

POLITICA E ECONOMIA



Le sei rivoluzioni dei trasporti e le loro evoluzioni. Una breve storia dalle origini ai giorni nostri

*The six transport revolutions and their evolutions.
A brief history from the beginnings to the present day*

Ennio CASCETTA ^(*)
Ilaria HENKE ^(**)
Maria Ida DI BARTOLOMEO ^(***)

Sommario - Nella storia dell'uomo si sono verificati numerosi e significativi cambiamenti nelle modalità e nelle tecnologie utilizzate per muovere persone e cose. Le une e le altre seguivano le necessità distributive e le economie della propria epoca ma hanno, molto spesso, anche generato o quanto meno contribuito all'evoluzione sociale ed economica delle comunità umane. L'analisi che si propone in questo articolo si basa sulla ipotesi che le innovazioni dei sistemi di trasporto avvengano con velocità ed impatti diversi in momenti storici diversi. Si propone una lettura della storia delle innovazioni nei trasporti secondo le categorie di rivoluzione ed evoluzione. In questo articolo si propongono sei rivoluzioni nei trasporti occorse nella storia dell'umanità, seguite da fasi evolutive, anche molto lunghe e spesso ancora attive. In un prossimo lavoro si applicheranno questi risultati ai molteplici e coevi filoni di innovazione tecnologica in atto e all' emergere di una possibile settima rivoluzione.

1. Introduzione

Nella storia dell'uomo si sono verificati numerosi e significativi cambiamenti nelle modalità e nelle tecnologie utilizzate per muovere persone e cose. Le una e le altre seguivano le necessità distributive e le economie della propria epoca ma hanno, molto spesso, anche generato o quanto meno contribuito all'evoluzione sociale ed economica delle comunità umane. In età preindustriale, le modalità di trasporto erano funzionali ad un'economia agricola basata sulla produzione ed il consumo locale. I progressi nell'agricoltura, l'industrializzazione ed il conseguente incremento dei traffici a media e lunga

Summary - In the history of man there have been numerous and significant changes in the methods and technologies used to move people and things. Both of them followed the distributive needs and economies of their time but have, very often, also generated or at least contributed to the social and economic evolution of human communities. The analysis proposed in this article is based on the hypothesis that transport system innovations occur with different speeds and impacts at different historical moments. We propose a reading of the history of transport innovations according to the categories of revolution and evolution. This article proposes six transport revolutions that occurred in the history of humanity, followed by evolutionary phases, even very long and often still operating. In a future work, these results will be applied to the multiple and coeval strands of technological innovation in progress and to the emergence of a possible seventh revolution.

1. Introduction

In the history of man there have been numerous and significant changes in the methods and technologies used to move people and things. Both of them followed the distributive needs and economies of their time but have, very often, also generated or at least contributed to the social and economic evolution of human communities. In the pre-industrial age, transport modes were functional to an agricultural economy based on local production and consumption. Progress in agriculture, industrialisation and the consequent increase in medium and long-distance traffic led to the need for faster and cheaper transport modes.

^(*) Università degli Studi di Napoli "Federico II", Via Claudio 21, 80126, Napoli, cascetta@unina.it

^{(**) Università degli Studi di Napoli "Federico II", Via Claudio 21, 80126, Napoli, Ilaria.henke@unina.it}

^{(***) Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", Via Roma, 9 - 81031 Aversa (CE), mariaida.dibartolomeo@gmail.com}

^{(*) Federico II University, Naples, Via Claudio 21, 80126, Naples, cascetta@unina.it}

^{(**) Federico II University, Naples, Via Claudio 21, 80126, Naples, Ilaria.henke@unina.it}

^{(***) University of Campania "Luigi Vanvitelli", Via Roma, 9 - 81031 Aversa (CE), mariaida.dibartolomeo@gmail.com}

POLITICA E ECONOMIA

percorrenza, comportarono la necessità di modalità di trasporto più veloci ed economiche.

L'analisi che si propone in questo articolo si basa sulla ipotesi che le innovazioni dei sistemi di trasporto avvengano con velocità ed impatti diversi in momenti storici diversi, in modo simile a quanto ipotizzato nella teoria degli equilibri punteggiati per l'evoluzione biologica delle specie [1], o delle rivoluzioni nella storia del pensiero scientifico [2]. Si classificano quindi i cambiamenti dei sistemi di trasporto in due diverse tipologie: rivoluzioni ed evoluzioni.

Secondo GILBERT e PEARL [3] una rivoluzione dei trasporti è caratterizzata dalla introduzione di una tecnologia che modifica sostanzialmente il modo di muoversi di persone e/o merci in un certo ambito in un periodo relativamente limitato di tempo. La tecnologia da sola quindi non basta, c'è bisogno che essa modifichi il funzionamento della società. Per essere ritenuta una rivoluzione, l'adozione di una tecnologia dovrebbe modificare in modo molto significativo uno o più elementi fondamentali del trasporto (come ad esempio velocità, costo, potenza, disponibilità etc.) in modo tale da modificare significativamente le modalità di spostamento preesistenti e/o di creare nuove esigenze/ mercati di mobilità, in un periodo di tempo relativamente breve. La definizione di brevità del periodo di diffusione ed impatto della innovazione rivoluzionaria è ovviamente arbitraria e va comunque riferita alla velocità di cambiamento complessivo dell'epoca in cui avviene. Un periodo di secoli è "breve" in un'epoca di cambiamenti millenari, così come diversi decenni sono un periodo "lungo" in un'epoca come la nostra di cambiamenti rapidi e radicali. Le rivoluzioni dei sistemi di trasporto hanno alcuni elementi in comune che saranno evidenziati nel corso dello studio, ad esempio sono spesso caratterizzate da una "eterogenesi dei fini", ossia la innovazione viene generata da esigenze diverse dal trasporto e/o conduce a forme di trasporto assolutamente non previste nelle prime fasi di adozione di quella innovazione. Inoltre, quasi tutte le rivoluzioni utilizzano combinazioni innovative di nuove tecnologie e tecnologie sviluppate in precedenti rivoluzioni.

Per super additività si intende che l'effetto supera la "somma" degli effetti individuali. Le evoluzioni sono cambiamenti anche importanti nell'uso e/o nelle prestazioni di mezzi e modi di trasporto che avvengono gradualmente nel tempo e/o non modificano sostanzialmente il modo di spostarsi di persone e cose. Nel caso delle evoluzioni non c'è eterogenesi dei fini per definizione, i cambiamenti nascono esplicitamente per migliorare una tecnologia o una organizzazione che sono già esistenti e che servono a spostare persone e cose. Una rivoluzione tecnologica è tipicamente seguita da una fase evolutiva più o meno lunga, che in alcuni casi prosegue fino ai nostri giorni.

Nella prima parte di questo lavoro si propongono sei rivoluzioni nei trasporti occorse nella storia dell'umanità, seguite da fasi evolutive. Ovviamente ci sono diversi gradi di arbitrarietà nella applicazione della definizione stessa

The analysis proposed in this article is based on the hypothesis that innovations of transport systems occur with different speeds and impacts at different historical moments, similar to what is hypothesised in the theory of punctuated equilibria for the biological evolution of species [1], or of the revolutions in the history of scientific thought [2]. Changes in transport systems are therefore classified into two different types: revolutions and evolutions.

According to GILBERT and PEARL [3], a transport revolution is characterised by the introduction of a technology that substantially changes the way people and/or goods move in a certain area in a relatively limited period of time. Technology alone is therefore not enough; it needs to change the way society works. To be considered a revolution, the adoption of a technology would have to significantly modify one or more fundamental elements of transport (such as speed, cost, power, availability, etc.) in such a way as to significantly modify the pre-existing modes of displacement and/or to create new mobility needs/markets, in a relatively short period of time. The definition of brevity of the period of diffusion and impact of revolutionary innovation is obviously arbitrary and must in any case be referred to the overall speed of change of the period in which it occurs. A period of centuries is "short" in an age of millennial changes, just as several decades are a "long" period in an age such as ours of rapid and radical change. The revolutions of transport systems have some elements in common that will be highlighted in the course of the study, for example they are often characterised by "heterogenesis of intents", i.e. innovation is generated by needs other than transport and/or leads to forms of transport absolutely not foreseen in the early stages of adoption of that innovation. Furthermore, almost all revolutions use innovative combinations of new technologies and technologies developed in previous revolutions.

Evolutions are also important changes in the use and/or performance of means and modes of transport that occur gradually over time and/or do not substantially change the way people and things move. In the case of evolutions, there is no heterogenesis of intents by definition, changes arise explicitly to improve a technology or an organisation that already exists and that serves to move people and things. A technological revolution is typically followed by a more or less long evolutionary phase, which in some cases continues up to the present day.

In the first part of this work, six transport revolutions that have occurred in the history of humanity are proposed, followed by evolutionary phases. Obviously, there are different degrees of arbitrariness in the application of the definition itself and some readers may not agree with the proposed revolutions or propose others, just as we have proposed revolutions largely different from those hypothesised by GILBERT and PEARL [3]. We have also called revolutions with the name of "enabling" technological innovation, but it is understood that the revolution has also involved fundamental organisational and market infrastructural aspects, which we will only mention. Obviously, the development of the railway presupposes that there are rails and stations, a

POLITICA E ECONOMIA

ed alcuni lettori potranno non condividere le rivoluzioni proposte o proporne di altre, così come noi abbiamo proposto rivoluzioni in gran parte diverse da quelle ipotizzate da GILBERT e PEARL [3]. Inoltre abbiamo denominato le rivoluzioni con il nome della innovazione tecnologica "abilitante" ma resta inteso che la rivoluzione ha riguardato anche fondamentali aspetti infrastrutturali organizzativi e di mercato di cui faremo solo cenno. Ovviamente lo sviluppo della ferrovia presuppone che vi siano rotaie e stazioni, una società che organizzi i servizi di trasporto e una autorità che li consenta; tutto ciò viene ricompreso nella innovazione della ferrovia a vapore. Infine, per limitarne il numero, abbiamo associato in un'unica rivoluzione più cambiamenti anche molto sostanziali da essa resi possibili e che, a buon titolo, avrebbero potuto essere considerati essi stessi rivoluzionari. Ad esempio la rivoluzione collegata alla trazione dei motori a scoppio include quelle delle automobili, degli autocarri e della aviazione civile, ciascuna a sua volta pienamente corrispondente alla definizione di rivoluzione, ma tutte rese possibili dai nuovi motori e dalla densità energetica dei derivati del petrolio. Il principale contributo di questo lavoro è tuttavia nella individuazione di alcuni elementi comuni alle fasi di "innovazione rivoluzionaria" che possono essere utili per comprendere cosa potrà succedere nel futuro prossimo. Infatti, in un prossimo articolo si analizzeranno i principali fattori di innovazione tecnologica dei trasporti che sono attualmente in corso e che potrebbero condurre ad una settima rivoluzione e che saranno analizzati in un prossimo lavoro.

L'articolo è organizzato come segue. Nel paragrafo 2 viene sinteticamente riassunto l'enorme lasso di tempo che definiamo "preistoria" e che non ha visto nessuna evoluzione delle modalità e delle tecnologie per la mobilità delle persone e il trasporto delle merci. Nei sei paragrafi successivi vengono analizzate le sei rivoluzioni che si propongono come modello di lettura della storia dei trasporti. Infine nel paragrafo conclusivo di questa prima parte si propongono alcune conclusioni sulla storia passata ed una rappresentazione grafica delle rivoluzioni e delle relative fasi evolutive.

2. La preistoria dei trasporti. In cammino dall'Africa a tutto il globo

La nostra specie, l'"homo sapiens", si è evoluta nel cuore dell'Africa in un periodo databile intorno ai 250.000 anni fa [4] e fino alla fine dell'ultima glaciazione (c.a. 10.000 anni fa) si è spostata solo a piedi in gruppi di decine o centinaia di individui cacciatori-raccoglitori. Per questo immenso lasso di tempo, pur a fronte di tante evoluzioni nelle tecnologie di produzione e utilizzo di materiali litici, ossa, legno, fibre vegetali (suddivise nelle due epoche di paleolitico fino a circa 10000 anni fa e neolitico dal 10000 a.C. al 3500 a.C.) nulla è mutato relativamente alla mobilità i cui parametri fondamentali

company that organises the transport services and an authority that allows them; all this is included in the innovation of the steam railway. Finally, to limit their number, we have associated in a single revolution several changes, even very substantial ones, made possible by it and which, with good reason, could have been considered revolutionary themselves. For example, the revolution related to the traction of internal combustion engines includes those of cars, trucks and civil aviation, each in turn fully corresponding to the definition of revolution, but all made possible by the new engines and the energy density of petroleum derivatives. The main contribution of this work, however, is in the identification of some elements common to the phases of "revolutionary innovation" that can be useful for understanding what may happen in the near future. In fact, in a future article we will analyse the main factors of technological innovation in transport that are currently underway and that could lead to a seventh revolution and that will be analysed in a future work.

The article is organised as follows. Section 2 briefly summarises the enormous period of time that we define as "prehistory", and which has not seen any evolution in the methods and technologies for the mobility of people and the transport of goods. In the following six paragraphs, the six revolutions that are proposed as a model for reading the history of transport are analysed. Finally, in the concluding paragraph of this first part, some conclusions on past history and a graphic representation of the revolutions and related evolutionary phases are proposed.

2. The prehistory of transport. Walking from Africa to the whole world

Our species, the "homo sapiens", evolved in the heart of Africa in a period datable to around 250,000 years ago [4] and until the end of the last glaciation (about 10,000 years ago) it only moved on foot in groups of tens or hundreds of hunter-gatherer individuals. For this immense period of time, despite many evolutions in the technologies of production and use of lithic materials, bones, wood, vegetable fibres (divided into the Paleolithic era up to about 10,000 years ago and the Neolithic era from 10,000 b.C. to 3500 b.C.) nothing has changed in relation to the mobility of which the fundamental parameters (transportable weight, speed, distance, etc.) were linked to the physiology of homo sapiens evolved in the African savannah. Travelling on foot (fortunately still widely used today) has led man to spread throughout the emerged world, first in Eurasia and later in the Americas through the Bering Strait which emerged during the interglacial phases. The only displacements made differently were on sea arms and inland water basins with very rough boats which, however, allowed populating even remote islands such as Australia (about 50,000 b.C.). In an era that can be placed around 10,000 years ago in the heart of Mesopotamia a different lifestyle begins to spread, characterised by the domestication of wild animal and plant species [4] [6]. The revolution of agriculture and pastoral-

POLITICA E ECONOMIA

(peso trasportabile, velocità, distanza. Etc.) erano collegati alla fisiologia dell'*homo sapiens* evolutasi nella savana africana. Gli spostamenti a piedi (per fortuna molto utilizzati ancora oggi) hanno portato l'uomo a diffondersi in tutto il mondo emerso, Eurasia prima e successivamente alle Americhe attraverso lo stretto di Bering emerso durante le fasi interglaciali. Gli unici spostamenti fatti diversamente erano su bracci di mare e bacini di acque interne con imbarcazioni molto rozze che però consentirono di popolare isole anche remote come l'Australia (50.000 a.C. circa). In un'epoca collocabile intorno ai 10000 anni fa nel cuore della Mesopotamia inizia a diffondersi un diverso stile di vita caratterizzato dalla domesticazione di specie animali e vegetali selvatiche [4] [6]. La rivoluzione dell'agricoltura e della pastorizia iniziano un crescendo di innovazioni culturali e tecnologiche che si diffondono a diversa velocità nei diversi continenti e arrivano fino ai giorni nostri e di cui, attraverso l'arte prima e la scrittura dopo, abbiamo una conoscenza più approfondita. Da questo punto in poi abbiamo sufficienti informazioni per definire la storia delle rivoluzioni e delle evoluzioni dei trasporti.

3. La prima rivoluzione: la trazione animale

La prima rivoluzione può essere data nel momento in cui si addomesticano gli animali prevalentemente per uso alimentare, per le altre risorse che potevano fornire (latte, lana) e per il supporto all'agricoltura [5]. Gli animali domestici di grande taglia consentono la prima rivoluzione dei trasporti. Si passa dai "piedi" alla trazione animale, circa nel 8000 a.C. con la vacca e nel 4000 a.C. con il cavallo e l'asino. Aumenta il peso trasportabile e la distanza percorribile. Le evoluzioni successive sono relative all'ampliamento degli animali domestici (Tab. 1). Ancora oggi la trazione animale è utilizzata in contesti remoti e/o inaccessibili, ad esempio in Grecia a Rodi e a Santorini, l'asino è utilizzato per raggiungere attrazioni turistiche (rispettivamente l'acropoli di Lindos e la città di Fira) poco accessibili (Fig. 1).

