

**PROGETTO TECNOPRIMI
RAPPORTO FINALE**

TECNOLOGIE DI INTERESSE GENERALE

**TECNOLOGIE PER
LA MOBILITÀ SOSTENIBILE**

(a cura di Dario Scapaticci)

31 LUGLIO 2008

INDICE

SINTESI E CONCLUSIONI

PARTE PRIMA QUADRO DI RIFERIMENTO

1. I driver dello sviluppo tecnologico nel settore della Mobilità Sostenibile	7
1.1. Elementi di contesto e definizione dei drivers.....	7
1.2. Influenza sui veicoli stradali su gomma	14
1.3. Influenza sui veicoli su rotaia.....	17
1.4. Influenza su logistica e infrastrutture per la mobilità sicura e integrata urbana (persone e merci).....	18
2. La capacità italiana di ricerca e innovazione lungo le filiere produttive connesse con la mobilità sostenibile.....	22
2.1. Veicoli stradali su gomma	22
2.2. Veicoli su rotaia	22
2.3. Logistica e infrastrutture per la mobilità sicura e integrata urbana (persone e merci).....	23

PARTE SECONDA LINEE TECNOLOGICHE PRIORITARIE DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE

3. Tecnologie per il Trasporto Intelligente.....	26
4. Tecnologie per la cooperazione veicolo infrastrutture: gestione integrata della mobilità urbana	27
5. Sistemi di propulsione a ridotto impatto ambientale	28
6. Combustibili a ridotto impatto ambientale	29
7. Tecnologie veicolo a ridotto impatto ambientale nel ciclo di vita	30
8. Tecnologie per la sicurezza (<i>safety</i>)	31
9. Tecnologie per la difesa da atti dolosi o calamità naturali (<i>security</i>).....	32
10. Tecnologie per il comfort e la salute	33
11. Tecnologie di accesso esteso alla mobilità.....	34
12. Tecnologie per la competitività dei trasporti	35

SINTESI E CONCLUSIONI

La mobilità delle persone e delle merci rappresenta una delle più importanti conquiste economiche e sociali dell'età moderna e contemporanea. Lo sviluppo che, soprattutto nella seconda metà del XX secolo, ha caratterizzato i mezzi di trasporto e le reti infrastrutturali ha visto crescere in parallelo alcune problematiche collaterali, legate all'aumento dei volumi di traffico registrati soprattutto nel trasporto su gomma. I problemi si concentrano in alcune grandi macro-categorie: la congestione, l'approvvigionamento energetico, l'inquinamento, la sicurezza, l'accesso alla mobilità esteso a tutti. I contesti dove queste negatività si concentrano sono quelli dove si registra la maggiore densità di traffico, quali i centri urbani e le grandi direttrici. Le risposte a queste difficoltà sono strettamente legate, oltre che alla volontà politica delle diverse Amministrazioni, alla disponibilità di adeguate tecnologie di supporto che aiutino a identificare e a mettere in pratica soluzioni mirate.

L'obiettivo di questo lavoro consiste nell'analisi approfondita dei principali fattori (*drivers*) che oggi e nel prossimo futuro condizioneranno gli sviluppi nel settore della mobilità sostenibile e nella conseguente identificazione delle principali tecnologie prioritarie, sia in termini di applicazione immediata che di sviluppo ulteriore.

La trattazione è stata quindi suddivisa in due parti

Nella **prima parte** sono stati innanzitutto identificati i seguenti fattori:

- riduzione della congestione e fluidificazione del traffico urbano passeggeri e merci;
- riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici da fonti non rinnovabili lungo l'intero ciclo di vita del prodotto/servizio;
- incremento della sicurezza e della security;
- incremento del comfort e della salute;
- accesso esteso alla mobilità;
- competitività dei trasporti urbani e dei relativi processi produttivi e gestionali;

definendone successivamente le macro influenze sullo sviluppo dei Veicoli stradali, dei Veicoli su Rotaia e sugli aspetti di Logistica ed Infrastrutture. Nella stessa sezione è stata analizzata la capacità italiana di ricerca e innovazione lungo le filiere produttive connesse con la mobilità sostenibile e riguardanti anch'esse Veicoli, Logistica e Infrastrutture.

Nella **seconda parte** sono state identificate e trattate le tecnologie prioritarie, in connessione con i rispettivi *drivers*.

Le tecnologie identificate sono:

1. **Tecnologie per il Trasporto Intelligente**
2. **Tecnologie per la cooperazione veicolo infrastrutture: gestione integrata della mobilità urbana**
3. **Sistemi di propulsione a ridotto impatto ambientale**
4. **Combustibili a ridotto impatto ambientale**

5. **Tecnologie veicolo a ridotto impatto ambientale nel ciclo di vita**
6. **Tecnologie per la sicurezza (*safety*)**
7. **Tecnologie per la difesa da atti dolosi o calamità naturali (*security*)**
8. **Tecnologie per il comfort e la salute**
9. **Tecnologie di accesso esteso alla mobilità**
10. **Tecnologie per la competitività dei trasporti**

CONCLUSIONI

- La gestione dei problemi legati alla Mobilità è un fatto complesso e multidimensionale: le tecnologie connesse con i fattori selezionati sono indispensabili per poter identificare soluzioni efficaci;
- spesso molte tecnologie hanno già raggiunto un grado di sufficiente maturità per la loro applicazione, ma manca una visione organica di ‘sistema integrato’, che tenga conto simultaneamente dei diversi fattori in gioco e consenta di utilizzarle al meglio e in un’ottica di complementarità;
- l’applicazione di una o più tecnologie non è un fatto isolato, ma deve coinvolgere una molteplicità di attori, spesso sia pubblici che privati, verso la ricerca di soluzioni intelligenti ed efficienti che risolvano i problemi di mobilità dei cittadini;
- le tecnologie legate al mondo ITS (*Intelligent Transport System*) appaiono particolarmente indicate a soddisfare i requisiti indicati precedentemente, in quanto capaci di potersi riferire a un ‘sistema integrato’ dei Trasporti Pubblici e Privati, con un approccio di natura multimodale; queste tecnologie presentano per loro natura una struttura pervasiva e connettiva rispetto a tecnologie più specialistiche e mirate.

PARTE PRIMA

QUADRO DI RIFERIMENTO

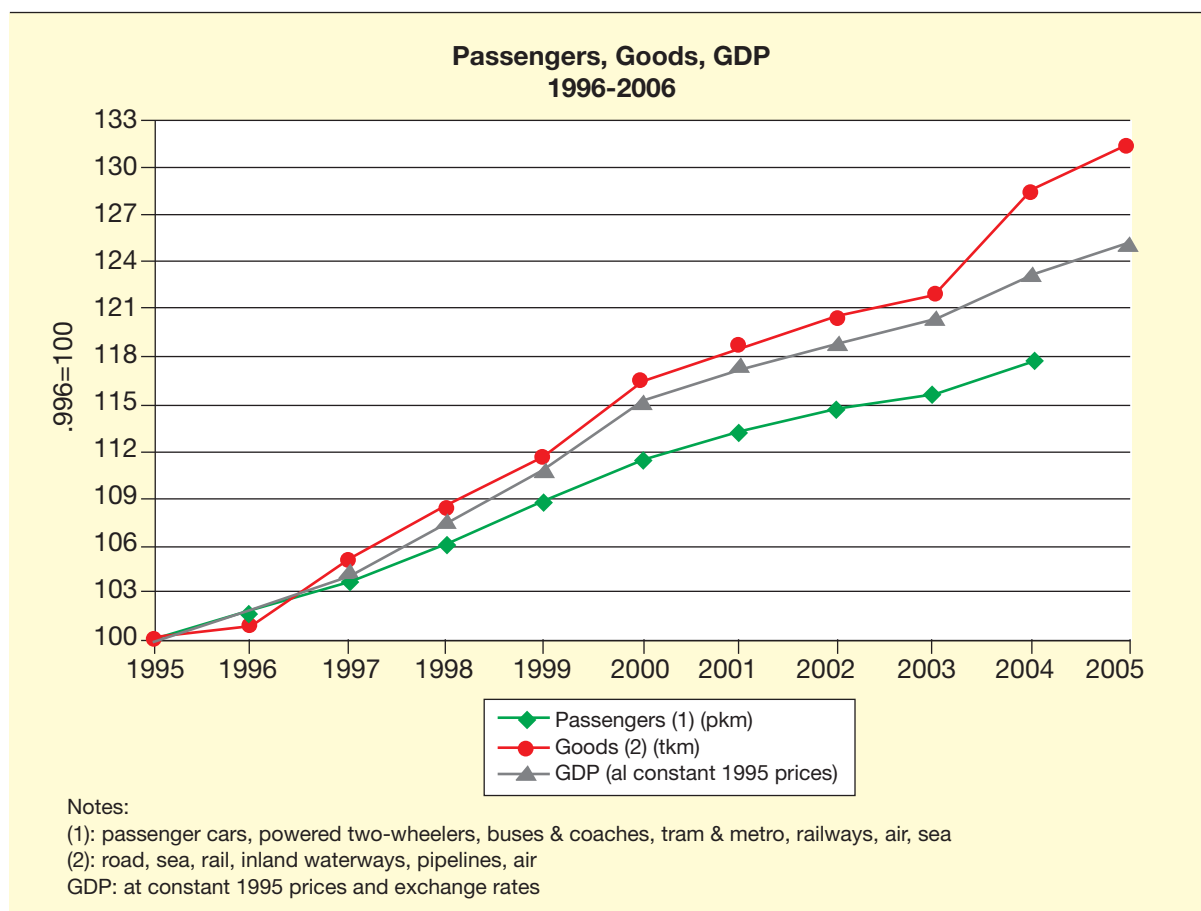
1. I DRIVERS DELLO SVILUPPO TECNOLOGICO NEL SETTORE DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE

1.1 Elementi di contesto e definizione dei drivers

La mobilità individuale e collettiva di persone e merci è una delle conquiste economiche e sociali più importanti degli ultimi decenni nei paesi industrializzati. Una rete efficace ed efficiente di trasporto è uno dei fattori strutturali che gli economisti associano al benessere territoriale; la sua importanza è accresciuta ulteriormente dalla globalizzazione, in quanto i flussi di persone e

Tabella 1 - Statistical Overview EU Transport; data for 2004, otherwise indicated.

Statistical Overview EU Transport data for 2004, otherwise indicated	
Employment	The transport services sector employed about 8.2 million persons in the EU-25. Almost two thirds (64%) of them worked in land transport (road, rail, inland waterways), 2% in sea transport and 29% in supporting and auxiliary transport activities (such as cargo handling, storage and warehousing, travel and transport agencies, tour operators).
Household expenditure	In 2005, private house holds in the EU-25 spent € 848 billion or roughly 13.8% of their total consumption on transport. About one sixth sum (around € 144 billion) was used to purchase passenger transport services, the remainder (€ 704 billion) for the purchase and operation of individual transport means (mainly cars).
Goods transport	The demand for the four land transport modes road, rail, inland waterways and pipelines in the EU-25 added up to 2376 billion tkm in 2005. Road accounted for 72.6% of this total, rail for 16.5%, inland waterways for 5.4% and pipelines for the remaining 5.5%. If intra-EU maritime transport (the demand for which is estimated to have been around 1525 billion tkm) and intra-EU air transport (2.5 billion tkm) are added to the land modes, then the share of road reduces to 44.2%, rail accounts for 10.0%, inland waterways contribute 3.3% and pipelines add another 3.4%. Maritime transport then accounts for 39.3% and air for 0.1% of the total (all referring to 2005).
Passenger transport	Intra-EU-25 and domestic transport demand using passenger cars, powered two-wheelers, buses and coaches, railways as well as tram and metro was ca. 5530 billion pkm or 12044 km per person in 2004. Passenger cars accounted for 80.6% of this total, powered two-wheelers for 2.6%, buses & coaches for 9.1%, railways for 6.4% and tram & metro for 1.4%. Adding intra-EU air transport (the demand for which is estimated to have been around 482 billion tkm in 2004) and intra-EU sea transport (49 billion pkm) to the land modes reduces the share of passenger cars to 73.5% and the share of powered two-wheelers to 2.4%. Buses and coaches then account for 8.3%, railways for 5.8% and tram and metro for 1.2%. The two additional modes air and sea contribute 8.0% and 0.8% respectively (all referring to 2004).
Transport growth	Goods transport: ca. 2.8% per year (1995-2005). Passenger transport: ca. 1.8% per years (1995-2004).
Safety	Road: 41,274 persons killed in the EU-25 (fatalities within 30 days) in 2005, 43,472 in 2004. The percentage reduction in the number of persons killed for the period 2004 to 2005 was 5.1%, for 2000 to 2005 21.4%.
	Rail: 105 fatalities in 2004.
	Air (2005): 135 air passenger died over EU territory, 144 passengers on EU carriers died throughout the world.

Figura 1 - Evoluzione dei trasporti nell'EU-25.

merci assumono in questo contesto una connotazione meno prevedibile e sistematica rispetto al passato, ma straordinariamente importante per la sopravvivenza e la crescita. La rete dei trasporti può essere, almeno per certi aspetti, paragonata ai canali per il trasporto della linfa vitale nelle piante o al sistema dei vasi sanguigni negli organismi animali.

Nella Tabella 1, tratta da un recente documento della Commissione Europea, sono riportati alcuni dati che quantificano dimensioni e principali caratteristiche del sistema europeo dei trasporti.

In Figura 1 viene mostrata l'evoluzione del trasporto di passeggeri e merci, in correlazione con il PIL europeo (25 paesi), dal 1995 al 2005.

Come si può osservare, i tassi di crescita annui sono di poco inferiori al 2% per il traffico passeggeri e al 3% per il traffico merci. È molto importante approfondire la distribuzione dei flussi di traffico tra i vari modi di trasporto (strada, ferrovia, vie d'acqua, aeronautica). Nelle Figure 2 e 3 viene mostrata la diversa evoluzione dei modi, sempre dal 1995 al 2005, rispettivamente per il traffico merci e per quello passeggeri. Come si può rilevare, il trasporto stradale gioca un ruolo primario, grazie alle sue caratteristiche di versatilità e di flessibilità operativa, che lo hanno reso onnipresente e pervasivo. L'enorme sviluppo dei volumi di traffico, tendenza peraltro confermata per il prossimo futuro, è accompagnato da una serie di gravi problemi, la cui importanza è progressivamente cresciuta nel corso degli ultimi decenni; si tratta di effetti parassiti e collaterali, presenti in massimo grado nelle aree ad alta concentrazione di traffico, quali le aree urbane. I problemi che affliggono il mondo dei trasporti sono ben noti e costituiscono purtroppo un'evidenza e un'esperienza comune a molti cittadini europei: inquinamento locale e congestione nelle aree

Figura 2 - Evoluzione dei modi di trasporto merci nell'EU-25.

