



Politecnico di Torino

DIPARTIMENTO DI ING. MECCANICA E AEROSPAZIALE

Corso di Laurea in Ing. Aerospaziale

TESI DI LAUREA

Analisi del settore del trasporto aereo

Rappresentazione grafica

Candidato:

Leva Daniele

Matricola 244681

Relatore:

Prof. Torchiano Marco

Indice

I	Introduzione	5
0.1	Introduzione	7
0.2	Tecniche di lavoro e strumenti utilizzati	8
II	Analisi e design dei dati	9
1	Situazione trasporti aerei in Italia	11
1.1	Andamento trasporti aerei 2007-2017	11
1.1.1	Grafico andamento movimenti totali	13
1.1.2	Grafico andamento trasporto merci	14
1.1.3	Grafico andamento trasporto passeggeri	15
1.2	Dettaglio dei principali aeroporti italiani	16
2	Report incidenti e vittime	19
2.0.1	Grafico di confronto incidenti e vittime	20
2.0.2	Dettaglio incidenti aerei	21
3	Emissioni inquinanti	23
3.0.1	Grafico di confronto emissioni CO2	25
3.0.2	Grafico di confronto emissioni NOx	26
4	Soddisfazione utenti	27
4.1	Confronto della soddisfazione tra i vari mezzi di trasporto	27
4.1.1	Grafico di confronto soddisfazione	28
III	Conclusioni	29
4.2	Conclusioni	31

Parte I

Introduzione

0.1 Introduzione

Chi ha provato il volo camminerà guardando il cielo,
perché là è stato e là vuole tornare

Leonardo da Vinci

Alla base di questo studio vi è l'analisi del settore dei trasporti in Italia e delle sue variazioni geografiche e temporali. In particolare, si pone l'attenzione sulle peculiarità e sui vantaggi garantiti dal trasporto aereo, un quadro estremamente variegato che offre numerosi spunti di analisi.

La motivazione che mi hanno spinto ad approfondire tale tema è sicuramente l'interesse nei confronti dell'aviazione che è stato influenzato e sicuramente incentivato da alcune esperienze vissute durante il mio percorso universitario, che mi hanno permesso di entrare in contatto con realtà differenti. Dopo essermi documentato sugli studi condotti al riguardo, i dati raccolti nell'analisi svolta dal Ministero dei Trasporti (MIT) ha rappresentato la base su cui ho fondato la mia ricerca.

L'obiettivo di questa tesi di laurea è quello di fornire un'analisi accurata dei dati raccolti, mettendone in evidenza le peculiarità con un occhio di riguardo alla modalità grafica come mezzo di diffusione dell'informazione.

La tesi è articolata in quattro capitoli: nel primo capitolo viene fornita un'introduzione del mezzo di trasporto aereo sul territorio italiano, attraverso uno studio del totale degli spostamenti di merci e passeggeri. Nel secondo capitolo ci si occupa di sviluppare un report sul numero di incidenti e vittime a livello nazionale. Il terzo capitolo si concentra sull'indagine delle emissioni di agenti inquinanti, in particolare di CO_2 e NO_x . Nel quarto capitolo, infine, si procede a commentare i risultati riguardanti la soddisfazione degli utenti viaggiatori rapportandoli agli altri mezzi di trasporto comunemente usati.

Grazie a questo lavoro di ricerca è stato possibile analizzare soprattutto graficamente alcuni importanti fattori legati agli spostamenti di persone e/o merci via aria, risultati che saranno esposti dettagliatamente nelle parti successive di questa tesi.

0.2 Tecniche di lavoro e strumenti utilizzati

Per poter giungere all'obiettivo di questo lavoro, ossia fornire una rappresentazione grafica che sia il più chiara possibile per mostrare nel dettaglio la situazione del trasporto aereo in Italia sono stati utilizzati alcuni strumenti software in ambiente *Windows*.

Per prima cosa sono stati creati i dataset necessari elaborando i dati forniti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Italiano a mezzo dei report pubblicati annualmente. In particolare sono stati utilizzati gli applicativi *MS Office Excel* e *JetBrains Webstorm* per creare rispettivamente i file .csv e .json contenenti i dati da rappresentare. Tali dati sono poi stati implementati in uno script presente in una pagina .html, rielaborati e perfezionati dal punto di vista grafico mediante la libreria di supporto *Plotly*.

Una volta ottenuti i grafici, con le giuste proporzioni e scale, questi sono stati inseriti all'interno del presente documento sotto forma di immagini in modo da consentirne una visione semplice ed immediata. Restano disponibili come allegati i dataset e gli script utilizzati.



Parte II

Analisi e design dei dati

Capitolo 1

Situazione trasporti aerei in Italia

1.1 Andamento trasporti aerei 2007-2017

L'obiettivo di questa tesi è quello di mostrare da un punto di vista grafico le evoluzioni che ha vissuto il settore del trasporto aereo in Italia negli ultimi anni.

In questa prima sezione vengono affrontate le variazioni nel tempo del numero di movimenti totali, di passeggeri e di merci in tutti gli aeroporti italiani.

Il primo grafico, raffigurante il numero annuale di movimenti totali di aereomobili, mostra un calo di decolli e atterraggi (-19% tra il 2007 e il 2013), seguito da una ripresa nell'ultimo periodo (+8% tra il 2013 e il 2017). Realizzando una rappresentazione grafica che abbia correttamente lo 0 al centro degli assi (immagine successiva), è possibile apprezzare quali siano la reale diminuzione e il successivo aumento, mostrando un settore che si dimostra solido e costante sul lungo periodo, con ottime prospettive per il futuro.

La seconda sezione si incentra sul trasporto delle merci. Nei grafici a seguire è diagrammata la quantità di merci in tonnellate scambiate annualmente dagli aeroporti italiani, sia in importazione che in esportazione.

E' molto evidente un tonfo nell'anno 2009, dovuto soprattutto alla grave crisi economica che tutto il mondo stava vivendo quell'anno, ma negli anni successivi si assiste ad una grande ripresa del settore (+50% tra il 2009 e il 2017), grazie a numerosi accordi e politiche commerciali intraprese dallo stato italiano con i paesi europei e soprattutto con i grandi paesi industrializzati dell'Asia Orientale, primi fra tutti Cina e India, dai quali vengono importati numerosi prodotti a basso costo, ma con i quali vengono anche intraprese numerose esportazioni di beni di lusso fabbricati in Italia.

Negli ultimi due grafici della sezione vengono invece diagrammati il numero di passeggeri in arrivo e in partenza di tutti gli aeroporti italiani. A differenza degli altri casi precedentemente presi in esame, qui si assiste ad una sostanziale crescita costante del numero di civili imbarcati.

