

Aeroporto "Il Caravaggio"  
di Bergamo Orio al Serio  
**Piano di Sviluppo Aeroportuale 2030**



**Procedura VIA**

*Documento di risposta alla richiesta di integrazioni  
nota MATTM prot. 16899 del 01.07.2019  
Approfondimento Aria e clima Post operam  
AA.03.AR01*

In copertina:  
Aeroporto di Bergamo Orio al Serio, 21 Marzo 1972: passeggeri all'imbarco del Douglas DC-9 della compagnia aerea Itavia, primo volo decollato dal nuovo scalo e diretto a Roma – Ciampino (Fonte: Bergamopost.it)

Indice

<b>1 Premessa.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Verifiche normative sulla qualità dell'aria in fase di esercizio.....</b>	<b>5</b>
2.1 Il fondo di riferimento per il Biossido di Zolfo .....	5
2.1.1 Caratteristiche degli Ossidi di Zolfo .....	5
2.1.2 Gli effetti sull'uomo del Biossido di Zolfo .....	5
2.1.3 Gli effetti sull'ambiente degli Ossidi di Zolfo.....	5
2.1.4 Le concentrazioni di SO2 registrate dalla centralina di Bergamo Via Garibaldi .....	5
2.2 La stima delle concentrazioni prodotte dalle sorgenti aeronautiche.....	6
2.2.1 Aspetti generali.....	6
2.2.2 Le concentrazioni stimate per gli scenari Ante operam e Post operam.....	7
2.3 La verifica dei limiti normativi ed il contributo aeroportuale .....	10
<b>3 Analisi sul Benzene .....</b>	<b>14</b>
3.1 Il fondo di riferimento per il Benzene .....	14
3.1.1 Caratteristiche del Benzene.....	14
3.1.2 Gli effetti sull'uomo del Benzene.....	14
3.1.3 Le concentrazioni di Benzene registrate dalla centralina di Bergamo Via Garibaldi.....	14
3.2 La stima delle concentrazioni prodotte dalle sorgenti aeronautiche.....	15
3.3 La verifica dei limiti normativi ed il contributo aeroportuale .....	16
<b>4 Analisi sugli IPA .....</b>	<b>17</b>
4.1 Principali aspetti sugli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).....	17
4.1.1 Caratteristiche degli IPA .....	17
4.1.2 Gli effetti sull'uomo degli IPA .....	17
4.2 Analisi emissiva .....	17
4.3 Analisi delle concentrazioni.....	25
<b>5 Modalità di applicazione dell'A-CDM .....</b>	<b>26</b>
5.1 Finalità e descrizione dell'A-CDM.....	26
5.2 La metodologia usata per il calcolo delle riduzioni delle fonti inquinanti .....	27
<b>6 Analisi sulle abitazioni sparse prossime all'aeroporto.....</b>	<b>28</b>
6.1 Individuazione delle abitazioni sparse.....	28

6.2 L'analisi delle concentrazioni .....	28
6.2.1 Le concentrazioni di NO2.....	28
6.2.2 Le concentrazioni di PM10 .....	29
6.2.3 Le concentrazioni di PM2.5 .....	30
6.2.4 Le concentrazioni di SO2.....	31
<b>APPENDICE I .....</b>	<b>33</b>

## 1 PREMESSA

Il presente documento è volto a rispondere alle richieste di integrazione espresse, con nota MATTM prot. 16899 del 01.07.2019, in merito alla tematica relativa all'inquinamento atmosferico ed in particolare alla fase di esercizio (post operam).

Nello specifico le tematiche che sono state approfondite riguardano:

1. Verifica dei limiti normativi in considerazione del fondo di riferimento per tutti gli inquinanti di interesse e per tutti i periodi di mediazione per i quali il D.Lgs. 155/10 individua un limite normativo;
2. Analisi sul Benzene e sugli IPA;
3. Modalità di applicazione dell'A-CDM;
4. Analisi della presenza di abitazioni sparse in prossimità dell'aeroporto.

In merito alla al primo aspetto è stato sviluppato, nel seguito della trattazione, un approfondimento sulla qualità dell'aria complessiva emersa a valle delle simulazioni modellistiche in considerazione dell'insieme delle attività aeronautiche previste dal Piano di Sviluppo aeroportuale 2030 dell'Aeroporto di Milano - Bergamo (cfr. Cap. 2).

Si ricorda che per l'individuazione dei valori di fondo degli inquinanti analizzati, utili alla verifica della qualità dell'aria con i limiti normativi, nello Studio di Impatto Ambientale si era fatto riferimento alla centralina di Bergamo Via Meucci, la quale però non registra i valori di concentrazione dei Biossidi di Zolfo. Pertanto, per avere un valore di fondo anche per l'SO<sub>2</sub> è stata presa come riferimento un'altra centralina, Bergamo Via Garibaldi (cfr. Par. 2.1).

Inoltre, in termini di analisi dei valori di concentrazione, le valutazioni effettuate nel seguito, oltre a riportare i valori di media annua già considerati nello SIA; hanno riguardato la stima dei valori di concentrazione dei percentili significativi per i singoli inquinanti, in quanto correlati al numero di superamenti massimi del limite normativo. Pertanto, per i due scenari ante operam e post operam, sono stati analizzati i seguenti percentili in relazione agli inquinanti di riferimento e agli intervalli di mediazione (cfr. Par. 2.2):

- 90,4° percentile dei valori giornalieri di PM<sub>10</sub> (la normativa prevede un massimo di 35 superamenti l'anno);
- 99,8° percentile dei valori orari di NO<sub>2</sub> (la normativa prevede un massimo di 18 superamenti l'anno);
- 99,7° percentile dei valori orari di SO<sub>2</sub> (la normativa prevede un massimo di 24 superamenti l'anno);
- 99,2° percentile dei valori giornalieri di SO<sub>2</sub> (la normativa prevede un massimo di 3 superamenti l'anno).

L'analisi, di seguito condotta, inoltre, riporta la valutazione delle concentrazioni stimate in funzione dei diversi inquinanti e dei diversi intervalli di mediazione, rispetto ai limiti normativi di qualità dell'aria (cfr. Par. 2.3). La verifica con i limiti normativi è stata ottenuta considerando che i valori di fondo dei singoli inquinanti rilevati dalle centraline ARPA di riferimento, essendo queste prossime all'aeroporto, contenessero il contributo di qualità dell'aria prodotto dalle sorgenti aeronautiche allo stato attuale. Pertanto, per la stima

complessiva dei livelli di qualità dell'aria si è proceduto sottraendo al fondo di riferimento la media annua degli inquinanti risultanti dallo studio modellistico dell'aeroporto allo stato attuale in corrispondenza del ricettore più prossimo alle centraline considerate e sommando le concentrazioni future stimate sui diversi intervalli di mediazione.

In merito al secondo aspetto in risposta alla richiesta di integrazione da parte della Regione, sono state valutate le concentrazioni di Benzene, desunte dall'analisi emissiva degli inquinanti e successivamente verificate in funzione del limite normativo in considerazione anche del valore di fondo ricavato dalla centralina di riferimento, nonché le concentrazioni degli IPA, in considerazione delle informazioni fornite dal modello di calcolo utilizzato per le simulazioni (cfr. Cap. 3 e 4)

Relativamente all'A-CDM, il presente allegato è volto a chiarire le modalità di applicazione della riduzione di inquinanti per la "taxi way" sia in relazione alle emissioni che alle concentrazioni (cfr. Cap. 5).

Nel seguito della trattazione è stata analizzata, in ultimo, la tematica relativa alla presenza di abitazioni sparse in prossimità dell'aeroporto di Milano - Bergamo, attraverso un'analisi che a partire dalle mappe di concentrazione redatte nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale, ha desunto i valori di concentrazione per i diversi inquinanti, verificando la non significatività dell'inquinamento atmosferico che agisce su questi, nella configurazione di progetto (cfr. Cap. 6).

## 2 VERIFICHE NORMATIVE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA IN FASE DI ESERCIZIO

### 2.1 Il fondo di riferimento per il Biossido di Zolfo

#### 2.1.1 Caratteristiche degli Ossidi di Zolfo

Normalmente gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e l'anidride solforica (SO<sub>3</sub>); questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO<sub>x</sub>.

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse.

Rappresenta l'inquinante atmosferico per eccellenza essendo il più diffuso, uno dei più aggressivi e pericolosi e di gran lunga quello più studiato ed emesso in maggior quantità dalle sorgenti antropogeniche. Deriva dalla ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione delle sostanze che contengono questo elemento sia come impurezza (come i combustibili fossili) che come costituente fondamentale.

Dall'ossidazione dell'anidride solforosa si origina l'anidride solforica che reagendo con l'acqua, sia liquida che allo stato di vapore, origina rapidamente l'acido solforico, responsabile in gran parte del fenomeno delle piogge acide. Dato che la reazione di ossidazione che conduce alla formazione dell'anidride solforica è molto lenta, e data la reattività di questo composto con l'acqua, in genere la concentrazione del triossido di zolfo varia fra l'1 e il 5% della concentrazione del biossido di zolfo (che viene considerato l'inquinante di riferimento).

#### 2.1.2 Gli effetti sull'uomo del Biossido di Zolfo

Per l'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (questo rappresenta una fortuna dato che solo quantità molto ridotte possono raggiungere gli alveoli polmonari). L'alta reattività lo rende un composto estremamente irritante. E' stato comunque notato un effetto sinergico con le polveri sospese per la capacità che queste hanno di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio.

A basse concentrazioni gli effetti del biossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e ad irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

Analisi epidemiologiche hanno evidenziato un aumento dei ricoveri ospedalieri, specie di anziani e bambini, a concentrazioni superiori a 0,3 mg/mc. Già a concentrazioni di 0,06 mg/mc come valore medio annuale si verificano episodi di bronchite e infezioni alle prime vie respiratorie.

Il caratteristico odore pungente del biossido di zolfo viene percepito dal naso alla concentrazione di 0,8-2,6 mg/mc. A questi livelli è necessaria la maschera antigas. Per brevi periodi, in assenza di maschera, ci si può proteggere anche tenendo sul naso e sulla bocca un panno umido.

Brevi esposizioni di 10' a concentrazioni di 3 mg/mc provocano un aumento del ritmo respiratorio e del battito cardiaco; concentrazioni di 25 mg/mc provocano irritazioni agli occhi, al naso ed alla gola, oltre ad un aumento della frequenza cardiaca. Concentrazioni maggiori di 5 g/mc producono asfissia tossica con morte per collasso cardiocircolatorio.

#### 2.1.3 Gli effetti sull'ambiente degli Ossidi di Zolfo

L'azione principale operata ai danni dell'ambiente da parte degli ossidi di zolfo consiste nell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche con la conseguente compromissione dell'equilibrio degli ecosistemi interessati. Gli effetti corrosivi dell'acido solforico si riscontrano anche sui materiali da costruzione, sui metalli e sulle vernici.

L'acido solforico trasforma i carbonati insolubili dei monumenti e delle opere d'arte in solfati solubili che vengono dilavati per azione della pioggia.

Il biossido di zolfo a basse concentrazioni provoca un rallentamento nella crescita delle piante, mentre ad alte concentrazioni ne provoca la morte alterandone la fisiologia in modo irreparabile. Nelle foglie il biossido di zolfo viene trasformato in acido solforoso e solfiti, da questi per ossidazione si generano i solfati (la forma in cui lo zolfo viene metabolizzato nelle piante). Quando il livello di anidride solforosa nell'aria diviene insostenibile, nelle foglie si accumulano inutilizzati i solfiti che ad alta concentrazione causano la distruzione della clorofilla, il collasso delle cellule e la necrosi dei tessuti. Le foglie presentano fra i margini e le nervature delle aree irregolari di colore bianco, giallo o marrone, che presentano necrosi; negli aghi delle conifere diviene marrone l'apice delle foglie. Questi effetti aumentano quando si è in presenza di un'umidità relativa elevata, vi sono alte temperature, c'è un'intensa luminosità ed anche nel caso in cui le piante siano vecchie. L'effetto di una esposizione prolungata a concentrazioni di anidride solforosa incapaci di causare sintomi evidenti è più difficile da rilevare: consiste in una serie di alterazioni fisiologiche fra le quali la riduzione della crescita e della riproduzione e la senescenza anticipata.

L'effetto sulle piante è particolarmente accentuato quando l'anidride solforosa si trova in presenza di ozono (sinergismo).

#### 2.1.4 Le concentrazioni di SO<sub>2</sub> registrate dalla centralina di Bergamo Via Garibaldi

Per l'identificazione del valore di fondo del Biossido di Zolfo si è fatto riferimento alla centralina fissa gestita da ARPA Lombardia più prossima all'aeroporto di Bergamo, che registrasse l'inquinante in oggetto. Per la sua localizzazione è possibile far riferimento all'immagine sottostante.

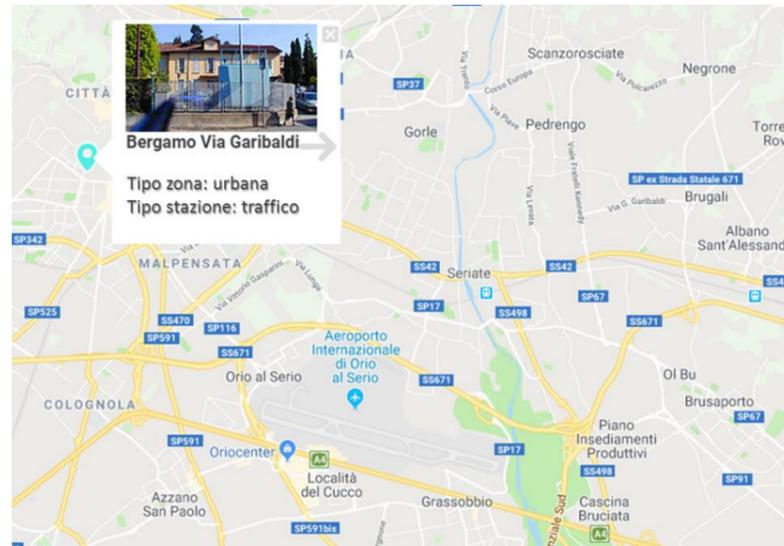


Figura 2-1 Centralina di riferimento per l'SO2

Tramite i dati forniti della centralina è stato possibile analizzare i valori di concentrazione relativi agli SO2 nell'arco temporale di riferimento (2015), in coerenza alle analisi condotte nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale.

In merito ai valori medi giornalieri, di seguito si riportano le elaborazioni condotte.

Anno	Min [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Media [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentili [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]						
			0,5	0,8	0,85	0,9	0,95	0,99	max
2015	0,1	2,3	2,1	3,5	3,8	4,3	5,1	6,6	7,5

Tabella 2-1 Analisi dei percentili SO2 – valori medi giornalieri (2015) – Centralina Bergamo Via Garibaldi

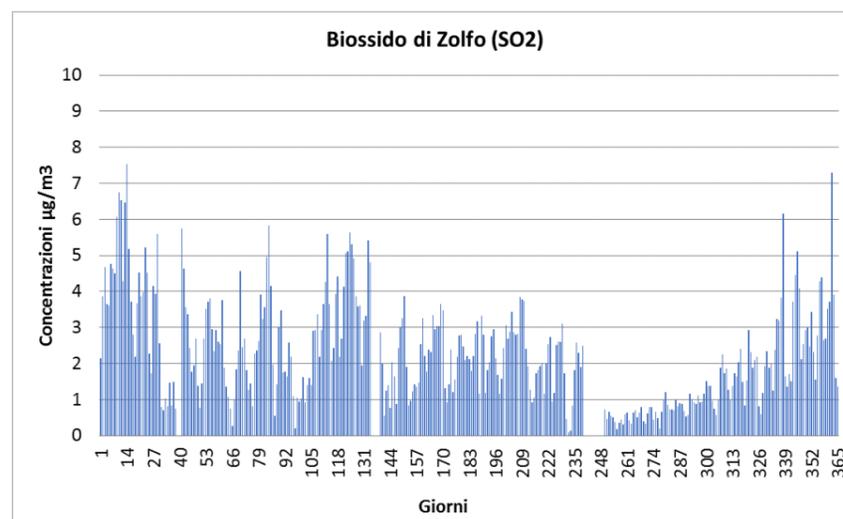


Figura 2-2 Biossidi di zolfo valori medi giornalieri (2015) Centralina Bergamo Via Garibaldi

Quanto è possibile notare dal grafico sopra riportato è come i picchi di SO2 si registrino prevalentemente nel periodo invernale con valori massimi di media giornaliera pari a  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre la media annua si attesta su valori molto molto bassi, nell'intorno dei  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In merito, invece, ai percentili dei valori orari, si può far riferimento alle analisi sottostanti.

Anno	Min [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Media [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Percentili [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]						
			0,5	0,8	0,85	0,9	0,95	0,99	max
2015	0,0	2,3	2,0	3,4	3,8	4,5	5,5	7,8	13,3

Tabella 2-2 Analisi dei percentili SO2 – valori orari (2015) – Centralina Bergamo Via Garibaldi

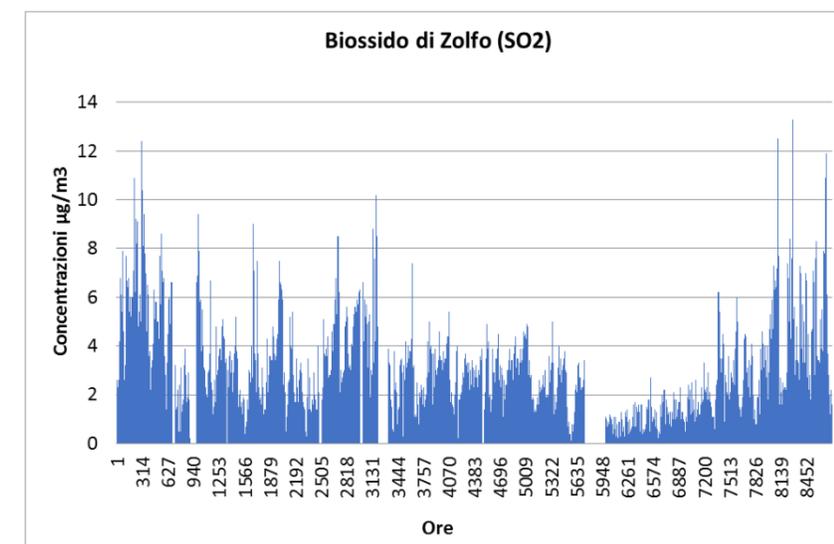


Figura 2-3 Biossidi di zolfo valori orari (2015) Centralina Bergamo Via Garibaldi

Anche in merito ai valori orari i picchi si verificano prevalentemente nel periodo invernare, con un valore massimo di circa  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il valore di fondo dell'SO2, preso come riferimento per le successive analisi, è il valore medio annuo registrato nel 2015 per l'SO2 e pari a  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 2.2 La stima delle concentrazioni prodotte dalle sorgenti aeronautiche

### 2.2.1 Aspetti generali

Al fine di inquadrare e comprendere meglio gli approfondimenti trattati di seguito, il presente paragrafo riporta i principali elementi considerati per le analisi modellistiche, ampiamente descritti nello Studio di Impatto Ambientale, che hanno portato alla valutazione dell'inquinamento atmosferico prodotto dall'Aeroporto di Milano - Bergamo.

Per la stima delle concentrazioni degli inquinanti di interesse (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>), è stato utilizzato il software di calcolo EDMS, specifico per gli aeroporti. Per mezzo dell'implementazione nel modello di tutti gli input necessari, territoriali e progettuali, è stato possibile stimare i livelli di concentrazione sotto forma di mappe di isoconcentrazione, nonché di valori di concentrazione puntuali, in corrispondenza dei principali ricettori.

Il quadro delle sorgenti considerate è così composto:

- A. Traffico aeromobili e relativi APU;
- B. Mezzi tecnici di supporto (GSE);
- C. Traffico veicolare medio indotto dall'aeroporto;
- D. Parcheggi a servizio dell'area aeroportuale;
- E. Sorgenti stazionarie.

Per i dettagli relativi ai dati di input si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale.

Per quanto riguarda i ricettori puntuali, in corrispondenza dei quali è stato verificato il rispetto dei limiti normativi, si può far riferimento alla sottostante figura.



Figura 2-4 Ricettori puntuali di riferimento

Nei seguenti paragrafi si riportano, pertanto, i risultati delle simulazioni condotte per lo scenario ante operam e post operam in corrispondenza dei punti ricettori sopra individuati, al fine di effettuare una valutazione complessiva della qualità dell'aria e verificare i limiti normativi.

### 2.2.2 Le concentrazioni stimate per gli scenari Ante operam e Post operam

Nel presente paragrafo si riportano i valori di concentrazione risultanti dalle simulazioni ante operam e post operam, relativi ad ogni inquinante di interesse e ai periodi di mediazione significativi per i confronti con i limiti normativi.

In particolare, quindi, le analisi sono state effettuate per i seguenti periodi di mediazione.

