

## MANUALE MHYBUS

# LA ROAD MAP DELL'IDROMETANO

**Autori**

Andrea Normanno (Regione Emilia-Romagna)  
Stefano Valentini, Sara Picone (ASTER)

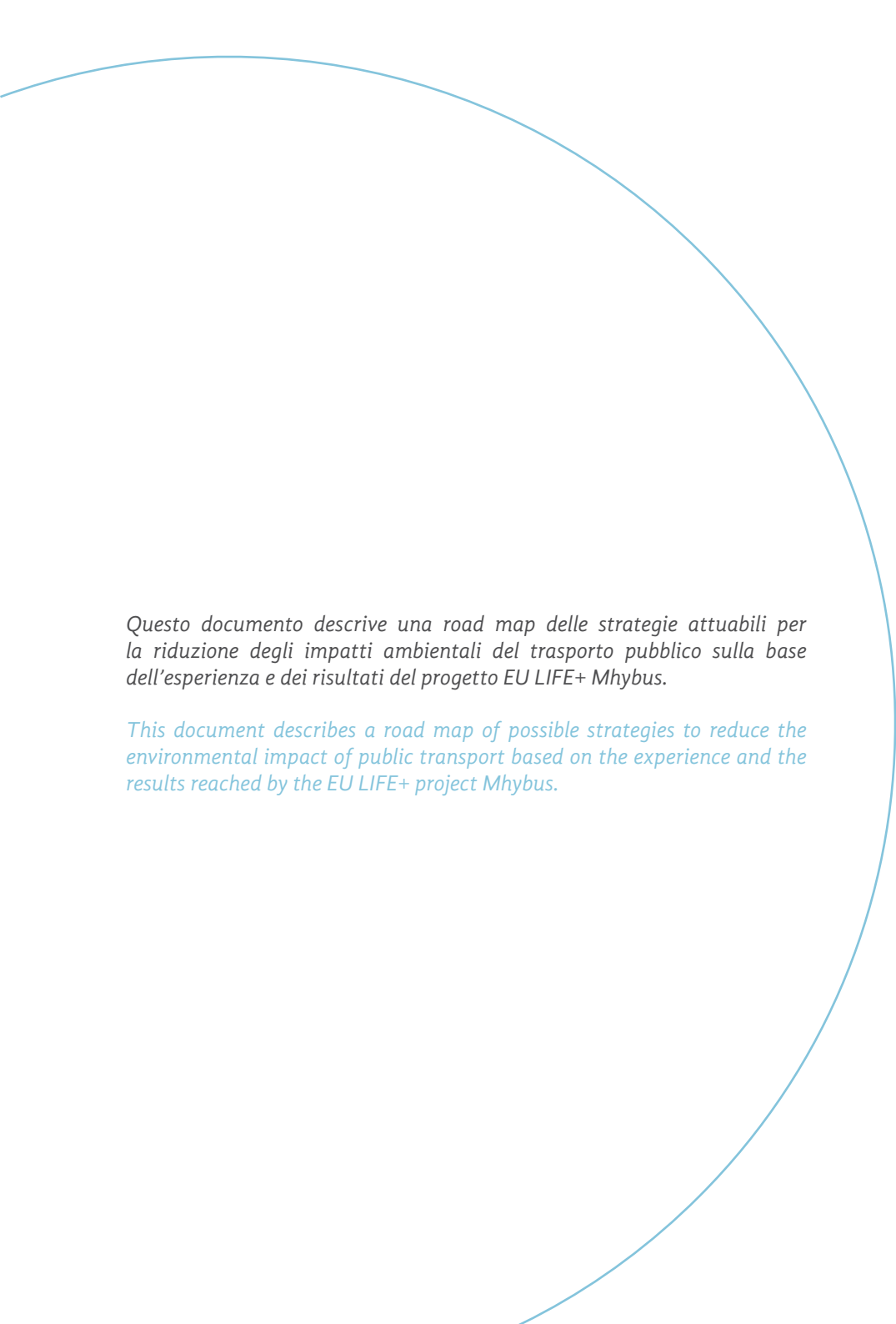
**Grazie ai contributi di**

Antonino Genovese, Fernando Ortenzi (ENEA)  
Vittorio Cazzola (consulente START Romagna)  
Massimo Beccalli, Maurizio Rea (SOL S.p.A.)

Progetto finanziato nell'ambito del programma LIFE+ 2007-2013  
DG Ambiente, Commissione Europea

**Info**

[www.mhybus.eu](http://www.mhybus.eu)  
[mhybus@aster.it](mailto:mhybus@aster.it)  
Durata progetto: 2009-2013



*Questo documento descrive una road map delle strategie attuabili per la riduzione degli impatti ambientali del trasporto pubblico sulla base dell'esperienza e dei risultati del progetto EU LIFE+ Mhybus.*

*This document describes a road map of possible strategies to reduce the environmental impact of public transport based on the experience and the results reached by the EU LIFE+ project Mhybus.*

## **Mhybus Team**

**Regione Emilia-Romagna**, Direzione Generale Reti Infrastrutturali, Logistica e Sistemi di Mobilità, coordinatore del progetto Mhybus, è da tempo impegnata nella riduzione dell'inquinamento atmosferico, ha promosso già dal 2007 il sesto "Accordo sulla qualità dell'aria" tra le città della regione Emilia-Romagna con oltre 50.000 abitanti.

<http://mobilita.regione.emilia-romagna.it/>

**ASTER S.Cons.p.A.** è il consorzio per l'innovazione dell'Emilia-Romagna. Sviluppa e coordina la Rete Alta Tecnologia, costituita da laboratori di ricerca industriale e da centri per l'innovazione tecnologica, organizzati in Piattaforme Tematiche e sostiene iniziative di alta formazione e di valorizzazione del capitale umano ai fini del loro impiego nella ricerca condotta dalle imprese.

[www.aster.it](http://www.aster.it)

**ENEA**, l'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo economico Sostenibile, è un ente pubblico operante nel campo dell'energia, dell'ambiente e delle nuove tecnologie al supporto della competitività e dello sviluppo sostenibile.

[www.enea.it](http://www.enea.it)

**START Romagna Spa** è la società nata il 1° gennaio 2012 dalla fusione delle tre aziende del trasporto pubblico locale delle province di Rimini (Tram Servizi S.p.A.), Ravenna (A.T.M. S.p.A.) e Forlì-Cesena (A.V.M. S.p.A.). La nuova azienda, con i suoi 700 mezzi e la professionalità di più di 900 dipendenti, serve un territorio di c.a. 5.100 Km<sup>2</sup> e 1.100.000 abitanti.

[www.startromagna.it](http://www.startromagna.it)

**SOL Spa** è un Gruppo multinazionale italiano che opera in Europa, in Turchia e in India in due settori distinti: quello della produzione, ricerca applicata e commercializzazione di gas tecnici, puri e medicinali (Area Gas Tecnici) e quello dell'Assistenza Medica a Domicilio (Area Home Care). SOL è presente in Emilia Romagna dal 1973 con tre sedi, di cui una a Ravenna.

