



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea triennale in Ingegneria Civile e Ambientale

La multimodalità nell'era Covid: nuovi scenari per porti e aeroporti

Multimodality in Covid time: new scenarios for seaports and airports

Relatore:

Prof. Ing. Giorgio Passerini

Studente:

Igor Igorovjch Baglioni Lyulka

Correlatore:

Dr. Enrico Mancinelli

Anno accademico 2020/2021

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	5
1 - LA MULTIMODALITÀ NELL'ERA COVID	5
1.1 Situazione in Italia.....	7
1.2 L'esigenza del distanziamento sociale.....	7
1.3 L'uso della mascherina	8
1.4 Conseguenze sull'ambiente.....	9
1.5 Scopo della tesi.....	9
2 - DATI E METODI	12
2.1 Porto di Ancona	12
2.2 Porto di Dubrovnik.....	14
2.3 Porto di Pola	15
2.4 Aeroporto di Bari	17
2.5 Aeroporto di Dubrovnik.....	19
2.6 Aeroporto di Pola	20
2.7 Scenari per l'anno 2021.....	21
2.7.1 Scenari per il porto di Ancona	21
2.7.2 Scenari per il porto di Dubrovnik.....	23
2.7.3 Scenari per il porto di Pola	24
2.7.4 Scenari per l'aeroporto di Bari	26
2.7.5 Scenari per l'aeroporto di Dubrovnik	27
2.7.6 Scenari per l'aeroporto di Pola	29
2.8 Calcolo distanza da percorrere.....	31
2.8.1 Scelta del mezzo di trasporto	31
2.8.2 Capienza dei mezzi di trasporto	32
2.9 Scelta del parco auto	32
2.10 Scelta dei fattori di emissione	33
3 – RISULTATI.....	34

3.1 Calcolo effettivo dei chilometri percorsi dai mezzi pubblici.....	34
Porto di Ancona	35
Porto di Dubrovnik	36
Porto di Pola	37
Aeroporto di Bari	39
Aeroporto di Dubrovnik.....	40
Aeroporto di Pola	42
3.2 Calcolo degli inquinanti	43
3.2.1 Porto di Ancona	43
- Scenario 1	43
- Scenario 2	44
- Scenario 3	45
3.2.2 Porto di Dubrovnik	47
- Scenario 1	47
- Scenario 2	48
- Scenario 3	49
3.2.3 Porto di Pola	50
- Scenario 1	50
- Scenario 2	51
- Scenario 3	52
3.2.4 Aeroporto di Bari	53
- Scenario 1	53
- Scenario 2	54
- Scenario 3	55
3.2.5 Aeroporto di Dubrovnik.....	56
- Scenario 1	56
- Scenario 2	58
- Scenario 3	59
3.2.6 Aeroporto di Pola	60
- Scenario 1	60
- Scenario 2	61
- Scenario 3	62

4 – Conclusioni.....	64
4.1 Considerazioni finali	65
BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA	66

INTRODUZIONE

L'inquinamento atmosferico risulta oggi uno dei problemi più importanti quando si parla di ambiente, di sostenibilità ambientale o di benessere dell'uomo. Nel passare degli anni, lo studio di impatto ambientale o comunque studi relativi alla sostenibilità ambientale, hanno acquistato sempre più importanza e sono diventati necessari ed obbligatori per legge quando, ad esempio, si intende realizzare una particolare opera oppure una semplice opera ma che ricade in una particolare zona definita sensibile.

Il nuovo Coronavirus (COVID-19) ha prodotto conseguenze sanitarie, economiche, sociali di vaste proporzioni a livello globale, di una portata che avrà bisogno di tempo e approcci integrati per essere valutata compiutamente. In considerazione della priorità sanitaria, sia a livello individuale sia collettivo, l'impatto del virus sull'ambiente è stato fino ad ora poco analizzato. I primi studi hanno stimato un effetto indiretto positivo dell'epidemia sull'ambiente. In particolare, gli esperti di clima prevedono che le emissioni periodiche di gas serra potrebbero scendere a livelli mai registrati dalla Seconda Guerra Mondiale (Global Carbon Project, 2020). Questo risultato è principalmente dovuto alle politiche di *lockdown* adottate dai governi a seguito dello scoppio della pandemia (Harapan et al. 2020 citato da Gorini 2020). Tuttavia, per quanto le emissioni di alcuni gas serra siano diminuite per effetto delle misure differenziate di contenimento della pandemia, questa riduzione è in grado di produrre un effetto scarso o nullo sulle concentrazioni totali accumulate in atmosfera per decenni.

Bisogna però considerare il fatto che gli effetti della pandemia sono in continua e rapida evoluzione. È necessario quindi condurre degli studi, sia a livello locale che mondiale, per evitare che tutti i benefici riguardanti l'inquinamento siano vanificati in pochi anni.

1 - LA MULTIMODALITÀ NELL'ERA COVID

La rapida diffusione del virus COVID-19, diventato una pandemia mondiale nel giro di poche settimane, è stata attribuita all'ipermobilità del nostro stile di vita attuale, alla globalizzazione e alla connessione di Wuhan, il primo epicentro, con il resto del mondo (Musselwhite, Avineri e Susilo 2020). Da allora, la pandemia si è rapidamente evoluta, influenzando lo stile di vita di tutta la popolazione globale ed i viaggi in tutto il mondo. In particolar modo, nell'anno 2020 si è verificata una drastica diminuzione dei viaggi aerei ad un aumento senza precedenti dello "smart working". Per contenere la rapida diffusione del virus, i governi hanno infatti attuato misure restrittive: limitazione degli spostamenti, chiusura delle frontiere nazionali, lockdown. Le limitazioni avevano infatti come obiettivo la riduzione delle interazioni con le altre persone, essendo il Covid-19 facilmente trasmissibile per via aerea a distanze ravvicinate. Il traffico urbano è diminuito in tutto il mondo, ma non in modo uniforme per tutte le modalità di spostamento; il trasporto pubblico ha

ricevuto il colpo più duro. Questo era in alcuni casi accompagnato da una ridotta offerta dei servizi ed inasprito dalla percezione del trasporto pubblico come più rischioso rispetto ai mezzi di trasporto privati o personali a causa del contatto più stretto con altre persone che a volte risulta inevitabile, nei mezzi di trasporto pubblico e nelle stazioni.

Il fatto che una persona infetta sia contagiosa prima di mostrarne i sintomi (Javid, Weekes e Matheson 2020; Ferretti et al. 2020 citato da Tirachini e Cats 2020) è particolarmente preoccupante per l'esposizione al virus nei luoghi pubblici. Diversi fattori contribuiscono a rendere le stazioni di trasporto pubblico e gli ambienti interni dei veicoli ad alto rischio per il contagio (UITP 2020):

1. Le persone sono confinate in uno spazio limitato. Il rischio di contagio aumenta con il numero dei passeggeri nei veicoli e nelle stazioni.
2. Potrebbero esserci scarsi controlli durante l'accesso per identificare passeggeri o lavoratori che potrebbero essere malati.
3. La presenza di più superfici, come sedili, corrimano, porte e distributori automatici di biglietti, sulle quali il virus può rimanere latente per giorni

Inoltre, il livello di rischio di contagio da COVID-19 durante il viaggio su un mezzo pubblico non è ancora ben noto. I consigli delle autorità sull'uso dei mezzi di trasporto pubblici in risposta alla pandemia sono stati diversi in tutto il mondo. Da un lato, le linee guida ufficiali scoraggiavano esplicitamente l'utilizzo dei trasporti urbani. Il Regno Unito invitava chiaramente ad evitare il più possibile lo spostamento tramite autobus, metropolitane, treni e di considerare altre forme di spostamento. Allo stesso modo, il governo nazionale dei Paesi Bassi suggeriva di utilizzare i mezzi pubblici solo se strettamente necessario e di evitare di spostarsi durante le ore di punta (Rijksoverheid n.d. citato da Tirachini e Cats 2020). Negli Stati Uniti, inoltre, si raccomandava ai datori di lavoro di "offrire incentivi ai dipendenti che utilizzassero mezzi di trasporto capaci di ridurre al minimo il contatto ravvicinato con le altre persone (ad esempio, andare in bicicletta, camminare o andare in macchina). Tali indicazioni sono state accompagnate da rigide regole di distanziamento. Ad esempio, nel maggio 2020 nel Nuovo Galles del Sud, in Australia, la capacità di un autobus di 12 metri e di un vagone ferroviario sono stati ridotti rispettivamente a 12 e 32 passeggeri (Terrill 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Dall'altra parte ci sono paesi, in particolare in Asia che non hanno imposto forti restrizioni o avvertimenti. In alcune città della Cina, la capacità degli autobus è stata ridotta solo al 50%, verificando tramite telecamere la conformità alle linee guida emanate (Wong 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Treni della metropolitana di Taiwan e della Corea del Sud viaggiavano con un elevato numero di passeggeri nelle ore di punta, ignorando ogni forma di restrizione (nei paesi in cui l'uso della mascherina era obbligatorio nei luoghi pubblici la diffusione del COVID-19 è stata ampiamente contenuta). Inoltre, con la riapertura dopo il lockdown a Singapore, la task force governativa ha dichiarato esplicitamente che le riunioni sociali sono

ancora vietate a partire dall'8 giugno 2020, ma il distanziamento fisico nei mezzi pubblici non sarà applicato finché i passeggeri indossano mascherine ed evitano di parlare tra loro per ridurre al minimo i rischi di contagio (How and Thiagarajan 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Le differenze nelle raccomandazioni e nei regolamenti dei paesi in materia di trasporto pubblico potrebbero essere spiegate dalle differenze nell'attuale presenza del virus nelle varie comunità. L'adeguatezza delle misure di contenimento in ogni paese è stata rivalutata con l'evolversi della pandemia.

1.1 Situazione in Italia

Il coronavirus ha cambiato radicalmente il modo di spostarsi a bordo di treni, autobus, pullman e tram anche in Italia. Nel mese di marzo 2020, in pieno lockdown da Covid-19, si è verificato un crollo verticale della domanda di mobilità pubblica (-80%) e dei ricavi da biglietti e abbonamenti (-74%). Ad oggi il settore del trasporto pubblico locale perde, in Italia, 130 milioni di euro al mese (Maci 2020). È la naturale conseguenza della pandemia, che prevede il distanziamento sociale e sconsiglia fortemente gli assembramenti. Le norme sono state stabilite per bus e tram, così come per i treni. A inizio agosto Trenitalia e Italo hanno provato a ribellarsi alle regole fissate dal governo, abolendo il distanziamento tra i posti a sede, ma sono state prontamente bloccate. Sugli aerei non è stato invece possibile mantenere il distanziamento.

Per spostarsi in sicurezza durante la Fase 2 della pandemia nel nostro paese, il Ministero della Salute ha stilato una serie di raccomandazioni per i passeggeri basandosi sulle linee guida contenute nell'Allegato 9 del DPCM 26 aprile 2020. Agli utenti dei servizi di trasporto pubblico viene consigliato di non utilizzarlo se si hanno sintomi di infezioni respiratorie acute (febbre, tosse, raffreddore) e acquistare i biglietti in formato elettronico, on line o tramite *app* per ridurre al minimo il contatto con altre persone. All'interno dei mezzi pubblici, inoltre si raccomanda di utilizzare le porte di accesso ai mezzi indicate per la salita e la discesa, rispettando sempre la distanza interpersonale di sicurezza di un metro, sedersi solo nei posti consentiti mantenendo il distanziamento dagli altri occupanti. Nel corso del viaggio, igienizzare frequentemente le mani ed evitare di toccarsi il viso e indossare necessariamente una mascherina, anche di stoffa, per la protezione del naso e della bocca.

1.2 L'esigenza del distanziamento sociale

Le infezioni respiratorie come il COVID-19 vengono trasmesse attraverso goccioline (da 5 a 10 μm) e aerosol (più piccole di 5 μm) esalato da individui infetti quando respirano, parlano, tossiscono e starnutiscono (Prather, Wang, e Schooley 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Sebbene ci sia ancora molta incertezza sui vari modi in cui si verifica il contagio da COVID-19, la trasmissione per via aerea in ambienti chiusi è stata stabilita da diversi autori (Morawska e Cao 2020; Shen et al. 2020; Prather, Wang e Schooley 2020; Buonanno,

Stabile e Morawska 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Di conseguenza, gli ambienti chiusi sono generalmente più rischiosi di quelli aperti. L'aerosol può accumularsi e rimanere in ambienti chiusi per ore, ed è la più grande sfida per il trasporto pubblico. Per esempio, le linee guida sulla ripresa delle attività nei luoghi di lavoro evidenziano l'importanza della ventilazione naturale, filtrazione dell'aria e dipendenti che devono seguire rigidi protocolli di igiene, oltre alla pulizia e disinfezione, in particolare, delle superfici che vengono toccate da molte persone (CDC 2020 citato da Tirachini e Cats2020). Il concetto di distanziamento sociale è emerso come misura più efficace, tra quelle non farmaceutiche, per prevenire la trasmissione del virus. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) raccomanda di mantenere una distanza di almeno un metro dalle altre persone (OMS 2020 citato da Tirachini e Cats 2020), mentre altre organizzazioni suggeriscono una distanza fisica di due metri (CDC 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). È stato riscontrato che una distanza di almeno un metro riduce significativamente la probabilità di contagio (Chu et al. 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Il distanziamento sociale risulta il metodo più efficace e semplice per ridurre la possibilità di trasmissione ma riduce fortemente il numero massimo di passeggeri su qualunque mezzo pubblico. In parole povere, il distanziamento fisico è in conflitto con il concetto di trasporto pubblico.

Le attuali ricerche suggeriscono che il mantenimento di una distanza di 1,0, 1,5 o 2,0 metri dalle altre persone, come misura precauzionale, è efficace in ambienti esterni con tempi di esposizione brevi, mentre negli ambienti chiusi sono stati registrati casi di contagio avvenuti a distanze anche superiori. Shen et al. (2020) riporta il caso di un viaggio in autobus risalente a gennaio 2020 in Ningbo, Cina, dove si ritiene che una singola persona infetta e asintomatica abbia trasmesso il COVID-19 a 22 passeggeri (su 67 persone in totale) in due viaggi in autobus di 50 minuti l'uno. In questo caso però i passeggeri non indossavano alcun tipo di protezione individuale, come le mascherine.

La ricerca attuale riconosce che anche la durata dell'esposizione è rilevante (Prather, Wang, e Schooley 2020; SAGE 2020 citato da Jonas De Vos 2020), in particolar modo per il trasporto pubblico al fine di comprendere i rischi intrinseci dei viaggi lunghi rispetto a quelli brevi. Tutto sommato, senza protezione per il viso, pulizia frequente e ventilazione, il trasporto pubblico rischia di diventare il principale mezzo di diffusione del virus: è un ambiente chiuso in cui le persone potrebbero essere esposte per un periodo prolungato. Il distanziamento sociale può ridurre il rischio di contagio ma se non viene integrato con altre misure, come l'uso della mascherina, non è sufficiente.

1.3 L'uso della mascherina

L'uso di mascherine da parte di persone asintomatiche come misura di contenimento del virus è stato oggetto di controversia in particolare durante i primi mesi della pandemia (Javid, Weekes e Matheson 2020; Greenhalgh et al. 2020 citato da Tirachini e Cats 2020). Gli argomenti contro l'uso diffuso della mascherina per il viso includevano scarse prove sulla loro efficienza, uso improprio dovuto alla mancanza di informazioni

su come indossarla correttamente e la possibilità di non rispettare il distanziamento sociale indossando le mascherine (Greenhalgh et al. 2020).

Per diversi mesi, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha raccomandato l'uso della mascherina facciale solo per le persone con sintomi respiratori e per gli operatori sanitari (OMS 2020). Il 5 giugno 2020, l'OMS ha rivisto le sue linee guida suggerendo l'uso di mascherine non mediche (in tessuto) nei luoghi pubblici, compresi i trasporti, e l'uso di maschere mediche per soggetti vulnerabili (OMS 2020). Seguendo l'OMS, i Centri statunitensi per il controllo e la prevenzione delle malattie originariamente consigliava al pubblico di non indossarle, ma questa raccomandazione è stata aggiornata nell'aprile 2020 suggerendo l'uso di mascherine in tessuto anche in pubblico (CDC 2020), a causa della carenza di quelle chirurgiche (Greenhalgh et al. 2020). L'efficienza dei diversi tessuti per filtrare l'aerosol particolato è stata testata da Konda et al. (2020), scoprendo che il livello di filtrazione delle mascherine in tessuto potrebbe essere simile a quello dei dispositivi di protezione individuale (DPI) chirurgici quando vengono utilizzati più strati e quando vengono combinati diversi tessuti (ad es. cotone e seta, cotone e chiffon).

1.4 Conseguenze sull'ambiente

Nei primi mesi del 2020, il traffico aereo si è ridotto in tutto il mondo e la quasi totalità delle persone è rimasta a casa, lavorando a distanza. Ad esempio, nella provincia dell'Hubei in Cina, durante la quarantena le centrali elettriche e industriali hanno cessato la propria produzione e l'impiego dei veicoli è calato significativamente in tutto il paese, determinando una vistosa riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto (NO_2) e particolato atmosferico di dimensioni inferiori a $2,5 \mu\text{M}$ ($\text{PM}_{2.5}$) nelle principali città cinesi (ESA, 2020; CAMS, 2020 citato da Gorini 2020). In particolare, l' NO_2 è diminuito di $22,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $12,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente a Wuhan e in Cina, mentre le $\text{PM}_{2.5}$ si sono ridotte di $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Wuhan, e di ben $18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 367 città nel paese. Rispetto allo stesso periodo dell'anno scorso, i livelli di inquinamento atmosferico a New York sono scesi quasi del 50% a causa delle misure adottate per limitare la diffusione del virus. Come conseguenza del blocco delle principali industrie, e dell'utilizzo limitato delle automobili, in Europa le emissioni di NO_2 e, in misura ridotta, di $\text{PM}_{2.5}$ hanno subito una drastica diminuzione nel nord Italia, in Spagna e Regno Unito (CAMS, 2020; Ficetola e Rubolino, 2020 citato da Gorini 2020).

1.5 Scopo della tesi

Ma quali saranno le conseguenze sull'inquinamento prodotto dai mezzi pubblici nella fase di ripresa dopo la pandemia? Per rispondere a questa domanda bisogna prima studiare il problema a livello locale e, successivamente, confrontare tutti i risultati per poter dare un giudizio a livello globale. Dunque saranno presi in considerazione dei porti e aeroporti (italiani e croati) nella regione dell'adriatico al fine di valutare

l'impatto ambientale prodotto dai veicoli destinati al trasporto dei passeggeri dal punto di arrivo fino al centro della città. Sarà inoltre necessario fare una stima sul numero di passeggeri per l'anno 2021 basandosi sui dati del 2019 creando 3 scenari che prevedono un numero diverso di viaggiatori e definire il modo in cui essi si sposteranno verso il centro della città ipotizzando 3 capienze diverse in base all'aggravarsi o meno della pandemia in corso. Infine, dopo aver calcolato i chilometri che ogni mezzo dovrà percorrere e che tipo di carburante utilizza, si potrà fare il calcolo del possibile inquinamento prodotto nel 2021. Per poter procedere al calcolo finale bisogna scegliere quali inquinanti analizzare. Nei capitoli successivi verranno presi in esame i seguenti inquinanti (ARPAV, 2020):

Particolato Atmosferico (PM10): il particolato è costituito da un insieme estremamente eterogeneo di particelle la cui origine può essere primaria o secondaria. Una caratterizzazione esauriente del particolato sospeso si basa oltre che sulla misura della concentrazione e dell'identificazione delle specie chimiche coinvolte, anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Il PM10 identifica una delle numerose frazioni in cui viene classificato il particolato, il cui diametro aerodinamico è uguale o inferiore a 10 μm , ovvero 10 millesimi di millimetro. È costituito da polvere, fumo e aerosol. Le principali fonti di PM10 sono sorgenti legate all'attività umana come processi di combustione (nei motori a scoppio, negli impianti di riscaldamento, in molte attività industriali), usura dei pneumatici, freni ed asfalto oppure sorgenti naturali come l'erosione del suolo, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche e dispersione di pollini. Ai fini degli effetti sulla salute è molto importante la determinazione delle dimensioni e della composizione chimica delle particelle. Le dimensioni determinano il grado di penetrazione all'interno del tratto respiratorio mentre le caratteristiche chimiche determinano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti. Gli effetti imputabili all'esposizione di particolato atmosferico sono: effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione, riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio e aggravamento delle malattie respiratorie croniche.

Ossidi di azoto (NOx): comprendono il monossido (NO) e il biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto è un gas inodore e incolore che costituisce il componente principale delle emissioni di ossido di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato in NO₂. Rappresentano i tipici inquinanti delle aree ad elevato traffico veicolare caratterizzato da scarso ricambio d'aria. Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, comprendono principalmente gli autoveicoli, le centrali termoelettriche e il riscaldamento domestico. Gli effetti imputabili all'esposizione di NO₂ sono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare e edema polmonare.

Monossido di carbonio (CO): gas prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Le zone di più probabile accumulo sono quelle in prossimità delle sorgenti di traffico. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, soprattutto a benzina, dal trattamento e smaltimento rifiuti, dalle

industrie e raffinerie di petrolio. Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati all'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Comprendono i seguenti sintomi: diminuzione della capacità della concentrazione, confusione mentale, alterazione della pressione sanguigna e accelerazione del battito cardiaco.

Anidride carbonica (CO₂): sebbene sotto certi aspetti la CO₂ possa essere considerata un inquinante (come nel caso della acidificazione degli oceani), il maggior impatto ambientale della anidride carbonica è conseguente alla sua qualità di gas serra. Pur essendo l'effetto serra di per sé un effetto che avviene normalmente in natura, quando è troppo accentuato provoca un forte riscaldamento che ha effetti assai dannosi in agricoltura, per la salute e nell'ambiente in generale. L'eccessiva concentrazione di CO₂ costituisce un inquinamento che, se non mitigato, farà aumentare la temperatura e provocherà stress, anche irreversibili nelle colture.

2 - DATI E METODI

Per studiare al meglio questo problema sono stati scelti determinati porti e aeroporti e il loro apporto di passeggeri che transitano con i mezzi pubblici. In particolare, verranno analizzati i porti di Ancona, Dubrovnik e Pola e gli aeroporti di Bari, Dubrovnik e Pola. Al fine di poter dare una stima più realistica del numero dei passeggeri che transiteranno in questi luoghi è necessaria l'analisi di una base solida di dati. Per questo è stato analizzato il traffico dei viaggiatori dall'anno 2015 fino ad oggi.

2.1 Porto di Ancona

I dati necessari per l'analisi dei passeggeri sono stati forniti dalla direzione del porto di Ancona nel 2021 nell'ambito della presente tesi. Dal grafico 1 si può notare che il porto di Ancona ha la maggiore affluenza dei passeggeri nei mesi estivi con un picco evidente nel mese di agosto.

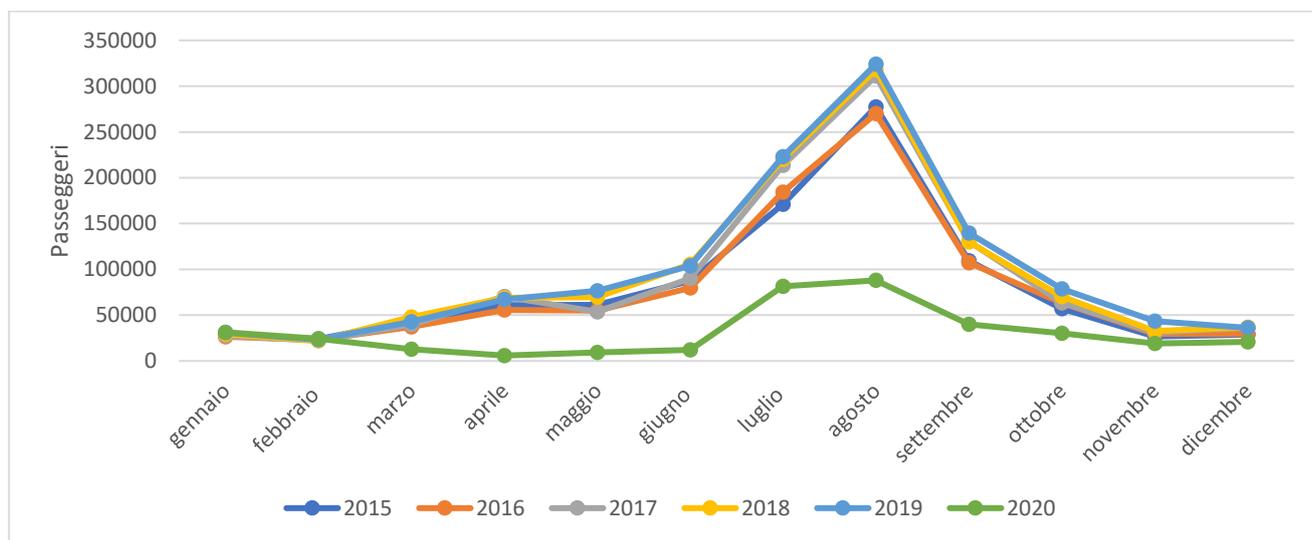


Grafico 1: passeggeri totali transitati nel porto di Ancona dal 2015 al 2020

Il grafico 2 presenta un andamento poco uniforme sul numero di passeggeri transitati nel porto di Ancona con numerosi picchi, nel corso degli anni, localizzati in mesi diversi.

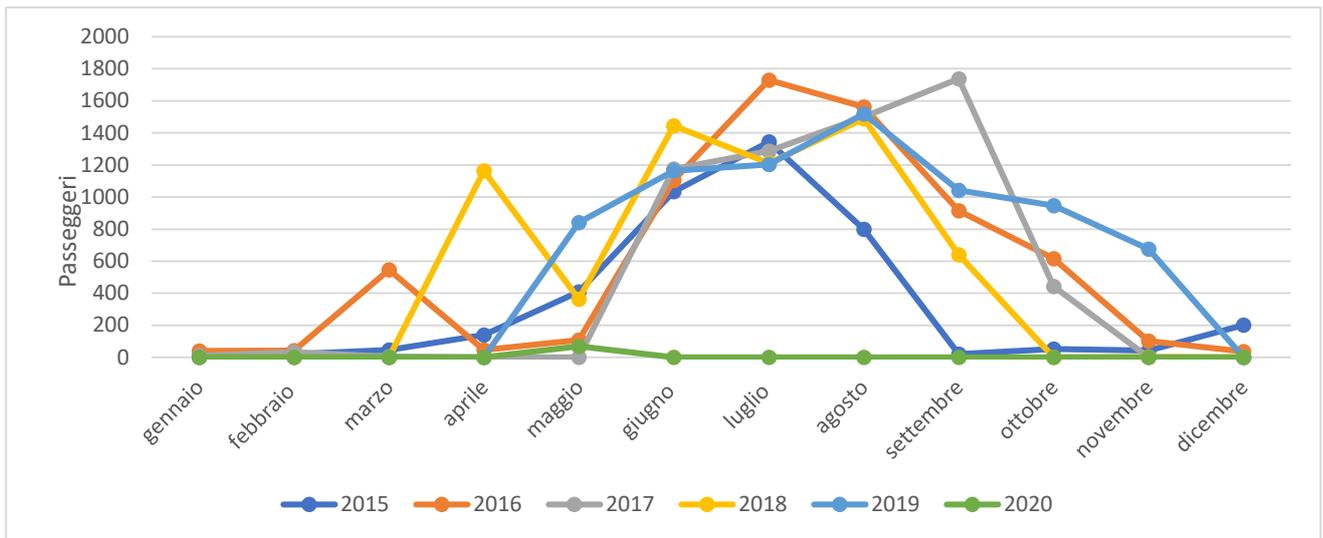


Grafico 2: passeggeri con destinazione nazionale nel porto di Ancona dal 2015 al 2020

Osservando il grafico 3 si può notare un andamento molto più lineare dei viaggiatori rispetto al grafico 2 e un unico picco evidente nel mese di agosto per tutti gli anni ma con una diminuzione del 57,3% dei passeggeri nel 2020 rispetto all'anno precedente.

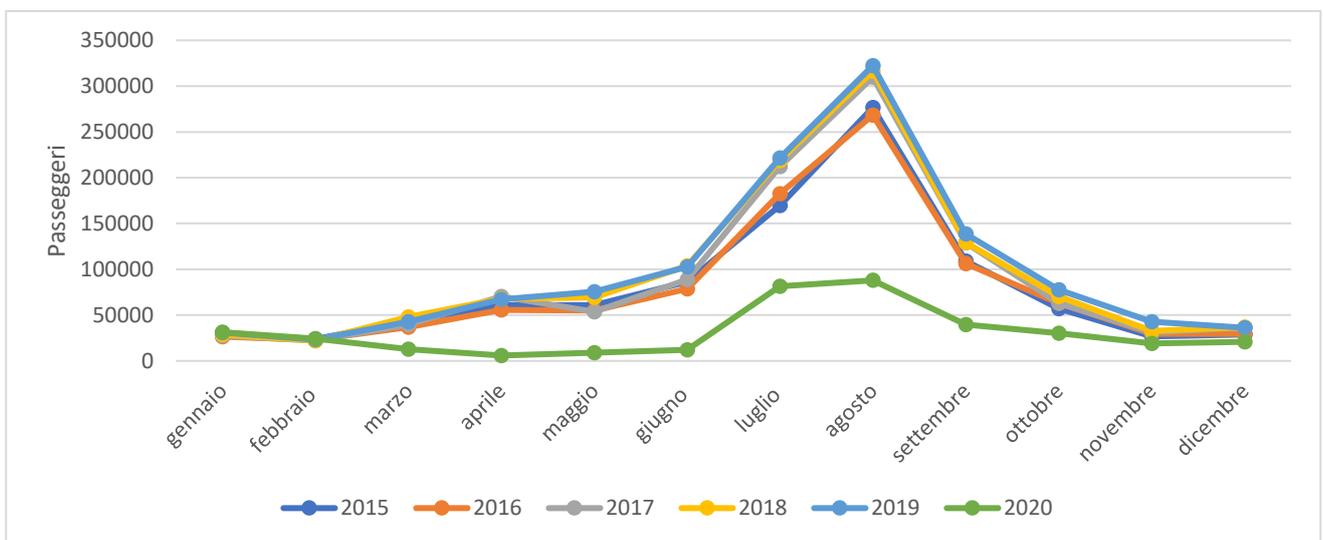


Grafico 3: passeggeri con destinazione internazionale nel porto di Ancona dal 2015 al 2020

2.2 Porto di Dubrovnik

Per reperire i numeri dei passeggeri transitati nel porto di Dubrovnik e successivamente nel porto di Pola, sono stati presi i dati forniti da Republic of Croatia (2021). Come nel porto di Ancona, anche in quello di Dubrovnik, si può notare un evidente picco nel mese di agosto (grafico 4).