Inquinanti	Periodo di mediazione	Limiti normativi (µg/m <sup>3</sup> )
<b>NO<sub>x</sub></b>	Media annua	30 (vegetazione)
	99,8° percentile valori orari	200 (salute umana)
<b>NO<sub>2</sub></b>	Media annua	40 (salute umana)
	99,8° percentile valori orari	200 (salute umana)
<b>PM<sub>10</sub></b>	Media annua	40 (salute umana)
	90,4° percentile valori medi giornalieri	50 (salute umana)
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Media annua	25 (salute umana)
<b>SO<sub>2</sub></b>	Media annua	20 (vegetazione)
	99,7° percentile valori medi giornalieri	125 (salute umana)
	99,2 Percentile valori orari	350 (salute umana)

Tabella 2-3 Sintesi delle analisi effettuate

#### Scenario ante operam

Le tabelle che seguono riportano i valori di concentrazione degli inquinanti di interesse e dei relativi periodi di mediazione, emersi dall'analisi modellistica dello scenario ante operam. In particolare, i valori riportati sono stati stimati in corrispondenza dei ricettori puntuali rappresentativi degli agglomerati urbani e delle aree naturali.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> )		
Ricettore	Media annua (µg/m <sup>3</sup> )	99,8° percentile (µg/m <sup>3</sup> )
R1	3,20	88,50
R2	3,32	72,67
R3	0,43	54,53
R4	3,97	90,08
R5	1,29	101,49
R6	1,81	89,67

Tabella 2-4 Analisi NO<sub>2</sub> sui ricettori per la salute umana – Scenario ante operam

Particolato (PM <sub>10</sub> )		
Ricettore	Media annua (µg/m <sup>3</sup> )	90,4° percentile (µg/m <sup>3</sup> )
R1	0,24	0,52

Particolato (PM10)		
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	90,4° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R2	0,16	0,38
R3	0,03	0,06
R4	0,12	0,24
R5	0,13	0,26
R6	0,14	0,34

Tabella 2-5 Analisi PM10 sui ricettori per la salute umana – Scenario ante operam

Particolato (PM2.5)	
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	0,21
R2	0,15
R3	0,02
R4	0,11
R5	0,10
R6	0,11

Tabella 2-6 Analisi PM2.5 sui ricettori per la salute umana – Scenario ante operam

Biossido di Zolfo (SO2)		
Ricettore	99,7° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	99,2° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	2,33	1,98
R2	2,18	1,96
R3	1,17	1,03
R4	2,52	2,41
R5	5,29	3,16
R6	2,46	2,13

Tabella 2-7 Analisi SO2 sui ricettori per la salute umana – Scenario ante operam

Analisi dei ricettori per la vegetazione

Ossido di Azoto (NOx)	
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
V1	4,67
V2	3,88
V3	13,65

Tabella 2-8 Analisi NOx sui ricettori per la vegetazione – Scenario ante operam

Biossido di Zolfo (SO2)	
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
V1	0,30
V2	0,12
V3	0,75

Tabella 2-9 Analisi SO2 sui ricettori per la vegetazione – Scenario ante operam

Scenario post operam

Le tabelle che seguono riportano i valori di concentrazione degli inquinanti di interesse e dei relativi periodi di mediazione, emersi dall'analisi modellistica dello scenario post operam. In particolare, i valori riportati sono stati stimati in corrispondenza dei ricettori puntuali rappresentativi degli agglomerati urbani e delle aree naturali, per condurre successivamente le verifiche con i limiti normativi per la protezione umana e per la vegetazione.

Analisi dei ricettori per la salute umana

Biossido di Azoto (NO2)		
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	99,8° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	4,06	89,82
R2	3,65	74,05
R3	0,45	54,18
R4	4,24	87,98
R5	1,17	95,13
R6	1,87	87,16

Tabella 2-10 Analisi NO2 sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Particolato (PM10)		
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	90,4° percentile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	0,28	0,69
R2	0,19	0,47
R3	0,03	0,07
R4	0,13	0,23
R5	0,12	0,21
R6	0,14	0,39

Tabella 2-11 Analisi PM10 sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Particolato (PM2.5)	
Ricettore	Media annua ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
R1	0,27
R2	0,18

Particolato (PM2.5)	
Ricettore	Media annua (µg/m³)
R3	0,02
R4	0,12
R5	0,09
R6	0,12

Tabella 2-12 Analisi PM2.5 sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Biossido di Zolfo (SO2)		
Ricettore	99,7° percentile (µg/m³)	99,2° percentile (µg/m³)
R1	4,41	2,40
R2	2,39	2,07
R3	2,55	1,54
R4	2,85	2,35
R5	5,45	3,20
R6	3,79	1,95

Tabella 2-13 Analisi SO2 sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

#### Analisi dei ricettori per la vegetazione

Ossido di Azoto (NOx)	
Ricettore	Media annua (µg/m³)
V1	5,12
V2	3,56
V3	13,39

Tabella 2-14 Analisi NOx sui ricettori per la vegetazione – Scenario post operam

Biossido di Zolfo (SO2)	
Ricettore	Media annua (µg/m³)
V1	0,31
V2	0,15
V3	0,77

Tabella 2-15 Analisi SO2 sui ricettori per la vegetazione – Scenario post operam

#### Confronto tra scenario post operam e scenario ante operam

Nelle tabelle che seguono, per ogni punto ricettore individuato sono stati calcolati i delta, in percentuale, tra le concentrazioni risultanti dallo scenario post operam e ante operam. Dall'analisi condotta emerge un miglioramento generale in corrispondenza del ricettore R5, mentre il ricettore più interessato dall'incremento di concentrazioni di inquinanti tra attuale e futuro risulta essere R1, rappresentativo dell'agglomerato di Orio al Serio.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Ricettore	Media annua NO2 ante operam (µg/m³)	Media annua NO2 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	3,20	4,06	21,18%
R2	3,32	3,65	9,04%
R3	0,43	0,45	4,44%
R4	3,97	4,24	6,37%
R5	1,29	1,17	-10,26%
R6	1,81	1,87	3,21%

Tabella 2-16 Delta % post-ante media annua NO2 sui ricettori per la salute umana

Ricettore	99,8° percentile NO2 ante operam (µg/m³)	99,8° percentile NO2 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	88,50	89,82	1,47%
R2	72,67	74,05	1,86%
R3	54,53	54,18	-0,65%
R4	90,08	87,98	-2,39%
R5	101,49	95,13	-6,69%
R6	89,67	87,16	-2,88%

Tabella 2-17 Incremento % post-ante 99,8° percentile NO2 sui ricettori per la salute umana

Ricettore	Media annua PM10 ante operam (µg/m³)	Media annua PM10 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	0,24	0,28	14,29%
R2	0,16	0,19	15,79%
R3	0,03	0,03	0,00%
R4	0,12	0,13	7,69%
R5	0,13	0,12	-8,33%
R6	0,14	0,14	0,00%

Tabella 2-18 Delta % post-ante media annua PM10 sui ricettori per la salute umana

Ricettore	90,4° percentile PM10 ante operam (µg/m³)	90,4° percentile PM10 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	0,52	0,69	24,64%
R2	0,38	0,47	19,15%
R3	0,06	0,07	14,29%
R4	0,24	0,23	-4,35%
R5	0,26	0,21	-23,81%
R6	0,34	0,39	12,82%

Tabella 2-19 Incremento % post-ante 90,4° percentile PM10 sui ricettori per la salute umana

Ricettore	Media annua PM2.5 ante operam (µg/m³)	Media annua PM2.5 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	0,21	0,27	22,22%
R2	0,15	0,18	16,67%
R3	0,02	0,02	0,00%
R4	0,11	0,12	8,33%
R5	0,10	0,09	-11,11%
R6	0,11	0,12	8,33%

Tabella 2-20 Delta % post-ante media annua PM2.5 sui ricettori per la salute umana

Ricettore	99,7° percentile SO2 ante operam (µg/m³)	99,7° percentile SO2 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	2,33	4,41	47,17%
R2	2,18	2,39	8,79%
R3	1,17	2,55	54,12%
R4	2,52	2,85	11,58%
R5	5,29	5,45	2,94%
R6	2,46	3,79	35,09%

Tabella 2-21 Incremento % post-ante 99,7° percentile SO2 sui ricettori per la salute umana

Ricettore	99,2° percentile SO2 ante operam (µg/m³)	99,2° percentile SO2 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	1,98	2,40	17,50%
R2	1,96	2,07	5,31%
R3	1,03	1,54	33,12%
R4	2,41	2,35	-2,55%
R5	3,16	3,20	1,25%
R6	2,13	1,95	-9,23%

Tabella 2-22 Incremento % post-ante 99,2° percentile SO2 sui ricettori per la salute umana

#### Analisi dei ricettori per la vegetazione

Ricettore	Media annua NOx ante operam (µg/m³)	Media annua NOx post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
V1	4,67	5,12	8,79%
V2	3,88	3,56	-8,99%
V3	13,65	13,39	-1,94%

Tabella 2-23 Delta % post-ante media annua NOx sui ricettori per la vegetazione

Ricettore	Media annua SO2 ante operam (µg/m³)	Media annua SO2 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
V1	0,30	0,31	3,23%
V2	0,12	0,15	20,00%
V3	0,75	0,77	2,60%

Tabella 2-24 Delta % post-ante media annua SO2 sui ricettori per la vegetazione

### 2.3 La verifica dei limiti normativi ed il contributo aeroportuale

Per effettuare le verifiche con i limiti normativi, come anticipato in Premessa, si è proceduto sottraendo al fondo di riferimento relativo ai singoli inquinanti il valore di concentrazione medio annuo degli inquinanti in corrispondenza di R3 (ricettore più prossimo alle centraline di riferimento), risultante dalle simulazioni modellistiche dello scenario attuale e sommando il valore di concentrazione di ogni inquinante per i periodi di mediazione analizzati, rappresentativo dello scenario futuro. Solamente per le medie annue, periodo per il quale è stato identificato il valore di fondo per ogni inquinante, è stato anche valutato il contributo di qualità dell'aria indotto dal progetto, espresso in termini percentuali sulla qualità dell'aria complessiva.

Pertanto, in primo luogo, la tabella seguente riporta il valore effettivo da sommare al contributo aeroportuale futuro, per ogni inquinante considerato nell'analisi.

Inquinante	Media annua centralina ARPA (µg/m³)	Media annua scenario attuale R3 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)
<b>NOx</b>	65,4	0,94	<b>64,46</b>
<b>NO2</b>	32,6	0,43	<b>32,17</b>
<b>PM10</b>	32,8	0,03	<b>32,77</b>
<b>PM2.5</b>	25,7	0,02	<b>25,68</b>
<b>SO2</b>	2,3	0,05	<b>2,25</b>
<b>C6H6</b>	1,2	0,00030	<b>1,2</b>

Tabella 2-25 Valori di riferimento della qualità dell'aria da sommare al contributo aeroportuale di progetto

## Verifica dei limiti normativi sui ricettori per la salute umana

### Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>

In merito al Biossido di Azoto è possibile effettuare le verifiche sulla media annua e sul 99,8° percentile dei valori orari rappresentativo del 18° valore orario più alto, in riferimento al numero di superamenti consentiti dalla normativa.

Per quanto riguarda i valori medi annui di NO<sub>2</sub> è possibile far riferimento alla Tabella 2-26.

Ricettore	Media annua NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valore di riferimento (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria totale (µg/m <sup>3</sup> )	Contributo %
R1	4,06	32,17	<b>36,23</b>	11,21%
R2	3,65	32,17	<b>35,82</b>	10,19%
R3	0,45	32,17	<b>32,62</b>	1,38%
R4	4,24	32,17	<b>36,41</b>	11,65%
R5	1,17	32,17	<b>33,34</b>	3,51%
R6	1,87	32,17	<b>34,04</b>	5,49%
<b>Limite normativo per la salute umana media annua NO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup></b>				

Tabella 2-26 Confronto con il limite normativo NO<sub>2</sub> media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Sommando le concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> relative al contributo aeroportuale di progetto con il valore di riferimento, caratterizzante la qualità dell'aria del territorio in esame ad esclusione del contributo aeroportuale attuale, è stato possibile stimare la qualità dell'aria complessiva per lo scenario post operam, che per tutti i ricettori risulta coerente con il limite normativo per l'NO<sub>2</sub>, pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Si specifica, inoltre, come il contributo di concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> relativo alle sorgenti aeronautiche previste per lo scenario futuro di progetto, rispetto alla qualità dell'aria complessiva in prossimità dei ricettori di riferimento, non sia mai superiore al 12%.

Per quanto riguarda, invece, i valori del 99,8° percentile di NO<sub>2</sub> è possibile far riferimento alla Tabella 2-27, di seguito riportata.

Ricettore	99,8° percentile NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valore di riferimento (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria totale (µg/m <sup>3</sup> )
R1	89,82	32,17	<b>121,99</b>
R2	74,05	32,17	<b>106,22</b>
R3	54,18	32,17	<b>86,35</b>
R4	87,98	32,17	<b>120,15</b>
R5	95,13	32,17	<b>127,30</b>
R6	87,16	32,17	<b>119,33</b>
<b>Limite normativo per la salute umana massimo orario NO<sub>2</sub> = 200 µg/m<sup>3</sup></b>			

Tabella 2-27 Confronto con il limite normativo NO<sub>2</sub> 99,8° percentile sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Anche in considerazione del 99,8° percentile, i valori complessivi di qualità dell'aria in corrispondenza dei ricettori residenziali di riferimento, risultano sempre al di sotto del limite normativo per i valori orari di NO<sub>2</sub>,

pari a 200 µg/m<sup>3</sup>. Nel caso in esame, rappresentativo dei valori massimi orari, perde di significato il calcolo del contributo aeroportuale rispetto alla qualità dell'aria complessiva, in quanto il valore di fondo di riferimento è un valore medio sull'intero anno, mentre il valore di concentrazione del 99,8° percentile rappresenta il 18° valore orario più alto che si verifica in un'ora specifica, pertanto è evidente come in quell'ora il contributo aeroportuale sia elevato in confronto ad un valore di fondo medio.

### Particolato PM<sub>10</sub>

Come per il Biossido di Azoto, anche per il PM<sub>10</sub> è possibile effettuare due verifiche che tengano in considerazione due periodi di mediazione differenti: la prima è relativa alle concentrazioni medie annue, mentre la seconda riguarda il 90,4° percentile dei valori giornalieri, rappresentativo del 35° valore giornaliero più alto, in riferimento al numero di superamenti consentiti dalla normativa.

Per quanto riguarda i valori medi annui di PM<sub>10</sub> è possibile far riferimento alla Tabella 2-28.

Ricettore	Media annua PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valore di riferimento (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria totale (µg/m <sup>3</sup> )	Contributo %
R1	0,28	32,77	<b>33,05</b>	0,85%
R2	0,19	32,77	<b>32,96</b>	0,58%
R3	0,03	32,77	<b>32,80</b>	0,09%
R4	0,13	32,77	<b>32,90</b>	0,40%
R5	0,12	32,77	<b>32,89</b>	0,36%
R6	0,14	32,77	<b>32,91</b>	0,43%
<b>Limite normativo per la salute umana media annua PM<sub>10</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup></b>				

Tabella 2-28 Confronto con il limite normativo PM<sub>10</sub> media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Sommando le concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> relative al contributo aeroportuale di progetto con il valore di riferimento, caratterizzante la qualità dell'aria del territorio in esame ad esclusione del contributo aeroportuale attuale, è stato possibile stimare la qualità dell'aria complessiva per lo scenario post operam, che per tutti i ricettori risulta coerente con il limite normativo per il PM<sub>10</sub>, pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. Si specifica, inoltre, come il contributo di concentrazione media annua di PM<sub>10</sub> relativo alle sorgenti aeronautiche previste per lo scenario futuro di progetto, rispetto alla qualità dell'aria complessiva in prossimità dei ricettori di riferimento, non sia mai superiore all'1%.

Per quanto riguarda, invece, i valori del 90,4° percentile di PM<sub>10</sub> è possibile far riferimento alla Tabella 2-29, di seguito riportata.

Ricettore	90,4° percentile PM10 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)
R1	0,69	32,77	<b>33,46</b>
R2	0,47	32,77	<b>33,24</b>
R3	0,07	32,77	<b>32,84</b>
R4	0,23	32,77	<b>33,00</b>
R5	0,21	32,77	<b>32,98</b>
R6	0,39	32,77	<b>33,16</b>
<b>Limite normativo per la salute umana massimo giornaliero PM10 = 50 µg/m³</b>			

Tabella 2-29 Confronto con il limite normativo PM10 90,4° percentile sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Anche in considerazione del 90,4° percentile, i valori complessivi di qualità dell'aria in corrispondenza dei ricettori residenziali di riferimento, risultano sempre al di sotto del limite normativo per i valori giornalieri di PM10, pari a 50 µg/m³. Come già definito per i valori orari di NO2, anche nel caso in esame, rappresentativo dei valori massimi giornalieri, perde di significato il calcolo del contributo aeroportuale rispetto alla qualità dell'aria complessiva, in quanto il valore di fondo di riferimento è un valore medio sull'intero anno, mentre il valore di concentrazione del 90,4° percentile rappresenta il 35° valore giornaliero più alto che si verifica in un giorno specifico, pertanto è evidente come in quel giorno il contributo aeroportuale sia elevato in confronto ad un valore di fondo medio.

#### Particolato PM2.5

Relativamente al PM2.5 l'unico periodo di mediazione indicato in normativa è la media annua, pertanto in merito a questa è possibile riferirsi alla Tabella 2-30 sottostante.

Ricettore	Media annua PM2.5 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)	Contributo %
R1	0,27	25,68	<b>25,95</b>	1,04%
R2	0,18	25,68	<b>25,86</b>	0,70%
R3	0,02	25,68	<b>25,70</b>	0,08%
R4	0,12	25,68	<b>25,80</b>	0,47%
R5	0,09	25,68	<b>25,77</b>	0,35%
R6	0,12	25,68	<b>25,80</b>	0,47%
<b>Limite normativo per la salute umana media annua PM2.5 = 25 µg/m³</b>				

Tabella 2-30 Confronto con il limite normativo PM2.5 media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Stante il valore di fondo rilevato dalla centralina ARPA di Via Meucci già superiore al limite per il PM2.5, pari a 25 µg/m³, risulta evidente come anche se il contributo aeroportuale è significativamente basso in corrispondenza di tutti i ricettori, la qualità dell'aria complessiva rimane al di sopra del limite. Si sottolinea, però, come tale superamento del valore medio annuo di qualità dell'aria per il PM2.5 non è dovuto al contributo delle sorgenti aeronautiche. Come emerge infatti dall'ultima colonna della Tabella 2-30 il

contributo dell'aeroporto rispetto alla qualità dell'aria complessiva risulta sempre inferiore all'1% e solo per R1 arriva all'1,04%, valori che possono essere considerati non significativi.

#### Biossido di Zolfo SO2

Per quanto riguarda il Biossido di Zolfo, ci si è soffermati sulle analisi del 99,7° percentile dei valori orari e del 99,2° percentile dei valori giornalieri, percentili ritenuti significativi in funzione dei superamenti definiti dalla normativa.

Si specifica come in entrambi i casi, per quanto già specificato precedentemente, non ha senso calcolare il contributo aeroportuale rispetto alla qualità dell'aria complessiva, in quanto il valore di fondo di riferimento è un valore medio sull'intero anno, mentre il valore di concentrazione valutato rispetto alle sorgenti aeroportuali è relativo ad un'ora e ad un giorno specifico; pertanto è evidente come in quell'ora o in quel giorno il contributo aeroportuale sia elevato in confronto ad un valore di fondo medio.

In merito alla prima analisi, in Tabella 2-31 si riportano i valori relativi al 99,7° percentile.

Ricettore	99,7° percentile SO2 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)
R1	4,41	2,25	<b>6,66</b>
R2	2,39	2,25	<b>4,64</b>
R3	2,55	2,25	<b>4,80</b>
R4	2,85	2,25	<b>5,10</b>
R5	5,45	2,25	<b>7,70</b>
R6	3,79	2,25	<b>6,04</b>
<b>Limite normativo per la salute umana massimo orario SO2 = 350 µg/m³</b>			

Tabella 2-31 Confronto con il limite normativo SO2 99,7° percentile sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Come emerge dai risultati, sommando il contributo aeroportuale delle concentrazioni orarie di SO2 al valore di riferimento, caratterizzante la qualità dell'aria del territorio in esame ad esclusione del contributo aeroportuale attuale, è stato possibile stimare la qualità dell'aria complessiva per lo scenario post operam, che per tutti i ricettori risulta coerente con il limite normativo per l'SO2 orario, pari a 350 µg/m³.

Allo stesso modo, si riportano in Tabella 2-32 le analisi condotte sul 99,2° percentile dei valori giornalieri di SO2.

Ricettore	99,2° percentile SO2 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)
R1	2,40	2,25	<b>4,65</b>
R2	2,07	2,25	<b>4,32</b>
R3	1,54	2,25	<b>3,79</b>

Ricettore	99,2° percentile SO2 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)
R4	2,35	2,25	<b>4,60</b>
R5	3,20	2,25	<b>5,45</b>
R6	1,95	2,25	<b>4,20</b>
<b>Limite normativo per la salute umana massimo giornaliero SO2 = 125 µg/m³</b>			

Tabella 2-32 Confronto con il limite normativo SO2 99,2° percentile sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Anche in questo caso è sempre verificato il rispetto del limite normativo, infatti sommando il contributo aeroportuale delle concentrazioni giornaliere di SO2 al valore di riferimento, caratterizzante la qualità dell'aria del territorio in esame ad esclusione del contributo aeroportuale attuale, è stato possibile stimare la qualità dell'aria complessiva per lo scenario post operam, che per tutti i ricettori risulta coerente con il limite normativo per l'SO2 orario, pari a 125 µg/m³.

#### Verifica dei limiti normativi sui ricettori per la vegetazione

##### Ossido di Azoto NOx

In merito alla verifica delle medie annue di NOx in corrispondenza dei ricettori per la vegetazione, si può fare riferimento alla Tabella 2-33.

Ricettore	Media annua NOx (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)	Contributo %
V1	5,12	64,46	<b>69,58</b>	7,36%
V2	3,56	64,46	<b>68,02</b>	5,23%
V3	13,39	64,46	<b>77,85</b>	17,20%
<b>Limite normativo per la vegetazione media annua NOx = 30 µg/m³</b>				

Tabella 2-33 Confronto con il limite normativo NOx media annua sui ricettori per la vegetazione – Scenario post operam

Stante il valore di fondo rilevato dalla centralina ARPA di Via Meucci già superiore al limite per l'NOx, pari a 30 µg/m³, risulta evidente come anche se il contributo aeroportuale sia basso in corrispondenza dei ricettori per la vegetazione, la qualità dell'aria complessiva rimane al di sopra del limite. Si sottolinea, però, come tale superamento del valore medio annuo di qualità dell'aria per l'NOx non sia dovuto al contributo delle sorgenti aeronautiche. Come emerge infatti dall'ultima colonna della Tabella 2-30 il contributo dell'aeroporto rispetto alla qualità dell'aria complessiva risulta al massimo pari a circa il 17%.

##### Biossido di Zolfo SO2

Per quanto riguarda, invece, la verifica delle medie annue di SO2 in corrispondenza dei ricettori per la vegetazione, si può fare riferimento alla Tabella 2-34.

