

Decarbonizzazione dei trasporti e qualità dell'aria

Il settore trasporto utilizza prevalentemente combustibili fossili e contribuisce in modo rilevante alle emissioni di gas inquinanti, dannosi per la salute, e di gas ad effetto serra, responsabili di alterazioni del clima. Occorre pertanto passare a modalità più sostenibili di trasporto riducendo l'esigenza degli spostamenti, ricorrendo a modalità alternative di trasporto (collettivo, in condivisione ecc.), progettando e immettendo sul mercato veicoli energeticamente più efficienti e meno dipendenti dai combustibili fossili. Il tutto senza penalizzare la mobilità degli individui

DOI 10.12910/EAI2018-033

di **Antonino Genovese**, *ENEA*

Le basi dell'attuale organizzazione dei trasporti si fondano sull'esigenza di incontrare la richiesta di muoversi liberamente, facilmente e con minimo dispendio di energia da un luogo all'altro. Questi aspetti furono delineati più di 150 anni fa quando Nikolaus Otto depositò il primo brevetto del motore a quattro tempi (sebbene precedentemente gli italiani Barsanti e Matteucci avessero definito una descrizione dettagliata del principio di funzionamento in alcuni documenti). Ma fu solo grazie a Karl Benz, e alla sua idea di realizzare una carrozza che si muovesse senza il

ricorso alla trazione animale, che la prima automobile venne alla luce. In seguito con Henry Ford ebbe inizio l'era della produzione su larga scala delle automobili con la conseguente legittimizzazione della mobilità basata sull'uso dei combustibili fossili. Sono ormai trascorsi molti anni dalla comparsa delle innovative idee dei primi pionieri della motorizzazione di massa e una seconda rivoluzione si appresta a mutare il familiare profilo della mobilità personale e collettiva. Da un quarto di secolo a questa parte diversi aggettivi sono stati spesi per definire il profilo della nuova mobilità: green, sostenibile, smart,

decarbonizzata. Questi attributi rimarkano la ricerca di discontinuità tra mobilità passata, basata essenzialmente sull'uso di combustibili derivati dal petrolio, e mobilità futura che rivolge lo sguardo a soluzioni meno caratterizzate dalla presenza di carbonio.

È dominio comune che i combustibili derivati dal petrolio (gasolio e benzina), utilizzati per alimentare i motori a combustione interna (MCI) dei mezzi di trasporto, producono un insieme di sostanze chimiche e di polveri come risultato del processo di conversione chimico-meccanica dell'energia. Sfortunatamente queste



sostanze componenti i gas di scarico risultano essere dannosi per gli esseri viventi e per l'ambiente. Al fine di contenere gli impatti negativi sulla salute delle persone e sull'ambiente limiti sempre più restrittivi nelle emissioni veicolari sono stati adottati a livello mondiale. Le emissioni allo scarico contribuiscono per la loro quota parte a un aggravamento dello stato di qualità dell'aria nelle città e attualmente la Commissione Europea (CE) ha sotto osservazione i Paesi eccedenti i limiti di qualità dell'aria che rischiano l'apertura di una procedura di infrazione. Sotto questa prospettiva numerosi sforzi tecnologici sono stati posti in essere per ridurre consumi di combustibile ed emissioni per i veicoli. Tuttavia la grande domanda di mobilità e il continuo trend di crescita del numero di autoveicoli presenti sulle strade impone una ulteriore riduzione delle emissioni allo scarico. In questo contesto un tema cui prestare attenzione si aggiunge a quelli precedentemente delineati: le variazioni climatiche derivanti dal riscaldamento del pianeta. Dal 1780

(era pre-industriale) ai giorni nostri è stato rilevato un innalzamento della temperatura media del nostro pianeta di circa 1 °C [1] con frequenti fenomeni di estremizzazione delle temperature. Basti ad esempio ricordare il 2017 appena trascorso che si

posiziona tra i tre anni più caldi degli ultimi 100 anni. Contemporaneamente assistiamo a una crescita della concentrazione di CO₂ in atmosfera con punte di 403 ppm contro i 340 ppm rilevati nel 1980 come indicato in Figura 1.