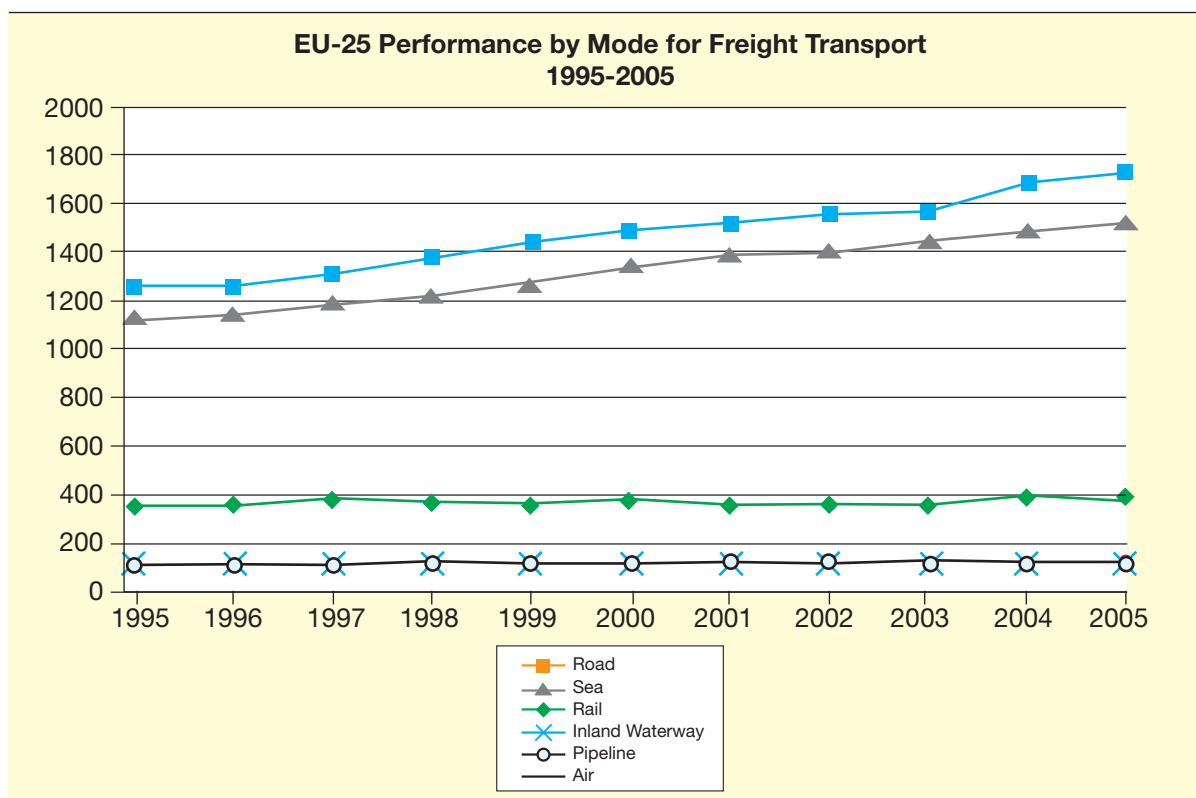
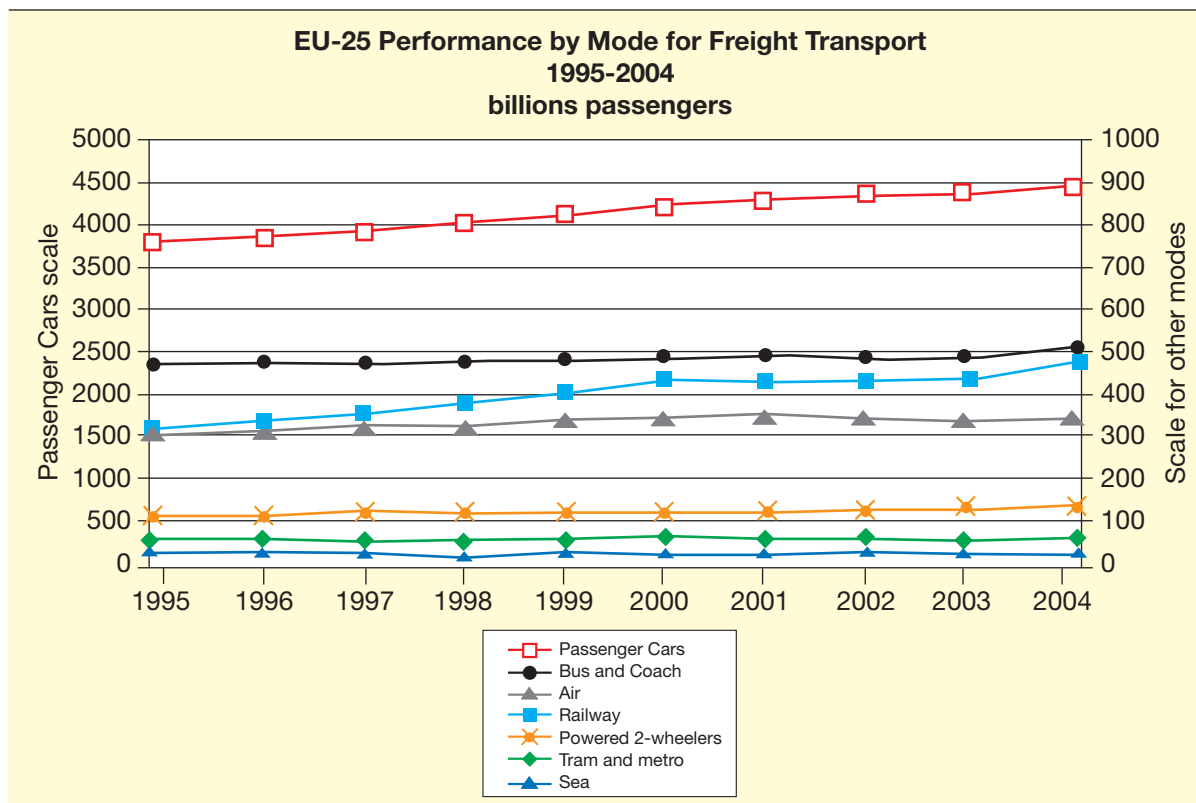


Figura 3 - Evoluzione dei modi di trasporto passeggeri nell'EU-25.



densamente popolate, costo dell'energia, impiego prevalente di idrocarburi di origine fossile e conseguente immissione in atmosfera di gas serra (CO₂), elevati tassi di incidentalità nell'ambito del trasporto su strada. Queste problematiche del mondo contemporaneo, estese anche ad altri settori (energia, industria, ecc.), hanno fatto gradualmente emergere un concetto relativamente nuovo, che si è progressivamente affermato e diffuso presso larghi strati dell'opinione pubblica e del mondo politico: la cosiddetta *sostenibilità*, cioè la capacità di non agire in modo irreversibile nei confronti del depauperamento delle risorse naturali e dei livelli di impatto ambientale dell'operato umano. Questo concetto è in genere associato a intervalli temporali generazionali, nel senso che occorre consegnare alle generazioni future un mondo che sia in condizioni non peggiori rispetto a quello nel quale ha operato la generazione precedente. Questa categoria, applicata alla mobilità, tende però sempre di più a connotare anche il presente e non solo il futuro, in quanto la dimensione dei problemi è tale da essere percepita già attualmente come non sostenibile.

Questa evidenza è particolarmente accentuata nelle zone ad alta concentrazione abitativa e di traffico, quindi nelle aree urbane e periurbane, che costituiscono l'oggetto specifico della nostra trattazione. Per poter comprendere in modo approfondito quali siano i fattori che condizionano lo sviluppo tecnologico nel campo della mobilità sostenibile occorre però fare un passo indietro e considerare più in generale alcune 'classi funzionali' di prodotti e servizi ad ampia diffusione (potremmo dire con accezione comune 'di massa').

Questi insiemi di funzioni possono essere classificati in tre categorie fondamentali:

- a) **funzioni riferite all'Utenza**, definita come soggetto individuale o collettivo che utilizza, generalmente a fronte di un corrispettivo economico, un certo bene o servizio e ne giudica la qualità;
- b) **funzioni riferite alla Società**, definita come soggetto collettivo il cui interesse viene concepito come "pubblico" ed è regolato da Leggi, Norme, Regolamenti su diversa scala geografica (ad esempio, Comune, Regione, Nazione, Europa, ecc.);
- c) **funzioni riferite all'Impresa**, privata o pubblica, definita come il fornitore di beni o di servizi per i quali riceve un corrispettivo economico.

Nel seguito, vengono riportati i principali fabbisogni, suddivisi nelle tre categorie, già in atto e destinati a plasmare il sistema dei trasporti nel prossimo futuro (3-5 anni), secondo quanto riportato da diversi recenti documenti della Commissione Europea.

Fabbisogni legati all'Utenza

Vi è una richiesta crescente di accesso a servizi di mobilità efficienti e di costo sostenibile, da parte di fasce sempre più ampie e diversificate della popolazione, per esigenze legate allo stile di vita, all'ambito lavorativo e alla gestione del tempo libero. Gli strumenti di comunicazione presenti nella Società dell'Informazione non sono sostitutivi rispetto alle esigenze di spostamento e di contatto diretto tra le persone, ma le affiancano con modalità complesse e poco prevedibili.

Certamente in un prossimo futuro si affermeranno alcune forme lavorative non convenzionali (telelavoro), che richiederanno schemi di spostamento diversi e minori rispetto agli attuali, ed è probabile che lo sviluppo tecnologico delle reti internet ad alta velocità favorisca la diffusione di modalità interattive a distanza molto più efficaci di quelle che conosciamo oggi, in termini di 'restituzione' della presenza fisica e delle conseguenti modalità di interazione interpersonale.

Nonostante ciò, gli analisti di scenario non prevedono in genere che queste tecnologie possano costituire un freno alle crescenti esigenze di mobilità, ma che invece le possano rendere meno sistematiche e prevedibili. Si ritiene inoltre che il tempo dedicato al viaggio tenderà sempre più a integrarsi con lo svolgimento di normali attività (ludiche, lavorative, di scambio informativo) o

dovrà comunque renderlo possibile, se l'utente lo desidera; si assisterà in sostanza a un incremento e a una moltiplicazione delle possibili scelte individuali, legate anche all'evoluzione tecnologica sia dei mezzi di trasporto che dei diversi 'strumenti' utilizzabili nel corso del viaggio (telefoni cellulari, computers, apparecchi multimediali, ecc.). Crescerà sempre più la necessità di garantire una mobilità efficace per quella che viene definita in genere l'*utenza estesa*, costituita dalla fascia di popolazione affetta da varie forme di disabilità.

Un altro elemento fondamentale di un efficiente sistema di trasporto del futuro dovrà essere la presenza di un insieme integrato e capillare di mezzi e servizi di mobilità, che consentano all'utente una efficace connessione punto a punto attraverso un facile e sincronizzato trasbordo da una modalità all'altra; la libertà di scelta tra le diverse modalità in funzione delle esigenze personali specifiche sarà un altro tratto caratteristico richiesto ai sistemi del futuro. Vi sarà inoltre l'esigenza di rendere il viaggio il più possibile piacevole, evitando lo stress da traffico e da congestione, oggi presente sempre più spesso. In tale contesto, l'integrazione razionale tra il trasporto pubblico e quello privato giocherà un ruolo essenziale, sia in ambito urbano che extraurbano, insieme con la nascita di nuovi sistemi e modalità di trasporto. Il trasporto delle merci tenderà a crescere, sia per i fabbisogni degli utenti finali che per le necessità industriali di movimentazione di materie prime, semilavorati, sistemi, componenti legate all'evoluzione delle catene di fornitura. Infatti, l'aspettativa dell'utenza di prodotti e servizi sempre più diversificati e personalizzati, insieme con lo sviluppo a rete delle imprese e dei fornitori, genera una poderosa spinta all'interno del sistema distributivo dei prodotti finali e di tutta la catena logistica legata alla loro produzione, che richiede movimentazione massiva di merci a vari stadi di lavorazione tra uno stabilimento e l'altro, coinvolgendo spesso anche lunghe distanze; oltre un certo limite, diventeranno però insostenibili i costi energetici ed ecologici, il cui conteggio sarà sempre più importante (le cosiddette *esternalità*).

Il sistema di mobilità del futuro sarà quindi duale rispetto alla Società dell'Informazione e ne farà parte integrante, in un rapporto di mutua dipendenza (per esempio, il commercio elettronico e la conseguente movimentazione fisica delle merci). In ambito urbano, la distribuzione capillare delle merci dovrà essere affidata a sistemi snelli, poco invasivi, tempestivi, rispettosi dell'ambiente. Ciò favorirà la realizzazione di un sistema intermodale di trasporto per persone e merci, il che richiederà enormi sforzi verso l'integrazione razionale delle infrastrutture fisiche e informative che supportano le diverse modalità di trasporto. Questa generale tendenza verso l'interoperabilità tra diversi sistemi sarà favorita da una serie di tecnologie abilitanti (ad esempio, l'elettronica, l'informatica, la tele-matica, intesa come trasmissione delle informazioni a distanza) e più in generale dallo sviluppo dei cosiddetti STI (*sistemi per il trasporto intelligente*).

Fabbisogni legati alla Società

L'opinione pubblica europea ha visto crescere in questi anni la consapevolezza e la sensibilità ai problemi ambientali legati alla produzione, all'uso ed allo smaltimento dei prodotti industriali; l'attenzione agli aspetti ecologici costituirà sempre più, in futuro, un obbligo legislativo ma, ancor prima, un fattore di competitività per coloro che sapranno soddisfare tali esigenze in anticipo. Negli ultimi anni, ad esempio, il settore del trasporto (soprattutto stradale) ha notevolmente ridotto le emissioni nocive allo scarico; non vi è stato invece un analogo miglioramento nel consumo complessivo di combustibili fossili, e quindi nelle emissioni di CO₂. Nei prossimi anni, i vincoli ambientali richiederanno riduzioni delle emissioni nocive a livelli prossimi a zero e diminuzioni consistenti di CO₂ liberata in atmosfera dai fenomeni di combustione di combustibili fossili, per limitare il cosiddetto effetto serra, ritenuto tra i maggiori responsabili del riscaldamento globale del pianeta. Ciò comporterà ulteriori miglioramenti nell'efficienza dei motori a combustione interna e dei sistemi di post-trattamento delle emissioni allo scarico, insieme con sforzi importanti verso

l'adozione di nuovi sistemi di propulsione e di combustibili alternativi rispetto a quelli di origine fossile; ulteriori sviluppi tecnologici riguarderanno la riduzione delle masse e degli "attriti generati dal movimento" dei diversi mezzi di trasporto, per limitarne i fabbisogni energetici.

Anche i costi di natura economica e sociale legati ai problemi di congestione del traffico costituiscono un'ulteriore spinta verso un miglioramento dell'efficienza complessiva del sistema dei trasporti; infatti, la fluidificazione del traffico comporta automaticamente consistenti risparmi in termini di consumi energetici, ore di lavoro perdute, ritardi. L'uso razionale dell'energia diverrà sempre più una necessità assoluta; ciò condurrà a ridurre i fabbisogni energetici richiesti in tutto il ciclo di vita di prodotti e servizi connessi con il trasporto e a sviluppare il settore delle fonti energetiche rinnovabili. Gli aspetti di sicurezza, connessi al verificarsi di fatalità o di atti dolosi di natura criminale o terroristica, accresceranno la loro importanza nel futuro dei sistemi di trasporto persone e merci; gli attuali tassi di incidentalità presenti all'interno dell'Europa dei 27 in relazione al trasporto stradale richiedono, ad esempio, ulteriori misure (normative, prevenzione, sviluppo tecnologico); analoghi problemi, pur separati da ordini di grandezza nel numero medio delle vittime, si presentano per il trasporto su rotaia o su vie d'acqua, anche se, in questo caso, un singolo incidente può avere impatti devastanti di natura ecologica ed economica (si pensi ad esempio agli incidenti alle grandi petroliere piuttosto che a un treno o a un autotreno che trasportino merci pericolose all'interno di centri abitati o di gallerie). Le risposte a tali problematiche richiederanno anche sviluppi di nuove tecnologie e nuovi sistemi di prevenzione e controllo.