Ricettore	Media annua SO2 (µg/m³)	Valore di riferimento (µg/m³)	Qualità dell'aria totale (µg/m³)	Contributo %
V1	0,31	2,25	<b>2,56</b>	12,11%
V2	0,15	2,25	<b>2,40</b>	6,25%
V3	0,77	2,25	<b>3,02</b>	25,50%
<b>Limite normativo per la vegetazione media annua SOx = 20 µg/m³</b>				

Tabella 2-34 Confronto con il limite normativo SO2 media annua sui ricettori per la vegetazione – Scenario post operam

Sommando le concentrazioni medie annue di SO2 relative al contributo aeroportuale di progetto con il valore di riferimento, caratterizzante la qualità dell'aria del territorio in esame ad esclusione del contributo aeroportuale attuale, è stato possibile stimare la qualità dell'aria complessiva per lo scenario post operam, che per tutti i ricettori risulta coerente con il limite normativo per l'SO2, pari a 20 µg/m³. Si specifica, inoltre, come il contributo di concentrazione media annua di SO2 relativo alle sorgenti aeronautiche previste per lo scenario futuro di progetto, rispetto alla qualità dell'aria complessiva in prossimità dei ricettori di riferimento, sia al massimo pari a circa il 25% in V3, che è il ricettore maggiormente esposto alle ricadute atmosferiche, e circa il 12% ed il 6% rispettivamente in corrispondenza di V1 e V2.

### 3 ANALISI SUL BENZENE

#### 3.1 Il fondo di riferimento per il Benzene

##### 3.1.1 Caratteristiche del Benzene

Il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale contenente 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno. Rappresenta la sostanza aromatica a struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire composto base della classe degli idrocarburi aromatici.

Il benzene, a temperatura ambiente, si presenta come un liquido incolore che evapora velocemente nell'aria è caratterizzato da un odore pungente e dolciastro che la maggior parte degli individui può percepire già alla concentrazione di 1,5 - 4,7 ppm. E' una sostanza altamente infiammabile, ma la sua pericolosità è dovuta principalmente al fatto che è un cancerogeno riconosciuto per l'uomo. Pur essendo ampiamente dimostrata la sua pericolosità per l'uomo, per il suo ampio utilizzo, questa sostanza è praticamente insostituibile. Molte industrie lo utilizzano per produrre altri composti chimici come lo stirene, il rumene (per realizzare varie resine) e il cicloesano (per produrre nylon e molte fibre sintetiche). Il benzene viene anche utilizzato per ottenere alcuni tipi di gomme, lubrificanti, coloranti, inchiostri, collanti, detergenti, solventi e pesticidi. Il benzene è inoltre uno dei componenti delle benzine assieme ad altri aromatici per conferire le volute proprietà antidetonanti e per aumentare il numero di ottani in sostituzione totale del piombo.

La concentrazione media cui normalmente è esposto un individuo non fumatore (l'esposizione di un fumatore circa 10 volte superiore) è bassa e varia da 2.8 a 20 ppb, che aumenta quando si considerano le zone urbane con forte presenza di traffico veicolare e di industrie chimiche. In particolare, l'esposizione aumenta considerevolmente non solo per gli addetti alle industrie da cui viene emesso il benzene, ma soprattutto per gli addetti al rifornimento carburante nelle varie stazioni di servizio.

Nell'aria il benzene reagisce con altri composti e si trasforma in sostanze diverse in pochi giorni. Può essere assorbito dalla pioggia e dalla neve e da queste trasportato al suolo o nelle acque dove si degrada più lentamente. Quando il benzene penetra nella falda sotterranea, può contaminare i pozzi e finire nell'acqua potabile.

Le fonti naturali sono costituite dalle eruzioni vulcaniche e dagli incendi delle foreste, anche se le quantità di benzene che si producono in questo modo sono molto esigue. Le sorgenti di benzene di origine antropica sono le emissioni industriali e quelle derivanti in maniera diretta o indiretta dal traffico degli autoveicoli. Le emissioni industriali di benzene sono causate dalla combustione incompleta del carbone e del petrolio (dei quali è un costituente naturale) e dagli usi industriali vari del benzene (vapori liberati dai prodotti che contengono benzene come colle, vernici e detergenti e durante i processi di fabbricazione di plastiche e resine sintetiche).

Tuttavia, il 90% delle emissioni antropiche deriva dal ciclo delle benzine ed in particolare:

- dagli impianti di raffinazione;
- dalla distribuzione (evaporazione dalle stazioni di servizio);
- dall'evaporazione dai serbatoi degli autoveicoli;
- dai gas di scarico degli autoveicoli.

##### 3.1.2 Gli effetti sull'uomo del Benzene

L'esposizione al benzene avviene essenzialmente per inalazione (circa il 99% del benzene assunto), per contatto cutaneo o per ingestione (consumo di cibo o di bevande contaminate). Gli effetti tossici provocati da questo composto organico hanno caratteristiche diverse e colpiscono organi differenti in base alla durata dell'esposizione. Gli effetti tossici acuti sono in genere dovuti ad inalazione o assorbimento per via cutanea e sono causati di norma da fughe o versamenti in ambienti di lavoro.

L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione del benzene sul sistema nervoso centrale. A concentrazioni moderate i sintomi sono: stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso e senso di costrizione al torace.

A livelli più elevati si registrano eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni muscolari e, infine, morte.

Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionati interferenze sul processo emopoietico (con riduzione complessiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. L'insorgere di questa malattia si manifesta più frequentemente in seguito a esposizioni basse e continuate piuttosto che elevate ed intermittenti.

##### 3.1.3 Le concentrazioni di Benzene registrate dalla centralina di Bergamo Via Garibaldi

Per l'identificazione del valore di fondo del Benzene si è fatto riferimento alla stessa centralina fissa impiegata per il Biossido di Zolfo, cui descrizione è riportata al paragrafo 2.1.4. Tramite i dati forniti della centralina è stato possibile analizzare i valori di concentrazione relativi al Benzene nell'arco temporale di riferimento (2015), in coerenza alle analisi condotte nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale.

In merito ai valori di concentrazione rilevati, di seguito si riportano le elaborazioni condotte.

Anno	Min [µg/m <sup>3</sup> ]	Media [µg/m <sup>3</sup> ]	Percentili [µg/m <sup>3</sup> ]						
			0,5	0,8	0,85	0,9	0,95	0,99	max
2015	0,0	1,2	0,8	1,9	2,2	2,7	3,7	6,3	20,5

Tabella 3-1 Analisi dei percentili C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – valori medi orari (2015) – Centralina Bergamo Via Garibaldi

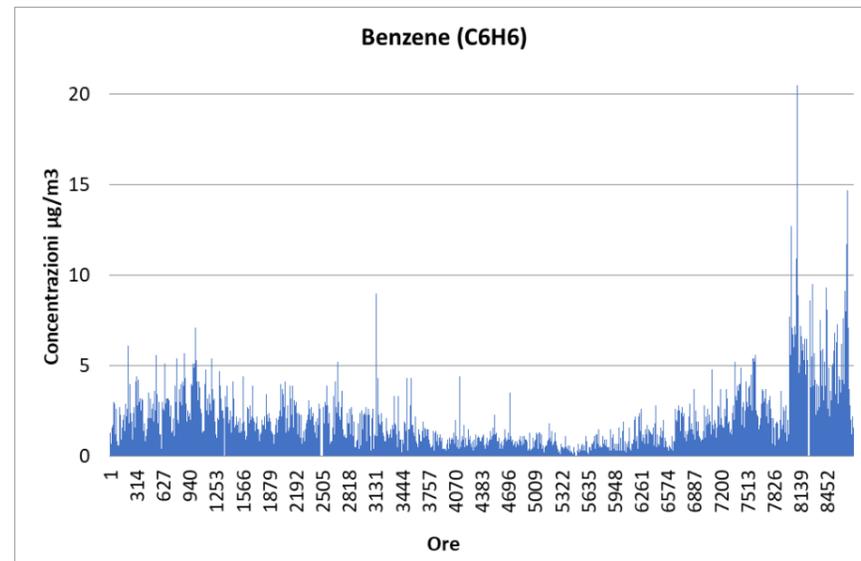


Figura 3-1 Benzene valori medi orari (2015) Centralina Bergamo Via Garibaldi

Quanto è possibile notare dal grafico sopra riportato è come i picchi orari si verificano prevalentemente nel mese di dicembre, con un valore massimo di circa 20,5 µg/m<sup>3</sup>.

Il valore di fondo del Benzene, preso come riferimento per le successive analisi, è il valore medio annuo registrato nel 2015 pari a **1,2 µg/m<sup>3</sup>**.

### 3.2 La stima delle concentrazioni prodotte dalle sorgenti aeronautiche

Nel presente paragrafo, come fatto per gli altri inquinanti, si riportano i valori di concentrazione stimati per l'ante operam ed il post operam, relative all'inquinante Benzene e al periodo di mediazione significativo per i confronti con i limiti normativi.

Inquinanti	Periodo di mediazione	Limiti normativi (µg/m <sup>3</sup> )
<b>C6H6</b>	Media annua	5 (salute umana)

Tabella 3-2 Sintesi delle analisi effettuate

Per la stima delle concentrazioni degli inquinanti NOx, NO2, PM10, PM2.5 e SO2, come sopra detto, è stato impiegato il software di calcolo EDMS. Per il Benzene (C6H6), invece, l'impiego del software non è stato possibile. Infatti, EDMS consente di stimare le concentrazioni dei Total Organic Gases (TOG), cui fa parte il Benzene, ma non la concentrazione dello stesso. Al fine di rispondere alle integrazioni richieste dalla Regione Lombardia, si è dunque proceduto attraverso l'impiego di altri metodi.

Le concentrazioni di Benzene sono state ricavate analiticamente, mediante il confronto tra le emissioni e le concentrazioni dei TOG e le emissioni di Benzene. Questo ha permesso di stimare le concentrazioni di Benzene come quota percentuale dei TOG.

### Scenario ante operam

La tabella seguente riporta i valori di concentrazione del Benzene nel periodo di mediazione della media annua, relativi allo scenario ante operam, in corrispondenza dei ricettori puntuali rappresentativi degli agglomerati urbani.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Benzene (C6H6)	
Ricettore	Media annua (µg/m <sup>3</sup> )
R1	0,00146
R2	0,00222
R3	0,00030
R4	0,00360
R5	0,00081
R6	0,00100

Tabella 3-3 Analisi C6H6 sui ricettori per la salute umana – Scenario ante operam

### Scenario post operam

La tabella seguente riporta i valori di concentrazione del Benzene nel periodo di mediazione della media annua, relativi allo scenario post operam, in corrispondenza dei ricettori puntuali rappresentativi degli agglomerati urbani.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Benzene (C6H6)	
Ricettore	Media annua (µg/m <sup>3</sup> )
R1	0,00230
R2	0,00290
R3	0,00036
R4	0,00440
R5	0,00085
R6	0,00120

Tabella 3-4 Analisi C6H6 sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

### Confronto tra scenario post operam e scenario ante operam

Nella tabella che segue, per ogni punto ricettore individuato, è stato calcolato il delta percentuale tra le concentrazioni dello scenario post opera e di quello ante operam.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Ricettore	Media annua C6H6 ante operam ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua C6H6 post operam ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Delta % post-ante
R1	0,00146	0,00230	36,52%
R2	0,00222	0,00290	23,45%
R3	0,00030	0,00036	16,67%
R4	0,00360	0,00440	18,18%
R5	0,00081	0,00085	4,71%
R6	0,00100	0,00120	16,67%

Tabella 3-5 Delta % post-ante media annua C6H6 sui ricettori per la salute umana

### 3.3 La verifica dei limiti normativi ed il contributo aeroportuale

Anche per il Benzene, al fine di effettuare le verifiche con i limiti normativi, si è proceduto sottraendo al fondo di riferimento il valore di concentrazione medio annuo dell'inquinante in corrispondenza di R3 (ricettore più prossimo alle centraline di riferimento) dello scenario ante operam (cfr. Tabella 2-25) e sommando a questo il valore di concentrazione medio annuo dello scenario post operam. Inoltre, è stato valutato il contributo di qualità dell'aria indotto dal progetto, espresso in termini percentuali sulla qualità dell'aria complessiva.

#### Verifica dei limiti normativi sui ricettori per la salute umana

##### Benzene (C6H6)

Relativamente al Benzene l'unico periodo di mediazione indicato in normativa è la media annua, pertanto in merito a questa è possibile riferirsi alla Tabella 3-6 sottostante.

Ricettore	Media annua C6H6 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Contributo %
R1	0,00230	1,2	<b>1,20230</b>	0,19%
R2	0,00290	1,2	<b>1,20290</b>	0,24%
R3	0,00036	1,2	<b>1,20036</b>	0,03%
R4	0,00440	1,2	<b>1,20440</b>	0,37%
R5	0,00085	1,2	<b>1,20085</b>	0,07%
R6	0,00120	1,2	<b>1,20120</b>	0,10%
<b>Limite normativo per la salute umana media annua C6H6= 5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>				

Tabella 3-6 Confronto con il limite normativo C6H6 media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

Sommando le concentrazioni medie annue di C6H6 relative al contributo aeroportuale di progetto con il valore di riferimento, caratterizzante la qualità dell'aria del territorio in esame ad esclusione del contributo aeroportuale attuale, è stato possibile stimare la qualità dell'aria complessiva per lo scenario post operam, che per tutti i ricettori risulta coerente con il limite normativo per il C6H6, pari a 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si specifica, inoltre, come il contributo di concentrazione media annua di C6H6 relativo alle sorgenti aeronautiche previste per lo scenario futuro di progetto, rispetto alla qualità dell'aria complessiva in prossimità dei ricettori di riferimento, non sia mai superiore a 0,5%.

## 4 ANALISI SUGLI IPA

### 4.1 Principali aspetti sugli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

#### 4.1.1 Caratteristiche degli IPA

Gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) sono caratterizzati da un alto punto di fusione e d'ebollizione, una bassa pressione di vapore e una scarsissima solubilità in acqua. Generalmente la solubilità in acqua diminuisce con l'aumentare del peso molecolare. Gli IPA sono solubili nella maggioranza dei solventi organici e sono molto lipofili, caratteristica che ne influenza fortemente il bioaccumulo. La pressione di vapore tende a diminuire con l'aumentare del peso molecolare e questa circostanza influenza le differenti percentuali con cui i singoli IPA sono assorbiti sul particolato atmosferico. Ad esempio il naftalene, il più semplice IPA composto da due soli anelli, si presenta quasi esclusivamente in fase gassosa. Gli IPA composti con 5 o più anelli si trovano invece assorbiti quasi totalmente sul particolato atmosferico (per temperature inferiori a 20 °C). Gli IPA possono degradarsi in presenza d'aria e luce (fotodecomposizione). Si formano durante la combustione incompleta o la pirolisi di materiale organico contenente carbonio, come carbone, legno, prodotti petroliferi e rifiuti. La loro presenza in atmosfera è pertanto attribuibile a diverse fonti tra le quali la combustione di legna e biomasse in genere, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico, le centrali termoelettriche e le emissioni industriali. Gli IPA ad alto peso molecolare, come il benzo[e]pirene e il benzo[a]pirene, sono presenti in elevate quantità in catrami, bitumi, pece, carboni e prodotti correlati come gli asfalti. Inoltre possono derivare da nerofumo e fuliggine di legna o comunque si ricollegano a fonti pirogeniche. Sorgenti naturali sono i vulcani e gli incendi boschivi.

#### 4.1.2 Gli effetti sull'uomo degli IPA

Gli IPA appartengono alla categoria dei microinquinanti in quanto possono avere effetti tossici già a concentrazioni molto più modeste di quelle normalmente osservate per gli inquinanti "classici". La loro presenza comporta un potenziale rischio per la salute umana poiché molti di essi risultano essere cancerogeni. Sotto il profilo tossicologico, le osservazioni sperimentali indicano che la condizione necessaria, ma non sufficiente, per la cancerogenicità degli IPA è una struttura in cui vi siano almeno quattro anelli condensati: in particolare, il più noto idrocarburo appartenente a questa classe è il Benzo(a)pirene, B(a)P, classificato dallo IARC come cancerogeno per l'uomo.

### 4.2 Analisi emissiva

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) appartengono alla più ampia classe dei Total Organic Gases (TOG), per i quali EDMS fornisce la speciazione degli inquinanti in termini emissivi. Gli inquinanti trattati dal software vengono di seguito elencati:

- Ethylene;
- C-10 Paraffins;
- Formaldehyde (IRIS,CAA);
- C-10 Olefins;

- Decanol;
- Acetaldehyde (IRIS,CAA);
- Propylene;
- C-2 Compounds;
- Acetylene;
- Dodecanol;
- Acrolein (IRIS,CAA);
- Glyoxal;
- Methyl alcohol (IRIS,CAA);
- 1-butene;
- Benzene (IRIS,CAA);
- 1,3-butadiene (IRIS,CAA);
- Methylglyoxal;
- C-1 Compounds;
- Crotonaldehyde;
- C-3 Compounds;
- Propionaldehyde (CAA);
- Toluene (IRIS,CAA);
- C-14 Compounds;
- C-15 Compounds;
- C-6 Compounds;
- C-4 Compounds;
- Mineral spirits;
- 1-pentene;
- Methane;
- C-11 Compounds;
- C-10 Compounds;
- C-16 Compounds;
- C-13 Compounds;
- 1-hexene;
- Phenol (carbolic acid) (IRIS,CAA);
- C-17 Compounds;
- C-4 Benzene + C-3 Aroald;
- C-7 Compounds;
- N-butane;
- Benzaldehyde (IRIS);
- Acetone (IRIS);
- Naphthalene (IRIS,CAA);
- Ethane;
- N-tridecane;

- C-5 Compounds;
- C-12 Compounds;
- 2-methylpentane;
- N-dodecane;
- N-undecane;
- C-18 Compounds;
- Heptene;
- 2-methyl-2-propenal (methacrolein);
- N-Tetradecane;
- 1,2,4-trimethylbenzene (1,3,4-trimethylbenzene);
- N-pentane;
- Trans-2-pentene;
- C-19 Compounds;
- N-decane;
- C-5 Benzene + C-4 Aroald;
- Styrene (IRIS,CAA);
- Cis-2-pentene;
- M & P-xylene (IRIS,CAA);
- 1-octene;
- Tolualdehyde;
- 1-Methylnaphthalene;
- Valeraldehyde;
- 1-nonene;
- C-8 Compounds;
- Isopentane;
- o-Tolualdehyde;
- Cis-2-butene;
- Isomers of xylene (IRIS,CAA);
- 2-methylnaphthalene (IRIS);
- N-butyl acetate;
- C-20 Compounds;
- O-xylene (IRIS,CAA);
- Ethylbenzene (IRIS,CAA);
- 2-methyl-2-butene;
- 1-decene;
- C-14 Alkane;
- C-15 Alkane;
- N-Pentadecane;
- 1-Methyl-3-ethylbenzene (m-ethyltoluene);
- C-21 Compounds;
- C-9 Compounds;
- Methyl ethyl ketone (2-butanone) (IRIS,CAA);
- 2-methyl-1-butene;
- C-16 Alkane;
- Propane;
- Diacetone;
- C-22 Compounds;
- 1,1,1-trichloroethane (IRIS,CAA);
- Butyraldehyde;
- 1,2,3-trimethylbenzene;
- 3-methyl-1-butene;
- C-25 Compounds;
- Isomers of pentane;
- Unidentified;
- C-23 Compounds;
- C-24 Compounds;
- Isobutyl alcohol;
- Butyl cellosolve (2-butoxyethanol) (egbe) (IRIS);
- C-26 Compounds;
- UNC peaks to CBM xylene;
- Dimethyl naphthalene;
- Ethyl acetate (IRIS);
- N-heptane (IRIS);
- Isobutane;
- 1,3,5-trimethylbenzene;
- N-octane;
- N-nonane;
- 1-Methyl-2-ethylbenzene (o-ethyltoluene);
- 1-Methyl-4-ethylbenzene (p-ethyltoluene);
- 4-methyl-1-pentene;
- C-28 Compounds;
- C-30 Compounds;
- C-31 Compounds;
- N-propylbenzene;
- C-32 Compounds;
- C-34 Compounds;
- p-Tolualdehyde;
- N-Hexadecane;
- C-27 Compounds;
- C-33 Compounds;

- C-36 Compounds;
- M-xylene (IRIS,CAA);
- 3-methylpentane;
- 2,4,4-trimethyl-1-pentene;
- Cyclohexene;
- 2-methyl-1-pentene;
- C-35 Compounds;
- N-hexane (IRIS,CAA);
- 2,2,4-trimethylpentane (IRIS,CAA);
- Methylcyclopentane;
- Isovaleraldehyde;
- Trans-2-hexene;
- C-29 Compounds;
- C-39 Compounds;
- Methyl isobutyl ketone (IRIS,CAA);
- Hexaldehyde;
- Isopropyl alcohol;
- 2,3-dimethylbutane;
- 2-(2-butoxyethoxy)ethanol (butyl carbitol);
- Trans-2-butene;
- C-37 Compounds;
- Ketones - general;
- Oxygenates;
- Propylene glycol monomethyl ether acetate (2-(1-methoxy)propyl acetate);
- Ethylene glycol (IRIS,CAA);
- 2-ethoxyethanol (cellosolve) (egee) (IRIS);
- Cyclohexane (IRIS);
- 1-propyne;
- 2,2-dimethylbutane;
- Sec-butyl alcohol;
- 2,4-dimethylpentane;
- Methylcyclohexane;
- 1,2-diethylbenzene (ortho);
- 1,3-diethylbenzene (meta);
- Cyclopentene;
- Cyclopentane;
- Indan;
- 2,3,3-trimethylpentane;
- 2,3,4-trimethylpentane;
- 2,4-dimethylhexane;
- 4-methylheptane;
- 3-methylheptane;
- 2-methylheptane;
- 2-methyl-2-pentene;
- N-heptadecane;
- 4-Phenyl-1-butene;
- 3-methyloctane;
- 4-methyloctane;
- 2,2,5-trimethylhexane;
- 2-methyldecane;
- 2,3-dimethyloctane;
- C-38 Compounds;
- C-41 Compounds;
- Cyclopentylcyclopentane;
- Isomers of hexane;
- Methylcyclooctane;
- T-1-Phenylbutene;
- 2-ethoxyethyl acetate (cellosolve acetate);
- Di(propylene glycol) methyl ether;
- Ethyl alcohol;
- Propyl acetate;
- Propylene glycol methyl ether (1-methoxy-2-propanol);
- Isopropylbenzene (cumene) (IRIS,CAA);
- Isoprene;
- N-butylbenzene;
- Methyl carbitol (2-(2-methoxyethoxy)ethanol) (degme);
- (1-Methylpropyl)benzene;
- 1,2-propadiene;
- Cis-1,4-dimethylcyclohexane;
- 1-Methylcyclopentene;
- 1-undecene;
- 2,3,5-trimethylhexane;
- 1-Methyl-3-propylbenzene;
- 2,6-dimethyloctane;
- 2,4-dimethylheptane;
- 2,5-dimethylheptane;
- 2-methyloctane;
- T-2-Nonene;
- Cis-2-hexene;
- C-18 Alkane;

- C-40 Compounds;
- C-42 Compounds;
- C-43 compounds;
- Hexyne;
- Pentyne;
- MTBE (CAA);
- Carbitol (degee) (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol).

