

*Executive summary*



**OPZIONI E PROSPETTIVE  
PER IL TRASPORTO MARITTIMO,  
AEREO ESTRADALE  
AL 2030 E AL 2050**



**RAPPORTO RIE PER UNEM**



## EXECUTIVE SUMMARY

Il sistema dei trasporti si conferma centrale per le economie moderne. La mobilità, a livello europeo, impiega 11 milioni di persone e contribuisce per il 5% al PIL.

Petrolio e mobilità presentano una correlazione molto elevata (alcuni settori dipendono per quasi il 100% da questa fonte energetica), che non verrà meno nel medio-lungo periodo, sebbene tenderà progressivamente ad attenuarsi.

Pertanto, **non si possono valutare le traiettorie future prescindendo da un'attenta analisi della situazione attuale** che vede, appunto, interi settori come quelli del trasporto aereo e marittimo dipendere quasi esclusivamente dai prodotti petroliferi. La **sfida consiste nel perseguire il processo di decarbonizzazione dei combustibili impiegati nei vari settori**, avendo ben presente il rischio di perdere i benefici connessi a filiere industriali consolidate e strategiche.

Una trasformazione profonda è comunque necessaria, soprattutto perché dettata da una normativa (mondiale, europea, nazionale) sempre più stringente dal punto di vista ambientale.

Un **ruolo importante lo avrà lo sviluppo di nuove tecnologie** in grado di rispondere a queste sfide, garantendo al contempo percorsi socialmente ed economicamente sostenibili.

Sarà importante anche la componente comportamentale dei singoli che è diretta conseguenza dell'accessibilità economica alle nuove soluzioni.

Lo studio "Opzioni e prospettive per il trasporto marittimo, aereo e stradale al 2030 e al 2050" - realizzato dal Rie di Bologna con la collaborazione del Prof. Ing. Bruno Dalla Chiara, Professore Ordinario di Sistemi di Trasporto del Politecnico di Torino e dell'Ing. Andrea Rosa, esperto di modellistica dei trasporti - si propone di **delineare la possibile evoluzione del mix di carburanti e sistemi di propulsione che caratterizzeranno il sistema dei trasporti nei prossimi decenni**, considerando lo stato dell'arte, il quadro normativo e altri aspetti in grado di influenzare i futuri sviluppi.

Come strumento di analisi è stato **adottato un modello di analisi "multi-criteri" (AMC)** che ha messo a confronto tutte le diverse opzioni considerando diversi criteri di giudizio sia quantitativi che qualitativi, attribuendo agli stessi specifici pesi. Il modello ha quindi **restituito una "classifica di preferenze"** a cui hanno fatto seguito specifiche analisi di sensitività volte a testare la solidità dei risultati e ad individuare i fattori di forza e di debolezza delle varie soluzioni in campo.

## RISULTATI PRINCIPALI

### Il trasporto marittimo

Il continuo e rapido incremento dei volumi scambiati via mare registrato negli ultimi 20 anni porta a stimare che le merci trasportate con questa modalità possano raddoppiare e con esse, in assenza di interventi mirati, anche le esternalità ambientali.

**Le nuove norme IMO sul contenuto di zolfo, entrate in vigore il 1° gennaio 2020, hanno indubbiamente accelerato la trasformazione del settore**, con significative ripercussioni sia sulle attività di bunkeraggio che sulle scelte di investimento dell'industria della raffinazione e degli armatori.