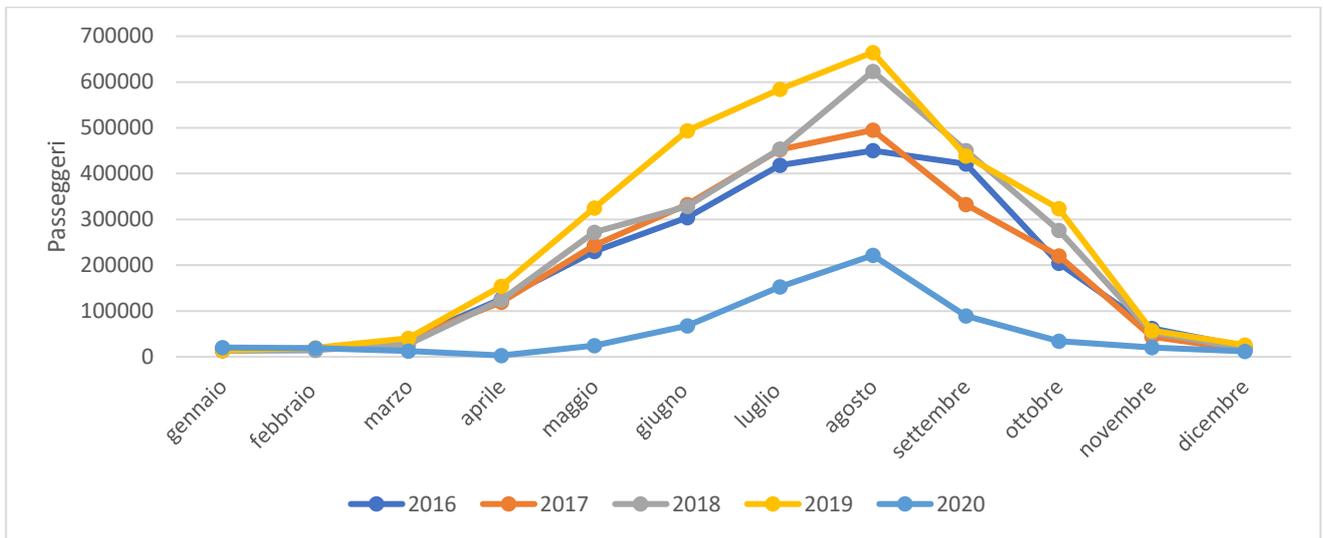


Grafico 4: passeggeri totali transitati nel porto di Dubrovnik dal 2016 al 2020

Andando ora a studiare le destinazioni dei passeggeri (grafico 5 e grafico 6) si può osservare che meno della metà dei viaggiatori sceglie mete internazionali. Questo è probabilmente dovuto al fatto che i turisti, una volta arrivati in Croazia, decidano di visitare le isole vicine spostandosi con traghetti o navi.

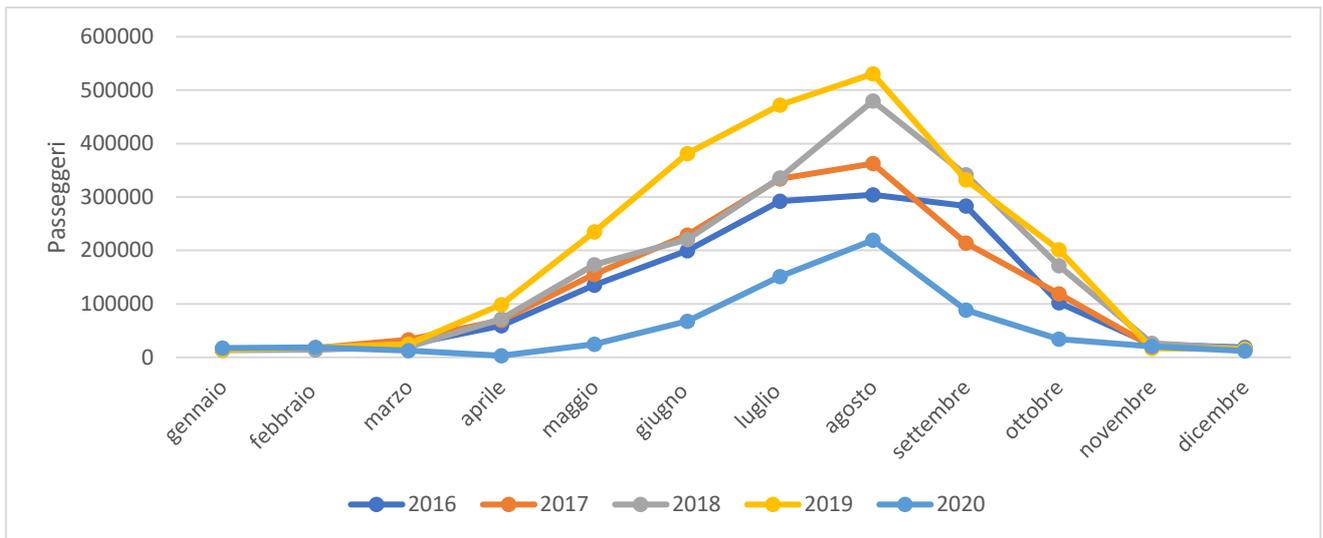


Grafico 5: passeggeri con destinazione nazionale nel porto di Dubrovnik dal 2016 al 2020

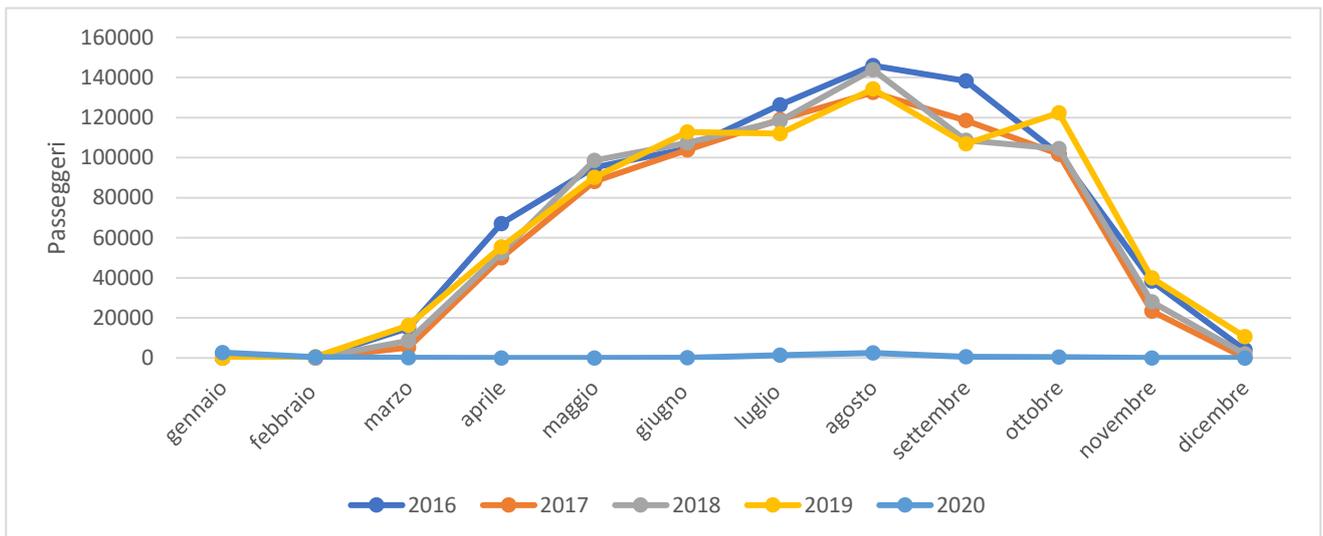


Grafico 6: passeggeri con destinazione internazionale nel porto di Dubrovnik dal 2016 al 2020

2.3 Porto di Pola

Come precedentemente affermato, tutti i dati relativi ai passeggeri del porto di Pola sono stati estrapolati da Croatian Bureau of Statistic (2021). Dal grafico 7 emerge un andamento dei passeggeri differente rispetto ai porti studiati in precedenza: il picco dei viaggiatori transitati nel porto di Pola resta sempre in agosto ma l'andamento delle curve risulta più omogeneo e l'anno 2020, nonostante le limitazioni imposte dal Covid-19, non risulta essere il peggiore dal 2015 fino ad oggi.

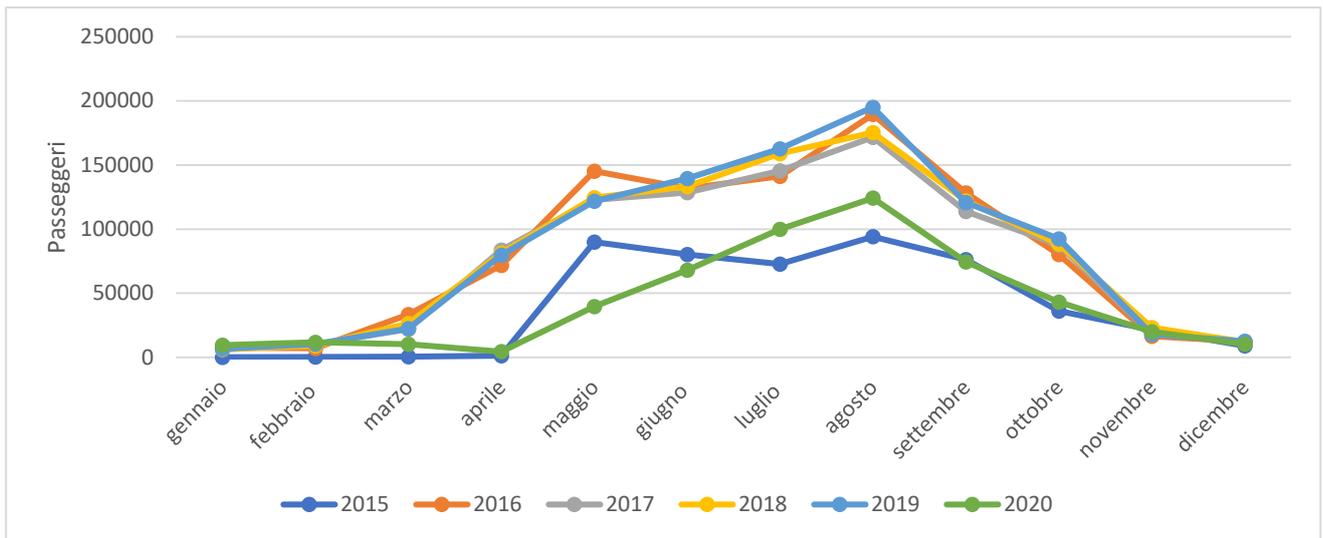


Grafico 7: passeggeri totali transitati nel porto di Pola dal 2015 al 2020

Questa differenza è dovuta al fatto che il porto di Pola negli ultimi anni ha sempre avuto un elevato numero di viaggiatori con destinazioni nazionali (Grafico 8) mentre l'afflusso di turisti si concentra solo nei mesi più caldi, cioè dal mese di maggio fino a ottobre (Grafico 9).

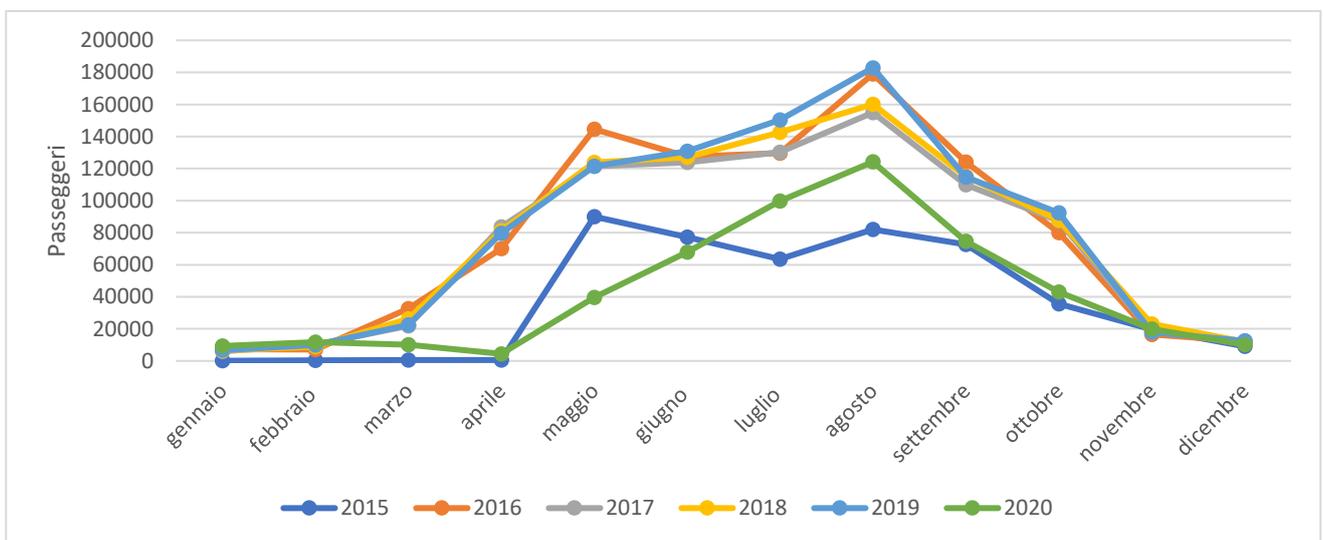


Grafico 8: passeggeri con destinazione nazionale nel porto di Pola dal 2015 al 2020

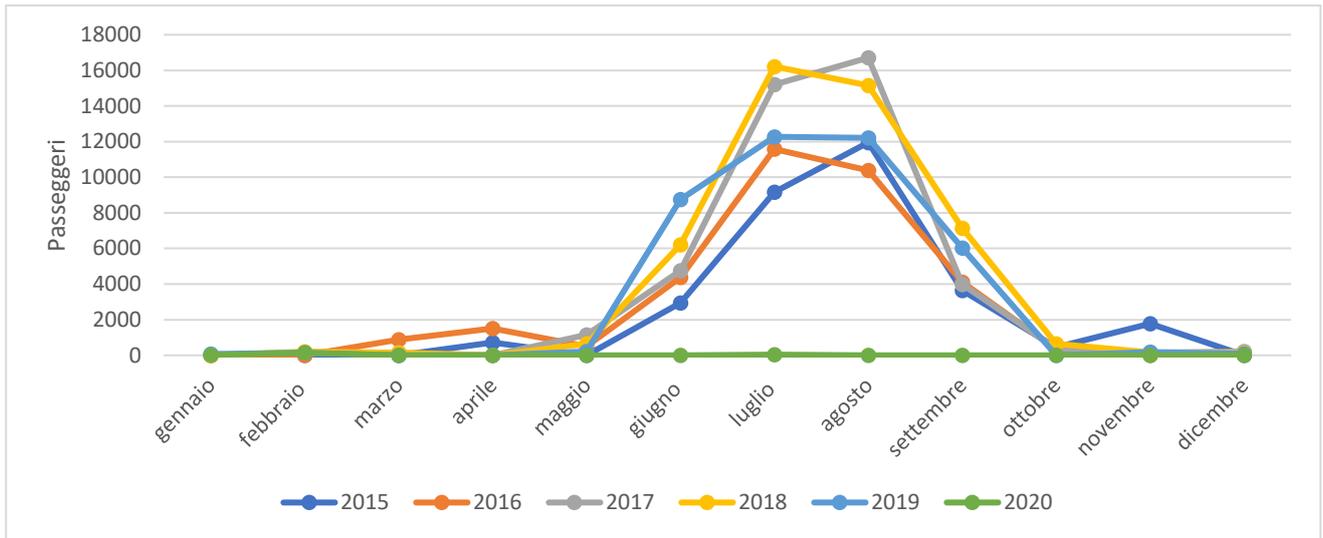


Grafico 9: passeggeri con destinazione internazionale nel porto di Pola dal 2015 al 2020

2.4 Aeroporto di Bari

Tutti i dati relativi all'aeroporto di Bari sono stati presi dal sito dell'Associazione Italiana Gestori Aeroporti (Assaeroporti 2021) grazie ai quali è stato possibile individuare sia il numero dei passeggeri transitati dall'anno 2015 al 2020.

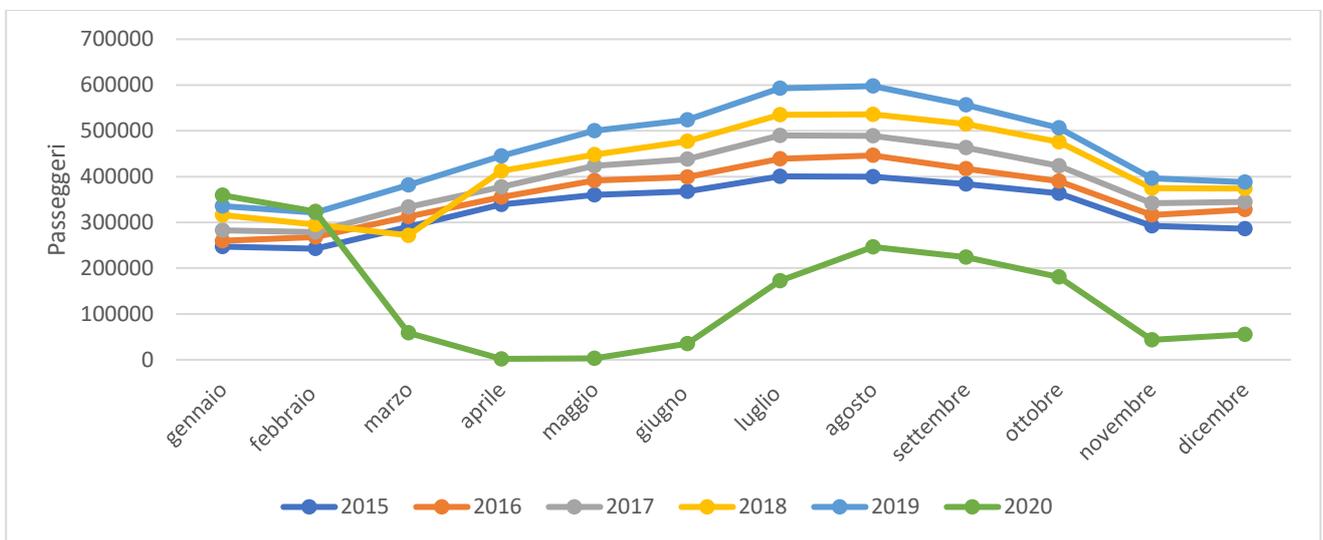


Grafico 10: passeggeri totali transitati nell'aeroporto di Bari dal 2015 al 2020

Analizzando invece i grafici 11 e 12, relativi alle destinazioni scelte, risulta un andamento quasi costante dei passeggeri che preferiscono mete nazionali, con un leggero calo nel mese di agosto. Al contrario, il numero

dei turisti che scelgono l'aeroporto di Bari per raggiungere mete internazionali cresce nei mesi più caldi fino ad arrivare al suo massimo nel mese di agosto.

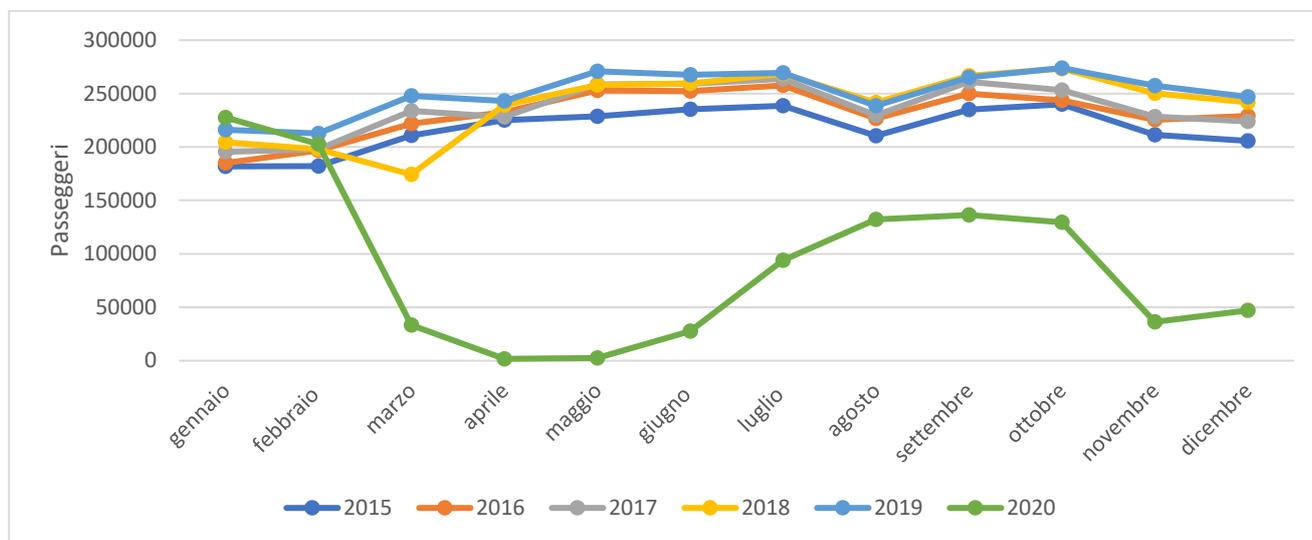


Grafico 11: passeggeri con destinazione nazionale nell'aeroporto di Bari dal 2015 al 2020

Dai grafici relativi all'aeroporto di Bari emerge che i primi due mesi del 2020 hanno il numero di passeggeri maggiore rispetto a tutti gli anni analizzati. Questo evidenzia che, senza la pandemia, molto probabilmente il 2020 sarebbe stato l'anno con il numero di viaggiatori più alto di sempre.

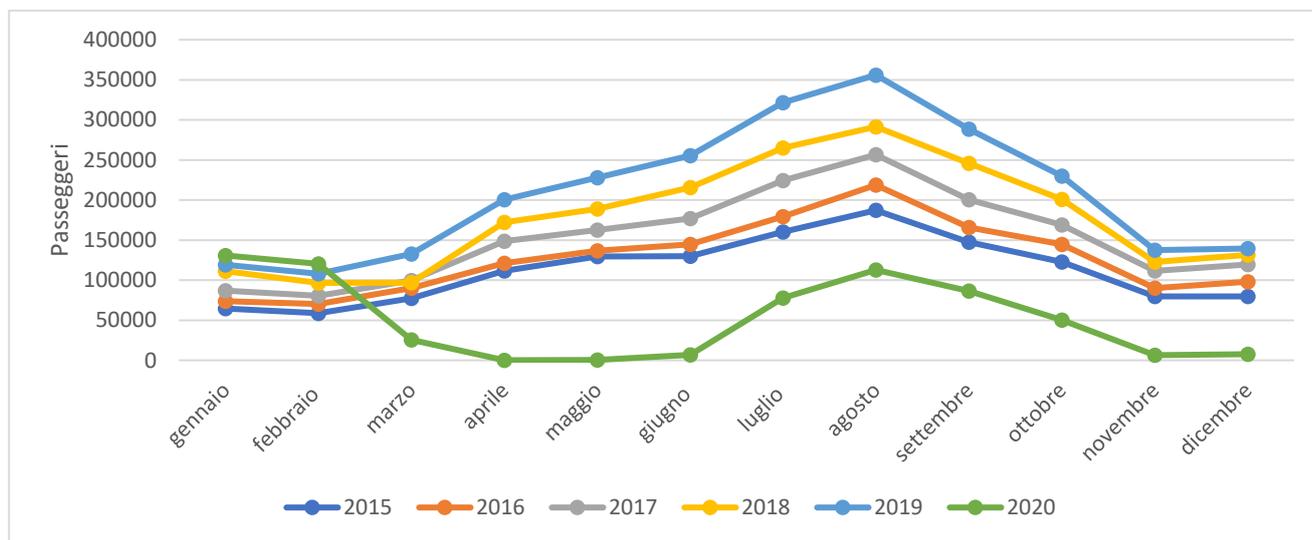


Grafico 12: passeggeri con destinazione internazionale nell'aeroporto di Bari dal 2015 al 2020

2.5 Aeroporto di Dubrovnik

Per determinare il numero di viaggiatori transitati nell'aeroporto di Dubrovnik dal 2015 al 2020 sono stati presi i dati dal sito web di Dubrovnik Airport (2021) che però non fornisce informazioni sulle destinazioni dei passeggeri. Nonostante ciò si può vedere come il numero dei viaggiatori aumenta nei mesi più caldi fino ad agosto dove raggiunge il numero massimo.

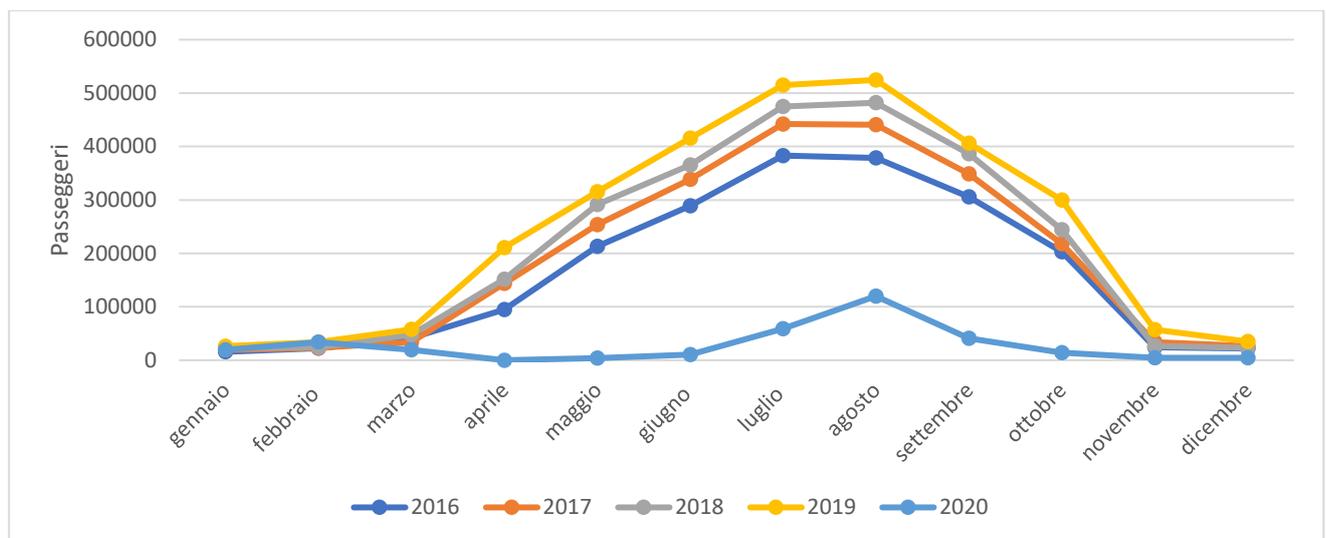


Grafico 13: passeggeri totali transitati nell'aeroporto di Dubrovnik dal 2016 al 2020

È anche possibile fare un confronto tra i dati del porto e dell'aeroporto di Dubrovnik. Come già visto in precedenza e ancora nel grafico 14, nel porto della città le mete più gettonate sono quelle nazionali quindi si può ipotizzare che l'aeroporto di Dubrovnik lavori per lo più con destinazioni internazionali.

