



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



Il Progetto Cadmio

Qualità dell'aria e modellistica atmosferica delle vetrerie artistiche
nell'isola di Murano (Venezia)



ARPAV

Direzione Generale

L. Tomiato (*direttore*)

Dipartimento Provinciale di Venezia

M. Vesco (*direttore*)

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

R. Bassan (*direttore*)

Dipartimento Regionale Laboratori

A. Benassi (*direttore*)

Progettazione e realizzazione:

Unità Organizzativa Qualità dell'Aria

R. Bassan (*responsabile*), M. Bressan, A. Dalla Fontana, B. Intini, F. Zampieri

Unità Organizzativa Monitoraggio Aria

G. Marson (*responsabile*), C. Zemello

Con la collaborazione di:

Unità Organizzativa Meteorologia e Climatologia

A. Bonini Baraldi (*responsabile*), M. Sansone

Unità Organizzativa Emissioni e Olfattometria Dinamica

G. Formenton (*responsabile*), P. Silvestri

È consentita la riproduzione di testi, tavole, grafici, ed in genere del contenuto del presente rapporto, esclusivamente con la citazione della fonte.

Il Progetto Cadmio

last compiled: 2023-08-16

Ringraziamenti

Un ringraziamento a tutti i partner progettuali che hanno reso possibile la realizzazione del presente rapporto, in particolare:

- il *Ministero della Salute* per l'approvazione del finanziamento e per la collaborazione nella definizione delle attività progettuali;
- l'*ULSS 3 Serenissima*, Venezia-Mestre, per la redazione della proposta progettuale e per l'attività di coordinamento gestionale delle attività;
- la ditta *Effetre Murano srl*, Murano (VE), per aver messo a disposizione i propri locali produttivi, la strumentazione ed il personale necessario per la realizzazione delle prove delle emissioni nel forno sperimentale;
- l'*Ente Zona Industriale (EZI)*, Porto Marghera (VE), per l'attività di campionamento delle emissioni del forno sperimentale e per la collaborazione nell'espressione dei risultati analitici;

Infine, un ringraziamento particolare alla ditta *Enviroware srl*, Concorezzo (MB), per l'aiuto ed i preziosi consigli nella parametrizzazione e nella calibrazione delle simulazioni con il sistema modellistico LAPMOD.

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1: Il Progetto Cadmio	5
1.1 Inquadramento generale	5
1.2 Inquadramento produttivo ed ambientale	6
1.3 Inquadramento normativo	7
1.4 Sintesi delle precedenti valutazioni	9
1.5 Obiettivi progettuali	11
Capitolo 2: Lo stato di qualità dell'aria	13
2.1 I siti di monitoraggio	13
2.2 I livelli ambientali degli inquinanti atmosferici	16
2.2.1 Analisi della serie storica	18
Capitolo 3: Le simulazioni modellistiche	31
3.1 Breve descrizione dei sistemi di calcolo	32
3.1.1 CALPUFF	33
3.1.2 LAPMOD	34
3.2 Stime modellistiche per i dati storici	35
3.2.1 Le sorgenti di emissione	35
3.2.2 I recettori discreti	37
3.2.3 Caratterizzazione meteorologica	39
3.2.4 Scenario di valutazione	49
3.2.5 Confronto stime CALPUFF e LAPMOD vs. misure	50
3.2.6 Uno scenario di valutazione altamente cautelativo	60
3.3 Stime modellistiche per impianto sperimentale	66
3.3.1 Obiettivi ed attività della sperimentazione	66
3.3.2 Caratteristiche dell'impianto sperimentale	67

3.3.3	Livelli emissivi delle prove sperimentalni	70
3.3.4	Scenari di valutazione	74
3.3.5	Caratterizzazione meteorologica	76
3.3.6	Stime LAPMOD	80
Conclusioni	99
Appendice A: Configurazioni modellistiche	105
A.1	Parametri di sorgente	105
A.2	Parametri di calcolo	107
Appendice B: Rapporti di prova	111
Bibliografia	149