Per quanto attiene allo scenario ante operam le emissioni fornite da EDMS vengono riportate nella seguente tabella in funzione della sorgente emissiva:

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
Ethylene	1.615	0.01	0.015	N/A	1.64
C-10 Paraffins	1.526	N/A	0.014	N/A	1.54
Formaldehde (IRIS,CAA)	1.286	0.198	0.012	0.011	1.507
C-10 Olefins	0.61	N/A	0.006	N/A	0.616
Decanol	0.61	N/A	0.006	N/A	0.616
Acetaldehyde (IRIS,CAA)	0.446	0.067	0.004	N/A	0.518
Propylene	0.474	0.004	0.004	N/A	0.482
C-2 Compounds	N/A	0.46	N/A	N/A	0.46
Acetylene	0.412	0.006	0.004	N/A	0.421
Dodecanol	0.305	N/A	0.003	N/A	0.308
Acrolein (IRIS,CAA)	0.256	N/A	0.002	N/A	0.258
Glyoxal	0.19	N/A	0.002	N/A	0.192
Methyl alcohol (IRIS,CAA)	0.189	N/A	0.002	N/A	0.19
1-butene	0.183	0.003	0.002	N/A	0.188
Benzene (IRIS,CAA)	0.176	0.004	0.002	0.005	0.187
1,3-butadiene (IRIS,CAA)	0.176	N/A	0.002	N/A	0.178
Methylglyoxal	0.157	N/A	0.001	N/A	0.159
C-1 Compounds	N/A	0.134	N/A	N/A	0.134
Crotonaldehyde	0.108	0.023	0.001	N/A	0.132
C-3 Compounds	N/A	0.12	N/A	N/A	0.12
Propionaldehyde (CAA)	0.076	0.041	0.001	N/A	0.117
Toluene (IRIS,CAA)	0.067	0.007	0.001	0.039	0.114
C-14 Compounds	N/A	0.102	N/A	N/A	0.102
C-15 Compounds	N/A	0.1	N/A	N/A	0.1
C-6 Compounds	N/A	0.099	N/A	N/A	0.099
C-4 Compounds	N/A	0.094	N/A	N/A	0.094

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
Mineral spirits	N/A	N/A	N/A	0.094	0.094
1-pentene	0.081	0.001	0.001	N/A	0.083
Methane	N/A	0.006	N/A	0.076	0.082
C-11 Compounds	N/A	0.082	N/A	N/A	0.082
C-10 Compounds	N/A	0.081	N/A	N/A	0.081
C-16 Compounds	N/A	0.08	N/A	N/A	0.08
C-13 Compounds	N/A	0.079	N/A	N/A	0.079
1-hexene	0.077	0.001	0.001	N/A	0.078
Phenol (carbolic acid) (IRIS,CAA)	0.076	N/A	0.001	N/A	0.077
C-17 Compounds	N/A	0.07	N/A	N/A	0.07
C-4 Benzene + C-3 Aroald	0.069	N/A	0.001	N/A	0.069
C-7 Compounds	N/A	0.067	N/A	N/A	0.067
N-butane	N/A	0.051	N/A	0.012	0.063
Benzaldehyde (IRIS)	0.049	0.013	0	N/A	0.062
Acetone (IRIS)	0.039	N/A	0	0.02	0.059
Naphthalene (IRIS,CAA)	0.057	N/A	0.001	N/A	0.057
Ethane	0.054	0.002	0.001	N/A	0.057
N-tridecane	0.056	N/A	0.001	N/A	0.056
C-5 Compounds	N/A	0.054	N/A	N/A	0.054
C-12 Compounds	N/A	0.051	N/A	N/A	0.051
2-methylpentane	0.043	0.006	0	N/A	0.049
N-dodecane	0.048	N/A	0	N/A	0.049
N-undecane	0.046	0	0	N/A	0.047
C-18 Compounds	N/A	0.047	N/A	N/A	0.047
Heptene	0.046	N/A	0	N/A	0.046
2-methyl-2-propenal (methacrolein)	0.045	N/A	0	N/A	0.045
N-Tetradecane	0.043	N/A	0	N/A	0.044
1,2,4-trimethylbenzene (1,3,4-trimethylbenzene)	0.037	0.003	0	N/A	0.04
N-pentane	0.021	0.011	0	0.008	0.04
Trans-2-pentene	0.038	0.002	0	N/A	0.04
C-19 Compounds	N/A	0.036	N/A	N/A	0.036
N-decane	0.033	0	0	N/A	0.034
C-5 Benzene + C-4 Aroald	0.034	N/A	0	N/A	0.034
Styrene (IRIS,CAA)	0.032	N/A	0	N/A	0.033
Cis-2-pentene	0.029	0.002	0	N/A	0.031

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
M & P-xylene (IRIS,CAA)	0.029	N/A	0	N/A	0.03
1-octene	0.029	N/A	0	N/A	0.029
Tolualdehyde	0.029	N/A	0	N/A	0.029
1-Methylnaphthalene	0.026	N/A	0	N/A	0.026
Valeraldehyde	0.026	N/A	0	N/A	0.026
1-nonene	0.026	N/A	0	N/A	0.026
C-8 Compounds	N/A	0.026	N/A	N/A	0.026
Isopentane	N/A	0.025	N/A	N/A	0.025
o-Tolualdehyde	0.024	N/A	0	N/A	0.024
Cis-2-butene	0.022	0.002	0	N/A	0.024
Isomers of xylene (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.023	0.023
2-methylnaphthalene (IRIS)	0.022	N/A	0	N/A	0.022
N-butyl acetate	N/A	N/A	N/A	0.021	0.021
C-20 Compounds	N/A	0.021	N/A	N/A	0.021
O-xylene (IRIS,CAA)	0.017	0.002	0	N/A	0.02
Ethylbenzene (IRIS,CAA)	0.018	0.002	0	N/A	0.02
2-methyl-2-butene	0.019	0	0	N/A	0.02
1-decene	0.019	N/A	0	N/A	0.02
C-14 Alkane	0.019	N/A	0	N/A	0.02
C-15 Alkane	0.018	N/A	0	N/A	0.019
N-Pentadecane	0.018	N/A	0	N/A	0.018
1-Methyl-3-ethylbenzene (m-ethyltoluene)	0.016	0	0	N/A	0.017
C-21 Compounds	N/A	0.017	N/A	N/A	0.017
C-9 Compounds	N/A	0.017	N/A	N/A	0.017
Methyl ethyl ketone (2-butanone) (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.016	0.016
2-methyl-1-butene	0.015	N/A	0	N/A	0.015
C-16 Alkane	0.015	N/A	0	N/A	0.015
Propane	0.008	N/A	0	0.005	0.014
Diacetone	N/A	N/A	N/A	0.014	0.014
C-22 Compounds	N/A	0.014	N/A	N/A	0.014
1,1,1-trichloroethane (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.013	0.013
Butyraldehyde	0.012	N/A	0	N/A	0.013
1,2,3-trimethylbenzene	0.011	0.001	0	N/A	0.012
3-methyl-1-butene	0.012	0	0	N/A	0.012
C-25 Compounds	N/A	0.012	N/A	N/A	0.012

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
Isomers of pentane	N/A	N/A	N/A	0.012	0.012
Unidentified	N/A	0.012	N/A	N/A	0.012
C-23 Compounds	N/A	0.011	N/A	N/A	0.011
C-24 Compounds	N/A	0.011	N/A	N/A	0.011
Isobutyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.011	0.011
Butyl cellosolve (2-butoxyethanol) (egbe) (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.01	0.01
C-26 Compounds	N/A	0.01	N/A	N/A	0.01
UNC peaks to CBM xylene	N/A	N/A	N/A	0.01	0.01
Dimethyl naphthalene	0.009	N/A	0	N/A	0.009
Ethyl acetate (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.008	0.008
N-heptane (IRIS)	0.007	0.002	0	N/A	0.008
Isobutane	N/A	0.008	N/A	N/A	0.008
1,3,5-trimethylbenzene	0.006	0.003	0	N/A	0.008
N-octane	0.006	0.001	0	N/A	0.007
N-nonane	0.006	0	0	N/A	0.007
1-Methyl-2-ethylbenzene (o-ethyltoluene)	0.007	N/A	0	N/A	0.007
1-Methyl-4-ethylbenzene (p-ethyltoluene)	0.007	N/A	0	N/A	0.007
4-methyl-1-pentene	0.007	N/A	0	N/A	0.007
C-28 Compounds	N/A	0.007	N/A	N/A	0.007
C-30 Compounds	N/A	0.007	N/A	N/A	0.007
C-31 Compounds	N/A	0.007	N/A	N/A	0.007
N-propylbenzene	0.006	0.001	0	N/A	0.006
C-32 Compounds	N/A	0.006	N/A	N/A	0.006
C-34 Compounds	N/A	0.006	N/A	N/A	0.006
p-Tolualdehyde	0.005	N/A	0	N/A	0.005
N-Hexadecane	0.005	N/A	0	N/A	0.005
C-27 Compounds	N/A	0.005	N/A	N/A	0.005
C-33 Compounds	N/A	0.005	N/A	N/A	0.005
C-36 Compounds	N/A	0.005	N/A	N/A	0.005
M-xylene (IRIS,CAA)	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
3-methylpentane	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
2,4,4-trimethyl-1-pentene	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
Cyclohexene	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
2-methyl-1-pentene	0.004	N/A	0	N/A	0.004

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
C-35 Compounds	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
N-hexane (IRIS,CAA)	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
2,2,4-trimethylpentane (IRIS,CAA)	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
Methylcyclopentane	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
Isovaleraldehyde	0.003	N/A	0	N/A	0.003
Trans-2-hexene	0.003	N/A	0	N/A	0.003
C-29 Compounds	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
C-39 Compounds	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
Methyl isobutyl ketone (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Hexaldehyde	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
Isopropyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
2,3-dimethylbutane	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
2-(2-butoxyethoxy)ethanol (butyl carbitol)	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Trans-2-butene	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
C-37 Compounds	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
Ketones - general	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Oxygenates	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Propylene glycol monomethyl ether acetate (2-(1-methoxy)propyl acetate)	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Ethylene glycol (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
2-ethoxyethanol (cellosolve) (egee) (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Cyclohexane (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
1-propyne	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,2-dimethylbutane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Sec-butyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
2,4-dimethylpentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Methylcyclohexane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
1,2-diethylbenzene (ortho)	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
1,3-diethylbenzene (meta)	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Cyclopentene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Cyclopentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Indan	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,3,3-trimethylpentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,3,4-trimethylpentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
2,4-dimethylhexane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
4-methylheptane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
3-methylheptane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-methylheptane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-methyl-2-pentene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
N-heptadecane	0.001	N/A	0	N/A	0.001
4-Phenyl-1-butene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
3-methyloctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
4-methyloctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,2,5-trimethylhexane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-methyldecane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,3-dimethyloctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
C-38 Compounds	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
C-41 Compounds	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Cyclopentylcyclopentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Isomers of hexane	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Methylcyclooctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
T-1-Phenylbutene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-ethoxyethyl acetate (cellosolve acetate)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Di(propylene glycol) methyl ether	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Ethyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Propyl acetate	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Propylene glycol methyl ether (1-methoxy-2-propanol)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001

Tabella 4-1 Stima delle emissioni degli inquinanti facenti parte dei TOG - Scenario ante operam

Analogamente a quanto fatto per lo scenario attuale nella seguente tabella si riportano le emissioni degli inquinanti per lo scenario post operam:

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
Ethylene	1.968	0.012	0.054	N/A	2.034
C-10 Paraffins	1.859	N/A	0.051	N/A	1.91
Formaldehyde (IRIS,CAA)	1.567	0.238	0.043	0.007	1.854
C-10 Olefins	0.744	N/A	0.02	N/A	0.764
Decanol	0.744	N/A	0.02	N/A	0.764

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
Acetaldehyde (IRIS,CAA)	0.544	0.08	0.015	N/A	0.639
Propylene	0.577	0.004	0.016	N/A	0.597
C-2 Compounds	N/A	0.552	N/A	N/A	0.552
Acetylene	0.501	0.007	0.014	N/A	0.522
Dodecanol	0.372	N/A	0.01	N/A	0.382
Acrolein (IRIS,CAA)	0.312	N/A	0.009	N/A	0.32
Glyoxal	0.231	N/A	0.006	N/A	0.237
Methyl alcohol (IRIS,CAA)	0.23	N/A	0.006	N/A	0.236
1-butene	0.223	0.003	0.006	N/A	0.232
Benzene (IRIS,CAA)	0.214	0.005	0.006	0.003	0.228
1,3-butadiene (IRIS,CAA)	0.215	N/A	0.006	N/A	0.221
Methylglyoxal	0.191	N/A	0.005	N/A	0.197
Crotonaldehyde	0.131	0.028	0.004	N/A	0.163
C-1 Compounds	N/A	0.16	N/A	N/A	0.16
Propionaldehyde (CAA)	0.093	0.049	0.003	N/A	0.144
C-3 Compounds	N/A	0.144	N/A	N/A	0.144
Toluene (IRIS,CAA)	0.082	0.008	0.002	0.043	0.135
C-14 Compounds	N/A	0.123	N/A	N/A	0.123
C-15 Compounds	N/A	0.12	N/A	N/A	0.12
C-6 Compounds	N/A	0.119	N/A	N/A	0.119
C-4 Compounds	N/A	0.113	N/A	N/A	0.113
Mineral spirits	N/A	N/A	N/A	0.107	0.107
1-pentene	0.099	0.001	0.003	N/A	0.103
C-11 Compounds	N/A	0.099	N/A	N/A	0.099
1-hexene	0.094	0.001	0.003	N/A	0.097
C-10 Compounds	N/A	0.097	N/A	N/A	0.097
C-16 Compounds	N/A	0.096	N/A	N/A	0.096
Phenol (carbolic acid) (IRIS,CAA)	0.092	N/A	0.003	N/A	0.095
C-13 Compounds	N/A	0.095	N/A	N/A	0.095
C-4 Benzene + C-3 Aroald	0.083	N/A	0.002	N/A	0.086
C-17 Compounds	N/A	0.085	N/A	N/A	0.085
C-7 Compounds	N/A	0.08	N/A	N/A	0.08
Benzaldehyde (IRIS)	0.06	0.015	0.002	N/A	0.077
Naphthalene (IRIS,CAA)	0.069	N/A	0.002	N/A	0.071
Acetone (IRIS)	0.047	N/A	0.001	0.023	0.071
Ethane	0.066	0.002	0.002	N/A	0.07
N-tridecane	0.068	N/A	0.002	N/A	0.07

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
N-butane	N/A	0.062	N/A	0.007	0.069
C-5 Compounds	N/A	0.065	N/A	N/A	0.065
2-methylpentane	0.052	0.008	0.001	N/A	0.061
C-12 Compounds	N/A	0.061	N/A	N/A	0.061
N-dodecane	0.059	N/A	0.002	N/A	0.06
N-undecane	0.057	0	0.002	N/A	0.058
Heptene	0.056	N/A	0.002	N/A	0.057
2-methyl-2-propenal (methacrolein)	0.055	N/A	0.001	N/A	0.056
C-18 Compounds	N/A	0.056	N/A	N/A	0.056
N-Tetradecane	0.053	N/A	0.001	N/A	0.054
Methane	N/A	0.007	N/A	0.046	0.052
1,2,4-trimethylbenzene (1,3,4-trimethylbenzene)	0.045	0.004	0.001	N/A	0.05
Trans-2-pentene	0.046	0.002	0.001	N/A	0.049
N-pentane	0.025	0.013	0.001	0.005	0.044
C-19 Compounds	N/A	0.043	N/A	N/A	0.043
N-decane	0.041	0	0.001	N/A	0.042
C-5 Benzene + C-4 Aroald	0.041	N/A	0.001	N/A	0.042
Styrene (IRIS,CAA)	0.039	N/A	0.001	N/A	0.04
Cis-2-pentene	0.035	0.003	0.001	N/A	0.039
M & P-xylene (IRIS,CAA)	0.036	N/A	0.001	N/A	0.037
1-octene	0.035	N/A	0.001	N/A	0.036
Tolualdehyde	0.035	N/A	0.001	N/A	0.036
1-Methylnaphthalene	0.031	N/A	0.001	N/A	0.032
Valeraldehyde	0.031	N/A	0.001	N/A	0.032
1-nonene	0.031	N/A	0.001	N/A	0.032
C-8 Compounds	N/A	0.031	N/A	N/A	0.031
Isopentane	N/A	0.03	N/A	N/A	0.03
o-Tolualdehyde	0.029	N/A	0.001	N/A	0.03
Cis-2-butene	0.027	0.002	0.001	N/A	0.029
2-methylnaphthalene (IRIS)	0.026	N/A	0.001	N/A	0.027
Isomers of xylene (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.026	0.026
Ethylbenzene (IRIS,CAA)	0.022	0.002	0.001	N/A	0.025
C-20 Compounds	N/A	0.025	N/A	N/A	0.025
O-xylene (IRIS,CAA)	0.021	0.002	0.001	N/A	0.024
N-butyl acetate	N/A	N/A	N/A	0.024	0.024

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
2-methyl-2-butene	0.024	0	0.001	N/A	0.024
1-decene	0.024	N/A	0.001	N/A	0.024
C-14 Alkane	0.024	N/A	0.001	N/A	0.024
N-Pentadecane	0.022	N/A	0.001	N/A	0.023
C-15 Alkane	0.023	N/A	0.001	N/A	0.023
1-Methyl-3-ethylbenzene (m-ethyltoluene)	0.02	0	0.001	N/A	0.021
C-21 Compounds	N/A	0.021	N/A	N/A	0.021
C-9 Compounds	N/A	0.021	N/A	N/A	0.021
Methyl ethyl ketone (2-butanone) (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.019	0.019
C-16 Alkane	0.019	N/A	0.001	N/A	0.019
2-methyl-1-butene	0.018	N/A	0	N/A	0.018
Diacetone	N/A	N/A	N/A	0.016	0.016
Butyraldehyde	0.015	N/A	0	N/A	0.016
C-22 Compounds	N/A	0.016	N/A	N/A	0.016
1,2,3-trimethylbenzene	0.013	0.001	0	N/A	0.015
3-methyl-1-butene	0.014	0	0	N/A	0.015
C-25 Compounds	N/A	0.015	N/A	N/A	0.015
1,1,1-trichloroethane (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.014	0.014
Unidentified	N/A	0.014	N/A	N/A	0.014
Propane	0.01	N/A	0	0.003	0.013
C-23 Compounds	N/A	0.013	N/A	N/A	0.013
C-24 Compounds	N/A	0.013	N/A	N/A	0.013
Isobutyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.013	0.013
Butyl cellosolve (2-butoxyethanol) (egbe) (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.012	0.012
Dimethyl naphthalene	0.011	N/A	0	N/A	0.012
C-26 Compounds	N/A	0.012	N/A	N/A	0.012
UNC peaks to CBM xylene	N/A	N/A	N/A	0.011	0.011
Ethyl acetate (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.01	0.01
N-heptane (IRIS)	0.008	0.002	0	N/A	0.01
1,3,5-trimethylbenzene	0.007	0.003	0	N/A	0.01
Isobutane	N/A	0.009	N/A	N/A	0.009
N-octane	0.008	0.001	0	N/A	0.009
4-methyl-1-pentene	0.009	N/A	0	N/A	0.009
C-28 Compounds	N/A	0.009	N/A	N/A	0.009

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
C-30 Compounds	N/A	0.009	N/A	N/A	0.009
N-propylbenzene	0.007	0.001	0	N/A	0.008
N-nonane	0.008	0	0	N/A	0.008
1-Methyl-2-ethylbenzene (o-ethyltoluene)	0.008	N/A	0	N/A	0.008
1-Methyl-4-ethylbenzene (p-ethyltoluene)	0.008	N/A	0	N/A	0.008
C-31 Compounds	N/A	0.008	N/A	N/A	0.008
C-32 Compounds	N/A	0.007	N/A	N/A	0.007
C-34 Compounds	N/A	0.007	N/A	N/A	0.007
Isomers of pentane	N/A	N/A	N/A	0.007	0.007
p-Tolualdehyde	0.006	N/A	0	N/A	0.006
N-Hexadecane	0.006	N/A	0	N/A	0.006
C-27 Compounds	N/A	0.006	N/A	N/A	0.006
C-33 Compounds	N/A	0.006	N/A	N/A	0.006
C-36 Compounds	N/A	0.006	N/A	N/A	0.006
M-xylene (IRIS,CAA)	N/A	0.005	N/A	N/A	0.005
2,4,4-trimethyl-1-pentene	N/A	0.005	N/A	N/A	0.005
N-hexane (IRIS,CAA)	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
2,2,4-trimethylpentane (IRIS,CAA)	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
3-methylpentane	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
Cyclohexene	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
Isovaleraldehyde	0.004	N/A	0	N/A	0.004
2-methyl-1-pentene	0.004	N/A	0	N/A	0.004
Trans-2-hexene	0.004	N/A	0	N/A	0.004
C-29 Compounds	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
C-35 Compounds	N/A	0.004	N/A	N/A	0.004
2,3-dimethylbutane	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
Methylcyclopentane	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
C-39 Compounds	N/A	0.003	N/A	N/A	0.003
Methyl isobutyl ketone (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Hexaldehyde	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
Isopropyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
2,4-dimethylpentane	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
2-(2-butoxyethoxy)ethanol (butyl carbitol)	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Trans-2-butene	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
2-methyldecane	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
C-37 Compounds	N/A	0.002	N/A	N/A	0.002
Ketones - general	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Oxygenates	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Propylene glycol monomethyl ether acetate (2-(1-methoxy)propyl acetate)	N/A	N/A	N/A	0.002	0.002
Ethylene glycol (IRIS,CAA)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
2-ethoxyethanol (cellosolve) (egee) (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Cyclohexane (IRIS)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
1-propyne	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,2-dimethylbutane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Sec-butyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
N-butylbenzene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Methylcyclohexane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
1,2-diethylbenzene (ortho)	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
1,3-diethylbenzene (meta)	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Cyclopentene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Cyclopentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Indan	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,3,3-trimethylpentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,3,4-trimethylpentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,4-dimethylhexane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
4-methylheptane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
3-methylheptane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-methylheptane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-methyl-2-pentene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
N-heptadecane	0.001	N/A	0	N/A	0.001
4-Phenyl-1-butene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
3-methyloctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
4-methyloctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,2,5-trimethylhexane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2,3-dimethyloctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
C-38 Compounds	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
C-40 Compounds	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
C-41 Compounds	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001

Inquinanti	Aircraft	GSE	APUs	Stationary Sources	Grand Total
C-42 Compounds	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Cyclopentylcyclopentane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Isomers of hexane	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Methylcyclooctane	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
Pentyne	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
T-1-Phenylbutene	N/A	0.001	N/A	N/A	0.001
2-ethoxyethyl acetate (cellosolve acetate)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Di(propylene glycol) methyl ether	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Ethyl alcohol	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Propyl acetate	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001
Propylene glycol methyl ether (1-methoxy-2-propanol)	N/A	N/A	N/A	0.001	0.001

Tabella 4-2 Stima delle emissioni degli inquinanti facenti parte dei TOG - Scenario post operam

#### 4.3 Analisi delle concentrazioni

A valle dell'analisi emissiva effettuata mediante i valori stimati dal software EDMS è stata successivamente improntata l'analisi sulle concentrazioni. Al fine di valutare gli IPA, oggetto di richiesta d'integrazione da parte della Regione Lombardia, di seguito verrà approfondito il Naphthalene, inquinante appartenente a tale classe, emerso dalla speciazione dei TOG sopra citati. Così come per il Benzene, anche per la stima delle concentrazioni di Naphthalene non è stato possibile l'impiego del software. Infatti, EDMS consente di stimare le concentrazioni dei Total Organic Gases (TOG), cui fa parte il Naphthalene, ma non le concentrazioni dello stesso.