Tabella 1 – Table 1

L'evoluzione degli animali domestici
The evolution of domesticated animals

Specie animali Animal Species	Periodo Period
Capre e Pecore Goats and Sheep	10000 a.C. 10000 b.C.
Razze Bovine Cattle breeds	8000 a.C. 8000 b.C.
Asino Donkey	4000 a.C. 4000 b.C.
Cavallo Donkey	4000 a.C. 4000 b.C.
Cammelli Camels	2500 a.C. 2500 b.C.

ism begins a crescendo of cultural and technological innovations that spread at different speeds in different continents and reach up to the present day and of which we have a deeper knowledge through art before and writing later. From this point on we have enough information to define the history of the revolutions and the evolutions of transport.

3. The first revolution: animal traction

The first revolution can be when animals are domesticated mainly for food use, for the other resources they could provide (milk, wool) and for supporting agriculture [5]. Large, domesticated animals allow the first transport revolution. We transition from "feet" to animal traction, around the year 8000 b.C. with the cow and in 4000 b.C. with the horse and donkey. The transportable weight and walking distance increases. The following evolutions are related to the expansion of domesticated animals (Tab. 1). Even today, animal traction is used in remote and/or inaccessible contexts, for example in Greece in Rhodes and Santorini, the donkey is used to reach tourist attractions (respectively the acropolis of Lindos and the city of Fira) which are not very accessible (Fig. 1).

4. The second revolution: sailing

The second revolution can be dated around 4,000 b.C. to which the first representations of sailing boats with papyrus rods by the Egyptians date back. The first technological innovation that uses a driving force other than muscle, allowing distances and speeds of movement of people and things that are not comparable. Presumably introduced in the East, where an evolution in itself followed, with the typical 'roller shutter' sails used in junks, the sail is attested in the Mediterranean starting from the 3rd mill. b.C. as an auxiliary means of propulsion to the oar in Egyptian boats (Fig. 2) [4].



Figura 1 – La trazione animale nei giorni d'oggi: l'asino per raggiungere la città di Fira dal porto a Santorini [30].
Figure 1 – Animal traction nowadays: the donkey to reach the city of Fira from the port in Santorini [30].

POLITICA E ECONOMIA

4. La seconda rivoluzione: la navigazione a vela

La seconda rivoluzione può essere datata intorno al 4.000 a.C. alla quale risalgono le prime rappresentazioni di imbarcazioni a vela con canne di papiro dagli egiziani. La prima innovazione tecnologica che utilizza una forza motrice diversa da quella muscolare consentendo distanze e velocità di spostamento di persone e cose non paragonabili. Introdotta presumibilmente in oriente, dove seguì un'evoluzione a sé, con le tipiche vele a 'tapparella' utilizzate nelle giunche, la vela è attestata in Mediterraneo a partire dal III mill. a.C. come mezzo propulsivo ausiliario al remo nelle imbarcazioni egiziane (Fig. 2) [4].

Nella sua forma primitiva, vela quadrata, era costituita da un riquadro di tessuto sostenuto all'albero da un'asta orizzontale, il pennone. Due corde fissate all'estremità libere ne consentivano una rudimentale manovra, così da offrire la massima superficie alla spinta del vento. Le prime vele triangolari dette "vele latine" (Fig. 3) iniziarono a diffondersi nel Mediterraneo dal IX secolo e per parecchio tempo andarono ad affiancare le tradizionali vele quadre che continuarono ad essere largamente utilizzate su ogni tipo di imbarcazione durante tutto il "periodo d'oro della navigazione a vela" (dal XVI al XIX secolo).

Nel frattempo, fiorirono una serie di altri tipi di vele (Tab. 2), con buone capacità di risalire il vento, come le vele auriche, le vele di straglio, il fiocco e la randa finché, nella seconda metà dell'800 le navi a vapore in circolazione iniziarono a superare i velieri per numero, segnando l'inizio di quello che sarà il rapido declino della navigazione commerciale a vela.

Greci, Fenici ed Arabi fecero uso di vele per dominare le rotte dei mari, fino ai velieri che solcavano gli oceani durante la stagione delle scoperte e della colonizzazione



Figura 2 – La seconda rivoluzione: la vela. Una nave dell'antico Egitto nella tomba di Menna, scriba sotto la XVIII dinastia [31].

Figure 2 – The second revolution: the sail. A ship from ancient Egypt in the tomb of Menna, a scribe under the 18th dynasty [31].

In its primitive form, square sail, it consisted of a square of fabric supported to the mast by a horizontal rod, the flag-pole. Two ropes fixed to the free ends allowed a rudimentary manoeuvre, so as to offer the maximum surface to the thrust of the wind. The first triangular sails called "Latin sails" (Fig. 3) began to spread in the Mediterranean from the ninth century and for a long time went alongside the traditional square sails that continued to be widely used on all types of boats throughout the "golden period of sailing" (from the 16th to the 19th century).

In the meantime, a series of other types of sails flourished (Tab. 2), with good ability to go upwind, such as the auric sails, the stay sails, the jib and the mainsail until, in the second half of the 19th century the steamships in circulation began to surpass sailing ships in number, marking the beginning of what will be the rapid decline of commercial sailing.

Greeks, Phoenicians and Arabs made use of sails to dominate the routes of the seas, up to the sailing ships that sailed the oceans during the season of discoveries and European colonisation of the other continents. Pliny the Elder was one of the first to mention some sea crossings made in record



Figura 3 – Illustrazione delle differenti tipologie di vele [32].
Figure 3 – Illustration of the different types of sails [32].

POLITICA E ECONOMIA

Tabella 2 – Table 2

L'evoluzione della vela The evolution of sailing

Tipologia Type	Periodo Period	Prestazioni Performance
Vela quadra egiziana <i>Egyptian square sail</i>	4000 a.C. 4000 b.C.	Buona spinta con vento a favore, ma non permetteva di risalirlo. Spesso si ricorreva all'uso dei remi <i>Good push with the wind to your back, but it did not allow you to go back. Oars were often used</i>
Vela triangolare o vela latina <i>Triangular sail or lateen sail</i>	800 d.C. 800 a.C.	Migliorano le capacità di risalire il vento <i>The ability to go upwind improves</i>
Vela aurica <i>Lug sail</i>	1600 d.C. 1600 a.C.	Si perde la forma triangolare della vela a favore di una forma trapezoidale e si stendono a poppavia degli alberi <i>The triangular shape of the sail is lost in favour of a trapezoidal shape and they extend aft of the masts</i>
Vela bermudiana <i>Bermudan sail</i>	1700 d.C. 1700 a.C.	Si ritorna alla vela triangolare con un taglio longitudinale più performante <i>We return to the triangular sail with a more performing longitudinal cut</i>

europea degli altri continenti. Plinio il Vecchio fu uno dei primi a menzionare alcune traversate marine compiute in tempi da record con venti favorevoli e condizioni di navigazione ottimali, gli esempi più celebri raccontano di traversate di 270 miglia marine (500 km) percorse da Ostia alle coste africane in 2 giorni alla velocità di 6 nodi (un nodo corrisponde a 1,852 km/h); ancora da Ostia a Gibilterra 935 miglia marine (1.730 km) percorse in 7 giorni alla velocità di 5,6 nodi e da Pozzuoli ad Alessandria d'Egitto, circa 1000 miglia marine (1.852 km), percorse in 9 giorni alla velocità di 4,6 nodi. Nelle migliori condizioni era, quindi, possibile percorrere 200-250 km al giorno. Grazie ai diari di navigazione di esploratori come Colombo, Diaz troviamo il racconto di grandi viaggi in barca a vela attraverso l'Oceano Atlantico o il Pacifico. Il primo viaggio di Colombo (Fig. 4) attraverso l'Atlantico durò circa 9 settimane, dal 3 agosto 1492 al 12 ottobre dello stesso anno, giorno in cui sbarcò nelle Bahamas [7].

5. La terza rivoluzione: la ruota e i veicoli terrestri

Nel 3500 a.C. in Mesopotamia i Sumeri hanno dato il via ad una grande rivoluzione, dei trasporti e non solo, con l'invenzione della ruota (Fig. 5). La terza rivoluzione ha costituito una tappa fondamentale nell'evoluzione del neolitico: il concetto era già noto nel 4000 a.C. presso le popolazioni che per movimentare grossi pesi utilizzavano

times with favourable winds and optimal navigation conditions, the most famous examples tell of crossings of 270 nautical miles (500 km) travelled from Ostia to the African coasts in 2 days at a speed of 6 knots (one knot corresponds to 1.852 km/h); again from Ostia to Gibraltar 935 nautical miles (1.730 km) travelled in 7 days at a speed of 5.6 knots and from Pozzuoli to Alexandria in Egypt, about 1000 nautical miles (1.852 km), travelled in 9 days at a speed of 4,6 knots. In the best conditions it was therefore possible to travel 200-250 km per day. Thanks to the navigation diaries of explorers such as Columbus, Diaz we find the story of great voyages on a sailing boat across the Atlantic Ocean or the Pacific. Columbus' first trip (Fig. 4) across the Atlantic lasted about 9 weeks, from 3 August 1492 to 12 October of the same year, the day he landed in the Bahamas [7].

5. The third revolution: the wheel and land vehicles

In 3500 b.C. in Mesopotamia the Sumerians started a great revolution, of transport and more, with the invention of the wheel (Fig. 5). The third revolution represented a fundamental stage in the Neolithic evolution: the concept was already known in 4000 b.C. among the populations who used the rolling of logs to move heavy weights, radically decreasing the friction of sledges. The real innovation, however, was to insert a pin in the centre of a solid disc, around which it rotates [5]. The first rudimentary wheels obtained from tree trunks were not very resistant, because the wood was used transversely to the direction of the fibres. We then moved on to wheels made up of several pieces assembled together, but to increase speeds they needed to be lighter.

Since then, wheels have become increasingly differentiated and evolved, as have transport means (Fig. 6). The first



Figura 4 – La Nina, la Pinta e la Santa María, (le caravelle) le tre grandi navi a vela utilizzate da Cristoforo Colombo nel suo primo viaggio attraverso l'oceano Atlantico nel 1492 con cui giunse nel Nuovo Mondo [33].

Figure 4 – The Nina, the Pinta and the Santa María, (the caravels) the three large sailing ships used by Christopher Columbus on his first voyage across the Atlantic Ocean in 1492 with which he arrived in the New World [33].

POLITICA E ECONOMIA

il rotolamento dei tronchi, diminuendo radicalmente l'attrito proprio delle slitte. La vera innovazione fu però quella di inserire nel centro di un disco pieno un perno, intorno al quale farlo ruotare. Le prime ruote rudimentali ricavate da tronchi d'albero erano poco resistenti, perché il legno era usato trasversalmente alla direzione delle fibre. Si passò quindi a ruote composte di più pezzi assemblati insieme, ma per aumentare le velocità era necessario alleggerirle.

Da allora a oggi le ruote si sono sempre più differenziate ed evolute, così come i mezzi di trasporto (Fig. 6). Il primo mezzo di trasporto utilizzato dall'uomo, documentato in Mesopotamia dal IV mill. a.C. è il carro [4] (Fig. 7). La combinazione di carro e animali si è evoluta nei millenni, le prime testimonianze risalgono al 2700 a.C. presso popoli centro-asiatici, da cui si sarebbe diffusa in Cina e in Egitto (1700 a.C.). L'evoluzione che mutò la tecnologia fu lenta ma costante in quasi tutto il pianeta.

Il carro è un veicolo a trazione animale, usato per il trasporto di materiali da costruzione o di merci in genere. Dal primitivo tipo a due ruote piene (Fig. 7), trainato dai buoi, verso il 2000 a.C. con l'adozione delle ruote a raggi e del cavallo per il traino, il carro acquistò agilità e velocità. Nel secolo XVII le carrozze si imposero come mezzo di trasporto (Fig. 8), dotate di balestre e freno, carro, coperto o scoperto e in diversi tipi specializzati a seconda dell'uso,

means of transport used by man, documented in Mesopotamia from the 4th mill. b.C. is the wagon [4] (Fig. 7). The combination of wagon and animals has evolved over the millennia, the first evidence dates back to 2700 b.C.

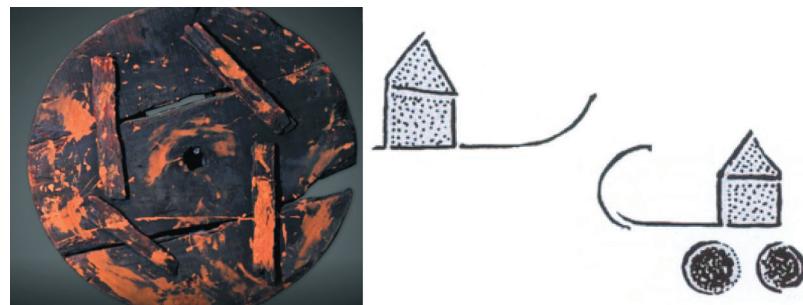


Figura 5 – A sinistra: la ruota di legno più antica della collezione di ruote dell'Heritage Transport Museum, proveniente dalla Mesopotamia; a destra: pittogrammi sumeri usati per indicare una slitta per il trasporto di persone e una montata su probabili ruote, fine del IV mill. a.C. [8] [35].

Figure 5 – Left: the oldest wooden wheel in the Heritage Transport Museum's collection of wheels, from Mesopotamia; right: Sumerian pictograms used to indicate a sledge for the transport of people and one mounted on probable wheels, late 4th mill. b.C [8] [35].



Figura 6 – Una slitta montata su ruote: il primo passo verso il carro da trasporto [9].
Figure 6 – A sledge mounted on wheels: the first step towards the transport wagon [9].



Figura 7 – A Sinistra: carretto votivo a quattro ruote piene trainato da una coppia di bovidi. Siria del Nord, II mill. a.C. (Collezione privata Parigi [35]); a Destra: Carro a ruote piene trainato da onagri proveniente da Ur (2700 a.C.).

Figure 7 – Left: votive cart with four full wheels pulled by a pair of bovids. Northern Syria, 2nd mill. b.C. (Paris private collection [35]); Right: Full-wheeled wagon pulled by onagers from Ur (2700 b.C.).

POLITICA E ECONOMIA

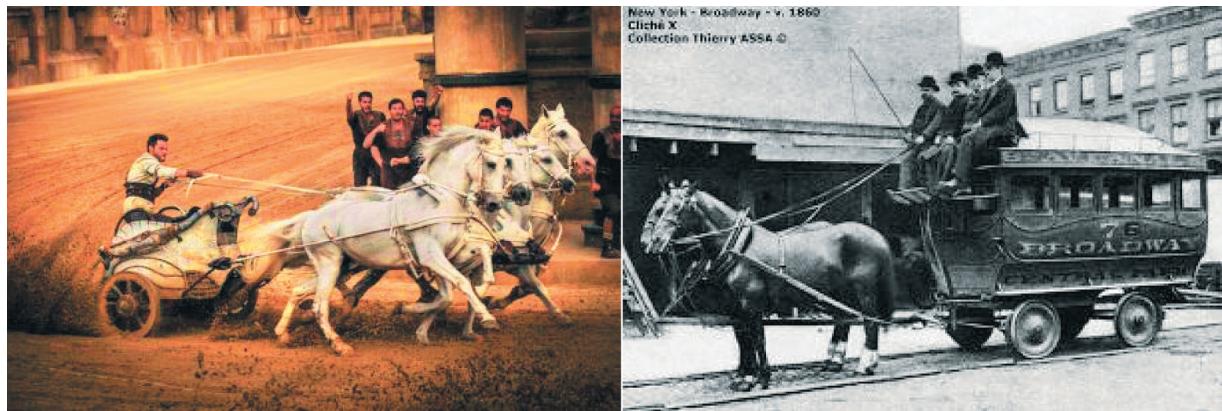


Figura 8 – A sinistra: rappresentazione della biga di Ben Hur (biga con ruote a raggio) a destra: I primi omnibus circolanti su rotaie 1860, New York nel quartiere di Harlem [36] [37].

