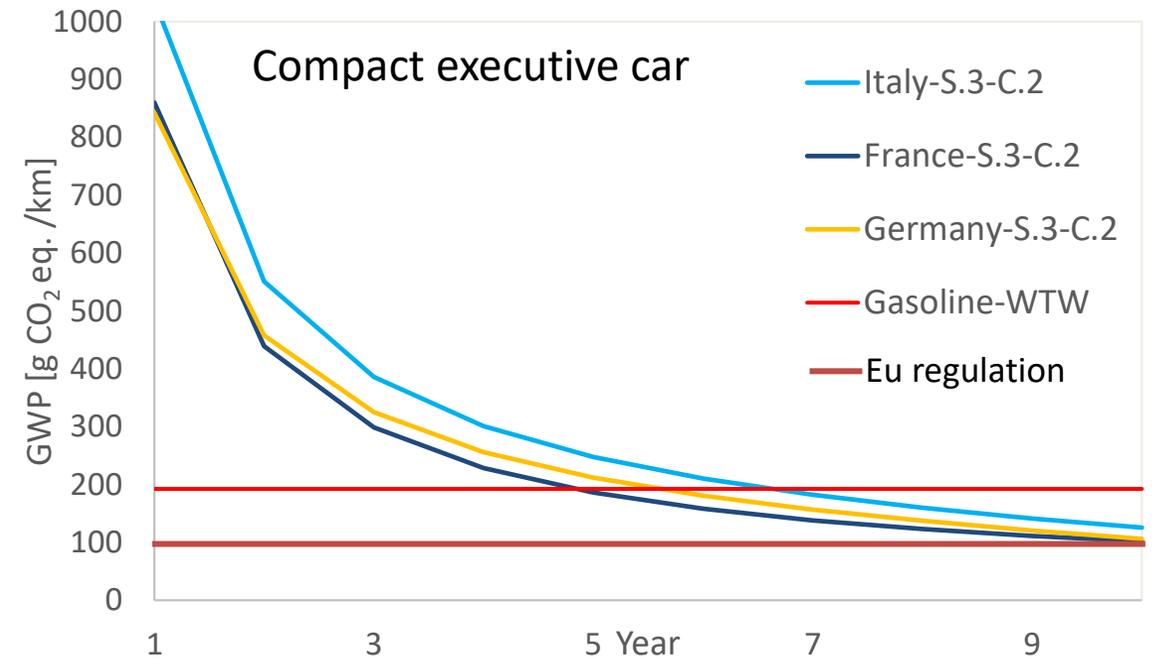
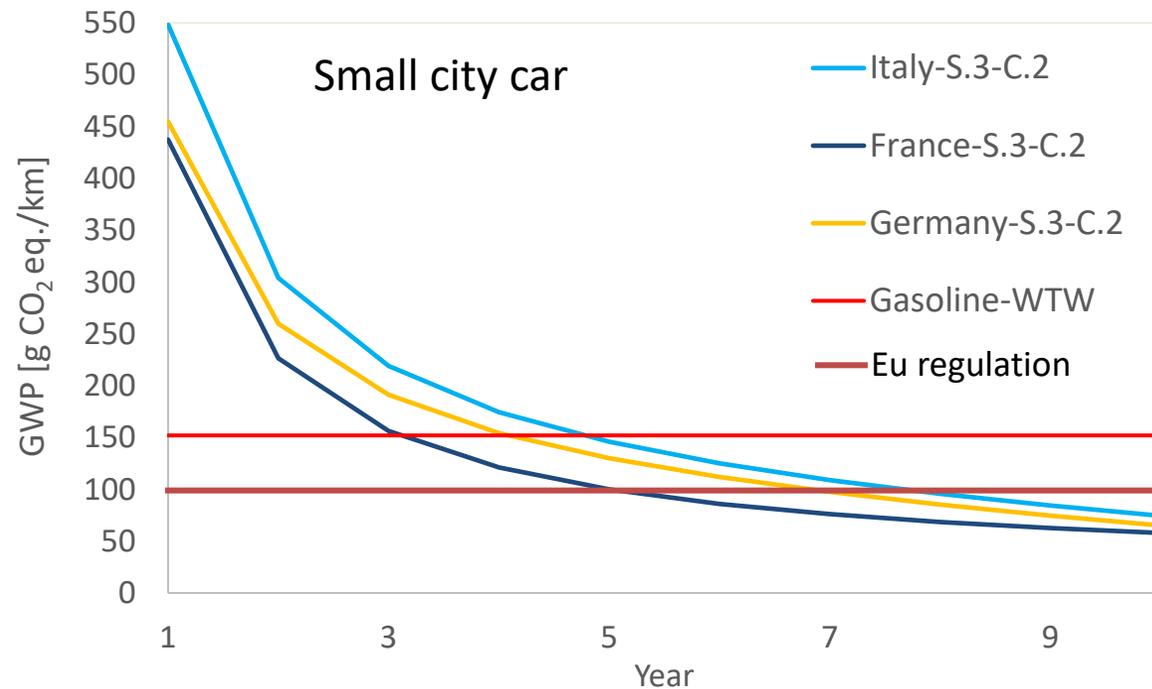
Source by Bonalumi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129622>