Fabbisogni legati all'Impresa

La competizione globale sta forzando l'Industria europea verso la de-centralizzazione e la tendenza a operare in reti di dimensione globale. Già da molto tempo, le grandi compagnie molto verticalizzate con flussi produttivi compresi tutti all'interno dell'azienda sono state sostituite da reti di imprese più flessibili, che cooperano lungo l'intera catena del valore inglobando Oem (*Original Equipment Manufacturers*) e fornitori di vario livello; inoltre, i siti produttivi tendono progressivamente a spostarsi in paesi con costi inferiori della manodopera. Uno degli schemi più probabili del futuro prevede una organizzazione industriale a rete, costituita da un'Impresa dotata di una profonda conoscenza ed esperienza nei propri mercati, di conoscenza e controllo diretto dei fattori chiave di competitività tecnico/tecnologici/economici, di un marchio noto e di una politica di grande attenzione proattiva verso i propri Clienti, circondata da una serie di fornitori di varie dimensioni e caratteristiche legati alla Capofila da forme di collaborazione ben strutturate e condivise. Saranno quindi indispensabili integrazioni dinamiche di competenze specialistiche e sistemiche pluridisciplinari. Il vantaggio competitivo delle imprese europee sarà quindi sempre più basato sull'acquisizione e sull'uso di conoscenze e competenze che consentano la creazione dinamica e continuativa di nuovi prodotti e servizi a elevato valore percepito per i clienti, con una crescita delle componenti 'immateriali'.

In tale contesto, l'aumento dell'efficienza della rete forzerà schemi sempre più spinti di *just in time* e di produzione snella, trasformando i magazzini aziendali in "magazzini viaggianti", con una tendenza verso una più capillare, continua e distribuita movimentazione di materie prime, semilavorati, sottosistemi e prodotti finiti. Pertanto, il governo dinamico di una logistica complessa, insieme con una attenta valutazione di tutti i costi economico-ambientali a esso associati, costituirà un fattore chiave di competitività. Una serie di flussi multi-modalità opportunamente regolati e sincronizzati sarà una necessità sempre più importante, dovendo garantire flessibilità e continuità nelle forniture. Venendo in particolare al settore dei trasporti di superficie, il suo ruolo di asse portante della struttura industriale europea è destinato a perdurare, sia sul fronte occupazionale che su quello dell'innovazione di prodotti e servizi per la mobilità.

A parte le specifiche innovazioni settoriali, l'industria dei trasporti gioca infatti un ruolo fondamentale all'interno dell'economia e fornisce modelli organizzativi e strutturali ad altri settori, in uno scambio culturale profondo e complesso; si pensi, ad esempio, all'industria dell'automobile, sempre più rivolta alla ricerca di personalizzazioni spinte su prodotti che importano tecnologie di alto livello e costo da settori specifici e ne consentono il trasferimento a costi sostenibili in altri.

Le caratteristiche dell'industria dei trasporti di superficie possono essere sintetizzate in produzioni di massa frazionate e personalizzate, produzione di piccoli lotti, gestione di enormi quantità di passeggeri e merci, fortissima competizione globale, complessità ed elevato tasso di innovazione, sistemi di produzione a elevata intensità di conoscenza, strutture organizzative flessibili e reattive. La ricerca di soluzioni efficaci (che raggiungano elevati e soddisfacenti livelli di servizio) ed efficienti (che riducano tutti gli sprechi di risorse) si presenta come una sfida importantissima per tutta l'industria del trasporto europeo, sia passeggeri che merci.

Considerando tutti questi aspetti estremamente complessi, è chiaro che oggi, e soprattutto domani, nessuna impresa è e sarà in grado di generare da sola tutte le innovazioni di cui necessita per mantenersi competitiva.

Pertanto, devono essere stabilite reti complesse ed estese tra diverse entità, devono essere riconosciuti fabbisogni comuni di ricerca e di innovazione e occorre individuare soluzioni intelligenti che portino a un reciproco vantaggio, raggiungendo dimensioni e masse critiche sufficienti per accrescere la competitività del sistema dei trasporti di superficie europei e delle imprese a esso correlate. Riassumendo, si può quindi concludere che i *drivers* che determinano lo sviluppo tecnologico nel settore della Mobilità Sostenibile, con particolare riferimento al contesto urbano, possono essere così sintetizzati:

- riduzione della Congestione e Fluidificazione del Traffico Urbano Passeggeri e Merci;
- riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici da fonti non rinnovabili lungo l'intero ciclo di vita del prodotto/servizio;
- incremento della sicurezza e della *security*;
- incremento del comfort e della salute;
- accesso esteso alla mobilità;
- competitività dei trasporti urbani e dei relativi processi produttivi e gestionali.

Tabella 2 - Legami tra fattori di innovazione e fabbisogni dell'utenza nella mobilità sostenibile.

	Fabbisogni		
	Utenza	Società	Imprese
Riduzione della congestione e fluidificazione del traffico urbano passeggeri e merci	X	X	X
Riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici da fonti non rinnovabili lungo l'intero ciclo di vita del prodotto/servizio	X	X	X
Incremento della sicurezza e della <i>security</i>	X	X	X
Incremento del comfort e della salute	X	X	X
Accesso esteso alla mobilità	X	X	X
Competitività dei trasporti urbani e dei relativi processi produttivi e gestionali	X	X	X

X = legame prevalente; **X** = legame secondario

In Tabella 2 viene indicato da quali fabbisogni derivano principalmente i diversi fattori indicati. Lo sviluppo tecnologico dei settori comprendenti i vettori (veicoli stradali, veicoli su rotaia) e le reti infrastrutturali di comunicazione e controllo (infrastrutture stradali e ferroviarie, logistica) viene fortemente influenzato da questi *drivers*. Esamineremo ora in dettaglio i legami esistenti.

1.2 Influenza sui veicoli stradali su gomma

Riduzione della congestione e fluidificazione del traffico urbano passeggeri e merci

L'effetto di questo fattore sui veicoli stradali riguarda sostanzialmente le loro dimensioni, che nelle aree ad alta densità di traffico devono essere il più possibile contenute, con evidenti benefici sia durante il viaggio che nei periodi di sosta. Queste considerazioni valgono, con diverse connotazioni e specificità, per le vetture adibite al trasporto dei passeggeri e per i vettori per la consegna delle merci.

La dimensione ridotta conferisce agilità nel traffico, facilita la manovrabilità, agevola la sosta. I veicoli devono inoltre essere predisposti ad accogliere tutti i diversi dispositivi info-telematici idonei a garantire un'efficace interazione con centri di monitoraggio e controllo del traffico, nonché con fornitori di servizi legati alla mobilità.

In sintesi, comunque, questo fattore presenta sullo sviluppo tecnologico dei veicoli un'influenza relativamente indiretta, anche se potrà favorire lo sviluppo di classi di veicoli specializzati per la mobilità in ambito urbano, sia pubblici che privati; in particolare, tali influenze potranno riguardare sia i veicoli a 4 ruote che i motocicli, per i quali è già in atto un'evoluzione verso schemi architettonici non convenzionali (3 ruote, carenature ecc.) che mirano ad avvicinare a tali mezzi una fascia di utenza più ampia dell'attuale. Per quanto riguarda invece il trasporto urbano pubblico (autobus) cresceranno le applicazioni che tendono a regolarizzare e a distribuire le corse in modo ottimale, per garantire un servizio efficiente e confortevole, e nuovamente ciò potrà influenzare le dimensioni dei mezzi; anche le tecnologie per l'informativa in tempo reale a bordo veicolo tenderanno a espandersi.

Riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici da fonti non rinnovabili lungo l'intero ciclo di vita del prodotto/servizio

L'influenza di questo fattore sui veicoli stradali è straordinariamente importante, in quanto ne condiziona in larga misura la progettazione, i processi produttivi, le fasi di utilizzo e il fine vita. La riduzione della cosiddetta 'intensità energetica', cioè della quantità di energia spesa nelle diverse fasi del ciclo di vita diventa un obiettivo primario. Lo slogan generale che esprime questo concetto è 'fare di più con meno', che in termini ingegneristici implica un aumento dell'efficienza globale dei diversi processi. Accanto a questo concetto cardine di risparmio intelligente e di riduzione degli sprechi vi è la necessità di abbattere o portare in certi casi a zero l'inquinamento provocato dai diversi processi sull'ambiente naturale (aria, acqua, suolo), evitando inoltre di provocare trasformazioni irreversibili, pagate dalle generazioni future. E proprio in questo ambito rientrano le preoccupazioni diffuse sull'utilizzo massivo e crescente dei combustibili di origine fossile, provocando interrogativi sulla sostenibilità di questo modello di sviluppo.

Queste esigenze determinano quindi uno sviluppo dei veicoli stradali che sarà sempre più attento a tali aspetti. Vi è quindi un impatto importante sui sistemi di propulsione e su tutti i diversi fattori che condizionano il consumo di combustibile (massa, resistenza al rotolamento e attriti interni, aerodinamica, consumo per le funzioni ausiliarie); ma vi è anche una spinta verso la ricerca di combustibili alternativi agli attuali e di materiali ecologicamente compatibili in tutto il ciclo di vita. La necessità di ridurre l'immissione in atmosfera di CO₂ e di altri inquinanti dannosi per la

salute determina un'ulteriore spinta verso la riduzione dei consumi di combustibili fossili e la loro sostituzione con fonti energetiche che presentino un bilancio più favorevole nei confronti della CO₂ stessa (ad esempio, i biocombustibili di prima e seconda generazione, i primi ottenuti da prodotti agricoli, i secondi da materiali organici di scarto).

Per quanto riguarda la gestione dell'impatto ambientale nel fine vita, cresceranno nel prossimo futuro le percentuali di materiali riciclabili impiegate nella costruzione dei veicoli, che dovranno essere concepiti in modo da agevolare le operazioni di smontaggio e separazione dei diversi materiali. Un altro aspetto di grande importanza è costituito dalla tendenza a limitare sempre più le emissioni acustiche, in questo caso verso l'esterno; ciò viene ottenuto attraverso motopropulsori più silenziosi e migliori caratteristiche del contatto ruota terreno, per ridurre il rumore di rotolamento. Inoltre, studi recenti hanno dimostrato un'influenza sulla formazione delle polveri sottili da parte del consumo di freni e pneumatici, una sorta di 'sfarinamento' dovuto all'attrito, che libera in atmosfera particelle inquinanti.

Incremento della safety e della security

La sicurezza (*safety*) dei mezzi di trasporto rappresenta un aspetto di importanza primaria; i costi sociali, umani e individuali degli incidenti legati ai trasporti, soprattutto stradali, sono elevatissimi e non più sostenibili.

Tradizionalmente la sicurezza viene classificata in attiva, passiva e preventiva. La sicurezza attiva e quella preventiva hanno lo scopo di evitare l'occorrere di un incidente, mentre la sicurezza passiva limita i danni quando l'incidente sia inevitabile; inoltre, gli aspetti di sicurezza attiva sono generalmente legati a doti di facile manovrabilità e governabilità del mezzo da parte di guidatori non professionisti, così da non incorrere in situazioni pericolose o da poter comunque reagire in modo adeguato in caso di emergenza. La sicurezza preventiva riguarda invece funzionalità che hanno lo scopo di prevenire l'incidente, attraverso strumenti e dispositivi specifici (ad esempio, sensori che effettuano un costante monitoraggio dell'area di manovra e delle condizioni dinamiche e di contesto).

La *security* riguarda invece la protezione rispetto ad atti dolosi o calamità naturali ed ha avuto una drammatica crescita di notorietà e di importanza dopo gli eventi dell'11 settembre 2001.

I veicoli odierni hanno subito nel tempo profonde trasformazioni legate agli aspetti di sicurezza. La protezione offerta agli occupanti in caso di incidente è cresciuta in modo considerevole grazie alla progressiva e costante introduzione e diffusione di strutture per un adeguato assorbimento energetico, unite a sofisticati sistemi di ritenuta (cinture, *air bags*, ecc.); peraltro, le doti dinamiche dei veicoli attuali in termini di stabilità e guidabilità assicurano ampi margini di sicurezza attiva, mentre i dispositivi legati alla sicurezza preventiva stanno muovendo ora i primi passi.

Gli aspetti legati alla sicurezza nelle sue diverse declinazioni continueranno a determinare in modo importante l'evoluzione dei veicoli stradali.

Le frontiere attuali riguardano la protezione degli utenti deboli (ciclisti, pedoni, ecc.), ulteriori sviluppi di affinamento per la protezione degli occupanti, sviluppo e diffusione di sistemi e dispositivi per l'incremento della sicurezza preventiva; ne fanno parte, ad esempio, tutti i sistemi informativi che forniscano tempestivamente notizie relative a situazioni anomale o potenzialmente pericolose lungo un percorso di viaggio pianificato. Questa informativa coordinata costituisce, insieme con la gestione delle situazioni di emergenza, un cardine fondamentale nel campo della *security*. Esiste poi il settore della *security* più tradizionale ma estremamente importante della protezione da furti e atti vandalici; anche in questo campo, oltre ai dispositivi di deterrenza, giocano un ruolo fondamentale sistemi rivelatori dell'identità del mezzo quali i rilevatori satellitari, capaci di segnalarne la posizione e garantirne la tracciabilità.

Incremento del comfort e della salute

Questo fattore presenta un'influenza importante sullo sviluppo dei veicoli stradali su gomma, sia nel settore del trasporto privato che in quello pubblico. Dando al termine comfort l'accezione primaria di assenza di disturbi percepiti, è evidente come la sua declinazione riguardi praticamente tutte le sensazioni; si parla quindi di comfort vibrazionale, acustico, climatico, tattile, visivo, olfattivo. Gli accorgimenti e i dispositivi per incrementare il comfort a bordo dei veicoli sono numerosi e si basano spesso su tecnologie specifiche (ad esempio, gli impianti di climatizzazione per assicurare condizioni di comfort climatico).

La conservazione della salute poggia sulla prevenzione rispetto a disturbi o malattie che possano insorgere a seguito dell'uso del mezzo. Una delle discipline più importanti da questo punto di vista è l'ergonomia, nelle sue specifiche declinazioni fisica e cognitiva; la prima mira a prevenire disturbi legati a posture o movimenti impropri, la seconda ha come obiettivo la riduzione dell'affaticamento mentale e del cosiddetto 'carico cognitivo', cioè della quantità di informazioni e di azioni contemporanee cui l'individuo è sottoposto durante l'operatività alla guida del mezzo. Se si opera un confronto tra mezzi privati e mezzi pubblici in ambito urbano, si può dire in generale che il divario nei livelli di comfort tra le due categorie è ancora molto elevato, con un vantaggio importante per i mezzi privati.

L'aumento dei livelli di comfort dei mezzi pubblici rappresenta una delle sfide per aumentarne la capacità di attrazione; ad esempio, la disponibilità di posti a sedere su un mezzo pubblico è in genere, specie nelle ore di maggiore traffico, un problema annoso. Nuovi schemi di mezzi *on demand*, in cui la gestione delle tratte e la disponibilità del servizio seguano con maggiore flessibilità l'evoluzione della domanda, sono già in atto, a un livello, sperimentale in alcune città e se ne può, prevedere una sempre maggiore diffusione, grazie all'uso delle tecnologie ITS. Per quanto riguarda i mezzi destinati all'utilizzo pubblico (da quelli tradizionali ai più innovativi, quali i veicoli in *car sharing*) tenderanno a crescere di importanza aspetti legati alla sanificazione, con conseguente possibile sviluppo di nuove tecnologie specifiche.

Accesso esteso alla mobilità

Questo fattore mira a garantire un adeguato accesso alla mobilità per alcune categorie della popolazione che, per motivi diversi, presentino alterazioni funzionali tali da costituire un ostacolo per la movimentazione autonoma o l'uso di mezzi di trasporto. Rientrano in queste categorie le persone affette da varie disabilità motorie, sensoriali o psichiche, congenite o acquisite per effetto di traumi, malattie, o semplicemente per effetto della senescenza. Si tratta di un problema di dimensioni sociali importanti e crescenti perché, con l'aumento della durata della vita media, la percentuale di anziani tende ad aumentare.