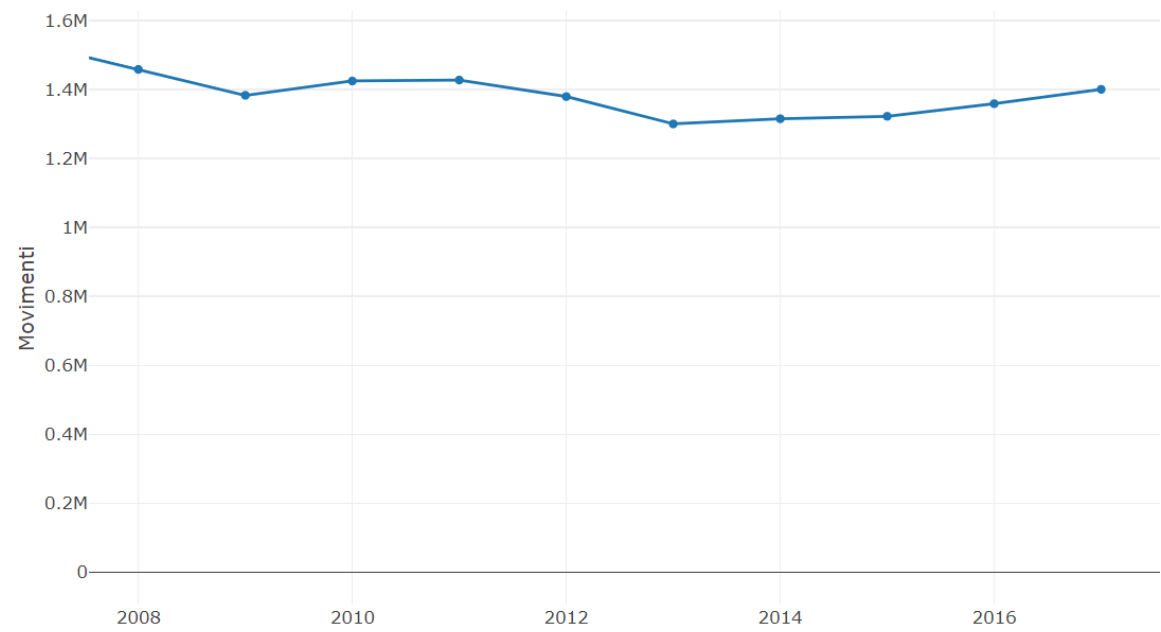
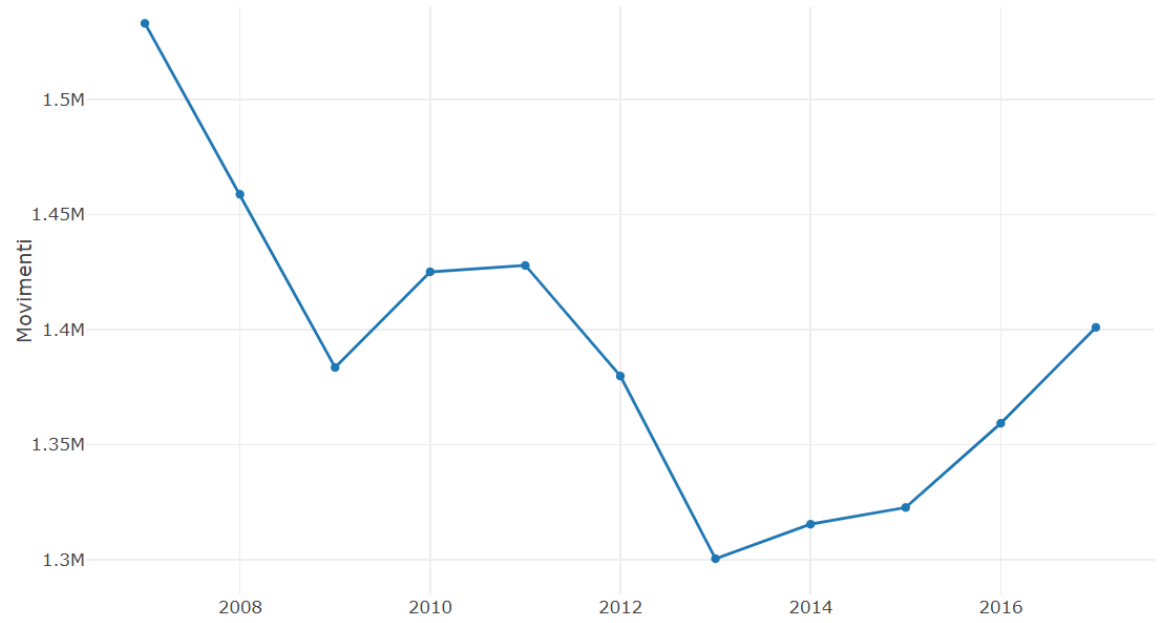
E' registrata infatti un'importante crescita del 35% tra l'anno 2009 e l'anno 2017, arrivando ad un traffico superiore ai 175 milioni di passeggeri all'anno. Questa crescita non sembra incontrare ostacoli, tanto che le ultime stime governative ipotizzano un traffico di 330 milioni di passeggeri annuali entro l'anno 2035.

Questo aumento di passeggeri è da imputarsi principalmente all'avvento di numerose compagnie low-cost, che sacrificando il comfort e i servizi a bordo, riescono a garantire tratte a bassissimo costo, rendendo i voli aerei accessibili a tutti e non solo ai più abbienti.

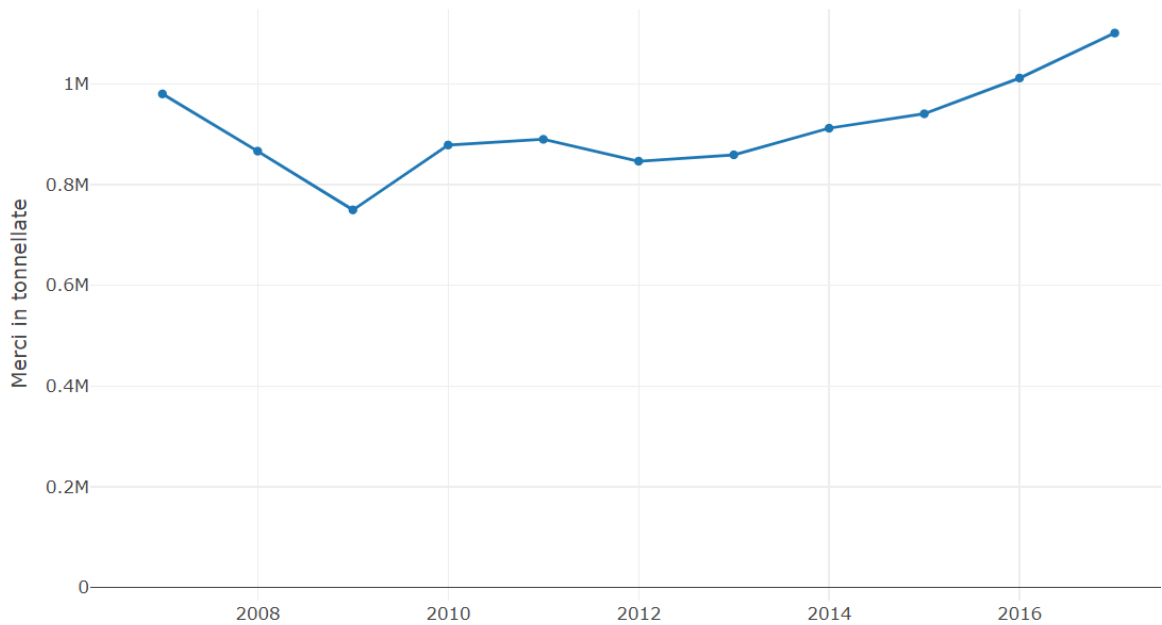
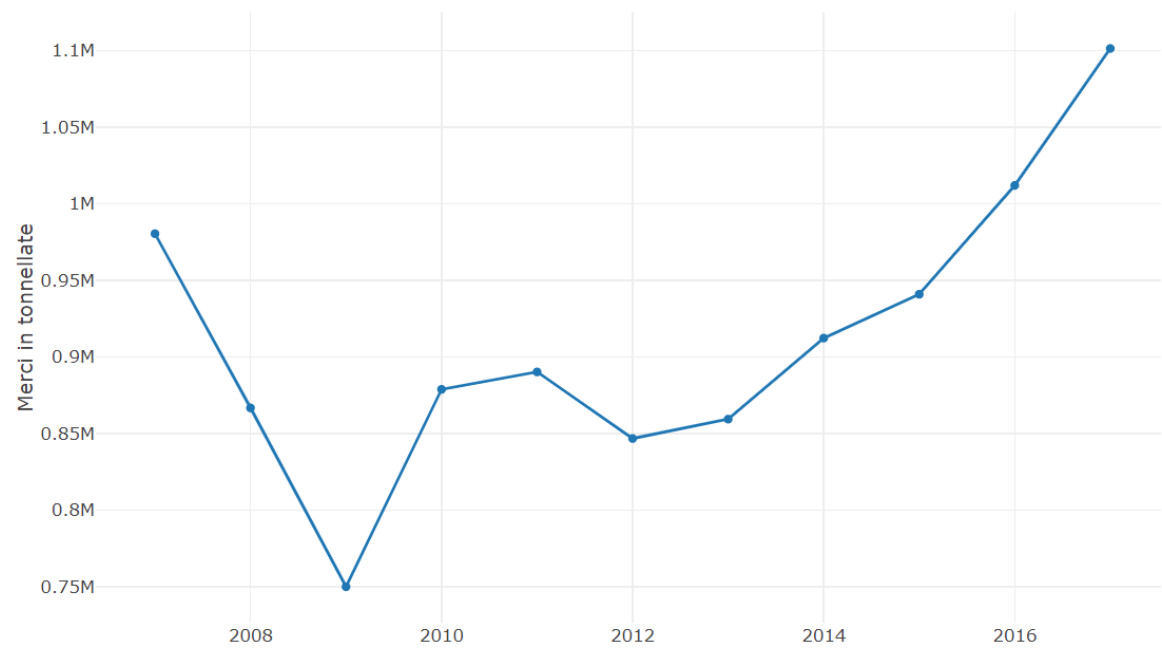
Naturalmente anche l'espansione della globalizzazione e la diffusione delle imprese multinazionali partecipano come cause primarie a questo aumento di traffico, in quanto si rendono sempre più necessari i viaggi internazionali dettati da motivazione di carattere lavorativo e non solo più di svago.