Elenco delle figure

2.1	Punti di monitoraggio della qualità dell'aria.	14
2.2	Campionatore PM10 presso il sito Foscolo.	16
2.3	PM10. Boxplot.	20
2.4	Cadmio (Cd). Boxplot.	21
2.5	Cadmio (Cd). Serie storica.	22
2.6	Cadmio (Cd). Boxplot mese tipo.	24
2.7	Arsenico (As). Serie storica.	26
2.8	Antimonio (Sb). Serie storica.	27
2.9	Cromo (Cr). Serie storica.	28
2.10	Nichel (Ni). Serie storica.	29
2.11	Piombo (Pb). Serie storica.	30
3.1	Ubicazione vetrerie.	36
3.2	Recettori discreti.	39
3.3	Rosa dei venti per mese	41
3.4	Rosa dei venti dì e notte.	42
3.5	Classi di velocità del vento.	43
3.6	Temperatura. Profilo annuale.	44
3.7	Temperatura. Boxplot mensili.	44
3.8	Precipitazioni totali mensili.	45
3.9	Altezza di rimescolamento. Distribuzione mensile.	47
3.10	Altezza di rimescolamento. Giorno tipo.	47
3.11	Classi di stabilità (PGT). Distribuzione mensile.	49
3.12	Misure e stime presso i recettori discreti.	52
3.13	Stime vs. misure presso recettore Foscolo.	53
3.14	Stime vs. misure presso recettore Marco.	54
3.15	Stime vs. misure presso recettore Serenella.	55
3.16	CALPUFF. Mappa concentrazione media.	56

3.17 LAPMOD. Mappa concentrazione media.	57
3.18 CALPUFF vs. LAPMOD. Isolinee concentrazione media.	58
3.19 CALPUFF vs. LAPMOD. Isolinee concentrazione max 24h.	59
3.20 CALPUFF vs. LAPMOD. Isolinee concentrazione 98° percentile 24h.	60
3.21 LAPMOD. Media periodo, scenario cautelativo.	63
3.22 LAPMOD. 98°percentile medie 24h, scenario cautelativo.	64
3.23 LAPMOD. Massimo medie 24h, scenario cautelativo.	65
3.24 Impianto sperimentale e fasi di lavorazione	69
3.25 Camino forno sperimentale.	70
3.26 Materiali per le prove alle emissioni	71
3.27 Linea campionamento emissioni.	73
3.28 Rosa dei venti per mese.	78
3.29 Rosa dei venti dì vs. notte.	79
3.30 Frequenza percentuale delle classi velocità del vento.	79
3.31 Scenario 1. Media annuale.	86
3.32 Scenario 1. 98° percentile 24h.	87
3.33 Scenario 1. Max 24h.	88
3.34 Scenario 2. Media annuale.	89
3.35 Scenario 2. 98° percentile 24h.	90
3.36 Scenario 2. Max 24h.	91
3.37 Scenario 3. Media annuale.	92
3.38 Scenario 3. 98° percentile 24h.	93
3.39 Scenario 3. Max 24h.	94
3.40 Scenario 4. Media annuale.	95
3.41 Scenario 4. 98° percentile 24h.	96
3.42 Scenario 4. Max 24h.	97

Elenco delle tavole

2.1	Concentrazioni di Metalli presso sito Foscolo.	17
3.1	Codici identificativi e caratteristiche emissive vetrerie.	38
3.2	Statistiche descrittive velocità del vento.	40
3.3	Misure vs. LAPMOD vs. CALPUFF.	50
3.4	Misure vs. LAPMOD 'base' vs. LAPMOD 'altamente cautelativo'. . .	62
3.5	Caratteristiche geometriche camino impianto sperimentale.	70
3.6	Misure a monte del sistema di filtrazione.	74
3.7	Misure a valle del sistema di filtrazione.	74
3.8	Scenari emissivi simulati per impianto sperimentale.	76
3.9	Statistiche descrittive velocità del vento.	78
3.10	Scenario 1 vs. Scenario 2. Stime valori massimi di dominio.	81
3.11	Scenario 1 vs. Scenario 2. Stime valori massimi ai recettori.	81
3.12	Scenario 2 vs. Scenario 3. Stime valori massimi di dominio.	82
3.13	Scenario 2 vs. Scenario 3. Stime valori massimi ai recettori.	83
3.14	Scenario 2 vs. Scenario 4. Stime valori massimi di dominio.	84
3.15	Scenario 2 vs. Scenario 4. Stime valori massimi ai recettori.	84
A.1	Parametri di sorgente.	106
A.2	Parametri di calcolo.	108
A.3	Dettaglio parametri LAPMOD.	109

Sommario

Il presente rapporto riferisce sui risultati dell'attività ARPAV nell'ambito del ‘*Progetto Cadmio*’ che ha l’obiettivo di valutare i livelli in aria ambiente degli inquinanti atmosferici dovuti all’impiego dei composti del Cadmio (*Cd*) come coloranti nella produzione del vetro artistico nell’isola di Murano (Venezia) ed individuare le possibili soluzioni di tipo tecnico, impiantistico e gestionale necessarie per garantire compatibilità con gli *standard ambientali* di riferimento.