Per quanto riguarda i veicoli su gomma, occorre operare almeno due distinzioni, che richiedono approcci diversi: mezzi privati o mezzi pubblici, e per i mezzi privati ausilio alla guida o all'accesso come passeggeri. Per quanto riguarda i mezzi pubblici, occorre garantire una facile accessibilità, abbattendo il più possibile le cosiddette 'barriere architettoniche', e occorre fornire, all'interno dei mezzi, adeguati strumenti di ausilio (ad esempio, per le carrozzine). In tal senso vi sarà un sempre maggiore sviluppo di tecnologie che tendano ad alleviare gli sforzi e a rendere agevoli le diverse operazioni (salita – discesa, agganci e movimento all'interno del mezzo ecc.). Per quanto riguarda i mezzi privati, gli strumenti di ausilio verso l'ingresso e l'uscita dal mezzo presentano caratteristiche assimilabili a quanto descritto per i mezzi pubblici, poiché occorre assicurare con adeguati sistemi o attrezzature un'agevole accessibilità.

L'ausilio alla guida richiede invece una serie di tecnologie diverse, in funzione della tipologia di alterazione funzionale presente (sensitiva, percettiva, motoria). In questo senso, occorre che le

diverse ‘protesi’ personali e presenti sul veicolo costituiscano un sistema integrato, finalizzato a garantire condizioni di guida sicure e confortevoli. Si tratta di filoni per i quali si prevedono nei prossimi anni importanti sviluppi.

Competitività dei trasporti urbani e dei relativi processi produttivi e gestionali

L'analisi di questo fattore richiede la distinzione primaria tra produzione dei mezzi di trasporto (in questo caso veicoli su gomma) e gestione dei servizi di trasporto, in particolare pubblici. Per quanto riguarda la produzione dei vettori, la pressione competitiva in atto a livello mondiale tra i costruttori renderà il confronto molto aspro. Avranno ulteriore impulso i sistemi di progettazione avanzata, connessi con impianti produttivi caratterizzati da estrema agilità, flessibilità e versatilità nel tempestivo allestimento di configurazioni personalizzate di veicoli, sia per quanto riguarda il trasporto privato che per quello pubblico.

I sistemi di progettazione tenderanno a configurare *modelli e ambienti virtuali* sempre più ricchi e capaci di prevedere e ottimizzare le diverse classi funzionali richieste al veicolo reale; il *time-to-market*, tempo che intercorre tra ideazione e lancio sul mercato, tenderà ulteriormente a ridursi. I processi produttivi dovranno essere estremamente efficienti da tutti i punti di vista ed emergeranno nuovi schemi funzionali relativi alle catene logistiche di fornitura, più adatti alla gestione della complessità di questi schemi produttivi e di assemblaggio. La competitività dei servizi pubblici di trasporto verrà trattata nel capitolo dedicato ai veicoli su rotaia, alle infrastrutture ed alla logistica per la mobilità urbana.

1.3 Influenza sui veicoli su rotaia

Riduzione della congestione e fluidificazione del traffico urbano passeggeri e merci

L'influenza di questo fattore riguarda sostanzialmente una spinta verso la maggiore diffusione e il ricorso a mezzi pubblici su rotaia nelle zone congestionate e lungo le direttrici fondamentali dei grandi agglomerati urbani. Questa tendenza riguarda i tram, le metropolitane e, sia pure con maggiori incertezze e difficoltà, nuovi sistemi quali il cosiddetto tram treno (capace di circolare indifferentemente su linee tranviarie urbane e su tracciati ferroviari, per un efficace collegamento dei centri con le periferie suburbane). A fronte di un considerevole costo infrastrutturale, i vantaggi di queste soluzioni riguardano lo snellimento del traffico e la riduzione della congestione, specialmente in presenza di corsie specifiche dedicate (ovvie nel caso della metropolitana sotterranea, meno per i sistemi tranviari di superficie, obbligati comunque all'attraversamento di incroci).

Per aumentare il livello di gradimento del trasporto urbano su rotaia e regolarizzare l'afflusso dei passeggeri, distribuendolo in modo ottimale in tutte le fasce orarie ed evitando il più possibile gli squilibri (mezzi sovraffollati nelle ore di punta, semivuoti in altre fasce orarie) tenderanno a svilupparsi applicazioni sempre più sofisticate di tecnologie automatizzate per il controllo della frequenza delle corse. In crescita è anche l'informativa in tempo reale a bordo dei veicoli per i passeggeri.

L'utilizzazione di linee tranviarie per il trasporto di particolari merci (approvvigionamento di stabilimenti o di sistemi di immagazzinamento e smistamento), dopo un oblio di qualche decennio, viene ora raramente riproposta in alcune città europee in particolari contesti.

Riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici da fonti non rinnovabili lungo l'intero ciclo di vita del prodotto/servizio

Quanto illustrato per i veicoli su gomma può essere replicato per i veicoli su rotaia, con alcune differenze legate alle loro specificità. La riduzione dell'impatto ambientale nella fase costruttiva

dei mezzi segue vie analoghe (riduzione dell'intensità energetica delle diverse lavorazioni), mentre la fase di utilizzazione presenta alcune caratteristiche peculiari; intanto, trattandosi di veicoli elettrici (tram, metropolitane) l'impatto ambientale locale in termini di emissioni nocive può essere considerato nullo. In termini di consumo energetico assoluto, invece, proseguirà la tendenza verso l'alleggerimento delle vetture, che limita il dispendio energetico nelle fasi transitorie, e, per le metropolitane, il miglioramento dell'aerodinamica, maggiormente importante in questo caso per effetto delle velocità raggiunte.

La ricerca di minori consumi sarà perseguita anche ricorrendo a opportune tecnologie per il miglioramento dei rendimenti dei sistemi elettrici di propulsione, inclusi opportuni sistemi per il recupero dell'energia cinetica nelle fasi di decelerazione.

Inoltre, tutti i sistemi ausiliari di bordo dovranno essere progettati e realizzati con criteri attenti al risparmio energetico e all'alta efficienza. Assumeranno poi una sempre maggiore importanza le tecnologie e i sistemi per la limitazione del rumore e delle vibrazioni, soprattutto dovuti all'interazione tra ruota e rotaia; potranno in tal senso svilupparsi soluzioni ibride, oggi ancora sperimentali (tram su gomma, nel quale la funzione di guida è svincolata dalla funzione portante, affidata a ruote dotate di pneumatici). Per quanto riguarda le problematiche di smaltimento a fine vita, valgono considerazioni analoghe a quelle sviluppate per i veicoli su gomma.

Incremento della safety e della security

Per quanto riguarda la sicurezza della circolazione, i veicoli su rotaia sono soggetti a un controllo in tempo reale di una complessa rete di segnalamento, per correggere o mitigare l'effetto di potenziali errori umani.

Si risconterà una tendenza verso una sempre maggiore automazione, fino ad arrivare in futuro a vetture senza operatore umano, in particolare per le metropolitane; esperimenti in tal senso sono in corso in alcune città europee (ad esempio, Norimberga e Parigi). Per quanto riguarda le infrastrutture, sono molto importanti i livelli di manutenzione e di diagnostica delle vie di corsa, e in generale di tutta la rete, per garantirne la piena funzionalità e il rapido recupero rispetto ad anomalie che possano verificarsi. Di particolare rilievo la sicurezza antincendio nelle gallerie metropolitane, fatta oggetto di complessi sistemi diagnostici e di spegnimento automatizzato di potenziali focolai. Anche per il materiale rotabile, vi sarà un incremento verso una diagnostica automatizzata delle principali anomalie, per ottimizzare gli interventi di manutenzione e incrementare i livelli di sicurezza. La protezione da atti dolosi determinerà ulteriori sviluppi di sistemi di telecontrollo automatizzato all'interno di tutta la rete viaria, e in particolare all'interno delle stazioni e delle vetture.

Incremento del comfort e della salute

I veicoli su rotaia sono per definizione adibiti al trasporto pubblico e, per quanto riguarda il comfort e la salute, valgono quindi considerazioni analoghe a quanto riportato nel precedente paragrafo relativo ai veicoli su gomma adibiti all'uso collettivo in ambito urbano. La disponibilità di adeguato spazio per i passeggeri, l'ergonomia complessiva delle postazioni, l'isolamento da rumore e vibrazioni, il comfort climatico, la pulizia sono alcune delle categorie più importanti per aumentare il livello di attrattività di questi mezzi di trasporto. Si tratta di un fattore di enorme importanza, capace di determinare, insieme con la puntualità e la precisione del servizio, il successo commerciale di una certa linea o di una rete viaria; dovrà essere tenuto nella giusta considerazione nella progettazione e nella gestione di tali mezzi.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla salute, tenderanno a crescere di importanza aspetti legati alla sanificazione dei mezzi, che favoriranno l'impiego di nuove tecnologie e nuovi sistemi,

ad esempio, per il controllo della qualità dell'aria a bordo o per il conferimento di proprietà antisettiche a determinate superfici di utilizzo comune.

Accesso esteso alla mobilità

L'attenzione nei confronti della popolazione che presenta limitazioni funzionali o disabilità congenite o acquisite è andata crescendo negli ultimi anni, come rilevato precedentemente. Questo fattore ha già determinato, per i mezzi pubblici su rotaia, una progressiva 'facilitazione' delle operazioni necessarie per la salita, la permanenza a bordo e la discesa. Ne sono un esempio i pianali 'ribassati' per evitare, in corrispondenza delle fermate, la presenza di gradini da superare per l'accesso in vettura. Tale tendenza si confermerà e si accentuerà nei prossimi anni, con una sempre maggiore attenzione a tecnologie rivolte a rendere agevole e pratico il viaggio anche a persone non 'normodotate', attraverso la disponibilità e l'uso di opportuni sistemi di ausilio ergonomico e cognitivo.

Competitività dei trasporti urbani e dei relativi processi produttivi e gestionali

Per quanto riguarda i mezzi su rotaia, è già stato ricordato come questa categoria sia adibita per definizione al trasporto pubblico; la competitività delle linee e dei servizi è strettamente correlata al rapporto tra i ricavi e i costi di esercizio.

L'incremento dei primi è fortemente legato all'attrattività complessiva del servizio e conseguentemente al numero di utenti che fruiscono di una certa linea. I fattori che aumentano l'attrattività sono già stati menzionati: puntualità, frequenza, facilità di pagamento, integrazione con altri mezzi di trasporto, comfort, efficienza. Tutti questi elementi condizioneranno lo sviluppo tecnologico dei mezzi su rotaia nel prossimo futuro.

Anche la riduzione dei costi di acquisto e di esercizio è un fattore necessario per incrementare la competitività, mantenendo elevati livelli di qualità e di affidabilità. Nuove tecnologie per la progettazione e la costruzione dei mezzi, insieme con la diagnostica e la manutenzione preventiva potranno agire in tal senso in un prossimo futuro.

1.4 Influenza su logistica ed infrastrutture per la mobilità sicura ed integrata urbana (persone e merci)

Riduzione della congestione e fluidificazione del traffico urbano passeggeri e merci

Questo fattore ha un'influenza decisiva sullo sviluppo delle infrastrutture e della logistica per il trasferimento di persone e merci in ambito urbano.

I centri urbani presentano spesso, ad eccezione delle nuove periferie, condizioni infrastrutturali piuttosto rigide in quanto le modifiche alle reti viarie esistenti (strade, vie ferrate) comportano altissimi costi o, in certi casi, addirittura l'impossibilità fisica determinata dalla mancanza di spazio.

Comunque, ove possibile, vengono realizzate nuove opere (ampliamenti di carreggiata, rotonde, tratti ferroviari di superficie o interrati ecc.) con l'obiettivo di aumentare la capacità di traffico o di snellire alcuni tratti critici e congestionati, ridistribuendo in modo opportuno i flussi.

Una tendenza generalizzata consiste nell'apertura di corsie preferenziali destinate ai mezzi di trasporto pubblico e vietate al traffico privato, alla quale spesso si accompagna una regolazione zonale differenziata in termini di divieti di varia natura (ecologica, dimensionale, ecc.) o di pedaggi per l'accesso. Sempre più di frequente aree specifiche dei centri storici sono solo pedonali o ciclabili, mentre parcheggi di scambio modale (ad esempio strada - ferrovia urbana) sorgono nelle zone periferiche.

Ma una delle aree più influenzate dalle esigenze di decongestione e regolarizzazione dei flussi è costituita dai diversi sistemi per il monitoraggio, l'informativa e il controllo del traffico (video-sorveglianza, conteggio dei veicoli in transito, telepedaggio, controllo accessi, controllo velocità, messaggistica ecc.) basati su dispositivi elettronici e info-telematici appartenenti alla categoria dei cosiddetti ITS (*Intelligent Transport Systems*); tutti questi sistemi vengono via via aggiunti alle infrastrutture in specifiche locazioni e vi è una tendenza verso una loro interconnessione reciproca, il cui obiettivo è quello di una sempre maggiore integrazione verso le esigenze di decongestione.

Riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici da fonti non rinnovabili lungo l'intero ciclo di vita del prodotto/servizio

L'influenza di questo fattore riguarda sia gli aspetti costruttivi che l'uso delle infrastrutture stradali e ferroviarie, intese in senso estremamente ampio. In generale, si può prevedere una sempre maggiore attenzione nell'utilizzo di materiali e processi di lavorazione eco-compatibili e allo sviluppo di funzionalità specifiche che salvaguardino particolari ambiti.

Ne sono un esempio i recenti sviluppi, ancora sperimentali, di asfalti con vernici fotocatalitiche capaci di abbattere localmente alcune categorie di inquinanti, così come l'incremento nelle prestazioni di fonoassorbimento delle pavimentazioni stradali o di specifiche barriere antirumore. Cresce anche l'uso di percentuali di materiale di riciclo nelle pavimentazioni stesse.

Quanto descritto sinora rappresenta un'influenza primaria dei fattori ecologici sulle infrastrutture, ma esiste un ambito comune e incrociato con la riduzione della congestione, nel senso che quest'ultima è sempre una fonte di grave impatto ambientale locale di natura chimica e acustica e una sua riduzione determina automaticamente una limitazione di tali effetti parassiti. Pertanto, quanto indicato nel paragrafo precedente ha un'influenza anche su questi aspetti.

Vi è poi un importante capitolo che riguarda le infrastrutture per la distribuzione dei vettori energetici utilizzati per il trasporto (combustibili ed elettricità).

Anche quest'ultima categoria sarà molto influenzata dal fattore che stiamo esaminando in questo paragrafo; si pensi, ad esempio, alla crescente diffusione di reti e punti per la distribuzione del gas naturale per autotrazione.

Incremento della safety e della security

Gli aspetti relativi alla sicurezza dei trasporti costituiscono un fattore di importanza primaria e continueranno a condizionare in modo crescente gli ambiti legati alle infrastrutture e alla logistica, in modo ovviamente differenziato tra strada e rotaia. Oltre agli aspetti di manutenzione e di segnalazione più o meno automatizzata di anomalie infrastrutturali, con l'aumento di complessità delle reti di comunicazione e di interazione tra i vettori e le infrastrutture stesse crescerà di importanza l'adozione di robuste procedure e capacità diagnostiche, con adeguati livelli di ridondanza e margini di sicurezza.

La segnalazione in tempo reale di anomalie presenti sulla rete viaria e l'acquisizione, da parte dei singoli vettori, di informazioni che ne accrescano la 'consapevolezza situazionale' (*situation awareness*) costituiscono elementi primari per accrescere la sicurezza intrinseca del trasporto. In tal senso, assumeranno importanza crescente i diversi sistemi ITS già menzionati, applicati in particolare alle interazioni tra vettori e infrastrutture. Per quanto riguarda la protezione da atti dolosi e da calamità naturali (*security*), accresceranno la loro importanza dispositivi e sistemi per la segnalazione automatizzata di anomalie presenti nelle diverse situazioni di contesto (ne sono un esempio i sistemi di videosorveglianza dotati di 'intelligenza' e di capacità di rilievo di particolari eventi giudicati anormali).