Nelle sezioni successive verranno analizzate più nel dettaglio le fluttuazioni di traffico nei principali aeroporti italiani.

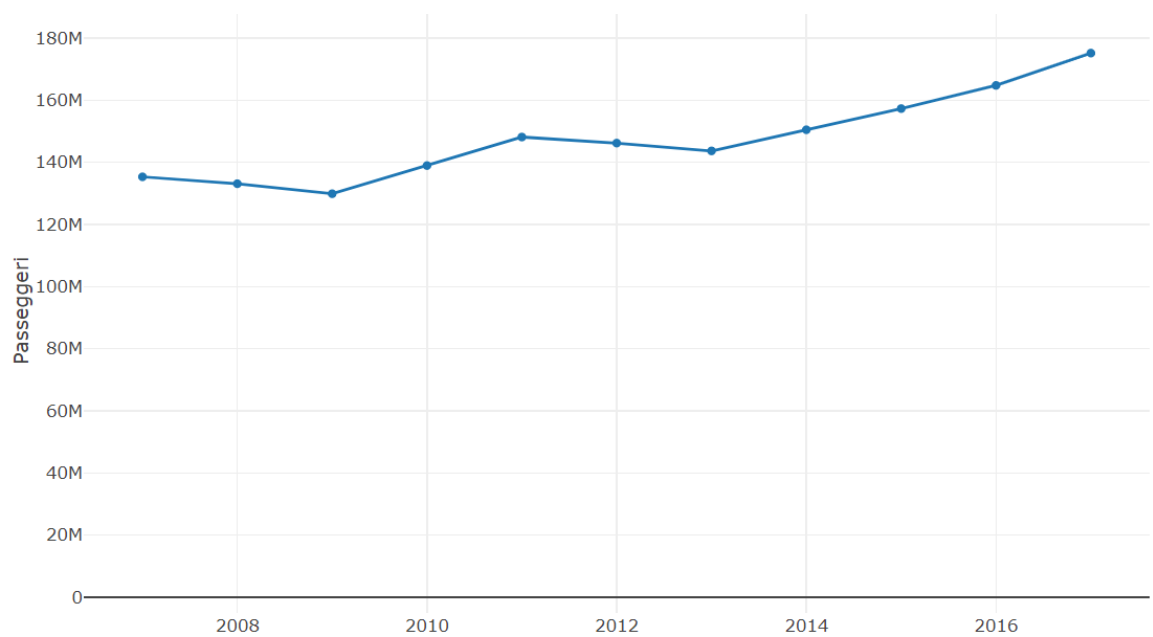
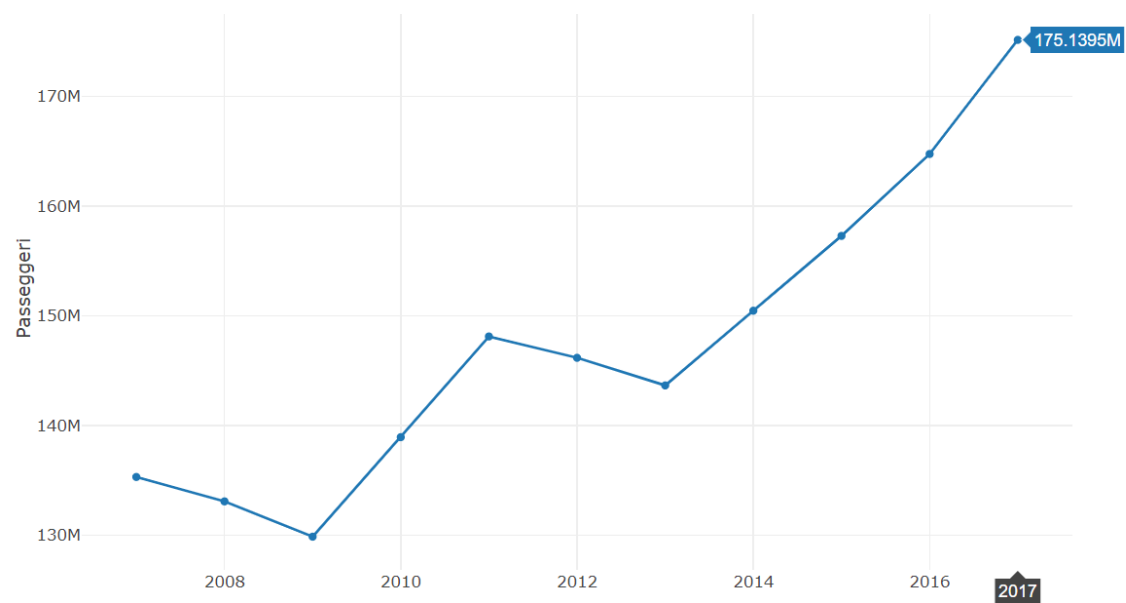
1.1.1 Grafico andamento movimenti totali



1.1.2 Grafico andamento trasporto merci



1.1.3 Grafico andamento trasporto passeggeri



1.2 Dettaglio dei principali aeroporti italiani

Nel corso degli anni non solo vi sono state delle variazioni nel volume di merci e passeggeri trasportati all'interno del territorio italiano, ma questo ha avuto ripercussioni anche sulle fluttuazioni dei singoli aeroporti.

Analizzando nel dettaglio le tonnellate di merci smistate nel periodo 2013-2018, è possibile osservare una grande crescita nell'aeroporto di Milano Malpensa, che si conferma essere il primo aeroporto italiano per volume di merci trasportate con 572000 tonnellate di prodotti nel solo anno 2018. Rispetto all'anno 2013 ha registrato un incremento costante anno per anno, fino a raggiungere un +40% in soli 6 anni.

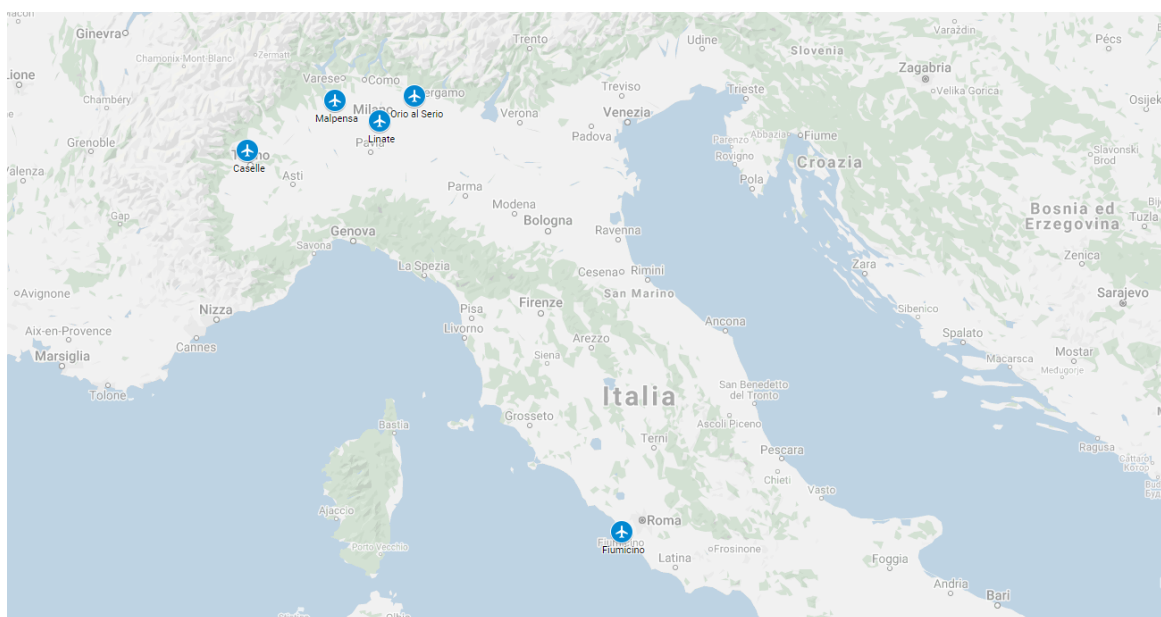
Al secondo posto troviamo l'aeroporto di Roma Fiumicino, anch'esso con un bilancio positivo (+35% dal 2013 al 2018) e al terzo posto l'aeroporto Orio al Serio di Bergamo, che invece ha mantenuto un volume di merci costante negli anni.