[www.sol.it](http://www.sol.it)

## **HYDROMETHANE ROAD MAP**

**Executive summary** 7

## **LA ROAD MAP DELL'IDROMETANO**

**1. Introduzione** 13

**2. La politica regionale sui trasporti** 19

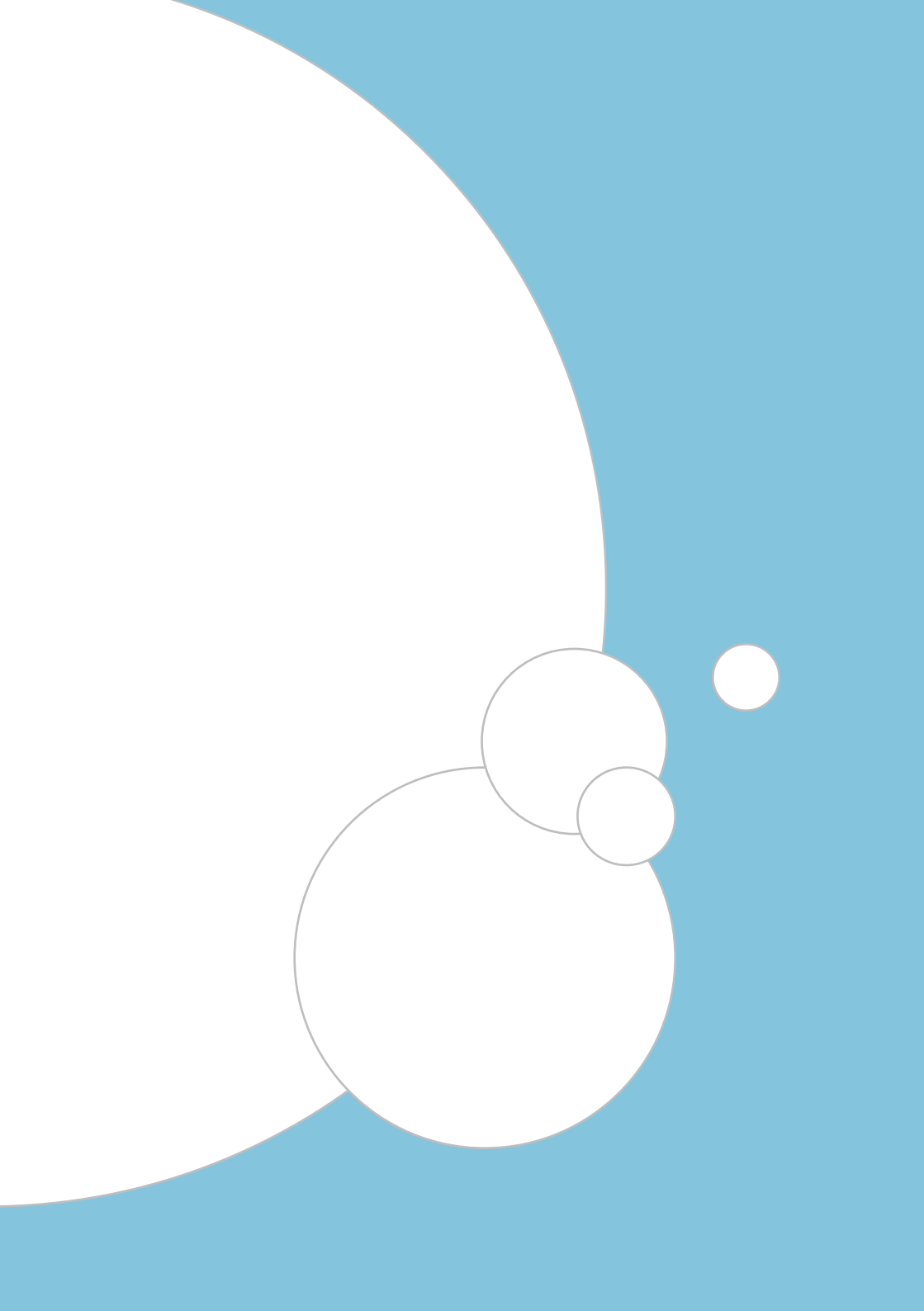
**3. Tecnologie per la riduzione dell'impatto ambientale  
della flotta del trasportopubblico locale** 23

**4. Scenario: conversione ad idrometano  
della flotta regionale autobus a metano** 33

**5. Road map per la diffusione di combustibili  
a basso impatto ambientale** 37

**6. Conclusioni** 39

**7. Riferimenti Bibliografici** 41



# HYDROMETHANE ROAD MAP

## Executive summary

Mhybus performed all the necessary steps - in terms of studies, technical tests and administrative procedures - to design and operate the first hydromethane fuelled bus for public urban transport. The project is a EU cofounded LIFE+ Project which was implemented in Emilia-Romagna.

The different work phases which lead to the circulation of the hydromethane fuelled vehicle have been:

- Bench tests to optimize the engine for the use of hydromethane
- Preparation of the prototype vehicle
- Design and realization of a dedicated fuelling station
- Road tests.

The optimal hydromethane blend composition has been identified in 15% Hydrogen and 85% methane in volume. One methane fuelled bus vehicle has been converted to hydromethane with a dedicated fuelling station in Ravenna, and it has run for more than 45.000 km on public roads.



The objectives of the project have been to use this vehicle as leverage to start a virtuous circle towards a widespread use of hydromethane by regional public transport utilities. Moreover, Mhybus has provided data for air quality and climate change policy measurements in Emilia-Romagna, and increased the citizens' awareness to air quality topics by exploiting the demonstrative potential of the prototype vehicle.

The environmental impact of transport in Emilia-Romagna is a major concern for its regional government, as transport is responsible for a large percentage of air pollutants emissions (PM<sub>10</sub>, VOC, CO<sub>2</sub>, CO).

The Mhybus project has shown the technical feasibility of converting a methane fuelled urban transport bus into an hydromethane fuelled one by means of bench and road tests. It also took care of all necessary formal procedures by the competent authorities (Centro Prove Autoveicoli from Bologna in agreement with the Ministry of Transport and Infrastructures) to obtain the authorization to circulate on public roads transporting passengers.

All aspects to be considered to extend the hydromethane to a bus fleet have been taken care of in the guideline section of this manual. From obtained data, hydromethane costs are similar or only slightly higher than methane costs. Here, the different solutions put in place for sustainable mobility in Emilia-Romagna have been examined, such as the use of hybrid electric vehicles.



Based on the significant number of methane fuelled vehicles in the region, on the ease of application of the hydromethane technology and on its relatively low cost, hydromethane is a promising solution to improve environmental impact of public transport.

Environmental benefits as proved by Mhybus, if extended to the whole regional fleet, could lead to a saving of 2.526 ton of CO<sub>2</sub> emissions. Considering the latest estimation of external costs of CO<sub>2</sub> in the transport section, this leads to a saving of 419 €/year per vehicle on external costs.

However, it is important to notice that the possibilities of extending the hydromethane technology to different areas of the region needs to consider the whole production chain for blend production. Modern hydrogen production technologies are far more flexible than in the past, but they demand investments on research and development.

Thus, once the experimental phase of Mhybus is positively concluded, based on the sound data the project has provided, it is envisaged that Local Public transport companies, public organizations and all interested stakeholders in general will adopt this good practice and will promote a larger extension of the use of hydromethane as first step towards hydrogen economy for public and private transport fleets.



The image features a minimalist, abstract design. At the top, a thin grey arc curves across the page. Below this, a solid dark grey horizontal band spans the width of the page. Centered within this band is the title 'La road map dell'idrometano' in a light blue, sans-serif font. Below the band, the design continues with several thin grey lines and circles. A large circle is positioned in the lower-left quadrant, with a smaller circle overlapping its top edge. To the right of this, another small circle is positioned above a larger one, which in turn overlaps the right side of the large circle in the lower-left. A thin vertical line extends upwards from the top of the large circle in the lower-left. A thin horizontal line extends to the right from the right side of the large circle in the lower-left. The overall aesthetic is clean and modern, using a limited color palette of greys, blues, and white.





# 1.

## INTRODUZIONE

La mobilità urbana ed il trasporto locale hanno subito in questi anni profonde modificazioni a partire dal piano legislativo e della conseguente governance, ma anche nel progressivo aumento della sensibilità verso i livelli di emissioni inquinanti, l'instabilità del prezzo dei combustibili fossili, il riscaldamento globale e le evidenti mutazioni climatiche. Queste tematiche si intrecciano inoltre con la compatibilità economica del servizio pubblico, le politiche di apertura al mercato, e la qualità e la sicurezza del trasporto (RER, 2012). In stretta coerenza con il D.Lgs. 422/97 (decreto Burlando), da tempo la Regione Emilia Romagna ha promosso, talvolta quale precursore, un insieme di azioni finalizzate ad aumentare l'efficienza e l'efficacia del trasporto pubblico locale migliorandone la sostenibilità, promuovendo anche politiche di gestione della domanda di mobilità attraverso gli Accordi di Programma con gli Enti locali e le Agenzie locali per la mobilità (RER, 2012).