Incremento del comfort e della salute

L'influenza di questi fattori riguarda in grande misura gli interventi di manutenzione delle infrastrutture stradali e, più in generale, tutti gli ambiti di riduzione dello stress psicofisico legato allo spostamento; in tal senso, rientrano in questa categoria le misure per la riduzione della congestione, già esaminate in un precedente paragrafo.

Per quanto riguarda la salute, vi sono aspetti legati alle problematiche di impatto ambientale, che sono già stati trattati precedentemente. In generale, si può affermare che le esigenze legate al comfort e alla salute presentano sulle infrastrutture e sulla logistica un effetto relativamente indiretto, nel senso che ne vengono coinvolti principalmente gli effetti di interazione tra veicoli e infrastrutture (ad esempio, lo stato del manto stradale e la sua influenza sulle vibrazioni indotte all'interno di un abitacolo). Su molti di questi aspetti di interazione ha un'azione importante la gestione della manutenzione e, più in generale, il mantenimento delle qualità iniziali nel tempo. Per quanto riguarda in particolare la salute, tenderanno a crescere di importanza aspetti legati all'igiene e alla sanificazione, specialmente nelle infrastrutture per il trasporto pubblico (pensiline, stazioni, attraversamenti, nodi di scambio intermodale) anche per effetto di una maggiore sensibilità sociale verso tali tematiche.

Accesso esteso alla mobilità e riduzione delle barriere architettoniche

Si tratta di un tema estremamente sentito che coinvolge moltissimi aspetti complessi e tenderà a crescere di importanza in futuro, come già rilevato in precedenza. La sua influenza sulle infrastrutture e sulla logistica riguarderà in particolare le interazioni con i vettori (ad esempio, pensiline di mezzi pubblici, fermate di metropolitana, nodi di interscambio tra mezzi di trasporto diversi, ecc.) per renderle più agevoli e prive di problemi per la popolazione disabile e per quella anziana. In tal senso, occorrerà prevedere sempre maggiore integrazione e omogeneità tra infrastruttura e mezzi di trasporto (sarebbe infatti inutile o comunque incompleto dotarsi di mezzi molto efficienti da questo punto di vista e riscontrare barriere nei punti di interscambio infrastrutturale).

Oltre alla rimozione delle barriere fisiche e alla presenza eventuale di sistemi di ausilio alla movimentazione, rivestono una rilevante importanza tutti i sistemi di semplificazione informativa e cognitiva di natura logistica, per agevolare, ad esempio, la pianificazione di un viaggio che preveda trasbordi intermodali; tutte le tecnologie informative devono tendere a una agevole interpretabilità (ad esempio, nella messaggistica dei pannelli a messaggio variabile, nei sistemi di segnalazione di arrivo dei mezzi pubblici ecc.). Se questi aspetti sono ovviamente molto importanti anche per la cosiddetta popolazione normodotata, lo sono in misura ancora più rilevante per le categorie 'deboli', che necessitano di una guida e un accompagnamento puntuali.

Competitività dei trasporti urbani e dei relativi processi produttivi e gestionali

La redditività, la sostenibilità e la competitività delle reti di trasporto pubbliche nelle aree metropolitane costituiscono da anni una questione spesso non risolta sulla quale si dibatte, a volte aspramente. In un'ottica di mercato, vale la semplice legge secondo la quale il livello di fruizione e di soddisfazione per un certo servizio è condizione necessaria (anche se non sufficiente) di successo, in quanto tende a costituirsi un circolo virtuoso (domanda soddisfatta che è disposta a pagare e genera ulteriore domanda, per effetto di propagazione positiva).

È quindi fondamentale che il sistema di trasporto pubblico diventi globalmente più appetibile, per spostare fasce della popolazione dall'utilizzazione del mezzo privato a quella dei mezzi pubblici. Questo 'riequilibrio' modale è una delle condizioni necessarie per assicurare una mobilità urbana sostenibile. L'appetibilità del servizio è composta da molti fattori (puntualità, certezza dell'orario di arrivo, certezza delle coincidenze nei nodi di scambio, facile fruibilità, comfort,

sicurezza, facilità nel pagamento ecc.) ed è quindi un complesso problema pluridimensionale. Il rispetto di queste condizioni poggia anche su una serie di tecnologie, comprese all'interno della categoria ITS (*Intelligent Transport Systems*). Tali tecnologie possono fortemente aiutare sia per gli aspetti di pianificazione e di gestione logistica che di informazione e interazione con l'Utenza, dando vita a un sistema integrato efficiente. Anche per il trasporto pubblico, l'importanza di queste tecnologie è in rapida ascesa e questa tendenza sarà confermata in un futuro prossimo. Vi è poi un aspetto molto importante di contenimento dei costi di esercizio, garantendo l'assoluta qualità e affidabilità; anche questo settore sarà influenzato da una serie di strumenti e tecnologie, ad esempio, nell'area della diagnostica e della manutenzione preventiva.

2. LA CAPACITÀ ITALIANA DI RICERCA E INNOVAZIONE LUNGO LE FILIERE PRODUTTIVE CONNESSE CON LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

2.1 Veicoli stradali su gomma

Per quanto riguarda i veicoli stradali su gomma, l'Italia ha una notevole tradizione storica e una consolidata capacità di ricerca e innovazione lungo l'intera filiera produttiva. Tali considerazioni valgono sostanzialmente per tutte le categorie di mezzi, dai motocicli alle vetture, dai veicoli industriali di tutte le dimensioni agli autobus per il trasporto passeggeri.

I costruttori nazionali, dopo aver attraversato periodi di difficoltà importanti, sembrano ora aver ritrovato nuovo slancio e recuperato anche sui mercati internazionali prestigio e redditività. La vicenda della Fiat è emblematica in tal senso: dopo aver pericolosamente rasentato una crisi irreversibile, ha brillantemente superato una pericolosa congiuntura e oggi compete ad armi pari con i maggiori costruttori internazionali. Fiat comprende oggi all'interno del suo gruppo gli OEM (*Original Equipment Manufacturers*) - Fiat Auto Automobiles (Fiat, Lancia, Alfa Romeo), Ferrari, Maserati e IVECO -, la sistemistica/componentistica con Magneti Marelli e Teksid, l'impiantistica industriale con Comau. Un costruttore di veicoli ad altissime prestazioni è Lamborghini, assorbito dal gruppo Volkswagen alcuni anni orsono. Altro costruttore di rilievo è rappresentato da Piaggio, attiva nel settore dei motocicli e di piccoli veicoli a quattro ruote da trasporto. Sono inoltre attivi altri costruttori storici di motocicli (quali Aprilia o Ducati). Risalendo le filiere verso monte, si scopre una miriade di fornitori di primo e secondo livello intorno ai principali costruttori.

Questa capacità di prodotto è affiancata da eccellenti competenze tecnico scientifiche del mondo universitario; il Politecnico di Torino ha istituito alcuni anni orsono una facoltà specifica di Ingegneria dell'Autoveicolo, oltre ad avere una tradizione storica in campo motoristico e veicolistico all'interno dei propri dipartimenti. Il Politecnico di Milano ha profonde competenze veicolistiche e motoristiche, così come l'Università Federico II di Napoli e l'Università di Firenze, per menzionarne solo alcune. Il CNR (*Consiglio Nazionale delle Ricerche*) ha Istituti dedicati al Trasporto su gomma e ai Motori.

Un'associazione storica per il mondo automotive è l'ATA (*Associazione Tecnica dell'Automobile*), che ha le proprie sedi in tutta Italia, spesso all'interno di prestigiose sedi universitarie. In estrema sintesi, le competenze in questo settore sono profonde e consolidate.

2.2 Veicoli su rotaia

L'Italia ha una lunga e consolidata tradizione anche in campo ferroviario; dalle storiche Officine di Savigliano fino all'AnsaldoBreda, dalla Fiat Ferroviaria alla Firema Trasporti. Considerando specificamente qui le vetture per uso urbano (tram e metropolitane), accanto ai costruttori

nazionali AnsaldoBreda e Firema, vanno ricordate le filiali italiane di Alstom e di Bombardier (rispettivamente Alstom Ferroviaria e Bombardier Transportation Italy). In particolare, Alstom ha rilevato le attività e gli stabilimenti di Fiat Ferroviaria, dopo l'abbandono del comparto ferroviario da parte di Fiat.

Più in generale, dopo le recenti ristrutturazioni degli ultimi anni, ancora in fase di completamento e attuazione, le Ferrovie dello Stato si sono riorganizzate e comprendono in particolare la Rete Ferroviaria Italiana, RFI, società - controllata al 100% da Ferrovie dello Stato SpA - cui è affidata l'attività di progettazione, costruzione, messa in esercizio, gestione e manutenzione dell'infrastruttura ferroviaria, e Trenitalia, anch'essa controllata al 100% dalla capogruppo Ferrovie dello Stato SpA, cui è affidato il trasporto dei passeggeri e delle merci. Le reti tranviarie e metropolitane urbane sono invece in genere gestite da Aziende Municipalità di Trasporto.

Anche in questo caso, alle capacità progettuali e produttive si affiancano eccellenti competenze tecnico scientifiche del mondo universitario (Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Università di Napoli, Università di Bologna, Università di Firenze, ecc.)

2.3 Logistica e infrastrutture per la mobilità sicura e integrata urbana (persone e merci)

Anche in questo settore, l'Italia vanta una lunga tradizione storica e competenze di livello assoluto. Se questo è vero per le infrastrutture 'tradizionali' (strade, ferrovie, ecc.), negli ultimi anni si sono sviluppati i settori delle reti logistiche per il trasporto e la movimentazione di merci (interporti, vettori di trasporto, reti intermodali, operatori per la logistica), che tuttavia presentano in genere caratteristiche piuttosto frammentate e dimensioni contenute rispetto ai grandi concorrenti internazionali.

Il settore della mobilità in ambito urbano integra in modo complesso operatori pubblici e privati, e questa necessità di cooperazione è accresciuta dall'avvento delle nuove tecnologie ITS (*Intelligent Transport System*) per il monitoraggio, il controllo e la gestione dei flussi di traffico passeggeri e merci. In questo ultimo settore, in forte crescita, non vi è ancora una situazione consolidata e i prossimi anni vedranno una progressiva estensione sia della domanda (da parte delle municipalità) che dell'offerta (costituita dalla catena dei 'fornitori' di componenti e sistemi nel settore).

Per quanto riguarda le grandi Imprese di costruzione infrastrutturale, si ricordano a titolo esemplificativo Impregilo e Astaldi. Tra i fornitori di servizi integrati per la mobilità e la logistica si distingue il 5T di Torino (*Tecnologie Telematiche Trasporti Traffico Torino*), esempio di società gestita dall'azienda di trasporti municipali e interamente dedicata agli ITS.

Il sistema universitario presenta eccellenti competenze tecnico scientifiche nel settore dei trasporti su tutto il territorio nazionale (Milano, Torino, Roma, Napoli, ecc.). Degni di menzione sono anche specifici settori del CNR e dell'ENEA dedicati al trasporto.

PARTE SECONDA

LINEE TECNOLOGICHE PRIORITARIE DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE

I sei fattori identificati come determinanti per lo sviluppo tecnologico nel settore dei trasporti sono stati ulteriormente suddivisi in una serie di 'linee tecnologiche' ritenute prioritarie alla luce dello scenario di contesto europeo e mondiale. Tali linee tecnologiche sono spesso, per loro natura, trasversali ai vettori del trasporto e alle relative infrastrutture e pertanto la trattazione specifica identifica per ogni linea i legami corrispondenti. Una visione di sintesi di queste linee tecnologiche e delle loro influenze viene presentata nelle Figure 4, 5, 6 e 7.

Figura 4 - Mobilità Sostenibile: Aree prioritarie relative ai fabbisogni generali.

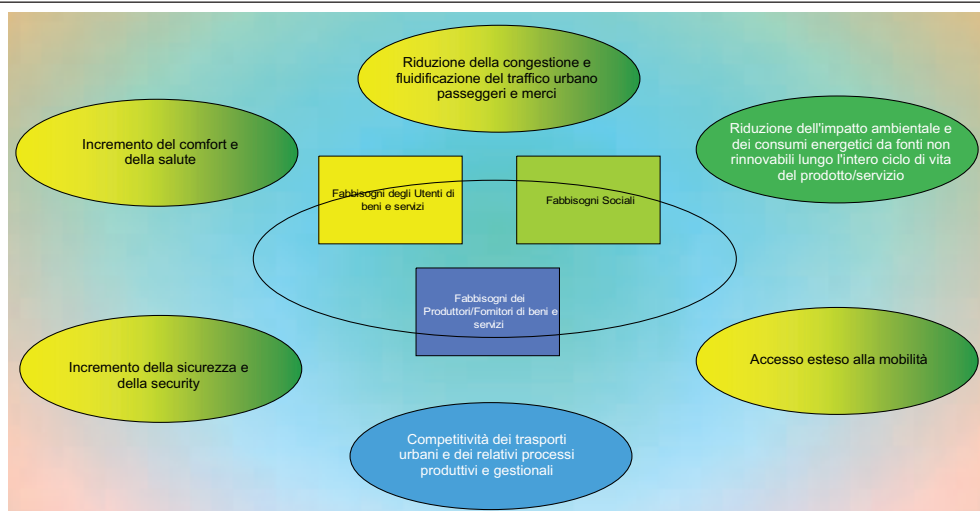


Figura 5 - Mobilità Sostenibile: Aree prioritarie e relative tecnologie.