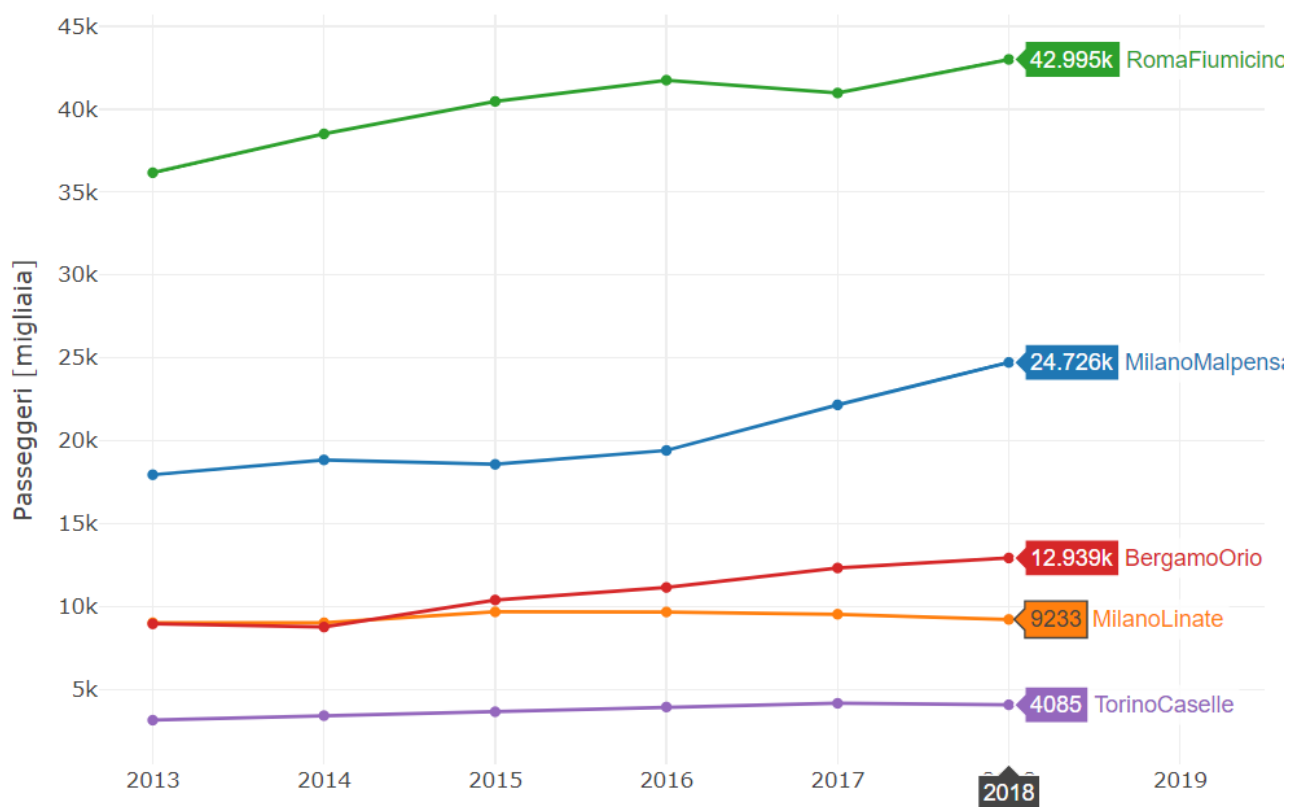
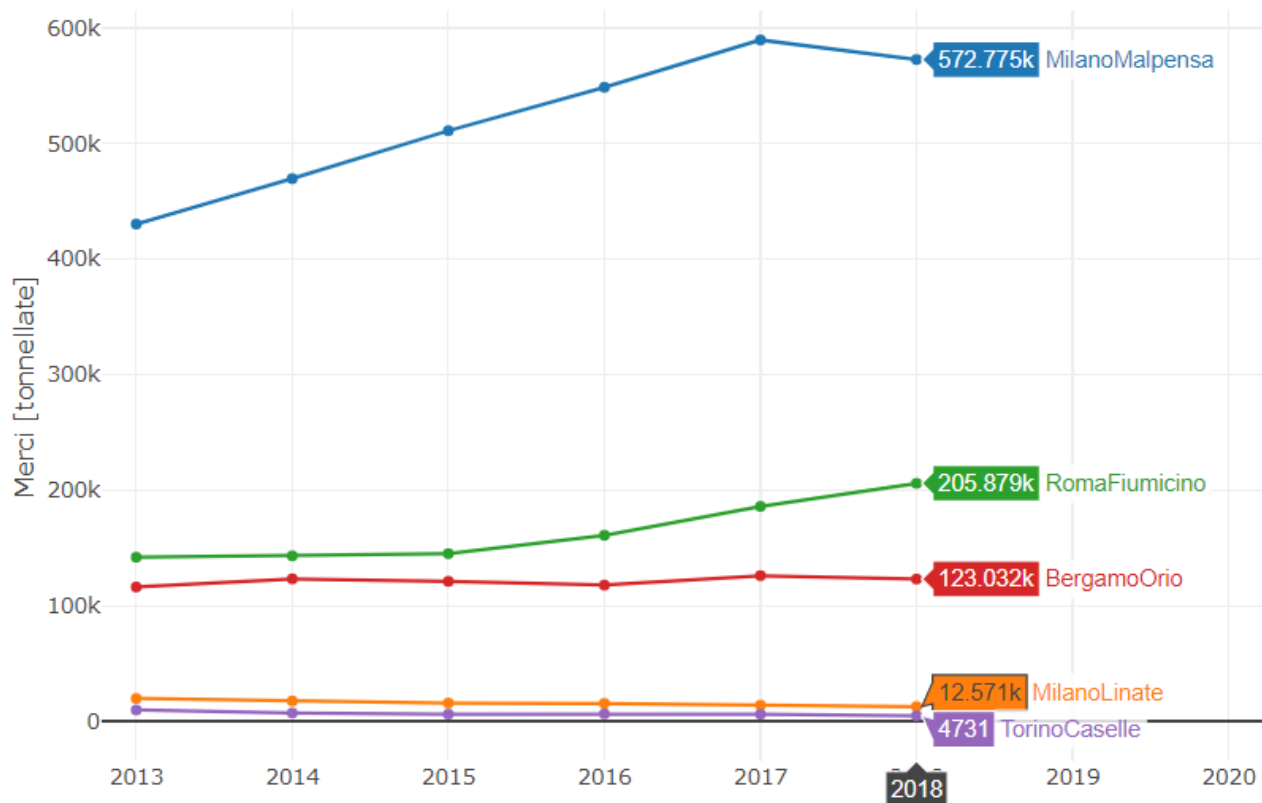
Studiando invece i dati relativi ai passeggeri la situazione è leggermente diversa. In generale si osserva una crescita del traffico su quasi tutti i principali aeroporti, in linea con quelle che erano le rilevazioni precedenti a livello nazionale.

Al primo posto vi è l'aeroporto di Roma Fiumicino, con un volume di poco inferiore ai 43 milioni di passeggeri nel solo anno 2018(+17% in 6 anni), che quindi si conferma essere il principale aeroporto italiano, soprattutto per le destinazioni internazionali ed intercontinentali.

Al secondo posto troviamo l'aeroporto di Milano Malpensa, che mostra un ottimo miglioramento di +45% nel 2018 rispetto al 2013, grazie ai numerosi investimenti realizzati per tale settore dalla Regione Metropolitana di Milano e all'avvento di nuove compagnie low-cost su questo scalo, prima fra tutte la compagnia svizzera Easyjet Switzerland S.A.