Figure 8 – Left: representation of Ben Hur's wagon (wagon with spoked wheels) right: The first omnibuses circulating on rails 1860, New York in the Harlem district [36] [37].

nell'Impero Romano. L'origine della carrozza, strettamente connessa alla storia del carro, risale al XIII sec. [4], come veicolo a uso esclusivo della nobiltà, con la cabina direttamente appoggiata sulle ruote e sul telaio nel secolo seguente. Vari sono i modelli: completamente aperti, scoperchiabili, chiusi a quattro posti o a due posti. All'inizio del sec. XIX si affermarono a Parigi gli "omnibus" per il trasporto pubblico e a Londra i "cab". Dopo un periodo di convivenza con le prime automobili all'inizio del sec. XX, le carrozze scomparvero a partire dagli anni '50. Ma le carrozze della regina Vittoria (XIX sec.) e del re Sole (XVII sec.) (Fig. 9) erano solo l'evoluzione della biga del re Assurbanipal (circa 650 a.C.). Ancora oggi hanno ruote tutti i sistemi di locomozione su terra:

among Central Asian populations, from which it would have spread to China and Egypt (1700 b.C.). The evolution that changed technology was slow but steady in almost the entire planet.

The wagon is an animal-traction vehicle, used for the transport of construction materials or goods in general. From the primitive type with two solid wheels (Fig. 7), pulled by oxen, towards 2000 b.C. with the adoption of spoked wheels and the horse for pulling, the wagon acquired agility and speed. In the 17th century, carriages became a means of transport (Fig. 8), equipped with leaf springs and wagon brakes, covered or uncovered and in different types specialised according to use, in the Roman Empire. The ori-



Figura 9 – A sinistra: la carrozza dell'incoronazione dell'imperatore Carlo VII, Museo delle carrozze di Nymphenburg, Germania [38]; a destra: carrozza appartenente alla famiglia reale britannica, Royal Mews Buckingham Palace [39].

Figure 9 – Left: the coronation carriage of Emperor Charles VII, Nymphenburg Carriage Museum, Germany [38]; right: carriage belonging to the British royal family, Royal Mews Buckingham Palace [39].

POLITICA E ECONOMIA



Figura 10 – I carri a trazione animale oggi [40].
Figure 10 – Animal-drawn wagons today [40].

dalle automobili alle carrozzine, dai treni alle biciclette. Inoltre, oggi i carri a trazione animale sono ampiamente utilizzati in diverse aree del mondo (Fig. 10).

L'evoluzione dei veicoli terrestri a ruota ha portato anche alla introduzione di veicoli a due ruote, possibili solo in presenza di una rete viaria sufficientemente liscia, combinando trazione muscolare, questa volta umana e non animale, con l'attrito ridotto della ruota (Tab. 3). Nel 1791 nasce in Francia il "celerifero" il primo antenato della bicicletta (Fig. 11), formato da un telaio diritto che portava due ruote una dietro l'altra: la persona vi si poneva a calvaccioni e dava il movimento puntando i piedi in terra. Essa nella sua forma rudimentale mancava di sterzo, pedali e freni che saranno inventati nelle sue evoluzioni successive. In particolare, nel 1839, lo scozzese K. MAC MILLAN perfezionò tale invenzione con l'inserimento per la prima volta di pedali, collegati con leve agli assi della ruota inizialmente posteriore (Fig. 11), e successivamente anteriore, con il fabbro francese P. MICHAUX nel 1842. Proprio quest'ultimo, insieme con il figlio, fu il primo a produrre la prima bici moderna con telaio in ferro, pedali e la più grande ruota anteriore nel 1861. Le evoluzioni di questo mezzo si sono susseguite in maniera lenta ma continua, riscuotendo grande successo al punto da sviluppare, nei primi anni del Novecento, le prime competizioni sportive come il "Tour de France" (1903) e nel 1909 il primo "Giro d'Italia". La bicicletta ad oggi è il

gin of the coach, closely linked to the history of the carriage, dates back to the 13th century [4], as a vehicle for the exclusive use of the nobility, with the cab resting directly on the wheels and on the chassis in the following century. There are various models: completely open, with removable roofs, closed with four or two seats. At the beginning of the nineteenth century "omnibuses" for public transport were established in Paris and "cabs" in London. After a period of coexistence with the first cars at the beginning of the 20th century, carriages disappeared starting from the '50s. But the carriages of Queen Victoria (19th century) and the Sun King (17th century) (Fig. 9) were only the evolution of the wagon of King Ashurbanipal (about 650 b.C.). Even today, all locomotion systems have wheels: from cars to wheelchairs, from trains to bicycles. Furthermore, today animal-drawn carts are widely used in different areas of the world (Fig. 10).

The evolution of wheeled land vehicles also led to the introduction of two-wheeled vehicles, possible only in the presence of a sufficiently smooth road network, combining muscular traction, this time human and not animal, with

Tabella 3 – Table 3

Le evoluzioni seguita dalla rivoluzione della ruota
The evolutions followed by the revolution of the wheel

Tipologia Type	Periodo Period	Prestazioni Performance
Carro - prima tipologia Wagon - first type	2700 a.C. 2700 b.C.	Trainato dal bue raggiungeva velocità di 8 km/h Pulled by the ox reached speeds of 8 km/h
Evoluzione del carro Evolution of the wagon	2000 a.C. 2000 b.C.	Trainato da cavalli con l'adozione di ruote a raggio si raggiungevano velocità di 12km/h Pulled by horses with the adoption of spoke wheels, speeds of 12km/h were reached
Carrozza - prima tipologia Carriage - first type	1200	Utilizzato dalla nobiltà con cabina direttamente appoggiata sulle ruote Used by the nobility with cabin directly resting on the wheels
Evoluzione della carrozza Evolution of the carriage	1600-1700	Massima diffusione la cabina appoggiate sui telai e dotate di balestre e freno Maximum diffusion the cabin resting on frames and equipped with leaf springs and brakes
Carrozza per il Trasporto Pubblico (Omnibus/cab) Public Transport Cab (Omnibus/cab)	1800	Una carrozza più lunga trainata da una o due coppie di cavalli, con capacità di trasportare 10 persone A longer carriage pulled by one or Two pairs of horses, with a capacity to carry 10 people

POLITICA E ECONOMIA

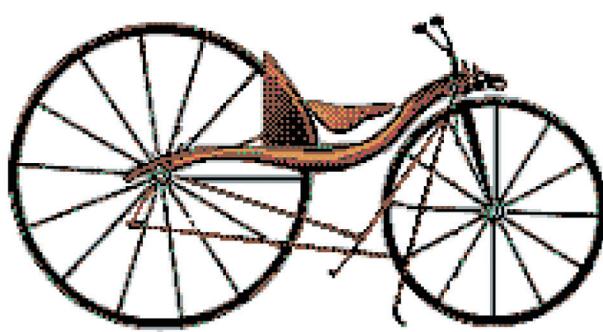


Figura 11 – A sinistra il “celerifero” di Mède DE SIVRAC del 1791; a destra la prima bicicletta dotata di pedali di MACMILLAN del 1839 [13].

Figure 11 – On the left the “celerifero” by Mède DE SIVRAC in 1791; on the right the first bicycle equipped with MACMILLAN pedals in 1839 [13].

veicolo personale più popolare e diffuso al mondo, oltre ad essere diventata uno dei veicoli simbolo della mobilità sostenibile [13] [34] (Fig. 12).

6. La quarta rivoluzione: la trazione a vapore

È sorprendente constatare che dagli albori della civiltà fino all'inizio del XIX secolo gli uomini hanno utilizzato evoluzioni successive delle stesse tecnologie. Per circa 5000 anni, mentre si inventavano le città, le regole sociali, la scrittura, la matematica, la filosofia, la letteratura, la stampa, e tanto altro, gli uomini continuavano a spostarsi con carri a trazione animale e imbarcazioni a vela come i loro antenati delle prime civiltà mesopotamiche. Durante i primi decenni del '800 il motore a vapore, inventato per aumentare la produttività dei telai meccanici all'alba della prima rivoluzione industriale, con un'altra eterogenesi dei fini, venne impiegato per trainare carrelli di materiale estratto dalle miniere. Nel 1804 comparve il treno locomotiva (Fig. 13) [10] adatto a trasportare merci e viaggiatori e risale al 1807 il primo vero battello a vapore (Fig. 13) [4] inventato da James WATT che fu fatto navigare

reduced wheel friction (Tab. 3). In 1791 the “celerifero” was created in France, the first ancestor of the bicycle (Fig. 11), formed by a straight frame that carried two wheels one behind the other: the person got on it legs astride and moved it by pointing his feet to the ground. Its rudimentary form lacked steering, pedals and brakes which will be invented in



Figura 12 – Amsterdam la capitale europea della mobilità sostenibile [41].

Figure 12 – Amsterdam the European capital of sustainable mobility [41].

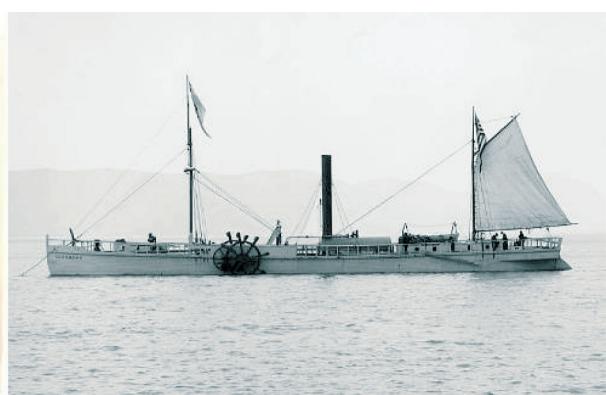
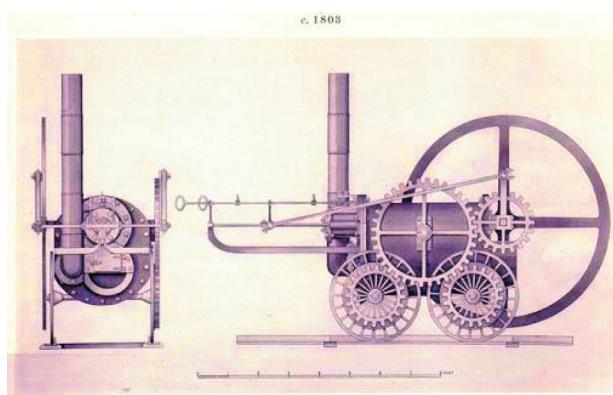


Figura 13 – A sinistra: la prima locomotiva a vapore 1804 [42]. A destra replica del primo battello a vapore (1807) [38].

Figure 13 – Left: the first 1804 steam locomotive [42]. Right, replica of the first steamboat (1807) [38].

POLITICA E ECONOMIA

da R. FULTON lungo il fiume Hudson. Questa rivoluzione, che sostituiva l'energia chimica della combustione del carbone a quella animale e del vento, modificò molto la potenza di trazione e quindi la velocità del trasporto terrestre e marittimo e, con questo modificò completamente le relazioni tra le città, le fabbriche, i porti e fra i continenti. Inizia l'era del carbonio che ci accompagna ancora oggi. La rivoluzione del motore a vapore ha comportato una serie di evoluzioni per il trasporto, ad esempio il treno a vapore è passato in quasi un secolo da una velocità di 3 km/h (con la prima locomotiva a vapore, inventata dall'inglese R. TREVITHICK, nel 1804 in grado di trasportare 70 persone e 10 tonnellate di ferro) ad una velocità di 175 km/h (locomotiva tedesca, nel 1936) [11].

Nel caso delle navi a vapore nel 1819 il primo veliero con propulsione a vapore (il Savannah) attraversò l'Atlantico e nel 1838 iniziò un regolare servizio transoceanico di piroscavi senza vele [12]. L'adozione del ferro nella costruzione e la sostituzione delle pale con l'elica, nel 1843, aprirono l'era dei grandi piroscavi, definiti le città galleggianti¹, ad esempio il Great Eastern, primo grande transatlantico con una potenza stimata di circa 8.000 CV, una lunghezza di 211 m e la capacità di ospitare ben 4000 persone (1854) [43], oppure il transatlantico Rex, orgoglio della marina italiana, con 269 m di lunghezza e una potenza di 140.000 CV in grado di ospitare 2032 passeggeri (1932) [44]. Sicuramente la nave a vapore più celebre è il Titanic (Fig. 14), transatlantico britannico tra i più grandi della storia con una lunghezza di 270 m e una potenza pari a 16.000 CV, naufragato nelle prime ore del 15 aprile 1912, durante il suo viaggio inaugurale, a causa della collisione con un iceberg avvenuta nella notte. L'era dei grandi piroscavi a vapore per il trasporto di persone termina solo con l'avvento dell'aviazione civile (Tab. 4).

La motrice a vapore andò in pensione dopo la Seconda guerra mondiale con l'arrivo dei più piccoli e efficienti motori diesel, e piroscavi ancora funzionanti sopravvivono oggi nelle acque interne a scopo turistico.

La elettrificazione dei trasporti terrestri su rotaia, sia tram che ferrovia, entrambi dagli anni '80 del

¹ Espressione ispirata all'omonimo romanzo di J. VERNE, del 1871, "The Floating City" (una città galleggiante), racconto del suo viaggio nel 1867 nel Great Eastern.

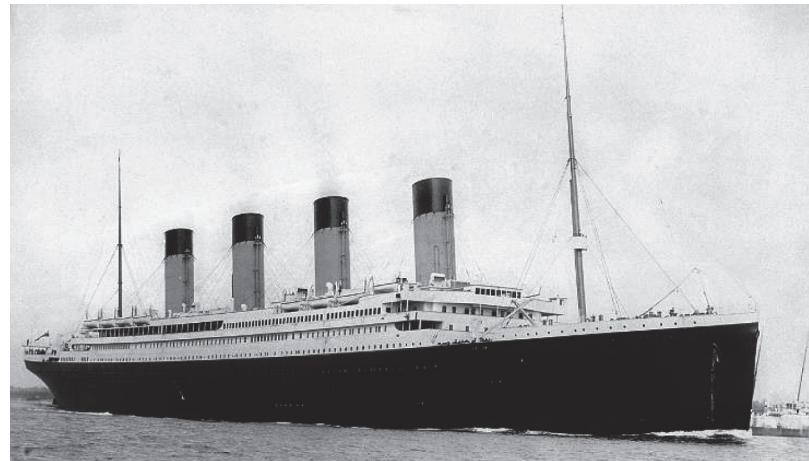


Figura 14 – Titanic: transatlantico britannico alla partenza da Southampton, 10 aprile 1912 [38].

Figure 14 – Titanic: British ocean liner leaving Southampton, 10 April 1912 [38].

its later evolutions. In particular, in 1839, the Scotsman K. MAC MILLAN perfected this invention with the introduction of pedals for the first time, connected with levers to the axles of the initially rear wheel (Fig. 11), and subsequently the front one, with the French blacksmith P. MICHAUX in 1842. The latter, together with his son, was the first to produce the first modern bike with an iron frame, pedals and the largest front wheel in 1861. The evolutions of this vehicle have followed one another slowly but continuously, enjoying great success to the point of developing the first sports competitions such as the "Tour de France" (1903) and in 1909 the first "Giro d'Italia", in the early years of the twentieth century. The bicycle is today the most popular and widespread personal vehicle in the world, as well as having become one of the symbolic vehicles of sustainable mobility [13] [34] (Fig. 12).

Tabella 4 – Table 4

Le evoluzioni seguita dalla rivoluzione del motore a vapore
The evolutions followed by the steam engine revolution

Tipologia Type	Periodo Period	Velocità Speed
Locomotiva a Vapore Steam locomotive	1804	3km/h
Locomotiva a Vapore DR1 Steam locomotive DR1	1936	175 km/h
Battello a Vapore Steamboat	1807	8 km/h
Diligenza a vapore Steam diligence	1825	20 km/h
Grandi Piroscavi Great Steamers	1843	40 km/h

POLITICA E ECONOMIA

XIX secolo, ha rappresentato certamente una evoluzione importante in quanto ha consentito di generare energia per la trazione in un luogo lontano dal veicolo e di trasmetterla a questo via cavo. Inoltre, il motore elettrico ha una maggiore efficienza energetica rispetto al motore a vapore, durante le fasi di discesa e frenature si attivano dei meccanismi in grado di recuperare l'energia.