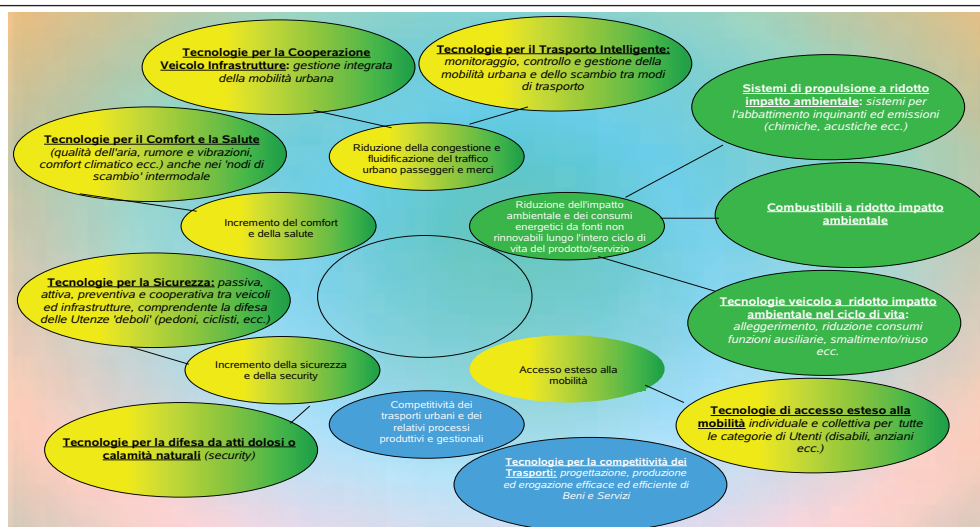
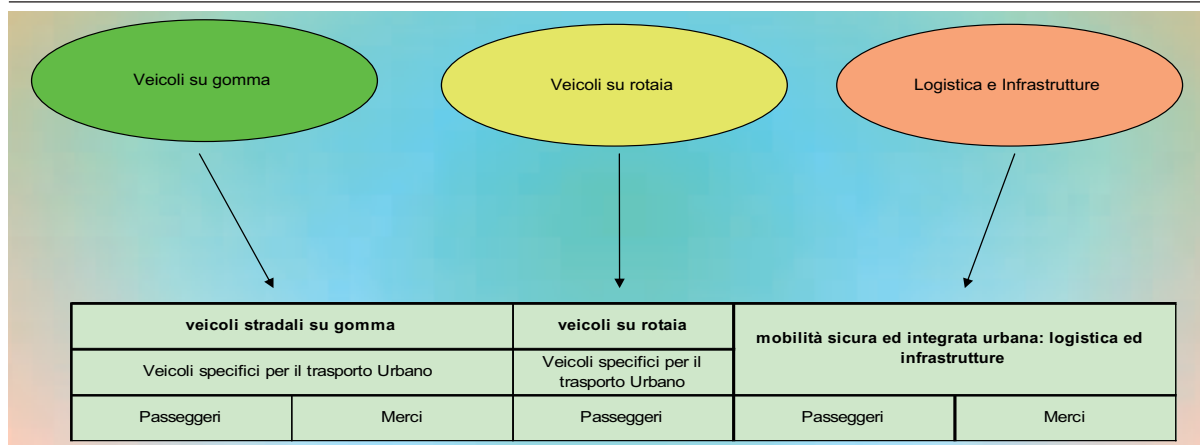
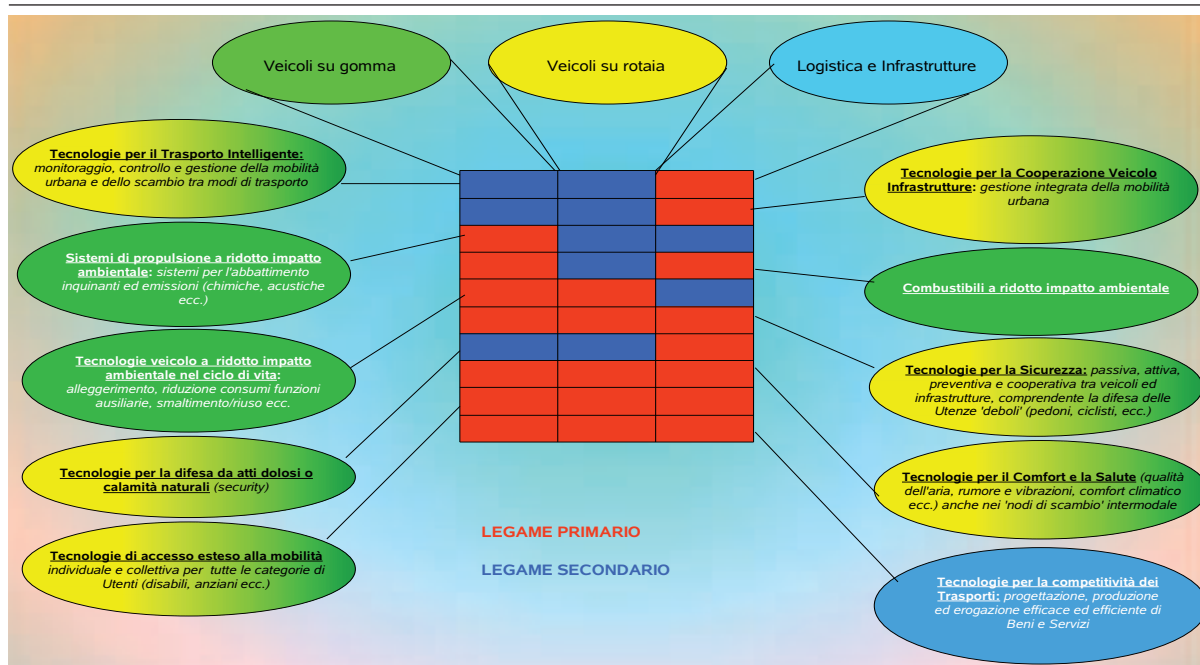


Figura 6 - Mobilità Sostenibile: Vettori per il trasporto, infrastrutture e logistica.**Figura 7 - Mobilità Sostenibile: Legami tra Tecnologie prioritarie, Vettori per il trasporto, Logistica e Infrastrutture.**

3. TECNOLOGIE PER IL TRASPORTO INTELLIGENTE

Descrizione della tecnologia

Nel corso degli ultimi anni diverse tecnologie legate alla cosiddetta ICT (*Information and Communication Technology*) hanno trovato applicazione nel settore dell'ausilio alla mobilità urbana. Si è quindi sviluppato a livello mondiale uno specifico settore, denominato ITS (*Intelligent Transport System*) che coinvolge un insieme cospicuo di varie tecnologie finalizzate al miglioramento della mobilità in generale, con specifiche applicazioni in ambito urbano. Costituiscono parte integrante dell'ITS:

1. Sistemi di comunicazione (ad esempio, fissi, mobili, internet, *wireless* ecc.).
2. Sistemi per la rilevazione statistica delle condizioni di traffico e per la segnalazione e registrazione di infrazioni.

3. Sistemi per la navigazione e mappe digitali.
4. Tecnologie per l'informativa visuale (*displays*).
5. Sistemi elettronici di pagamento automatico.
6. Sistemi per la gestione di emergenze (rilevazione di incidenti, assistenza ecc.).
7. Sistemi per la gestione di flotte o gruppi di veicoli.
8. Sistemi specifici dedicati al veicolo (navigatori dinamici, sistemi di assistenza al guidatore, informativa sul traffico personalizzata, sistemi di sicurezza preventiva, ecc.).
9. Sistemi per il controllo degli accessi in aree specifiche e di ausilio al parcheggio.
10. Sistemi integrati di controllo e regolazione del traffico.

Le singole tecnologie e i diversi sistemi, opportunamente integrati tra loro, trovano specifiche applicazioni nel trasporto urbano delle persone e delle merci.

Gli obiettivi da conseguire riguardano in particolare la fluidificazione del traffico, la riduzione della congestione, la riduzione dell'impatto ambientale, il miglioramento nell'efficienza globale del sistema dei trasporti urbani, l'incremento di sicurezza.

Come si può facilmente comprendere, ci si trova in presenza di problematiche molto complesse, che richiedono approcci integrati e soluzioni sistemiche, che includono tra l'altro un'integrazione, anche multi-modale, tra il trasporto privato e quello pubblico.

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

Per poter esaminare, in modo necessariamente sintetico, lo stato dell'arte relativo a questo insieme molto eterogeneo di tecnologie e di sistemi occorre identificarne le aree di applicazione primaria.

In questo caso, la maggior parte dei sistemi considerati e presenti nell'elenco riportato nel paragrafo precedente ha la sua base nelle infrastrutture urbane che consentono lo svolgimento, la regolazione e il controllo del traffico (strade, parcheggi normali e di interscambio modale, impianti semaforici, sistemi di videosorveglianza, sistemi per il controllo di accessi, sistemi di pedaggio, sistemi di rilevazione infrazioni ecc., infrastrutture per il trasporto pubblico quali rotaie, fermate, sistemi di informazione quali, ad esempio, i pannelli a messaggio variabile ecc.). Vi sono poi i sistemi posti a bordo veicolo, fissi o mobili (per questi ultimi si parla sempre più spesso di dispositivi cosiddetti 'nomadici', quali, ad esempio, i navigatori o i telefoni cellulari non integrati a bordo del veicolo stesso, ma asportabili), che oggi svolgono essenzialmente funzioni di comunicazione e di ausilio alla navigazione.

A bordo dei veicoli adibiti al trasporto pubblico (autobus, veicoli su rotaia quali tram e metro) trovano posto sempre più spesso sistemi per la videosorveglianza (*security*), oltre che tutti i dispositivi che assicurano il costante collegamento informativo/funzionale con le centrali operative. In termini generali, si può senz'altro affermare che, in questi ultimi anni, sia in atto in tutta Europa e in Italia una progressiva introduzione e diffusione di gran parte dei sistemi menzionati, con differenze che, per quanto riguarda i centri urbani, dipendono molto dalle caratteristiche peculiari di ogni centro (condizioni urbanistiche, densità del traffico, sensibilità delle pubbliche amministrazioni ecc.).

In generale, comunque, le applicazioni sono piuttosto frammentate e ancora sperimentali; anche nei casi in cui il livello di diffusione sia relativamente elevato (ad esempio, per il sistemi di navigazione a bordo veicolo) manca una visione organica e integrata che attribuisca al servizio affidabilità e continuità (temporale e geografica).

Si può quindi affermare che questo insieme di tecnologie sia ancora in uno stato applicativo iniziale, soprattutto per quanto riguarda una visione integrata multi-servizio che raccordi le mol-

teplici iniziative verso l'utenza e che fornisca un contributo tangibile alla risoluzione delle problematiche legate alla congestione, migliorando le condizioni di mobilità.

Un esempio riguarda l'integrazione tra traffico privato e sistema di trasporto pubblico; la disponibilità personalizzata e affidabile in tempo reale di informazioni integrate riguardanti un certo percorso da un punto A a un punto B che comprenda l'uso dell'auto privata e, dopo un certo tratto, il trasbordo su un mezzo pubblico è una realtà ancora non realizzata, se non episodicamente e in modo sperimentale.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

Le tendenze di sviluppo di interesse industriale a 3/5 anni per l'Italia riguarderanno essenzialmente l'adozione e l'estensione operativa di tecnologie esistenti e la loro integrazione verso la fornitura di servizi innovativi. Infatti, come già illustrato nel paragrafo precedente, le applicazioni attuali presentano una diffusione relativamente limitata e raramente integrata in una visione unitaria che consideri soprattutto il punto di vista delle utenze.

Particolarmente interessante si presenta, in questo settore, la prospettiva di integrazione tra esigenze delle utenze, organismi pubblici (quali, ad esempio, le pubbliche amministrazioni) e imprese private, in quanto i servizi più interessanti e utili per i cittadini relativamente alla mobilità sostenibile non possono prescindere da una profonda cooperazione tra pubblico e privato.

Una novità tecnologica di rilievo è rappresentata dalla prossima entrata in servizio del sistema di posizionamento satellitare Galileo, mediante il quale saranno rese disponibili funzionalità aggiuntive rispetto alle attuali, legate alla maggior precisione e stabilità nel posizionamento rispetto al sistema GPS; si prevedono importanti applicazioni riguardanti il contesto urbano, quali un accurato controllo degli accessi in aree a traffico limitato, la gestione dinamica di percorsi alternativi in caso di congestione, ecc.

In sintesi, si può quindi affermare che esiste spazio operativo per imprese e fornitori di servizi, il cui operato dovrà spesso integrarsi con quello delle pubbliche amministrazioni preposte al controllo della mobilità urbana.

Con riferimento alle prospettive di mercato, la domanda sarà costituita essenzialmente da amministrazioni comunali/provinciali/regionali e aziende di trasporto pubblico locale, mentre l'offerta sarà formata da imprese fornitrici di sistemi e componenti ITS.

È prevedibile una crescita non lineare del mercato, che subirà una forte accelerazione nei prossimi anni, anche sul mercato italiano, quando si sarà raggiunta l'evidenza sperimentale sul campo dei vantaggi indotti dall'uso intensivo di queste tecnologie.

4. TECNOLOGIE PER LA COOPERAZIONE VEICOLO INFRASTRUTTURE: GESTIONE INTEGRATA DELLA MOBILITÀ URBANA

Descrizione della tecnologia

In senso lato queste tecnologie fanno parte degli ITS, ma meritano un'attenzione e un focus specifici in quanto costituiscono un tassello capace di potenziarne e integrarne l'efficacia. La peculiarità che contraddistingue questi sistemi è costituita da uno scambio bidirezionale di flussi informativi tra il singolo veicolo e l'Infrastruttura attraversata.

Le possibili valenze e funzionalità riguardano sia la riduzione della congestione e il controllo del traffico che la sicurezza in senso lato; in questo paragrafo esamineremo in particolare la prima delle due diverse categorie. In tale contesto, diverse sono le possibili applicazioni della cooperazione veicolo infrastruttura e tra queste si ricordano:

- *Floating car data*: un operatore è in grado di rilevare la presenza o il passaggio di veicoli in un'area utilizzando dati provenienti da dispositivi presenti nel veicolo, resi anonimi (cellulari, gps. ecc.), senza rilevatori 'fissi' sull'infrastruttura;
- Avviso locale in tempo reale da parte dell'infrastruttura ai veicoli in transito di condizioni critiche per la viabilità (presenza di ingorghi, traffico, cantieri, ecc.). Ciò viene ottenuto con sistemi di comunicazione standard tra postazioni fisse dell'infrastruttura e dispositivi posti sul veicolo (il concetto è quello dei transponder usati per il telepagamento);
- Integrazione delle informazioni provenienti dall'infrastruttura e dai veicoli, utilizzati come sensori, per la ricostruzione di scenari dinamici del traffico o delle condizioni di viabilità, che vengono poi rese disponibili e ridistribuite su opportuni canali: si tratta di una complessa integrazione di informazioni esistenti in tempo reale;
- Applicazioni specifiche per le aree di sosta e di parcheggio, capaci di monitorarne in tempo reale l'occupazione, e di inviare tali informazioni a centrali operative, in grado di indirizzare i veicoli che lo richiedano in aree di sosta disponibili, con evidente riduzione dei tempi di attesa e miglioramento dell'efficienza complessiva; sistemi analoghi possono servire nel trasporto urbano delle merci, nella cosiddetta gestione dell'ultimo miglio, ad esempio, rendendo possibile la prenotazione di piazzole per il carico e lo scarico o l'uso di corsie preferenziali.

Risulta evidente dagli esempi menzionati l'elevatissimo potenziale di queste tecnologie, il cui sviluppo è in crescita e promette di offrire soluzioni efficaci ad alcuni dei problemi connessi con la mobilità urbana.

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

Questa particolare categoria di tecnologie *wireless* presenta un livello di sviluppo e di diffusione inferiore rispetto ai sistemi descritti nel primo paragrafo; aspetti non ancora risolti legati soprattutto all'integrazione tra le varie tecnologie disponibili e agli standard e protocolli di comunicazione e di applicazione costituiscono argomento di studio; si ricorda come esempio il Progetto Europeo di ricerca CIVIS, coordinato da ERTICO, un'associazione multisettoriale pubblico/privata europea per lo sviluppo dei sistemi ITS, che avviato nel 2006, si concluderà nel 2010 e ha come obiettivo la creazione e i test sul campo di una serie di tecnologie che consentano la comunicazione automatica tra i veicoli e le infrastrutture attraversate.

I test prevedono il coinvolgimento di sette paesi europei: Francia, Germania, Italia, Olanda, Belgio, Svezia, e Regno Unito. Le aree di applicazione primaria riguarderanno sperimentazioni in tutti i settori applicativi menzionati precedentemente nella descrizione.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

Come già anticipato, si tratta di tecnologie in forte sviluppo, che non hanno ancora raggiunto un sufficiente livello di consolidamento per poter essere applicate al di fuori di specifiche sperimentazioni mirate. Si può comunque prevedere uno sviluppo abbastanza rapido nei prossimi anni, con un'enfasi particolare sugli standard, sull'abbattimento dei costi e sulla progressiva pervasività delle applicazioni.

Le potenzialità, soprattutto in un'ottica di integrazione sistemica a più livelli (ad esempio, con i sistemi di posizionamento satellitare) sono enormi; in sostanza, la creazione di reti di comunicazione plurilivello, utilizzate insieme in un'ottica 'federale', potrà fornire enormi benefici alle singole utenze e alla collettività. La 'consapevolezza situazionale' in tempo reale e la capacità previsionale consentite da queste reti complesse sono chiavi di volta per avere un reale ausilio ai problemi di mobilità urbana.