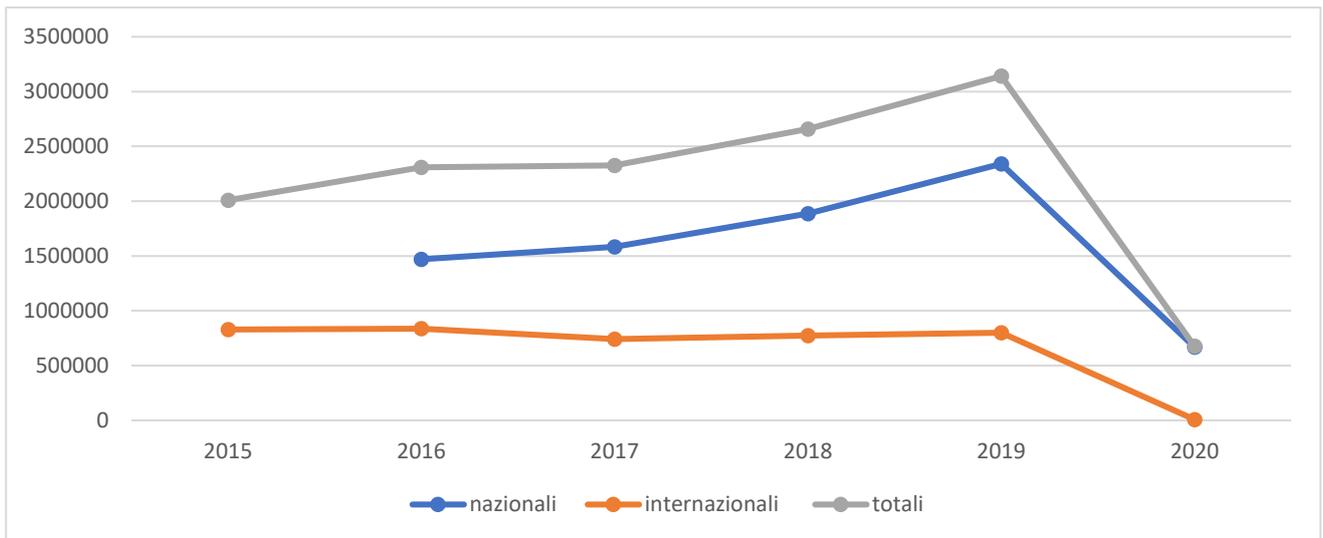


Grafico 14: passeggeri transitati nel porto di Dubrovnik dal 2015 al 2016 con le relative destinazioni

2.6 Aeroporto di Pola

Così come per l'aeroporto di Dubrovnik, anche per quello di Pola i dati sono stati reperiti dal sito web di Pula Airport (2021). Possiamo notare, dal grafico 15, che il numero dei viaggiatori cresce molto nei mesi estivi fino a raggiungere il picco massimo nel mese di luglio.

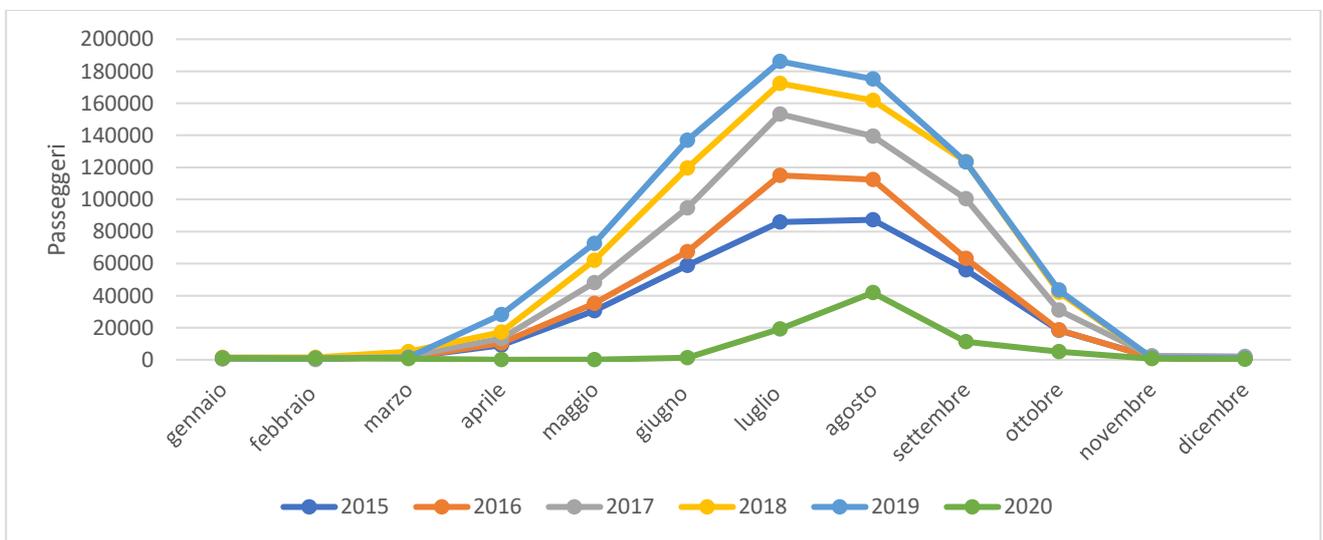


Grafico 15: passeggeri totali transitati nell'aeroporto di Pola dal 2015 al 2020

Non avendo dati sulla destinazione dei passeggeri transitati, come nel caso dell'aeroporto di Dubrovnik, possiamo fare un confronto con il porto della stessa città. Il grafico 16 evidenzia che quasi la totalità delle

mete scelte dai viaggiatori sono di destinazione nazionale, quindi è possibile dire che nell'aeroporto di Pola la maggior parte dei passeggeri preferisca una meta internazionale.

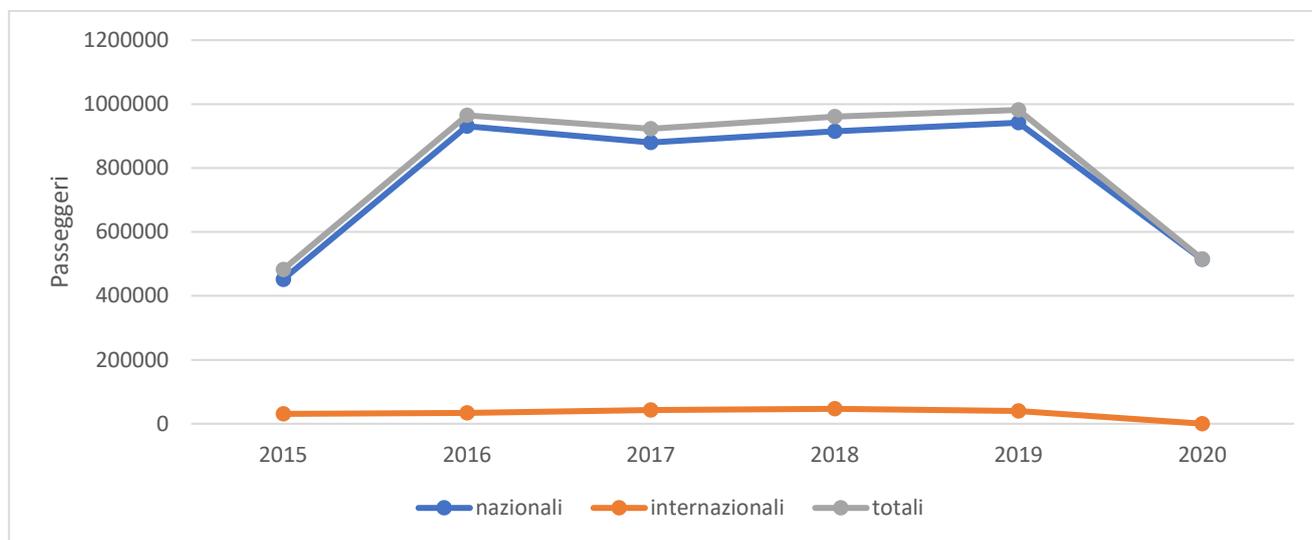


Grafico 16: passeggeri transitati nel porto di Pola dal 2015 al 2016 con le relative destinazioni

2.7 Scenari per l'anno 2021

Una volta raccolti e analizzati i dati sui passeggeri transitati nei porti e aeroporti presi come caso studio occorre fare una stima dei possibili viaggiatori che sceglieranno questi luoghi come meta dei loro viaggi. Per farlo è necessario anche considerare che gli effetti della pandemia sono in continua evoluzione ed è complicato fornire una stima precisa. Per questo è stato scelto come anno di riferimento l'anno 2019 e sono stati ipotizzati 3 scenari differenti:

Scenario	Passeggeri previsti per il 2021 rispetto al 2019
1	30%
2	50%
3	70%

Di seguito verranno elencati tutti gli scenari per ogni porto e aeroporto precedentemente analizzati.

2.7.1 Scenari per il porto di Ancona

Dal grafico 17, il numero di passeggeri stimato nei primi mesi del 2021 è inferiore a quello degli anni precedenti, questo perché a gennaio e febbraio del 2020 non erano ancora entrate in vigore le regole che limitavano gli spostamenti a causa del virus.

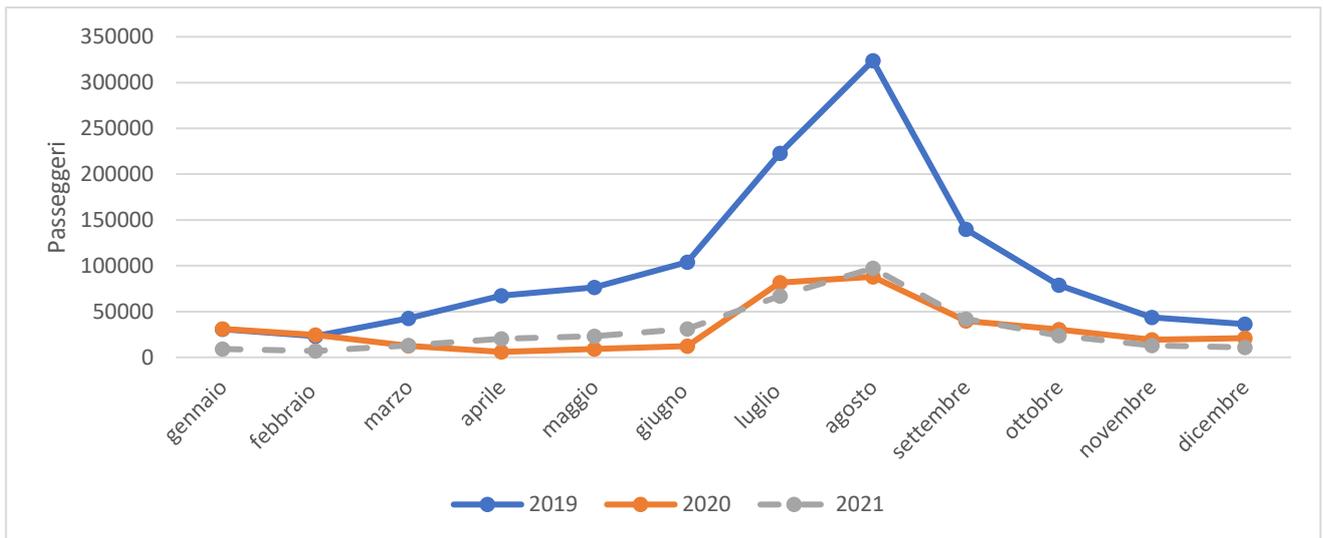


Grafico 17: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 1 per il porto di Ancona

Nello scenario 2 si ipotizza un lieve aumento di passeggeri rispetto al 2020 ma comunque inferiore di almeno il 50% rispetto all'anno 2019 rallentando di molto la crescita dei viaggiatori nel porto italiano.

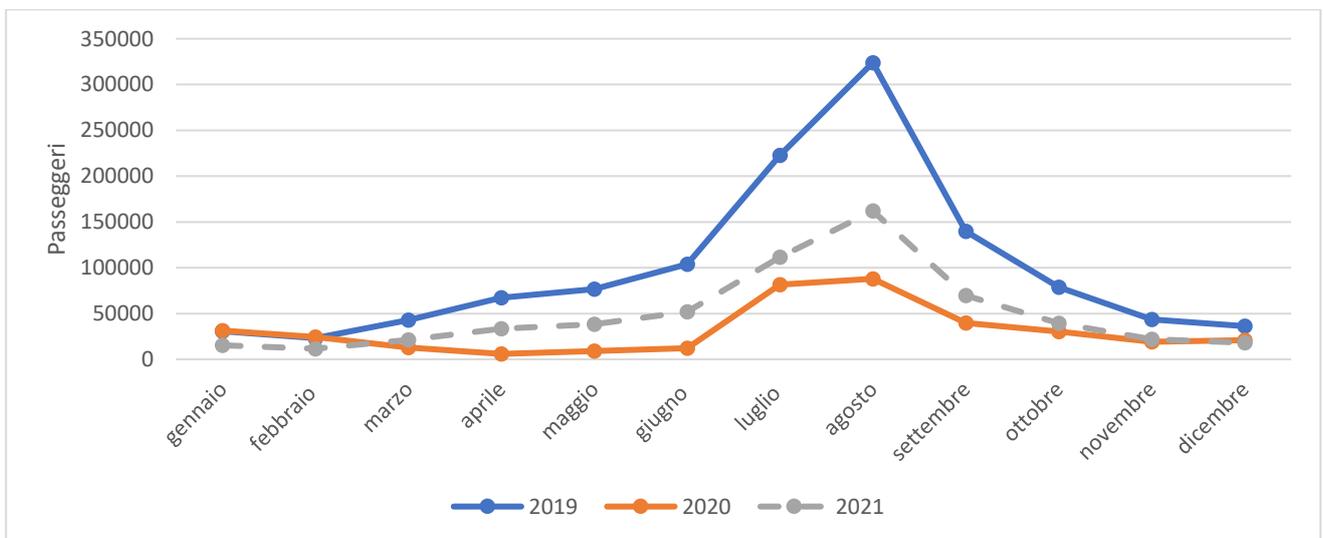


Grafico 18: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 2 per il porto di Ancona

Osservando lo scenario 3 (grafico 19) il numero dei viaggiatori previsto nel 2021 risulta essere quasi una media tra i passeggeri transitati nel Porto di Ancona negli anni 2019 e 2020.

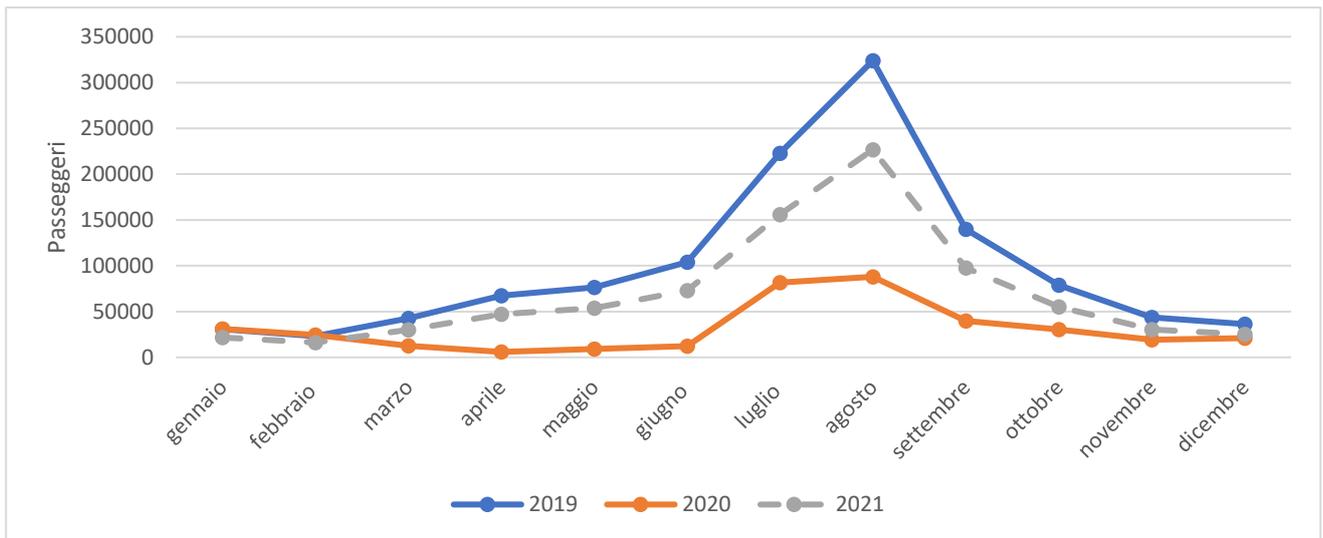


Grafico 19: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 3 per il porto di Ancona

2.7.2 Scenari per il porto di Dubrovnik

Come per il porto di Ancona, dal grafico 20, il numero dei passeggeri nel porto di Dubrovnik secondo lo scenario 1 è molto simile a quello del 2020, mentre negli scenari 2 e 3 si evince un netto aumento.

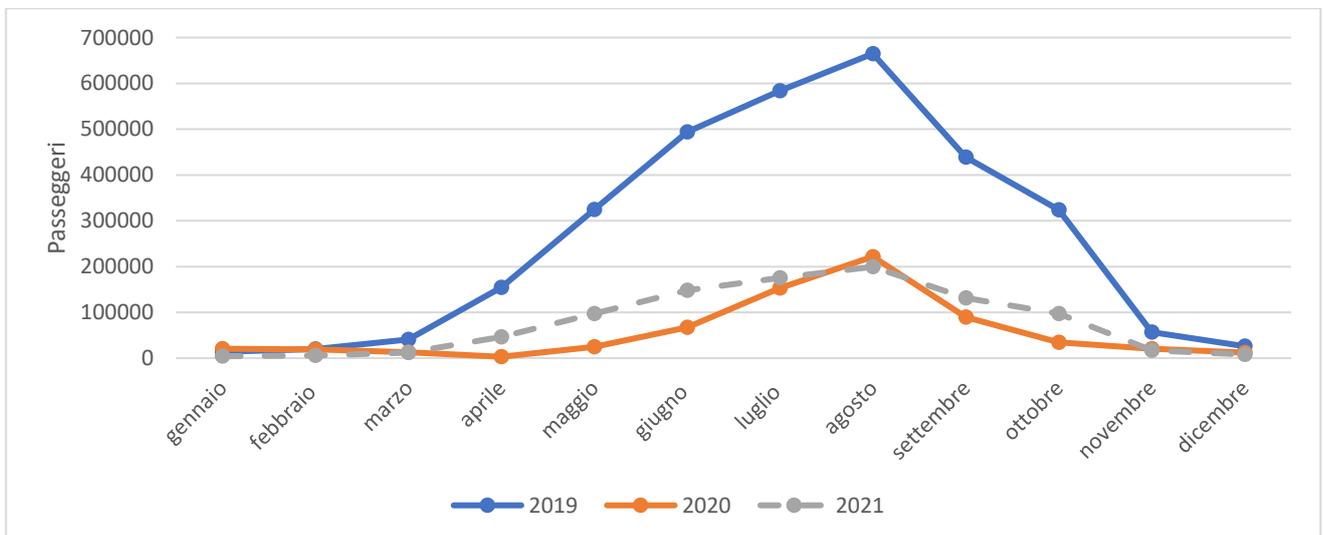


Grafico 20: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 1 per il porto di Dubrovnik

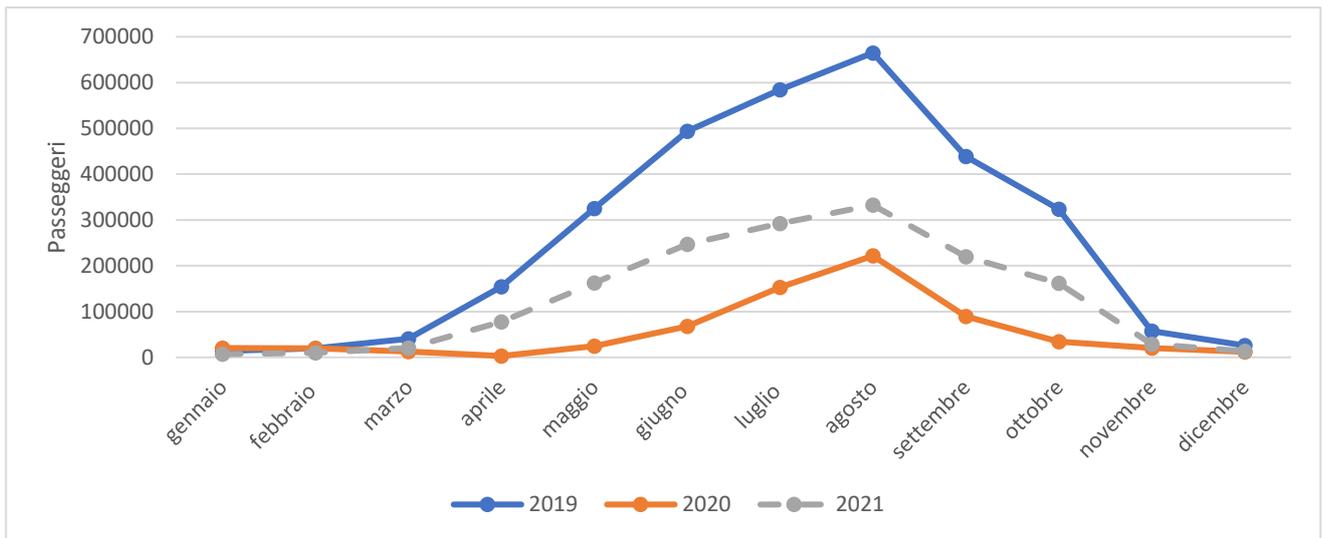


Grafico 21: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 2 per il porto di Dubrovnik

Osservando il grafico 22 si può notare come il numero dei passeggeri previsti per il 2021 rappresenti quasi una media tra i valori dell'anno 2019 e quelli del 2020.

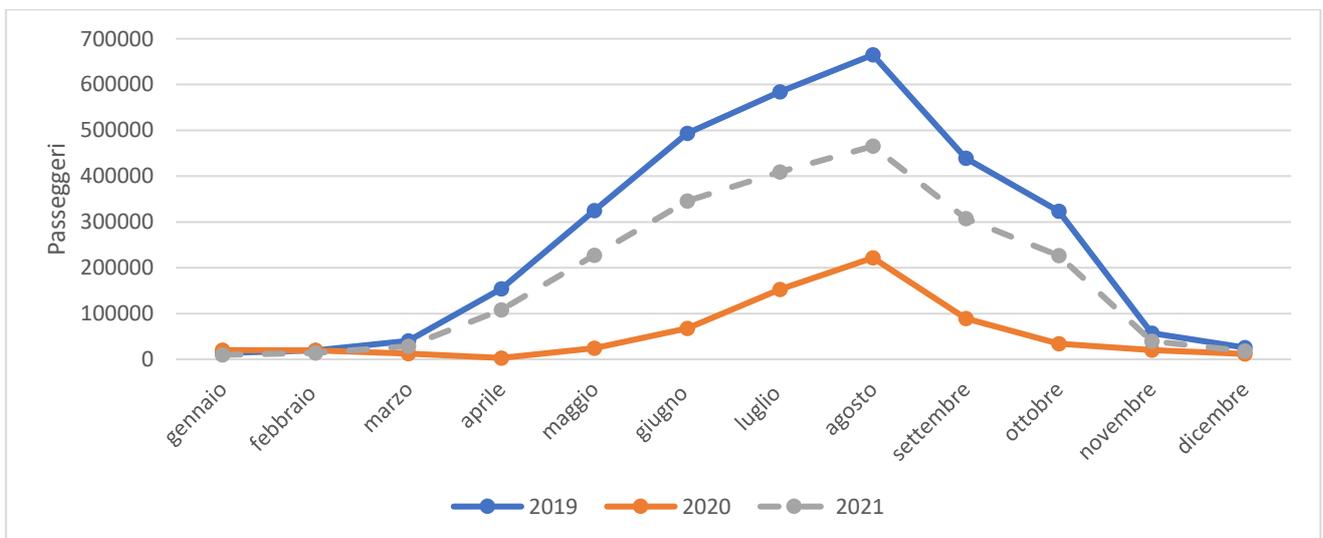


Grafico 22: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 3 per il porto di Dubrovnik

2.7.3 Scenari per il porto di Pola

Analizzando gli scenari per il porto di Pola, dal grafico 23 e 24, emerge una differenza rispetto ai porti di Ancona e Dubrovnik. Infatti, nei primi 2 scenari il numero dei passeggeri previsti per l'anno 2021 risulta in parte inferiore all'anno 2020. Questa differenza può essere spiegata dal fatto che nel 2020, quando non era permesso viaggiare fuori dalla nazione, il turismo locale ha avuto un forte aumento.

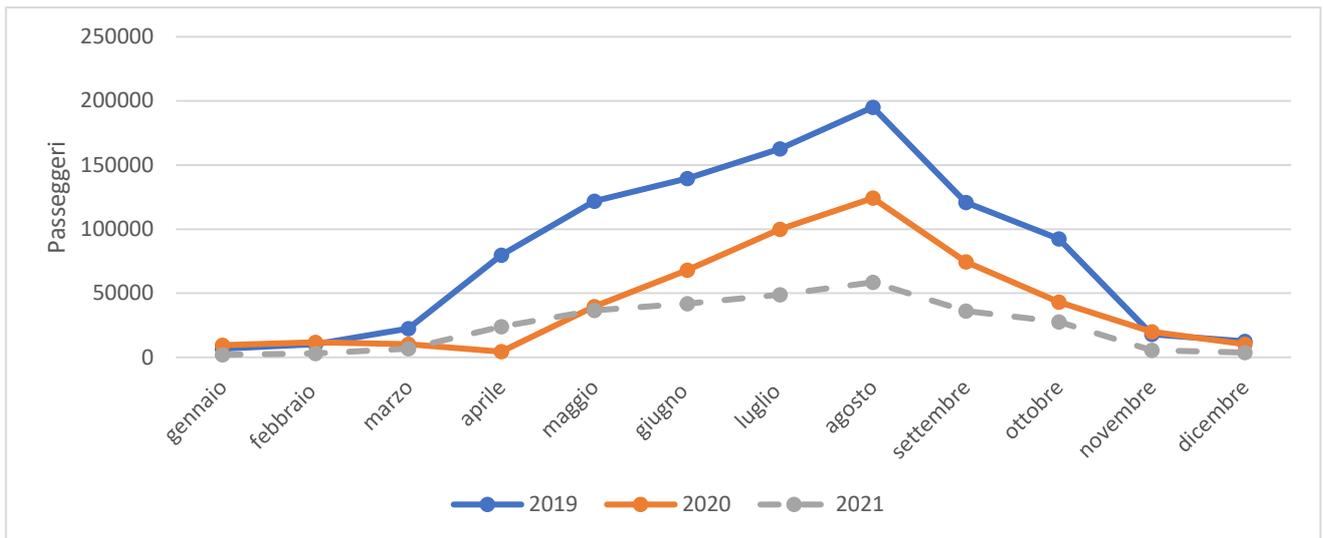


Grafico 23: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 1 per il porto di Pola

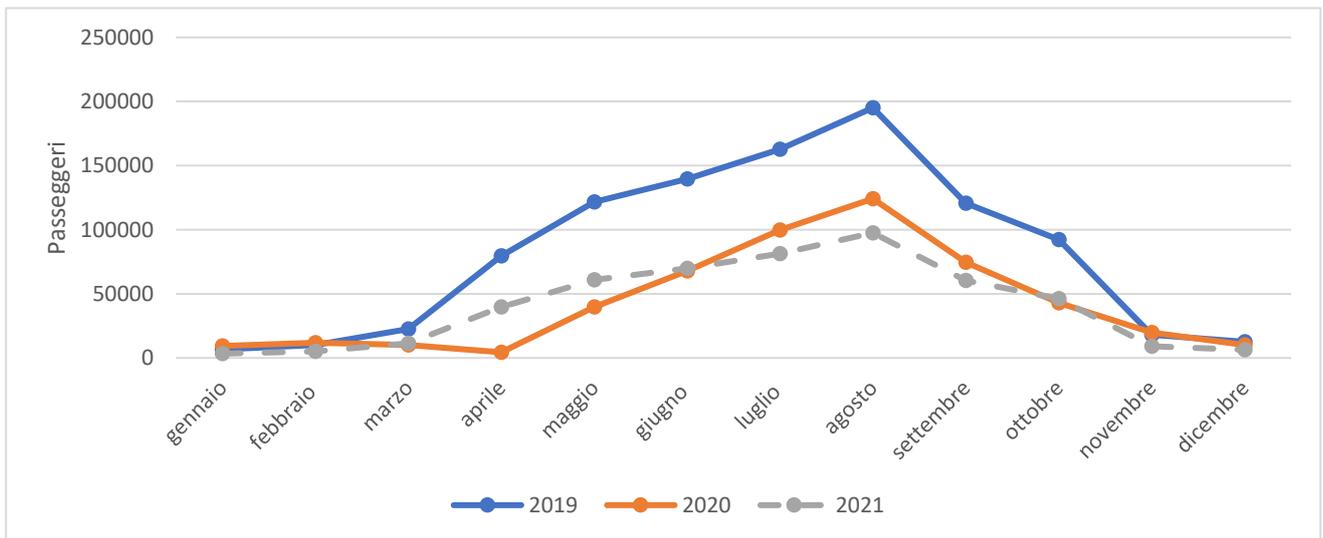


Grafico 24: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 2 per il porto di Pola

Osservando il grafico 25 si evince che il numero dei passeggeri previsti per il 2021 è poco superiore a quello dell'anno precedente e questo è dovuto al fatto che il porto di Pola, nonostante la pandemia, abbia avuto un numero considerevole di viaggiatori.