La diffusione dell'elettricità ha certamente rivoluzionato settori importantissimi della società come quello delle comunicazioni (telegrafo, telefono, radio, etc.) ma la sua applicazione alla trazione elettrica non risponde alla definizione di rivoluzione data in questo articolo. I treni elettrici dal punto di vista funzionale non fornivano prestazioni significativamente diverse da quelli a vapore e le due tecnologie di produzione di energia di trazione hanno convissuto per molti decenni e tuttora convivono con la trazione a combustione interna, né la elettrificazione dei trasporti dalla seconda metà del XIX secolo ha modificato in modo sostanziale le modalità di spostamento di persone e/o cose, anche se alcune evoluzioni della ferrovia elettrica hanno prodotto cambiamenti significativi nella società e nell'economia.

Questo è il caso del trasporto ferroviario passeggeri ad Alta Velocità. Il primo treno ad Alta Velocità nasce in Giappone, nel 1964 Tokaido-Shinkansen, noto anche come il "treno proiettile", tra Tokyo e Osaka, in grado di raggiungere una velocità massima di circa 210 km/h, per questo motivo inizialmente la definizione di Alta Velocità era strettamente legata alla velocità massima che il treno potesse raggiungere. Nel corso degli anni la definizione di Alta Velocità è diventata sempre più articolata tanto che la Commissione Europea promuove a linee ad alta velocità anche linee ferroviarie con velocità più basse rispetto agli standard tradizionali, se interessano delle aree particolarmente di pregio per le quali gli effetti e i benefici che comporterebbe la linea ferroviaria sono paragonabili a quelli dell'Alta Velocità [14]. Dal 1964 ad oggi sono state realizzate linee di Alta Velocità in Europa, Asia, America ed Africa. In Asia è realizzata la rete più estesa al mondo dell'Alta Velocità con 25 mila km in Cina e il Giappone con più di 2.700 km di binari. In Europa tra le reti più estese troviamo quella francese e quella spagnola con circa 3000 km, la Germania con 1700 km e l'Italia con circa 1000 km. Altri Paesi, nel mondo, stanno iniziando ad investire nei servizi ferroviari ad Alta Velocità come ad esempio il Marocco, la Turchia, la Corea del Sud, il Regno Unito, gli Stati Uniti e l'India che ne hanno avviato il processo di realizzazione. Questa tecnologia ha cambiato in tanti paesi, a cominciare dal nostro, il modo di viaggiare, il modo di funzionare dei sistemi di città, passando dalla città metropoli isolata a reti di città (l'alta velocità definita come la Metropolitana d'Italia) [15]. Trecentocinquanta milioni di viaggiatori in 10 anni, 380 milioni di chilometri percorsi e oltre 80 città collegate, nel 2019, con 20 milioni di tonnellate in meno di anidride carbonica emessi in atmosfera fra il 2008 e il 2018, grazie allo shift modale dall'auto privata e dall'aereo verso il treno, mezzo ecologico per eccellenza, questi sono i numeri dell'alta velocità in Italia [15] [16] (Fig. 15).

6. The fourth revolution: steam traction

It is surprising to note that from the dawn of civilisation until the beginning of the nineteenth century, humans have used successive evolutions of the same technologies. For about 5,000 years, while cities, social rules, writing, mathematics, philosophy, literature, printing, and much more were invented, men continued to move with animal-drawn wagons and sailing boats like their ancestors of the early Mesopotamian civilisations. During the first decades of the 19th century the steam engine, invented to increase the productivity of mechanical looms at the dawn of the first industrial revolution, with another heterogenesis of intents, was used to tow trolleys of material extracted from the mines. In 1804 the locomotive train (Fig. 13) [10] suitable for transporting goods and travellers appeared and the first real steamboat (Fig. 13) [4] invented by James WATT, which sailed by R. FULTON along the Hudson River, dates back to 1807. This revolution, which substituted the chemical energy of coal combustion for animal and wind, greatly changed the traction power and therefore the speed of land and sea transport and, with this, completely changed the relations between cities, factories, ports and between continents. The carbon era begins and is still with us today. The steam engine revolution brought about a series of evolutions for transport, for example the steam train has gone from a speed of 3 km/h in almost a century (with the first steam locomotive, invented by the English R. TREVITHICK, in 1804 capable of carrying 70 people and 10 tons of iron) at a speed of 175 km/h (German locomotive, in 1936) [11].

In the case of steamships in 1819 the first steam-powered sailing ship (the Savannah) crossed the Atlantic and in 1838 began a regular transoceanic steamship service without sails [12]. The adoption of iron in construction and replacement of paddles with the propeller, in 1843, opened the era of the great steamers, defined as floating cities¹, for example the Great Eastern, the first large ocean liner with an estimated power of about 8,000 HP, a length of 211 m and the capacity to accommodate 4000 people (1854) [43], or the transatlantic Rex, pride of the Italian navy, with a length of 269 m and a power of 140,000 hp capable of accommodating 2032 passengers (1932) [44]. Surely the most famous steamship is the Titanic (Fig. 14), one of the largest British transatlantic liners in history with a length of 270 m and a power of 16,000 HP, wrecked in the early hours of April 15th, 1912, during her maiden voyage, due to the collision with an iceberg during the night. The era of the great steamers for the transport of people ends only with the advent of civil aviation (Tab. 4).

The steam engine retired after World War II with the arrival of smaller and more efficient diesel engines, and there are still steamers operating today in inland waters for tourism purposes.

¹ Expression inspired by the 1871 novel bearing the same name by Jules VERNE, "The Floating City", the story of his journey in 1867 in the Great Eastern.

POLITICA E ECONOMIA



Figura 15 – Treni ad Alta Velocità Freccia Rossa e Italo [45].

Figure 15 – Red Arrow and Italo High Speed Trains [45].

7. La quinta rivoluzione: la trazione a combustione interna

Fra la fine dell'800 e i primi decenni del '900 il motore a combustione interna e l'utilizzo dei derivati del petrolio ha consentito lo sviluppo dei mezzi di trasporto del tutto innovativi per l'elevato contenuto energetico a parità di peso del petrolio raffinato.

L'origine del motore a scoppio risale alla metà del XIX secolo, quando, in diverse regioni europee, iniziarono i primi esperimenti, nel tentativo di produrre energia meccanica dal calore. In esso il movimento alternato dei pistoni all'interno dei cilindri, veniva trasformato nel moto rotatorio dell'albero motore. Il primo motore funzionante, con una certa regolarità, fu quello di BARSANTI e MATTEUCCI che definì la nascita del motore a scoppio il 5 giugno 1853. Come i primi motori a vapore, anche il motore a scoppio venne inventato per prosciugare le miniere di carbone. Il successo fu immediato. Si potevano così ottenere potenze molto maggiori utilizzando una energia relativamente leggera. Questa innovazione, secondo la più volte citata eterogenesi dei fini, ha reso possibile lo sviluppo di mezzi di trasporto che potevano muoversi autonomamente per molto tempo e di peso ridotto; ha consentito la invenzione dell'automobile, degli autobus e dell'autocarro, una vera rivoluzione nell'economia e nella società.

La disponibilità di motori con potenze relative elevate e carburanti a elevatissimo contenuto energetico consente la nascita dell'automobile, che dopo circa 5000 anni sostituiva il carro e la carrozza come mezzo di spostamento di una o poche persone. La diffusione dell'automobile è un chiaro esempio di "super additività", infatti l'automobile combina una tecnologia preesistente (la carrozza) con un motore a combustione interna che non sostituisce solo la trazione animale ma aggiunge prestazioni e possibilità. La storia dell'auto inizia nel 1886, con la prima auto nella storia capace di spostarsi su strada sfruttando la potenza di un 'quattro tempi' a combustione interna alimentato a

The electrification of land transport by rail, both trams and railways, both from the 1980s of the 19th century, certainly represented an important evolution as power for traction could be generated in a place far from the vehicle and transmit it to the latter via cable. Furthermore, the electric motor has a greater energy efficiency than the steam engine, during the descent and braking phases, mechanisms capable of recovering energy are activated.

The diffusion of electricity has certainly revolutionised very important sectors of society such as communications (telegraph, telephone, radio, etc.) but its application to electric traction does not meet the definition of revolution given in this article. Functionally, electric trains did not provide significantly different performance from steam trains and the two traction energy production technologies coexisted for many decades and still coexist with internal combustion traction, nor has the electrification of transport from the second half of the nineteenth century substantially changed the way people and/or things move, even if some evolutions of the electric railway have produced significant changes in society and in economy.

This is the case with High-Speed passenger rail transport. The first High-Speed train saw the light in Japan, in 1964 Tokaido-Shinkansen, also known as the "bullet train", between Tokyo and Osaka, capable of reaching a maximum speed of about 210 km/h, for this reason initially the definition of High Speed was closely linked to the maximum speed that the train could reach. Over the years, the definition of High Speed has become increasingly articulated, so much so that the European Commission also promotes railway lines with lower speeds than traditional standards to high-speed lines, if they concern particularly valuable areas for which the effects and the benefits that the railway line would bring are comparable to those of High Speed [14]. High-speed lines have been built in Europe, Asia, America and Africa since 1964 to date. The largest high-speed network in the world is built in Asia with 25,000 km in China and Japan with more than 2,700 km of tracks. In Europe, among the most extensive networks there are the French and Spanish ones with about 3000 km, Germany with 1700 km and Italy with about 1000 km. Other countries around the world are starting to invest in high-speed rail services such as Morocco, Turkey, South Korea, the United Kingdom, the United States and India, which have started the process of implementation. This technology has changed in many countries, starting with ours, the way of travelling, the way city systems work, passing from the isolated metropolis city to city networks (high speed defined as Italy's Metro) [15]. Three hundred and fifty million travellers in 10 years, 380 million kilometres travelled and over

POLITICA E ECONOMIA

benzina, brevettata dall'ingegnere meccanico K. BENZ (Fig. 17). Dopo qualche anno, nel 1892, Rudolf Diesel brevettò il motore "Diesel", simile al motore a scoppio ma senza candele. Questi motori, grazie alla loro straordinaria potenza, vennero montati sui grandi camion ed installati su macchinari pesanti. Durante le due guerre mondiali, la produzione dei motori raggiunse livelli mai visti. Se ne realizzarono di ogni tipo e dimensioni per camion, carri armati, navi ed aerei.

L'automobile ha rivoluzionato l'intera struttura della società e dell'economia. La produzione fordista², la motorizzazione di massa (negli Stati Uniti già prima della seconda guerra mondiale circolavano 26 milioni di autovetture [17]) hanno creato un settore industriale, che oggi chiamiamo automotive, che a livello globale vale circa 1870 miliardi di dollari all'anno³, [46] la modifica dei comportamenti di mobilità e degli stili di vita (si pensi solo alla crescita del turismo centrato sull'automobile), una modifica dell'uso del territorio senza precedenti nella storia della civiltà. L'ampliamento della dimensione delle città e la riduzione della densità, o *urban sprawl* [18] [19], la localizzazione di attività commerciali e di consumo, l'industria dell'intrattenimento, tutte hanno ruotato intorno alla motorizzazione di massa che ha pervaso il mondo occidentale dal dopoguerra e che si sta rapidamente diffondendo in Cina e in altri Paesi BRICS (Fig. 16).

² Nel 1908 Henry FORD lancia la sua Ford "modello T", dando il via alla costruzione in serie di automobili e inaugurando la nascita di un nuovo sistema di produzione.

³ 2019.

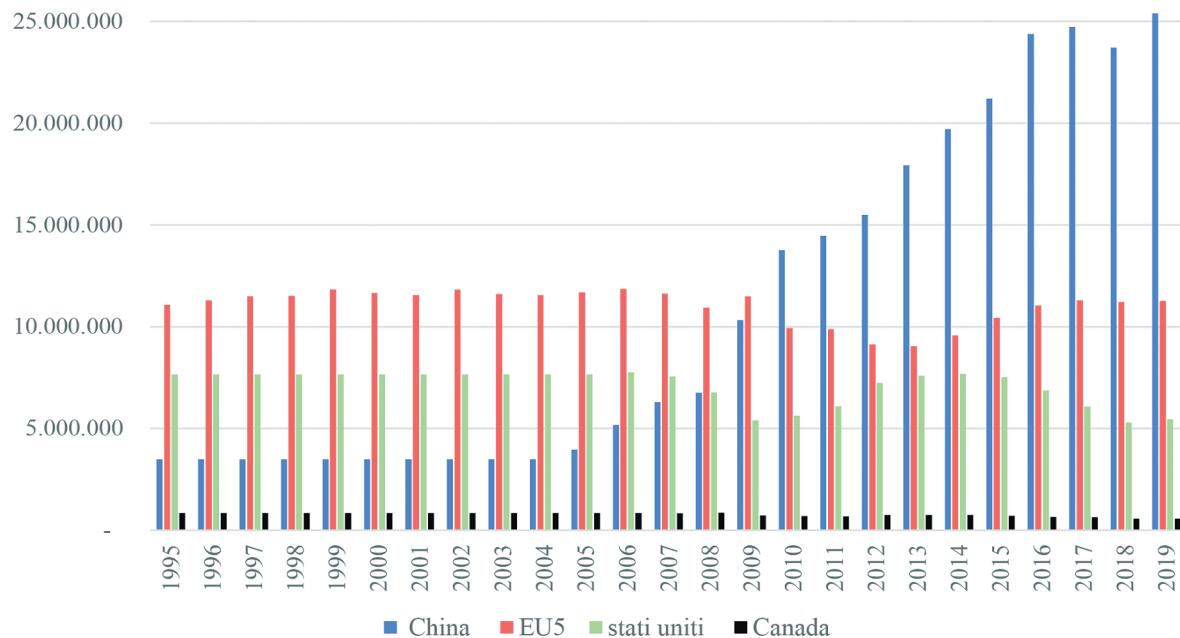


Figura 16 – Numero di auto immatricolate dal 1995 al 2019 (elaborazioni a partire da OECD.Stat).
Figure 16 – Number of cars registered from 1995 to 2019 (processing starting from OECD.Stat).

POLITICA E ECONOMIA



Figura 17 – A Sinistra: la prima auto a combustione interna brevettata nel 1886 dall'ingegnere meccanico K. BENZ. A destra: il primo autobus a motore De Dion Bouton, 1897 [46] [48].

Figure 17 – Left: the first internal combustion car patented in 1886 by the mechanical engineer K. BENZ. Right: the first De Dion-Bouton motor bus, 1897 [46] [48].

Infatti, come si può osservare dalla Fig. 16, mentre il numero di immatricolazione di auto nei 5 principali paesi europei (Italia, Francia, Germania, Spagna ed Inghilterra) si riduce dal 2009 ad oggi, in Cina l'andamento è l'opposto, aumento di auto immatricolate di circa il 12% annuo dal 2009 ad oggi.

La rivoluzione del motore combustione interna ha comportato delle importanti evoluzioni anche nel trasporto pubblico terrestre. Risale al 1897 il primo autobus a motore, il De Dion-Bouton, mentre in Italia il primo autobus fu costruito dalla Fiat nel 1906 (Fig. 17) [47].

Per quanto esistano tentativi per far muovere autonomamente dei veicoli per trasporto merce tramite dei motori a vapore già nella seconda metà del XVIII secolo, quello che può essere definito il primo autocarro della storia vide la luce nel 1896 (Fig. 18). Costruito dalla Daimler-Motoren-Gesellschaft, si può notare che il progetto iniziale era derivato dai carri del tempo, semplicemente eliminando la parte anteriore destinata all'aggancio degli animali da traino e con il montaggio tra gli assi delle ruote di un motore bicilindrico da circa 2.200 cm³ che sviluppava 6 CV di potenza e riusciva a spingere il veicolo alla velocità di 16 km/h.

Ben presto l'estetica, seguendo di pari passo l'evoluzione delle autovetture, migliorò con l'adozione di una carrozzeria chiusa che proteggeva il guidatore, con il motore che venne posizionato davanti all'abitacolo ed il moto che veniva trasferito alle ruote tramite una catena. Un'altra miglioria importante riguardò il passaggio alle ruote in gomma piena e alla presenza della prima diversificazione dei vani di carico, ora anche chiusi. Nei primi due decenni del XX secolo l'importanza del camion aumentò sempre

it allowed the invention of the car, buses and trucks, a real revolution in the economy and society.