5. SISTEMI DI PROPULSIONE A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE

Descrizione della tecnologia

Il questo capitolo vengono trattati i sistemi di propulsione per i veicoli su gomma per uso prevalentemente urbano; non vengono considerati i propulsori per veicoli su rotaia in quanto elettrici e quindi intrinsecamente ‘puliti’ localmente (cioè sul vettore di trasporto). In questo caso, per stimare l’impatto ambientale complessivo, è necessario considerare come è stata prodotta l’energia elettrica utilizzata.

Venendo quindi ai propulsori per i veicoli su gomma, si tratta in maggioranza di motori a combustione interna alimentati prevalentemente con idrocarburi derivanti da risorse fossili (petrolio e gas naturale) costituiti da benzina, gasolio, gas naturale, gpl. Le tecnologie utilizzate per limitare le emissioni nocive e per ottimizzare le condizioni di combustione e i consumi di combustibile sono estremamente sofisticate e riguardano il controllo elettronico dell’iniezione/ accensione e la termo-meccanica all’interno del propulsore, la chimica e la termo-meccanica per i sistemi di post trattamento dei gas di scarico.

I propulsori si dividono in due grandi categorie, denominate rispettivamente ad accensione comandata (benzina, gas) e ad accensione spontanea (diesel, alimentati a gasolio). Le emissioni nocive di queste tipologie di motori sono costituite da idrocarburi incombusti, ossidi di azoto, ossido di carbonio e particolati (questi ultimi specifici dei motori diesel).

Sono state recentemente introdotte sul mercato le prime architetture ibride, nelle quali un motore termico e una macchina elettrica, tipicamente un motogeneratore, funzionano con modalità cooperative, consentendo una riduzione dei consumi e delle emissioni in particolari condizioni transitorie quali quelle che si riscontrano nella marcia urbana.

Sono invece rarissimi i veicoli elettrici, confinati all’interno di alcune flotte comunali o aziendali; per questi veicoli il problema irrisolto è costituito dalla capacità di accumulo energetico, insufficiente per assicurare un’adeguata autonomia e tempi di ricarica accettabili.

Per quanto riguarda le trasmissioni, si stanno progressivamente diffondendo cambi automatici o semi automatici a elevata efficienza energetica, particolarmente apprezzati all’interno del contesto urbano, ricco di transitori, di fermate e ripartenze.

Stato dell’arte ed aree di applicazione primaria

Oggi, i motopropulsori di ultima generazione per i veicoli utilizzati in ambito urbano (vetture, autobus, furgoni da trasporto) sono sistemi tecnologicamente molto avanzati, che garantiscono elevate prestazioni ed efficienze, unite a bassi livelli di emissione, grazie a una serie di dispositivi per l’ottimizzazione della combustione e per il post trattamento dei gas di scarico. Sulle autovetture vengono utilizzati motori a benzina, a gas naturale, a gpl e a gasolio, mentre per i furgoni di medie dimensioni e per gli autobus vengono utilizzati motori a gasolio o, ultimamente, anche a gas naturale. Stanno inoltre facendo la loro comparsa le prime architetture ibride, già menzionate precedentemente.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

La sofisticazione tecnologica dei propulsori e dei sistemi di post-trattamento dei gas di scarico tenderà a crescere, in risposta agli ulteriori inasprimenti della normativa sia sul fronte delle emissioni nocive (Euro 5) che su quello della limitazione della CO₂ (e quindi dei consumi assoluti di combustibile). In ambito urbano è in crescita l’utilizzazione di veicoli a gas naturale, intrinsecamente molto ‘puliti’, sia per gli autobus che per le vetture private. La rete dei punti di distribuzione di questo combustibile è in crescita.

La pressione generata dalle normative, dai divieti e dalle incentivazioni ecologiche premierà le soluzioni più efficienti e meno inquinanti, che tenderanno quindi a diffondersi progressivamente, sostituendo i veicoli più datati.

6. COMBUSTIBILI A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE

Descrizione della tecnologia

In questo capitolo vengono forniti alcuni cenni sui combustibili a ridotto impatto ambientale, una componente fondamentale per i propulsori del futuro dei veicoli su gomma. I parametri da considerare per misurare l'impatto ambientale di un combustibile riguardano i prodotti della combustione, suddivisi in due categorie: i componenti dannosi per la salute (ossido di carbonio, ossidi di azoto, idrocarburi incombusti, componenti aromatici, particolati) e l'anidride carbonica, ritenuta, se di origine fossile, un pericoloso gas a effetto serra. In termini generali, si può dire che, dal punto di vista chimico, catene molecolari più semplici hanno minore tendenza a formare composti dannosi; in questo senso, il metano (CH_4) è l'idrocarburo più semplice ed è intrinsecamente 'pulito', in quanto la combustione può essere più completa e controllata; si ha quindi minore sovraccarico per i sistemi di post trattamento preposti alla depurazione dei gas di scarico.

Permane invece il problema del CO_2 , prodotto ineliminabile di qualunque combustione, se il gas è di origine fossile e non biologica. Per contribuire a risolvere tale problema, sono stati introdotti i cosiddetti biocombustibili, di origine biologica, all'interno dei quali il bilancio globale di CO_2 è (quasi) in equilibrio tra le fasi di accrescimento dei vegetali e il momento del rilascio in atmosfera del prodotto di combustione.

Per un bilancio corretto, occorre però guardare all'intero ciclo di vita e tener conto di come è avvenuta la coltivazione. I biocombustibili vengono classificati in una prima e in una seconda generazione. Fanno parte della prima generazione il bioetanolo e il biodiesel, ottenuti rispettivamente attraverso idrolisi e fermentazione di grano, barbabietole, residui organici e per esterificazione di oli di colza e di girasole.

I biocombustibili di seconda generazione sono combustibili di sintesi e biogas, ottenuti prevalentemente partendo da residui e rifiuti organici. I primi presentano una serie di svantaggi, che risultano oggi sempre più evidenti: in particolare, necessitano di prodotti base spesso in competizione con l'uso alimentare e di rilevanti aree per la loro coltivazione. Pertanto, è allo studio la seconda generazione, ottenibile da scarti di origine biologica, che potrà inoltre beneficiare di progressi specifici nel settore delle biotecnologie.

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

La Commissione europea ha fissato in una apposita direttiva l'obiettivo di diffusione dei biocombustibili al 2010, pari al 5,75%. La situazione odierna è ancora lontana da questo traguardo. Le quote di biodiesel sono prevalenti rispetto al bioetanolo. Il gas naturale presenta oggi una crescente diffusione, resa possibile da una gamma di veicoli dotati di propulsori di ultima generazione ottimizzati per questa tipologia di combustibile e da un lento ma costante aumento dei punti di distribuzione.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

Si prevede un progressivo incremento della propulsione a metano, sia per le vetture e i furgoni che per alcune categorie di mezzi pubblici (autobus). I biocombustibili di prima generazione sono in lieve crescita, ma le limitazioni identificate in precedenza ne freneranno sicuramente l'espansione.

sione. Tenderà invece a crescere la ricerca, lo sviluppo e la sperimentazione sui biocombustibili di seconda generazione, caratterizzati da una minore quota di effetti secondari negativi.

La dimensione del mercato per quanto riguarda il metano è potenzialmente rilevante; negli ultimi quattro anni l'incremento delle vendite in Italia di metano per autotrazione è stato in media di circa 50 milioni di metri cubi/anno e questa tendenza sembra confermata per gli anni futuri, considerando anche l'aumento del prezzo del petrolio. Infatti, ai prezzi attuali, il metano presenta indubbiamente anche una convenienza economica per l'utenza rispetto ai combustibili tradizionali.

I biocombustibili di prima generazione resteranno confinati a pochi punti percentuali, mentre quelli di seconda generazione potranno avere sviluppi più rilevanti, ma non prima del 2015.

7. TECNOLOGIE VEICOLO A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE NEL CICLO DI VITA

Descrizione della tecnologia

L'impatto ambientale considerato in questo capitolo fa riferimento all'intero ciclo di vita del prodotto (progettazione, produzione, uso, smaltimento). Le dimensioni da considerare riguardano l'energia impiegata nel ciclo di vita e tutti i suoi effetti collaterali (emissioni di CO₂ da idrocarburi di origine fossile, emissioni di sostanze dannose per la salute) e le problematiche legate allo smaltimento e al riuso dei materiali costituenti il veicolo nella fase di gestione del fine vita. Questi aspetti riguardano sia i veicoli su gomma che i veicoli su rotaia. Per quanto riguarda la fase di uso, vengono utilizzate tecnologie e metodologie miranti a ridurre il consumo di combustibili, aumentando l'efficienza globale nella movimentazione dei veicoli. Poiché i fattori che influenzano il consumo sono la massa, i coefficienti di attrito di rotolamento ruota terreno e ruota rotaia, l'aerodinamica, l'efficienza dei sistemi ausiliari (ad esempio, la climatizzazione), si utilizza una serie di tecnologie che puntano verso l'alleggerimento delle masse e l'ottimizzazione di tutti gli altri parametri influenti.

Nella fase di smaltimento vengono adottate procedure di smontaggio e separazione dei diversi materiali, favorite da una opportuna progettazione, che deve tener conto di tali fattori già in fase di concepimento iniziale. Un altro fattore chiave di impatto ambientale riguarda il rumore esterno, che deve essere il più possibile limitato all'origine sui veicoli, intervenendo opportunamente sulle sorgenti sonore. Un ulteriore elemento da tenere in considerazione riguarda il contributo alla formazione di polveri sottili (le cosiddette particelle PM10) da parte di alcuni organi dei veicoli su gomma soggetti ad usura ed esposti all'aria (freni, pneumatici).

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

Per ridurre l'impatto ambientale in fase di produzione vengono utilizzate tecnologie specifiche, volte a limitare l'energia impiegata e a eliminare sostanze nocive che possano inquinare aria, acqua e suolo, determinando un carico ambientale potenzialmente dannoso per la salute umana (si pensi, ad esempio, ai progressi compiuti negli ultimi anni sugli impianti di verniciatura). Nelle fasi di uso, sia per i veicoli su gomma che su rotaia, l'alleggerimento si presenta come un fattore primario per la limitazione dell'energia necessaria a compiere il profilo di missione. L'utilizzo di nuovi materiali e nuovi criteri di progettazione possono fortemente influire su tali aspetti. Un altro fronte molto importante è costituito dal contatto ruota strada, ove occorre limitare al massimo il coefficiente di rotolamento, mantenendo inalterate le altre caratteristiche di tenuta e di comfort. Un tale problema non si presenta, per ovvii motivi fisici, nel contatto ruota rotaia, intrinsecamente a bassissimo attrito. Anche il consumo degli organi ausiliari (servomotori, dispositivi vari, condi-

zionamento, sistemi di illuminazione ecc.) deve essere ridotto. Per quanto concerne la riduzione del rumore esterno, il problema riguarda, anche se con aspetti diversi, sia i veicoli su gomma che quelli su rotaia. Per i primi, occorre limitare il rumore di rotolamento, per i secondi è necessario intervenire sul contatto ruota rotaia, limitando il più possibile la trasmissione di rumore e vibrazioni verso l'ambiente circostante; tale aspetto si presenta particolarmente critico per le reti tranviarie che circolino in prossimità di abitazioni, monumenti di interesse storico, ecc.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

L'importanza di tutte le problematiche illustrate tenderà a crescere nei prossimi anni, per effetto di una maggiore sensibilità ambientale dell'opinione pubblica e di apposite normative. Si può quindi prevedere una continua ricerca di soluzioni tecnologiche sempre più raffinate in tutti i settori menzionati.

8. TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA (SAFETY)

Descrizione della tecnologia

Gli aspetti relativi alla sicurezza dei mezzi di trasporto e delle relative infrastrutture sono estremamente importanti e continueranno a esercitare una profonda influenza sulla loro evoluzione. I tassi di incidentalità relativi al trasporto su gomma privato in ambito urbano sono ancora rilevanti e provocano annualmente un consistente numero di vittime e di feriti, con altissimi costi umani e sociali. La numerosità degli incidenti che interessano il trasporto pubblico su rotaia e su gomma in ambiente urbano è numericamente inferiore, e anche le conseguenze sui passeggeri sono generalmente meno gravi.

Per quanto riguarda i veicoli su gomma privati, le categorie nelle quali viene suddivisa la sicurezza sono tre e precisamente: passiva, attiva e preventiva. La sicurezza passiva riguarda tutte le funzionalità che mirano a mitigare gli effetti di un incidente, quella attiva ottimizza le risposte del veicolo ai comandi del guidatore, mentre la sicurezza preventiva comprende una serie di sistemi e dispositivi atti a evitare condizioni critiche e quindi a 'prevenire' il verificarsi di un incidente. Per quanto riguarda i mezzi pubblici, non sono in genere previsti dispositivi specifici per la protezione dei passeggeri dai danni derivanti da un urto e la sicurezza attiva/preventiva è affidata a opportuni sistemi per il controllo delle condizioni dinamiche potenzialmente critiche (ad esempio, ABS per i sistemi di frenatura degli autobus, sistemi di frenatura di emergenza per i veicoli su rotaia). Sulle autovetture sono invece presenti vari sistemi per la riduzione dei danni da impatto (sistemi di ritenuta, *airbags*, ecc.) e recentemente sono state adottate soluzioni specifiche per la protezione delle cosiddette utenze deboli (pedoni, ciclisti).

Per quanto riguarda la protezione delle infrastrutture, va ricordata in particolare la prevenzione antincendio nelle gallerie sotterranee delle metropolitane, affidata in genere a sofisticati sistemi di telerilevamento di innalzamenti locali della temperatura e conseguente intervento di mezzi per lo spegnimento. Molto importante per la sicurezza, infine, il livello di diagnostica e di manutenzione del materiale rotabile e delle relative infrastrutture (rotaie, massiciata, ecc.).

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

Sulle autovetture i sistemi per la protezione dagli effetti di un incidente hanno raggiunto una complessità e un livello rilevanti; *airbags* multipli, sistemi di ritenuta, scocche capaci di deformazioni controllate per assorbire l'energia di un urto, sono esempi eloquenti in tal senso. Altrettanto sviluppati si presentano i diversi sistemi per garantire un elevato livello di sicurezza attiva e un

adeguato controllo del veicolo in condizioni critiche (dispositivi ABS, sistemi antiimbardata che stabilizzano la vettura in curva).

Presentano invece ancora un grado di sviluppo inferiore i dispositivi atti a garantire un'adeguata sicurezza preventiva, quali radar e sensori per il rilievo e la ricostruzione dinamica dell'area di manovra intorno al veicolo e sistemi cooperativi tra veicoli e infrastrutture. Attualmente, la protezione delle utenze deboli è ottenuta ricorrendo a strutture frontali dotate di particolari caratteristiche, capaci di assorbire, minimizzando i danni, un impatto con un pedone o un ciclista, ovviamente a bassa velocità. Poiché la velocità è un fattore critico verso la gravità di un incidente potenziale, il rispetto dei limiti è sempre più affidato a sofisticate apparecchiature automatizzate di rilievo e di controllo della velocità stessa. La circolazione delle vetture tranviarie e metropolitane è soggetta alla supervisione continua di sofisticate attrezzature di segnalamento e controllo.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

I sistemi per la protezione degli occupanti proseguiranno il loro sviluppo secondo linee che prevedono una maggiore 'adattatività' dei dispositivi verso le caratteristiche antropometriche degli occupanti e un intervento proporzionato alla severità dell'urto (*smart restraint systems*). Vi sarà un ulteriore sviluppo di soluzioni per la protezione delle utenze 'deboli' (pedoni, ciclisti). I sistemi per la sicurezza attiva tenderanno a una semplificazione costruttiva per elevarne il rapporto qualità prezzo.