## Il progetto LIFE+ Mhybus

Il progetto Mhybus ha svolto tutti i necessari passi tecnici, amministrativi ed approfondimenti per progettare e far circolare su strada un veicolo per il trasporto pubblico urbano alimentato ad idrometano. Il progetto è cofinanziato dal Programma Europeo LIFE+ ed è stato implementato in Emilia-Romagna.

Le fasi di lavoro che hanno portato alla circolazione su strada del veicolo sono state:

- Le prove a banco per l'ottimizzazione del motore
- La preparazione del veicolo prototipo
- La realizzazione di una stazione di rifornimento dedicata
- L'esecuzione dei test su strada.

La composizione ottimale dell'idrometano per autobus del trasporto pubblico è stata identificata nel 15% di idrogeno e 85% di metano in volume. Un autobus per il trasporto pubblico è stato convertito ad idrometano e, supportato da una stazione di rifornimento dedicata, ha circolato su strada a Ravenna per oltre 45.000 km svolgendo servizio su regolare linea pubblica.

Gli obiettivi del progetto sono stati quelli di utilizzare questo veicolo come innesco di un circolo virtuoso per l'estensione della sperimentazione ad altre flotte regionali. Inoltre, Mhybus ha fornito dati precisi per misure strategiche a livello regionale rispetto alle tematiche di qualità dell'aria e cambiamenti climatici, ed ha sensibilizzato la cittadinanza rispetto a queste tematiche grazie al potenziale dimostrativo del veicolo.

## Mhybus in cifre

**1** autobus convertito ad idrometano

**1** stazione di rifornimento idrometano realizzata

**45.898 km** percorsi su strada

Oltre **10.000** passeggeri trasportati

**5,98 tonnellate** di CO<sub>2</sub> di emissioni evitate in atmosfera

**12,6 tonnellate** di idrometano prodotte

**1,8 tonnellate** di metano risparmiate

**15** eventi di networking dedicati di interesse nazionale e internazionale

**33** articoli, pubblicazioni scientifiche, video ed interviste

**37** presentazioni ad eventi del settore e partecipazione ad eventi divulgativi

**12** eventi specifici organizzati

**62** esperti tecnici e professionisti partecipanti alla Community Idrometano

## Mobilità e qualità dell'aria nel bacino padano

Gli spostamenti effettuati dai cittadini dell'Emilia-Romagna sono circa 9 milioni al giorno, di cui i 2/3 all'interno dei perimetri urbani e i restanti su destinazioni extraurbane. Il 70% degli spostamenti avviene con mezzi privati (prevalentemente auto), il 7% con il trasporto pubblico, ed il 10% in bicicletta. La piattaforma logistica regionale si compone di 2 interporti di livello nazionale (Bologna e Parma), 5 impianti ferroviari principali, un porto di primo livello con 16 km di banchine operative, raccordi ferroviari lungo entrambe le dorsali. Il trasporto pubblico su gomma fornisce 18.500 corse/giorno, che interessano 29.600 fermate distribuite sul territorio regionale. Tuttavia il trasporto pubblico locale su gomma soffre di una debolezza strutturale, legata in parte a note difficoltà (soprattutto finanziarie) di adeguamento a più elevati standard di qualità (capillarità dei servizi, rinnovo del parco circolante, comfort del viaggio, servizi integrativi al contorno ecc.), ed in parte legata allo scarso appeal di questo mezzo di trasporto (PRIT, 2012).

Le problematiche legate alla qualità dell'aria nel bacino Padano sono legate alla concomitanza di due fattori, l'uno antropico e l'altro geografico. Si tratta infatti di un'area con alto grado di urbanizzazione ed elevata densità di attività produttive in un territorio in cui orografia e meteorologia non favoriscono la dispersione degli inquinanti in atmosfera. Il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, date le importanti implicazioni sulla salute dei cittadini e sull'ambiente, rappresentano un obiettivo fondamentale nelle politiche della Regione Emilia-Romagna. Infatti, dal 2002 la Regione ha attivato interventi per la riduzione delle emissioni degli inquinanti più critici, in particolare polveri fini e biossido di azoto, formalizzati con la sottoscrizione di Accordi di Programma per la Qualità dell'Aria. Questi programmi di intervento hanno consentito significative riduzioni nel livello degli inquinanti; ad esempio, il PM10 è diminuito del 25% in dieci anni (ARPA e Regione Emilia-Romagna, 2012). Tuttavia, nonostante il positivo effetto delle misure messe in campo, la situazione permane critica per il PM10 e per NO2. In particolare, con riferimento alle PM 10, risulta che il 60% della popolazione regionale è esposto nel 2011 e 2012 a valori superiori alla soglia limite giornaliera per la protezione della salute umana (ARPA, 2013).

A livello regionale il traffico veicolare ha assunto un ruolo predominante quale fonte di emissione di inquinanti atmosferici. Il traffico è infatti responsabile del 39% delle emissioni di monossido di carbonio, del 34% delle emissioni di PM10 primario (al quale va ad aggiungersi una quota non trascurabile di PM10 prodotto da reazioni secondarie), del 57% delle emissioni di ossidi di azoto e del 13% delle emissioni di composti organici volatili, che

interagiscono in diverse reazioni fotochimiche. Per quanto riguarda l'anidride carbonica, in Emilia-Romagna, il traffico veicolare è stimato responsabile del 32% delle emissioni (ARPA, 2013). La Figura 1 illustra la distribuzione delle fonti di emissioni di inquinanti atmosferici in regione; si nota come per CO ed NOx il trasporto sia la fonte principale (ARPA, 2013).

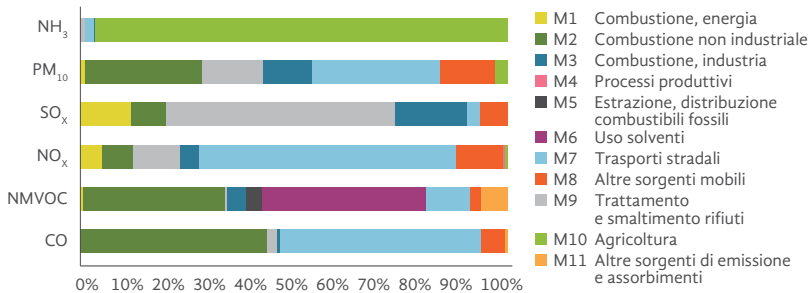


Figura 1 - Distribuzione percentuale delle emissioni in atmosfera in Emilia-Romagna dei principali inquinanti per macro-settore riferiti all'anno 2010. Fonte: ARPA, 2013.

I dati di monitoraggio della qualità dell'aria in Emilia-Romagna nel 2011 e nei primi mesi del 2012 (ARPA, 2012) mostrano un peggioramento dei dati di PM10, e quindi la necessità di ulteriori strategie nel breve e medio termine per fronteggiare gli episodi di inquinamento acuto dovuti alle particolari condizioni meteo climatiche di questo territorio.

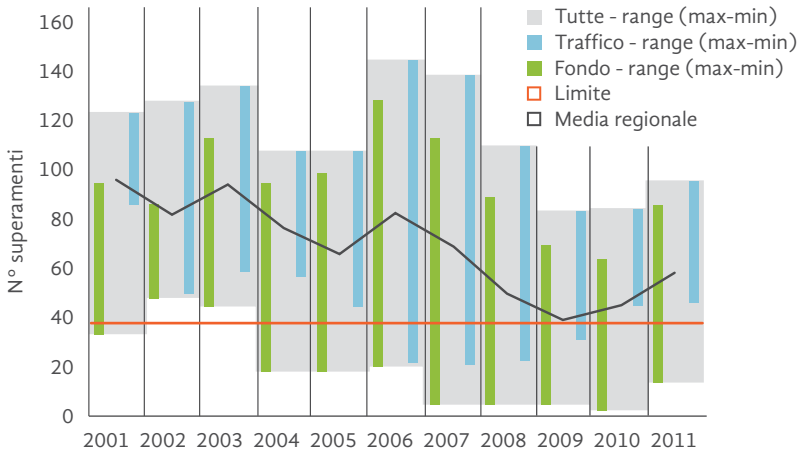


Figura 2 - PM10 Andamento del numero di superamenti del limite giornaliero di protezione della salute umana (50µg/m3) per tipologia di stazione (2001-2012) F= stazioni collocate in area urbana T= stazioni influenzate dal traffico. Fonte: ARPA, 2013.