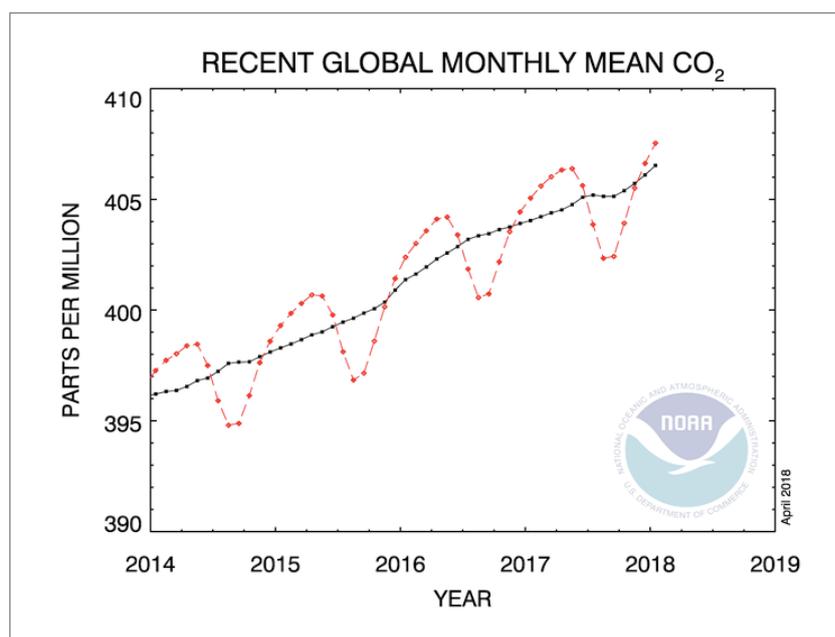


Fig. 1 Variazione concentrazione CO₂ (NOAA Earth System Research Laboratory Global Monitoring Division <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>)



Fig.2 Interventi per ridurre le emissioni da trasporto

Non meno importanti sono le pronunciate crescite delle concentrazioni atmosferiche di altri gas serra come metano e ossido nitroso (N_2O).

Gli accordi di Parigi hanno politicamente sancito la relazione tra gas serra (GHG) e variazioni climatiche e stabilito il punto di non ritorno per mantenere entro $1,5\text{ }^\circ\text{C}$ l'innalzamento globale della temperatura.

Le emissioni di natura antropogenica di CO_2 sono dovute al 70% dall'uso di combustibili fossili (carbone, gas naturale, petrolio) mentre a livello di settore di utilizzo il trasporto si ritaglia un quarto delle emissioni globali da combustione con un 75% di esse dovute al trasporto su strada [2]. In questo contesto la riduzione della dipendenza dai combustibili derivati dal petrolio ha trovato uno scenario stimolante per lo sviluppo di propulsori innovativi basati anche su combustibili alternativi ai derivati del petrolio.

Come decarbonizzare il trasporto

La locuzione “decarbonizzazione del

trasporto” è correntemente impiegata per definire la minore dipendenza dai combustibili fossili attraverso la riduzione percentuale del carbonio contenuto nel combustibile utilizzato nei veicoli. Il reale significato è più ampio rappresentando l'insieme di azioni capaci di ridurre le emissioni di CO_2 preservando la capacità del sistema di trasporto. Possiamo affrontare il problema delle emissioni di CO_2 nel trasporto distinguendo tre approcci: miglioramento dell'efficienza dei sistemi di trazione, utilizzo di modi di trasporto maggiormente efficienti, riduzione dell'esigenza degli spostamenti (Figura 2). Ogni ambito di intervento contribuisce a diminuire le emissioni rispondendo al contempo alla domanda di mobilità.