Le concentrazioni di Naphthalene sono state ricavate, pertanto, analiticamente, mediante il confronto tra le emissioni e le concentrazioni dei TOG e le emissioni di Naphthalene. Questo ha permesso di stimare le concentrazioni di Naphthalene come quota percentuale dei TOG.

#### Scenario ante operam

La tabella seguente riporta i valori di concentrazione del Naphthalene nel periodo di mediazione della media annua, relativi allo scenario ante operam, in corrispondenza dei ricettori puntuali rappresentativi degli agglomerati urbani.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Naphthalene (C10H8)	
Ricettore	Media annua (µg/m <sup>3</sup> )
R1	0,00047
R2	0,00072

Naphthalene (C10H8)	
Ricettore	Media annua (µg/m³)
R3	0,00010
R4	0,00117
R5	0,00026
R6	0,00032

Tabella 4-3 Analisi C10H8 sui ricettori per la salute umana – Scenario ante operam

### Scenario post operam

La tabella seguente riporta i valori di concentrazione del Naphthalene nel periodo di mediazione della media annua, relativi allo scenario post operam, in corrispondenza dei ricettori puntuali rappresentativi degli agglomerati urbani.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Naphthalene (C10H8)	
Ricettore	Media annua (µg/m³)
R1	0,00074
R2	0,00094
R3	0,00012
R4	0,00142
R5	0,00028
R6	0,00039

Tabella 4-4 Analisi C10H8 sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

### Confronto tra scenario post operam e scenario ante operam

Nella tabella che segue, per ogni punto ricettore individuato, è stato calcolato il delta percentuale tra le concentrazioni dello scenario post opera e di quello ante operam.

#### Analisi dei ricettori per la salute umana

Ricettore	Media annua C10H8 ante operam (µg/m³)	Media annua C10H8 post operam (µg/m³)	Delta % post-ante
R1	0,00047	0,00074	36,49%
R2	0,00072	0,00094	23,40%
R3	0,00010	0,00012	16,67%
R4	0,00117	0,00142	17,61%
R5	0,00026	0,00028	7,14%
R6	0,00032	0,00039	17,95%

Tabella 4-5 Delta % post-ante media annua C10H8 sui ricettori per la salute umana

## 5 MODALITÀ DI APPLICAZIONE DELL'A-CDM

### 5.1 Finalità e descrizione dell'A-CDM

L'implementazione presso l'aeroporto di Milano - Bergamo è prevista entro metà del 2020. In particolare, è stata ultimata da parte di SACBO ed ENAV l'infrastruttura informatica a giugno 2019 ed è prevista, previa esecuzione del necessario training per gli operatori, la messa in esercizio effettiva per l'ottenimento della certificazione nella prima metà del 2020.

L'obiettivo dell'implementazione del nuovo network è sfidante sotto il profilo operativo da un lato e ambientale dall'altro. Mediante la messa in opera dell'ACDM, tutte le fasi di un volo, dalla partenza all'atterraggio, vengono considerate un "processo unico" che permette di ottimizzare la gestione del traffico aereo e le operazioni di assistenza, attraverso lo scambio costante di informazioni aggiornate tra tutti gli operatori coinvolti.

Come già illustrato nello studio di impatto ambientale, dall'implementazione del sistema sono attesi, come avvenuto per gli scali che hanno introdotto il sistema ACDM, miglioramenti in termini di impatti ambientali: riduzione sotto il profilo dell'inquinamento atmosferico, nonché una riduzione dei rischi connessi all'inquinamento di suolo e sottosuolo.

Infatti, l'ottimizzazione prevista con l'implementazione del sistema permetterà l'efficientamento dell'uso del GSE sia dal punto di vista della numerosità, sia dell'impiego temporale.

La procedura, efficientando i tempi di turn around agevolerà, altresì, il sequenziamento delle operazioni "pre-partenza" dell'aeromobile effettuate presso lo scalo, riducendo i tempi di attesa, con un previsto minor consumo di jet fuel a vantaggio dell'ambiente e di tutti gli operatori aeroportuali.

Le stime riportate nello studio di impatto ambientale in termini di riduzioni delle emissioni e delle concentrazioni sono state oggetto di approfondita analisi e tratte dal documento prodotto in occasione della partecipazione al bando europeo "Connecting Europe Facility (CFE) for transport 2016", ad oggetto l'analisi costi e benefici del progetto ACDM, redatto di concerto tra SACBO ed ENAV (cfr. Appendice I).

Tale documento (intitolato per l'appunto "Airport-CDM Financial and Economical Cost-Benefit Appraisal") cosiddetta CBA ANALYSIS, illustra la quantificazione dei benefici attesi dall'introduzione dell'ACDM presso lo scalo di Milano - Bergamo, utilizzando la metodologia dell'analisi costi benefici, sviluppata dalla Sesar deployment Management nell'anno 2016 e avallata dalla Commissione europea.

Lo studio anzidetto ha permesso, focalizzando l'attenzione su quanto qui interessa, di individuare i benefici cosiddetti "ambientali" del progetto A-CDM, che sono stati riportati nello studio di impatto ambientale, tenuto conto delle prestazioni migliorative attese in termini sia operativi che ambientali del progetto. La metodologia utilizzata ha condotto ad un'analisi precisa e dettagliata contenuta nel documento di riferimento poc'anzi citato (peraltro giudicato positivamente nell'ambito della valutazione della domanda di partecipazione al bando europeo).

La riduzione dei tempi di taxi time è stata verificata ed indicata da ENAV quale risultato dell'applicazione dell'A-CDM, che ottimizza i tempi di turn around e "impone" agli operatori di agire in base ad una sequenza predefinita delle proprie operazioni di rispettiva competenza, utilizzando i dati risultanti dall'implementazione del sistema presso lo scalo di Venezia.

Tale riduzione dei tempi è stata applicata allo scenario di traffico atteso (ottenuto dalle simulazioni EDMS), in particolare ricavando l'effettivo risparmio di inquinanti per ciascun movimento.

In particolare, per il periodo complessivo analizzato per il progetto A-CDM (2019-2030), l'attuazione del progetto dovrebbe comportare una riduzione di:

- 8.182.600 Kg di consumo di carburante;
- 25.816 tonnellate di CO<sub>2</sub>;
- 43.100 Kg di NO<sub>x</sub>;
- 9.570 Kg di SO<sub>2</sub>;
- 15.100 Kg di COV.

Si rimanda all'analitica disamina dello studio in appendice per ogni necessario approfondimento.

Le stime prospettate potranno essere oggetto di verifica a seguito dell'effettiva implementazione di A-CDM presso lo scalo.

## 5.2 La metodologia usata per il calcolo delle riduzioni delle fonti inquinanti

La metodologia utilizzata per il calcolo della riduzione delle fonti inquinanti può essere sintetizzata nei seguenti passaggi.

1. L'A-CDM dovrebbe beneficiare di 2 aree di miglioramento e di 9 indicatori principali correlati.
  - Area operativa chiave di prestazione:
    - KPI tempo di rullaggio taxi-in (misurato in minuti risparmiati);
    - KPI tempo di rullaggio taxi-out (misurato in minuti risparmiati);
    - prevedibilità del tempo di decollo (misurata in minuti risparmiati);
  - Area delle prestazioni ambientali:
    - KPI consumo di carburante (misurato in tonnellate di combustibile bruciato risparmiato);
    - KPI di risparmio delle emissioni di CO<sub>2</sub> (misurato in tonnellate non emesse risparmiate).
    - KPI di risparmio delle emissioni NMVOC (misurato in tonnellate non emesse risparmiate).
    - KPI di risparmio delle emissioni di NO<sub>x</sub> (misurato in tonnellate non emesse risparmiate).
    - KPI di risparmio delle emissioni di SO<sub>2</sub> (misurato in tonnellate non emesse risparmiate).
    - P.M. 2.5 KPI di risparmio delle emissioni (misurato in tonnellate non emesse risparmiate).
    - Pax VoT (valore del tempo) risparmiato grazie al miglioramento della prevedibilità (€ / h \* pax risparmiato)

I KPI sopra indicati identificano il valore non monetizzato del progetto. Infatti, rappresentano la differenza tra il valore del KPI nello scenario "non fare nulla" e il valore assunto dallo stesso KPI nello scenario "A-CDM".

2. L'introduzione della metodologia CBA è il risultato (ad esempio in minuti) dell'indicatore di prestazione moltiplicato per il numero di voli previsionali considerati nel Masterplan 2030.  
L'esperienza acquisita con altre implementazioni di A-CDM (Aeroporto di Venezia) mostra che ci si possono aspettare i seguenti vantaggi quantitativi:
  - Tempo di rullaggio ridotto di una media di 30 secondi (per volo);
  - Tempo di rullaggio ridotto di una media di 30 secondi (per volo);
  - La prevedibilità del tempo di decollo (deviazione standard della precisione del decollo) è stata ridotta da 12,3 minuti a 8 minuti (per volo).
3. Le valutazioni dei dati ambientali sono state eseguite utilizzando il sistema di modellizzazione delle emissioni e della dispersione (EDMS) considerando il traffico reale del 2013 (71742 mov.).  
Il modello ha permesso di valutare e quantificare con alta precisione i diversi inquinanti specifici adottati come KPI per l'attuale CBA prodotto durante le modalità di taxi-in e taxi-out di ogni modello di aereo e del tipo di motore associato.  
Le emissioni previste per scenari futuri (2017-2030), tenendo conto dello sviluppo del traffico presso BGY, sono state ottenute calcolando il fattore di emissione per movimento al secondo e proiettate con proporzioni lineari.
4. Per ciascun movimento, applicata la riduzione dei tempi di taxi in e taxi out, è stata calcolata la riduzione delle emissioni degli inquinanti, nonché la riduzione delle concentrazioni appiccando sulle sorgente "taxiway" una percentuale di riduzione derivante dalla media delle percentuali di riduzioni sulle taxi in e taxi out.

## 6 ANALISI SULLE ABITAZIONI SPARSE PROSSIME ALL'AEROPORTO

### 6.1 Individuazione delle abitazioni sparse

Come richiesto dalla Regione Lombardia sono state individuate le abitazioni sparse, prossime all'aeroporto, che potrebbero essere interessate dalla dispersione degli inquinanti prodotti dall'esercizio dell'aeroporto. Pertanto, oltre ai ricettori "R", rappresentativi dei nuclei più densamente abitati, nella figura seguente sono riportati, con il codice "X", altre 4 abitazioni isolate.

In corrispondenza di questi nuovi ricettori "X", ai successivi paragrafi, sono state valutate le concentrazioni degli inquinanti, desunte dalle simulazioni modellistiche condotte nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale per lo scenario post operam.

In particolare, di seguito si riportano le immagini relative ad ogni ricettore "X" individuato.

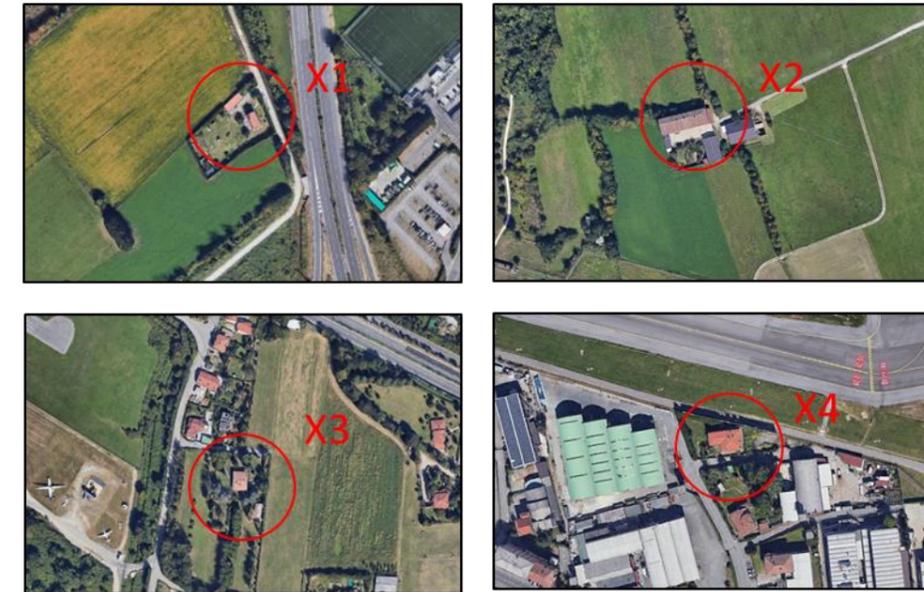


Figura 6-2 Dettaglio abitazioni sparse individuate – Ricettori X1 – X2 – X3 – X4

### 6.2 L'analisi delle concentrazioni

#### 6.2.1 Le concentrazioni di NO2

In merito alle valutazioni sul biossido di azoto (NO2), a partire dalla mappa delle concentrazioni per lo scenario post operam (elaborato "SIA.T16\_Carta\_delle\_isoconcentrazioni\_Scenario\_di progetto" allegato allo SIA), è stato possibile localizzare i ricettori "X", per desumere il valore di concentrazione in corrispondenza di questi a partire dalle curve di isoconcentrazione risultanti dal modello.



Figura 6-1 Individuazione dei ricettori "R" già valutati nel SIA ed integrazione delle abitazioni sparse (Ricettori "Xn")



Figura 6-3 Media annua NO<sub>2</sub> scenario post operam e individuazione dei ricettori X

In Tabella 6-1 è riportato l'intervallo di concentrazione delle medie annue di NO<sub>2</sub> in cui il singolo ricettore rientra.

Ricettore	Media annua NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
X1	0,00 – 3,99
X2	0,00 – 3,99
X3	4,00 – 7,99
X4	4,00 – 7,99

Tabella 6-1 Intervallo di concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> in corrispondenza dei ricettori X

I valori in prossimità dei ricettori isolati sono bassi ed in linea con quelli stimati per gli altri ricettori considerati nello SIA. In considerazione del fondo di riferimento, i ricettori X1 e X2, anche in considerazione del massimo valore dell'intervallo, risultano al di sotto del limite normativo. Per i ricettori X3 e X4 che si trovano all'interno della curva 4 - 7,99 µg/m<sup>3</sup>, considerando il massimo valore pari a 7,99 sommato al fondo, il limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup> viene superato di 0,16 µg/m<sup>3</sup>. Si specifica però come l'assunzione del valore massimo sia estremamente cautelativa in quanto, come emerge da Figura 6-3, X3 si trova circa a metà della curva (il valore di concentrazione sarà circa 6 µg/m<sup>3</sup>), mentre X4 si trova molto vicino alla curva 0,00 – 3,99 µg/m<sup>3</sup> (il valore di concentrazione sarà circa 4 µg/m<sup>3</sup>). Per tali ragioni, sommando al contributo aeroportuale più realistico il valore di fondo di 32,17, si avrà complessivamente che la media annua di NO<sub>2</sub> in X3 e X4 sarà pari rispettivamente a 38,17 µg/m<sup>3</sup> e 36,17 µg/m<sup>3</sup>.

Alla luce di ciò, nella tabella seguente i valori di concentrazione per ogni ricettore, desunti dalla mappa, sono stati sommati al valore di fondo della centralina di Bergamo Via Meucci sottraendo il contributo

aeroporto dello stato attuale (si rimanda al Par. 2.3 per i dettagli), al fine di confrontare il valore complessivo delle concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> con il limite normativo pari a 40 µg/m<sup>3</sup>.

Ricettore	Media annua NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Valore di riferimento (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria totale (µg/m <sup>3</sup> )
X1	3,99	32,17	<b>36,16</b>
X2	3,99	32,17	<b>36,16</b>
X3	6	32,17	<b>38,17</b>
X4	4	32,17	<b>36,17</b>
<b>Limite normativo per la salute umana media annua NO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup></b>			

Tabella 6-2 Confronto con il limite normativo NO<sub>2</sub> media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

### 6.2.2 Le concentrazioni di PM<sub>10</sub>

Allo stesso modo, in merito alle valutazioni sul PM<sub>10</sub>, a partire dalla mappa delle concentrazioni per lo scenario post operam (elaborato "SIA.T16\_Carta\_delle\_isoconcentrazioni\_Scenario\_di\_progetto" allegato allo SIA), è stato possibile localizzare i ricettori "X", per desumere il valore di concentrazione in corrispondenza di questi a partire dalle curve di isoconcentrazione risultanti dal modello.

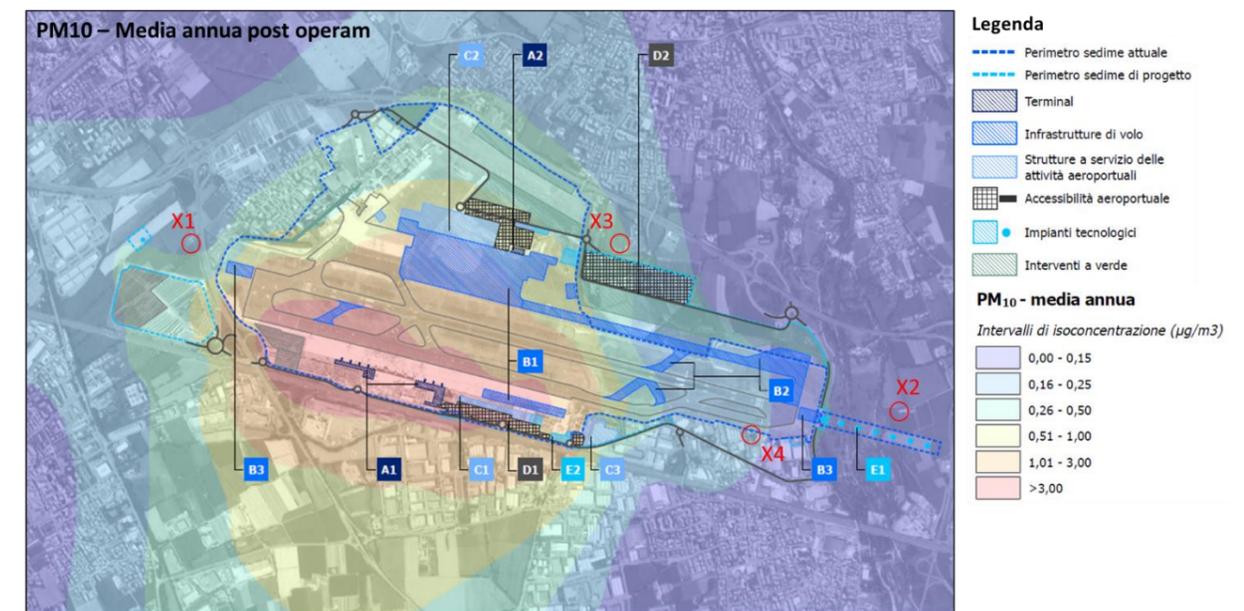


Figura 6-4 Media annua PM<sub>10</sub> scenario post operam e individuazione dei ricettori X

In Tabella 6-3 è riportato l'intervallo di concentrazione delle medie annue di PM<sub>10</sub> in cui il singolo ricettore rientra.

Ricettore	Media annua PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
X1	0,16 – 0,25
X2	0,00 – 0,15
X3	0,26 – 0,50
X4	0,16 – 0,25

Tabella 6-3 Intervallo di concentrazioni medie annue di PM10 in corrispondenza dei ricettori X

Considerando che ogni ricettore rientra all'interno di un intervallo di concentrazione, cautelativamente per le verifiche normative è stato considerato il valore più alto. I valori di concentrazione per ogni ricettore, desunti dalla mappa, sono stati sommati al valore di fondo della centralina di Bergamo Via Meucci sottraendo il contributo aeroportuale dello stato attuale (si rimanda al Par. 2.3 per i dettagli), al fine di confrontare il valore complessivo delle concentrazioni medie annue di PM10 con il limite normativo pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ricettore	Media annua PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
X1	0,25	32,77	<b>33,02</b>
X2	0,15	32,77	<b>32,92</b>
X3	0,50	32,77	<b>33,27</b>
X4	0,25	32,77	<b>33,02</b>
<b>Limite normativo per la salute umana media annua PM10 = <math>40 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>			

Tabella 6-4 Confronto con il limite normativo PM10 media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

I valori in prossimità dei ricettori isolati sono bassi ed in linea con quelli stimati per gli altri ricettori considerati nello SIA. Anche in considerazione del fondo di riferimento, tutti i ricettori risultano al di sotto del limite normativo per la salute umana considerato per le medie annue di PM10 pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 6.2.3 Le concentrazioni di PM2.5

Relativamente alle valutazioni sul PM2.5, a partire dalla mappa delle concentrazioni per lo scenario post operam (elaborato "SIA.T16\_Carta\_delle\_isoconcentrazioni\_Scenario\_di progetto" allegato allo SIA), è stato possibile localizzare i ricettori "X", per desumere il valore di concentrazione in corrispondenza di questi a partire dalle curve di isoconcentrazione risultanti dal modello.