The availability of engines with high relative powers and fuels with a very high energy content allowed the birth of the car, which after about 5000 years replaced the wagon and the carriage as a means of moving one person or a few people. The history of the car begins in 1886, with the first car in history capable of travelling on the road using the power of a petrol-fuelled internal combustion 'four-stroke' engine, patented by the mechanical engineer Karl Benz (Fig. 17). After a few years, in 1892, Rudolf Diesel patented the "Diesel" engine, similar to the internal combustion engine but without spark plugs. Thanks to their extraordinary power, these engines, were mounted on large trucks and installed on heavy machinery. During the two world wars, engine production reached unprecedented levels. All kinds and sizes for trucks, tanks, ships and planes were made.

The car has revolutionised the entire structure of society and economy. Fordist production², mass motorisation (26 million cars were already in circulation in the United States before the Second World War [17]) created an industrial sector, which today we call automotive, which is worth globally about 1870 billion dollars a year³, [46] modification of mobility behaviours and lifestyles (just think of the growth of car-centred tourism), a modification of land use unprecedented in the history of civilisation. The expansion of the size of cities and the reduction of density, or urban sprawl [18] [19], the localisation of commercial and consumer ac-

² In 1908 Henry Ford launched his Ford "Model T", kicking off the mass production of automobiles and ushering in the birth of a new production system.

³ 2019.

POLITICA E ECONOMIA

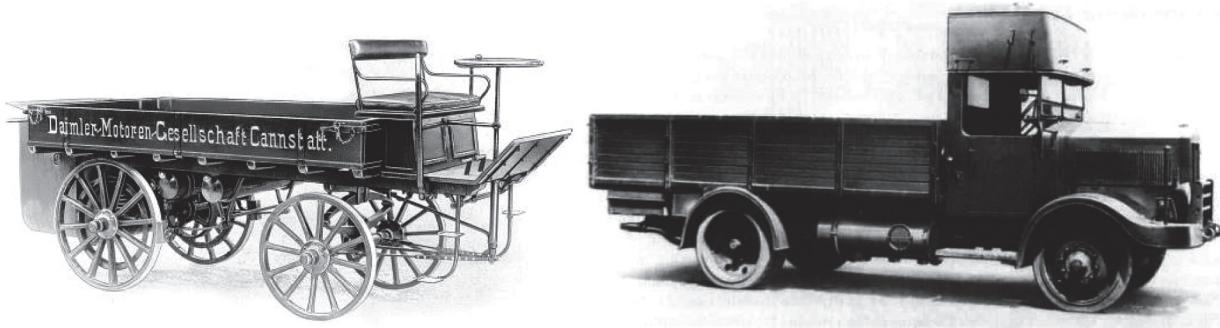


Figura 18 – A sinistra il primo autocarro costruito dalla Daimler-Motoren-Gesellschaft nel 1896. A destra i camion FIAT [49] [50].

Figure 18 – On the left, the first truck built by Daimler-Motoren-Gesellschaft in 1896. On the right the FIAT trucks [49] [50].

più, diversi costruttori si immisero sul mercato, come ad esempio la Fiat (Fig. 18).

Nel secondo dopoguerra si tornò nuovamente a progettare automezzi per uso civile e si videro uscire sul mercato sempre più camion forniti di motore diesel ad iniezione diretta, un passo avanti notevole nel campo dell'efficienza.

Si susseguono fino ad oggi in maniera continua le evoluzioni tecnologiche dei veicoli e dei motori a combustione interna. Sino agli anni '60/70 del secolo scorso l'evoluzione si concentrava sulla fabbricazione di motori più potenti e con minori spese di produzione. Si standardizza la produzione per ridurre i costi e rendere le automobili accessibili a fasce sempre più ampie della popolazione (la Ford T e il modello fordista), si amplia la gamma dei veicoli disponibili (dalle utilitarie alle grandi sedan) (Fig. 19). La sempre crescente attenzione alle problematiche ambientali ha spinto l'evoluzione tecnologica dei motori verso un'altra direzione, introducendo standard emissivi sempre più stringenti e sistemi di controllo delle emissioni sempre più efficienti.

activities, the entertainment industry, have all revolved around mass motorisation that has pervaded the Western world since the war and which is rapidly spreading in China and other BRICS countries (Fig. 16).

In fact, as can be seen from Fig. 16, while the number of car registrations in the 5 main European countries (Italy, France, Germany, Spain and England) has decreased from 2009 to today, in China the trend is the opposite, an increase of cars by about 12% per year registered from 2009 to today.

The internal combustion engine revolution has also brought about important evolutions in land public transport. The first motorised bus, the De Dion-Bouton, dates back to 1897, while in Italy the first bus was built by Fiat in 1906 (Fig. 17) [47].

Although there are attempts to make goods transport vehicles move autonomously by means of steam engines already in the second half of the 18th century, what can be defined as the first truck in history saw the light in 1896 (Fig. 18). Built by Daimler-Motoren-Gesellschaft, we can observe that the initial design was derived from the wagons of the time, simply by

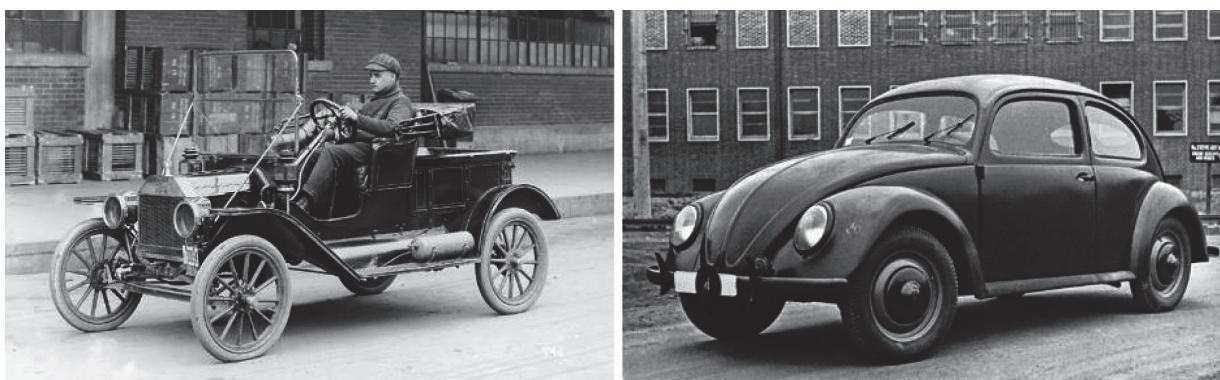


Figura 19 – A sinistra Henry Ford lancia la sua FORD "modello T", [51] 1908. A destra Volkswagen Maggiolino del 1946 [52].

Figure 19 – On the left Henry Ford launches his FORD "Model T", [51] 1908. Right 1946 Volkswagen Beetle [52].

POLITICA E ECONOMIA



Figura 20 – A sinistra la Speed Twin della Triumph, 1937 [53]. A destra Vespa MP46 Piaggio del 1946 [54].
Figure 20 – On the left, the Triumph Speed Twin, 1937 [53]. On the right Vespa MP46 Piaggio of 1946 [54].

Una traiettoria tecnologica molto simile a quella dell'automobile è stata seguita per il trasporto motorizzato a due ruote. Applicando il motore a scoppio alla bicicletta si sono sviluppati motoveicoli delle tipologie più disparate che hanno contribuito ad ampliare la platea di accesso alla motorizzazione di massa sia per reddito che per età (Fig. 20).

La rivoluzione del motore combustione interna ha consentito la nascita dell'aereo e le enormi evoluzioni dal primo biplano dei fratelli WRIGHT (1903) ai moderni jet di linea (Fig. 21). Durante il XX secolo si è assistito ad un enorme sviluppo tecnologico, in particolare, durante il secondo conflitto mondiale con la realizzazione del "motore a reazione", passando in pochi anni dai primi motori a scoppio, ai nuovi e più potenti propulsori. Il primo jet effettivamente realizzato, fu il prototipo segreto Heinkel He 178 (Fig. 21), che volò per la prima volta, il 27 agosto 1939, mentre già nel 1941, fece il primo volo l'ME 262 (Fig. 22), che ancora oggi viene considerato il primo caccia della storia con motore a getto, ad entrare in servizio

eliminating the front part intended for pulling animals and with the assembly between the axles of the wheels of a two-cylinder engine of about 2,200 cm³ which developed 6 HP of power and was able to drive the vehicle at a speed of 16 km/h.

Following the evolution of cars hand in hand, soon the aesthetics improved with the adoption of a closed bodywork that protected the driver, with the engine that was positioned in front of the passenger compartment and the motion that was transferred to the wheels by means of a chain. Another important improvement concerned the transition to solid rubber wheels and the presence of the first diversification of the load compartments, now also closed. In the first two decades of the twentieth century the importance of the truck increased more and more, several manufacturers entered the market, such as Fiat (Fig. 18).

After the Second World War, there was once again a return to the design of vehicles for civil use and more and more trucks equipped with direct injection diesel engines came out on the market, a significant step forward in the field of efficiency.

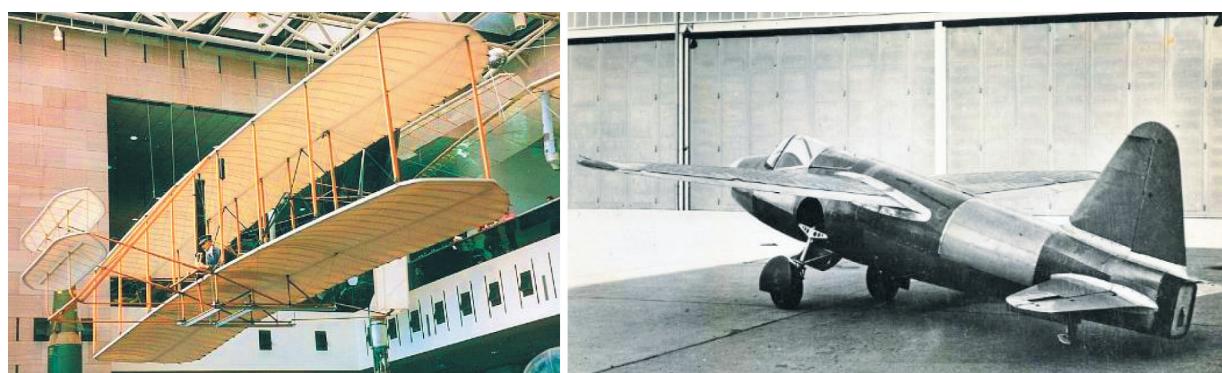


Figura 21 – A sinistra: primo biplano dei fratelli WRIGHT [50]. A destra: Il primo jet realizzato [55] [56].
Figure 21 – Left: first biplane of the WRIGHT brothers [50]. Right: The first jet manufactured [55] [56].

POLITICA E ECONOMIA



Figura 22 – A sinistra: il primo caccia della storia [50]. A destra: l'aereo a reazione Bell X-1 che riuscì a superare la velocità del suono per la prima volta [56].

Figure 22 – Left: the first fighter in history [50]. Right: The Bell X-1 jet plane that managed to exceed the speed of sound for the first time [56].

operativo ed il primo caccia bireattore. Poco dopo, il 14 ottobre del 1947, l'uomo con l'aereo a reazione Bell X-1 (Fig. 22) riuscì a superare la velocità del suono per la prima volta, raggiungendo la velocità di 1078 Km/h, alla quota di 12.000 metri, equivalenti a 1,015 volte la velocità del suono.

Negli anni appena successivi alla Seconda guerra mondiale, i voli commerciali di linea utilizzavano spesso bombardieri o aerei adibiti originariamente al trasporto merci, e adattati al traffico passeggeri. In particolare, due fattori ne limitarono la diffusione: costavano moltissimo, ed erano fondamentalmente scomodi. Infatti, gli interni erano poco curati, e il viaggio era spesso problematico perché i motori a pistone e l'assenza di un sistema di presurizzazione della cabina impedivano di volare al di sopra delle nuvole, ed evitare così i fenomeni meteorologici come i temporali. Nel luglio del 1949, in un paese a 40 chilometri a nord di Londra, l'azienda aeronautica britannica de Havilland presentò il suo primo aereo di linea, il "Comet" (Fig. 23), un aereo rivoluzionario, che introdusse novità importanti nel design degli aerei, riconosciute ancora oggi. Ma i problemi strutturali che hanno portato a inci-

Up to now, the technological evolutions of vehicles and internal combustion engines follow one another continuously. Up until the 1960s/70s, the evolution focused on the manufacture of more powerful engines with lower production costs. Production is standardised to reduce costs and make cars accessible to increasingly larger segments of the population (the Ford T and the Fordist model), and the range of vehicles available (from small cars to large sedans) expanded (Fig. 19). The ever-increasing attention to environmental issues has pushed the technological evolution of engines in another direction, introducing increasingly stringent emission standards and increasingly efficient emission control systems.

A technological trajectory very similar to that of the car was followed for two-wheeled motorised transport. By applying the internal combustion engine to bicycles, the most disparate types of motor vehicles were developed which have contributed to broadening the access to mass motorisation both in terms of income and age (Fig. 20).

The revolution of the internal combustion engine allowed the birth of the airplane and the enormous evolutions from the first biplane of the WRIGHT brothers (1903) to the



Figura 23 – A sinistra: il primo jet commerciale: il "Comet" [56]. A destra: il primo jet commerciale prodotto dalla Boeing "Dash 80" [38].

Figure 23 – Left: the first commercial jet: the "Comet" [56]. Right: the first commercial jet produced by Boeing "Dash 80" [38].

POLITICA E ECONOMIA

denti catastrofici hanno messo a terra la cometa e l'entusiasmo per il jet commerciale. Nel 1952 la Boeing, con la costruzione il pionieristico 367-80, soprannominato "Dash 80" (Fig. 23), ha "scommesso la compagnia" su una visione secondo la quale il futuro dell'aviazione commerciale erano i jet. Al fine di contrastare il nervosismo pubblico, la strategia di Boeing [57] era quella di utilizzare il prototipo Dash 80 per la stampa e i voli dei clienti e una campagna pubblicitaria diretta al pubblico, sottolineando il comfort e la sicurezza dei viaggi aerei. Il prototipo Dash 80 ha portato al "Boeing 707" commerciale, il più celebre ancora oggi tra i modelli di aeroplano. In soli due anni, il 707 ha contribuito a cambiare il modo in cui il mondo viaggiava. I viaggi in aereo eclissarono i viaggi in treno e in mare per le percorrenze medio-lunghe.

Anche nel trasporto marittimo la disponibilità di motori con grandi potenze ha innescato una rapidissima evoluzione del trasporto di persone e merci. I primi esempi di Motonave, ovvero nave mercantile, da carico secco sia da passeggeri o mista, con apparato motore a combustione interna, risalgono agli inizi del '900. Un piccolo motore diesel era stato utilizzato per azionare una barca sul canale francese Marna-Reno 1903. Negli anni successivi in Russia furono costruite barche più grandi a motore diesel, utilizzate principalmente sul fiume Volga. Nel 1910, la petroliera a diesel Vulcanus è stata costruita nei Paesi Bassi, ma ha suscitato poca attenzione. Forse la prima nave mercantile oceanica diesel al mondo è stata la motonave Selandia, varata a Copenaghen nel 1911 dai cantieri Burmeister & Wain [58], entrò in servizio per la Compagnia dell'Asia orientale il 22 febbraio 1912, quando iniziò un viaggio da Copenaghen [58] a Bangkok via Genova. Con una lunghezza di 370 piedi e una larghezza di 53 piedi. I due motori da 1.250 cavalli della Selandia garantivano una velocità di crociera di 12 nodi. L'ingresso della Selandia ha cambiato il paesaggio. Ha dimostrato la praticità dei motori diesel sulle grandi navi e ha segnato la fine dell'era delle navi a vapore. Mentre le navi a vapore continuavano a essere costruite in gran numero fino alla metà del XX secolo, l'uso di motori diesel sulle navi oceaniche era chiaramente in aumento e alla fine divenne dominante [58].

Infatti, il motore diesel, nelle sue varie versioni ed allestimenti, si è progressivamente affermato come motore principale per la propulsione navale fino quasi al monopolio, sostituendo specialmente su navi di elevate dimensioni, dove ancora negli anni '70 veniva largamente utilizzata la turbina a vapore [20]. I riflessi delle crisi energetiche, unitamente alla crescita tecnologica del diesel (che ne ha elevato la competitività rispetto alla turbina a vapore, in particolare, permettendone l'alimentazione con combustibili di qualità scadente [20]), hanno reso conveniente l'adozione di questo tipo di motore su larghissima parte della flotta navigante.