Nel 2011 rispetto al 2010 sono aumentati sia la media annua delle PM10, sia il numero dei superamenti giornalieri. Nel 2011 la media annua del PM10 nei Comuni capoluogo è stata di circa 35  $\mu\text{g}/\text{mc}$ ; anche se il valore è inferiore al limite normativo europeo di 40  $\mu\text{g}/\text{mc}$ , è comunque aumentato del 13% rispetto al 2010. Il numero di giorni di superamento del limite di 50  $\mu\text{g}/\text{mc}$ , che è stato mediamente nei comuni capoluogo di 60 giorni, supera del 60% il limite normativo annuo di 35 giorni, rilevando un aumento del 17% rispetto al 2010 (Figura 2). Nel 2012, 33 stazioni su 45 hanno registrato più di 35 superamenti del valore limite giornaliero, delle quali 4 stazioni con più di 80 superamenti (ARPA, 2013).



# 2.

## LA POLITICA REGIONALE SUI TRASPORTI

In Emilia-Romagna, il servizio di trasporto pubblico locale si articola su nove bacini provinciali, coincidenti di fatto con le province della regione, e comprende sia il servizio bus in ambito urbano nelle città principali, sia il servizio in ambito extraurbano.

In tutti i bacini provinciali dell'Emilia-Romagna sono nate e operano le Agenzie locali per la mobilità, a cui è affidato il compito di attuare le decisioni degli Enti locali (Province e Comuni) anche nei rapporti con le società di gestione dei servizi di trasporto pubblico locale. La Legge Regionale n. 10 del 2008 ha posto l'attenzione sulla necessità di razionalizzare il sistema del TPL attraverso uno snellimento organizzativo delle attuali Agenzie, allo scopo di semplificare i processi decisionali, riducendo di conseguenza i costi complessivi della gestione a livello regionale.

Il parco veicoli ammonta a 3.151 autobus con un'età media di 11 anni. La Figura 3 mostra la distribuzione della flotta per tipo di alimentazione. Dal 2003 al 2013 il numero dei veicoli a metano è aumentato dall'8% al 40%, raggiungendo circa 422 veicoli. Il beneficio ambientale apportato dall'alimentazione a metano è destinato peraltro a divenire meno importante con l'introduzione dei veicoli diesel EEV e degli Euro VI, che producono anche minori

emissioni di CO<sub>2</sub>. Restano ovviamente i benefici in termini economici, legati al prezzo inferiore del metano.

Parallelamente, la flotta alimentata a diesel è diminuita dal 74% al 52%. Ciò ha contribuito in modo significativo alla diminuzione delle emissioni di polveri sottili da parte degli autobus (RER, 2013).

Sempre nell'ottica della tutela della qualità dell'aria, negli ultimi anni il rinnovo del parco mezzi regionale ha visto una drastica diminuzione dei pre-euro a vantaggio di classi ambientali meno inquinanti. Questa la composizione del parco autobus per classe ambientale: euro 0 (11%), euro 1 (5%), euro 2 (33%), euro 3 (26,3%), euro 4 (1,7%), euro 5 (5,7%), EEV (12,4%), ULEV (2%), ZEV (2,5%), da fonte Regione Emilia-Romagna (2013).

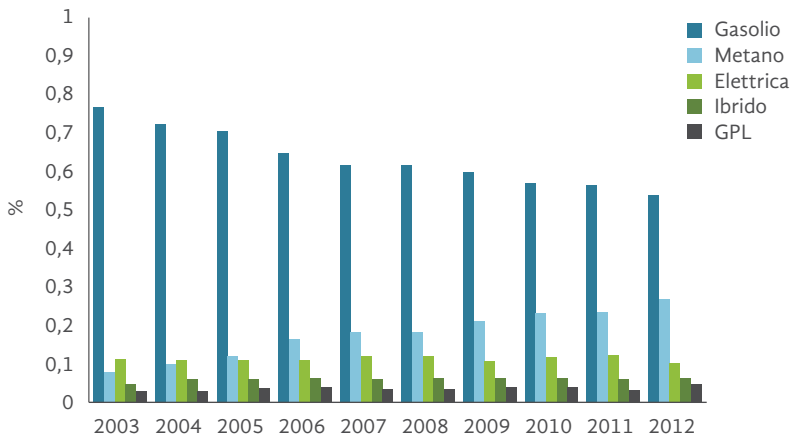


Figura 3 - Composizione della flotta regionale di autobus dal 2003 al 2012, suddivisi per tipo di alimentazione. Fonte: Regione Emilia-Romagna, DG Trasporti.

Dal punto di vista organizzativo, è un corso un processo di semplificazione del panorama delle aziende di trasporto che gestiscono il servizio in Emilia-Romagna, che ad oggi sono:

- SETA SpA: operante dal 1 gennaio 2012 nei bacini di Modena, Reggio Emilia e Piacenza.
- TPER SpA: operante dal 1 febbraio 2012 nei bacini di Bologna e Ferrara
- START Romagna SpA: operante dal 1 gennaio 2012 nei bacini di Ravenna, Rimini, Forlì, Cesena.
- TEP Parma, che rimane l'unico gestore a scala di bacino.

La politica regionale relativa ai trasporti è definita dal PRIT (Piano Regionale Integrato dei Trasporti al 2020), documento che definisce i limiti del finanziamento pubblico al trasporto pubblico locale. Gli interventi mirano, tra gli altri, all'obiettivo specifico di assicurare lo sviluppo sostenibile del trasporto riducendo il consumo energetico, le emissioni inquinanti e gli impatti sul territorio. Il risanamento e la tutela della qualità dell'aria costituiscono un obiettivo irrinunciabile ed inderogabile per la Regione, date le implicazioni sulla salute dei cittadini e sull'ambiente. Per questo le politiche regionali del trasporto pubblico e della mobilità urbana sono volte al conseguimento di obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria e di riduzione della congestione stradale (PRIT,2012).

In questa ottica, per la riduzione dell'impatto ambientale dei trasporti, accanto alla diversione modale su mobilità pubblica o ciclabile, coerentemente con le politiche europee, il rinnovo tecnologico dei veicoli pubblici e privati rappresenta una delle leve su cui è necessario puntare. In termini più espliciti, il PRIT auspica politiche, necessariamente di scala sovranazionale, che privilegino la produzione di autoveicoli a basso impatto ambientale (piccole cilindrata, dimensioni ridotte per l'occupazione del suolo, alta efficienza riguardo ai consumi) e promuovano a scala regionale la progressiva sostituzione dei mezzi pubblici e privati più obsoleti (PRIT, 2012).

L'evoluzione mostrata dal parco veicolare in Emilia-Romagna e le prospettive al 2020 consentono di riconoscere al rinnovo tecnologico un importante contributo alla qualità dell'aria, all'attenuazione della rumorosità e alla riduzione della mortalità e lesività degli incidenti stradali. Tale rinnovo può essere ulteriormente stimolato da un'azione coordinata fra Regione e Enti locali.

Nel presente documento vengono illustrate due strategie complementari per il rinnovo tecnologico: il rinnovo del parco mezzi con veicoli ibridi elettrici e il retrofitting del parco mezzi esistenti con miscele idrogenate.

La prima consente di limitare fortemente l'impatto ambientale attraverso il rinnovo del parco mezzi, la seconda invece è una strategia a bassi investimenti e di veloce introduzione che però consente di raggiungere un miglioramento più ridotto dell'impatto ambientale.