Alcuni dispositivi per la sicurezza preventiva (basati sul riconoscimento delle condizioni dinamiche all'interno dell'area di manovra) entreranno nella fase di applicazione estesa e si assisterà alle prime sperimentazioni di comunicazione integrata automatica di informazioni tra veicolo e infrastrutture. Si tratta di un mercato molto esteso, che riguarda potenzialmente gran parte degli autoveicoli nuovi, sui quali vengono applicati sistemi e dispositivi finalizzati al miglioramento delle condizioni di sicurezza sia degli occupanti che delle cosiddette utenze deboli.

9. TECNOLOGIE PER LA DIFESA DA ATTI DOLOSI O CALAMITÀ NATURALI (SECURITY)

Descrizione della tecnologia

Questo settore ha avuto una drammatica crescita di importanza dopo gli eventi dell'11 settembre 2001, che hanno mostrato in termini estremi e catastrofici la vulnerabilità del 'sistema' tecnologico contemporaneo rispetto ad atti terroristici 'professionali'. Vengono ricomprese in quest'area anche le tecnologie per la difesa da atti dolosi provocati dal crimine organizzato o dalla micro-criminalità, così come i danni provocati da calamità naturali. L'area di intervento riguarda sia la prevenzione degli eventi o delle loro conseguenze che la limitazione dei danni e l'opera di soccorso. Si tratta di temi di estrema complessità, fortemente dipendenti dal contesto operativo. In ambito urbano, la prevenzione riguarda soprattutto opportune tecnologie di 'sorveglianza', specialmente in aree sensibili o ritenute potenziali bersagli di atti criminosi di varia tipologia. L'area del soccorso poggia invece su una serie di complesse misure di natura operativa e logistica, per le quali risulta fondamentale la tempestività, l'organizzazione e la ridondanza dei sistemi di controllo e di comunicazione, che in condizioni di emergenza subiscono i maggiori danni.

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

Per quanto riguarda l'area della prevenzione, sono presenti varie tecnologie di sorveglianza 'automatizzata', che sfruttano sofisticati sistemi di intelligenza artificiale per l'identificazione di

possibili ‘anomalie situazionali’. Le aree applicative sono molteplici e vanno dalle metropolitane (stazioni, passaggi sotterranei, vettori di trasporto) ai depositi di mezzi pubblici, parcheggi, tratti specifici di linee posti in vicinanza di obiettivi sensibili ecc. L’area del soccorso utilizza avanzate tecnologie di comunicazione ridondata e specifici mezzi di soccorso, coordinati da vari organismi in funzione della tipologia e gravità dell’evento.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

Si prevede una sempre maggiore diffusione capillare dei sistemi di sorveglianza, con un’ulteriore spinta verso l’automazione e la sofisticazione del riconoscimento situazionale. Il controllo del territorio urbano verrà progressivamente intensificato. L’area del soccorso vedrà crescere la presenza di tecnologie per il coordinamento efficace tra i diversi attori coinvolti in un’emergenza; si assisterà inoltre a un incremento nell’efficacia dei mezzi di intervento, con progressiva tendenza all’automazione delle fasi più pericolose per l’operatore umano.

Il mercato della prevenzione è in forte crescita, dal momento che le municipalità si stanno attrezzando per esercitare un sempre maggiore controllo del territorio urbano e periurbano. La fase di soccorso è invece fortemente specialistica, coinvolgendo operatori pubblici e privati a essa preposti (forze dell’ordine, vigili del fuoco, personale medico e paramedico, ecc.).

10. TECNOLOGIE PER IL COMFORT E LA SALUTE

Descrizione della tecnologia

Questi aspetti sono fondamentali per garantire il livello di soddisfazione dell’utenza dei mezzi e dei servizi di trasporto. La loro influenza si estende trasversalmente ai diversi mezzi di trasporto (veicoli su gomma, veicoli su rotaia, mezzi pubblici e mezzi privati) e alle infrastrutture relative. Per quanto riguarda i veicoli su gomma privati, la ricerca del comfort ha assunto negli ultimi anni un’importanza strategica, in quanto si presenta come una delle qualità maggiormente percepite. L’assenza di disturbi percepiti è ormai considerata un requisito fondamentale che riguarda varie condizioni operative, dalla limitazione del rumore e delle vibrazioni al comfort climatico, dalla postura ergonomica all’assenza di disturbi nella visione. Al comfort si legano poi aspetti che riguardano direttamente la salute, ad esempio, la qualità dell’aria in abitacolo o la riduzione dell’affaticamento in un lungo viaggio. Il divario nel comfort percepito tra mezzo pubblico e mezzo privato rimane uno degli ostacoli fondamentali che limitano l’uso dei primi, anche in condizioni di traffico intenso o di congestione; una delle sfide per i mezzi pubblici è proprio lo sforzo di garantire, per quanto possibile, livelli di comfort non così dissimili da quelli offerti da un mezzo privato; si pensi, ad esempio, alla ricerca del comfort nei moderni treni ad alta velocità, che competono da questo punto di vista sia con le autovetture che con gli aeromobili. Un’adeguata attenzione al comfort e alla salute deve poi essere garantita in tutti i diversi punti di accesso infrastrutturale ai mezzi pubblici (stazioni di metropolitana, fermate, ecc.).

Stato dell’arte e aree di applicazione primaria

Le tecnologie in uso per garantire un elevato livello di comfort sui veicoli sono molteplici e hanno raggiunto spesso alti livelli di sviluppo e sofisticazione; l’isolamento dal rumore e dalle vibrazioni viene garantito attraverso una specifica progettazione e l’uso di opportuni materiali o di particolari sistemi. La climatizzazione fa uso di impianti per il trattamento ed il condizionamento dell’aria che hanno subito negli ultimi anni una profonda evoluzione, associata all’espansione sul mercato di massa.

L'ergonomia fisica e cognitiva poggia su studi molto approfonditi di natura biomedica e statistica e fa ricorso a tecnologie specifiche (scienza dei materiali, meccanismi per l'adattabilità 'sartoriale' alle esigenze del singolo e alle sue caratteristiche antropometriche e fisiche, utilizzazione dell'ICT e di opportune interfacce uomo/macchina che rendano agevole l'utilizzabilità ecc.). Per quanto riguarda in particolare i passeggeri, cresce l'offerta di attività collaterali al viaggio (ludiche o lavorative), che possano essere rese disponibili all'utente se lo desidera.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

Le esigenze e le linee di tendenza poste in evidenza precedentemente condizioneranno lo sviluppo dei vettori di trasporto e delle relative infrastrutture. I concetti ispiratori (già in atto) saranno costituiti da una sempre maggiore capacità di personalizzazione nei confronti del singolo utente. Ciò richiede l'utilizzazione di tecnologie sempre più 'adattative', sia in termini fisici che funzionali. Da questo punto di vista, si assisterà quindi all'introduzione di una sempre maggiore 'intelligenza virtuale', capace di interpretare le esigenze dell'utente in modo automatico o semi automatico, e in grado di soddisfare i suoi fabbisogni.

Con l'aumentare degli scambi internazionali e interetnici che caratterizza la società contemporanea, sono destinate a crescere le esigenze legate alla sanificazione dei mezzi di trasporto, soprattutto pubblici.

Il mercato per queste tecnologie è estremamente ampio e diversificato, poiché riguarda la totalità dei mezzi di trasporto di nuova costruzione e coinvolge anche alcuni elementi infrastrutturali strettamente connessi con il trasporto.

11. TECNOLOGIE DI ACCESSO ESTESO ALLA MOBILITÀ

Descrizione della tecnologia

Come già ricordato nella parte generale, la garanzia di un accesso esteso alla mobilità per le fasce di popolazione affette da forme di limitazione temporanea o permanente delle abilità fisiche o cognitive diverrà sempre più importante in un prossimo futuro, sia per i mezzi privati che per i mezzi pubblici. La sensibilità sociale collettiva rispetto a queste problematiche è andata progressivamente crescendo e influenzerà lo sviluppo tecnologico sia dei mezzi di trasporto che delle infrastrutture di appoggio. Le tecnologie che possono influenzare questi aspetti sono molteplici e riguardano supporti e ausili di natura fisica o cognitiva, differenziati in funzione della categoria cui sono rivolti (guidatori o passeggeri di mezzi privati, passeggeri di mezzi pubblici). Anche per le Infrastrutture vale un discorso analogo, con mezzi di ausilio per la movimentazione, la salita e discesa dai mezzi, la permanenza a bordo.

Alcune categorie di riduzione di abilità sono specifiche della popolazione anziana (riduzione dei tempi di reazione, diminuzione dell'acuità visiva ed uditiva, limitazioni nella capacità motoria ecc.) e sono estremamente diffuse; poiché l'aspettativa di vita si è molto accresciuta negli ultimi decenni nei paesi occidentali, la percentuale di anziani è cresciuta, insieme con specifiche esigenze di mobilità. Tutti gli elementi descritti avranno una profonda influenza sullo sviluppo di adeguate tecnologie di supporto.

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

Attualmente, per quanto riguarda la guida dei mezzi privati, sono presenti sofisticati sistemi di ausilio fisico/meccanico o sensoriale/cognitivo. Si tratta in genere di dispositivi fortemente personalizzati in funzione della tipologia di disabilità presente. L'obiettivo finale è quello di garantire

funzionalità che consentano all'utente disabile un perfetto e sicuro controllo del veicolo. I mezzi di ausilio per i passeggeri riguardano le fasi di ingresso e uscita e la permanenza in sicurezza a bordo veicolo. Per quanto riguarda i mezzi pubblici, anche in questo caso i sistemi di ausilio devono facilitare l'ingresso, la permanenza a bordo e l'uscita, consentendo inoltre di fruire in modo ottimale di tutte le informazioni necessarie per la gestione del viaggio, anche in connessione inter-modale con altri mezzi (ad esempio, il treno o l'aereo).

Questi aspetti di 'connessione' risultano fondamentali anche nell'attraversamento delle infrastrutture specifiche (stazioni metropolitane, fermate dei mezzi pubblici) in quanto l'assenza di ausili adeguati in queste fasi può vanificare completamente i benefici, rendendo di fatto il viaggio impossibile o difficoltoso per la presenza di ostacoli o 'colli di bottiglia' all'interno del percorso programmato. È quindi indispensabile assumere un punto di vista unitario, mettendosi 'dalla parte del disabile' per comprenderne tutte le necessità.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

I prossimi anni vedranno una crescita nella sofisticazione e nella personalizzazione dei diversi dispositivi di ausilio, utilizzando le più diverse tecnologie tra loro opportunamente ricombinate (meccanica, elettronica, scienza dei materiali, controllistica, informatica, robotica, intelligenza artificiale ecc.) per conferire a questi sistemi funzionalità non puramente attuative ma anche di ausilio sensoriale o decisionale, con livelli di automazione crescente. I dispositivi presenteranno caratteristiche di ausilio fisico/meccanico, ergonomico e/o cognitivo.

Il mercato potenziale è piuttosto vasto, in quanto comprende non solo la popolazione riconosciuta come 'disabile' o 'non normodotata' per effetto di perdite di abilità congenite o acquisite per malattie o incidenti, ma, come già posto in evidenza precedentemente, coinvolge anche la consistente percentuale degli anziani, che manifestano riduzioni di abilità dovute ai naturali fenomeni propri della senescenza.

12. TECNOLOGIE PER LA COMPETITIVITÀ DEI TRASPORTI

Descrizione della tecnologia

Anche in questo caso, occorre distinguere tra due categorie fondamentali: la progettazione e la produzione dei mezzi di trasporto, opera di complesse filiere industriali, e la gestione di servizi di trasporto urbano (passeggeri e merci) da parte di operatori pubblici o privati.

La produzione competitiva dei mezzi di trasporto su gomma o su rotaia è estremamente complessa, a causa di una elevatissima competizione internazionale e del livello tecnologico raggiunto dai mezzi stessi e dai loro sistemi e componenti. Si tratta di beni sofisticati, frutto di processi aziendali che devono essere sempre più efficienti, snelli, veloci, ecocompatibili.

Un fattore chiave di successo riguarda la capacità di soddisfare il mercato con soluzioni specifiche altamente personalizzabili, che possano essere prodotte con elevati livelli di flessibilità e di agilità minimizzando i livelli di investimento.

Questo fattore, apparentemente relegato al mondo del mezzo individuale privato (dove in effetti questa tendenza è presente al massimo livello) riguarda in realtà anche i mezzi di trasporto collettivo (autobus, tram, metropolitane) e i veicoli per il trasporto merci, per i quali la standardizzazione riguarda in genere parti non visibili, ma che si distinguono spesso in maniera notevole per le loro caratteristiche estetico/funzionali.

La gestione efficiente dei servizi di trasporto urbano passa invece attraverso una estrema cura della professionalità e della qualità dell'offerta, che genera alti volumi di traffico (e quindi ricavi) a

fronte di una gestione efficiente e ottimizzata della rete e della relativa logistica. Questi sani principi elementari sono validi sia per il trasporto passeggeri che per il traffico delle merci.

Come ovvio, le tecnologie su cui poggiano queste esigenze sono molteplici ed estremamente variegate.

Stato dell'arte e aree di applicazione primaria

La gestione dei processi per la progettazione e la produzione dei vettori di trasporto poggia su una serie molto sofisticata di tecnologie che hanno parzialmente o totalmente automatizzato alcune fasi specifiche dell'iter che porta 'dall'idea al mercato' con consistenti riduzioni del cosiddetto 'time to market' e incrementi prestazionali e qualitativi. Ne fanno parte, ad esempio, raffinate metodologie di 'prototipazione virtuale', che consentono di simulare le caratteristiche del prodotto e del processo produttivo prima delle fasi di costruzione fisica, consentendo enormi risparmi in termini di tempo e di costo. Questa è una delle più evidenti 'rivoluzioni', che hanno interessato in anni recenti la produzione industriale di questi vettori, ma enormi progressi si sono anche registrati per le tecnologie costruttive e di assemblaggio, con un notevole ricorso all'automazione flessibile propria della più avanzata robotica. Questa convergenza di tecnologie, discipline e metodi diversi (meccanica, informatica, elettronica, scienza dei materiali, ecc.) ha consentito notevoli risultati applicativi e la capacità di costruire in massa prodotti affidabili e personalizzati.

Per quanto riguarda la gestione dei servizi di trasporto passeggeri e merci, sono disponibili e si sono diffuse tecnologie e metodologie per la gestione logistica, spesso in tempo reale, che consentono la localizzazione dei mezzi e la loro mappatura operativa, ottenuta attraverso il ricorso a sensoristica specifica (gps, localizzatori) e a interazioni con l'infrastruttura di appoggio; è il caso, ad esempio, di alcune reti metropolitane o tranviarie, dotate di mezzi di segnalamento e di controllo per la gestione integrata del traffico urbano.

Tendenze di sviluppo in una prospettiva di interesse industriale

Il futuro prossimo vede una sempre maggiore evoluzione di tutti i sistemi di prototipazione virtuale e di produzione controllata e automatizzata dei diversi vettori di trasporto, unita a raffinate metodologie di ottimizzazione di prestazioni e funzioni in presenza di vincoli multipli. In generale, si può dire che cresceranno i sistemi per l'ausilio nella gestione delle situazioni complesse, caratterizzate da schemi contrastanti o ipervincolati. Capacità di calcolo elevatissime e distribuite consentiranno analisi di scenario diversificate, capaci di mostrare le possibili evoluzioni e conseguenze di determinate scelte presenti.

Per quanto riguarda i sistemi produttivi, la capacità di adattamento alle diverse lavorazioni necessarie, unita a funzioni di diagnostica e autoriparazione, accrescerà ulteriormente il livello di automazione flessibile e adattativa per la produzione di beni estremamente diversificati e personalizzati. Le nuove tecnologie informatiche e della comunicazione, insieme con sensoristica e sistemi ITS, saranno di enorme ausilio verso la gestione dei servizi di trasporto, la loro integrazione reciproca e la previsione dei livelli di competitività, già nelle fasi di progettazione.