Ottimi dati anche per quanto riguarda l'aeroporto Orio al Serio di Bergamo, trainato dalla compagnia irlandese Ryanair, e per l'aeroporto internazionale Sandro Pertini di Caselle-Torino, che registra un incremento del +25% circa tra il 2013 e il 2018.





Capitolo 2

Report incidenti e vittime

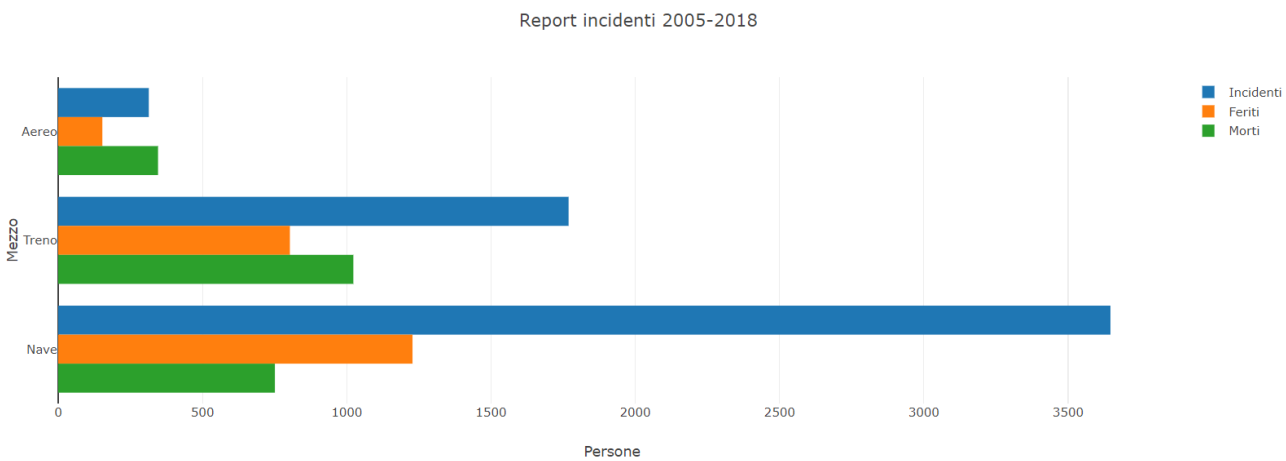
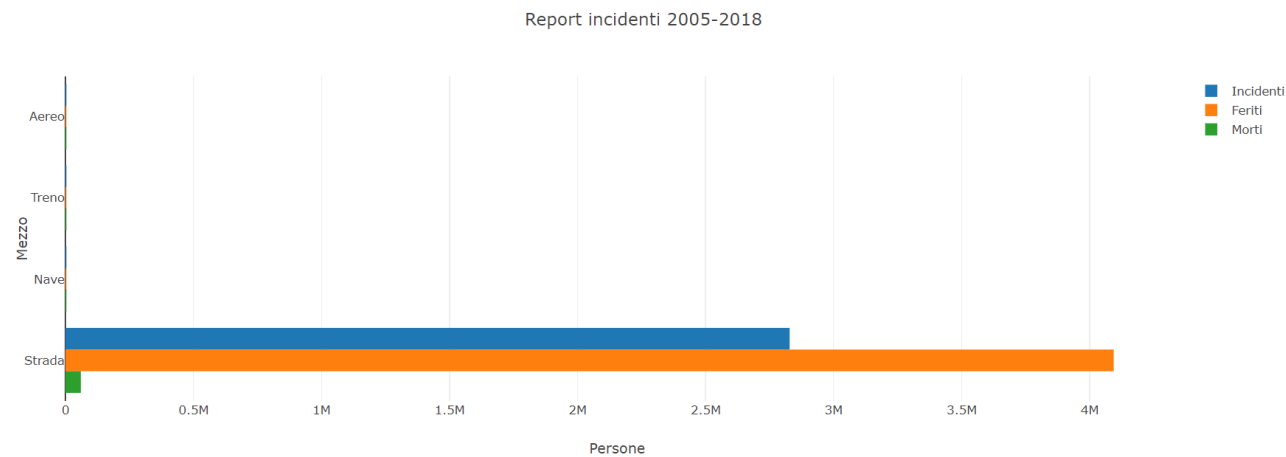
La rappresentazione di seguito illustrata, suddivisa in due sezioni, evidenzia il totale degli incidenti verificatisi nel periodo compreso fra gennaio 2005 e dicembre 2018 nei settori del trasporto su strada, su rotaia, marittimo e aereo. Le informazioni di base riguardanti il trasporto aereo sono desunte direttamente dall'Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo (A.N.S.V.) e si riferiscono a tutti gli eventi segnalati all'Agenzia che abbiano comportato almeno un ferito. I dati riguardano anche le tipologie di aeromobile destinate al volo da diporto o sportivo (ultraleggeri, deltaplani, ecc). Nella prima immagine è possibile osservare come il settore più colpito sia indubbiamente il trasporto su strada, che conta oltre 4.1 milioni di incidenti e 60044 vittime, rappresenta infatti un valore totalmente fuori scala rispetto ai valori che incontriamo con le altre categorie.

Rimuovendo dal grafico la componente relativa al trasporto su gomma è possibile osservare meglio le varie differenze tra i casi presi in esame: è evidente come il trasporto aereo sia quello con la sicurezza assoluta maggiore, avendo un numero complessivo di eventi incidentuali notevolmente minore rispetto agli altri mezzi. A questo basso numero di incidenti corrisponde però un'alta mortalità percentuale di addetti e passeggeri, dovuta ovviamente alle caratteristiche intrinseche del trasporto aereo, statisticamente è infatti più probabile avere delle vittime piuttosto che dei feriti in seguito ad un incidente aereo. Il tasso di incidenti è però fortunatamente molto basso, grazie alle stringenti regolamentazioni che vigono sul settore aereo, volte a ridurre al minimo le probabilità di un evento catastrofico.

A seguire troviamo gli incidenti ferroviari, sulle cui statistiche gravano vari incidenti mortali, quali ad esempio la strage di Viareggio 2009 e lo scontro frontale fra due convogli sulla tratta Bari-Barletta nel 2016.

Successivamente vi sono gli incidenti marittimi, più numerosi di quelli aerei e ferroviari, ma notevolmente inferiori a quelli stradali. L'incidente più grave di questi 14 anni presi in esame è indubbiamente il naufragio della Costa Concordia avvenuto nel 2012, che ha portato con sé 32 vittime e rappresenta tuttora il naufragio della nave passeggeri di maggior tonnellaggio nella storia.