# 3.

## TECNOLOGIE PER LA RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELLA FLOTTA DEL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE

### 3.1 ELETTRICO ED IBRIDI

Il veicolo elettrico (EV) è caratterizzato da solo motore elettrico (anche più di uno), un pacco batterie e si ricarica esclusivamente da una presa di corrente. I km di percorrenza sono garantiti dalla capacità delle batterie. I modelli attualmente in commercio garantiscono almeno 100km di autonomia, e il principale limiti sono legati al peso delle batterie (alcune centinaia di kg), ai tempi di ricarica, alla vita delle batterie e al loro costo.

Il veicolo ibrido è dotato di due sistemi di propulsione, ovvero accoppia al motore termico uno o più motori elettrici con funzione di supporto al motore termico in fase di accelerazione e di generatore per il recupero di energia in fase di frenata. Le batterie quindi accumulano l'energia recuperata in fase di frenata del mezzo. Il recupero massimo si ha su cicli di guida urbana, caratterizzati da frequenti stop and go e può variare generalmente tra 5-20%.

Esistono varie tipologie di veicoli ibridi. Il pacco batterie pesa intorno ai 30-50kg, e attualmente consente al motore elettrico di supplire alle esigenze di quello termico in fase di accelerazione o di garantire alcuni km di autonomia in solo elettrico, a seconda del modello.

L'impatto ambientale complessivo di un veicolo elettrico dipende naturalmente da come vengono ricaricate le batterie, e può essere prossimo allo zero in caso di energia da fonti rinnovabili, o più o meno elevato a seconda della provenienza dell'elettricità. L'utilizzo di veicoli elettrici permette l'azzeramento di quasi tutti i principali inquinanti nel punto di utilizzo, dall'altro contribuisce alla riduzione di inquinanti a livello globale, in quanto anche considerando le emissioni alla centrale, legate alla produzione di energia elettrica per la ricarica delle batterie, queste sono notevolmente ridotte rispetto ai veicoli tradizionali.

Per quanto riguarda invece le emissioni in loco bisogna considerare le emissioni di PM10 non exhaust, cioè quelle legate all'abrasione. In tabella 1 vengono riportati i risultati di alcuni studi sulle stime di emissioni di CO<sub>2</sub> (non in loco) in base ai vari modi di produrre energia elettrica e si può notare come in base alla provenienza di tale energia si potrebbe avere una riduzione delle emissioni, o paradossalmente un aumento della CO<sub>2</sub> (valori negativi). I valori più significativi dello studio sono quelli relativi al mix europeo, da prendere come valori medi di riferimento, e agli impianti a gas naturale, in quanto la Regione nel 2000 ha avviato una politica di trasformazione del sistema energetico regionale sostituendo i vecchi impianti ad olio combustibile con impianti a gas ad alta efficienza e bassi fattori emissivi.

Source	EURE 2008	EURE 2008	WWF 2009	WWF 2009	WWF 2009
Region	Europe	Europe	Germany	Germany	Germany
Grid mix characteristics	current European mix	future European grid mix (2030)	old coal-fired power plant	new coal-fired power plant	natural gas power plant
Average carbon intensity [gCO <sub>2</sub> /kWh]	410	130	900	750	-
Energy consumption of EV/PHEV [kWh/100km]	18	18	2-20	2-20	2-20
CO <sub>2</sub> -emissions of EV/PHEV [g/100 km]	80	30	220	175	90
CO <sub>2</sub> -emissions of CV [g/100 km]	160	160	160	160	160
CO <sub>2</sub> -benefit compared to average CV	50%	81%	-38%	-10%	44%

Tabella 1 - Emissioni rilevate da veicoli elettrici in Europa. (Fonte: Regione Emilia-Romagna)



## La mobilità elettrica in Emilia-Romagna

In Emilia-Romagna, nell'Accordo di programma 2010-2012 per la qualità dell'Aria, per la prima volta si è aperta la strada all'infrastruttura elettrica. Oggi i singoli progetti pilota sono diventati un articolato piano di mobilità elettrica su scala regionale denominato "Mi Muovo Elettrico". In tale ambito il nuovo Accordo 2012-2015 propone di dare continuità alle misure già adottate per la promozione e l'incentivazione dell'uso di veicoli ecosostenibili, con la previsione di utilizzo di risorse regionali per incentivare lo sviluppo sia dell'elettrico nei trasporti (in particolare incentivi per l'acquisto di bici elettriche e il finanziamento ai filobus e ai bus ibridi/elettrici), sia dell'infrastrutturazione. Anche nei documenti del nuovo Piano Regionale Integrato dei Trasporti (PRIT 2020) viene individuato lo sviluppo della mobilità elettrica (a due e quattro ruote) attraverso la dotazione sul territorio di reti di ricarica, insieme all'incentivazione e alla facilitazione della circolazione e sosta di tali mezzi. La scelta strategica del ricorso ad energie alternative e a basso impatto ambientale è in armonia con gli orientamenti europei e con la nuova strategia europea sui combustibili alternativi, in via di approvazione.

L'alimentazione elettrica per il trasporto pubblico in Emilia-Romagna rappresenta una piccola percentuale del totale (4,2%) e comprende l'utilizzo di diverse tecnologie tra cui filobus, ibridi (motore elettrico e motore termico) e puro elettrico. Gli autobus alimentati esclusivamente da batterie hanno ad oggi una limitata autonomia pertanto vengono utilizzati esclusivamente in ambito urbano. Gli autobus ibridi promettono una riduzione dei consumi e di conseguenza anche degli inquinanti tra il 20% e il 30% anche attraverso l'utilizzo della tecnologia start & stop. La fruibilità del mezzo elettrico dipende essenzialmente dalle batterie, poiché il loro contenuto energetico per unità di peso è di ben due ordini di grandezza inferiore rispetto ai carburanti tradizionali.

Sul totale di autobus circolanti sono 81 gli ibridi a gasolio e 4 quelli a metano. Esistono già sul mercato, seppure a costi ancora elevati, modelli di 12 e 18 metri. Tale tecnologia risulta versatile, permette cioè di utilizzare i mezzi su qualunque linea. I filobus sono utilizzati in Emilia-Romagna (108 filobus circolanti) nelle città di Parma, Modena, Bologna e Rimini. Essi sono silenziosi e non hanno emissioni locali, il lato negativo è rappresentato dal fatto che è un sistema che necessita di infrastruttura. La regione prevede di ampliare la flotta dei filobus compatibilmente con le risorse che verranno allocate per il TPL.

Secondo una ricerca del MIT “i costi rimarranno il fattore di rischio principale per quanto riguarda la commercializzazione sul lungo termine dei veicoli elettrici”, questo perché attualmente comprare un veicolo elettrico comporta un raddoppio del prezzo, se paragonato ad uno di classe simile a benzina, o l’aumento del 25-30% nel caso di veicoli ibridi.

Per quanto riguarda i costi di esercizio, sul fronte trasporto pubblico EnerBlu ha confrontato i consumi di un minibus (fino a 35 persone e 65 q.li di portata) a gasolio con quelli di uno equivalente elettrico. In Tabella 2 sono riportati i costi operativi e di gestione, senza però contare l’extra-costi del veicolo elettrico rispetto a quello a gasolio, che si aggira intorno ai 40.000-50.000 € ed ipotizzando un percorso di soli 120 km giornalieri, pari al limite delle batterie per quello elettrico.

Esempio su un veicolo trasporto persone	Veicoli a Gasolio	Veicoli Elettrici	Risparmio all'anno
Consumo	6 km / litro	-	
Consumo giornaliero (120 km)	20 litri	42,4 Kwh (2 batterie)	
Costo per unità	1,5 € / litro	10 cent / Kwh	
Costo rifornimento giornaliero (120 km)	€ 30	€ 4,20	
Costo rifornimento annuale (300 giorni)	€ 9.000	€ 2.034	- 6.966
Assicurazione RC	€ 2.200	€ 1.100 (50%)	- 1.100
Tassa di proprietà	€ 250	zero	- 250
Manutenzione (media) Es: rifacimento motore1	€ 3.500 € 5.000	€ 1.000 € 500	- 2.500
Fermo macchina	Diversi giorni	1 ora	

Tabella 2- Costi di esercizio di un veicolo elettrico rispetto ad un veicolo a gasolio. (Fonte: EnerBlu)

### Esperienze di mobilità elettrica per il trasporto pubblico in Emilia-Romagna - Progetto MIMOSA

In Emilia-Romagna, si è svolta recentemente una sperimentazione con veicolo elettrico per il trasporto pubblico nell’ambito del Progetto Europeo MIMOSA, nel quale l’azienda di trasporto pubblico TPER ha effettuato uno studio di fattibilità secondo il metodo “well to wheel” (pozzo alla ruota).