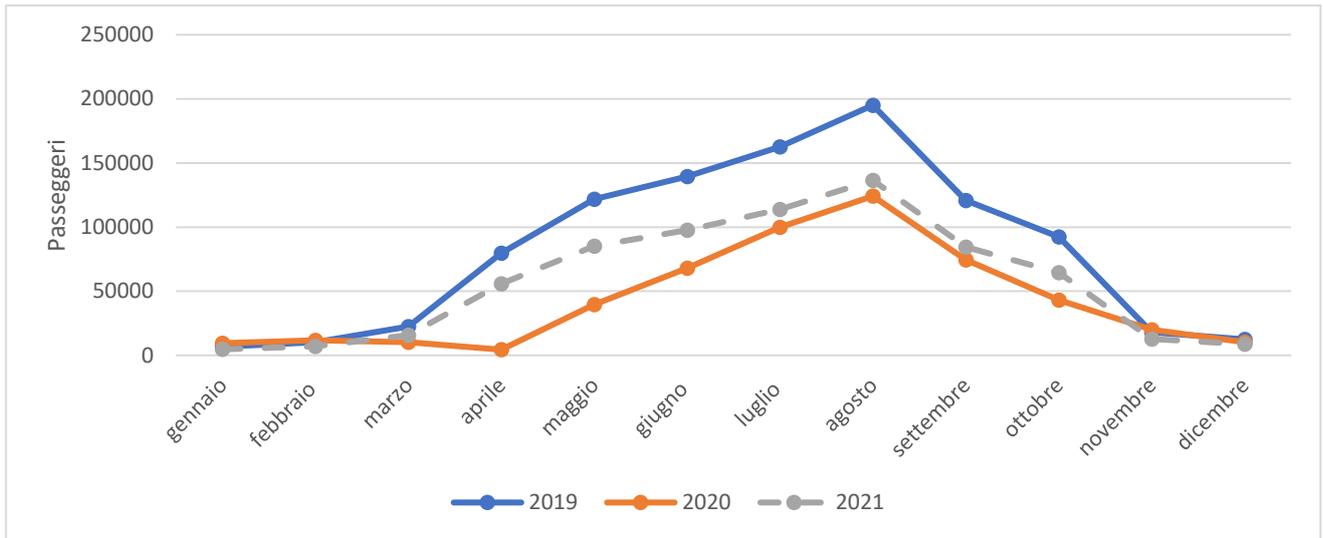


Grafico 25: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 3 per il porto di Pola

2.7.4 Scenari per l'aeroporto di Bari

Dal grafico 26, che raffigura lo scenario 1 previsto per l'aeroporto di Bari, il numero di passeggeri previsto per l'anno 2021 è simile a quello dell'anno 2020 ma con una distribuzione più omogenea dei passeggeri.

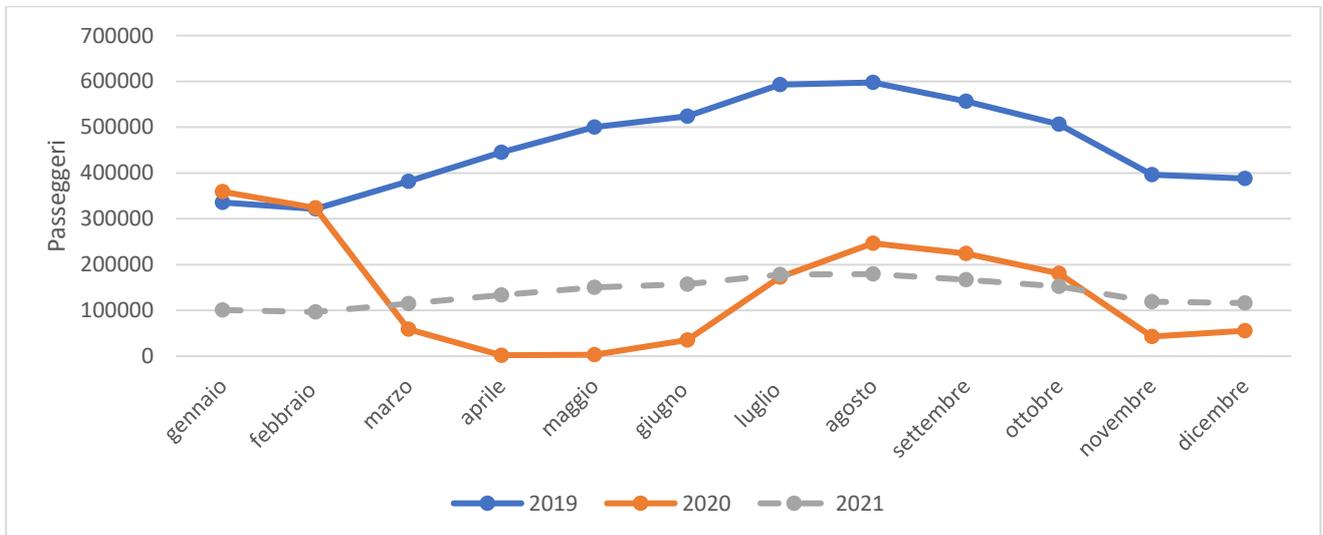


Grafico 26: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 1 per l'aeroporto di Bari

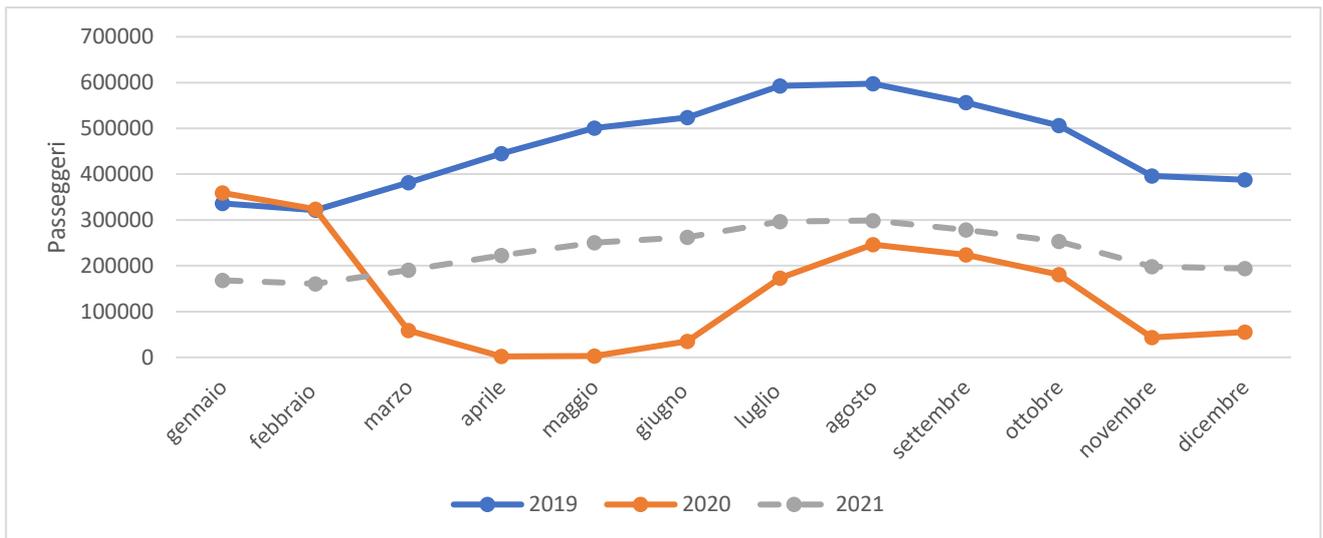


Grafico 27: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 2 per l'aeroporto di Bari

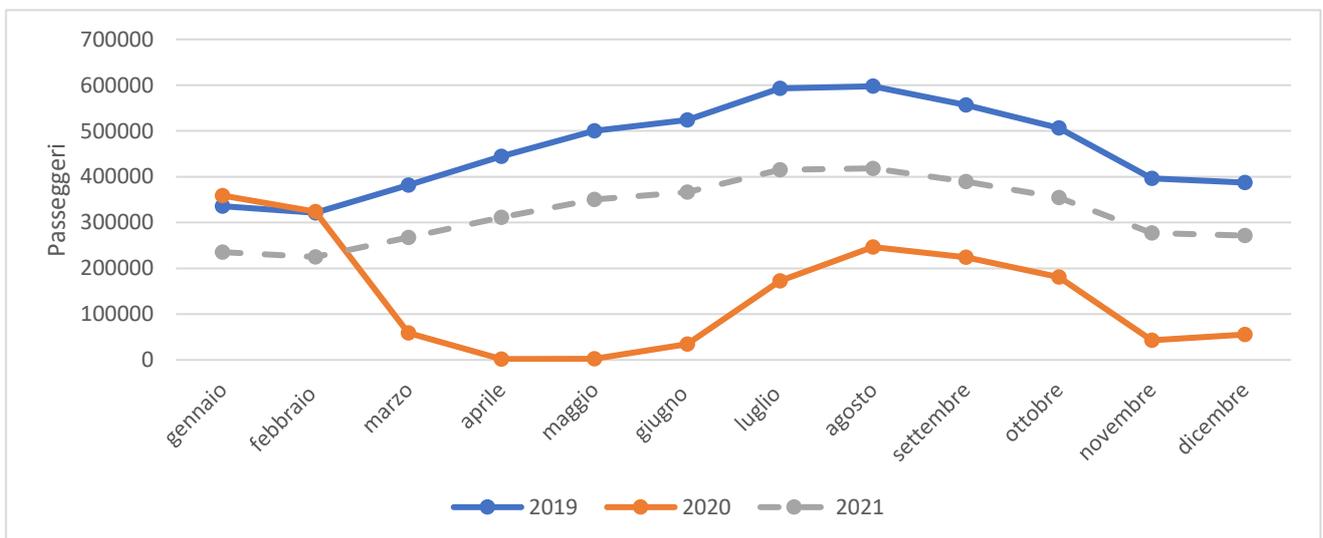


Grafico 28: numero di passeggeri previsti secondo lo scenario 3 per l'aeroporto di Bari

Osservando i primi mesi del 2020, il numero di passeggeri, risulta molto simile al 2019 per poi scendere in maniera evidente. Questa è dovuto all'introduzione di norme sempre più stringenti sugli spostamenti fino ad arrivare, nei mesi di marzo e aprile, quando quasi ogni forma di spostamento era vietata.

2.7.5 Scenari per l'aeroporto di Dubrovnik

Secondo gli scenari ipotizzati per l'aeroporto di Dubrovnik il numero di passeggeri, previsti per i primi mesi del 2021, non supera quelli del 2020 in quanto in questo periodo gli spostamenti non erano ancora limitati.

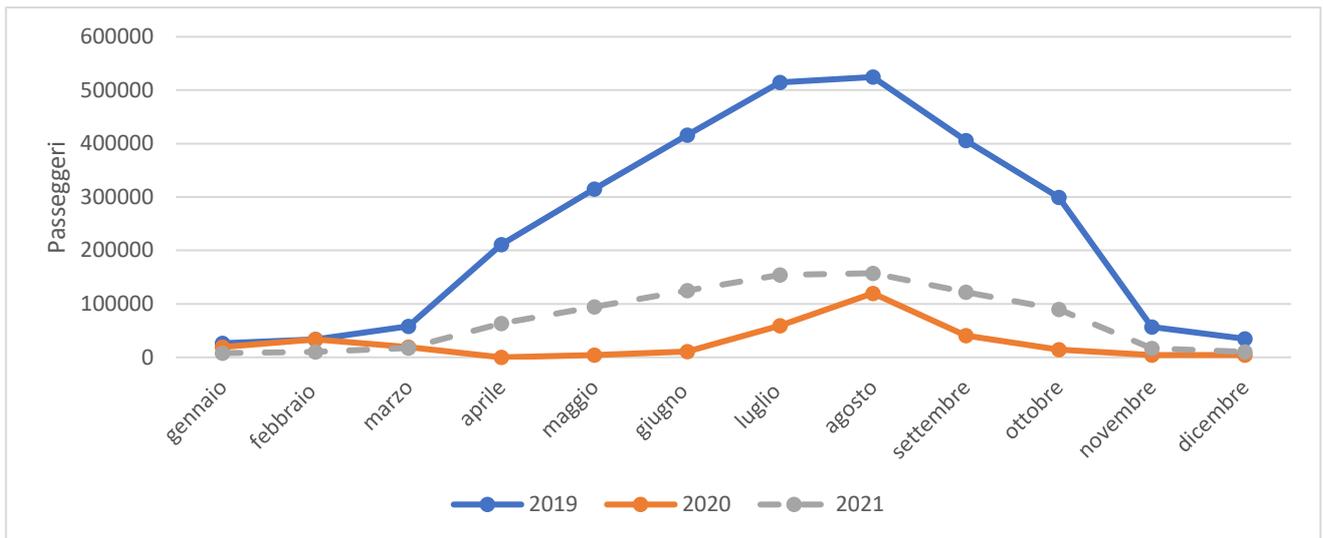


Grafico 29: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 1 per l'aeroporto di Dubrovnik

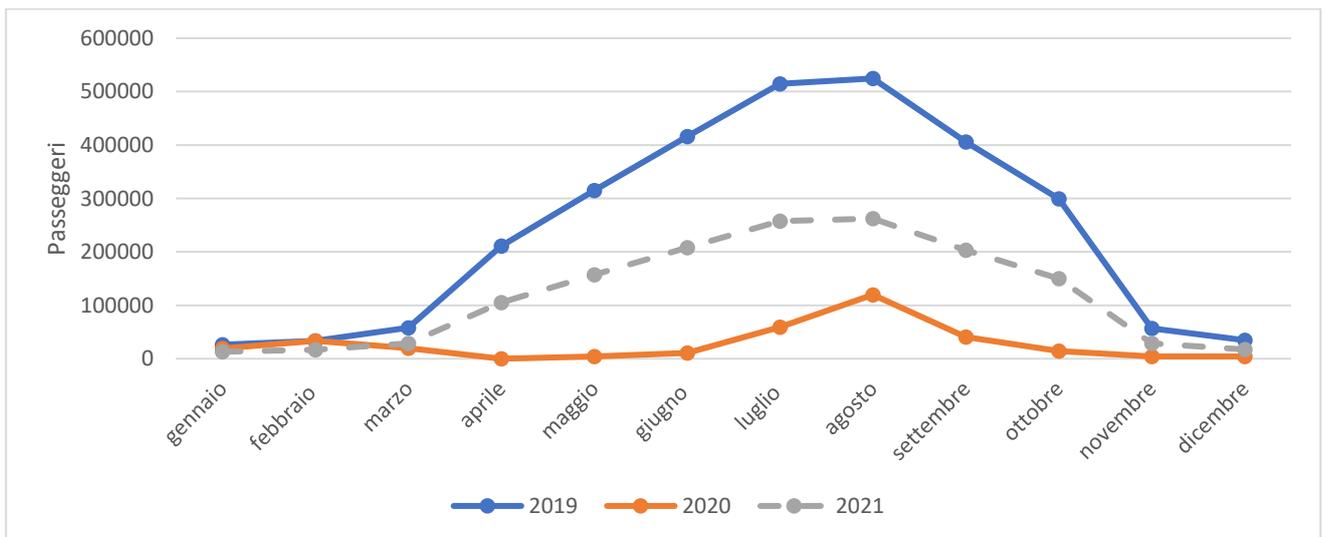


Grafico 30: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 2 per l'aeroporto di Dubrovnik

Dal grafico 30 risulta che il numero dei passeggeri ipotizzati per l'anno 2021 è circa il 50% del 2019 ma nettamente più elevato del 2020 con una distribuzione più uniforme dei viaggiatori durante tutto l'anno.

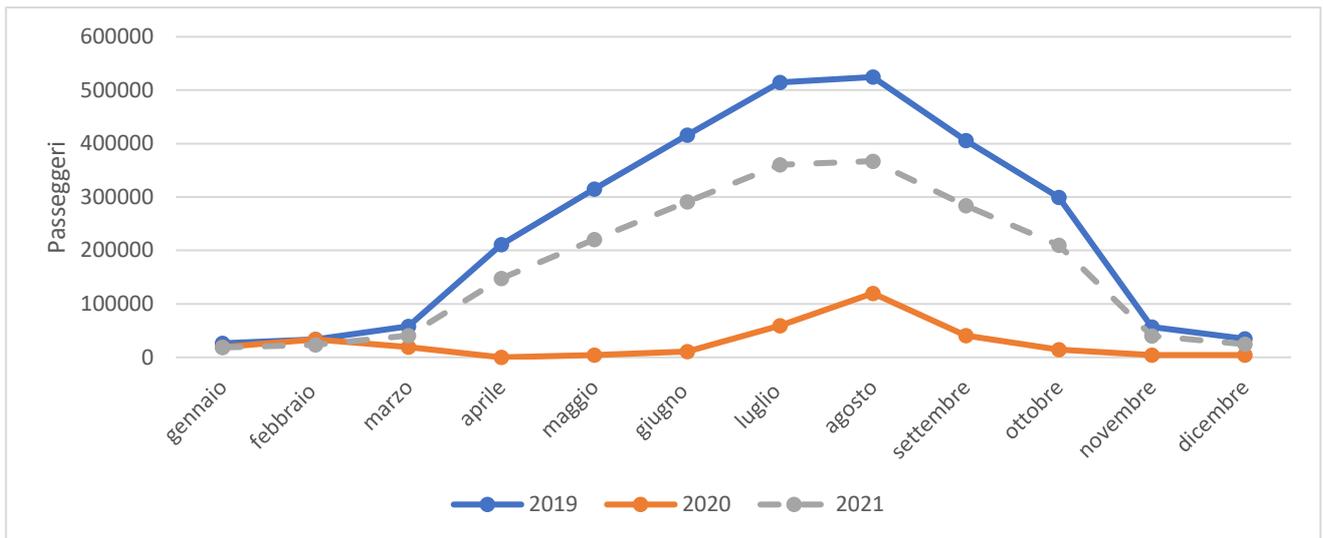


Grafico 31: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 3 per l'aeroporto di Dubrovnik

Dal grafico 31 appare evidente come i viaggiatori nel 2021 siano aumentati del 200% rispetto al 2020 e siano molto simili a quelli del 2019.

2.7.6 Scenari per l'aeroporto di Pola

Osservando il grafico 32 emerge che il numero dei viaggiatori previsti per il 2021 risulta simile all'anno precedente ma ha una distribuzione più uniforme durante tutto l'anno.

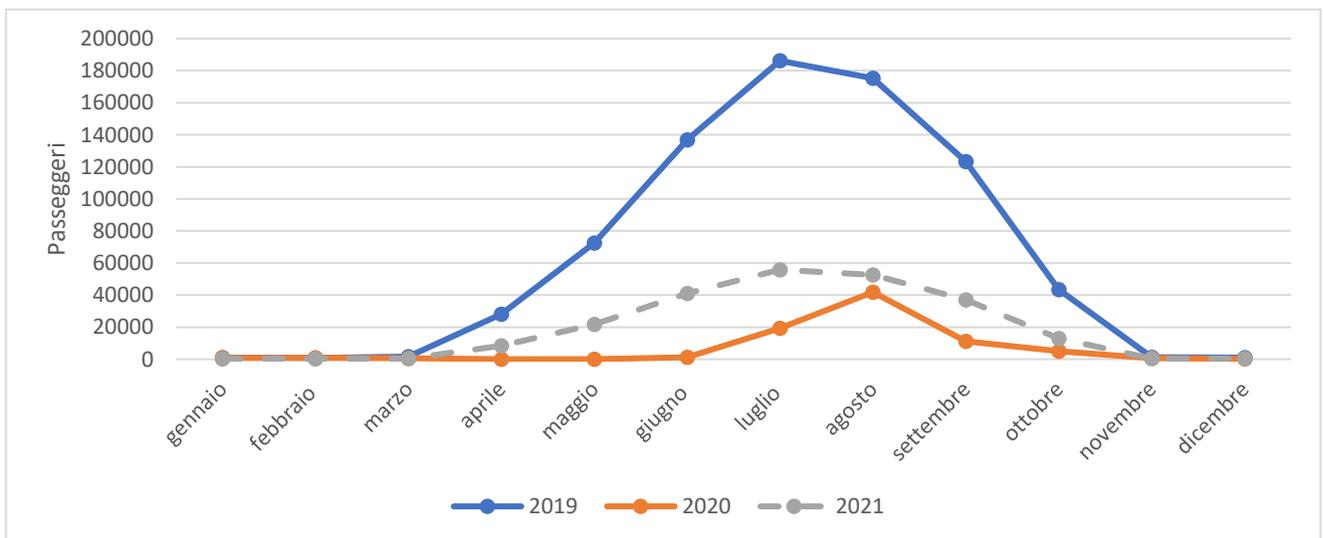


Grafico 32: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 1 per l'aeroporto di Pola

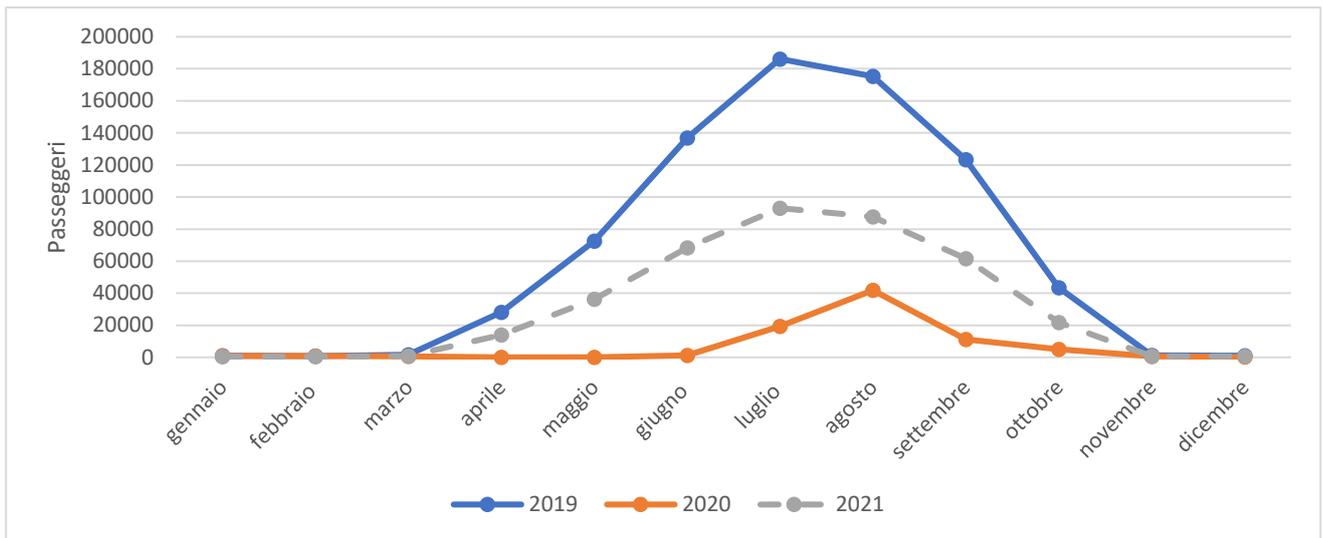


Grafico 33: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 2 per l'aeroporto di Pola

Lo scenario 2 per l'aeroporto di Pola (grafico 33) prevede il 50% dei passeggeri nel 2021 rispetto al 2019 e il picco dei viaggiatori è di nuovo nel mese di luglio, diversamente dal 2020 dove tale picco risulta ad agosto. Il grafico 34 invece descrive una situazione tornata quasi alla normalità con una lieve diminuzione di passeggeri del 30%.

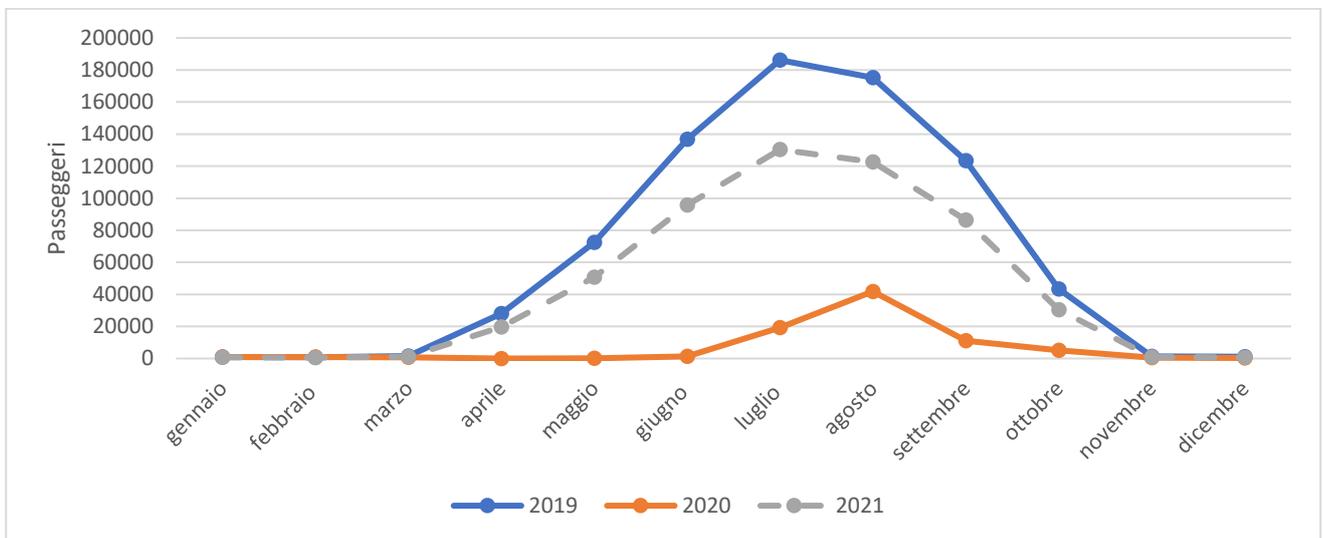


Grafico 34: numero di passeggeri totali previsti secondo lo scenario 3 per l'aeroporto di Pola

2.8 Calcolo distanza da percorrere

Una volta determinato il possibile numero di viaggiatori che transiteranno nei porti e aeroporti, presi come caso studio, bisogna calcolare la distanza che devono percorrere per raggiungere il centro delle relative città. Per farlo sono stati presi i dati forniti da Google Maps che permettono di individuare i chilometri da percorrere con i diversi mezzi. In questo caso si farà riferimento solo alle auto private o noleggiate, i taxi e gli autobus di linea urbana. Di seguito vengono riportati tutti i dati ottenuti.

Percorso	Mezzo di trasporto	Distanza stimata [km]
Porto di Ancona-Centro città	Autobus	3
	Automobile/taxi	3
Porto di Dubrovnik-Centro città	Autobus	4
	Automobile/taxi	4
Porto di Pola-Centro città	Autobus	3
	Automobile/taxi	3
Aeroporto di Bari-Centro città	Autobus	11
	Automobile/taxi	11
Aeroporto di Dubrovnik-centro città	Autobus	20
	Automobile/taxi	20
Aeroporto di Pola-Centro città	Autobus	8
	Automobile/taxi	8

2.8.1 Scelta del mezzo di trasporto

Per stimare il numero dei passeggeri che si sposteranno con l'autobus o il taxi si è fatto riferimento (per l'aeroporto di Dubrovnik e Pola) ai dati della Republic of Croatia (2021) che vengono riportati nella Figura 35. Per gli altri porti e aeroporti si è fatta una stima secondo la quale solo il 20% dei viaggiatori sceglierà l'automobile o il taxi, mentre il restante 80% si sposterà con gli autobus.

Airport	Bus	Car	Taxi
Zagreb	33%	36%	31%
Split	25%	37%	38%
Dubrovnik	35%	33%	32%
Osijek	-	50%	50%
Rijeka	33%	32%	35%
Pula	28%	40%	32%
Zadar	35%	33%	32%

Figura 35: mezzi di trasporto scelti dai viaggiatori per spostamenti da e verso gli aeroporti croati

2.8.2 Capienza dei mezzi di trasporto

Per poter eseguire un calcolo accurato bisogna considerare la riduzione dei passeggeri sui mezzi pubblici causati dalla pandemia e tenere conto del fatto che è ancora in evoluzione. Per questo, come nella creazione dei possibili scenari, sono state ipotizzate 3 diverse capienze per gli autobus:

	capienza massima	Capienza prevista	Nuova capienza
Ipotesi 1	100 passeggeri	25%	25 passeggeri
Ipotesi 2	100 passeggeri	50%	50 passeggeri
Ipotesi 3	100 passeggeri	100%	100 passeggeri

Come capienza media degli autobus è stata scelta quella dei 100 passeggeri e con questa ultima ipotesi è possibile impostare il calcolo dei chilometri percorsi dai mezzi presi in considerazione per trasportare tutti i passeggeri al centro città.

2.9 Scelta del parco auto

Per poter procedere alla scelta dei fattori di emissione dei veicoli è necessario stabilire la composizione del parco veicolare italiano e croato. Per farlo bisogna conoscere il tipo di carburante utilizzato dai mezzi presenti sul territorio nazionale. Basandosi sul report di ACEA (2021) è stato possibile determinare che la tipologia di veicoli che compongono i parchi veicolari dei due paesi.

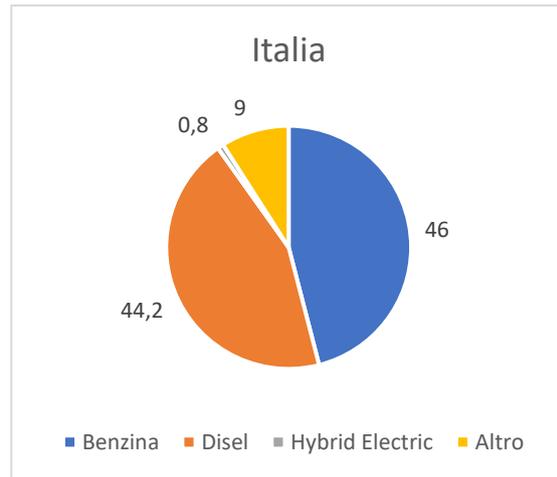
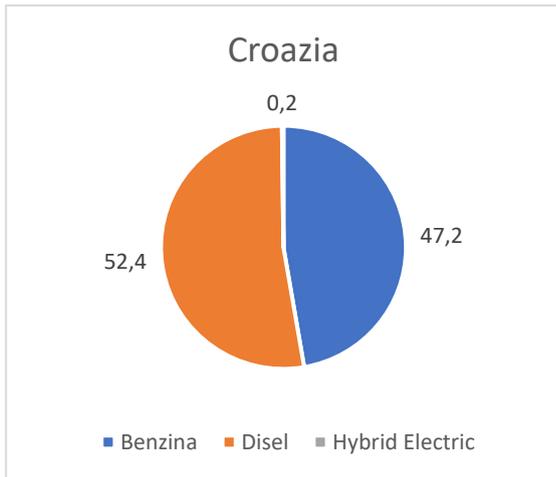


Grafico 36: tipo di carburante utilizzato dalle automobili in Croazia Grafico 37: tipo di carburante utilizzato dalle automobili in Italia

Osservando i grafici 36 e 37 risulta evidente come le automobili presenti in Croazia e in Italia siano simili dal punto di vista del carburante utilizzato. Per poter esprimere il giudizio finale sui due parchi auto bisogna analizzare anche gli autobus.