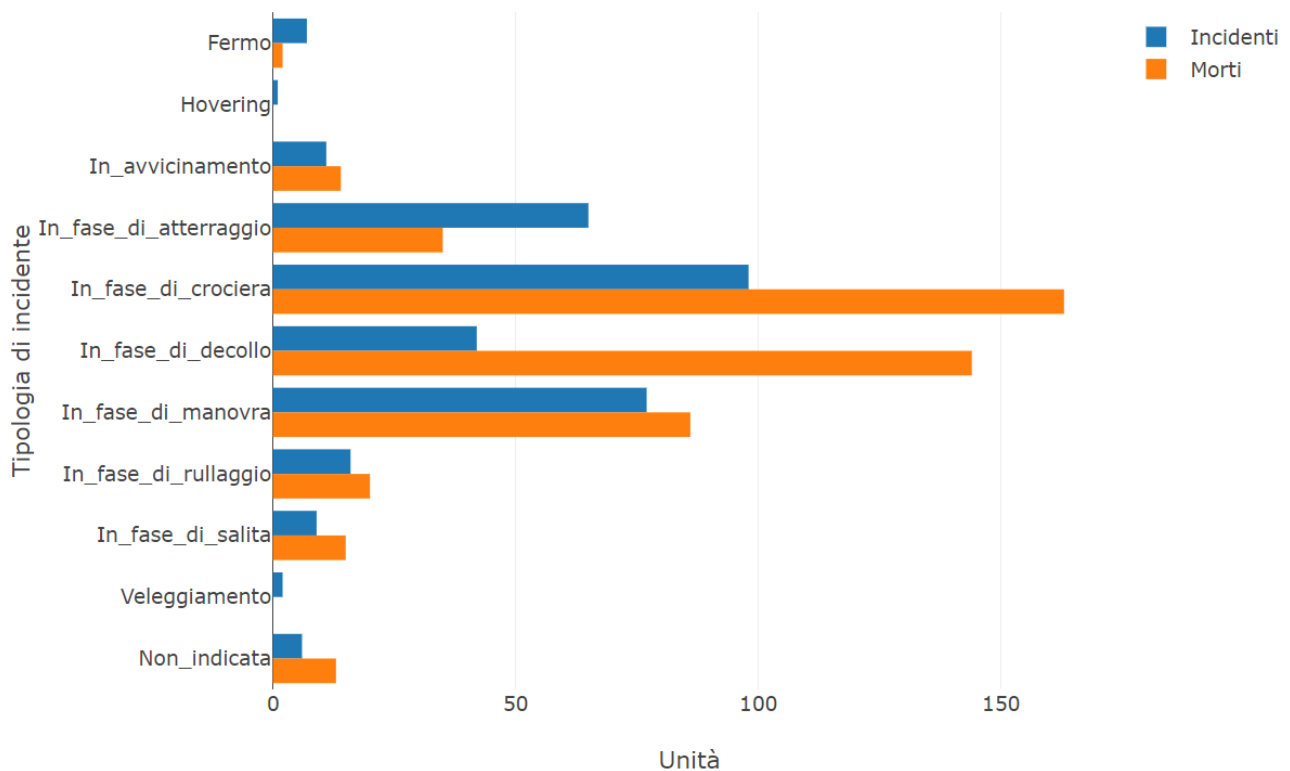
2.0.1 Grafico di confronto incidenti e vittime



2.0.2 Dettaglio incidenti aerei

Analizzando nel dettaglio i documenti riguardanti gli incidenti aerei nel periodo 2001-2018 è possibile osservare quali siano i momenti in cui avvengono maggiormente tali incidenti.

Già a prima vista si può notare come la maggioranza degli eventi si verifichino durante le fasi più a rischio del viaggio aereo, ossia durante la crociera, l'atterraggio e il decollo. Sono infatti questi i momenti in cui vi è una maggiore sollecitazione delle componenti strutturali e meccaniche e sono le fasi in cui, soprattutto nella manovra e nel decollo, la componente del fattore umano gioca un ruolo centrale. Ad influire notevolmente nelle rilevazioni è il disastro aereo di Linate avvenuto durante la fase di decollo nel 2001.



Capitolo 3

Emissioni inquinanti

Un altro tema di fondamentale importanza quando si tratta di trasporti e mobilità e che sta assumendo un ruolo sempre più centrale negli ultimi anni è rappresentato sicuramente dalle emissioni di sostanze inquinanti e nocive nell'atmosfera. L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) acquisisce annualmente i dati relativi alle emissioni di anidride carbonica, di ossidi di azoto e di composti organici volatili non metanici nell'ambito dell'intera economia italiana e, in particolare, anche per quanto riguarda il settore dei trasporti. Le 4 immagini seguenti offrono, per il periodo 2010-2017, i dati di sintesi sulle emissioni derivanti da queste sostanze inquinanti.

L'osservazione dei prospetti evidenzia come nel periodo considerato le emissioni di anidride carbonica e di ossidi di azoto siano diminuite, nel solo settore trasporti rispettivamente del 19,3% e del 53,6% circa. Il traffico veicolare concorre in modo assai significativo alle emissioni di elevate quantità di polveri, soprattutto in ambito cittadino. I veicoli, infatti, producono polveri sia come conseguenza dell'utilizzo di combustibili fossili per la loro alimentazione, sia per l'usura di pneumatici, freni e manto stradale. Si consideri che le emissioni dirette di particolato primario rappresentano solo una parte del particolato presente in atmosfera; la parte più rilevante è costituita dal particolato secondario, che si forma nell'atmosfera per mezzo di reazioni chimiche che coinvolgono fondamentalmente anche le emissioni di ossidi di azoto, ossidi di zolfo e ammoniaca. Tali reazioni chimico-fisiche dipendono dalle particolari condizioni locali e possono essere molto variabili da zona a zona e dall'orario in cui vengono effettuate le misurazioni.

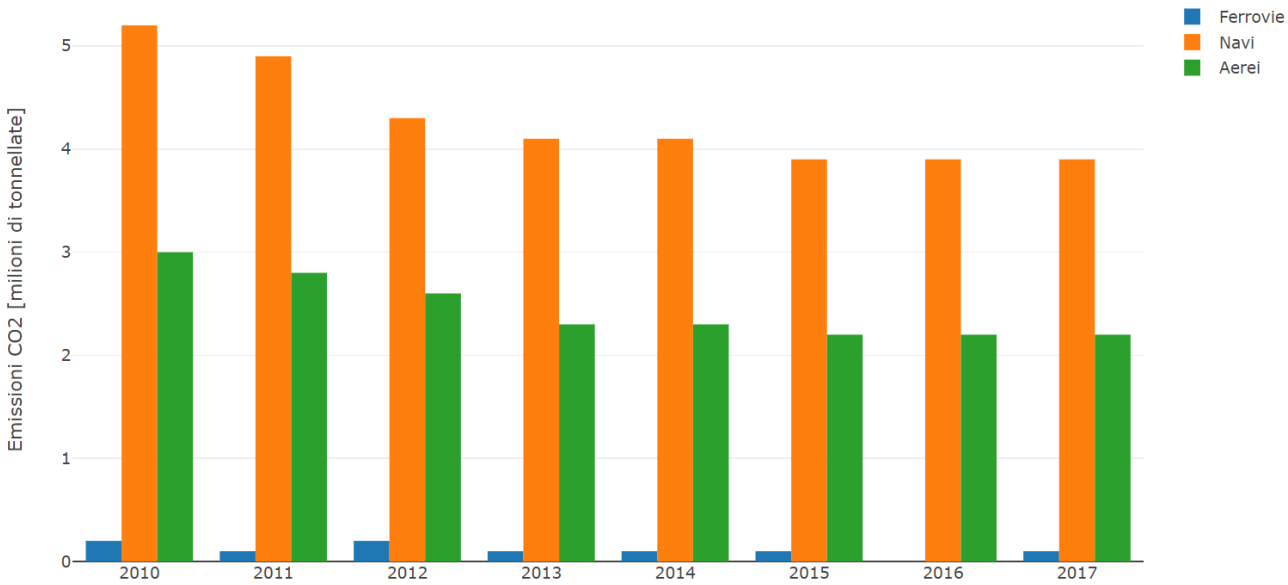
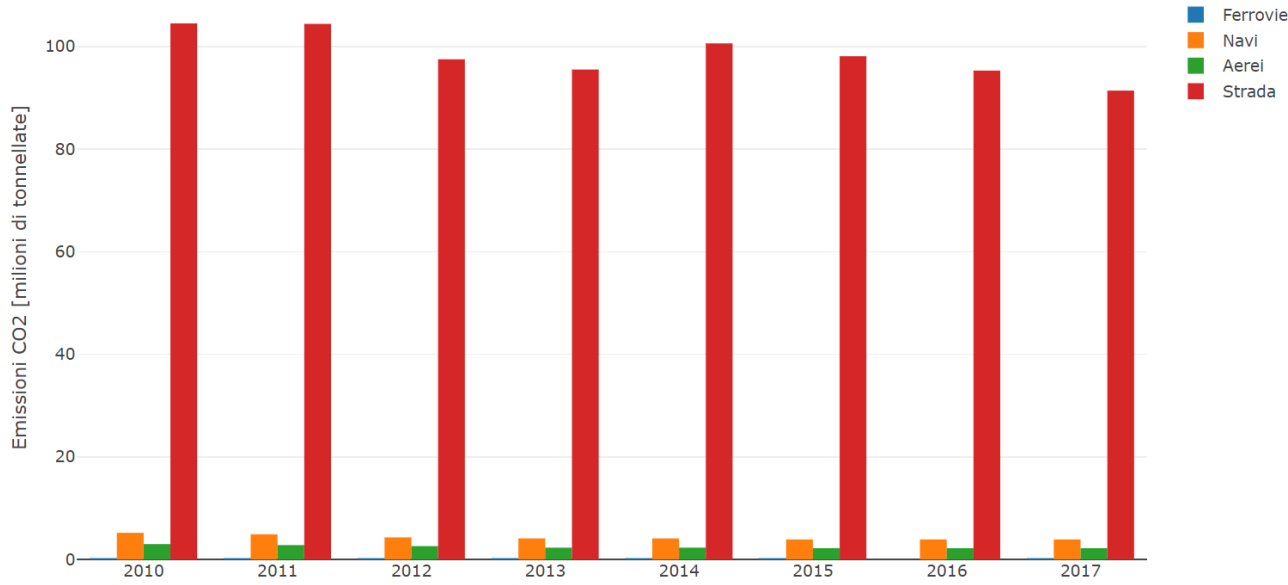
Il modello matematico utilizzato per tali stime tiene infatti conto anche della composizione esatta dell'atmosfera e dell'umidità assoluta in quel preciso istante. Nel settore aeronautico la continua ricerca di propulsori ad alta efficienza, studiati per ridurre i costi relativi al carburante, ha impatti molto positivi anche sulle emissioni di gas nocivi.