I risultati dello studio di fattibilità sono stati l’input per la realizzazione del bando di gara per la fornitura di veicoli ibridi con caratteristiche innovative. Il bando di gara riguarda la fornitura di 2 autobus ibridi ed è stato

aggiudicato nel maggio 2011. Gli autobus selezionati sono dotati di super capacitori/condensatori innovativi che sostituiscono le batterie elettriche convenzionali. I due veicoli Van Hool sono equipaggiati con un generatore elettrico azionato da un motore diesel endotermico. Rispetto ai veicoli ibridi tradizionali, offrono una notevole riduzione del consumo di carburante. I costi di manutenzione sono ridotti, in quanto i mezzi non necessitano di sostituzione periodica delle batterie convenzionali.

L'energia prodotta viene immagazzinata dalle super-condensatori e rilasciata dal motore elettrico durante le fasi di accelerazione, per sostenere il motore endotermico diesel, riducendo così il consumo di carburante e migliorando le prestazioni. Durante le fasi di frenatura e decelerare l'energia prodotta dal generatore è azionato per i super condensatori. In altre parole, i super condensatori possono molto rapidamente immagazzinare e restituire energia in grandi quantità.

Da aprile 2012, i due autobus ibridi operano nell'area urbana di Bologna (Figura 4). I veicoli hanno dimostrato grande affidabilità durante il servizio. Il consumo di carburante è pari a circa 2,5 km / l con il condizionamento di lavoro sistema di aria (sia per i conducenti e passeggeri compartimenti). Il consumo medio giornaliero è di circa 80 litri per un servizio giornaliero di 200 km. I dati si riferiscono alla stagione estiva con un uso intensivo del sistema di aria condizionata. I veicoli hanno un motore silenzioso apprezzato dai conducenti e passeggeri.



Figura 4 - Autobus ibrido Van Hool a Bologna.

La metodologia utilizzata per la valutazione della fattibilità si basa sul confronto tra nuovi autobus ibridi e altri veicoli ibridi già in servizio sulle linee TPER. Sono stati confrontati aspetti economici, energetici, ambientali e di trasporto tra i nuovi veicoli ibridi (con supercondensatori) e gli autobus ibridi tradizionali (con batterie). Al fine di avere una migliore comparazione tra i due veicoli, essi sono stati testati su una linea specifica nel centro storico, per avere identiche condizioni di funzionamento.

Dal punto di vista ambientale, il costruttore del bus dichiara che il motore che aziona il generatore osserva i limiti della direttiva 2005/55/CE “EEV” emissione (EEV: environmentally enhanced vehicle). Le emissioni sono qui state stimate sulla base del potere calorifico del gasolio (Tabella 3).

Descrizione	Unità	Veicoli innovativi Van Hool ibridi (con supercapacitore)	Veicoli ibridi (con batteria) tradizionali
Consumo specifico	l/km	0,40	0,54
Emissioni di CO <sub>2</sub> (stimati)	gr./km	1.052	1.431
Emissioni di CO (stimati)	gr./km	0,09	1,19
Emissioni di NOX (stimati)	gr./km	6,67	9,01
Emissioni di HC (stimati)	gr./km	0,04	0,06
Emissioni di PT (stimati)	gr./km	0,22	0,3

**Tabella 3 - Confronto tra le emissioni ed i consumi dell'ibrido autobus Van Hool ed il veicolo ibrido tradizionale (Fonte: Progetto EU MIMOSA).**

Le emissioni sono state stimate in 212 kg di CO<sub>2</sub> al giorno, calcolando 2.650 gr di CO<sub>2</sub> per ogni litro di gasolio (questo calcolo utilizza coefficienti standard per la stima di CO<sub>2</sub>). Per quanto riguarda il breve termine, TPER continuerà a monitorare i due veicoli ibridi in modo da avere una valutazione in materia di funzionamento durante la stagione invernale (ad esempio, sarà interessante per misurare i livelli di consumo con l'aria condizionata). I veicoli ibridi entreranno nel piano di investimenti TPER di medio periodo.

I principali risultati della valutazione di fattibilità possono essere riassunti come segue:

- riduzione dei costi di gestione - il nuovo veicolo ibrido è equipaggiato con supercapacitori che non hanno più bisogno di essere modificati rispetto ai veicoli ibridi tradizionali le cui batterie devono invece essere sostituite ogni 3 anni, con un costo di circa 30.000,00 euro.

- diminuzione del consumo - i dati raccolti in condizioni di servizio reale hanno dimostrato un notevole risparmio nel consumo di carburante dei nuovi veicoli ibridi rispetto a quelli tradizionali.

### 3.2 IDROGENO ED IDROMETANO

#### Produzione

Le modalità di produzione del carburante incidono fortemente sulla sua sostenibilità ambientale ed economica. I processi di produzione di idrogeno sono sintetizzati in Tabella 4.

Tecnologia	Fonte primaria/ processo	Efficienza energetica	Emissioni [gCO <sub>2</sub> /g H <sub>2</sub> ]	Consumo Elettrico [kW/Nm <sup>3</sup> ]
Stream reforming	Metano	76%	72.4	0.18
Elettrolisi	Acqua/Alcalina Convenzionale	60-70%	0	4.3-4.9
	Alcalina Avanzata	70-80%	0	3.8-4.3
	Membrana Inorganica	60%	0	4.8
	Polimero Elettrolita Solido	75-80%	0	3.6-4
Decarbonizzazione	Metano		0	0.4-0.6

Tabella 4 - Tipi di tecnologie e relativi impatti ambientali per la produzione di idrogeno. (Fonte: SOL Spa)

La produzione di idrogeno da steam reforming è un processo consolidato e ampiamente utilizzato. Esso consiste nella reazione catalitica di metano e vapore acqueo ad alta temperatura, che produce un gas composto da monossido di carbonio ed idrogeno. Successivamente, il monossido si combina con l'acqua a formare CO<sub>2</sub> e idrogeno.

L'elettrolisi è il procedimento che porta alla produzione di idrogeno per scomposizione dell'acqua nei suoi componenti elementari sfruttando l'energia elettrica. Per la necessità di utilizzare energia elettrica per attuare la scomposizione della molecola d'acqua il processo elettrolitico è soggetto a costi superiori rispetto a quelli dello steam reforming. Inoltre, la produzione di idrogeno per via elettrolitica utilizzando energia elettrica prodotta da fonti fossili comporta emissioni di CO<sub>2</sub> più elevate rispetto alla produzione di idrogeno da gas naturale (JRC, 2011). A sua volta, la produzione di idrogeno da steam reforming può avere efficienza e ricadute emissive differenti a seconda del tipo di impianto e della taglia dell'impianto.

Un'altra tecnologia disponibile per la produzione di idrogeno è quella della decarbonizzazione, che rimuove atomi di carbonio dal metano producendo idrogeno e come sottoprodotto carbone in polvere (carbon black). Utilizzando questa tecnologia si può produrre da metano direttamente idrometano. Per quel che riguarda gli impatti ambientali, è stato stimato che le emissioni di gas serra legate all'utilizzo di idrogeno come combustibile avvengono principalmente nelle fasi di produzione, trasporto e distribuzione dell'idrogeno. Due sono le conseguenze: i) un ampio margine di miglioramento della sostenibilità viene generato dall'utilizzo di tecnologie per la cattura e lo stoccaggio di CO<sub>2</sub>, ii) la tecnologia di produzione dell'idrogeno ha un peso molto rilevante nel bilancio ambientale (JRC, 2011).