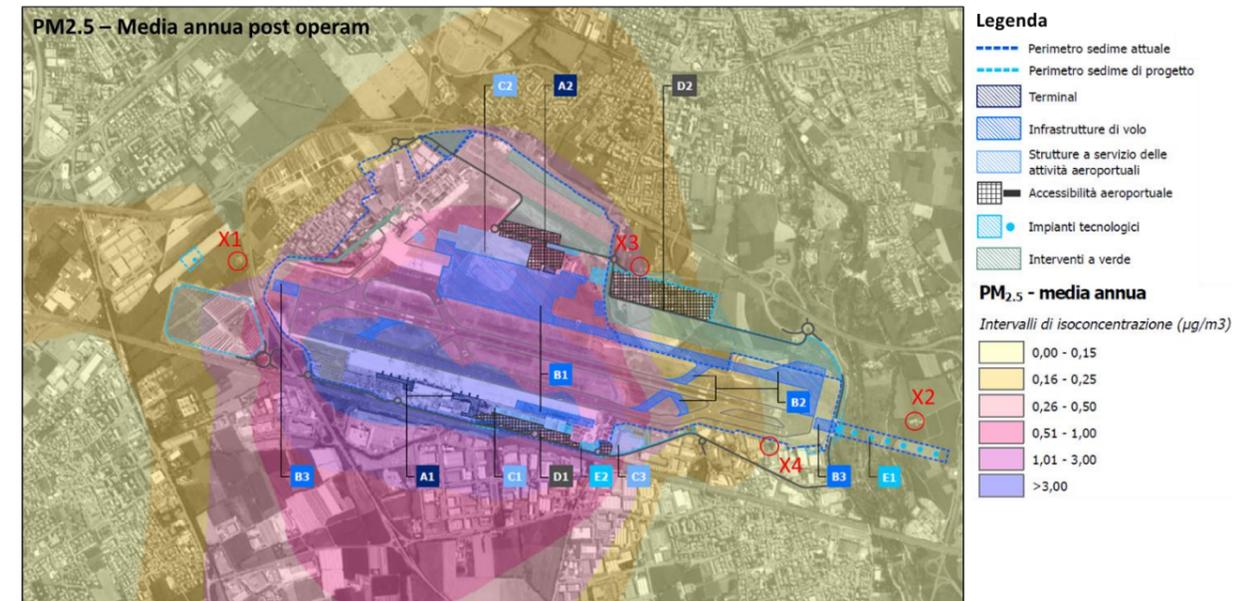


Figura 6-5 Media annua PM2.5 scenario post operam e individuazione dei ricettori X

In Tabella 6-5 è riportato l'intervallo di concentrazione delle medie annue di PM10 in cui il singolo ricettore rientra.

Ricettore	Media annua PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
X1	0,16 – 0,25
X2	0,00 – 0,15
X3	0,26 – 0,50
X4	0,00 – 0,15

Tabella 6-5 Intervallo di concentrazioni medie annue di PM2.5 in corrispondenza dei ricettori X

Considerando che ogni ricettore rientra all'interno di un intervallo di concentrazione, cautelativamente per le verifiche normative è stato considerato il valore più alto. I valori di concentrazione per ogni ricettore desunti dalla mappa, sono stati sommati al valore di fondo della centralina di Bergamo Via Meucci sottraendo il contributo aeroportuale dello stato attuale (si rimanda al Par. 2.3 per i dettagli), al fine di confrontare il valore complessivo delle concentrazioni medie annue di PM2.5 con il limite normativo pari a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ricettore	Media annua PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
X1	0,25	25,68	<b>25,93</b>
X2	0,15	25,68	<b>25,83</b>
X3	0,50	25,68	<b>26,18</b>
X4	0,15	25,68	<b>25,83</b>

Ricettore	Media annua PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Limite normativo per la salute umana media annua PM2.5 = 25 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>			

Tabella 6-6 Confronto con il limite normativo PM2.5 media annua sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

I valori in prossimità dei ricettori isolati sono molto bassi e rappresentano una minima percentuale del valore di fondo. Considerando che il fondo Non è possibile effettuare la verifica del limite normativo in quanto il valore di fondo è già superiore al limite di riferimento.

Stante il valore di fondo rilevato dalla centralina ARPA di Via Meucci già superiore al limite per il PM2.5, pari a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , risulta evidente come anche se il contributo aeroportuale è significativamente basso in corrispondenza di tutti i ricettori, la qualità dell'aria complessiva rimane al di sopra del limite. Si sottolinea, però, come tale superamento del valore medio annuo di qualità dell'aria per il PM2.5 non è dovuto al contributo delle sorgenti aeronautiche (cfr. Tabella 6-7).

Ricettore	Media annua PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Contributo aeroportuale %
X1	0,25	25,93	<b>0,96%</b>
X2	0,15	25,83	<b>0,58%</b>
X3	0,50	26,18	<b>1,91%</b>
X4	0,15	25,83	<b>0,58%</b>

Tabella 6-7 Contributo aeroportuale delle medie annue di PM2.5 rispetto alla qualità dell'aria complessiva – Scenario post operam

Come emerge infatti dalla Tabella 6-7, il contributo dell'aeroporto rispetto alla qualità dell'aria complessiva risulta sempre inferiore all'1% e solo per X3 arriva a circa il 2%, valori che possono essere considerati non significativi.

#### 6.2.4 Le concentrazioni di SO2

Relativamente alle valutazioni sul Biossido di Zolfo (SO2), a partire dalla mappa delle concentrazioni per lo scenario post operam (elaborato "SIA.T16\_Carta\_delle\_isoconcentrazioni\_Scenario\_di progetto" allegato allo SIA), è stato possibile localizzare i ricettori "X", per desumere il valore di concentrazione in corrispondenza di questi a partire dalle curve di isoconcentrazione risultanti dal modello.

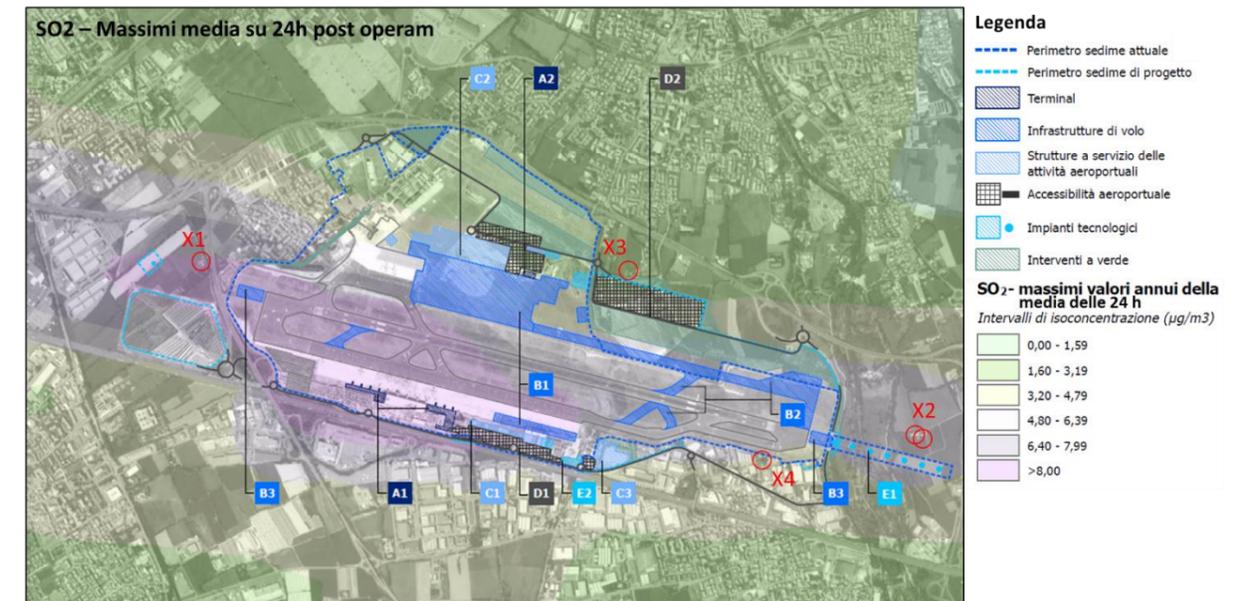


Figura 6-6 Massimi della media su 24h SO2 scenario post operam e individuazione dei ricettori X

In Tabella 6-5 è riportato l'intervallo di concentrazione delle massime medie su 24 ore di SO2 in cui il singolo ricettore rientra.

Ricettore	Max media 24h SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
X1	8,00
X2	4,80 – 6,39
X3	1,60 – 3,19
X4	3,20 – 4,79

Tabella 6-8 Intervallo di concentrazioni massima medie 24h di SO2 in corrispondenza dei ricettori X

Considerando che ogni ricettore rientra all'interno di un intervallo di concentrazione, ad eccezione di X1 che sta a cavallo della curva dei 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , cautelativamente per le verifiche normative è stato considerato il valore più alto. I valori di concentrazione per ogni ricettore desunti dalla mappa, sono stati sommati al valore di fondo della centralina di Bergamo Via Garibaldi sottraendo il contributo aeroportuale dello stato attuale (si rimanda al Par. 2.3 per i dettagli), al fine di confrontare il valore complessivo delle concentrazioni di SO2 con il limite normativo pari a 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ricettore	Max media 24h SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
X1	8,00	2,25	<b>10,25</b>
X2	6,39	2,25	<b>8,64</b>
X3	3,19	2,25	<b>5,44</b>
X4	4,79	2,25	<b>7,04</b>

Ricettore	Max media 24h SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valore di riferimento ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria totale ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Limite normativo per la salute umana massima medie sulle 24 ore SO2 = 125 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>			

Tabella 6-9 Confronto con il limite normativo SO2 massimi media 24h sui ricettori per la salute umana – Scenario post operam

I valori in prossimità dei ricettori isolati sono molto bassi ed in linea con quelli stimati per gli altri ricettori considerati nello SIA. Anche in considerazione del fondo di riferimento, tutti i ricettori risultano al di sotto del limite normativo per la salute umana considerato per l'SO2, pari a 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## APPENDICE I



# Airport-CDM Financial and Economical Cost-Benefit Appraisal

Bergamo Orio al Serio Airport (LIME)

## Operational Overview

Bergamo Orio al Serio (BGY) is the 3<sup>rd</sup> busiest airport in Italy with over 10 million passengers annually and near 120.000 tons of cargo. Bergamo recorded 76,100 movements in 2015, a 18.6% increase on the previous year, this was also due a runway works that forced to take the airport closed for more than 20 days in 2014. The airport is operated by SACBO, with aerodrome ATC services provided by ENAV. Other operational characteristics of BGY include:

- Two runway 10/28 (2.874 mt) and 12/30 (874 mt);
- Only runway 10/28 is used for IFR commercial traffic as single runway mixed mode operations (10/28) generating a capacity of around 26 movements per hour;
- The seasonal variation in traffic demand is significant. Average daily movements increase from 190 to 310 between the winter and summer periods;
- Type mix is 90% narrow body jets, 10% wide body (767/777) with a low percentage of business jets;
- BGY has only 2 terminal connected stands, all others are remote.

## The Airport CDM Process

Airport Collaborative Decision Making (A-CDM) is an European initiative based on operational harmonisation (EUROCONTROL), technical standardisation (EUROCAE) and mandate of the European Commission (Community Specification).

Airport CDM is an operational process which aims at improving Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM) at airports with beneficial effects also on the en-route part, by reducing delays, improving the punctuality of events and optimising the utilisation of resources.

In general terms, Airport CDM allows the entities dealing with airport activities to make the right decisions in collaboration with other airport partners (the airport operator, aircraft operators, ground handlers, the air navigation service provider, the Network Manager Operations Centre – NMOC, support services), knowing their preferences and constraints in regard to the actual and predicted situation.

The decision making by the airport partners is facilitated by sharing of accurate and timely information and by adapted procedures, mechanisms and tools.

The Airport CDM procedure comprises the time period from Estimated Off Block Time (EOBT) - 3hr until Take Off, in line with A-CDM milestones process.

Therefore, SACBO (BGY management body) and ENAV (ANSP provider at BGY) will have a pivotal role in the A-CDM process and in accordance with this, below are mentioned some relevant functionalities that will be enabled as a result of the implementation of Airport CDM at Bergamo airport:

- IFR departures will be matched to a “coordinated” slot and the flight plan and schedule information will be consistent each other. Without this check, flights will not receive a departure clearance.
- In the future implementation “Automatic” TOBT (Target Off-Block Time) will be generated from 2 hours before EOBT (Estimated Off Block Time) from the linked inbound arrival time estimation from the ETFMS Flight Data (EFD) message and ENAV local radar updates.

- Ramp agents will be able to manually update TOBT to reduce coordination with the AOC.
- ENAV systems will calculate a TSAT (Target Start up Arrival Time) once they receive a confirmed TOBT from the A-CDM system.

## Quantitative Benefits

This section summarises the quantitative benefits expected as well as those collected from the simulation as well as the methodology used for the CBA (both financial and economical) supporting the investment in CDM for Bergamo. In order to determine the expected benefits, it was made use of the experience gathered from other Italian Airports (in particular the Venice Airport) where A-CDM was already implemented and enriched by the specific data coming from Bergamo Airport company.

### Financial Rate of Return and Financial Net Present Value - Methodology Used and Results:

The methodology for this CBA followed an approach close to the one used by the SESAR Deployment Manager in the analysis of each implementation project pertaining to the Pilot Common Project (reg. EC 716/2014) implementation (Deployment Programme) and customized for this specific exercise. This approach has been also followed by the SESAR Joint Undertaking for the evaluation of the Pilot Common Project and has been endorsed by the European Commission issuing the regulation 716/2014. The full methodology is explained in the SESAR Deployment Programme 2016 Annex D “Performance Assessment and Cost Benefit Analysis Methodology”<sup>1</sup>. In synthesis, the analysis starts from the Key Performance Areas (KPA) and the relevant Key Performance Indicators (KPI) per each area, followed by the so called CBA metrics. The KPA that are monitored at deployment level are those of the SES performance regulation (EU IR 390/2013) and from those reflected in the ATM Master Plan (Edition 2015). The KPA are Cost Efficiency, Capacity, Operational Efficiency and Environment.

---

<sup>1</sup> [http://www.sesardeploymentmanager.eu/wp-content/uploads/2016/10/406002DP\\_2016\\_Annexes.pdf](http://www.sesardeploymentmanager.eu/wp-content/uploads/2016/10/406002DP_2016_Annexes.pdf)

## KPI Definition and quantification

As reported in the reference documents, several KPIs pertain to each area. A-CDM is expected to collect benefit from 2 areas and to 9 main indicators.

- Operational Key performance Area:
  - Taxi-in Time KPI (measured in minutes saved);
  - Taxi-out time KPI (measured in minutes saved);
  - Take-off time predictability (measured in minutes saved);
- Environment Key Performance Area:
  - Fuel consumption KPI (measured in tonnes of fuel burnt saved);
  - CO<sub>2</sub> emission saving KPI (measured in tonnes not emitted saved).
  - NMVOC emission saving KPI (measured in tonnes not emitted saved).
  - NO<sub>x</sub> emission saving KPI (measured in tonnes not emitted saved).
  - SO<sub>2</sub> emission saving KPI (measured in tonnes not emitted saved).
  - P.M. 2.5 emission saving KPI (measured in tonnes not emitted saved).
  - Pax VoT (Value of Time) saving due to predictability improvement (€/h\*pax saved)

The KPIs above identify the non monetized value of the project. In fact, they represent the difference between the value of the KPI in the “do nothing” scenario and the value assumed by the same KPI in the "A-CDM" scenario.

Next step is the introduction of the CBA metric that is the result (in minutes for instance) of the performance indicator multiplied by the number of relevant flights. The Data used for KPIs projection in the A-CDM comparison period (2017-2030) are referred to the traffic and passenger forecasts contained in the BGY Airport Masterplan 2016-2030. KPIs projections are also referred, where applicable, to only a fraction of the whole annual traffic projection. By multiplying the number of flights by a corrective factor of 50% if, for instance, KPI would only address to arrival (or departure) flights, as, for example, when taking into account the Taxi-In (or Taxi-Out) time. In reference of the ATM Master

Plan and SES, the benefits should show increasing performance data in aspects of ANS/ATCO productivity, airport and airspace capacity, operational efficiency in fuel and environment, a higher degree of predictability and resilience. As anticipated before, two of those areas are the ones expected to most benefit of the CDM implementation. The experience from other A-CDM implementation (Venice Airport) shows that the following quantitative benefits could be expected:

- Taxi-in time reduced by an average of 30 seconds (per flight);
- Taxi-out time reduced by an average of 30 seconds (per flight);
- Take-off time predictability (standard deviation of take-off accuracy) reduced from of 12.3 minutes to 8 minutes (per flight).

Given the high degree of operational similarity between Venice Airport and Bergamo airport, these values per flight have been used to simulate the expected benefits per year according to the number of movements of Bergamo. The benefits have been simulated to start materializing starting from the last year of implementation of the investment.

The projections in the 2017-2030 of the operational Taxi-in and Taxi-out time KPIs (computed as the difference between standard taxi times and A-CDM expected taxi times) have taken into account an "elasticity" factor of the standard taxiing time due to airport infrastructure progressive congestion.

As the traffic grows at an airport it is indeed expected a progressive degeneration of time needed to reach take-off and stand position due to the airport traffic congestion and delay. On the other side an A-CDM enabled airport is supposed to maintain constant the time needed for taxiing, no matter how traffic the airport will manage. The result translates itself in a slight progressive growth of the single operation saving time. The growth of the standard taxi times has been estimated to rise in years as 1/3rd of the overall movements expected growth (in percentage), shifting from 700 sec/mov to 757 sec/mov for taxi-out (departures) and 225 sec/mov to 243 sec/mov taxi in (arrivals). Starting taxi time values have been computed from the off-block/on-block and take-off/landing time historical data owned by SACBO. A-CDM taxi times has been kept constant at value of 655 and 195 sec/mov as recorded for the similar Venice Airport.

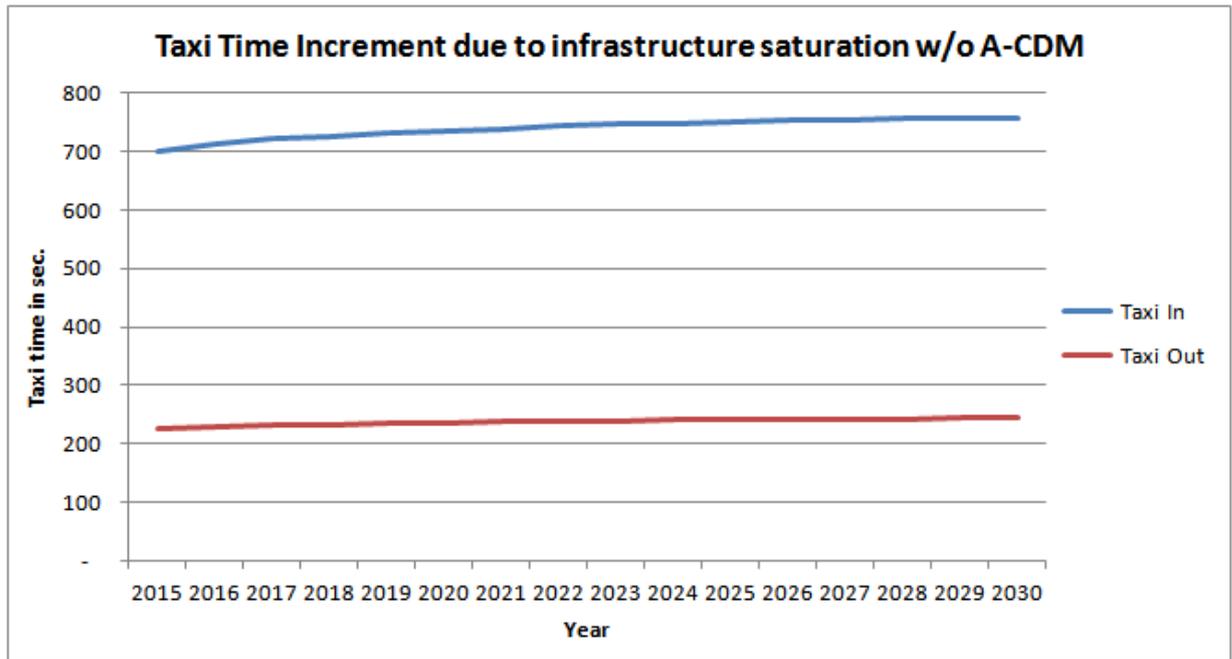


Figure 1 - Expected NO A-CDM Taxi time growth as airport infrastructure manage higher traffic volumes

Environmental data evaluations have been performed using Emissions and Dispersion Modelling System (EDMS) created by FAA. A very detailed model case for BGY has been built considering the 2013 real traffic (71742 mov.). The model permitted to evaluate and quantify with high precision the different site-specific pollutants adopted as KPIs for the present CBA produced during both taxi-in and taxi-out modes of every aircraft model and associated engine type.