Analizzando i grafici a seguire salta subito all'occhio come sia nel caso delle emissioni di CO₂ che nel caso delle emissioni di NO_x i valori del trasporto su strada abbiamo un altro ordine di grandezza, il trasporto su gomma rappresenta infatti la principale fonte di inquinamento atmosferico nel settore dei trasporti. Rimuovendo tali dati dal grafico si può apprezzare in modo migliore la differenza presente tra le quantità di CO₂ prodotte dai vari mezzi e dalle attività a loro legati. In particolare è molto evidente come navi e aerei siano rispettivamente le seconde e terze fonti di gas serra, mentre risulta essere molto più ecologico e environmentally-

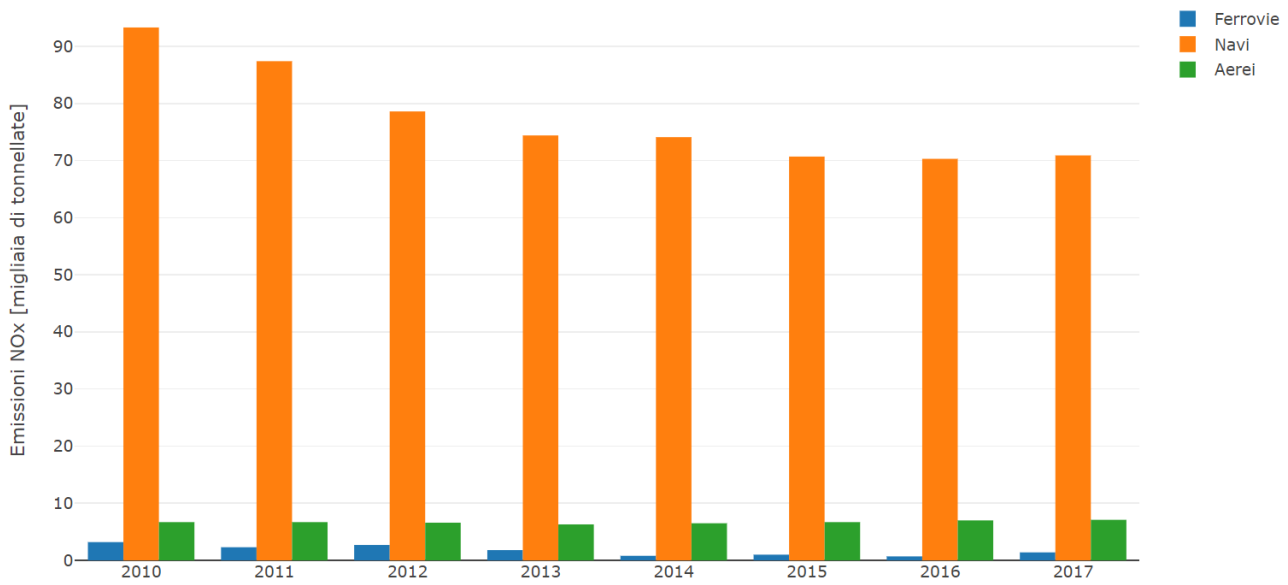
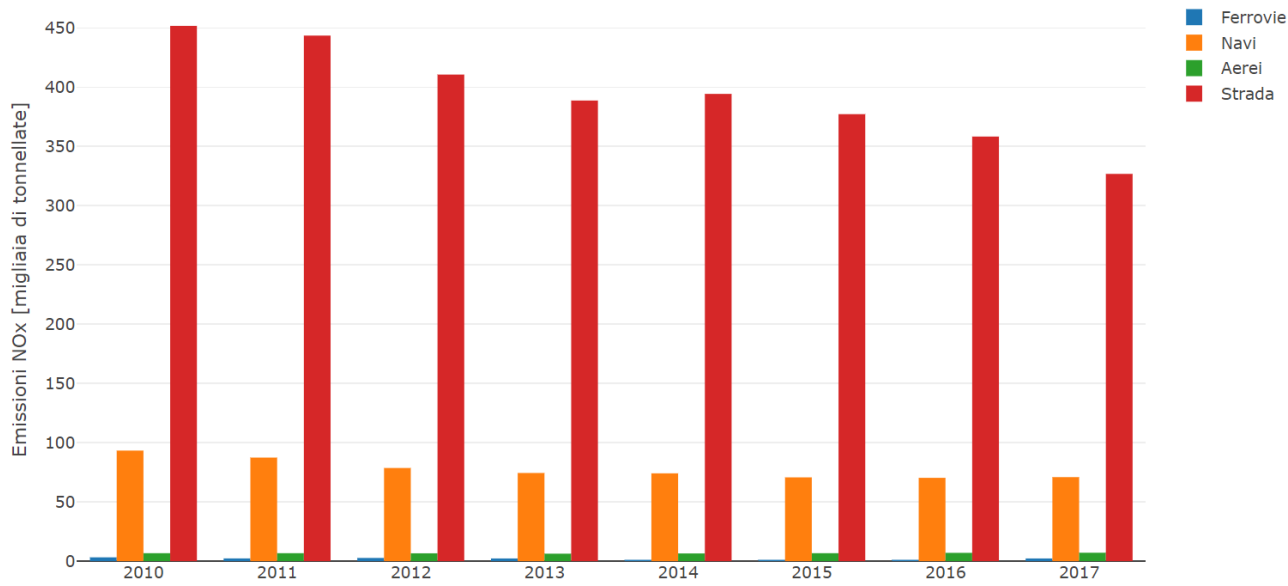
friendly il trasporto su rotaia, potendo disporre, per la stragande maggioranza delle tratte italiane, di locomotive alimentate a corrente elettrica.

Come sottolineato sopra, è evidente il calo dell'inquinamento provocato dall'adozione di politiche ambientaliste e da una maggiore efficienza dei propulsori, sia in campo navale che aereo, nonostante il forte aumento di clientela che questi mezzi hanno vissuto, soprattutto con la crescita e l'espansione delle compagnie low-cost. Per quanto riguarda le emissioni di NOx il discorso è analogo, infatti si nota un sostanziale decremento delle emissioni riguardante i trasporti su strada e marittimi, che rappresentano nettamente le due principali fonti di inquinamento in termini quantitativi.

3.0.1 Grafico di confronto emissioni CO2



3.0.2 Grafico di confronto emissioni NOx



Capitolo 4

Soddisfazione utenti

4.1 Confronto della soddisfazione tra i vari mezzi di trasporto

La soddisfazione, in termini di comfort, rapidità, puntualità, sicurezza ed economicità, è espressa dai passeggeri intervistati in un voto di sintesi con riferimento al giudizio complessivo maturato nei tre mesi precedenti l'intervista per ciascun mezzo di trasporto utilizzato indipendentemente dal tipo di frequenza d'uso, se abituale o più occasionale.