La congiuntura attuale, legata all'emergenza sanitaria, per quanto molto delicata, non costituirà un impedimento all'evoluzione del settore verso modalità *low carbon*. La sua evoluzione resterà tuttavia influenzata dalla forte **inerzia di un comparto che, ad oggi, presenta una flotta con una vita utile di 30-35 anni e sostanzialmente dipendente dai combustibili petroliferi.**

L'analisi, che in questo caso ha un perimetro geografico mondiale, ha  **messo a confronto 6 soluzioni tecnologiche (e le loro possibili evoluzioni) sulla base di 15 criteri.**

Dall'analisi è emerso come in **ottica 2030, in termini di tecnologie di propulsione, prevarrà ancora nettamente l'opzione combustibili petroliferi IMO-compliant** seguita, in misura minore, dal GNL che tenderà a svilupparsi principalmente in aree specifiche dotate – in tutto o in parte - di un sistema infrastrutturale commisurato alla domanda.

Diverso il discorso da qui al 2050, arco di tempo durante il quale possono emergere opzioni alternative interessanti in grado di sopravanzare il combustibile petrolifero. Una spinta forte e stabile verso ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni, sia locali sia climalteranti, **potrà orientare l'industria navale verso nuove soluzioni energetiche *low carbon*, compatibili con le esigenze del trasporto marittimo** (combustibili facilmente trasportabili e facilmente mantenibili allo stato liquido per 40-45 giorni di navigazione) quali l'ammoniaca, l'e-ammoniaca e gli e-fuels.

**Sarà un futuro *multi-fuel* quello che caratterizzerà il trasporto via mare e quindi risulterà decisivo accompagnare la transizione iniziando ad investire sin dal decennio in corso nelle infrastrutture e nella produzione di nuovi combustibili/vettori energetici.**

## Il trasporto aereo

L'aereo è la modalità di trasporto che ha esibito la crescita più sostenuta nell'ultimo decennio. Il traffico passeggeri è triplicato rispetto a vent'anni fa, mentre quello cargo è arrivato a rappresentare in termini di valore il 35% del commercio mondiale.

Questa dinamica è stata accompagnata da una sempre maggiore richiesta di **jet fuel, data la pressoché totale assenza di alimentazioni alternative** da impiegare su larga scala.

Il 2020 si è rilevato *l'annus horribilis* per questo settore del trasporto, con una riduzione del numero di passeggeri compresa tra i 2 e i 3 miliardi, perdite economiche per centinaia di miliardi di euro e notevoli perdite occupazionali.

In un simile contesto, è evidente che **le dinamiche di breve-medio periodo saranno caratterizzate da un elevato grado di incertezza** che comunque non dovrebbe rallentare il percorso sempre più deciso verso la decarbonizzazione, soprattutto su un orizzonte di lungo periodo come il 2050. L'analisi, che anche in questo caso considera il mercato mondiale, **ha messo a confronto 5 soluzioni tecnologiche alternative (e le loro possibili evoluzioni) sulla base di 20 criteri.**

**Al 2030 indica nel jet cherosene/benzina avio e nei Sustainable Aviation Fuels - SAF di tipo HVO/HEFA le opzioni preferibili**, sebbene per questi ultimi un limite è rappresentato dalla disponibilità di *feedstock* sostenibili ed economicamente accessibili. Poco spazio per tecnologie più *disruptive*, quali i velivoli a idrogeno, che l'analisi non fa emergere come preferibili nemmeno al 2050.

Alternative come **powertrain ibridi (per il mercato dei voli regionali) e SAF oggi più sperimentali, come gli e-fuels, potranno affermarsi in un'ottica di più lungo periodo** al verificarsi di determinate condizioni, a partire da una decisa riduzione dei costi di investimento e operativi. La produzione di tali combustibili è premiante sia in termini di emissioni valutate sull'intero ciclo di vita sia per la maggiore disponibilità dei *feedstock* impiegati.

## Il trasporto stradale

Il trasporto stradale sembra essere quello **maggiormente interessato alla riduzione delle fonti fossili, per la presenza di alternative in parte già percorribili.** D'altra parte, la forte spinta normativa per la riduzione delle emissioni del settore ha prodotto negli anni il miglioramento continuo della qualità dei carburanti e lo sviluppo di soluzioni motoristiche sempre più avanzate, a cui hanno fatto seguito modifiche nel comportamento degli utenti.