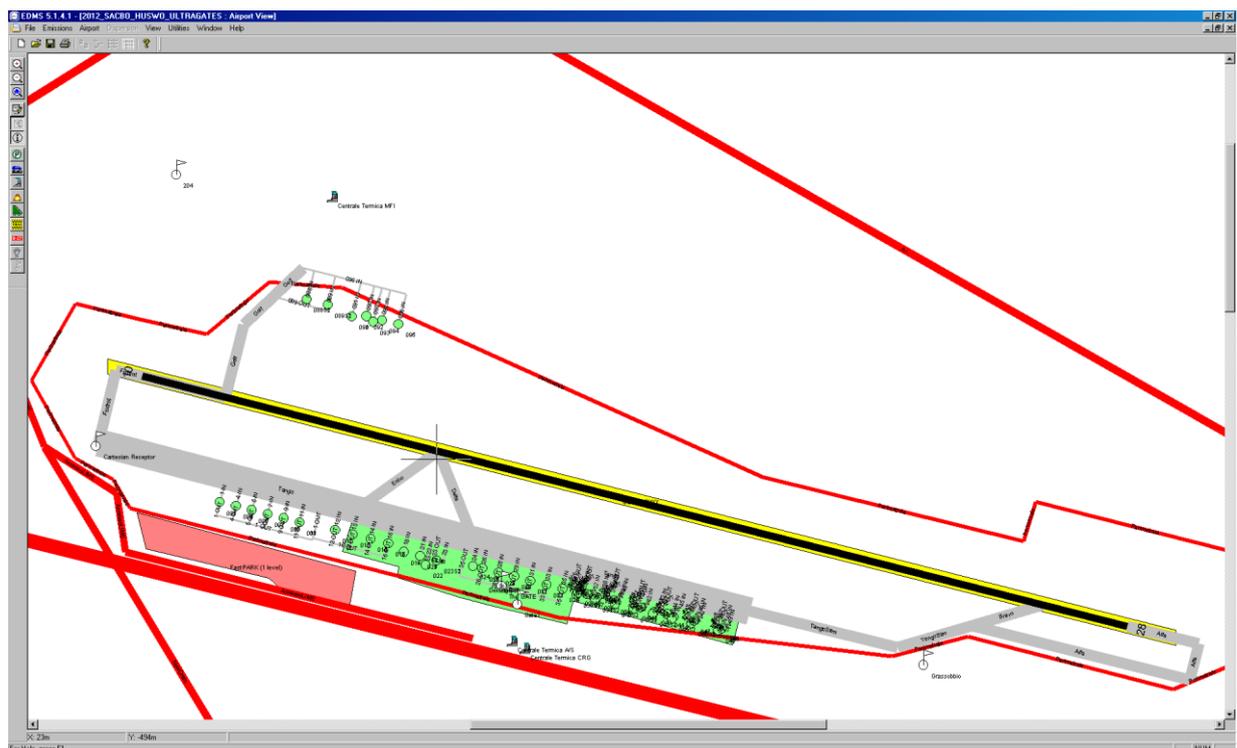


Figure 2 - EDMS Airport detailed Layout

Operation Mode	CO2	VOC	Nox	SO2	PM - 2,5	Fuel Consumption
Approach	8214,628	0,765	25,191	3,045	0,168	2603,685
Climb Out	3160,718	0,123	22,791	1,17	0,106	1001,812
Takeoff	11928,805	0,426	100,741	4,428	0,455	3780,919
Taxi In	2902,204	1,175	7,165	1,075	0,059	919,875
Taxi Out	6363,432	4,078	9,097	2,359	0,137	2016,934

Table 1 - EDMS Model Output per Operation Mode - Year 2013

The emissions expected for future scenarios (2017-2030), taking into account the traffic development at BGY, have been obtained computing the emission factor per movement per second and projected with linear proportion.

Emission Factors Tons/Mov*sec	CO2	H2O	CO	THC	NMHC	VOC	TOG	NOx	SOx	PM-10	PM-2.5	PM Non- Volatile	PM Volatile Sulfates	PM Volatile Organics	Fuel Consumption
Taxi In	1,16E-04	4,53E-05	4,40E-07	4,06E-08	4,70E-08	4,68E-08	4,70E-08	2,85E-07	4,28E-08	2,35E-09	2,35E-09	4,78E-10	1,47E-09	3,19E-10	3,66E-05
Taxi Otu	7,88E-04	3,09E-04	4,93E-06	4,39E-07	5,08E-07	5,05E-07	5,08E-07	1,13E-06	2,92E-07	1,70E-08	1,70E-08	3,35E-09	1,07E-08	2,48E-09	2,50E-04

Table 2 - BGY Emission Factors

The outputs obtained from the model appear to be in good agreement to the standard emission and conversion factors reported in the CBA reference documents.

In particular, for the overall period analysed for the A-CDM project (2019-2030), the project implementation is expected to lead to a reduction of:

- 8,182,600 Kg of fuel consumption
- 25,816 tons of CO2
- 43,100 Kg of NOx
- 9,570 Kg of SO2
- 15,100 Kg of VOC

The following table and graphs show the KPIs Values obtained.

Year	Pax	Movs	Taxi Time (In+Out) MM	Predicatability HH	Fuel Consumption tons	CO2 Tons	VOC tons	Nox tons	SO2 tons	PM-2.5 tons
2017	11.577.262	83.506	72.816,06	385.908,73	491,38	1.550,31	0,92	2,55	0,57	0,03
2018	11.809.267	84.852	77.616,57	393.642,23	518,56	1.636,07	0,97	2,70	0,61	0,03
2019	12.085.208	86.454	83.433,56	402.840,27	551,46	1.739,87	1,03	2,88	0,64	0,04
2020	12.365.049	88.107	89.548,27	412.168,30	586,01	1.848,86	1,09	3,07	0,69	0,04
2021	12.567.657	89.341	94.180,79	418.921,90	612,16	1.931,36	1,14	3,21	0,72	0,04
2022	12.830.130	90.927	100.231,11	427.671,00	646,28	2.039,00	1,20	3,40	0,76	0,04
2023	13.008.382	91.947	104.169,82	433.612,73	668,47	2.109,03	1,24	3,52	0,78	0,04
2024	13.162.389	92.833	107.623,52	438.746,30	687,92	2.170,40	1,27	3,62	0,80	0,05
2025	13.299.687	93.584	110.574,28	443.322,90	704,54	2.222,81	1,30	3,71	0,82	0,05
2026	13.439.706	94.398	113.798,11	447.990,20	722,68	2.280,04	1,34	3,81	0,85	0,05
2027	13.565.254	95.090	116.558,30	452.175,13	738,20	2.329,03	1,36	3,90	0,86	0,05
2028	13.672.720	95.662	118.853,24	455.757,33	751,11	2.369,74	1,39	3,97	0,88	0,05
2029	13.720.797	95.878	119.722,41	457.359,90	755,99	2.385,16	1,40	4,00	0,88	0,05
2030	13.753.439	95.957	120.040,65	458.447,97	757,78	2.390,80	1,40	4,00	0,89	0,05

Table 3 - KPIs values obtained for period 2017-2030 (benefits available from 2019)

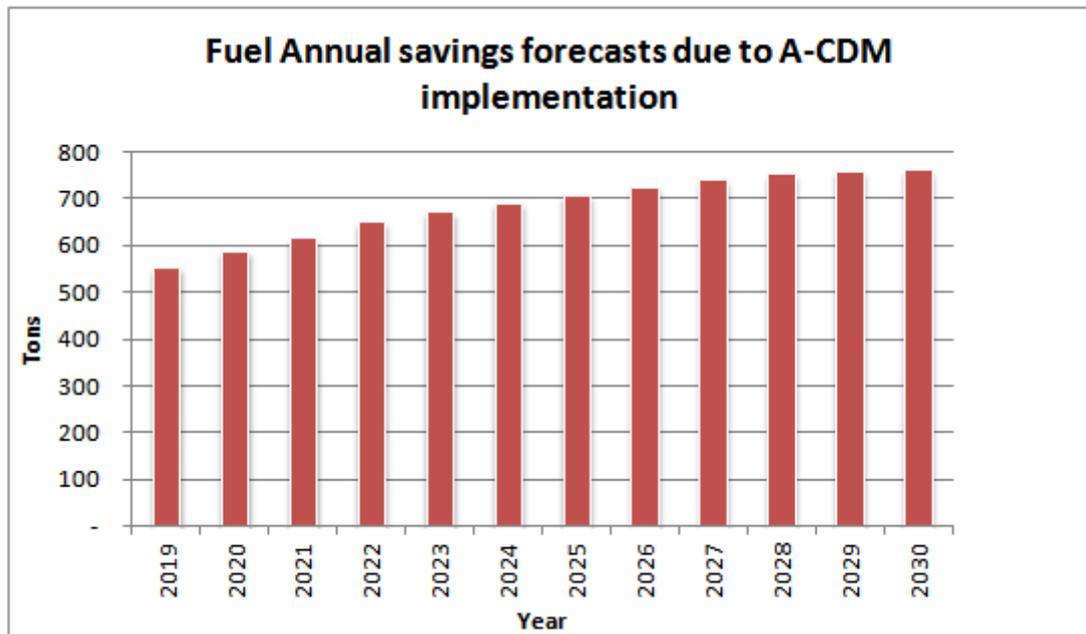


Figure 3 - Annual Fuel Consumption reduction (tonnes) with A-CDM implemented

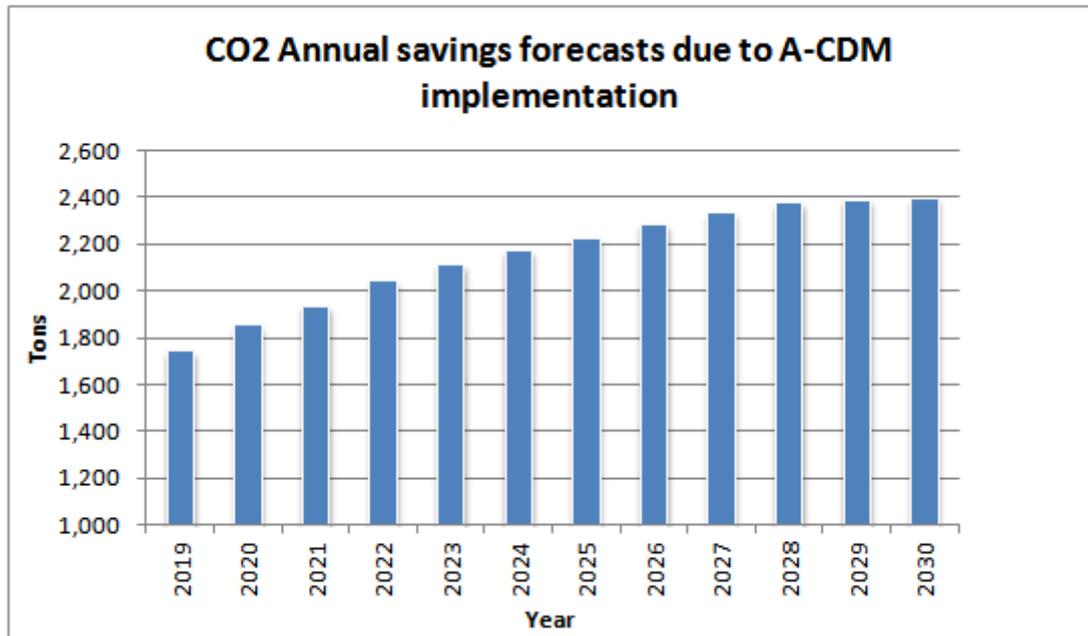


Figure 4 - Annual CO<sub>2</sub> reduction (tonnes) with A-CDM implemented

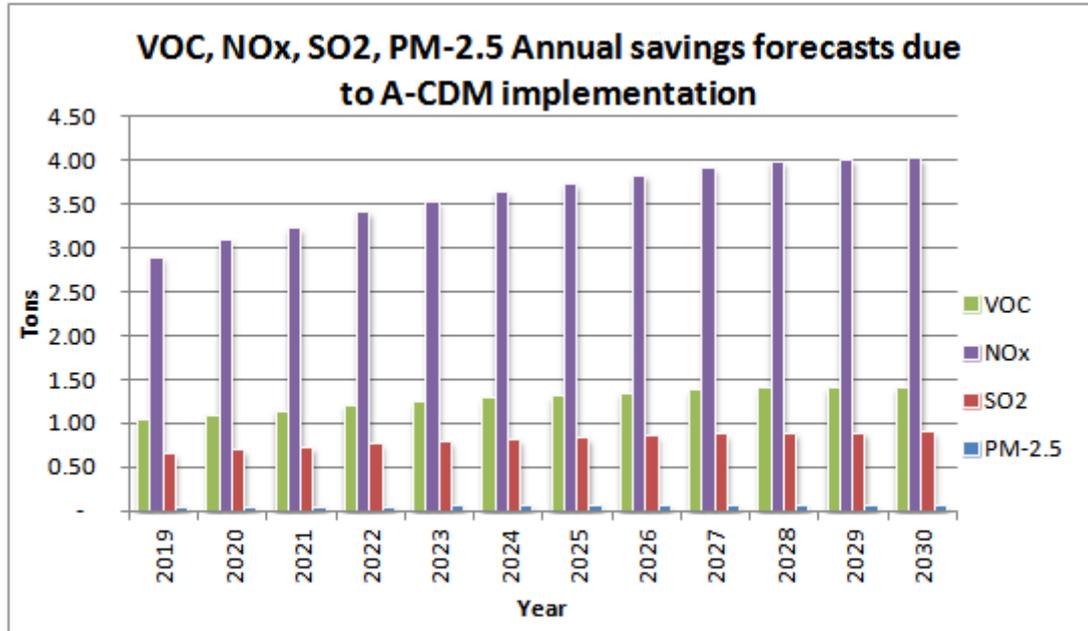


Figure 5 - Annual Volatile Organic Compound (VOC), Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>), Sulphur Di-Oxides (SO<sub>2</sub>) and Particulate Matter 2.5 (PM-2.5) reduction with A-CDM implemented (tonnes)

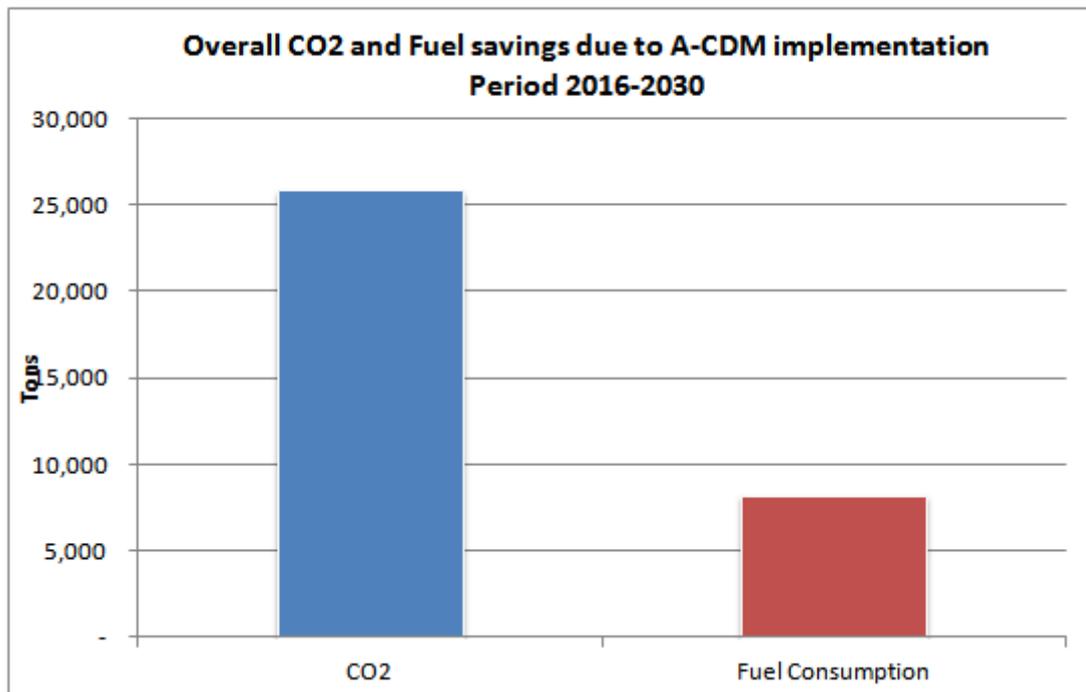


Figure 6 - Overall Fuel Consumption and CO<sub>2</sub> savings (tonnes) with A-CDM implemented

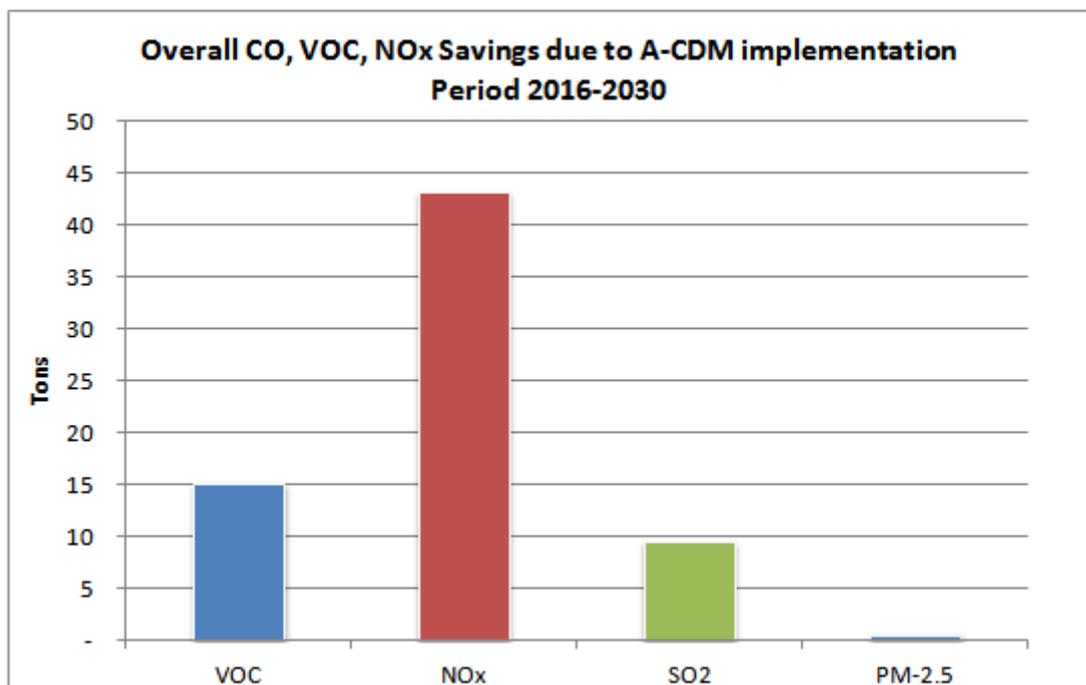


Figure 7 - Annual VOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> and PM-2.5 savings with A-CDM implemented (tonnes)

## KPI Metrics Monetization - Reference Values and assumptions

The CBA metrics can then easily monetized depending on the valorisation reference table. Also in this case, ENAV and SACBO used the values of the SESAR Deployment Manager to construct a value per each KPI as for the table below:

KPI	Monetization
ASMA (add. Time)/ Taxi Out (add. Time) (minute)	44€
Fuel (Kg)	0.442€
CO <sub>2</sub> (tonne)	7.09€ (avg value, year dependent)
NMVOG (tonne)	1,691€
NO <sub>x</sub> (tonne)	11,492€
SO <sub>2</sub> (tonne)	11,061€
P.M. 2.5 (tonne)	75,884€ (suburban areas value)
Pax VoT Predictability (hour*pax)	2.61€

Table 4 - KPIs Monetization values

Source for KPIs costs and monetization is the supporting documentation to the regulation 716/2014 ((EC) NO 716-2014 Art.4(c) Global cost benefit analysis. Part B. Assumption, Chapter 9) updated where possible to the most recent available forecasts, following values and sources reported in the *"Standard Inputs for EUROCONTROL Cost-Benefit Analyses"* document, Edition Number 7, dated November 2015.

It must be emphasized that all benefits quantified through the chosen KPIs originate from a cost saving point of view, due to operational network improvement and Air Carriers savings. The monetized savings stem from fuel burn, air pollutants (CO<sub>2</sub> and other air pollutants ascribable to air carriers) and from Arrival Sequencing and Metering Area (ASMA) time (network). No specific savings are expected on the applicants' side.

In particular, the value of 44€/minute comes from the same source with values calculated with a 70/30 (low/high cost assumptions) ratio.

For the monetization of fuel burn savings, as specified in the "Standard Inputs for EUROCONTROL Cost-Benefit Analyses", it has been performed an analysis of the latest IATA jet fuel prices.

Considering the price trend of the last two year, a value of near 57 €/barrel has been set as a reference (equivalent to 0.442 €/kg).

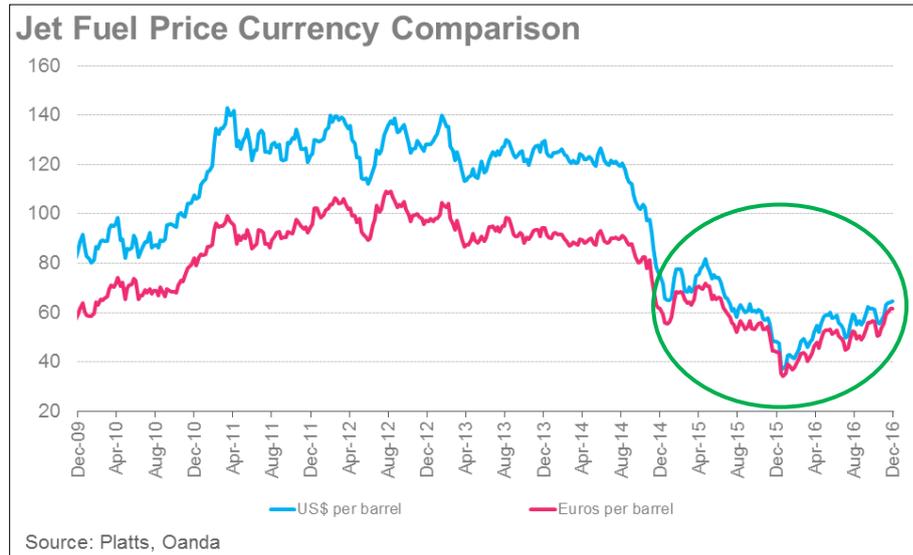


Figure 8 - Jet Fuel Price Trend - Source IATA

The CO<sub>2</sub> monetization has been performed in accordance with the "Future Price of CO<sub>2</sub> in € per tonne, European Emission Allowances (EEA)". The available values refers to an yearly price forecast in the period 2017-2025. Costs for period 2026-2030 have been sets equal to the 2025 forecast.