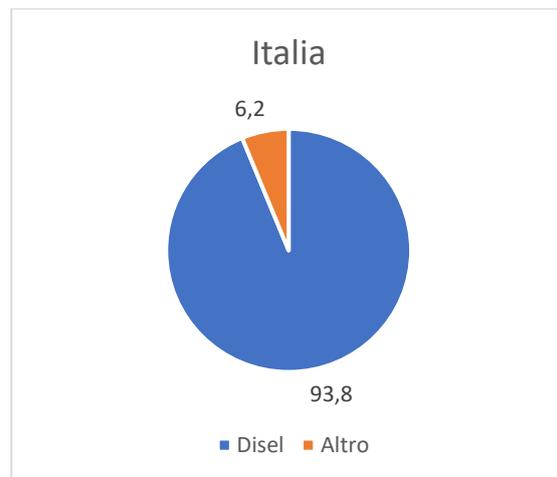


Grafico 38: tipo di carburante utilizzato dagli autobus in Croazia Grafico 39: tipo di carburante utilizzato dagli autobus in Italia

Dai grafici 38 e 39 risulta che gli autobus in Italia e in Croazia utilizzano per lo più lo stesso tipo di carburante, il diesel. Da queste analisi si può ipotizzare un unico parco auto per entrambe le nazioni e utilizzare uno stesso fattore di emissione senza commettere evidenti errori di calcolo.

2.10 Scelta dei fattori di emissione

Per determinare l'inquinamento delle autovetture bisogna fare riferimento a specifici inquinanti prodotti da esse. In questo caso si farà riferimento a 4 inquinanti: PM10, NOx, CO e CO2.

Come evidenziato nel paragrafo precedente, possiamo considerare un unico parco auto e assumere un solo fattore di emissione per ogni macroinquinante. I valori delle emissioni assunte vengono riassunte nella seguente tabella:

Tabella. Valori delle emissioni per il parco veicolare italiano relativi al 2018 (SINANET 2018)

Categoria	PM10 2018 g/km	NOx 2018 g/km	CO 2018 g/km	CO2 2018 g/km
auto	0,0436	0,4984	2,0745	241,9981
bus	0,2344	7,6948	2,0259	1.113,02

Tutti i fattori sono espressi in grammi su chilometro percorso in ambito urbano e rappresentano una media ponderata tra il numero di mezzi presenti nel parco auto e il tipo di carburante. Per questo sarà necessario calcolare i chilometri effettivi percorsi dalle automobili e autobus dai relativi porti/aeroporti fino al centro della città.

3 – RISULTATI

3.1 Calcolo effettivo dei chilometri percorsi dai mezzi pubblici

Al fine di calcolare i chilometri percorsi verranno impostate delle tabelle per ogni porto e aeroporto che tengano in considerazione i passeggeri totali, la loro scelta del mezzo di trasporto, i passeggeri effettivi che viaggeranno su tali mezzi, la capienza dei mezzi, il numero di corse necessarie e i chilometri percorsi.

I seguenti calcoli sono stati eseguiti considerando i passeggeri totali del mese di agosto dell'anno 2021 per ogni porto e aeroporto, in quanto tale mese risulta essere il più trafficato per tutti gli scenari previsti.

Nelle seguenti tabelle, per indicare il percorso delle automobili/taxi e degli autobus, verrà utilizzata la seguente abbreviazione: "P" per indicare il porto di partenza, "A" per indicare l'aeroporto di partenza e "C" per indicare il centro città.

Porto di Ancona

- Anno 2019

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
323932	bus	80	259146	100pass/bus	2591	3	7774
	auto	20	64786	4pass/auto	16197	3	48590

- Scenario 1

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
97180	bus	80	77744	25pass/bus	3110	3	9329
	bus	80	77744	50pass/bus	1555	3	4665
	bus	80	77744	100pass/bus	777	3	2332
	auto	20	19436	4pass/auto	4859	3	14577

Confrontando i risultati del Porto di Ancona sui chilometri percorsi risulta che il chilometraggio delle automobili nel 2019 non viene mai superato in nessuno degli scenari previsti, mentre quello degli autobus viene eguagliato già nello scenario 2 e successivamente superato nello scenario 3.

- Scenario 2

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
161966	bus	80	129573	25pass/bus	5183	3	15549
	bus	80	129573	50pass/bus	2591	3	7774
	bus	80	129573	100pass/bus	1296	3	3887
	auto	20	32393	4pass/auto	8098	3	24295

- **Scenario 3**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
226752	bus	80	181402	25pass/bus	7256	3	21768
	bus	80	181402	50pass/bus	3628	3	10884
	bus	80	181402	100pass/bus	1814	3	5442
	auto	20	45350	4pass/auto	11338	3	34013

Porto di Dubrovnik

Dai risultati ottenuti per il porto di Dubrovnik si evince che lo scenario 2 risulta il più vicino, in termini di chilometri, all'anno 2019 per quello che riguarda la distanza percorsa dagli autobus. Al contrario, il chilometraggio delle automobili risulta circa la metà.

- **Anno 2019**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
664825	bus	80	531860	100pass/bus	5319	4	21274
	auto	20	132965	4pass/auto	33241	4	132965

- **Scenario 1**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
199448	bus	80	159558	25pass/bus	6382	4	25529
	bus	80	159558	50pass/bus	3191	4	12765
	bus	80	159558	100pass/bus	1596	4	6382
	auto	20	39889,5	4pass/auto	9972	4	39890

- **Scenario 2**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
332413	bus	80	265930	25pass/bus	10637	4	42549
	bus	80	265930	50pass/bus	5319	4	21274
	bus	80	265930	100pass/bus	2659	4	10637
	Auto	20	66483	4pass/auto	16621	4	66483

- **Scenario 3**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
465378	bus	80	372302	25pass/bus	14892,08	4	59568
	bus	80	372302	50pass/bus	7446	4	29784
	bus	80	372302	100pass/bus	3723,02	4	14892
	auto	20	93076	4pass/auto	23269	4	93076

Porto di Pola

Il porto di Pola è il meno trafficato tra quelli presi in esame ma presenta comunque un numero di chilometri significativo percorsi dai vari mezzi. Come nel caso dei due porti appena analizzati il chilometraggio delle automobili non viene mai uguagliato in nessuno degli scenari previsti mentre quello degli autobus, considerando la capienza ridotta al 25%, supera di molto il 2019.

- **Anno 2019**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza 50%	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
195058	bus	80	156046	100pass/bus	1560	3	4681
	auto	20	39012	4pass/auto	9753	3	29259

- **Scenario 1**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
58517	bus	80	46814	25pass/bus	1873	3	5618
	bus	80	46814	50pass/bus	936	3	2809
	bus	80	46814	100pass/bus	468	3	1404
	auto	20	11703	4pass/auto	2926	3	8778

- **Scenario 2**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
97529	bus	80	78023	25pass/bus	3121	3	9363
	bus	80	78023	50pass/bus	1560	3	4681
	bus	80	78023	100pass/bus	780	3	2341
	auto	20	19506	4pass/auto	4876	3	14629

- **Scenario 3**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
136541	bus	80	109232	25pass/bus	4369	3	13108
	bus	80	109232	50pass/bus	2185	3	6554
	bus	80	109232	100pass/bus	1092	3	3277
	auto	20	27308	4pass/auto	6827	3	20481

Aeroporto di Bari

- Anno 2019

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
597551	bus	80	478041	100pass/bus	4780	11	52584
	auto	20	119510	4pass/auto	29878	11	328653

L'aeroporto di Bari, con i suoi seicento mila passeggeri nel 2019, risulta essere il più trafficato tra quelli analizzati e, considerando la sua distanza dal centro della città, presenta un elevato numero di chilometri percorsi, soprattutto dalle automobili. Nonostante le limitazioni sul numero di passeggeri la distanza percorsa dalle autovetture non viene mai eguagliata negli scenari ipotizzati, mentre quella percorsa dagli autobus viene superata solo con restrizioni stringenti sul numero di passeggeri.

- Scenario 1

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
179265	bus	80	143412	25pass/bus	5736	11	63101
	bus	80	143412	50pass/bus	2868	11	31551
	bus	80	143412	100pass/bus	1434	11	15775
	auto	20	35853	4pass/auto	8963	11	98596

- Scenario 2

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
298776	bus	80	239020	25pass/bus	9561	11	105169
	bus	80	239020	50pass/bus	4780	11	52584
	bus	80	239020	100pass/bus	2390	11	26292
	auto	20	59755	4pass/auto	14939	11	164327

- **Scenario 3**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
418286	bus	80	334629	25pass/bus	13385	11	147237
	bus	80	334629	50pass/bus	6693	11	73618
	bus	80	334629	100pass/bus	3346	11	36809
	auto	20	83657	4pass/auto	20914	11	230057

Aeroporto di Dubrovnik

La suddivisione dei passeggeri tra autobus e automobili nel porto di Dubrovnik è diversa rispetto ai casi precedenti e questo produce una sostanziale differenza nei chilometraggi visti fino ad ora. I chilometri percorsi dai pullman risultano essere molto inferiori rispetto a quelli delle auto e confrontando i risultati con quelli dell'aeroporto di Bari emerge che la distanza percorsa dalle automobili nel 2019 dall'aeroporto italiano è inferiore a quella dello scenario 1 del porto croato, nonostante il numero dei passeggeri dell'aeroporto di Dubrovnik sia circa un sesto di quello di Bari.

- **Anno 2019**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km A-C [km]	km tot [km]
367231	bus	35	128531	100pass/bus	1285	20	25706
	auto	65	238700	4pass/auto	59675	20	1193499

- **Scenario 1**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km A-C [km]	km tot [km]
110169	bus	35	38559	25pass/bus	1542	20	30847
	bus	35	38559	50pass/bus	771	20	15424
	bus	35	38559	100pass/bus	386	20	7712
	auto	65	71610	4pass/auto	17902	20	358050

- **Scenario 2**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km A-C [km]	km tot [km]
183615	bus	35	64265	25pass/bus	2571	20	51412
	bus	35	64265	50pass/bus	1285	20	25706
	bus	35	64265	100pass/bus	643	20	12853
	auto	65	119350	4pass/auto	29837	20	596750

- **Scenario 3**

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
257061	bus	35	89971	25pass/bus	3599	20	71977
	bus	35	89971	50pass/bus	1799	20	35989
	bus	35	89971	100pass/bus	900	20	17994
	auto	65	167090	4pass/auto	41772	20	835449

Aeroporto di Pola

L'aeroporto di Pola, oltre ad essere il meno trafficato, presenta la maggiore percentuale di passeggeri che decidono di spostarsi con automobili invece che con autobus. Questo comporta una sostanziale differenza dei chilometri percorsi oltre che del numero di corse necessarie per trasportare tutti i viaggiatori dall'aeroporto al centro città.

- Anno 2019

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km P-C [km]	km tot [km]
175233	bus	28	49065	100pass/bus	491	8 km	3925
	auto	72	126168	4pass/auto	31542	8 km	252336

- Scenario 1

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km A-C [km]	km tot [km]
52570	bus	28	14720	25pass/bus	589	8 km	4710
	bus	28	14720	50pass/bus	294	8 km	2355
	bus	28	14720	100pass/bus	147	8 km	1178
	auto	72	37850	4pass/auto	9463	8 km	75701

- Scenario 2

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km A-C [km]	km tot [km]
87617	bus	28	24533	25pass/bus	981	8 km	7850
	bus	28	24533	50pass/bus	491	8 km	3925
	bus	28	24533	100pass/bus	245	8 km	1963
	auto	72	63084	4pass/auto	15771	8 km	126168

Confrontando i risultati ottenuti nello scenario 2 si evince che il numero delle corse e i chilometri percorsi dalle automobili risulta 30 volte superiore a quello degli autobus con una capienza ridotta del 50%.

- Scenario 3

Passeggeri totali	mezzo	Passeggeri [%]	passeggeri effettivi	capienza	n corse	km A-C [km]	km tot [km]
122663	bus	28	34346	25pass/bus	1374	8 km	10991
	bus	28	34346	50pass/bus	687	8 km	5495
	bus	28	34346	100pass/bus	343	8 km	2748
	auto	72	88317	4pass/auto	22079	8 km	176635

3.2 Calcolo degli inquinanti

Avendo raccolto tutti i dati necessari sui fattori di emissione e sui chilometri percorsi è possibile procedere al calcolo degli inquinanti prodotti dalle autovetture per tutti i porti/aeroporti studiati con i relativi scenari. Di seguito verranno elencati i risultati ottenuti per ogni scenario confrontandoli con i dati del 2019 per poter dare una valutazione sull'aumento o la diminuzione dell'inquinamento prodotto.

3.2.1 Porto di Ancona

- Scenario 1

Dal grafico 40 emerge che la quantità di polveri sottili (PM10) emesse dalle automobili e dagli autobus nel 2021 risulta simile al 2019, mentre l'86% del monossido di carbonio rilasciato nel 2021 è dovuto al traffico delle auto. Nel 2021, con la diminuzione dei passeggeri sui mezzi pubblici, i pullman sono la maggiore fonte di emissione delle polveri sottili e la differenza del monossido di carbonio prodotto si assottiglia.

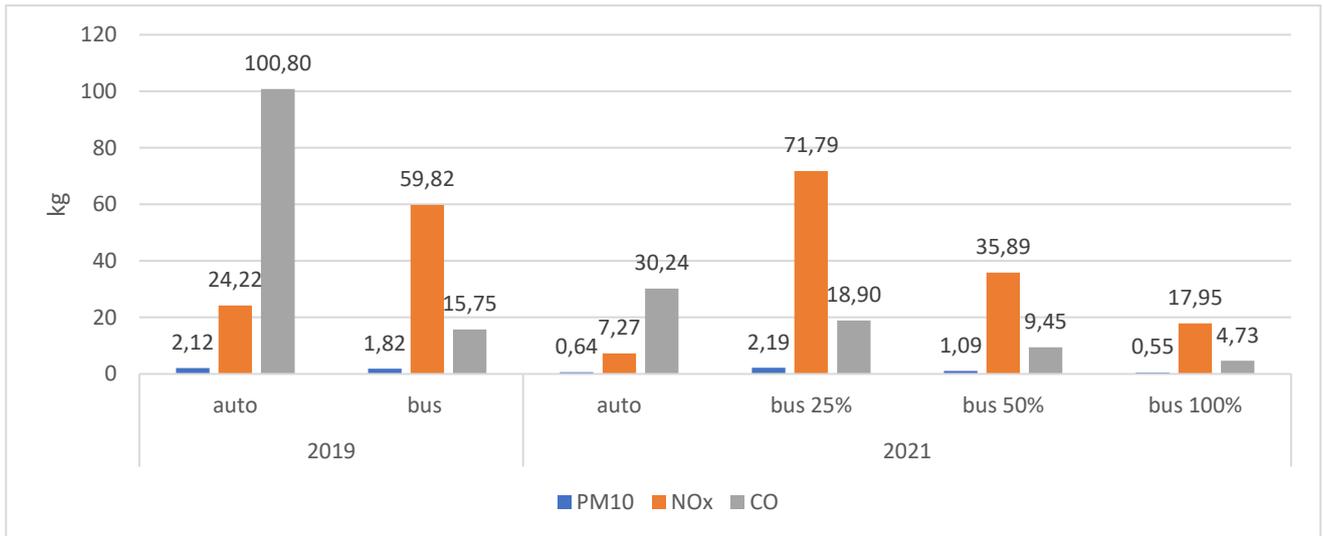


Grafico 40: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Ancona secondo lo scenario 1

Dal grafico 41 è possibile notare che le automobili sono la fonte principale di anidride carbonica nel 2019. Nel 2021 gli autobus, transitando con la capienza ridotta al 50%, emettono quasi il 60% della CO2 prodotta dagli autobus nel 2019 che circolavano con la capienza massima.

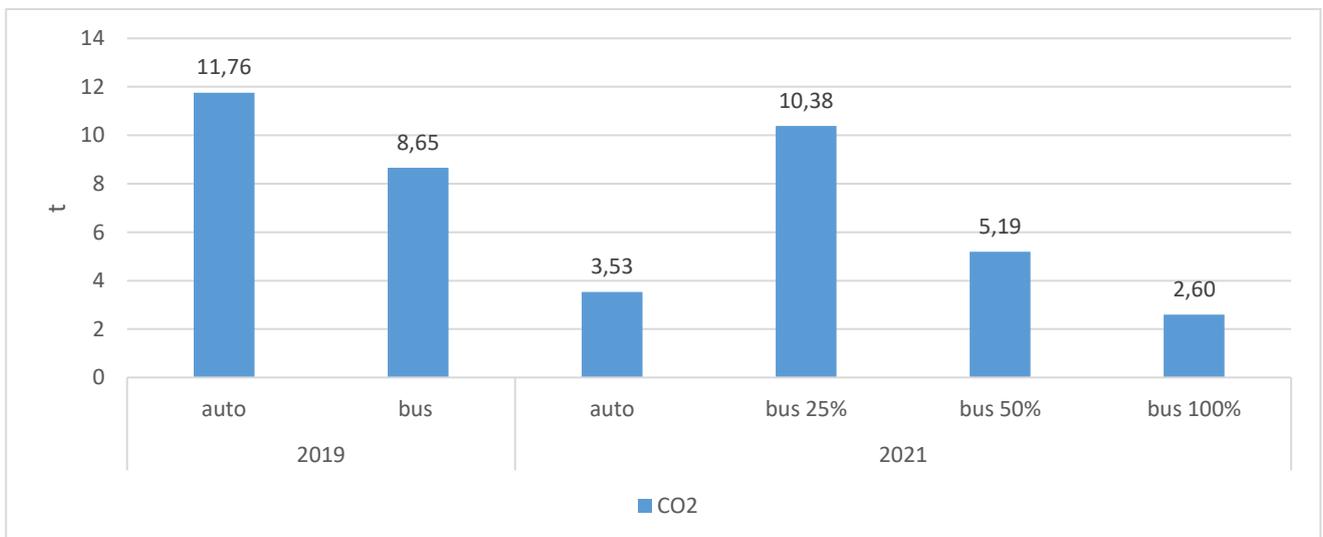


Grafico 41: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Ancona secondo lo scenario 1

- Scenario 2

Dai risultati ottenuti per lo scenario 2 (grafico 42), l'inquinamento prodotto dalle automobili nel 2021 si dimezza rispetto al 2019 mentre rimane costante nel caso degli autobus con una riduzione della capienza del 50%.

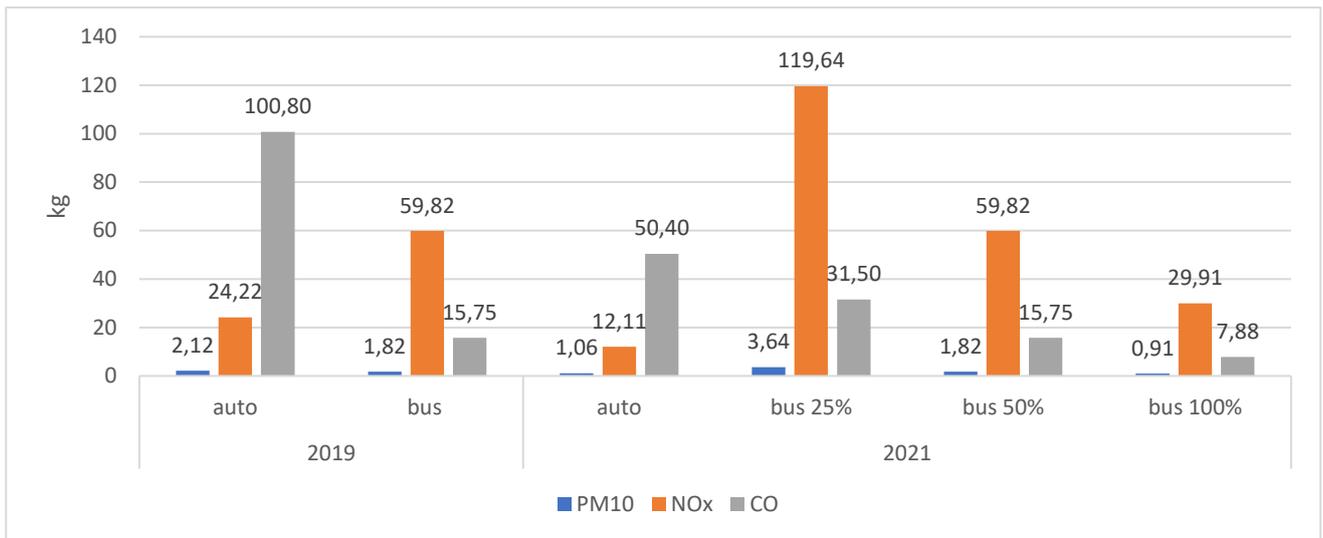


Grafico 42: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Ancona secondo lo scenario 2

Analizzando le emissioni di CO2 nel 2021 risulta che gli autobus, con una capienza del 25%, producono le stesse tonnellate di anidride carbonica emessa dalle automobili e pullman del 2019.

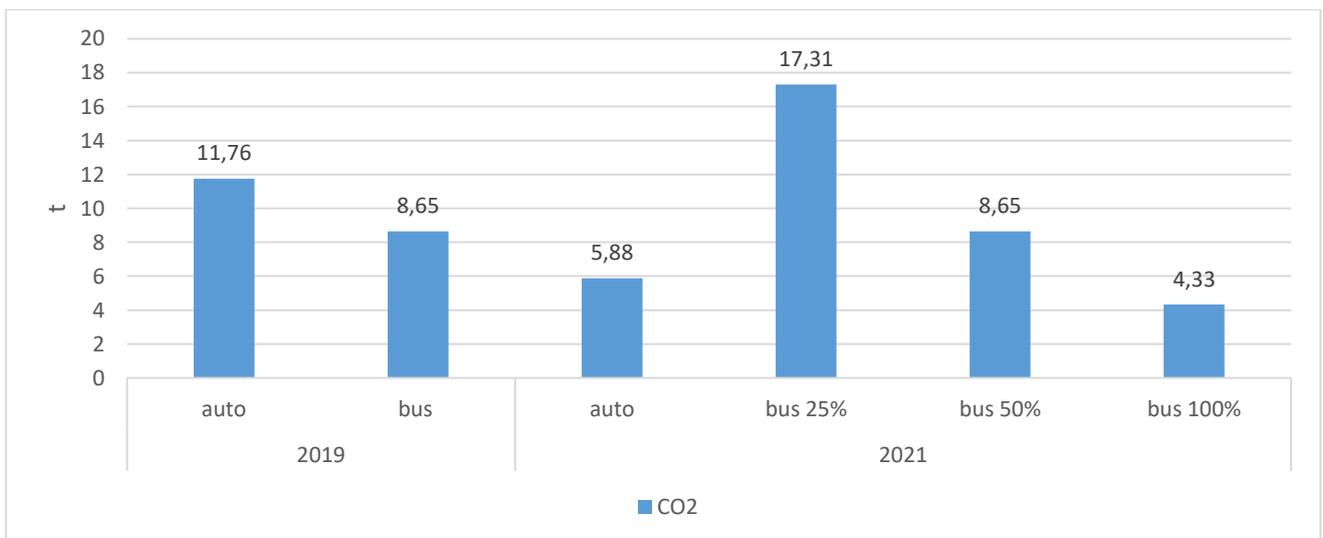


Grafico 43: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Ancona secondo lo scenario 2

- Scenario 3

Nello scenario 3 le automobili sono la principale fonte di produzione del monossido di carbonio mentre, diminuendo la capienza degli autobus del 50%, essi produrranno la stessa quantità di ossidi di azoto del 2019 (grafico 44).

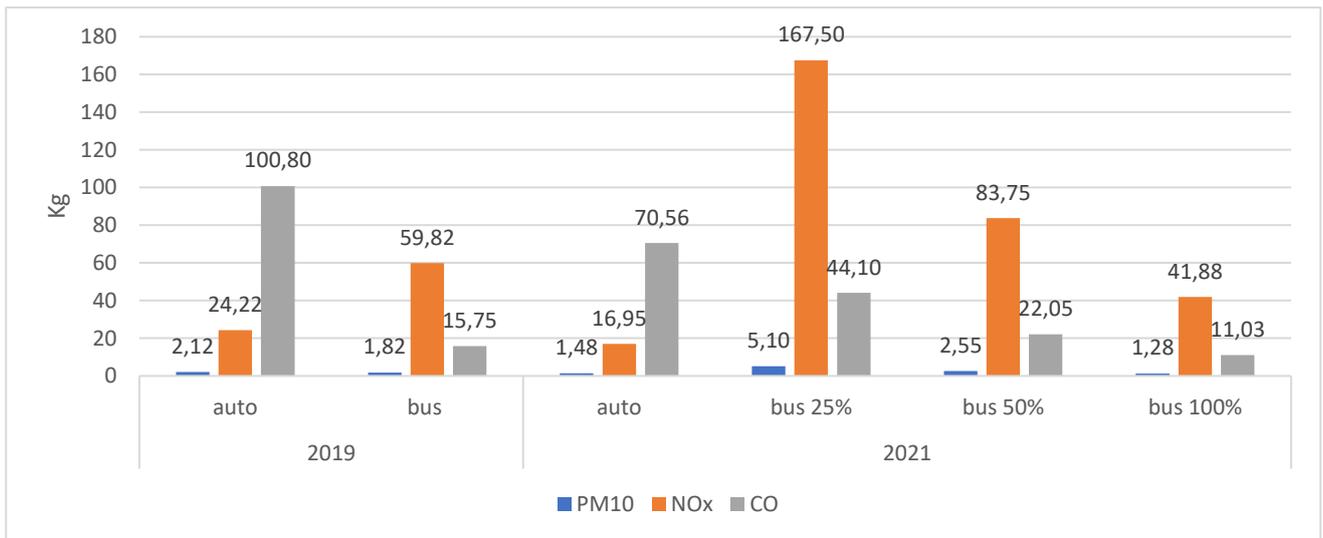


Grafico 44: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Ancona secondo lo scenario 3

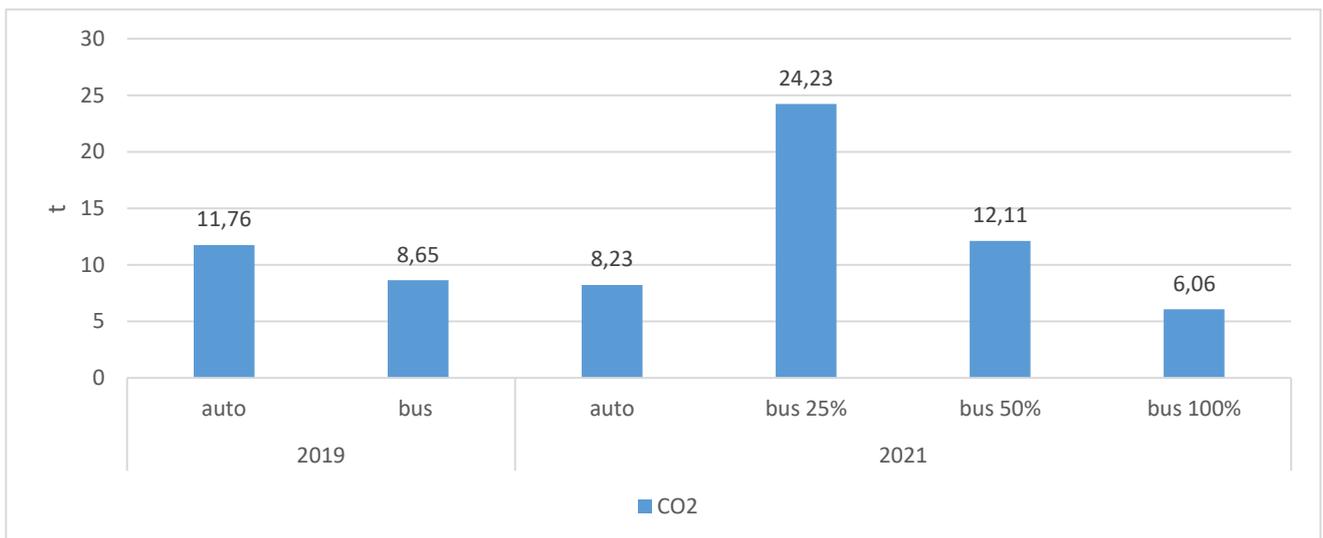


Grafico 44: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Ancona secondo lo scenario 3

Dal grafico 44 risulta che, mantenendo una riduzione della capienza dei pullman al 50%, la produzione di CO2 sarà molto simile a quella del 2019. Diminuendo il numero di passeggeri sugli autobus, le emissioni di anidride carbonica aumenterebbero del 60% nonostante il numero minore di viaggiatori che transiteranno nel porto di Ancona.

3.2.2 Porto di Dubrovnik

- Scenario 1

Osservando i dati relativi al monossido di carbonio le automobili rimangono la principale fonte di emissione ma nel 2021 la quantità prodotta è inferiore di quasi il 70% rispetto al 2019 (grafico 45).