Ridurre l'esigenza degli spostamenti

Il primo criterio è fondato sulla rivisitazione delle politiche sociali prese a modello nella costruzione dei rapporti produttivi, economici e relazionali all'interno delle realtà urbane. Ridurre il numero di spostamenti è l'elemento cardine su cui agire e

questo è ormai realizzabile attraverso l'uso degli strumenti telematici. Con essi è possibile espletare attività economiche e lavorative, non direttamente connesse alla esigenza della produzione materiale, o provvedere ad acquisti o partecipare ad attività di intrattenimento senza muoversi da un punto all'altro delle nostre città. Ma meglio ancora architetti ed urbanisti sono chiamati a rimodellare il tessuto cittadino e l'organizzazione urbana per costruire un insieme autosufficiente capace di fornire servizi adeguati sul territorio per rispondere alle esigenze degli abitanti, evitando che questi siano obbligati a continui spostamenti. Periferie senza servizi, centri urbani dedicati alle attività ludiche, grandi aree suburbane destinate ad aree commerciali o uffici provocano una continua domanda di viaggi e spesso in carenza di trasporti collettivi producono flussi elevati di veicoli e di emissioni. Insediamenti compatti richiedono minori distanze da percorrere che possono essere soddisfatti anche con modi a bassa energia e bassa emissione di CO_2 quali biciclette o a piedi.

Modalità alternative di trasporto

Il secondo criterio affronta il problema della minore emissione di CO₂ tramite una scelta attenta del modo con cui eseguire i viaggi. L'efficienza energetica del modo di viaggio ossia i MJ per passeggero-km rappresentano il criterio di paragone per offrire la stessa capacità di spostamento a costi energetici inferiori e quindi a minori emissioni di CO₂. Andare a piedi o in bicicletta è sicuramente maggiormente efficiente su brevi distanze mentre il treno lo è rispetto all'auto su distanze maggiori. Ma i nuovi sistemi di trasporto basati sulla condivisione dei veicoli e dei viaggi offrono alternative per attivare riduzioni di emissioni sfruttando meglio il numero di passeggeri per viaggio o permettendo di pianificare un viaggio con scelte modali integrate in grado di rispondere meglio al criterio di efficienza per passeggero-km. Una mobilità veramente sostenibile deve, quindi, essere ripensata sulle basi di un minor peso della mobilità privata incentivando il trasporto collettivo e cooperativo in condivisione (car pooling, car sharing).

Miglioramento dell'efficienza e combustibili alternativi

Infine l'innovazione tecnologica è la leva utilizzata dai costruttori di veicoli per venire incontro all'esigenza di rispettare i limiti emissivi di CO₂ imposti dalla legislazione per contenere le emissioni specifiche dei motori a combustione interna. I paesi della Comunità Europea hanno previsto al 2021 l'adozione del target di 95 gCO₂/km [3] per i veicoli passeggeri indicando un ancora più ambizioso limite, inferiore del 30% al 2030. Il limite è definito a livello di flotta attraverso una curva calibrata

in funzione del peso del veicolo (veicoli più pesanti possono emettere di più di quelli più leggeri) come riportato in Figura 3 ed è accompagnato da una serie di fattori premianti/punitivi in base agli scostamenti.

La riduzione dei consumi è il primo passo per abbattere le emissioni di CO₂ e questo può già essere attuato con l'ottimizzazione del motore diesel, che vanta già buoni rendimenti ma è in grado di fornire ancora margini di miglioramento. Sfruttando il supporto dell'elettronica è possibile assistere ulteriormente le fasi di iniezione, di ricircolo dei gas di scarico, di recupero del calore con sistemi aventi tempi di risposta più rapidi nel coadiuvare le variazioni della combustione, ma anche con la riduzione delle cilindrata e l'uso di materiali più performanti per le maggiori pressioni di iniezione ed in camera di combustione. Il gasolio non ha ancora mostrato i suoi limiti e altri combustibili si affacciano come concorrenti nella competizione per la riduzione delle emissioni di CO₂. L'adozione della direttiva 2014/94/EU sui combustibili alternativi se-