Anche nel caso delle navi da crociera, motonavi di medie-grosse dimensioni utilizzate per viaggi a fini

modern jet airliners (Fig. 21). During the twentieth century there was an enormous technological development, in particular, during the Second World War with the creation of the "jet engine", passing in a few years from the first internal combustion engines to new and more powerful engines. The first jet actually built was the secret prototype Heinkel He 178 (Fig. 21), which flew for the first time, on 27 August 1939, while already in 1941, the ME 262 flew for the first time (Fig. 22), which is still considered the first fighter in history with jet engine, to enter operational service and the first twin jet fighter. Shortly after, on 14 October 1947, the man with the Bell X-1 jet plane (Fig. 22) managed to exceed the speed of sound for the first time, reaching the speed of 1078 km/h, at an altitude of 12,000 metres, equivalent to 1.015 times the speed of sound.

In the years just after the Second World War, commercial scheduled flights often used bombers or planes originally used for freight transport and adapted to passenger traffic. In particular, two factors limited their diffusion: they were very expensive, and they were fundamentally inconvenient. In fact, the interiors were poorly finished, and the journey was often problematic because the piston engines and the absence of a cabin pressurisation system prevented flying above the clouds, and thus avoiding meteorological phenomena such as thunderstorms. In July 1949, in a town 40 kilometres north of London, the British aeronautical company de Havilland presented its first airliner, the "Comet" (Fig. 23), a revolutionary aircraft, which introduced important innovations in aircraft design, still recognised today. But the structural problems that led to catastrophic accidents grounded the comet and the enthusiasm for the commercial jet. In 1952 Boeing, with the construction of the pioneering 367-80, nicknamed "Dash 80" (Fig. 23), "bet the company" on a vision according to which the future of commercial aviation was jets. In order to counter public nervousness, Boeing's strategy [57] was to use the Dash 80 prototype for the press and customer flights and a direct publicity campaign, emphasising the comfort and safety of air travel. The Dash 80 prototype led to the commercial "Boeing 707", the most famous airplane model still today. In just two years, the 707 helped change the way the world travelled. Air travel eclipsed train and sea travel for medium-long distances.

Also in maritime transport, the availability of engines with great powers triggered a very rapid evolution in the transport of people and goods. The first examples of dry cargo Motor vessel, or merchant ship, both for passengers or mixed, with internal combustion engine, date back to the early 1900s. A small diesel engine had been used to power a boat on the French Marne-Rhine canal in 1903. In later years, larger diesel-powered boats were built in Russia, mainly used on the Volga River. In 1910, the Vulcanus diesel tanker was built in the Netherlands, but it attracted little attention. Perhaps the world's first diesel ocean-going merchant ship was the motor ship Selandia, launched in Copenaghen in 1911 by the Burmeister & Wain [58] shipyards, it began service for the East Asian Company on 22 February 1912, when it began a voyage from Copenaghen

POLITICA E ECONOMIA



Figura 24 – A sinistra: la motonave Selandia, Bangkok 1912 [38], a destra: Harmony of the seas, Royal Caribbean International, la più grande nave da crociera operativa ad oggi [31] [59].

Figure 24 – Left: the motor ship Selandia, Bangkok 1912 [38], right: Harmony of the seas, Royal Caribbean International, the largest cruise ship in operation to date [31] [59].

turistici e ricreativi che traggono origine dai grandi Transatlantici destinati al trasporto passeggeri. Le prime crociere commerciali furono organizzate dalla HAPAG di A. BALLIN che nel 1891 iniziò un servizio periodico e regolare di viaggi in nave esplicitamente ricreativi. Esse subirono un arresto durante le due guerre mondiali. Ma fu a seguito della Seconda guerra mondiale che si ebbe un'intensa ripresa dell'attività della navigazione ed un continuo sviluppo grazie a degli armatori privati quali: i GRIMALDI, i LAURO, i COSTA, i COSULICH. Ad oggi la Harmony of the seas (Royal Caribbean International) è la più grande nave da crociera al mondo, con una lunghezza di 362,12 m, una velocità max di 25 nodi e la capacità di ospitare ben 5496 passeggeri [21] (Fig. 24).

In conclusione, la società è stata profondamente modificata dalla rivoluzione dei motori a combustione interna e dal petrolio, ma più in generale degli idrocarburi come principale fonte di energia per i trasporti. La mobilità individuale così come la struttura delle città, lo sviluppo di navi sempre più grandi e veloci, lo sviluppo dell'aviazione civile e la possibilità di rendere accessibili parti del territorio morfologicamente inaccessibili (Tab. 5). Tutto è stato profondamente e rapidamente modificato. Si può affermare che l'ultimo secolo è stato il secolo del petrolio.

[58] to Bangkok via Genoa. With a length of 370 feet and a width of 53 feet. The two Selandia 1,250 horsepower engines guaranteed a cruising speed of 12 knots. The entry of Selandia changed the landscape. It demonstrated the practical-

Tabella 5 – Table 5

Le evoluzioni seguita dalla rivoluzione del motore a scoppio
The evolutions followed by the steam engine revolution

Tipologia Type	Periodo Period	Prestazioni Performance
Prima auto (Karl Benz) First car (Karl Benz)	1886	16 km/h
Ford "modello T" (prima auto in serie) Ford "model T" (first mass-produced car)	1908	(13 litri per 100 km) (13 litres per 100 km)
Autocarro Lorry	1896	16 km/h
Autobus Buses	1895	15 km/h
Aeroplano Airplane	1903	16 km/h
Battello con motore Diesel Boat with Diesel engine	1903	22 km/h (12 nodi) 22 km/h (12 knots)
Navi Diesel Diesel ships	1910	37 km/h (20 nodi) 37 km/h (20 knots)
Treno Diesel Diesel train	1912	96 km/h
Autocarro e Autobus con motore Diesel Truck and Bus with Diesel engine	1927	90 km/h
Automobile con motore Diesel Automobile with Diesel engine	1936	95 km/h (10 litri per 100 km) 95 km/h (10 litres per 100 km)
Jet	1939	755 km/h
Jet commerciale Commercial jet	1954	885 km/h

POLITICA E ECONOMIA



Figura 25 – Operazione di carico manuale della merce sul mercantile [23].

Figure 25 – Manual loading of the goods on the merchant ship [23].

8. La sesta rivoluzione: la logistica del container

Nella seconda metà del '900, la rivoluzione del trasporto delle merci e della logistica basata sul Container e iniziata nel trasporto marittimo e in pochi decenni ha modificato profondamente il costo del trasporto delle merci, soprattutto via mare. Una rivoluzione a "basso contenuto tecnologico", che, riducendo il costo di un fattore di dieci, ha modificato di conseguenza gli assetti economici e geopolitici del mondo dando il via al fenomeno che conosciamo come globalizzazione [22], motivo per cui oggi è conveniente produrre una mascherina sanitaria di pochi centesimi in Cina e usarla in Europa. Anche per la sesta rivoluzione dei trasporti si può parlare di eterogenesi dei fini. Fino agli anni '50 dello scorso secolo, le merci erano stivate su pallet, in grossi sacchi, in scatoloni, e venivano spostati su e giù dalla nave manualmente (Fig. 25) al limite con qualche piccola gru, ma tale procedimento poteva richiedere anche settimane, così che la nave rimaneva in porto, improduttiva. Negli anni '40 il Ministero della Difesa USA introduce i transporter, contenitori in acciaio per approvvigionare le truppe durante la Seconda Guerra Mondiale. Nel 1952 per la guerra in Corea si introducono i conex (acronimo di container express), prima spedizione effettuata tra San Francisco e Yokohama. Nel 1967, durante la guerra in Vietnam il Ministero della Difesa USA modificò le dimensioni dei conex introducendo la sezione trasversale a pianta quadrata di lato pari a 8 piedi e lunghezza multipla di 10 piedi (Fig. 26).

ity of diesel engines on large ships and marked the end of the steamship era. While steamships continued to be built in large numbers until the mid-20th century, the use of diesel engines on ocean-going vessels was clearly on the rise and eventually became dominant [58].

In fact, the diesel engine, in its various versions and configurations, gradually established itself as the main engine for naval propulsion up to almost the monopoly, replacing especially on large ships, where the steam turbine was still widely used in the 1970s [20]. The effects of the energy crises, together with the technological growth of diesel (which has increased its competitiveness compared to the steam turbine, in particular, allowing it to be powered with poor quality fuels [20]), made it convenient to adopt this type of engine on a very large part of the sailing fleet.

Also, in the case of cruise ships, medium-large sized motor vessels used for travel for tourist and recreational purposes that originate from large ocean liners intended for passenger transport. The first commercial cruises were organised by A. BALLIN'S HAPAG which in 1891 began a periodic and regular service of explicitly recreational ship travel. They were stopped during the two world wars. But it was after the Second World War that there was an intense resumption of navigation activity and a continuous development thanks to private owners such as: the GRIMALDI, the LAURO, the COSTA and the COSULICHS. To date, the Harmony of the seas (Royal Caribbean International) is the largest cruise ship in the world, with a length of 362.12 m, a maximum speed of 25 knots and the capacity to accommodate 5496 passengers [21] (Fig. 24).

In conclusion, society has been profoundly changed by the internal combustion engine revolution and by oil, but more generally by hydrocarbons as the main source of energy for transport. Individual mobility as well as the structure of cities, the development of increasingly larger and faster ships, the development of civil aviation and the possibility of making morphologically inaccessible parts of the territory accessible.



Figura 26 – A sinistra: i conex (acronimo di container express), A destra l'evoluzione del container a pianta quadrata [23].

Figure 26 – On the left: the conex (acronym for container express), On the right the evolution of the container with a square plan [23].

POLITICA E ECONOMIA

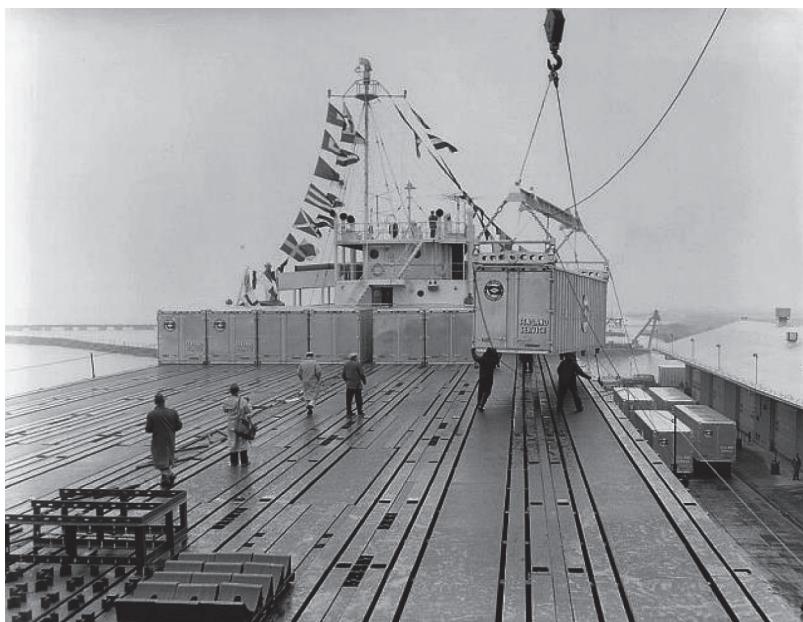


Figura 27 – Viaggio inaugurale della prima nave portacontainer, 26 aprile 1956 [60].

Figure 27 – Maiden voyage of the first container ship, 26 April 1956 [60].

Nel 1950 Malcolm McLEAN (1913-2001), titolare di un'impresa di autotrasporti, è l'autore dell'intuizione che ha rivoluzionato il mondo intero dei trasporti. Egli semplicemente pensò che sarebbe stato molto più semplice se si fosse potuto staccare il cassone o rimorchio del camion e caricarlo direttamente sulla nave: da lì nasce il container, che non è altro che uno scatolone di metallo ondulato, con misure e attacchi standardizzati, che ha permesso una sostanziale riduzione dei costi di trasporto.

Nell'aprile del 1966 partì il primo servizio marittimo containerizzato che collegava New York a Rotterdam [23] (Fig. 27). Esistono diverse tipologie di container, sia per misure che per tecnologie. Il più diffuso tra i container è il container standard ISO (*International Organization for Standardization*), le cui misure sono state stabilite in sede internazionale nel 1967, con lunghezze standard rispettivamente di 20 e di 40 piedi, TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*) e FEU (*Forty-foot Equivalent Unit*).

In base alle caratteristiche delle merci da movimentare, sono disponibili i container flat rack, per carichi che eccedono in altezza e in larghezza, sono sprovvisti di pareti laterali e dotati invece di due sponde terminali fisse o reclinabili, questi ultimi possono trasformarsi in platform, ovvero piattaforme adatte ai carichi ingombranti. Il container open top è sprovvisto di un tetto rigido in modo da consentire i carichi dall'alto o in caso di carichi che eccedono in altezza, è poi coperto da un telone protettivo. In caso di merce deperibile, i container reefer sono in grado di mantenere una temperatura costante poiché dotati di impianti frigorifero collegati ad apposite colonnine sia in

ble (Tab. 5). Everything was profoundly and quickly changed. It can be said that the last century was the oil century.

8. The sixth revolution: container logistics

In the second half of the 20th century, the revolution of freight transport and logistics based on the container began in maritime transport and in a few decades, it profoundly changed the cost of transporting goods, especially by sea. A revolution with "low technological content", which, by reducing the cost by a factor of ten, consequently changed the economic and geopolitical assets of the world, giving way to the phenomenon we know as globalisation [22], which is why today it is convenient to produce a sanitary mask for a few pennies in China and use it in Europe. Also, for the sixth transport revolution we can speak of heterogenesis of intents. Until the 50s of the last century, goods were crammed on pallets, in large bags, in cartons, and were moved up

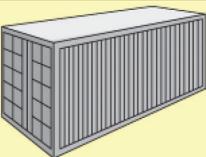
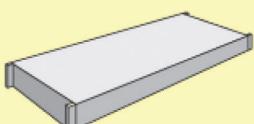
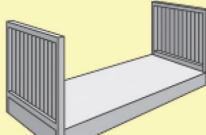
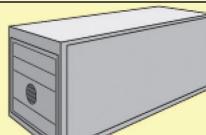
and down the ship manually (Fig. 25) to the limit with some small cranes, but this process could take weeks, so that the ship remained unproductive in the harbour. In the 1940s the US Ministry of Defence introduced transporters, steel containers to supply troops during the Second World War. In 1952, for the war in Korea, conexes (acronym for container express) were introduced, the first shipment between San Francisco and Yokohama. In 1967, during the Vietnam War, the US Ministry of Defence modified the dimensions of the conexes by introducing the cross section with a square plan of 8 feet and a multiple length of 10 feet (Fig. 26).

In 1950 Malcolm McLean (1913-2001), owner of a trucking company, is the author of the intuition that revolutionised the entire world of transport. He simply thought that it would have been much simpler if one could detach the body or trailer of the truck and load it directly onto the ship: from there the container was created, which is nothing more than a corrugated metal box, with standardised measures and connections, that has allowed a substantial reduction in transport costs.

In April 1966 the first containerised maritime service started linking New York to Rotterdam [23] (Fig. 27). There are different types of containers, both in terms of size and technology. The most common of containers is the ISO (International Organisation for Standardisation) standard container, whose measurements were established internationally in 1967, with standard lengths of 20 and 40 feet respectively, TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) and FEU (Forty-foot Equivalent Unit). According to the characteristics of the goods to be handled, flat rack containers are available, for loads exceeding in height and

POLITICA E ECONOMIA

Tabella 6 – Table 6

Tipologia Type	Tipologia Container Container Type	Caratteristiche Features
Container Standard Standard container		Chiusi o ventilati, adatti al trasporto di merci in generale, disponibili nelle dimensioni ISO 20', 40' o high cube <i>Closed or ventilated, suitable for the transport of goods in general, available in ISO 20', 40' or high cube sizes</i>
Plat Form		Per colli ingombranti che possono essere esposti alle intemperie, disponibili nelle dimensioni ISO 20', 40' <i>For bulky packages that can be exposed to bad weather, available in ISO 20', 40' sizes</i>
Open Top		Merce che eccede in altezza, coperti da un telone protettivo, disponibili nelle dimensioni ISO 20', 40' <i>Goods exceeding in height, covered by a protective tarpaulin, available in ISO 20', 40' sizes</i>
Flat Rack		Per merce fuori sagoma e carichi eccezionali, disponibili nelle dimensioni ISO 20', 40' <i>For oversized goods and exceptional loads, available in ISO 20', 40' sizes</i>
Refeer		Dotati di impianto frigorifero, disponibili nelle dimensioni ISO 20', 40' <i>Equipped with refrigeration system, available in ISO 20', 40' sizes</i>
Tank		Cisterne per il trasporto di merce liquida, disponibili nelle dimensioni ISO 20', 40' <i>Tanks for the transport of liquid goods, available in ISO 20', 40' sizes</i>

viaggio che nei terminal portuali. Per i materiali liquidi, destinati all'industria farmaceutica, chimica o alimentare, esistono i Tank, ovvero delle cisterne iscritte in un telaio avente dimensioni e caratteristiche strutturali tipiche di un container ISO (Tab. 6).