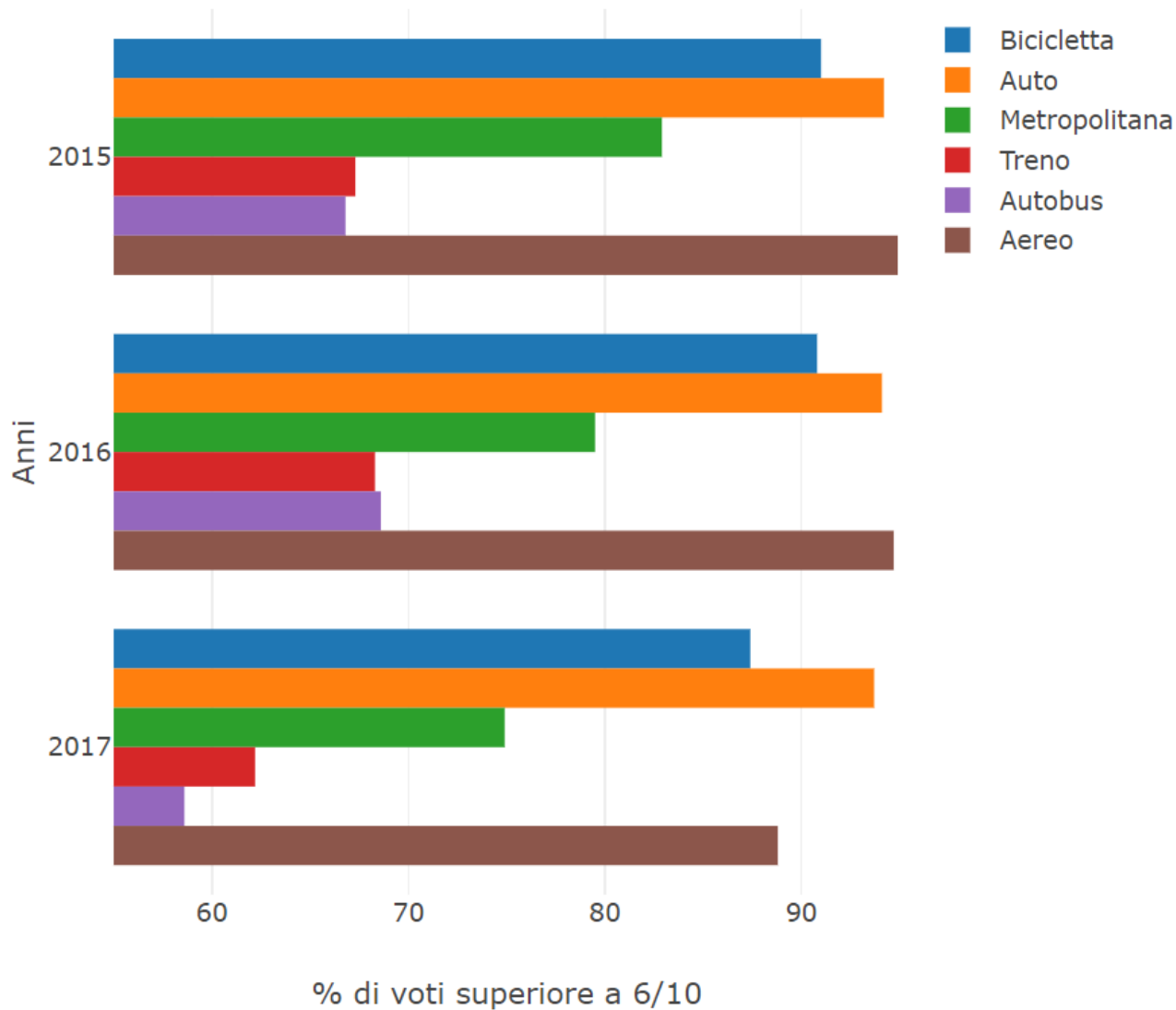
Nel 2017 gli indici di soddisfazione espressa hanno registrato un arretramento generalizzato sia per i vettori collettivi, sia per quelli individuali. Si sta quindi alzando la soglia delle aspettative dei cittadini per avere buone soluzioni di mobilità, qualunque sia il mezzo scelto per spostarsi. Le distanze restano comunque ampie, a vantaggio dei mezzi privati: l'automobile è l'unico mezzo che si mantiene sopra la soglia dell'8 come voto medio e con il 93.7% degli utenti che assegna un punteggio pari o superiore a 6, staccando la bicicletta (indice a 7.8 e 87.4% di utenti soddisfatti) e la moto (indice a 7.6, oltre mezzo punto in meno rispetto al 2016).

Per quanto riguarda la mobilità collettiva, i vettori su gomma (autobus urbano e di lunga percorrenza) mantengono meglio le posizioni rispetto a quelli su rotaia, partendo tuttavia da posizioni più arretrate. L'autobus resta appena sopra la soglia della sufficienza, così come il treno. Entrambi questi vettori registrano comunque percentuali di utenti soddisfatti, ovvero con punteggi 6-10, ben superiori al 50% (58.6% per l'autobus/tram, 62.2% per il treno locale). Preoccupante il calo registrato dalla metropolitana (voto medio sceso da 7.2 a 6.7), che nelle non molte città dove è presente viene tradizionalmente apprezzata per le prestazioni di velocità e regolarità.

E' evidente come il trasporto aereo, che è risultato essere il preferito dagli italiani sia nel 2015 che nel 2016, nel 2017 scende di livello perdendo molti voti. Questo fenomeno è dovuto principalmente agli atteggiamenti delle compagnie low cost, che per aumentare i loro profitti aumentano il costo di imbarco dei bagagli e aumentano i posti disponibili sui velivoli, a scapito dello spazio libero pro-capite disponibile a bordo. Dal 2015 al 2018 lo spazio disponibile per le gambe nei voli delle compagnie low-cost è infatti sceso da un valore medio mondiale di 19" ad un valore di 17", con una conseguente diminuzione del comfort a bordo per i passeggeri.

4.1.1 Grafico di confronto soddisfazione

Soddisfazione degli utenti, anni 2015-2017



Parte III

Conclusioni

4.2 Conclusioni

Questo studio ha cercato di rispondere alla domanda: “Com'è la situazione attuale dei trasporti aerei in Italia?” A tal fine, è stata condotta un'indagine quantitativa attraverso l'utilizzo di report statistici pubblicati dal Ministero dei Trasporti, utilizzati per verificare l'influenza di vari fattori (ambientali, finanziari, ecc) sullo sviluppo di questo determinato settore.

Gli studi condotti hanno mostrato un netto aumento dei traffici aerei negli ultimi anni, grazie soprattutto a nuove politiche attuate dai principali vettori su numerosi fronti, primi fra tutti quelli relativi alla sicurezza e ai costi per tratta. Questi studi, uniti alle più recenti teorie previsionali, sottolineano come il settore dei viaggi aerei sia destinato a crescere negli anni a venire, con tempi di percorrenza sempre più brevi e costi sempre minori da affrontare per i passeggeri.

Grazie ad una legislazione molto dettagliata e stringente, approvata da tutte le compagnie, i rischi derivanti da un viaggio aereo sono ormai estremamente bassi. Calcolando infatti il rapporto delle vittime con i miliardi di chilometri percorsi scopriamo che in ordine numerico i mezzi più pericolosi sono:

- Moto, con 13.81 morti per miliardo di chilometri percorsi
- Auto, con 0.72 morti
- Nave, con 0.25 morti
- Autobus, con 0.07 morti
- Treno, con 0.04 morti
- Aereo, con 0.03 morti

Dal punto di vista dell'emissione degli agenti inquinanti, il trasporto su rotaia rimane ancora la scelta più sostenibile. Sono però attualmente sotto osservazione numerosi studi riguardanti una possibile elettrificazione del settore aeronautico, grazie alla sempre maggior efficienza dei motori elettrici e alla sempre maggiore capacità delle batterie, che, sfortunatamente allo stato attuale delle cose rappresentano il principale scoglio da superare, per via delle loro dimensioni e soprattutto del loro eccessivo peso, due elementi assolutamente contrastanti con i requisiti per il volo.

Tuttavia, è importante tenere presente che questa ricerca si è concentrata esclusivamente sui dati relativi a questo determinato settore. Una volta considerati anche i fattori economici, geopolitici e psicologici che possono entrare in gioco, i risultati potrebbero variare. Per questo motivo, nessuna dichiarazione generale o assolutamente oggettiva può essere fatta circa il migliore mezzo di trasporto in senso assoluto. Ogni mezzo di trasporto ha i propri vantaggi/svantaggi, è però indubbio che l'aereo rappresenti il miglior compromesso per le medie/lunghe distanze da percorrere.