The average value for the CBA reference period 2017-2030 obtained is thus 7.09 €/ton

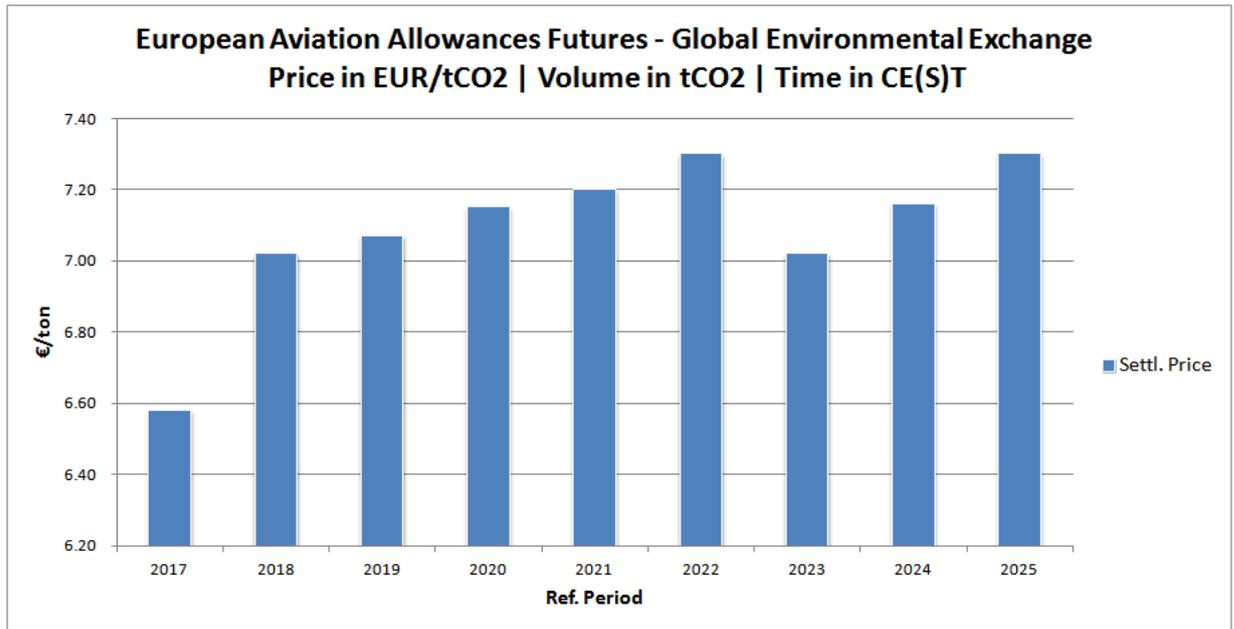


Figure 9 - EUR/tCO2 price trend - Source European Energy Exchange

For the remaining KPI monetization (NMVOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM. 2.5) the reference value specified in the "Standard Inputs for EUROCONTROL Cost-Benefit Analyses" shown in the following figure:

Damage costs of main pollutants from transport, in € per tonne						
	PM <sub>2.5</sub>			NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
	Rural <sup>41</sup>	Sub urban	Urban			
EU average	30 359	75 884	291 813	11 492	1 691	11 061

(adjusted from €2010<sup>42</sup>)

Figure 10 - Other Pollutants monetization - Source Eurocontrol CBA guidelines

The last KPI considered has been chosen to consider the advantages of the A-CDM implementation from a more wide 'social' point of view, quantifying the benefit for passenger in terms of Value of Time. While others KPIs refers to a benefit 'network' or 'environmental' oriented, the Pax VoT could well fit the need to consider also the 'community' benefits for the final users of air transport. A-CDM Predictability take-off time improvement has been considered to evaluate the PaX VoT benefit. It is expected that an increase in take-off time predictability will optimize boarding times thus leaving more 'free' time to passengers. This time could then be spent in other activities (at the airport terminal for

working, leisure activities, etc.). It must be kept in mind that Predictability doesn't mean Punctuality, a more direct measure of time saving perceived by passengers. Predictability improvements is one of the factor that could lead to a Punctuality improvement in the long run, but it cannot be considered as a stand-alone variable. For this reason, the approach used to monetize the VoT Pax savings has been extremely conservative.

The cost values specified in the report *"Standard Inputs for EUROCONTROL Cost-Benefit Analyses"* referring to Passenger Value of Time, defined as *"The value to a passenger of time spent travelling that might alternatively be spent working or at leisure"* have been used as reference and tailored (through a weighted average process) to reflect the BGY Passengers typology (near 25% business and 75% leisure).

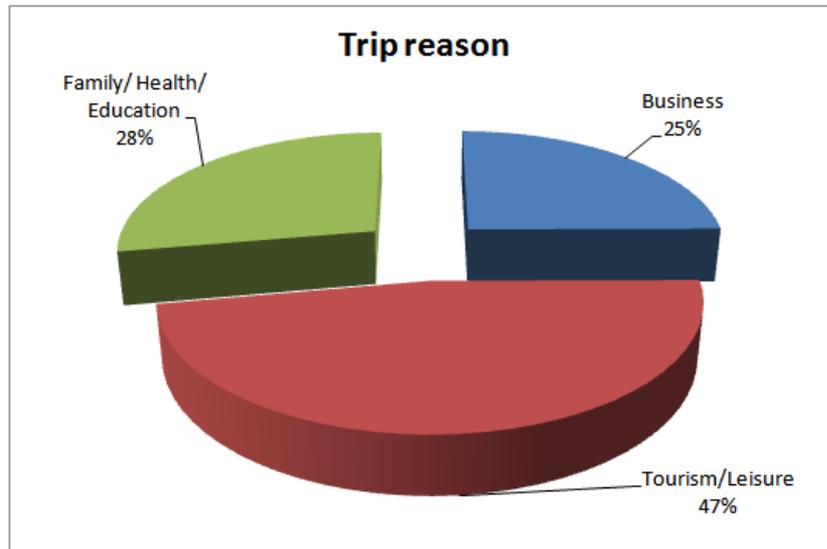


Figure 11 - BGY Passenger trip profiling - Source BGY MasterPlan 2016-2030

BGY Pax trip reason	%	Pax VoT
leisure/other pax	75	€ 20.84
business pax	25	€ 42.07
<b>Weight AVG</b>	<b>100</b>	<b>€ 26.15</b>

Table 5 - Pax VoT weighted average cost (€/hour)

As a conservative choice, for the reason previously described on Predictability and Punctuality differences, only the 10% of the obtained Pax VoT value has been taken into account for the KPI overall monetization.

<b>Predictability Pax VoT</b>	<b>10% Pax VoT</b>	<b>€ 2.61</b>
-------------------------------	--------------------	---------------

Table 6 - Predictability Pax VoT KPI cost (€/hour)

Furthermore, the Predictability Pax VoT, referring to take-off times, has been applied only to passengers leaving the airport (thus the 50% of the overall expected passenger per year).

The model uses a discount cash flow model calculating the NPV of the project at 5 and 10 years from the first cash outflow of the project. Discount rate has been set at 6% as suggested by the financial department of SACBO, moreover this represents a more conservative approach with respect to the European guidelines in the Air traffic Management industry set by Eurocontrol (Eurocontrol CBA Guidelines Ed. 7 – November 2015<sup>2</sup> sets the Weighted Average Cost of Capital value at 4%).

The costs of the CDM implementations are the consolidated ones of the ANSP and the airport managing body and runs over four years from 2017 to 2020.

---

<sup>2</sup> <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/standard-input-for-eurocontrol-cost-benefit-analyses-2015.pdf>

## Results of the simulation:

### Financial Rate of Return and Financial Net Present Value - Methodology Used and Results

Airports and ATC start gathering economic benefits from 2019, at the last year of the A-CDM implementation. Here below are the main economical and financial results:

Parameter	Value
FNPV	€ 36,364,470
FRR	102.8%
WACC	6.00%
FNPV 5 years	€ 7,871,057
FNPV 10 years	€ 24,810,022
FRR 5 years	90.8%
FRR 10 years	102.6%

Table 7 - Main Financial analysis results

It is also worth to mention that a very important KPI as the ATFM en-route delay, which has an impact on the overall ATM network, cannot be part of a quantitative analysis but the reduction of this delay is one of the most relevant benefits of the A-CDM at EU network level. This KPI is further treated within the Qualitative Benefits analysis.

### Economic Rate of Return and Economic Net Present Value - Methodology Used and Results

With respect to the CEF guidelines, we spot no market price distortion, currency hidden change or market inefficiency to be accounted in the framework of A-CDM.

By the other hand, as previously mentioned in detail, A-CDM impact is strictly correlated with a strong improvement of punctuality of flights departures. Therefore, from a social impact perspective, we can account for a better comfort and a better usage of time of the passengers that can be noticed in advance of delays or on time departures. This would help them make different choices on their path arriving to the airport and spend their time differently depending on the case.

The same excel file used for the CBA has been enriched by another series of economic cash flows coming from the saved hours of time per passengers departing from Bergamo in the coming years. The

working principles remain the same evaluating the two scenarios "do nothing" and "with A-CDM" multiplying the save time per passengers for all the interested passengers.

Overall results of the analysis comes as follow:

Parameter	Value
ENPV	€ 45,337,222
ERR	123.1%
WACC	6.00%
ENPV 5 years	€ 10,581,027
ENPV 10 years	€ 31,338,475
ERR 5 years	113.4%
ERR 10 years	123.0%

Table 8 - Main Economical analysis results

The simulations exploits a dedicated excel file in which the effects of the costs and the benefits are inserted, discounted and cumulated in order to determine the FNPV and the FRR.

The next two tables show the main detailed results contained in the excel file.

## Economical - A-CDM Savings quantification

Year	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Time MM	72,816	77,617	83,434	89,548	94,181	100,231	104,170	107,624	110,574	113,798	116,558	118,853	119,722	120,041
Predictability HH	385,909	393,642	402,840	412,168	418,922	427,671	433,613	438,746	443,323	447,990	452,175	455,757	457,360	458,448
Fuel Consumption	491.38	518.56	551.46	586.01	612.16	646.28	668.47	687.92	704.54	722.68	738.20	751.11	755.99	757.78
CO2	1,550.31	1,636.07	1,739.87	1,848.86	1,931.36	2,039.00	2,109.03	2,170.40	2,222.81	2,280.04	2,329.03	2,369.74	2,385.16	2,390.80
VOC	0.92	0.97	1.03	1.09	1.14	1.20	1.24	1.27	1.30	1.34	1.36	1.39	1.40	1.40
NOx	2.55	2.70	2.88	3.07	3.21	3.40	3.52	3.62	3.71	3.81	3.90	3.97	4.00	4.00
SO2	0.57	0.61	0.64	0.69	0.72	0.76	0.78	0.80	0.82	0.85	0.86	0.88	0.88	0.89
PM-2.5	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Time	€ 3,203,906	€ 3,415,129	€ 3,671,077	€ 3,940,124	€ 4,143,955	€ 4,410,169	€ 4,583,472	€ 4,735,435	€ 4,865,268	€ 5,007,117	€ 5,128,565	€ 5,229,542	€ 5,267,786	€ 5,281,788
Pax VoT Predictability	€ 1,009,055	€ 1,029,276	€ 1,053,327	€ 1,077,717	€ 1,095,376	€ 1,118,253	€ 1,133,789	€ 1,147,212	€ 1,159,179	€ 1,171,382	€ 1,182,325	€ 1,191,691	€ 1,195,882	€ 1,198,727
Fuel	€ 217,191	€ 229,205	€ 243,747	€ 259,016	€ 270,573	€ 285,654	€ 295,464	€ 304,062	€ 311,405	€ 319,423	€ 326,285	€ 331,989	€ 334,149	€ 334,940
CO2	€ 10,201	€ 11,485	€ 12,301	€ 13,219	€ 13,906	€ 14,885	€ 14,805	€ 15,540	€ 16,227	€ 16,644	€ 17,002	€ 17,299	€ 17,412	€ 17,453
VOC	€ 1,550	€ 1,633	€ 1,734	€ 1,840	€ 1,920	€ 2,024	€ 2,092	€ 2,152	€ 2,203	€ 2,258	€ 2,306	€ 2,345	€ 2,360	€ 2,365
NOx	€ 29,356	€ 31,055	€ 33,112	€ 35,272	€ 36,908	€ 39,042	€ 40,431	€ 41,649	€ 42,689	€ 43,825	€ 44,797	€ 45,605	€ 45,911	€ 46,023
SO2	€ 6,356	€ 6,707	€ 7,133	€ 7,580	€ 7,918	€ 8,359	€ 8,646	€ 8,898	€ 9,113	€ 9,347	€ 9,548	€ 9,715	€ 9,778	€ 9,801
PM-2.5	€ 2,503	€ 2,641	€ 2,808	€ 2,983	€ 3,116	€ 3,289	€ 3,401	€ 3,500	€ 3,584	€ 3,676	€ 3,755	€ 3,821	€ 3,845	€ 3,854
<b>Total €</b>			€ 5,025,238	€ 5,337,751	€ 5,573,671	€ 5,881,675	€ 6,082,103	€ 6,258,448	€ 6,409,667	€ 6,573,673	€ 6,714,583	€ 6,832,008	€ 6,877,123	€ 6,894,952
Cost SACBO	€ 660,564	€ 408,655	€ 203,456	€ 72,059	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Cost ENAV	€ 340,000	€ 760,000	€ 450,000	€ 51,000	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
<b>Costs TOTAL</b>	€ 1,000,564	€ 1,168,655	€ 653,456	€ 123,059	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
year for DCF	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>CASH FLOW</b>	-€ 1,000,564	-€ 1,168,655	€ 4,371,781	€ 5,214,692	€ 5,573,671	€ 5,881,675	€ 6,082,103	€ 6,258,448	€ 6,409,667	€ 6,573,673	€ 6,714,583	€ 6,832,008	€ 6,877,123	€ 6,894,952
DCF	-€ 1,000,564	-€ 1,102,505	€ 3,890,870	€ 4,378,356	€ 4,414,870	€ 4,395,130	€ 4,287,642	€ 4,162,225	€ 4,021,504	€ 3,890,947	€ 3,749,388	€ 3,599,016	€ 3,417,719	€ 3,232,623
<b>Cumulated DCF</b>	-€ 1,000,564	-€ 2,103,069	€ 1,787,801	€ 6,166,157	€ 10,581,027	€ 14,976,157	€ 19,263,799	€ 23,426,024	€ 27,447,528	€ 31,338,475	€ 35,087,863	€ 38,686,880	€ 42,104,599	€ 45,337,222

Table 9 - Detailed Economical A-CDM@BGY CBA analysis results

## Financials - A-CDM Savings quantification

Year	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Time MM	72,816	77,617	83,434	89,548	94,181	100,231	104,170	107,624	110,574	113,798	116,558	118,853	119,722	120,041
Predicatability HH	385,909	393,642	402,840	412,168	418,922	427,671	433,613	438,746	443,323	447,990	452,175	455,757	457,360	458,448
Fuel Consumption	491.38	518.56	551.46	586.01	612.16	646.28	668.47	687.92	704.54	722.68	738.20	751.11	755.99	757.78
CO2	1,550.31	1,636.07	1,739.87	1,848.86	1,931.36	2,039.00	2,109.03	2,170.40	2,222.81	2,280.04	2,329.03	2,369.74	2,385.16	2,390.80
VOC	0.92	0.97	1.03	1.09	1.14	1.20	1.24	1.27	1.30	1.34	1.36	1.39	1.40	1.40
NOx	2.55	2.70	2.88	3.07	3.21	3.40	3.52	3.62	3.71	3.81	3.90	3.97	4.00	4.00
SO2	0.57	0.61	0.64	0.69	0.72	0.76	0.78	0.80	0.82	0.85	0.86	0.88	0.88	0.89
PM-2.5	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Time	€ 3,203,906	€ 3,415,129	€ 3,671,077	€ 3,940,124	€ 4,143,955	€ 4,410,169	€ 4,583,472	€ 4,735,435	€ 4,865,268	€ 5,007,117	€ 5,128,565	€ 5,229,542	€ 5,267,786	€ 5,281,788
Fuel	€ 217,191	€ 229,205	€ 243,747	€ 259,016	€ 270,573	€ 285,654	€ 295,464	€ 304,062	€ 311,405	€ 319,423	€ 326,285	€ 331,989	€ 334,149	€ 334,940
CO2	€ 10,201	€ 11,485	€ 12,301	€ 13,219	€ 13,906	€ 14,885	€ 14,805	€ 15,540	€ 16,227	€ 16,644	€ 17,002	€ 17,299	€ 17,412	€ 17,453
VOC	€ 1,550	€ 1,633	€ 1,734	€ 1,840	€ 1,920	€ 2,024	€ 2,092	€ 2,152	€ 2,203	€ 2,258	€ 2,306	€ 2,345	€ 2,360	€ 2,365
NOx	€ 29,356	€ 31,055	€ 33,112	€ 35,272	€ 36,908	€ 39,042	€ 40,431	€ 41,649	€ 42,689	€ 43,825	€ 44,797	€ 45,605	€ 45,911	€ 46,023
SO2	€ 6,356	€ 6,707	€ 7,133	€ 7,580	€ 7,918	€ 8,359	€ 8,646	€ 8,898	€ 9,113	€ 9,347	€ 9,548	€ 9,715	€ 9,778	€ 9,801
PM-2.5	€ 2,503	€ 2,641	€ 2,808	€ 2,983	€ 3,116	€ 3,289	€ 3,401	€ 3,500	€ 3,584	€ 3,676	€ 3,755	€ 3,821	€ 3,845	€ 3,854
<b>Total €</b>			€ 3,971,911	€ 4,260,034	€ 4,478,295	€ 4,763,422	€ 4,948,314	€ 5,111,236	€ 5,250,488	€ 5,402,290	€ 5,532,258	€ 5,640,316	€ 5,681,241	€ 5,696,225
Cost SACBO	€ 660,564	€ 408,655	€ 203,456	€ 72,059	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Cost ENAV	€ 340,000	€ 760,000	€ 450,000	€ 51,000	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
<b>Costs TOTAL</b>	€ 1,000,564	€ 1,168,655	€ 653,456	€ 123,059	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
year for DCF	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>CASH FLOW</b>	-€ 1,000,564	-€ 1,168,655	€ 3,318,455	€ 4,136,975	€ 4,478,295	€ 4,763,422	€ 4,948,314	€ 5,111,236	€ 5,250,488	€ 5,402,290	€ 5,532,258	€ 5,640,316	€ 5,681,241	€ 5,696,225
DCF	-€ 1,000,564	-€ 1,102,505	€ 2,953,413	€ 3,473,484	€ 3,547,229	€ 3,559,506	€ 3,488,366	€ 3,399,264	€ 3,294,221	€ 3,197,607	€ 3,089,184	€ 2,971,248	€ 2,823,403	€ 2,670,613
<b>Cumulated DCF</b>	-€ 1,000,564	-€ 2,103,069	€ 850,344	€ 4,323,828	€ 7,871,057	€ 11,430,564	€ 14,918,930	€ 18,318,193	€ 21,612,415	€ 24,810,022	€ 27,899,206	€ 30,870,454	€ 33,693,857	€ 36,364,470

Table 10 - Detailed Financial A-CDM@BGY CBA analysis results

## Qualitative Benefits

Aircraft Operators and the overall European Air Traffic Network will gather benefits from day-1 of A-CDM implementation through reduction of the ATFM en-route delay. The benefits of A-CDM implementation in Bergamo shall be visible at network level, with more accurate take-off information feeding into the air traffic flow and capacity management system run by EUROCONTROL's Network Management. The network will be able to use the available capacity more efficiently. The enhanced, timely exchange of information that will be at the heart of A-CDM implementation in Bergamo shall create a virtuous circle of operational gains on the ground and beyond, throughout the air transport network. The following more specific qualitative benefits will be delivered.

- Improved arrival time predictability, which is a real benefit for the stand allocation unit and the ground handlers whom are now able to allocate limited resources to better ensure that all arrival flights are met.
- Gate information: will be issued earlier given the improved confidence in the on-block time and push time predictability.
- More efficient use of limited resources: equipment availability and utilisation is a major operational constraint for the ground handling community, which will be improved by A-CDM implementation.
- For the Air Traffic Service Provider:
  - ✓ The TWR will benefit of an increased situational awareness of future runway demand which can be used to avoid large departures queues during arrival peaks.
  - ✓ CTOT (Calculated Take Off Time) adherence will be supported via the TSAT (Target Start Up Approval Time) process and improved support channels with NMOC.
- For the Environment, many other pollutants, for which it is not available a direct cost quantification, will benefit of a significant emission reduction, such as Carbon Monoxide

(CO), the Total and Non-Methane Hydrocarbons fraction (THC, NMHC), water (H2O), Total Organic Gases (TOG) (see following table)

Year	H2O tons	CO tons	THC tons	NMHC tons	TOG tons	PM-10 tons	PM Non-Volatile	PM Volatile Sulfates	PM Volatile Organics
2017	607.84	8.90	0.80	0.92	0.92	0.03	0.01	0.02	0.00
2018	641.46	9.37	0.84	0.97	0.97	0.03	0.01	0.02	0.01
2019	682.16	9.95	0.89	1.03	1.03	0.04	0.01	0.02	0.01
2020	724.89	10.55	0.95	1.09	1.09	0.04	0.01	0.02	0.01
2021	757.24	11.01	0.99	1.14	1.14	0.04	0.01	0.03	0.01
2022	799.44	11.61	1.04	1.20	1.20	0.04	0.01	0.03	0.01
2023	826.90	12.00	1.08	1.24	1.24	0.04	0.01	0.03	0.01
2024	850.96	12.34	1.11	1.28	1.28	0.05	0.01	0.03	0.01
2025	871.51	12.63	1.13	1.31	1.31	0.05	0.01	0.03	0.01
2026	893.95	12.95	1.16	1.34	1.34	0.05	0.01	0.03	0.01
2027	913.16	13.22	1.19	1.37	1.37	0.05	0.01	0.03	0.01
2028	929.12	13.45	1.21	1.39	1.39	0.05	0.01	0.03	0.01
2029	935.16	13.53	1.21	1.40	1.40	0.05	0.01	0.03	0.01
2030	937.38	13.56	1.22	1.41	1.41	0.05	0.01	0.03	0.01

Table 11 - Other pollutants annual savings due to A-CDM implementation