La rivoluzione del container ha profondamente modificato il trasporto delle merci. I concetti di standardizzazione e riduzione dei costi sono la chiave del suo successo, infatti sapendo che la stessa misura di container è utilizzata in tutto il mondo, ogni porto e terminal può adottare lo stesso tipo di gru, spostare allo stesso modo ogni container da una nave a una chiatte, a un tir, a un treno sapendo che questi avranno dei supporti adatti ad ospitarli

width, without side walls and instead equipped with two fixed or reclining end sides, the latter can be transformed into platform suitable for bulky loads. The open top container is not provided with a rigid roof in order to allow loads from above or in case of loads exceeding in height, it is then covered by a protective tarpaulin. In the case of perishable goods, the reefer containers are able to maintain a constant temperature since they are equipped with refrigeration systems connected to special columns both during the journey and in the port terminals. For liquid materials, intended for the pharmaceutical, chemical or food industry, there are Tanks, that is, tanks within a frame with sizes and structural characteristics typical of an ISO container (Tab. 6).

POLITICA E ECONOMIA

senza problemi di misurazione o di adattatori. Semplicemente, i container permettono di velocizzare in maniera esponenziale il processo di carico e scarico, riducendo il tempo di attesa di una nave in porto e i costi del trasporto stesso. Basti pensare che nel 1960, cioè quando ancora il container non era pienamente diffuso, quasi la metà dei costi sostenuti per trasportare un camion di medicinali dagli Stati Uniti alla Francia era generata dalle attività portuali [24]. Per cui una nave che faceva la rotta atlantica tra il 1950 e il 1970 vedeva raddoppiare l'incidenza dei costi portuali sui costi totali di servizio, a causa dell'incremento dei tempi di sosta in porto [25]. Dopo circa quindici anni dalla comparsa delle prime navi portacontainer, i costi delle movimentazioni delle merci

si sono ridotti di oltre il 60% [26] (Fig. 29). L'evoluzione del container comporta un'evoluzione del naviglio (riassunta nella Tab. 7) che in un'ottica di economia di scala producono una concentrazione dei flussi e una diminuzione dei costi unitari di trasporto. In Fig. 28 è riportato il costo di trasferimento di un container da 40' sulle tre principali rotte continentali Est-Ovest all'aumentare delle capacità del naviglio.

Il fenomeno del gigantismo navale, negli ultimi 15 anni, ha portato a una crescita esponenziale della capacità e delle dimensioni delle navi portacontainer che frequen-

Tabella 7 – Table 7

L'evoluzione del Naviglio
The evolution of the Ship

Tipologia Type	Periodo Period	Prestazioni Performance
General Cargo	1956	15 nodi; 135-200m; < 800 TEU
Navi Cellulari Mobile Ships	1968	15 nodi; 215m; 1000-2500 TEU
Panamax	1980	250-290m; 3000-4000 TEU
Post Panamax	1988	275-305m; 4000-5000 TEU
Post Panamax Plus	2000	350 m; 6000-9000 TEU
Super post Panamax	2006	400 m; >11000 TEU
VLCS	2006	11000 – 15000 TEU
ULCS	2013	18000 – 21000 TEU
New Generation	2020	24000 TEU

The container revolution has profoundly changed the transport of goods. The concepts of standardisation and cost reduction are the key to its success, in fact knowing that the same container size is used all over the world, every port and terminal can adopt the same type of crane, move every container in the same way from one to another ship to a barge, to a truck, to a train knowing that these will have suitable supports to accommodate them without problems of measurement or adapters. Simply, containers allow you to exponentially speed up the loading and unloading process, reducing the waiting time for a ship in port and the costs of trans-

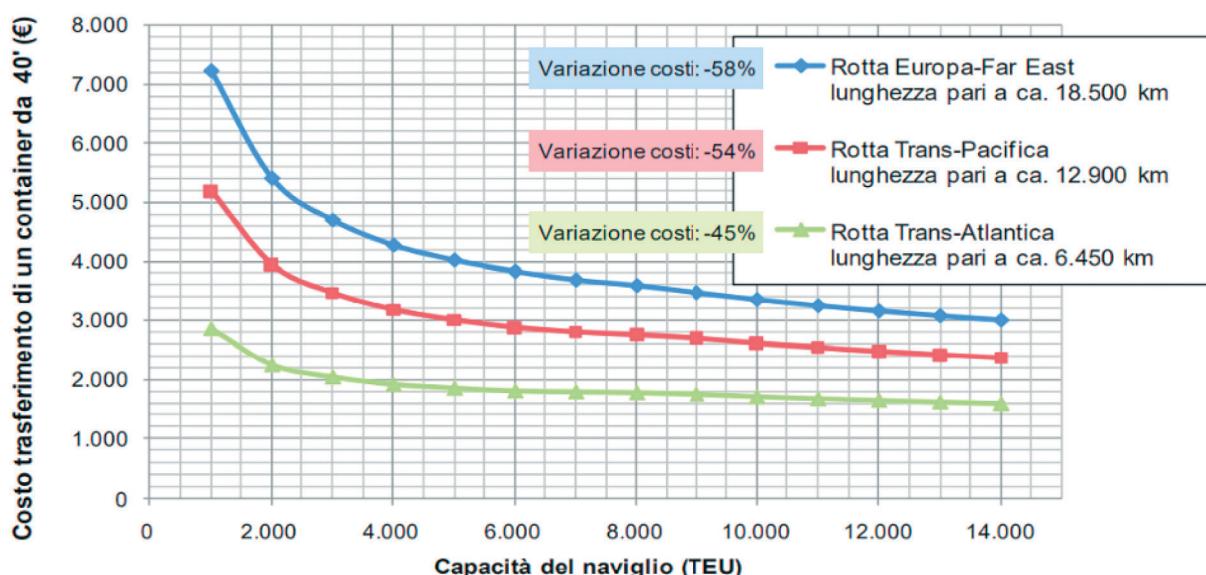


Figura 28 – Economie di scala generate da navi portacontainer sulle tre principali rotte continentali Est- Ovest [23][27][28].
Figure 28 – Economies of scale generated by container ships on the three main East-West continental routes [23][27][28].

POLITICA E ECONOMIA

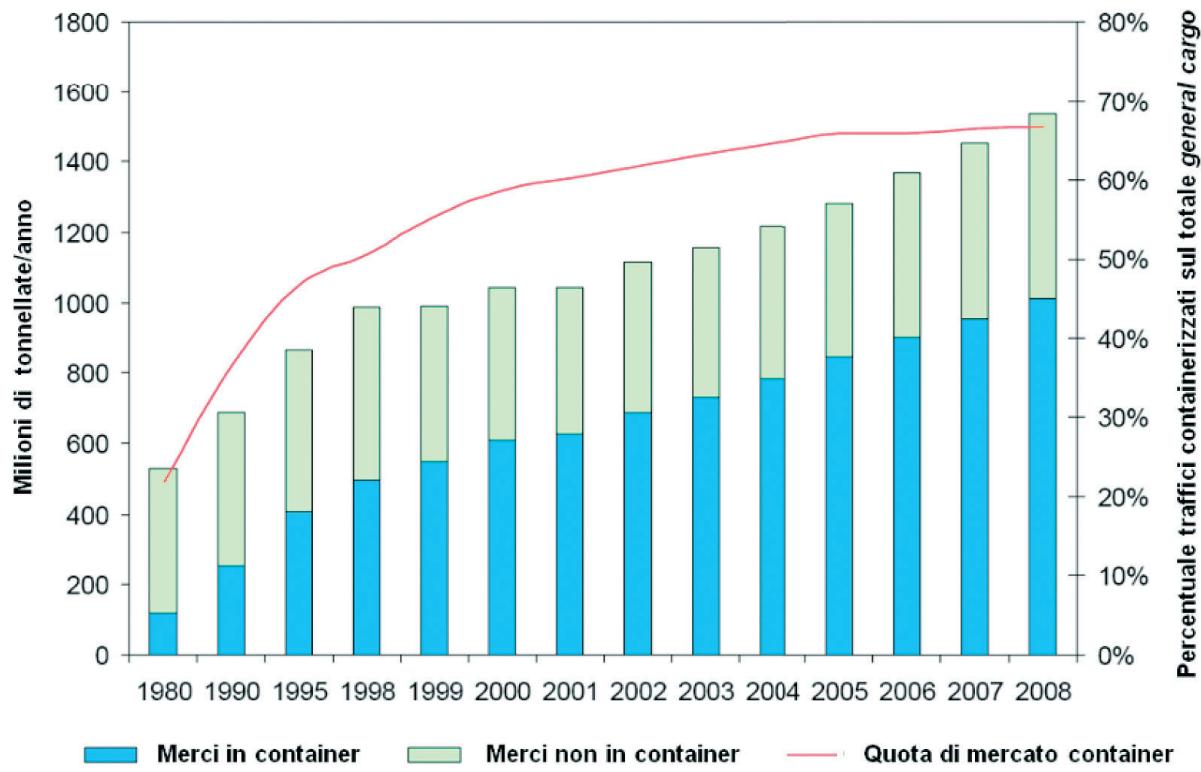


Figura 29 – Penetrazione del container nel mercato del trasporto marittimo 1980-2008 [23].

Figure 29 – Container penetration in the maritime transport market 1980-2008 [23].

tano gli scali marittimi mondiali. Conventionalmente, l'inizio di questo fenomeno viene fatto risalire al 2006, anno della nave portacontainer Emma Maersk, avente una capacità di 11,000 TEUs. Oggi, la più grande nave in circolazione, HMM (Fig. 30), ha una capacità di stivaggio che sfiora le 24,000 TEUs, con un aumento del 118% in soli 14 anni.

Lo sviluppo del gigantismo determina una serie di conseguenze che stanno interessando il mondo della por-

port itself. Just think that in 1960, that is, when the container was not yet fully widespread, almost half of the costs incurred to transport a truck of medicines from the United States to France were generated by port activities [24]. Therefore, a ship that sailed on the Atlantic route between 1950 and 1970 saw a doubling of the incidence of port costs on total service costs, due to the increase in the time spent in the port [25]. About fifteen years after the appearance of the first container ships, the costs of handling goods have dropped by more than



Figura 30 – A sinistra: MSC Gulsun da 23750 TEU, 2019 [38]. A destra: nuova portacontainer da 24.000 Teu [61].

Figure 30 – Left: 23750 TEU MSC Gulsun, 2019 [38], Right: new 24,000 Teu container ship [61].

POLITICA E ECONOMIA

tualità. Avere navi con dimensioni maggiori comporta la necessità di avere moli più estesi, gru con braccia più lunghe, fondali dei porti più profondi. Insomma, il fenomeno non interessa esclusivamente il mondo armatoriale, ma influenza tutti i passaggi della catena logistica, dal trasporto della merce dal punto di partenza alla destinazione finale, porti compresi. Sono proprio alcuni anelli di questa catena a porre limiti oggettivi alla crescita delle dimensioni delle navi, almeno per quanto riguarda il futuro prossimo. I porti sono stati costretti a ingrandirsi e a investire rapidamente in infrastrutture per far fronte alle nuove dimensioni delle navi e preservare la competitività dello scalo; di fatti un porto incapace di ospitare mega-navi diviene un porto a rischio di essere emarginato negli schemi commerciali di tipo deep-sea. Inoltre, l'introduzione di mega-navi impone nuove sfide alla sincronizzazione delle funzioni portuali in termini di operazioni a terra e di trasferimento verso l'hinterland. Ciò ha generato effetti senza precedenti, quali l'aumento di terminali portuali dedicati a specifiche linee di navigazione, col fine di garantirne un più agevole trasferimento di merci mare-terra. Nel mondo nel 2020 sono state movimentate complessivamente circa 811 milioni di TEUs [29] [62] [63]. Attualmente il porto più grande del mondo è quello di Shanghai in Cina (Fig. 32), con 42 milioni di TEU transiti nel 2018, mentre in Europa è forte il complesso del Northern Range cui fanno capo dieci porti, di questi, Rotterdam da solo, movimenta circa 14,5 milioni di TEUs (2018) annui.

Ma la logistica del container [63] non si limita al trasporto marittimo, le casse mobili ed i semirimorchi sono una unità di trasporto intermodale molto diffusa in ambito terrestre (Fig. 33). Il trasporto ferroviario delle merci (Fig. 34) è stato il primo indiscusso protagonista della rivoluzione dei trasporti terrestri, prima di cedere il passo alla motorizzazione su gomma a partire dagli inizi del XX secolo. A differenza del trasporto stradale, per il quale le problematiche di standardizzazione sono di fatto minime, sono numerose le caratteristiche tecniche del trasporto ferroviario che necessiterebbero di normative di armonizzazione. Questo è solo uno dei motivi del sottoutilizzo della rete ferroviaria per il trasporto delle merci rispetto alla rete stradale. Ad oggi a livello europeo, il trasporto ferroviario produce 411,8 miliardi di tonnellate chilometro contro 1.830,9 del trasporto stradale, il 22,5%; situazione ancora più sbilanciata in Italia, dove a fronte di una produzione del trasporto stradale è di 112,6 miliardi di t*km, la produzione del trasporto ferroviario è 22,7 miliardi di t*km, il 20,2% [15]. Negli ultimi anni, uno degli obiettivi europei è proprio quello di aumentare il trasporto delle merci su ferrovie; il libro Bianco della UE prevedono il trasferimento del 30% del trasporto di merci su strada su ferrovie entro il 2030, e di più del 50% entro il 2050. A tal fine il Regolamento UE n. 1315/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio sugli orientamenti della rete transeuropea di trasporto (TEN-T) definisce la struttura a doppio strato della rete europea, i requisiti e gli standard prestazionali infrastrutturali e gli

60% [26] (Fig. 29). The evolution of the container involves an evolution of shipping (summarised in Tab. 7) which, from an economy-of-scale perspective, produce a concentration of flows and a decrease in unit transport costs. Fig. 28 shows the cost of transferring a 40' container on the three main continental East-West routes as the ship's capacities increase.

Over the last 15 years, the phenomenon of naval gigantism, has led to an exponential growth in the capacity and size of container ships that move around the world's seaports. Conventionally, the beginning of this phenomenon is traced back to 2006, the year of the container ship Emma Maersk, with a capacity of 11,000 TEUs. Today, the largest ship in circulation, HMM (Fig. 30), has a stowage capacity of nearly 24,000 TEUs, an increase of 118% in just 14 years.

The development of gigantism determines a series of consequences that are affecting the world of ports. Having larger ships implies the need to have larger piers, cranes with longer arms, and deeper port bottoms. In short, the phenomenon does not exclusively affect the shipping world, but affects all the steps in the logistics chain, from the transport of goods from the point of departure to the final destination, including ports. It is precisely some links in this chain that place objective limits on the growth in the size of ships, at least for the foreseeable future. Ports have been forced to expand and rapidly invest in infrastructure to cope with the new size of ships and preserve the competitiveness of the port; in fact, a port unable to host mega-ships becomes a port at risk of being marginalised in deep-sea commercial schemes. Furthermore, the introduction of mega-ships imposes new challenges to the synchronisation of port functions in terms of ground operations and transfer to the hinterland. This has generated unprecedented effects, such as the increase in port terminals dedicated to specific shipping lines, with the aim of guaranteeing an easier transfer of sea-land goods. Around 811 million TEUs were handled in the world in 2020 [29] [62] [63]. Currently the largest port in the world is that of Shanghai in China (Fig. 32), with 42 million TEU transited in 2018, while in Europe the Northern Range complex is strong, which includes ten ports, of these, Rotterdam alone, handles about 14.5 million TEUs (2018) per year.