Tuttavia, data l'attuale composizione del parco circolante, **il percorso verso la diversificazione dei fuel/powertrain non sarà né immediato né semplice.**

Elevati rendimenti dei motori, sempre più evoluti, consolidate economie di scala nella produzione del carburante, un sistema di approvvigionamento, raffinazione e distribuzione strutturato e diffuso su scala mondiale tale da consentire la massima flessibilità nell'impiego del mezzo sono caratteristiche che, in un orizzonte quale il 2030, pongono ancora la configurazione standard con motori a combustione interna (MCI) alimentati da prodotti petroliferi tra le soluzioni più competitive. In un orizzonte di più lungo periodo, invece, i carburanti *low carbon* – di origine sia biologica che rinnovabile – si presentano come preferibili ai combustibili tradizionali.

In generale, **sia al 2030 che al 2050, emergono una serie di tendenze valide per tutti i segmenti del trasporto stradale**, in particolare: la netta preferibilità per un'elettrificazione diffusa; il ruolo ancora centrale dei MCI soprattutto nelle motorizzazioni ibride; l'inerzia relativa all'introduzione di nuovi sistemi che trova limiti anche fisici e funzionali.

## Il trasporto stradale leggero

In questo caso sono state **messe a confronto 10 alternative sulla base di 28 criteri, individuati tenendo conto delle particolarità del settore**, con l'intento di comprendere diverse macro-dimensioni di valutazione, compresa quella personale ovvero la fruibilità da parte dell'individuo. L'analisi con orizzonte al **2030 ha portato ad individuare tre gruppi di alternative**, con diverso grado di preferibilità.

Il primo ricomprende i **veicoli elettrificati del tipo HEV e PHEV**, così come i **veicoli con motore endotermico (MCI)** alimentati da carburanti fossili e dalla loro declinazione biologica. Nel secondo si collocano due tipologie di veicoli con MCI che nel nostro Paese sono più diffuse che altrove, ma che rimangono tendenzialmente di nicchia (**GNC e GPL**). In coda, si posizionano i **veicoli a trazione elettrica pura** dove il motore elettrico viene alimentato da batterie (BEV) o da cella a combustibile a idrogeno (FCEV).

Ad emergere, in **ottica 2030, sono i veicoli full hybrid (HEV) ibridi**, che hanno il vantaggio di poter contare su economie di scala sviluppate, elevato rendimento del motore, flessibilità di impiego, minori consumi ed emissioni, minori costi di esercizio, infrastrutturazione adeguata. A seguire, i veicoli con **motori a combustione interna alimentati da carburanti di origine fossile in miscela con crescenti componenti bio.**

Quanto alle alimentazioni **elettriche pure (BEV, FCEV)**, la loro posizione nella parte bassa della classifica restituita dall'AMC è legata a **vincoli di natura tecnica, infrastrutturale ed economica** che tendono a penalizzare, almeno nel breve periodo, questo tipo di *powertrain* rispetto a sistemi elettrificati e ai MCI.

In ottica **2050 la comparazione delle alternative conferma la preferibilità per soluzioni elettrificate**, con i PHEV che già nell'esito base si collocano al secondo posto subito dopo gli HEV, seguiti dai MCI alimentati dai biocarburanti e altri carburanti *low carbon*, tra i quali gli e-fuels, mentre le elettriche pure (BEV e FCEV) continuano a non rientrare tra le opzioni preferibili.

Le **analisi di sensitività hanno evidenziato come occorra intervenire su circa la metà dei criteri considerati** - economici, infrastrutturali e legati al consolidamento di una filiera nazionale di produzione delle batterie - **affinché le BEV sopravanzino le altre opzioni** e si collochino in seconda posizione, subito dopo i PHEV, in quanto molte delle assunzioni migliorative applicate alle BEV si riflettono anche nei veicoli a trazione mista plug-in. Ipotizzando invece la produzione su larga scala di e-fuels, **è emerso come sia sufficiente agire sulla leva economica per rendere i MCI preferibili** anche nel caso in cui il motore endotermico sia alimentato da carburanti sintetici.