Oltre ai benefici ambientali tuttavia, per valutare l'applicabilità, è necessario valutare il grado di maturazione di una tecnologia, aspetto che è fondamentale dal punto di vista di un'azienda di trasporti.

Consideriamo qui tre tecnologie di produzione di idrogeno in modo da fornire un intervallo indicativo dei principali vantaggi e svantaggi delle diverse soluzioni (Tabella 5). Le tecnologie scelte forniscono una panoramica molto sintetica in quanto spaziando da tecnologie mature (steam reforming), a quelle più prototipali ancora lontane da trovare applicazioni su scala industriali, come la produzione di idrobiometano e la de carbonizzazione.

L'idrobiometano è in fase di sperimentazione su piccola scala in Lombardia, dove viene prodotto da reflui di origine agricola per fermentazione anaerobica (Gruppo Recicla, Università degli Studi di Milano).

Tecnologia di produzione dell'idrogeno e tipo di infrastruttura	Vantaggi	Svantaggi
Steam reforming Stoccaggio H2 e miscelazione	Tecnologia consolidata, economie di scala, costi competitivi	Limitate emissioni di CO <sub>2</sub>
Elettrolisi	Energia rinnovabile ridotte emissioni	Alto consumo energetico, scarsamente competitiva
Sistemi in fase di sviluppo (alghe, biomassa o decarbonizzazione del metano)	Produzione di idrometano a costi competitivi e direttamente dal metano o da fonti rinnovabili	Stato delle tecnologie ancora prototipale

**Tabella 5 - Quadro riassuntivo delle tecnologie disponibili per la produzione di idrogeno e principali vantaggi e svantaggi. (Fonte: SOL Spa)**

## Utilizzo come combustibile

L'utilizzo dell'idrogeno come combustibile per autotrazione può avvenire mediante le celle a combustibile (fuel cells), come unico combustibile in motori a combustione interna, oppure in miscela gassosa con altri combustibili, come nel caso dell'idrometano.

L'utilizzo di idrogeno nelle fuel cells è un processo è altamente efficiente perché tutta l'energia chimica ricavata dall'idrogeno viene utilizzata come energia elettrica senza dispersione di calore. Inoltre, l'utilizzo delle celle a combustibile rende nulle le emissioni di inquinanti atmosferici. Questa tecnologia appare quindi molto promettente ma ad oggi disponibile a costi elevati.

L'utilizzo diretto di idrogeno in motori a combustione interna è sicuramente vantaggioso dal punto di vista ambientale per l'elevata resa energetica del processo e in quanto la combustione di idrogeno produce vapore acqueo. Tuttavia, questa soluzione appare ad oggi tecnicamente non applicabile su larga scala per il problema dello stoccaggio dell'idrogeno a bordo del veicolo. A causa della bassa densità dell'idrogeno, è infatti necessario stoccarne un volume molto elevato per poter fornire il quantitativo necessario a garantire al veicolo una certa autonomia. Inoltre la combustione produce, a seconda della temperatura, emissioni elevate di NOx.

L'utilizzo di idrogeno in miscela con altri combustibili, come nel caso dell'idrometano, dà i benefici dell'idrogeno senza averne gli svantaggi in termini di stoccaggio e di elevate emissioni di NOx.

Per approfondimenti si veda il capitolo 4 delle "Linee guida tecniche per la conversione di autobus per il trasporto pubblico da metano ad idrometano" del presente manuale dove sono riportati i risultati ottenuti grazie all'impiego della miscela idrometano.







# 4.

## **SCENARIO: CONVERSIONE AD IDROMETANO DELLA FLOTTA REGIONALE AUTOBUS A METANO**

La crisi economica ha determinato un calo della mobilità di persone e merci in generale, e, in aggiunta, le risorse economiche a disposizione per incentivare il rinnovo del parco veicoli circolante sono sempre più limitate. Di conseguenza, i veicoli in circolazione sono sempre più obsoleti ed inquinanti. In questa ottica, le attività di retrofitting per migliorare le performance ambientali sono una strategia interessante, soprattutto se possono essere praticabili a costi contenuti e quindi complementari alla strategia di rinnovo del parco autobus. Il parco veicoli regionali a metano è significativo e dunque l'idrometano conferma un potenziale interessante per il contenimento delle emissioni: il parco veicoli regionale è costituito, in totale, da 422 veicoli a metano (Tabella 6).

Bacini	Alimentazione autobus						Filobus
	Elettrica	GPL	Gasolio	Metano	Ibridi a gasolio	Ibridi a metano	
Bologna	10		706	175	40	1	47
Ferrara			256	40	3	3	
Forli-Cesena	15	11	257	36			
Modena			328	27			26
Parma			223	82	3		24
Piacenza			199	15	10		
Ravenna			137	47			
Reggio dell'Emilia		54	261		12		
Rimini	4	3	192		4		6
<b>Totale</b>	<b>29</b>	<b>68</b>	<b>2559</b>	<b>422</b>	<b>72</b>	<b>4</b>	<b>103</b>

Tabella 6 - Alimentazione dei veicoli del trasporto pubblico in Emilia-Romagna (Regione Emilia-Romagna, 2013).

Un ulteriore elemento di interesse di questa miscela è dato dal fatto che l'idrometano è una tecnologia ponte verso l'economia all'idrogeno e dunque è guardata con estrema attenzione da industrie e produttori attivi nel settore oil and gas. L'interesse per la tecnologia è tanto maggiore quanto maggiormente è sviluppato il settore nel territorio.

Con l'idrometano si crea una domanda di idrogeno, stabile e programmabile nel tempo (per le esigenze del trasporto pubblico). Va da sé che una volta creata la domanda ci si può concentrare nell'ulteriore sviluppo di tecnologie e/o soluzioni per l'offerta di idrogeno o sue miscele (si veda precedente paragrafo Idrogeno ed idrometano).

Al fine di programmare una strategia di sviluppo dell'idrometano non solo bisogna considerare il parco veicoli ma anche le peculiarità del territorio rispetto alla produzione di idrogeno. E' necessario infatti considerare non solo l'utilizzo, ovvero l'aspetto tank-to-wheel, ma l'intero well-to-wheel della miscela idrometano (Figura 5).

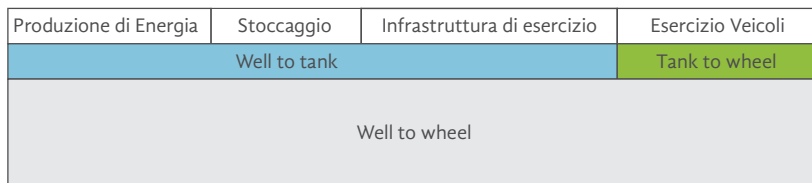


Figura 5 - Schema che illustra le fasi da considerare nell'analisi well-to-wheel del trasporto.  
Fonte: Bottazzi, A. 2009, La gestione delle flotte di veicoli per il Trasporto Pubblico Locale.

Il progetto Mhybus si è focalizzato sulla parte tank-to-wheel utilizzando una infrastruttura ed una tecnologia disponibili nel contesto di Ravenna dove è presente ed è consolidato il settore oil&gas, che però rappresenta una peculiarità nel panorama regionale.

La possibilità di estendere l'idrometano in altri territori passa necessariamente attraverso un'attenta valutazione delle filiere produttive presenti con le tecnologie di produzione di idrogeno che ad oggi appaiono sempre più flessibili che in passato (si veda paragrafo Idrogeno ed idrometano)

### I target ambientali raggiungibili

Ipotizzando una conversione dell'intera flotta regionale a metano, su una percorrenza annua di 45.000 km per veicolo, si potrebbe evitare l'emissione in atmosfera di 2.526 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Tali benefici sono chiaramente rilevanti per l'intero sistema urbano. Dal punto di vista economico, questi benefici possono essere quantificati considerando il costo esterno delle emissioni di CO<sub>2</sub> dal settore dei trasporti, che secondo le stime più recenti ammonta a 70 €/ton CO<sub>2</sub> (Maibach et al, 2008). Sulla base di questo dato e considerando i dati quantitativi ottenuti nella sperimentazione Mhybus, si possono ottenere risparmi di 419 €/veicolo, per un totale illustrato in tabella 7.