But container logistics [63] are not limited to maritime transport, swap bodies and semi-trailers are a very widespread intermodal transport unit on land (Fig. 33). Rail freight transport (Fig. 34) was the first undisputed protagonist of the land transport revolution, before giving way to road motorisation at the beginning of the twentieth century. Unlike road transport, for which standardisation problems are in fact minimal, there are many technical characteristics of rail transport that would require harmonisation regulations. This is just one of the reasons for the under-utilisation of the rail network for freight transport compared to the road network. To date, at a European level, rail transport produces 411.8 billion ton kilometres against 1,830.9 for road transport, 22.5%; a situation that is even more unbalanced in Italy, where compared to a production of road transport is 112.6 billion t* km, the production of rail transport is 22.7 billion t* km, 20.2% [15]. In recent years, one of the European objectives is precisely to increase the transport of goods on railways; the EU White Paper provides for

POLITICA E ECONOMIA



Figura 31 – Le caratteristiche del Treno Europeo Merci.
Figure 31 – The characteristics of the European Freight Train.



Figura 32 – Porto di Shanghai [64].
Figure 32 – Port of Shanghai [64].



Figura 33 – Unità di trasporto intermodale alternative al container: cassa mobile (sinistra) e semirimorchio (destra).
Figure 33 – Intermodal transport units alternative to the container: swap body (left) and semi-trailer (right).

standard per il così detto TEM (Treno Europeo Merci) (Fig. 31).

9. Conclusioni

Nella prima parte di questo lavoro si è proposta una lettura della storia delle innovazioni dei sistemi di

the transfer of 30% of road freight transport to railways by 2030, and more than 50% by 2050. To this end, the EU Regulation no. 1315/2013 of the European Parliament and of the Council on the guidelines of the trans-European transport network (TEN-T) defines the double layer structure of the European network, the requirements and the infrastructural performance standards and the standards for the so-called EFT (European Freight Train) (Fig. 31).

POLITICA E ECONOMIA

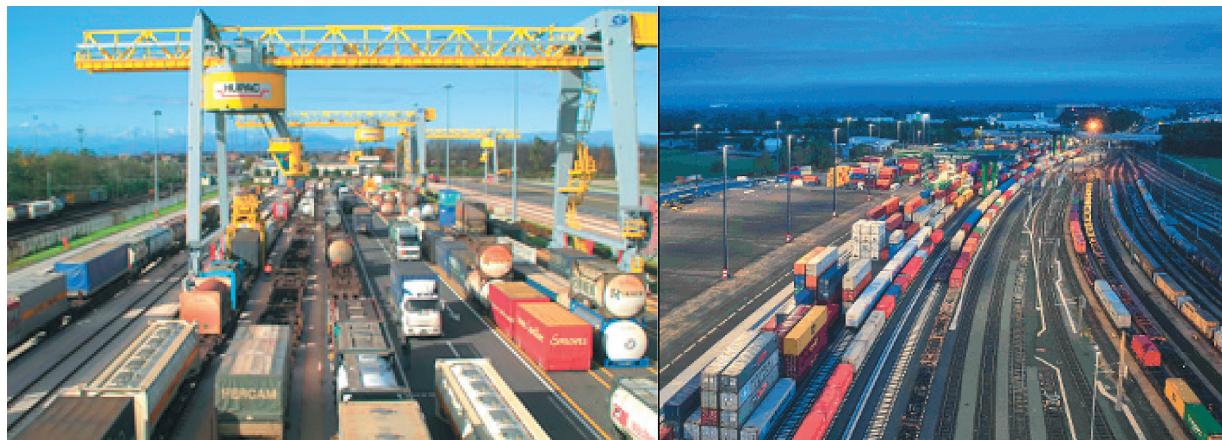


Figura 34 – Sinistra: Il terminal ferroviario di Hupac Gallarate [65] a destra il terminal ferroviario merci austriaco di Wolfurt [66].

Figure 34 – Left: The railway terminal of Hupac Gallarate [65] on the right the Austrian railway freight terminal of Wolfurt [66].

trasporto di persone e cose che si basa sulla ipotesi che le velocità e le modalità di cambiamento siano diverse in momenti diversi. Si propone una distinzione fra innovazioni rapide e modificative degli assetti, rivoluzioni, e innovazioni che seguono un processo di miglioramento continuo delle tecnologie disponibili, migliorando le prestazioni ma non in modo tale da incidere sugli assetti socio economici di quel momento, evoluzioni. Questo approccio, simile a quello della teoria degli equilibri puntuaggiati [1] proposto per la evoluzione delle specie biologiche o delle rivoluzioni del pensiero scientifico [1], assume che le rivoluzioni siano separate da evoluzioni che proseguono anche dopo che si sia verificata una rivoluzione successiva (la ruota è ancora oggi oggetto di evoluzione tecnologica). Si propongono sei rivoluzioni tecnologiche corrispondenti alla trazione animale, la navigazione a vela, la ruota, la trazione a vapore, la trazione a combustione interna, la logistica del container, e si descrivono le principali evoluzioni da esse generate. La Fig. 35 propone una rappresentazione grafica delle diverse rivoluzioni e delle principali evoluzioni ad esse seguite.

Inoltre, nell'articolo si individuano alcune caratteristiche che accomunano molte rivoluzioni come il fatto che derivino da innovazioni concepite con altre finalità (eterogenesi dei fini) o che utilizzino le tecnologie ed i sistemi sviluppati in rivoluzioni precedenti (struttura additiva) ma modificandone significativamente le prestazioni (super additività).

9. Conclusions

In the first part of this work, a reading of the history of innovations in the transport systems of people and things was proposed which is based on the hypothesis that the speeds and modalities of change are different at different times. A distinction is proposed between rapid and modifying innovations of the assets, revolutions, and innovations that follow a process of continuous improvement of the available technologies, improving performance but not in such a way as to affect the socio-economic assets of that moment, evolutions. This approach, similar to that of the theory of punctuated equilibria [1] proposed for the evolution of biological species or the revolutions of scientific thought, [1] assumes that revolutions are separated by evolutions that continue even after a subsequent revolution has occurred (the wheel is still today the subject of technological evolution). Six technological revolutions are proposed corresponding to animal traction, sailing, the wheel, steam traction, internal combustion traction, container logistics, and the main evolutions generated by them are described. Fig. 35 proposes a graphic representation of the various revolutions and the main evolutions that followed.

Furthermore, the article identifies some characteristics that many revolutions have in common such as the fact that they derive from innovations conceived with other purposes (heterogenesis of ends) or that they use technologies and systems developed in previous revolutions (additive structure) but significantly modifying their performance.

POLITICA E ECONOMIA

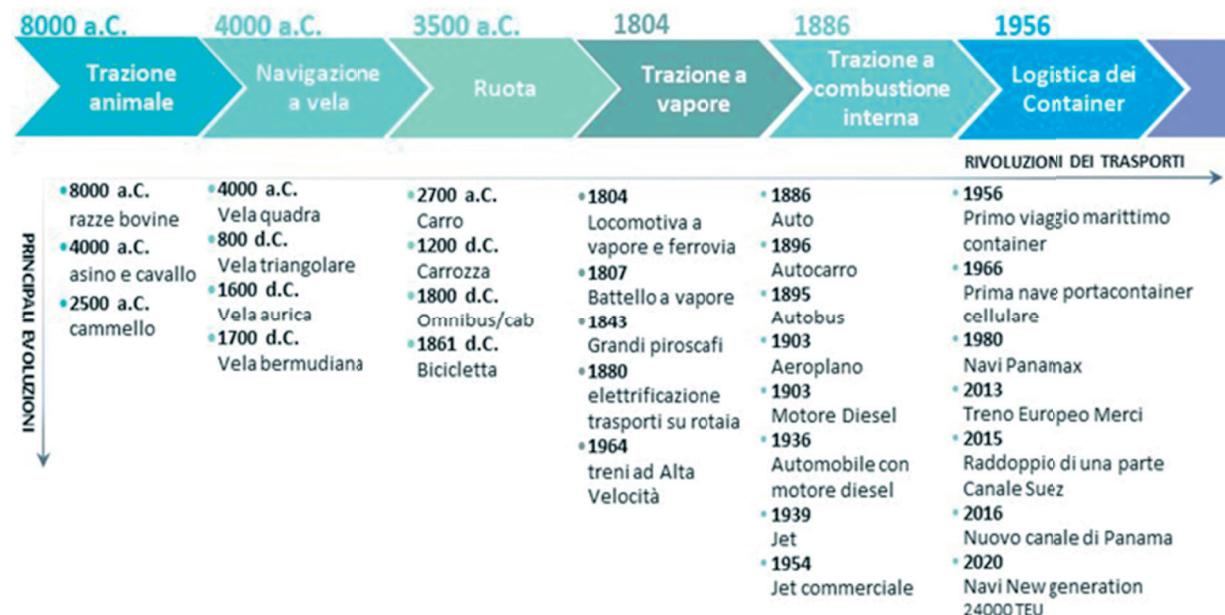


Figura 35 – Timeline delle sei rivoluzioni e delle evoluzioni principali della storia dei trasporti dall'8000 a.C. ad oggi.

Figure 35 – Timeline of the six major revolutions and evolutions in the history of transport from 8000 b.C. to today.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] GOULD S.J., ELDREDGE N. (1977), "Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered", in *Paleobiology* 3(2): 115-151.
- [2] KUHN T. (1970), "The structure of scientific revolutions". International Encyclopaedia Of Unified Science.
- [3] GILBERT R., PEARL A. (2010), "Transport Revolutions: Moving People and Freight Without Oil".
- [4] Enciclopedia Zanichelli 1995: dizionario encicopedico di arti, scienze, tecniche, lettere, filosofia, storia, geografia, diritto, economia, Zanichelli editore.
- [5] DIAMOND J. (1997), "Armi, acciaio e malattie. Breve storia degli ultimi tredicimila anni", collane "Saggi" n. 821 - "Super ET", Einaudi.
- [6] HARARI Y.N. (2015), "Sapiens Da animali a dei. Breve storia dell'umanità". Bompiani.
- [7] CASSON L. (1951), "Speed under sail of ancient ships, *Transactions of the American Philological Association*", The Johns Hopkins University Press, Vol. 82 (1951), pp. 136-148.
- [8] PIGGOTT S. (1978), "Antiquity depicted: aspects of archeological illustration". Thames and Hudson.
- [9] FRANKFORT H. (1954), "The Art and Architecture of the Ancient Orient". New York, Morgan Library.
- [10] BURTON A. (2000), "Richard Trevithick: Giant of Steam", London, Aurum Press.
- [11] BERGSTEINER L. (2005), "175 km/h mit Dampf. 70 Jahre Henschel-Wegmann-Zug", in LOK MAGAZIN, n. 283/annata 44/2005, pp. 68-72. Gera Nova Zeitschriftenverlag GmbH, München.
- [12] MORRISON J. H. (1903), "History of American Steam Navigation", reprinted in 2008 by Read Books.
- [13] CAMARILLO J.A.C. (2014), "Historia de la Bicicleta Origen de la Bicicleta Celerífero Biciclos", Universidad Autonoma de Cd. Juarez.
- [14] EC/European Commission (1996), Directive 96/48/EC, Appendix 1.
- [15] CASCETTA E. (2019), "Perché TAV? Risultati, prospettive e rischi di un Progetto Paese", Editore Il Sole 24 ore.
- [16] CASCETTA E., CARTENI A., HENKE I., PAGLIARA F. (2020), "Economic growth, transport accessibility and regional equity impacts of high-speed railways in Italy: ten years ex post evaluation and future perspectives", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 139, pp. 412-428.
- [17] Highway Statistics Summary To 1995, Federal Highway Administration, United States Department of Transportation (2019).
- [18] NECHYBA T. J., WALSH R. P. (2004), "Urban sprawl", *Journal of economic perspectives*, 18(4), 177-200.
- [19] VAN METRE P. C., MAHLER B. J., FURLONG E. T. (2000), "Urban sprawl leaves its PAH signature". *Environmental Science & Technology*, 34(19), 4064-4070.

POLITICA E ECONOMIA

- [20] LANDRI G., PACIOLLA A., QUARANTA F. (1989), "Combustibili e lubrificanti per motori diesel marini: problematiche, normative, sperimentazioni", La Termotecnica.
- [21] PERU I. D. (2020), "Analysis of the world cruise industry". In DIEM: Dubrovnik International Economic Meeting (Vol. 5, No. 1, pp. 89-100). Sveuilište u Dubrovniku.
- [22] DONOVAN A., BONNEY J. (2006), "The Box That Changed the World: Fifty Years of Container Shipping" - An Illustrated History, Ubm Global Trade.
- [23] CASCETTA E. (2011), "L'era del Container: shipping, logistica e globalizzazione", presentazione al convegno bicentenario scuola ingegneria di Napoli.
- [24] American Association of Port Authority data reported by EYRE J.L., The Box, Levinson.
- [25] KAUKIAINEN Y. (2006), "Journey Costs, Terminal Costs and Ocean Tramp Freights: How the Price of Distance Declined from the 1870 to 2000", International Journal of Maritime History, a. XVIII, 2, 17-64.
- [26] DAVIS T. (2008), "Big Ships – Small Crews", Ships Monthly.
- [27] CULLINANE K., KHANNA M. (2000), "Economies of scale in large containerships: optimal size and geographical implications". Journal of transport geography, 8(3), 181-195.
- [28] COYLE W., HALL W., BALLENGER N. (2001), "Transportation technology and the rising share of US perishable food trade". Changing Structure of Global Food Consumption and Trade, 31-40.
- [29] UNCTAD (2020), "Review of Maritime Transport 2020" (United Nations publication. Sales No. E.19.II.D.20. New York and Geneva).
- [30] Viaggi news: <https://www.viagginews.com>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [31] Vitantica.net (2018): <https://www.vitantica.net/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [32] Velavventura (2016): "Storia della vela" <https://www.velavventura.com/storia-della-vela/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [33] Primo Bergamo, <https://primobergamo.it/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [34] Enciclopedia Treccani: <https://www.treccani.it/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [35] Google Arts & Culture: <https://artsandculture.google.com>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [36] Coming soon: <https://www.comingsoon.it/film/ben-hur>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [37] Musée des transports urbains de France (2015), <https://amtuir.org/>, ultimo accesso 2021.
- [38] Wikimedia: <https://commons.wikimedia.org/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [39] Catherine's Cultural Wednesdays, <https://www.culturalwednesday.co.uk/royal-mews-buckingham-palace/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [40] AgenPet, <https://www.agenpet.it/> ultimo accesso gennaio 2021.
- [41] Tours-tickets: <https://www.tours-tickets.com/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [42] Meteo web: <http://www.meteoweb.eu/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [43] The great ocean liners: www.thegreatoceanliners.com/greateastern.html, ultimo accesso gennaio 2021.
- [44] Rex :www.rex-mk.si/, ultimo accesso gennaio 2021.
- [45] Key 4 biz: <https://www.key4biz.it/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [46] Ansa.it: https://www.ansa.it/canale_motori/notizie/, ultimo accesso gennaio 2021.
- [47] Focus: <https://www.focus.it/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [48] Pinterest: <https://www.pinterest.fr>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [49] Camion e furgoni mag: <http://www.camionefurgonimag.com>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [50] Italie 1935 – 1944: <http://www.italie1935-44> ultimo accesso gennaio 2021.
- [51] Tg24: <https://tg24.sky.it/>, ultimo accesso febbraio 2021.
- [52] Retrovisore: <http://www.retrovisore.it/>, ultimo accesso febbraio 2021.
- [53] triumph: <https://www.triumphmotorcycles.it/>, ultimo accesso febbraio 2021.
- [54] Sport Fair.it: <https://www.sportfair.it/foto/2019/03/accadde-oggi-29-marzo-1946-piaggio-presenta-mitica-vespa/905724/>, ultimo accesso febbraio 2021.
- [55] Il Post: <https://www.ilpost.it/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [56] Boeing: <http://www.boeing.com/history/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [57] Mobil box: <https://www.mobilbox.co.uk/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [58] Shipping Italy: <https://www.shippingitaly.it>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [59] Competitività dei porti italiani in Europa e nel Mediterraneo: <https://contshipitalia.com>, ultimo accesso febbraio 2021.
- [60] Giannicristiani.com: <https://giannicristiani.com/>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [61] Varese news: <https://www.varesenews.it/2012/01>, ultimo accesso gennaio 2021.
- [62] InforMare: <http://www.isr.informare.it>, ultimo accesso gennaio 2021.