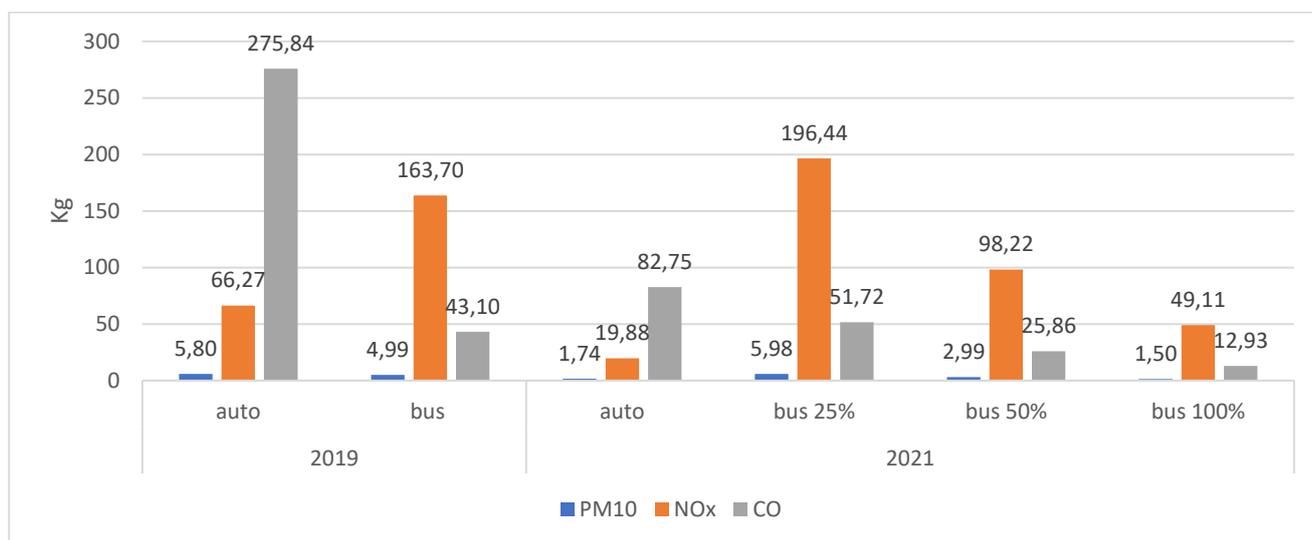


Grafico 45: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Dubrovnik secondo lo scenario 1

Dal grafico 46 si può notare che le emissioni di CO₂ previste per il 2021 sono nettamente inferiori al 2019 a patto che la capienza degli autobus non sia ridotta al 25%, ma anche in questo caso, l'inquinamento prodotto risulterà comunque inferiore.

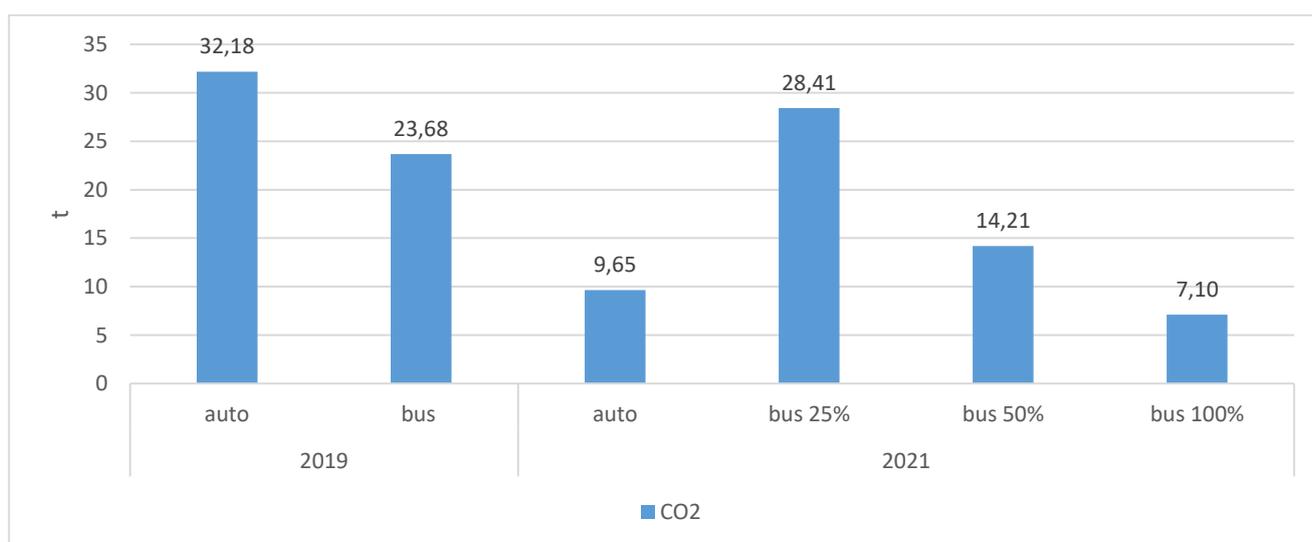


Grafico 46: quantità di CO₂ emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Dubrovnik secondo lo scenario 1

- Scenario 2

Secondo lo scenario 2 l'inquinamento prodotto dalle autovetture nel 2021 sarà il 50% rispetto al 2019, mentre per avere lo stesso risultato anche per gli autobus bisogna sospendere le restrizioni sul numero dei passeggeri massimi a bordo (grafico 47).

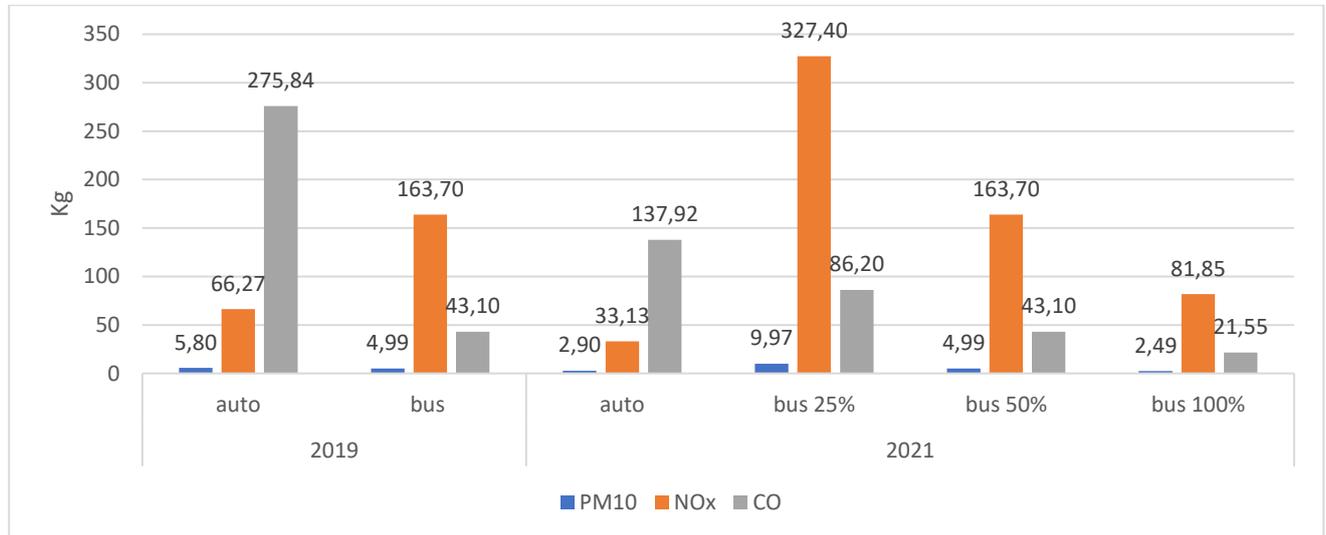


Grafico 47: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Dubrovnik secondo lo scenario 2

Analizzando i dati relativi alle emissioni della CO₂ l'ipotesi peggiore è quella di limitare al 25% i passeggeri all'interno degli autobus, questo produrrebbe un incremento del 13% della produzione totale dell'anidride carbonica nonostante il numero dei viaggiatori nel porto di Dubrovnik sia la metà rispetto al 2019 (grafico 48).

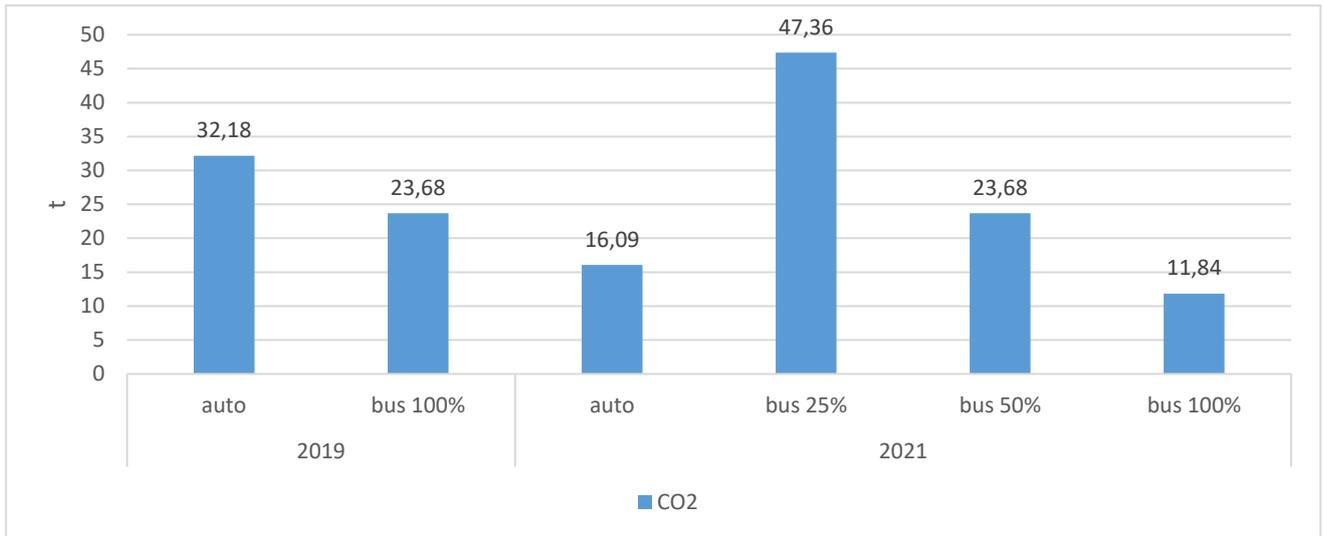


Grafico 48: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Dubrovnik secondo lo scenario 2

- Scenario 3

Dal grafico 49 risulta che nel 2019 il transito dei mezzi ha prodotto 10.71 kg di polveri sottili, per evitare che nel 2021 questo numero aumenti, nonostante il numero dei viaggiatori sia diminuito, bisogna escludere la possibilità di ridurre al 25% il numero di passeggeri sugli autobus. Questo vale anche per tutti gli altri inquinanti compresa l'anidride carbonica (grafico 50).

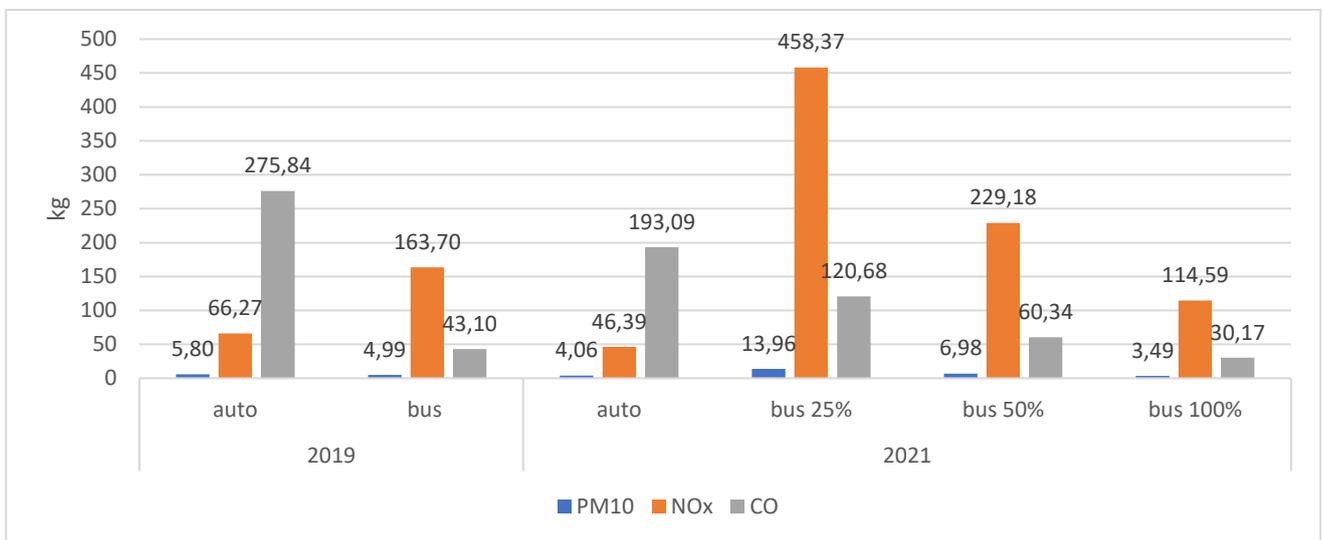


Grafico 49: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Dubrovnik secondo lo scenario 3

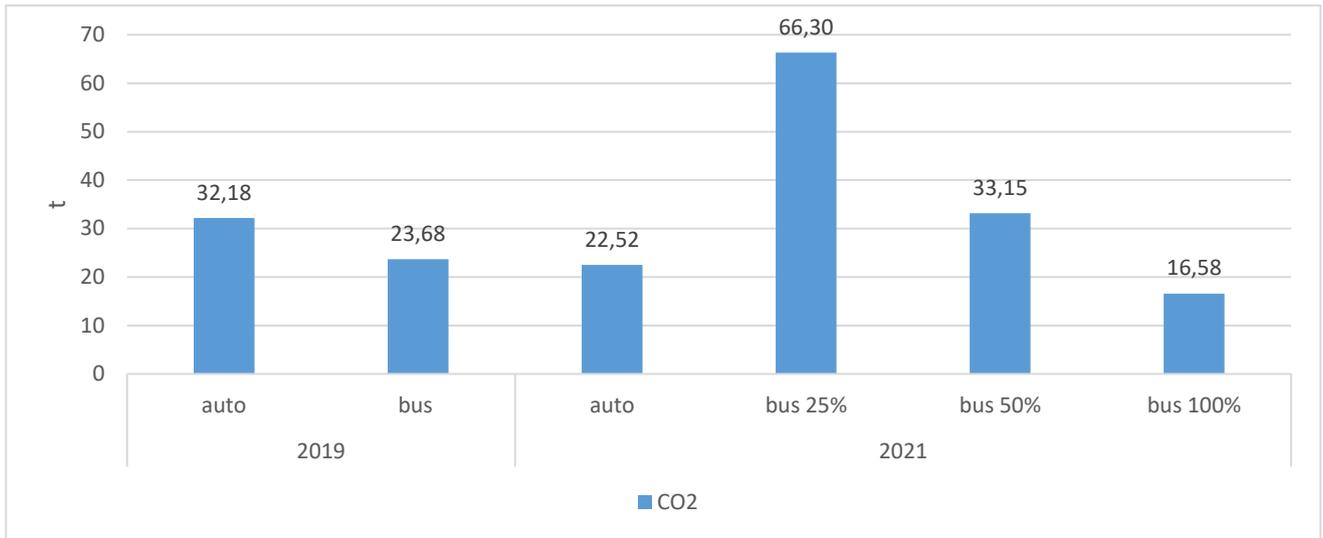


Grafico 50: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Dubrovnik secondo lo scenario 3

3.2.3 Porto di Pola

- Scenario 1

Dai grafici 51 e 52 risulta che, grazie diminuzione dei passeggeri ipotizzata per lo scenario 1, l'inquinamento prodotto dai mezzi nel 2021 per trasportare i viaggiatori dal porto al centro città sarà inferiore a quello dell'anno 2019.

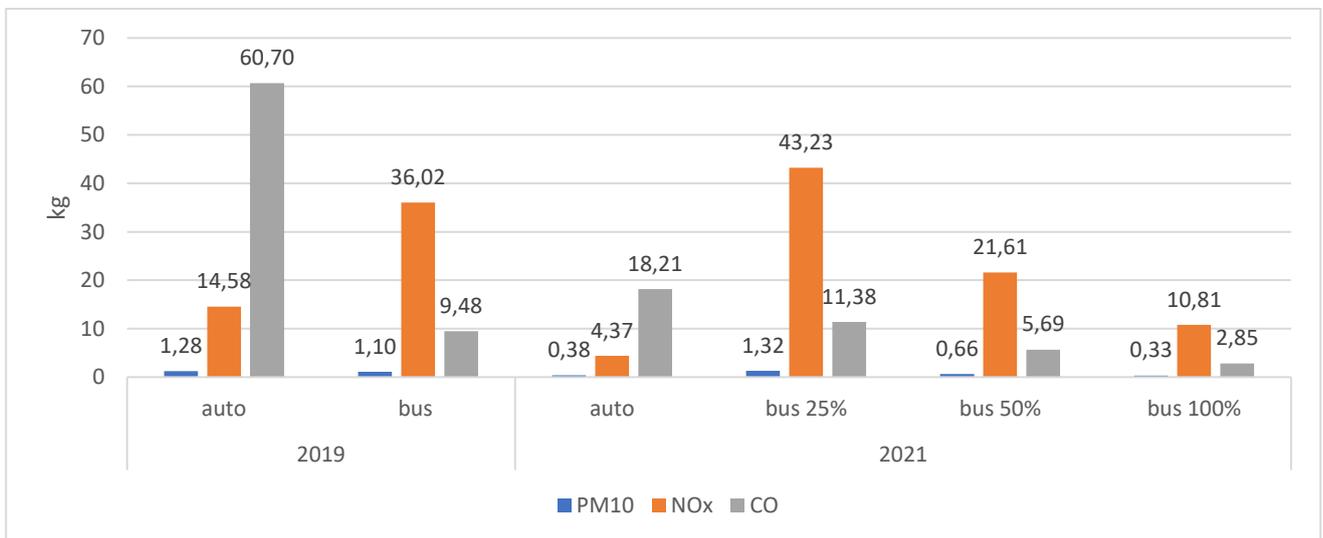


Grafico 51: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Pola secondo lo scenario 1

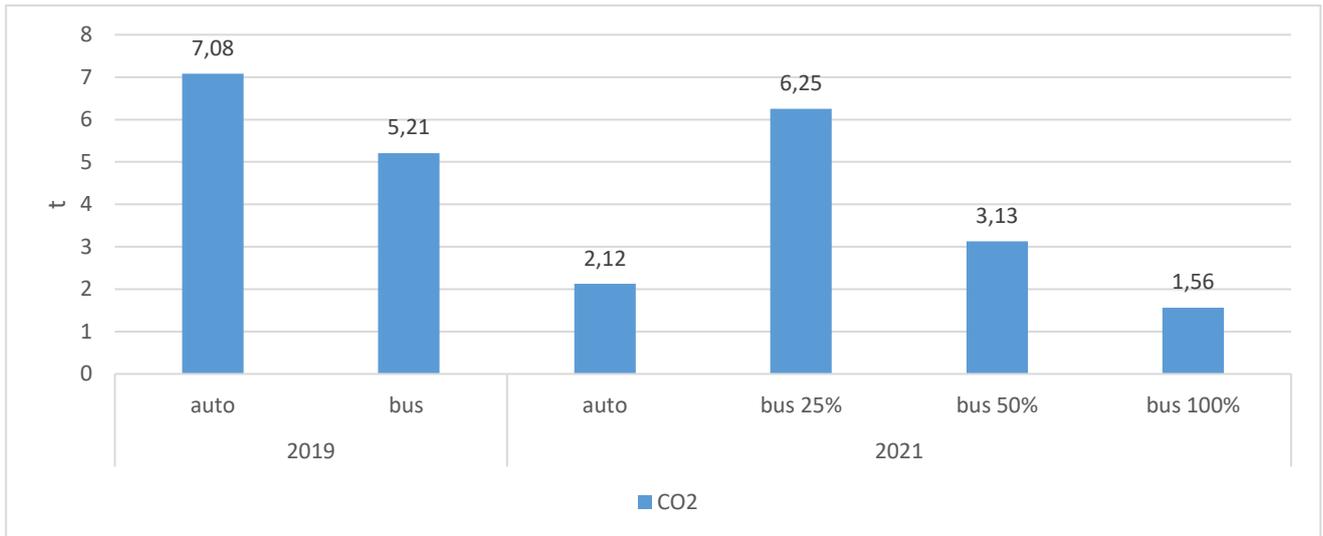


Grafico 52: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Pola secondo lo scenario 1

- Scenario 2

Confrontando i dati del 2019 con quelli del 2021 relativi allo scenario 2 (grafico 53-54), il trend dimostra che le auto sono le principali sorgenti di emissione del CO. Difatti, la produzione di tale inquinante scaricato dalle automobili risulta in ogni caso maggiore di almeno il doppio dell'equivalente scaricato dagli autobus. Ciononostante, sono proprio questi mezzi pubblici i principali produttori di NOx in ciascuno dei casi analizzati, raggiungendo valori che sfiorano la soglia di 72 kg nel caso di una capienza pari al solo 25%. Analizzando invece l'andamento delle emissioni relative alla CO2, emerge che anche riducendo la capienza degli autobus al 50%, le emissioni di tale inquinante restano tali a quelle analizzate nel 2019 per una capienza pari al 100% (5,21 t). Il dato più allarmante si riscontra in ugual modo ai casi sopra elencati per una riduzione della capienza degli autobus del 75%.

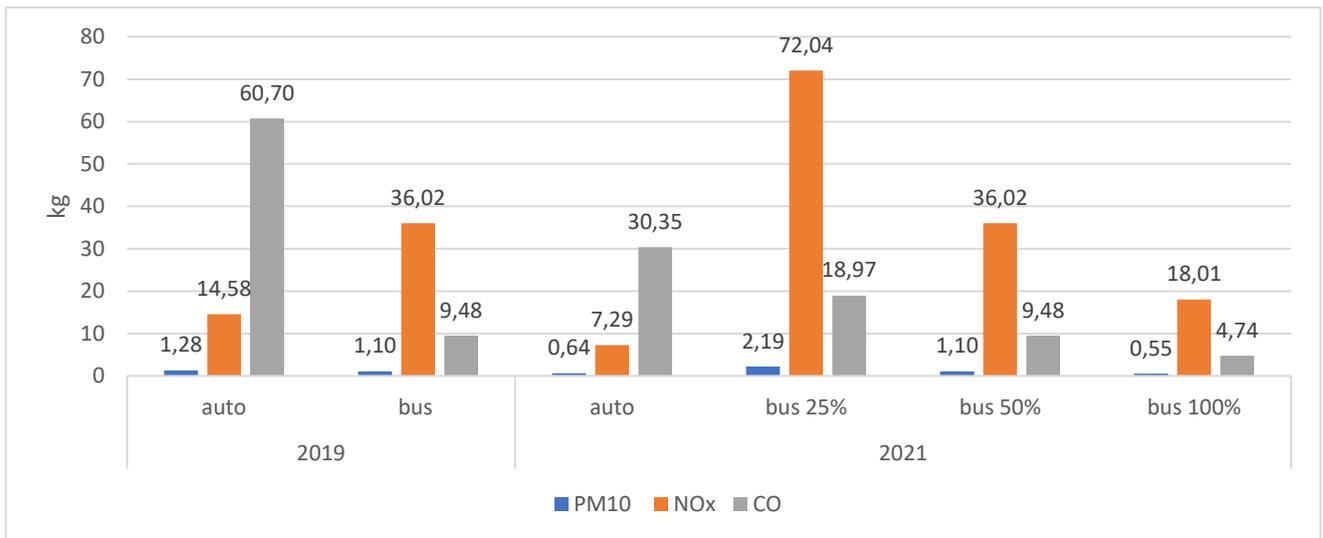


Grafico 53: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Pola secondo lo scenario 2

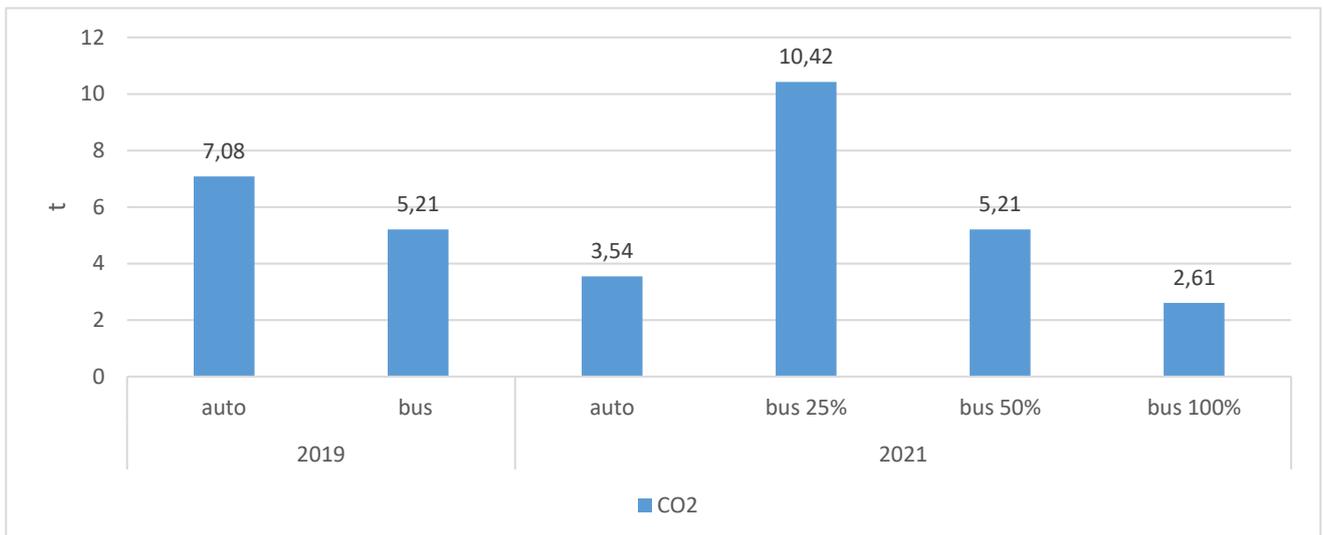


Grafico 54: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Pola secondo lo scenario 2

- Scenario 3

Lo scenario 3 prevede un numero superiore di viaggiatori rispetto agli scenari precedenti e questo ha una conseguenza diretta sull'inquinamento. Infatti osservando i grafici 55 e 56 la quantità di inquinanti prodotta nel 2021, condizionata dalle restrizioni sul numero di passeggeri, risulta superiore all'anno 2019.

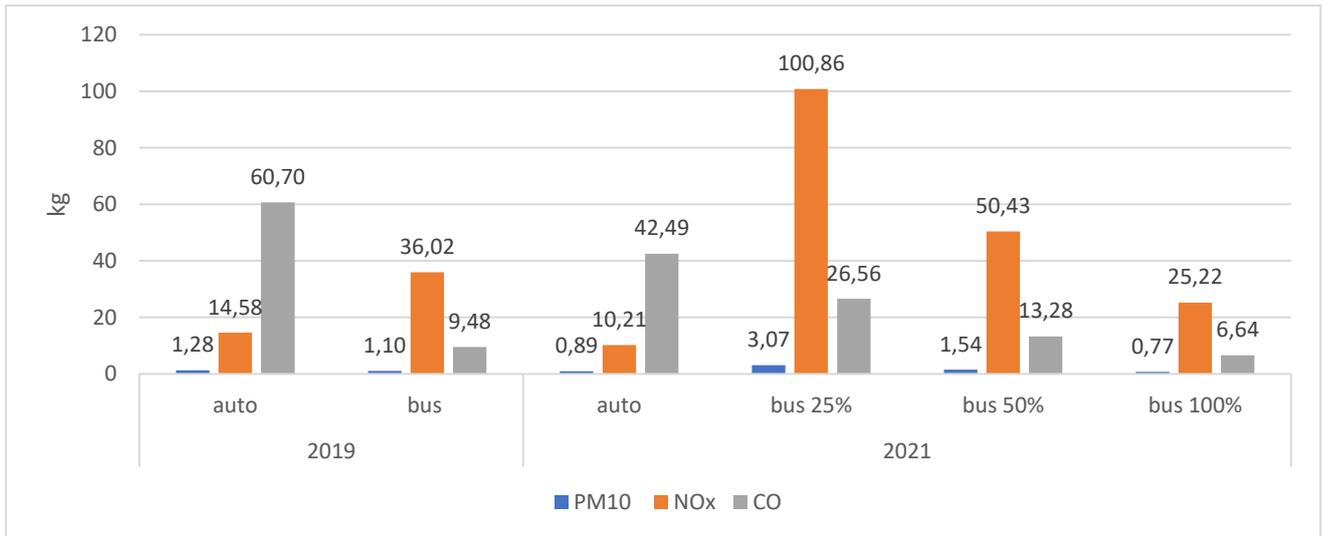


Grafico 55: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per il porto di Pola secondo lo scenario 3

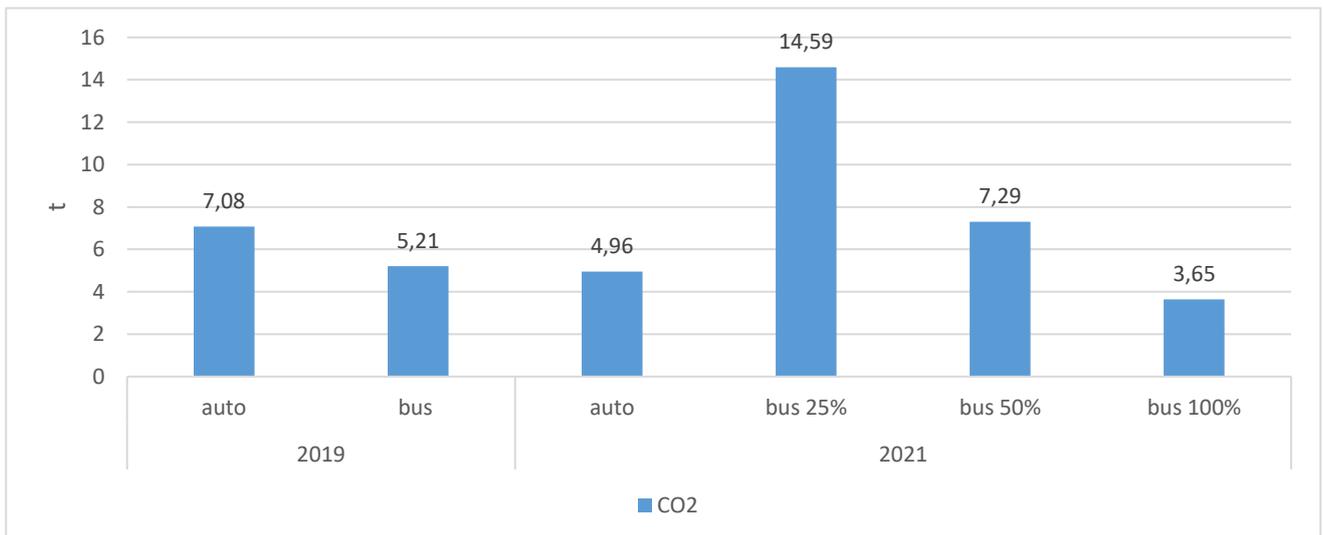


Grafico 56: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per il porto di Pola secondo lo scenario 3

3.2.4 Aeroporto di Bari

- Scenario 1

I grafici 57 e 58, relativi all'aeroporto di Bari, mostrano che le emissioni di CO e CO2 previste per l'anno 2021 sono in media diminuite di oltre il 30% rispetto all'anno 2019. Prendendo in analisi i dati relativi alle polveri sottili si evidenzia che la somma delle emissioni delle automobili e degli autobus prodotti nel 2019 è di 26.66 kg mentre nel 2021 si prospetta al massimo pari a 19.09kg.