## Il trasporto stradale pesante

Il trasporto pesante svolge un ruolo fondamentale per il sistema economico nazionale, rappresentando un importante indicatore dello stato di salute del Paese.

Al netto delle criticità economiche contingenti, è **ragionevole attendersi, nel medio-lungo periodo, un'evoluzione importante** del segmento del trasporto pesante.

L'analisi è stata condotta **considerando 10 alternative e 29 criteri ed è incentrata sui veicoli industriali con portata totale a terra (p.t.t.) superiore a 12 tonnellate** che si muovono su lunghe distanze.

In ottica 2030 **l'AMC ha restituito un ordine di preferenze che vede al primo posto i veicoli full hybrid in serie (HEV)**, premiati da economie di scala sviluppate, un elevato rendimento del motore, un'evidente flessibilità di impiego, una riduzione delle emissioni allo scarico, minori consumi di carburante e minori costi di esercizio rispetto ai veicoli diesel di ultima generazione dotati solo di MCI e con ibridizzazione leggera (*mild hybrid*).

**Al secondo posto si classificano i veicoli diesel di ultima generazione**, anche se non si può ignorare il vincolo delle emissioni di carbonio che rende indispensabile l'impiego di prodotti *low carbon* come biocarburanti e carburanti

sintetici (e-fuels); questi ultimi, in particolare, tendono a presentarsi come una delle principali opzioni su un orizzonte temporale più lungo.

**Posizione di rilievo anche per il GNL**, il cui successo – specie per le lunghe distanze – in termini di preferibilità dipenderà in larga parte dalla progressiva estensione della rete di distribuzione e dall'introduzione di crescenti quote bio. Per i veicoli industriali di grande taglia e impiegati su lunghe distanze, **la soluzione full electric risulta invece complessa**, specie su un orizzonte di dieci anni.

L'opzione elettrica potrebbe trovare maggiore spazio in ambito urbano, dove i limiti di portata e di autonomia non costituiscono un ostacolo insormontabile.

**L'analisi al 2050 conferma quanto emerso per il 2030, ma con la prevalenza di un gruppo di soluzioni in cui svetta una sempre più diffusa ibridizzazione**, seguita dai MCI alimentati da fonti *low carbon* (biocarburanti, e-fuels), e dal GNL con una quota preponderante di componente bio.

**L'opzione bio-GNL potrebbe risultare predominante** nel caso in cui, al 2050, risulti già ben sviluppata una filiera nazionale di produzione in grado di garantire adeguati volumi di prodotto e altrettanto adeguate economie di scala per abbatterne i costi.

**Quanto all'idrogeno, che in ottica 2030 presenta ancora scarsa rilevanza**, per una sua reale affermazione in ottica di più lungo periodo dovranno verificarsi tutta una serie di condizioni sia infrastrutturali (rete di distribuzione diffusa) che economiche (forte riduzione del costo dei veicoli e del vettore energetico).

## Il trasporto pubblico locale

Il trasporto pubblico locale (TPL) è strettamente legato alle economie urbane e incide fortemente sulla qualità della vita dei cittadini, considerando che il 78% della popolazione italiana abita in città.

L'esito dell'analisi per il TPL, **basata su 10 alternative e 29 criteri, è coerente con quanto emerso nei segmenti leggero e pesante (merci)**, pur con alcune specificità settoriali.