gna l'apertura alla realizzazione di infrastrutture per la distribuzione di combustibili in sostituzione di benzina e gasolio. Questo avvantaggia sia l'emissione di CO₂ ma anche la minore dipendenza dei trasporti dai combustibili liquidi derivati dal petrolio. Nella direttiva il gas naturale compresso (GNC) e il gas di petrolio liquefatto (GPL) sono riconosciuti come combustibili gassosi alternativi insieme al gas naturale liquefatto (GNL), all'idrogeno ed all'elettricità. La quantità di CO₂ generata per unità di energia contenuta è una prima indicazione della potenzialità dei combustibili a concorrere al processo di decarbonizzazione. A parità di energia il GNC produce minor CO₂ del gasolio: 57 gCO₂/MJ contro 73 gCO₂/MJ; inoltre ha un contenuto energetico per unità di massa maggiore. Tuttavia l'efficienza del motore influisce nello stabilire i quantitativi di energia utili a produrre lavoro meccanico riducendo o annullando il vantaggio intrinseco. Lo studio JRC-Concawe [3] indica per le autovetture al 2010 emissioni di CO₂ leggermente migliori per il veicoli diesel

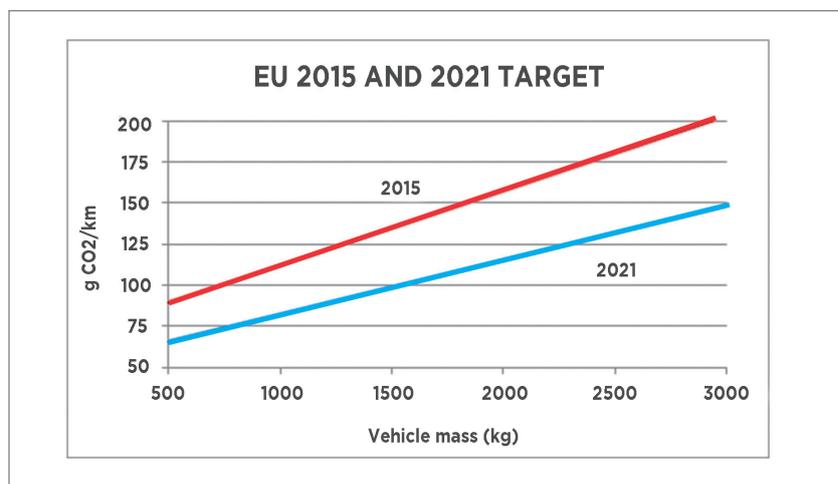


Fig. 3 Curve per individuare i limiti emissivi per la CO₂ al 2021
Fonte: elaborazione ENEA

rispetto a quelli a GNC con un trend inverso al 2020 grazie al miglioramento tecnologico dei motori a gas naturale, rimanendo comunque entro valori molto simili (87 gCO₂/km contro 82 gCO₂/km). Una corretta interpretazione deve comunque tenere presente il percorso completo lungo la filiera di produzione e distribuzione del combustibile che comporta una addizionale emissione di CO₂. In questo caso l'emissione di CO₂ additiva risulta sfavorevole al gas naturale, specialmente al crescere delle distanze di origine del gas a causa dei maggiori costi energetici ed emissivi per il pompaggio. Infine diviene importante il quantitativo di metano rilasciato in atmosfera durante le operazioni di produzione, trasferimento e combustione essendo il metano un gas serra molto più attivo della CO₂.