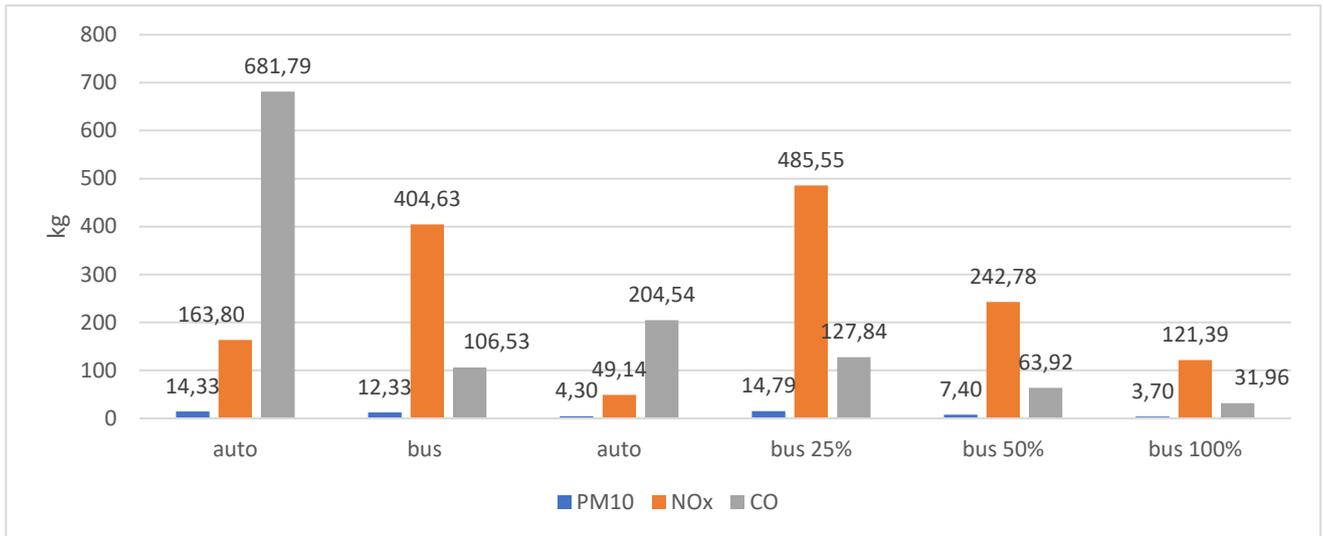


Grafico 57: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Bari secondo lo scenario 1

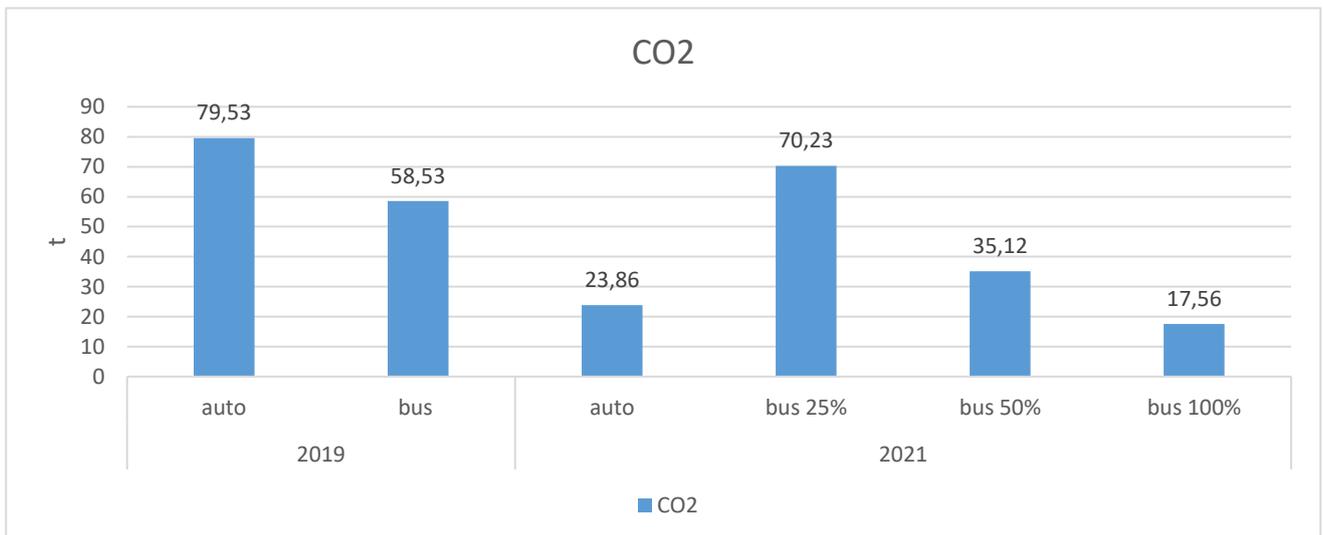


Grafico 58: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Bari secondo lo scenario 1

- Scenario 2

Analogamente allo scenario 1, anche in questo caso l'andamento dei grafici 59 e 60 mostra una riduzione delle emissioni di CO e CO2 nel 2021 anche se molto più blanda. Ciononostante la produzione di polveri sottili, nel complesso, tende ai valori dell'anno 2019.

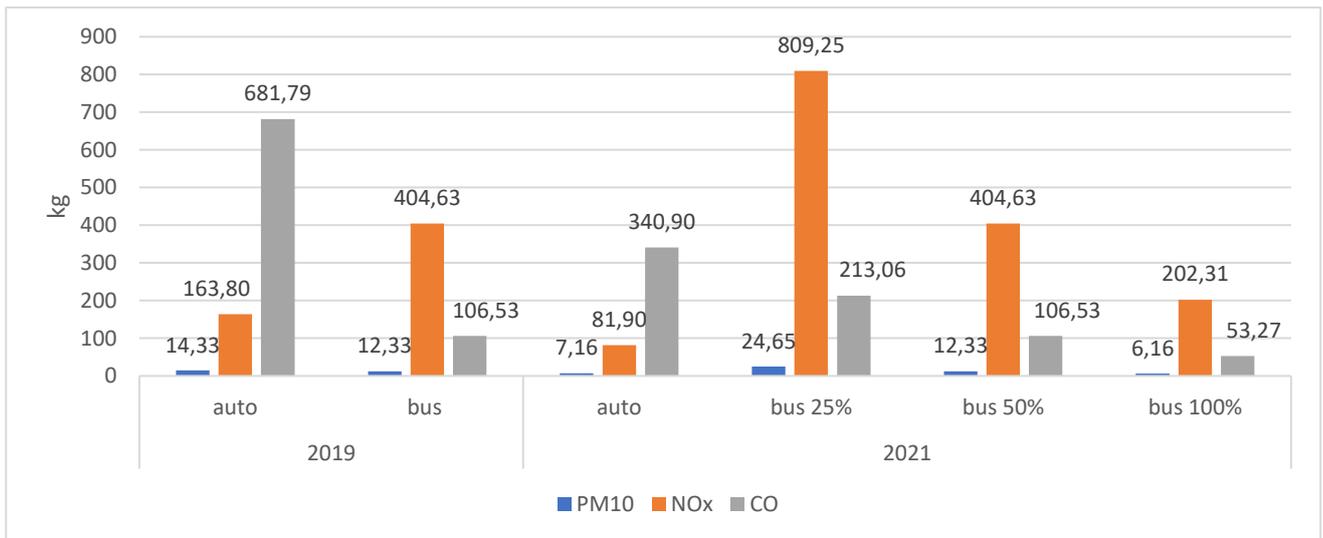


Grafico 59: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Bari secondo lo scenario 2

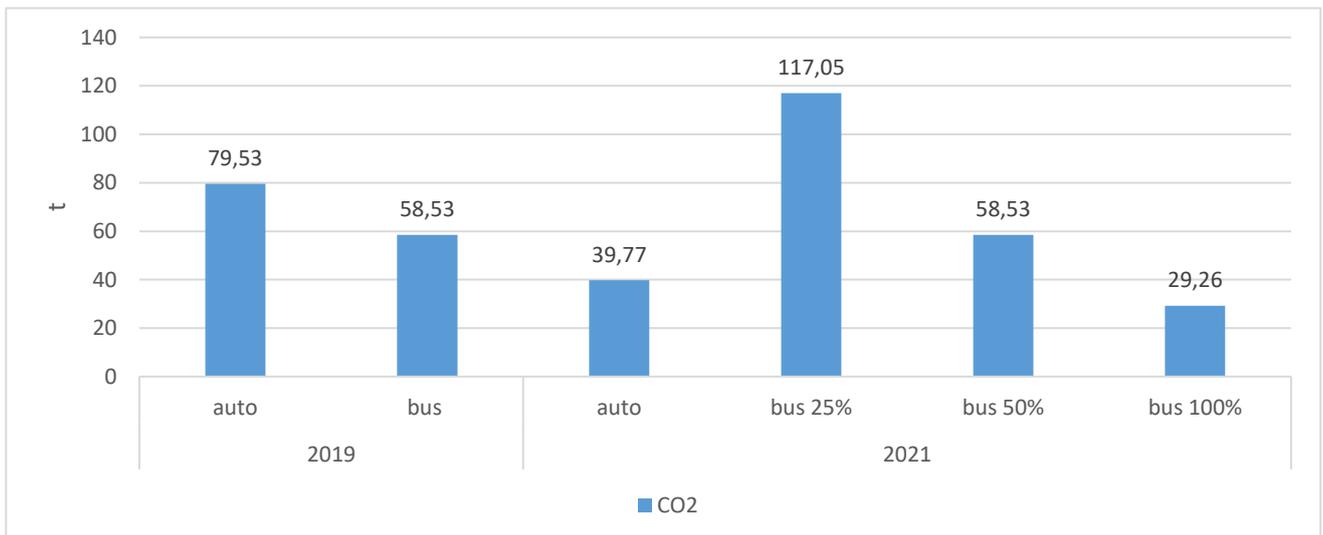


Grafico 60: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Bari secondo lo scenario 2

- Scenario 3

Dal grafico 61 emerge che la quantità di ossidi di azoto e polveri sottili prodotta nel 2021 supera quella del 2019, a patto che rimangano in vigore le restrizioni sul numero di passeggeri sui mezzi di trasporto, mentre quella del monossido di carbonio risulta essere di poco inferiore al 2019.

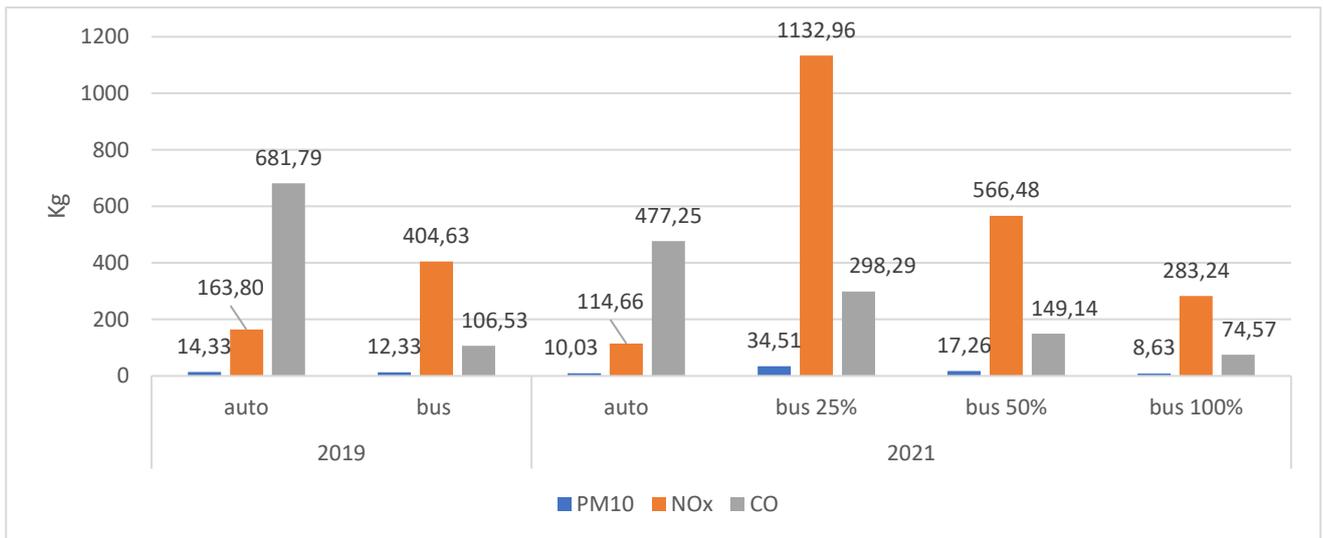


Grafico 61: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Bari secondo lo scenario 3

Analizzando le emissioni di CO2 (grafico 62) nel 2021 risultano simili al 2019 nel caso in cui la capienza massima consentita sugli autobus non scenda sotto il 50%, altrimenti si avrà un netto aumento di produzione di anidride carbonica.

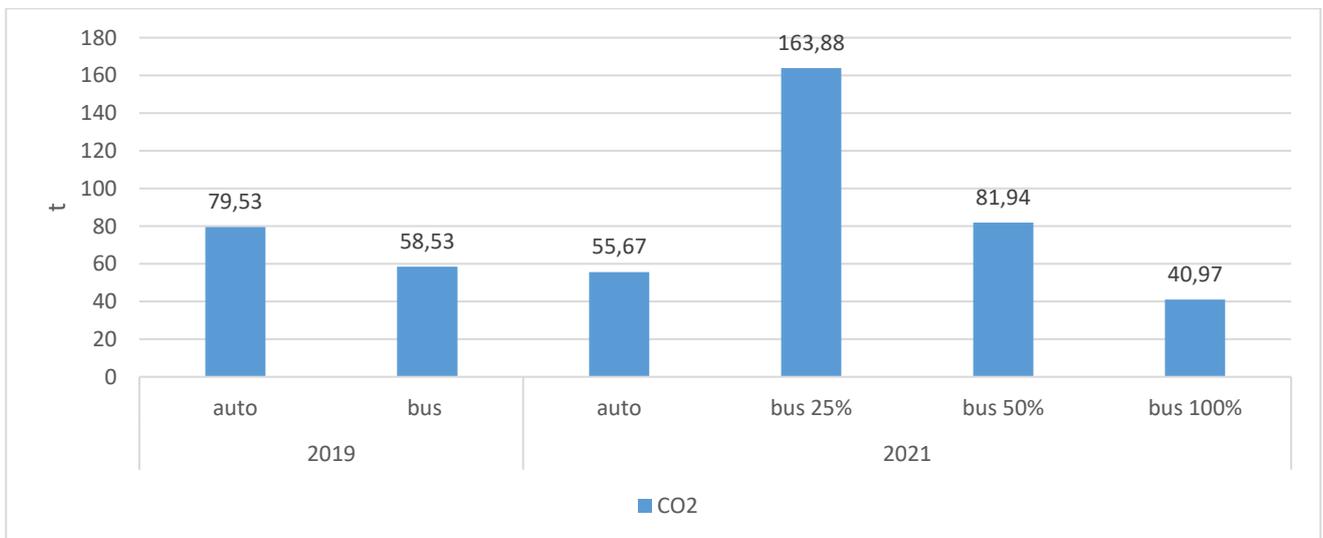


Grafico 62: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Bari secondo lo scenario 3

3.2.5 Aeroporto di Dubrovnik

- Scenario 1

Dai risultati ottenuti per l'aeroporto di Dubrovnik (grafico 63) si evince che la fonte principale di inquinamento nel 2019 sono le automobili, dovuto al fatto che solo il 35% dei viaggiatori scelga di utilizzare

gli autobus. Nel 2021 le emissioni degli inquinanti studiati diminuiscono in maniera considerevole per le autovetture ma rimangono ancora le più nocive producendo più del doppio delle polveri sottili degli autobus.

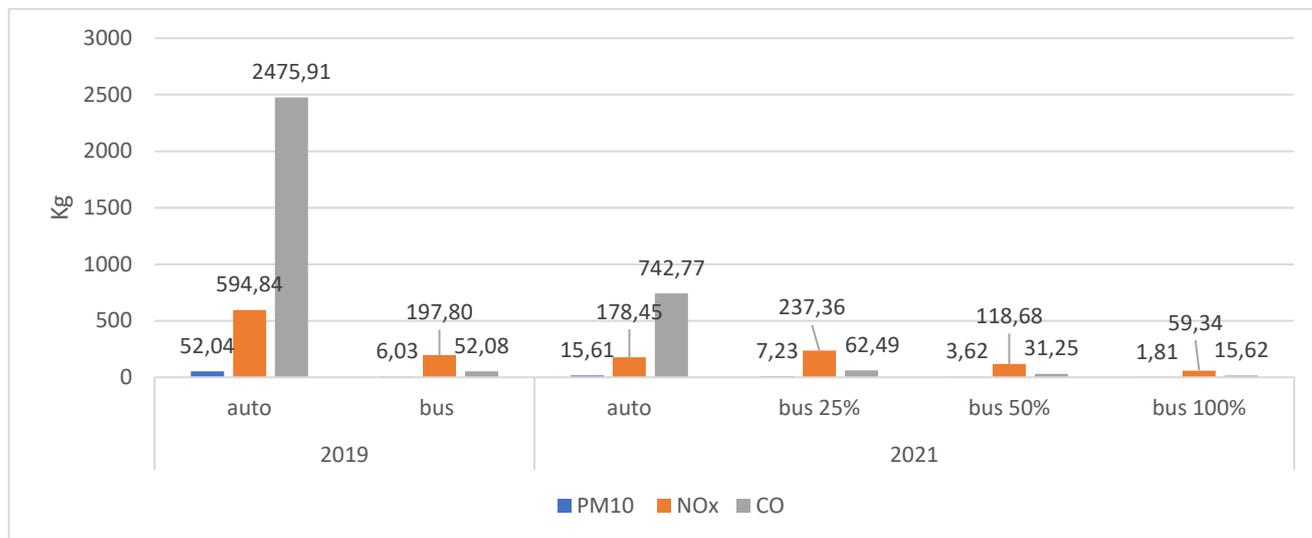


Grafico 63: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Dubrovnik secondo lo scenario 1

Analizzando i dati sulle emissioni di anidride carbonica (grafico 64) risulta evidente che l'inquinamento prodotto dagli autobus passa in secondo piano rispetto alle automobili che nel 2019 hanno prodotto più di 200 tonnellate di CO2 in più rispetto al 2021.

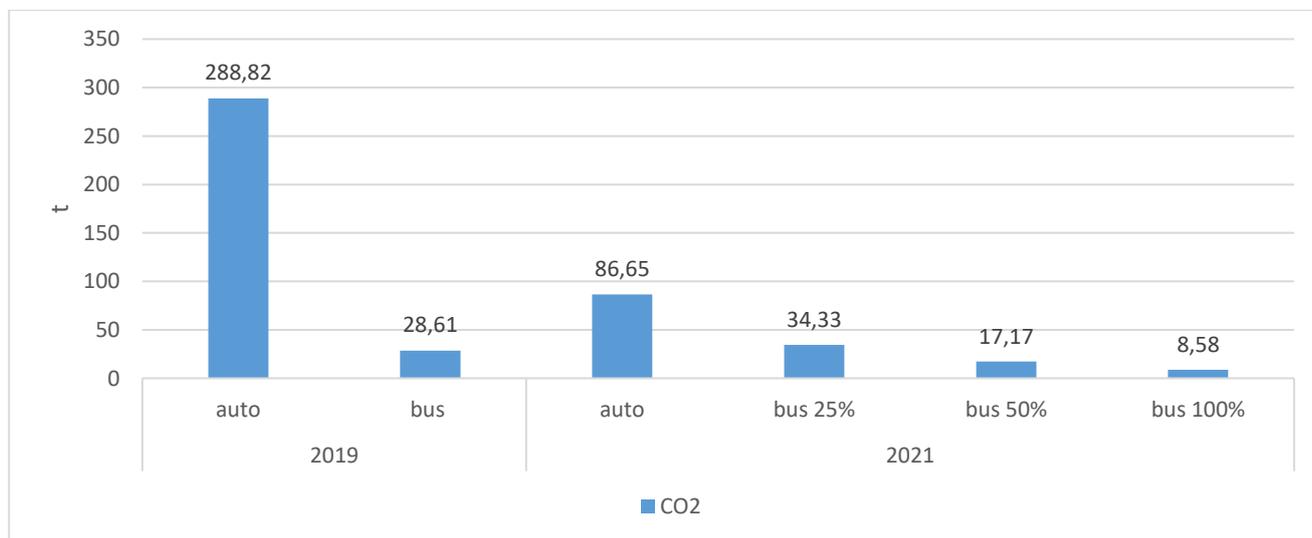


Grafico 64: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Dubrovnik secondo lo scenario 1

- Scenario 2

Come nello scenario precedente anche in questo la principale fonte di emissione risultano essere le automobili. Dal grafico 65 risulta che le automobili producono 26,02kg di CO₂ mentre gli autobus, considerando l'ipotesi di ridurre la capienza dei passeggeri al 25%, ne producono solo 12,05kg.

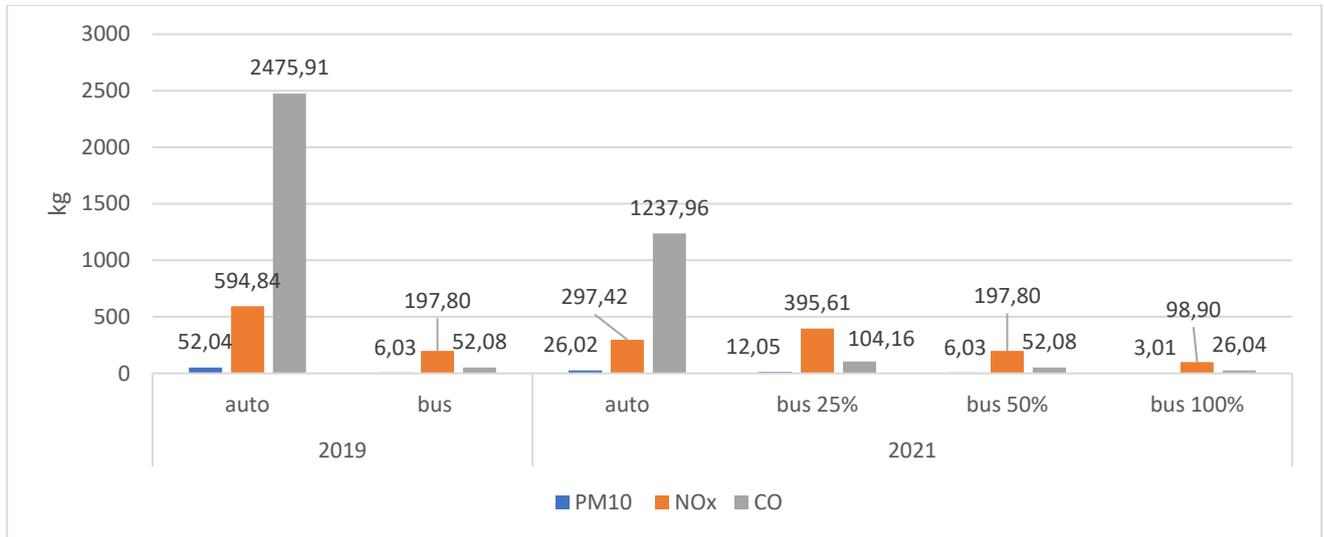


Grafico 65: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Dubrovnik secondo lo scenario 2

Osservando il grafico 66 si può notare come le emissioni di CO₂ delle automobili siano diminuite del 50% nel 2021 ma risultano essere ancora nettamente superiori a quelle degli autobus.

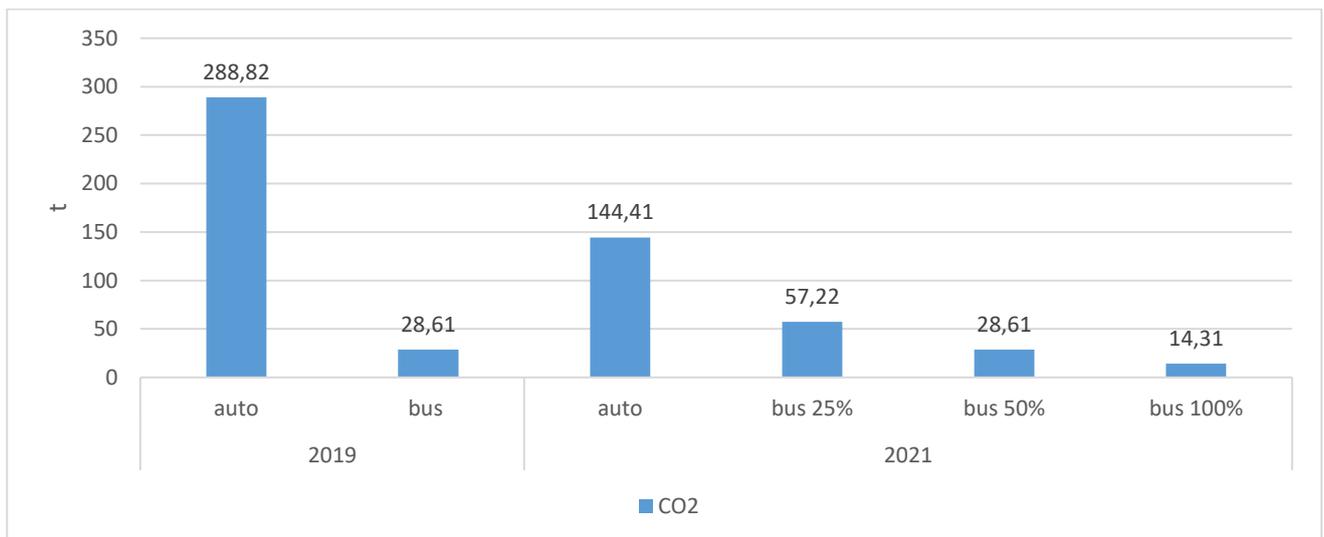


Grafico 66: quantità di CO₂ emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Dubrovnik secondo lo scenario 2

- Scenario 3

Nello scenario 3 i valori delle emissioni degli autobus nel 2021 superano in parte quelle del 2019 ma rimangono ancora molto inferiori all'inquinamento prodotto dalle automobili. Analizzando più in dettaglio le emissioni degli ossidi di azoto notiamo che i pullman con una capienza massima del 25% producono 553.85kg do NOx al fronte degli 416.39kg delle autovetture nel 2021 e raggiungono le emissioni delle macchine del 2019 (grafico 67).