CO₂ emissions with Real Drive data (BEV Vs. ICE), Today.

| Country | Average Distance [km/year] |
|---------|----------------------------|
| Italy | 10,712 |
| France | 11,924 |
| Germany | 13,602 |

UNRAE



Source by Bonalumi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129622>



Hydrogen application in internal combustion engines

| Vehicle | ICE | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------|--|
| | Gasoline consumption [l/100km] | WTW [g CO ₂ /km] | Energy [MJ/100 km] | H ₂ consumption [kg/100 km] |
| Small city car | 5.5 | 152 | 173 | 1.44 |
| Compact executive car | 6.8 | 187 | 214 | 1.78 |

| | kWh/kg | kWh/l |
|----------|--------|-------|
| Diesel | 12.5 | 10 |
| Methanol | 5.3 | 4.2 |
| Hydrogen | 33.3 | 0.003 |
| Battery | 0.25 | 0.75 |

| H ₂ at 25°C | |
|------------------------|-------------------|
| bar | kg/m ³ |
| 1 | 0.08 |
| 30 | 2.4 |
| 200 | 14.3 |
| 350 | 23.4 |
| 700 | 38.3 |

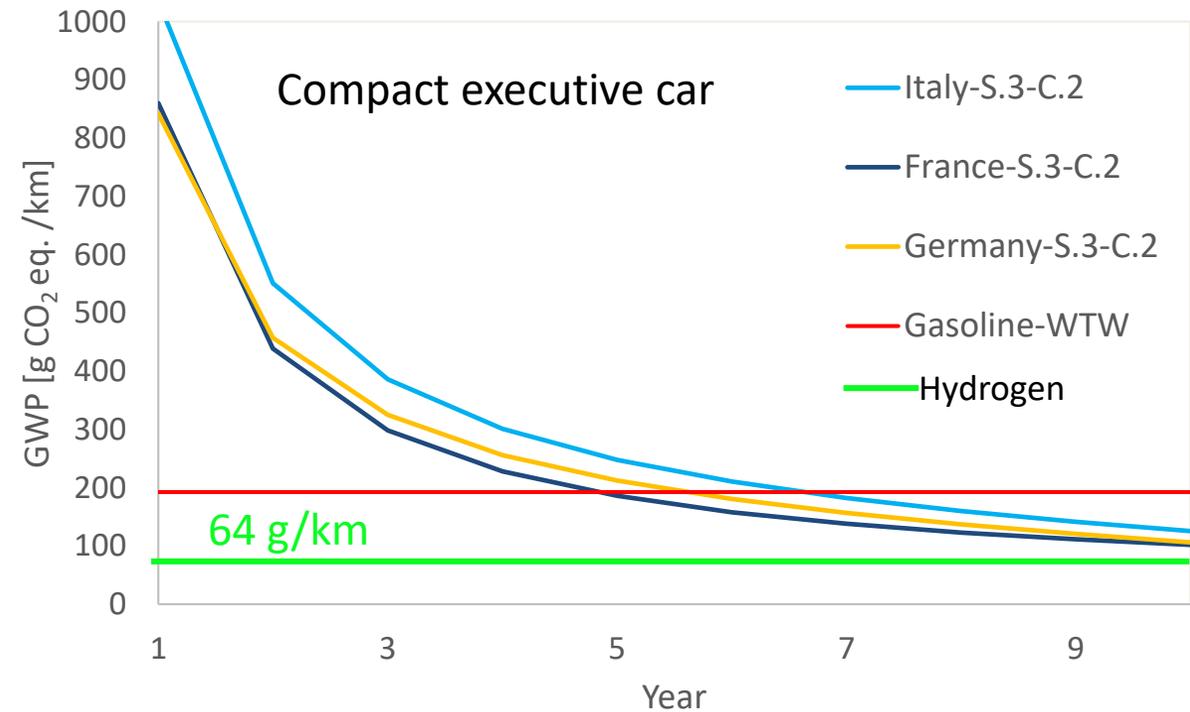
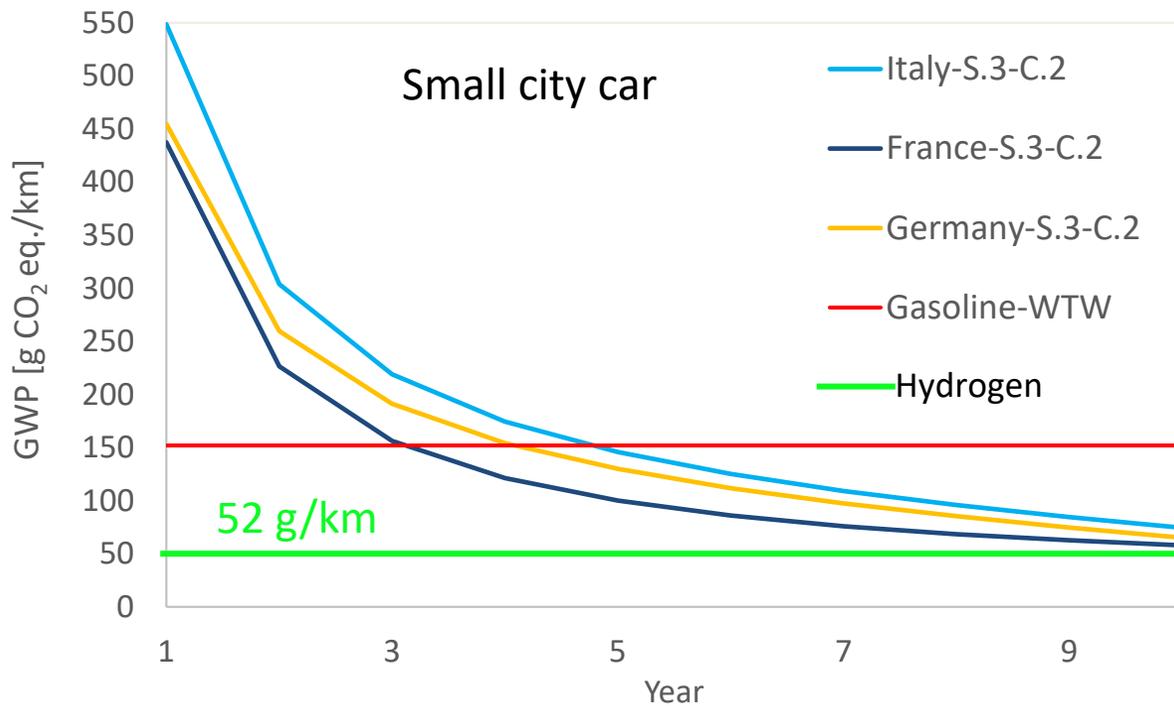
Compression of H₂ to reach 700 bar on the onboard tank

- Max pressure: 800 bar
- Grid carbon intensity: from the actual grid (371 g_{CO2}/kWh)
- Compressor-specific consumption: 4 kWh/kg_{H2}



Comparison H₂, gasoline and BEVs – actual context

| Vehicle | BEV | | ICE | |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| | LIB capacity [kWh] | Consumption [kWh/100km] | Consumption [l/100km] | WTW [g CO ₂ /km] |
| Small city car | 42 | 17.4 | 5.5 | 152 |
| Compact executive car | 83.9 | 19.5 | 6.8 | 187 |



CONCLUSIONI – Carbon footprint: come e perché

- Gli obiettivi europei (e non solo) chiedono di abbattere le emissioni di CO₂ dalle attività aziendali
 - **SCOPO 1**: emissioni dirette
 - **SCOPO 2**: emissioni indirette
 - **SCOPO 3**: emissione a monte e a valle dell'azienda
- Calcolare l'impronta carbonica con approccio LCA di prodotti e azienda permette di determinare le emissioni dello SCOPO 3
- Zero emissioni allo scarico non è garanzia di una migliore carbon footprint



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!



POLITECNICO
MILANO 1863



Prof. Ing. Davide Bonalumi, Ph.D.
Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano
Via Lumbruschini 4, Milano
davide.bonalumi@polimi.it

<http://www.gecos.polimi.it/>