**Al 2030, sia in ambito urbano che extra-urbano, l'analisi fa emergere come preferibile l'opzione HEV in serie** in cui il motore endotermico (alimentato a gasolio in miscela con componenti bio) funge da generatore per il motore elettrico. A seguire, si trovano le opzioni più tradizionali, caratterizzate dalla presenza del solo motore endotermico sempre con una componente crescente di biocarburanti. Si evidenzia **l'importanza del gas compresso, con quote crescenti di biometano**, nei cicli urbani e suburbani, dove l'autonomia non è condizionante per il profilo di missione.

Diversamente, il **GNL - con componente biologica ancora ridotta all'orizzonte 2030 - risulta più idoneo per lunghe percorrenze**, qualificandosi come maggiormente preferibile in ambito extra-urbano, in parte come effetto della crescente penetrazione attesa nel trasporto merci pesante. Tra i sistemi a **trazione elettrica, l'unica opzione che può risultare competitiva sotto determinate e stringenti condizioni è quella rappresentata dai filobus e dagli e-bus** con possibilità di *opportunity charge* (pacco batterie di piccole dimensioni).

Quanto al **2050, l'analisi restituisce un esito di base che, pur in presenza di valutazioni migliorative per le diverse alternative considerate, non stravolge quello delineato per il 2030** pur presentando qualche elemento di novità.

In ambito urbano gli **HEV (*full hybrid*) si confermano l'opzione preferibile** in termini di *powertrain*, seguiti da **autobus con MCI *mild hybrid*** che presentano costi più contenuti, ampie economie di scala e nessuna criticità in termini di impiego condizionato, mentre a livello di alimentazione emergono i carburanti *low carbon* sia di origine biologica o rinnovabile. In particolare, gli **e-fuels si configurano come tecnologia di estremo interesse** per gli obiettivi espressi dall'analisi. Anche il **gas compresso, con quote crescenti di biometano**, risulta interessante in ambito urbano/suburbano. Emerge inoltre l'attrattività del **GNL con crescenti quote bio, soprattutto in ambito extra-urbano**.

Anche **al 2050 la trazione elettrica pura risulta ancora penalizzata** da caratteristiche di natura economica, tecnica e infrastrutturale che non la rendono preferibile rispetto a soluzioni elettrificate alimentate, per la parte endotermica, da fonti a basse o nulle emissioni.

**I filobus e i BEV con ricarica rapida si confermano la modalità preferibile** tra quelle a trazione elettrica in presenza di una riduzione dei relativi costi e della realizzazione di adeguati investimenti nella rete (filoviaria e di ricarica).

Si conferma, come per il 2030, la **rilevanza delle leve economiche, infrastrutturali e di processo per favorire la penetrazione dell'idrogeno**, sia in ambito urbano che extra-urbano.



## COSA È UN'ANALISI MULTI-CRITERI (AMC)

Lo studio è stato realizzato utilizzando un modello di “analisi multi-criteri” (AMC) che permette di confrontare, in base ai possibili fattori che influenzano la scelta, le diverse opzioni considerate **secondo il metodo ELECTRE II** (dove l’acronimo sta per *ELimination Et Choix Traduisant la REalité*).

L’AMC è una metodologia che consente di valutare i diversi aspetti – economici, sociali, ambientali e territoriali – di più alternative, utilizzando per ognuno di essi un appropriato sistema di misura, che può essere sia qualitativo sia quantitativo. Di fatto essa permette di aggregare, quantificare e comparare diversi elementi per fornire una valutazione di sintesi a supporto delle decisioni. È quindi particolarmente adatta quando si debbano considerare più giudizi incentrati su una molteplicità di criteri (ad esempio economici, prestazionali, etc.): la tecnica permette di razionalizzare e rendere trasparente il processo decisionale. Essa non è, ovviamente, sostitutiva della decisione, ma permette d’istruirla.

Secondo l’AMC, la valutazione consiste nel confrontare e nell’ordinare, mediante opportuni criteri e relativi pesi, un insieme di alternative. Inoltre, si pone il problema di tradurre in una qualche grandezza misurabile i criteri, concetti a volte astratti, e di misurare le alternative, cioè di assegnare un valore qualitativo o quantitativo alle stesse secondo i diversi criteri.