La trazione elettrica

L'utilizzo dell'energia elettrica quale fonte energetica per la mobilità assume un ruolo importante nella riduzione della dipendenza dalle fonti fossili per il settore del trasporto. Questa si attua in relazione alla diversa composizione degli impianti di generazione nei vari sistemi elettrici nazionali. In Italia la produzione elettrica è fornita da un mix energetico basato su termoelettrico e fonti rinnovabili. Al 2017 il 31% della produzione elettrica è stato soddisfatto dalle fonti rinnovabili mentre il rimanente da gas naturale, carbone e altre fonti. Per l'energia elettrica, in base alle valutazioni eseguite da ISPRA, il fattore emissivo nazionale 2016 è stato di 330 gCO₂/kWh. A questo valore vanno incluse le componenti additive dovute alle perdite per le fasi di dispacciamento

e distribuzione, capaci di influire sino al 10%. Prendendo ad esempio un consumo medio su strada per un veicolo elettrico pari a 150 Wh/km risulteranno emessi 49 gCO₂/km per autoveicolo. L'elettrico si posiziona ottimamente rispetto ai valori limiti emissivi EU sia al 2021 che nello scenario futuro di una ulteriore riduzione del 30%. Inoltre esistono potenzialità nella riduzione in relazione all'incremento della quota di produzione da rinnovabili o di maggiore efficienza nella generazione termoelettrica.

Non solo CO₂: le emissioni di inquinanti dell'aria

Come accennato in precedenza, la combustione nei MCI non genera solo CO₂ (gas climalterante ma di per sé innocuo per la salute), ma produce sostanze che prendono parte al degrado dei livelli di qualità dell'aria. Particolato e ossidi di azoto sono gli indagati principali, ma anche gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), il monossido di carbonio o il biossido di zolfo forniscono il loro contributo. La qualità dell'aria è determinata dalla concentrazione di queste sostanze nell'atmosfera ed è determinata dalla emissione delle varie sorgenti, tra cui i veicoli con MCI, e dalle condizioni meteorologiche che ne stabiliscono le regole di diffusione negli strati inferiori dell'atmosfera. Quindi esiste una relazione di causa ed effetto tra l'uso di determinati combustibili e la qualità dell'aria. Per il particolato disperso in atmosfera si intende l'insieme delle particelle sospese in aria la cui sorgente antropica principale è il traffico veicolare. Il PM10 identifica l'insieme delle particelle con diametro infe-

riore o uguale a 10 µm. La direttiva 2008/50/CE e il D.Lgs 155/2010 stabiliscono per il PM10, ai fini della protezione della salute umana, un valore limite annuale di 40 µg/m³ e un valore limite giornaliero di 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno. Un ulteriore passo avanti legislativo è contenuto nel D.Lgs. 155/2010 che impone un valore limite anche per la frazione fine respirabile (PM 2.5) ossia le particelle con diametro inferiore a 2.5 µm che possono giungere sino alla zona alveolare dei polmoni.

Il processo di decarbonizzazione del trasporto va nella direzione di un miglioramento delle condizioni ambientali atmosferiche: combustibili leggeri possiedono bassi livelli di emissioni di IPA e del particolato (dovuti essenzialmente a residui di olio in camera di combustione), riduzione degli idrocarburi incombusti non metanici e degli ossidi di azoto. I veicoli elettrici sono quelli maggiormente indicati per abbattere le emissioni di inquinanti poiché al punto d'uso presentano valori nulli di emissioni, insieme ai veicoli ad idrogeno. Se affiancata da fonti rinnovabili, la mobilità elettrica costituisce uno strumento importante per ridurre le concentrazioni di inquinanti e provvedere al rispetto dei limiti legislativi per i livelli di qualità dell'aria. Le politiche urbane e un uso modale efficiente oltre a ridurre le emissioni di gas serra possono sostenere il processo di miglioramento della qualità dell'aria attraverso la riduzione delle emissioni specifiche e un minore ricorso all'autoveicolo.

*Per saperne di più:
antonino.genovese@enea.it*

BIBLIOGRAFIA

1. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2017, published online January 2018, retrieved on May 1, 2018 from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>
2. IEA - CO₂ emissions from fuel combustion - Highlights (2017 edition)
3. Regulation (EU) No 333/2014 of the European Parliament and of the Council of 11 March 2014 amending Regulation (EC) No 443/2009 to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO₂ emissions from new passenger cars
4. WELL-TO-WHEELS Report Well-to wheels analysis of future automotive fuels and powertrain in the European context - JRC Concawe 2014 Report EUR 26236 EN