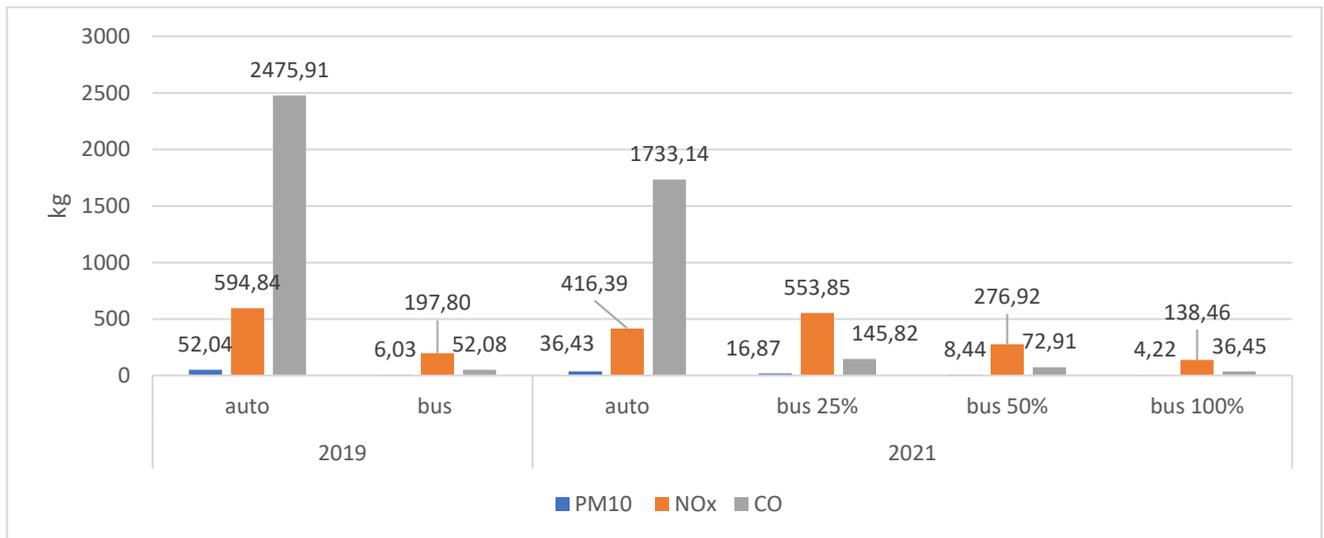


Grafico 67: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Dubrovnik secondo lo scenario 3

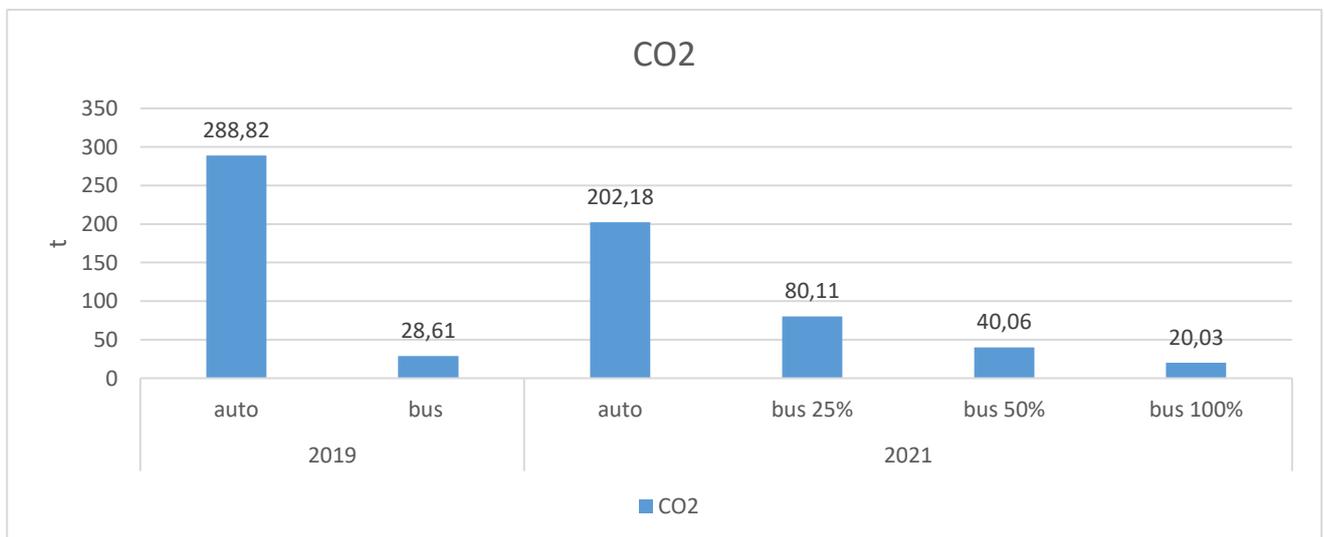


Grafico 68: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Dubrovnik secondo lo scenario 3

3.2.6 Aeroporto di Pola

- Scenario 1

Nel porto di Pola solo il 28% dei viaggiatori sceglie gli autobus come mezzo per raggiungere il centro della città. Questo comporta una forte differenza di emissioni come riportato nel grafico 69. Possiamo infatti notare come la produzione del monossido di carbonio, nel 2019, delle automobili sia 65 volte maggiore rispetto agli autobus. Questo trend si conserva anche per l'anno 2021 e le emissioni di NOx delle auto potrebbero essere eguagliate dai pullman solo se la loro massima capienza venga ridotta al 25%.

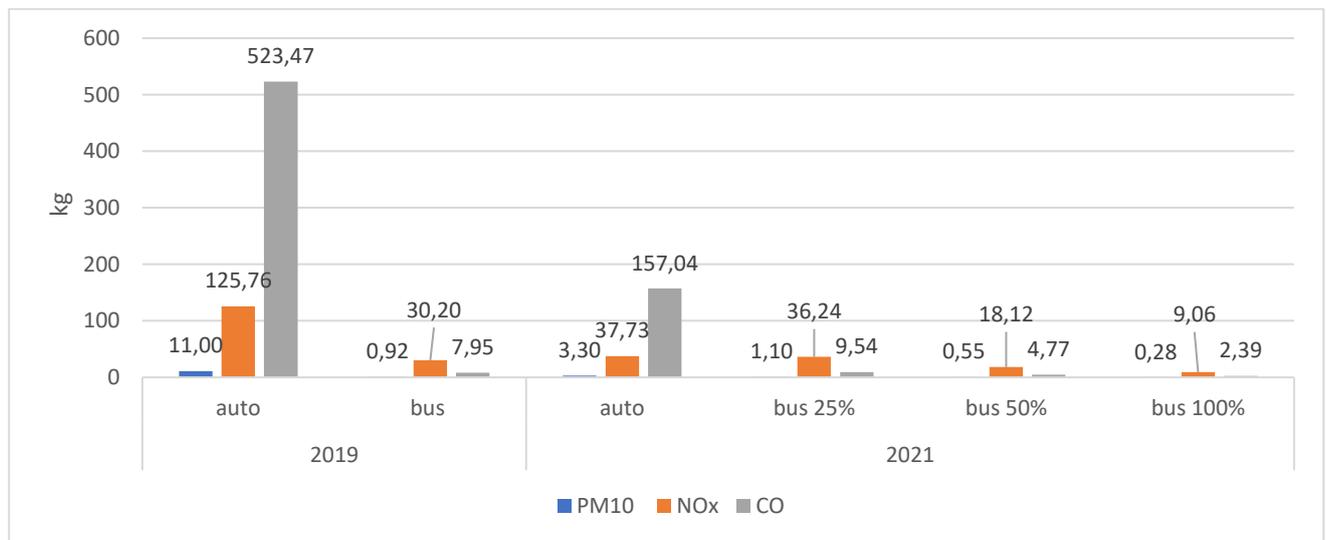


Grafico 69: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Pola secondo lo scenario 1

Dal grafico 70 risulta che quasi la totalità delle emissioni di CO₂ nel 2019 sia riconducibile alle automobili e questo succede anche nel 2021 ma con valori più vicini tra loro.

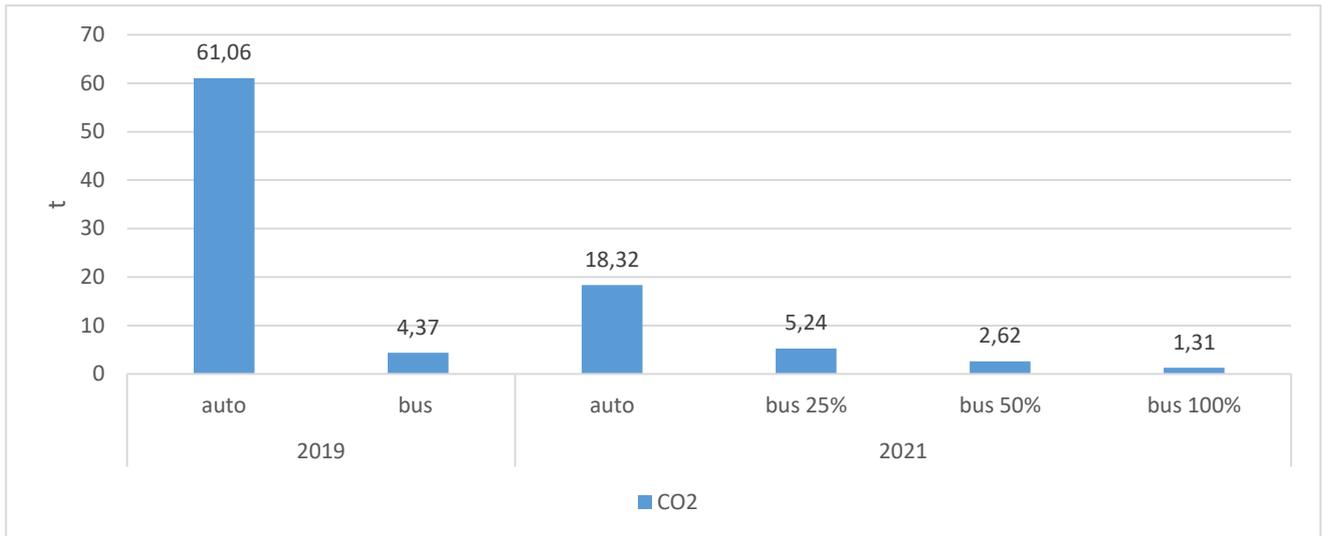


Grafico 70: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Pola secondo lo scenario 1

- Scenario 2

Analizzando i dati del 2021 per lo scenario 2 (grafico 71) possiamo notare come quasi la totalità delle emissioni di PM10 e CO sia dovuta alle automobili che continuano a rimanere la principale fonte di inquinamento.

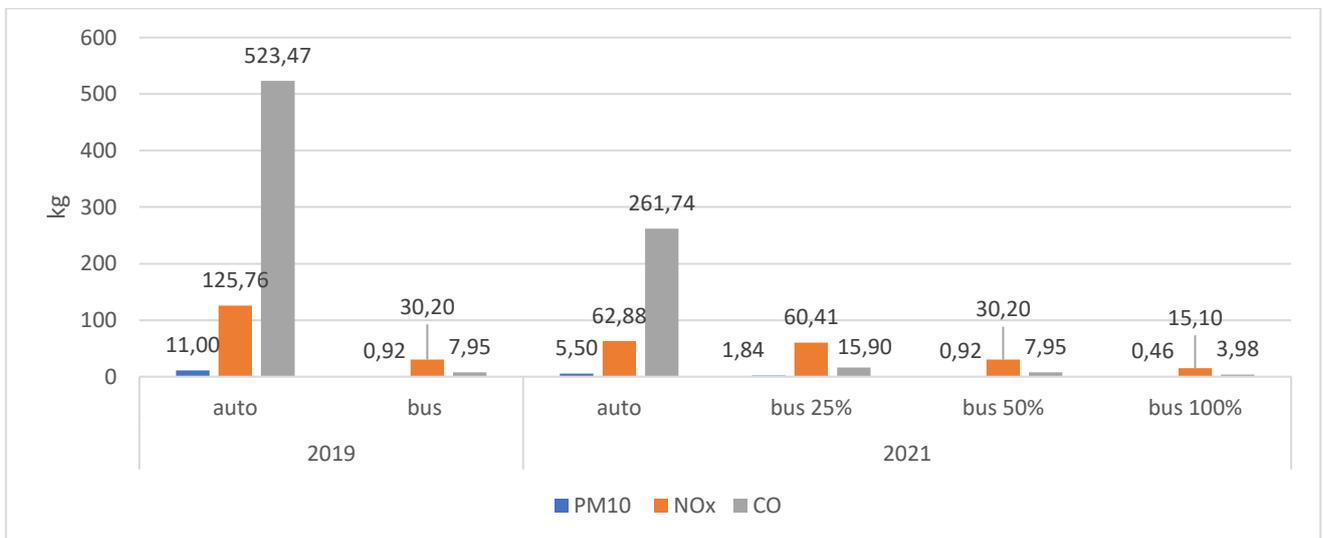


Grafico 71: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Pola secondo lo scenario 2

Dai dati del grafico 72 risulta che gli autobus nel 2021 eguagliano la loro produzione di CO2 del 2019 con una capienza massima del 50% ma le loro emissioni continuano ad essere molto inferiori a quelle delle automobili.

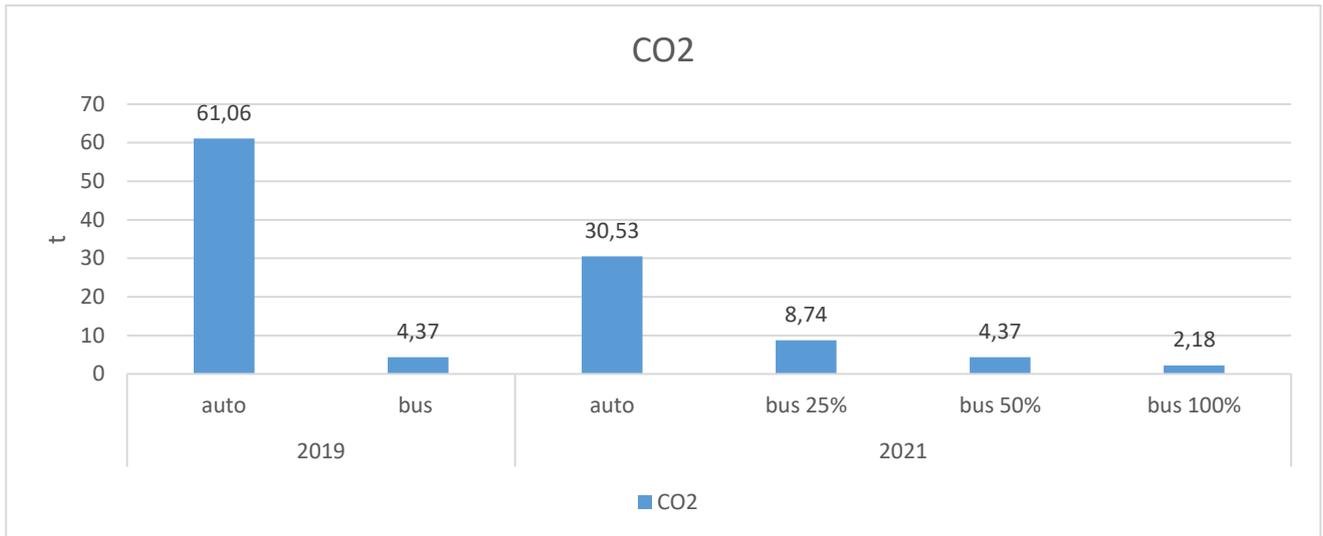


Grafico 72: quantità di CO2 emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Pola secondo lo scenario 2

- Scenario 3

Lo scenario 3 per l'aeroporto di Pola prevede il numero massimo di passeggeri da trasportare verso il centro della città tra quelli visti fino ad adesso e per questo i valori delle emissioni calcolate risulta il più elevato. In particolare, dal grafico 73, la quantità di CO prodotta dalle automobili risulta di ben 366.43kg a fronte dei 22,77kg dei pullman con la capienza ridotta al 25%. Anche la quantità di polveri sottili rilasciate dalle macchine è 3 volte superiore alla massima prodotta dagli autobus (7,7kg contro 2,58kg).

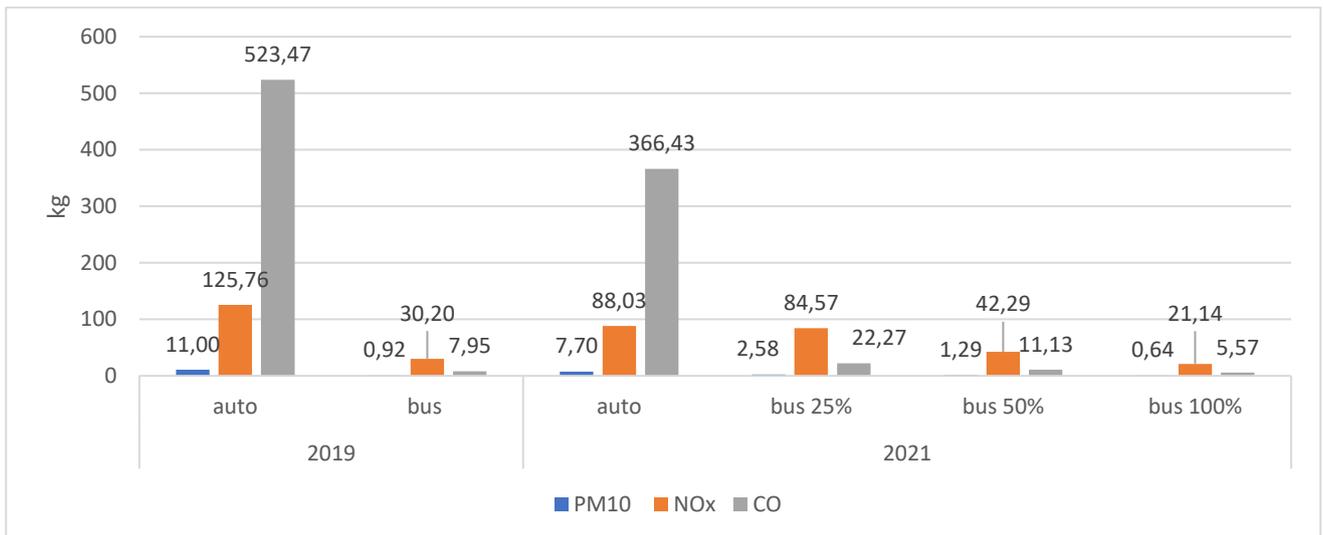


Grafico 73: quantità di inquinanti emessi dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Pola secondo lo scenario 3

Analizzando ora le emissioni di CO₂, anche in questo caso, le automobili risultano le più inquinanti producendo quasi 43 tonnellate di anidride carbonica (grafico 74). In generale, come per l'aeroporto di Dubrovnik, quasi tutte le sostanze nocive rilasciate dai mezzi analizzati sono riconducibili alle autovetture.

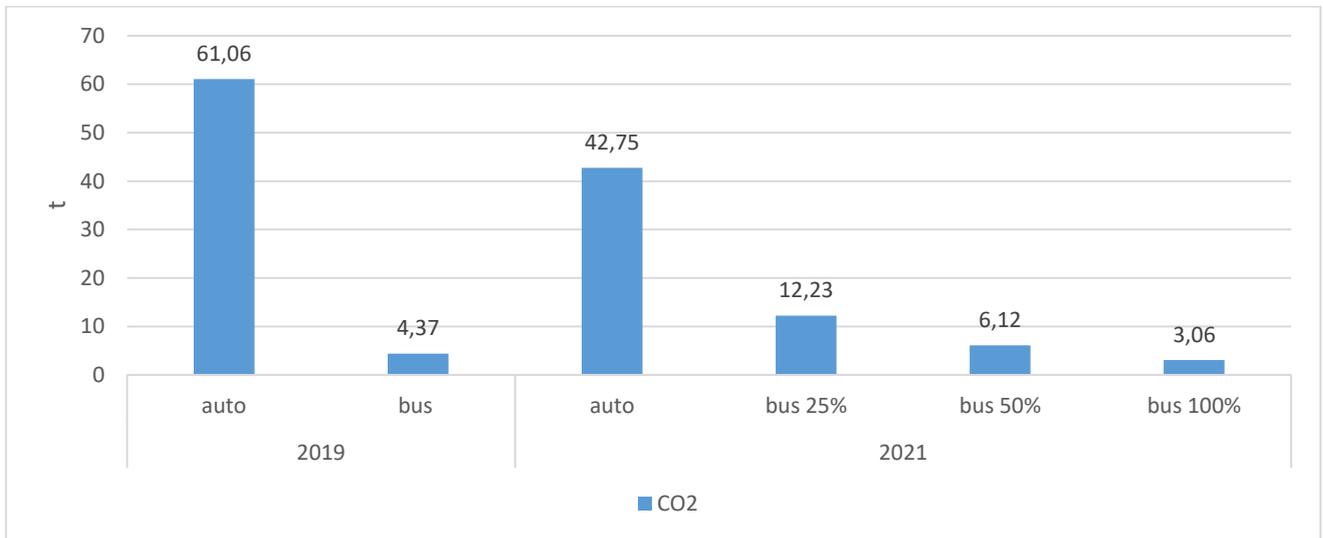


Grafico 74: quantità di CO₂ emessa dai mezzi di trasporto per l'aeroporto di Pola secondo lo scenario 3

4 – Conclusioni

Nel capitolo precedente sono stati eseguiti i calcoli per determinare la quantità di sostanze inquinanti (PM10, NOx, CO, CO2) prodotta dai mezzi durante il trasporto dei passeggeri dal porto/aeroporto verso il centro della città. Tali valori sono stati ottenuti considerando i passeggeri totali del mese di agosto dell'anno 2021 per ogni porto e aeroporto, in quanto tale mese risulta essere il più trafficato per tutti gli scenari previsti.

Iniziando dai risultati ottenuti per il porto di Ancona risulta che nel 2019 la principale fonte di emissione del monossido di carbonio sono le automobili che, nel mese di agosto, producono, secondo le ipotesi della presente tesi, 100,8kg di CO. Nel 2021, analizzando gli scenari ipotizzati, la quantità di CO rilasciata in ambiente diminuirebbe del 70% per lo scenario 1, del 50% per lo scenario 2 e 30% nell'ultimo scenario, ma nonostante ciò le automobili risultano essere ancora la principale fonte di emissione di monossido di carbonio. Osservando invece la produzione delle polveri sottili e ossidi di azoto risulta che nel 2019 le autovetture e gli autobus avrebbero prodotto una quantità simile di PM10 (rispettivamente 2,12 e 1,82kg) mentre più del 70% degli NOx viene emesso dai pullman. Nel 2021 invece le emissioni di questi due inquinanti da parte delle automobili passerebbe in secondo piano visto che i pullman, a causa delle restrizioni sul numero massimo di passeggeri a bordo, producono 167,5kg di NOx e 5,1kg di PM10 nello scenario 3 con una capienza ridotta al 25% mentre le autovetture rispettivamente 16,95kg e 1,48kg. Un risultato simile si ottiene anche per l'anidride carbonica visto che nel 2019 le macchine ne emettono 11,76 tonnellate mentre nel 2021 gli autobus arrivano ad emettere 24,23 tonnellate di CO2 (grafico 44).

Dall'analisi dei porti croati (Dubrovnik e Pola) si può notare che i risultati ottenuti seguono lo stesso trend del porto di Ancona ma, a causa del diverso numero di passeggeri trasportati dai mezzi pubblici, i valori delle emissioni sono diversi. Infatti le quantità degli inquinanti prodotti dalle automobili e autobus nel porto di Dubrovnik sarebbero più alti di quasi il 70% rispetto al porto italiano, mentre il porto di Pola produrrebbe il 40% di inquinanti in meno.

L'inquinamento attribuibile al trasporto dei passeggeri con i mezzi pubblici all'aeroporto di Bari è nettamente superiore all'inquinamento stimato per il trasporto passeggeri per i porti analizzati a causa della maggiore distanza dell'aeroporto dal centro della città. Di fatto nell'aeroporto italiano si stima che transiteranno meno persone rispetto al porto di Dubrovnik ma le automobili e gli autobus devono percorrere 11km a fronte dei 4km del porto croato. Questo comporta che nel 2019 le emissioni totali dell'anidride carbonica saranno circa 138 tonnellate che equivale al 60% in più rispetto al porto più trafficato tra quelli studiati (Dubrovnik). Per quanto riguarda la differenza della possibile quantità di inquinamento prodotto nei vari scenari e con le diverse percentuali di capienza a bordo degli autobus, l'aeroporto di Bari segue lo stesso trend dei porti sopra citati.

Analizzando i risultati dell'aeroporto di Dubrovnik si nota che le quantità degli inquinanti prodotti risultano molto diverse rispetto all'aeroporto di Bari. Questo non è dovuto solo alla distanza da percorrere (20km) ma soprattutto dal fatto che solo il 35% dei passeggeri sceglie di spostarsi con gli autobus. La scelta dei viaggiatori comporta che le automobili produrrebbero quasi la totalità dell'inquinamento nel 2019 mentre nel 2021, con il contributo dei pullman che viaggiano con solo il 25% dei passeggeri a bordo nello scenario 3 (grafico 67), la quantità di NOx totale emessa è pari a 970,24kg (con 553.85kg prodotta dagli autobus) contro i 792.64kg di NOx del 2019.

L'aeroporto di Pola ha un numero di passeggeri che risulta essere meno di un decimo rispetto a Dubrovnik ma la scelta dei passeggeri di muoversi con le automobili invece che con gli autobus comporta che l'andamento della quantità di inquinanti prodotti risulti simile all'altro aeroporto croato. Anche in questo caso quasi la totalità dell'inquinamento prodotto potrebbe essere attribuita alle autovetture mentre quello degli autobus diventa rilevante solo nello scenario 3 e con una capienza a bordo del 25%.

4.1 Considerazioni finali

Dai confronti effettuati risulta che le automobili nel 2021 producono meno inquinamento rispetto al 2019 arrivando ad emettere il 70% in meno negli scenari che prevedono il minor numero di viaggiatori. Ma il risultato più importante è quello legato agli autobus, infatti, in tutti gli scenari analizzati, la quantità di emissioni dipende molto dalla riduzione della capienza dei passeggeri a bordo. Questi mezzi inquinano più delle automobili e presentano una quantità di emissioni superiori alla totalità del 2019 se devono viaggiare con solo il 25% dei passeggeri a bordo nonostante il fatto che il numero di viaggiatori totali sia inferiore.

Di rilevante importanza risulta quindi mantenere una riduzione della capienza dei mezzi pubblici al massimo al 50% e di introdurre dei veicoli o mezzi di trasporto che hanno un impatto ambientale più basso per evitare nei prossimi anni di aumentare in maniera significativa l'inquinamento nelle città.

BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA

ACEA Report. 2021. Vehicles in use, Europe 2021. <https://www.acea.auto/publication/report-vehicles-in-use-europe-january-2021/>

ARPAV. (2020). Inquinanti atmosferici. <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/qualita-dellaria/metodologia/approfondimenti/inquinanti-atmosferici>

Associazione Italiana Gestori Aeroporti (Assaeroporti). 2021. Statistiche. https://assaeroporti.com/statistiche_201612/

De Vos, J., 2020. The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 5, p.100121.

Dubrovnik Airport. 2021. Statistics. <https://www.airport-dubrovnik.hr/en/business/statistics-s36>

Google Maps. "Dati cartografici" (2021). <https://www.google.it/maps>

Gorini, F. 2020. Gli impatti della pandemia sull'ambiente (cioè su tutti noi). <https://www.rivistamicron.it/approfondimenti/gli-impatti-della-pandemia-sullambiente-cioe-su-tutti-noi/>

Greenhalgh, T., M. B. Schmid, T. Cypionka, D. Bassler, and L. Gruer. 2020. Face masks for the public during the covid-19 crisis. *BMJ* (2020) 369: m1435. doi:10.1136/bmj.m1435.

Konda, A., A. Prakash, G. A. Moss, M. Schmoldt, G. D. Grant, and S. Guha. 2020. Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks. *ACS Nano* 14 (5): 6339–47. doi:10.1021/acsnano.0c03252.

Maci, L. 2020. Come cambia la mobilità nell'era del coronavirus. *Network Digital* 360

Musselwhite, C., E. Avineri, and Y. Susilo. 2020. Editorial JTH 16—The Coronavirus Disease COVID-19 and implications for transport and health. *Journal of Transport & Health* 16 (April 2020): 100853. doi:10.1016/j.jth.2020.100853.

Prather, Wang. 2020. *Giornale dei trasporti pubblici*, vol. 22, n. 1, 2020 5 COVID-19 e trasporto pubblico: valutazione attuale, prospettive e esigenze di ricerca

Pula Airport. 2021. Statistics. <https://airport-Pola.hr/en/business-info/about-us-2/statistics/>

Republic of Croatia. "CROATIAN BUREAU OF STATISTIC" 2021, <https://www.dzs.hr/>

Republic of Croatia. "MINISTRY OF THE SEA, TRANSPORT AND INFRASTRUCTURE (2019) Transport Development Strategy of the Republic of Croatia (2017 - 2030)" (2021)

Shen, Y., C. Li, H. Dong, Z. Wang, L. Martinez, Z. Sun, A. Handel, et al. 2020. Airborne transmission of COVID-19: epidemiologic evidence from two outbreak investigations. Preprint available at [https://www.researchgate.net/publication/340418430 Airborne transmission of COVID-19 epidemiologic evidence from two outbreak investigations](https://www.researchgate.net/publication/340418430_Airborne_transmission_of_COVID-19_epidemiologic_evidence_from_two_outbreak_investigations).

Tirachini, A., Cats, O. 2020. COVID-19 and public transportation: Current assessment, prospects, and research needs. *Journal of Public Transportation* 22.1

UITP. 2020. Management of COVID-19: Guidelines for Public Transport Operators. Factsheet, March 2020. International Association of Public Transport (UITP). Accessed May 4, 2020. <https://www.uitp.org/management-covid-19-guidelines-public-transport-operators>.