Un’analisi multi-criteri si sintetizza in una matrice (matrice di decisione) le cui righe sono relative alle diverse alternative in esame e le cui colonne sono riferite ai diversi criteri di giudizio definiti in relazione ai diversi obiettivi (sistema degli obiettivi) fissati dal decisore.

L’elemento generico della matrice, relativo alla *i*-esima alternativa e al *j*-esimo criterio di giudizio, è costituito dalla misura della rispondenza di quella alternativa a quel criterio, dalla misura, cioè, del contributo che quell’alternativa dà al raggiungimento dell’obiettivo di cui il criterio di valutazione rappresenta lo strumento interpretativo. I criteri possono avere un’importanza diversa espressa attraverso specifici pesi.

Le stime assegnate a ciascun criterio per ogni alternativa considerata sono l’esito combinato di una ricerca di tipo *desk*, consistente nella disamina della principale letteratura esistente e delle statistiche/proiezioni più autorevoli, nonché di un approccio di tipo *field*, basato su informazioni desunte da contatti diretti con i principali *stakeholder*.

## Il Gruppo Strategico Carburanti ed Energie Alternative per la Mobilità (GSEAM)

Il Gruppo Strategico “Carburanti ed Energie Alternative per la Mobilità” è stato costituito nel 2018 con l’obiettivo di sviluppare il tema dell’evoluzione delle infrastrutture di produzione, stoccaggio e distribuzione del settore, oggi dedicate prevalentemente ai prodotti petroliferi, verso infrastrutture al servizio di tutte le energie per la mobilità.

Il Gruppo, presieduto da Gianni Murano (Presidente di Esso Italiana e Vicepresidente unem) nasce con l’idea di promuovere la conoscenza delle potenzialità dei carburanti alternativi, delle tecnologie e delle normative che regolano le attività delle singole filiere, mettendo a fattore comune tutta una serie di elementi di analisi sulle possibili evoluzioni e confrontandosi con gli altri stakeholder per avere un quadro conoscitivo il più ampio possibile. A tal fine, nel corso del 2019 sono stati tenuti 5 specifici workshop che hanno visto la partecipazione di numerosi stakeholder sia pubblici che privati:

- **3 aprile 2019** - “Il trasporto marittimo: opzioni e prospettive”, con gli interventi di rappresentanti di Edison, Carnival, DNV GL, Wärstilia e Confitarma;
- **9 maggio 2019** - “L’evoluzione del trasporto pesante e del trasporto pubblico locale: opzioni e prospettive” con interventi di rappresentanti di Scania, ASSTRA, TPER Bologna, LC3 Trasporti, CNH Industrial, Iveco, H2IT;
- **11 luglio 2019** – “L’evoluzione del trasporto aereo: opzioni e prospettive” con interventi di rappresentanti di Boeing Italia, ENAC, Alitalia, Università di Firenze, Innovhub;
- **15 ottobre 2019** - “L’evoluzione del trasporto leggero: fonti energetiche e sviluppi motoristici” con interventi di rappresentanti di CNR, Politecnico di Torino, Bosch Italia, Snam for mobility, Enea, Concawe;
- **12 novembre 2019** - “Soluzioni alternative per il futuro del trasporto leggero: elettricità e idrogeno” con interventi di rappresentanti di H2IT, Toyota, Enea, RSE, Enel X, General Motors.

Ciò ha permesso, da un lato, di acquisire gli elementi conoscitivi utili per contribuire proattivamente al dibattito pubblico sul tema, di cui lo studio che presentiamo oggi è un esempio, dall’altro, di ribadire la volontà del comparto del downstream petrolifero di contribuire da protagonista all’evoluzione energetica in atto, cogliendone tutte le sfide e le opportunità per il raggiungimento degli obiettivi ambientali.