	Metano	Idrometano
Ton CO <sub>2</sub> per veicolo su base annua	39,74	33,75
Costo esterno per veicolo	2.781 €	2.363 €
<b>Risparmio costi esterni per veicolo</b>		<b>419 €</b>
N° veicoli a metano in regione	422	422
Costo totale esterno emissioni CO <sub>2</sub>	1.173.772 €	996.975 €
<b>Risparmio totale costi esterni</b>		<b>176.797 €</b>

Tabella 7 - Costi esterni delle emissioni di CO<sub>2</sub> dal settore del trasporto sulla base dei dati rilevati in Mhybus per una percorrenza annua di 45.000 km, per lo scenario metano ed idrometano.



# 5.

## ROAD MAP PER LA DIFFUSIONE DI COMBUSTIBILI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Sulla base dei promettenti risultati ottenuti da Mhybus, è chiaro come l'idrometano può consentire nel breve periodo una riduzione dell'impatto ambientale del trasporto pubblico a fronte di un investimento contenuto rispetto ad esempio all'acquisto di nuovi veicoli.

La diffusione dell'idrometano a livello regionale dovrebbe proseguire con un completamento della valutazione dell'idrometano e /o di altri combustibili a basso impatto ambientale da un punto di vista well-to-tank, soprattutto dal punto di vista della produzione di idrogeno da energie rinnovabili.

La Regione Emilia-Romagna sta investendo nella produzione di carburanti alternativi attraverso diverse attività. Nell'ambito della produzione da biomasse, la Regione sta investendo nell'upgrade di biogas in biometano per il loro utilizzo come carburanti e nella loro immissione diretta in rete attraverso il progetto LIFE+ Biomether.

Parallelamente, la regione intende valutare le potenzialità della produzione di metano sintetico. La produzione di metano sintetico può avvenire combinando idrogeno ottenuto da elettrolisi sfruttando energia elettrica da rinnovabili per derivare l'energia e CO<sub>2</sub> ottenuta da siti che la emettono, per produrre metano (CH<sub>4</sub>). In azione congiunta tra la DG Trasporti e la DG Attività Produttive, la Regione Emilia-Romagna ha intenzione di avviare uno studio di prefattibilità per valutare i costi-benefici della produzione di metano sintetico utilizzando fonti rinnovabili.

Nella Figura 6 è riportata una roadmap di massima al 2020 dove si ipotizza un'estensione delle attività dimostrative del Mhybus ad una miniflotta di 5-10 veicoli e parallelamente si approfondiscono gli aspetti "well to tank" di produzione e stoccaggio di idrogeno grazie ad iniziative sperimentali che potrebbero trovare finanziamenti Comunitari grazie ai programmi Horizon 2020 e LIFE+.

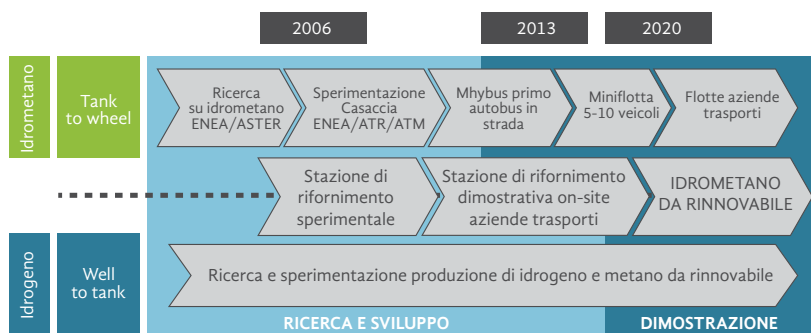


Figura 6 - Ipotesi di Road map al 2020

A fronte dei benefici ambientali dimostrati dal progetto Mhybus, politiche incentivanti da parte della Regione possono essere impostate per facilitare l'estensione della tecnologia nell'ambito dei programmi regionali per la conversione di un numero di veicoli esistenti da metano ad idrometano.

Queste politiche non possono prescindere da un coinvolgimento diretto delle aziende di trasporto e di tutti i portatori di interesse nel contesto locale.

# 6.

## CONCLUSIONI

Il progetto Mhybus ha dimostrato la fattibilità tecnica della conversione di alimentazione di un autobus da metano ad idrometano attraverso prove in laboratorio e su strada; ha attuato inoltre le procedure autorizzative necessarie presso le competenti sedi (Centro Prove Autoveicoli della Provincia di Bologna in accordo con il Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture).

Nel presente documento sono stati presentate le principali strategie promosse dalla regione per il rinnovo tecnologico dei veicoli pubblici.

Attenzione particolare è dedicata a due strategie complementari: il rinnovo del parco mezzi con veicoli ibridi elettrici e il retrofitting del parco mezzi esistenti con miscele idrogenate.

La prima consente di limitare fortemente l'impatto ambientale attraverso il rinnovo del parco mezzi, la seconda invece è una strategia a bassi investimenti e di veloce introduzione che però consente di raggiungere un miglioramento più ridotto dell' impatto ambientale.

Il lavoro svolto sull'utilizzo di miscele idrogenate mostra che il costo al chilometro dell'idrometano quando non identico al metano è di poco superiore; tale differenza di costo risulta contenuta se si compara ad altre tecnologie per la riduzione dei consumi di CO<sub>2</sub> nel settore dei trasporti.

I benefici apportati da una ridotta emissione di CO<sub>2</sub> sono rivolti all'intera società. Questo si riflette su un risparmio sui costi esterni del trasporto, con la conversione alla tecnologia idrometano, pari a 419 € annui per veicolo.

Tuttavia bisogna sottolineare il fatto che la possibilità di estendere l'idrometano in diversi territori della regione passa necessariamente attraverso un'attenta valutazione delle filiere produttive presenti per ottenere la miscela. Le tecnologie di produzione di idrogeno appaiono oggi sempre più flessibili che in passato ma necessitano ulteriori investimenti in termini di sperimentazione e ricerca.

Pertanto superata questa prima fase con esito positivo grazie anche al contributo della Commissione Europea è auspicabile che le Aziende di Trasporto, gli Enti Pubblici e gli Stakeholders in generale, prendano atto della buona pratica sperimentata e promuovano una estensione sempre più significativa dell'utilizzo dell'idrometano come carburante alternativo come primo step della tecnologia dell'idrogeno sia per le flotte dei veicoli pubblici che per quelle private.



# 7.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ARPA e Regione Emilia-Romagna, 2012. La qualità dell'aria in Emilia Romagna. Edizione 2012.

ARPA e Regione Emilia-Romagna, 2013. La qualità dell'aria in Emilia Romagna. Edizione 2013.

Regione Emilia-Romagna, 2013. Piano Regionale Integrato Trasporti 2020. Relazione Generale. Fase adozione

Regione Emilia-Romagna, 2012. Rapporto annuale di monitoraggio della mobilità e del trasporto in Emilia-Romagna. Direzione Generale Reti Infrastrutturali, Logistica e Mobilità, Maggio 2012

Regione Emilia-Romagna, 2012. Accordo di Programma 2012-2015 "Per la gestione della qualità dell'aria e per il progressivo allineamento ai valori fissati dalla UE di cui al D.Lgs.n. 155 del 13 Agosto 2010". Regione Emilia-Romagna, Province, Comuni Capoluogo e comuni superiori a 50.000 abitanti, 26 luglio 2012

JRC, 2001. Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and power-trains in the European Context. European Commission, Joint Research Center, Institute for Energy and Transport

Maibach, M. Schreyer, C. Sutter D., van Essen, H.P. Boon, B.H. Smokers, R. Schroten A., C. Doll Pawlowska, B., Bak, M., 2008. Handbook on estimation of external costs in the transport sector Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT). Version 1.1

Delft, CE, Publication Number 07.4288.52