ARPAV è stata individuata come partner progettuale responsabile per le attività di:

- valutazione dello stato di qualità dell’aria nell’isola di Murano con particolare riferimento ai livelli ambientali di Cadmio (*Cd*);
- simulazione modellistica di dispersione delle emissioni di Cadmio (*Cd*) prodotto dalle vetrerie artistiche attive nell’isola di Murano nel periodo di riferimento da settembre a dicembre 2017;
- realizzazione di analisi chimiche delle emissioni e la simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici prodotti da un impianto sperimentale, attivato nel corso del 2023, con differenti tecniche di introduzione di coloranti a base di Cadmio (*Cd*) nei materiali di fusione immessi al forno.

Per la valutazione dello stato di qualità dell’aria è stata confermata la criticità relativa ai livelli ambientali di Cadmio (*Cd*), che dal 2017 ha registrato valori medi annuali superiori al *valore obiettivo* previsto dal DLgs 115/2010. L’analisi della serie storica e la comparazione delle concentrazioni atmosferiche monitorate nell’isola di Murano con quelle del sito di Sacca Fisola (isola della Giudecca, Venezia), ubicato a poca distanza, rende conto di un significativo contributo a carattere locale che deve necessariamente essere ricondotto all’impatto ambientale delle vetrerie artistiche.

La simulazione di dispersione degli inquinanti emessi dalle vetrerie artistiche tramite l’utilizzo di due alternativi sistemi modellistici ha evidenziato una significativa

sottostima rispetto alle misure ambientali che è essenzialmente riconducibile all'incompleta caratterizzazione del profilo delle emissioni, sia in termini di numero di sorgenti attive che per quantità di inquinanti emessi. La ‘chiusura di stima’ rispetto a tutte le sorgenti di emissione ed alla quantificazione del relativo contributo sullo stato di qualità dell'aria presuppone necessariamente l'eventuale sviluppo di una nuova attività progettuale che, partendo dal puntuale censimento delle vetrerie attive e dall'attualizzazione dei loro fattori di emissione, può essere in grado di costruire un efficace sistema di supporto alle decisioni per la programmazione e la gestione operativa della qualità dell'aria nell'isola di Murano.

L'attività di analisi delle emissioni e di simulazione modellistica delle emissioni per l'impianto sperimentale, installato nel corso del 2023 presso una vetreria artistica dell'isola di Murano, ha restituito, tramite la valutazione comparata di differenti scenari emissivi, informazioni utili sia dal punto di vista operativo, per la conduzione d'impianto, che di impatto ambientale, per la gestione dello stato di qualità dell'aria.

Introduzione

La problematica ambientale dell'inquinamento atmosferico connesso all'impiego di composti del Cadmio (*Cd*) come sostanze coloranti nella produzione del vetro artistico dalle attività a carattere prevalentemente artigianale presenti nell'isola di Murano (Venezia), ha portato all'inizio del 2019 alla sottoscrizione di un accordo di programma tra il Ministero della Salute e ULSS 3 Serenissima dal titolo: '*Opportunità di elevare i livelli di sicurezza per la salute e per l'ambiente attraverso le misure di gestione del rischio previste dal regolamento REACH per i composti del Cadmio impiegati nella produzione del vetro artistico come coloranti della massa vetrosa*'.

ULSS 3 Serenissima nel 2022 ha sottoscritto con ARPAV, già partner progettuale, un accordo per la realizzazione di stime modellistiche di dispersione degli inquinanti atmosferici emessi a camino dalle vetrerie artistiche e le analisi chimiche delle emissioni derivanti dalla sperimentazione di diverse tecniche di introduzione di coloranti contenenti Cadmio (*Cd*) presso un impianto pilota di tipo sperimentale.

Sezioni e contenuti

Il contenuto del presente rapporto è strutturato nelle seguenti sezioni principali:

- nel Capitolo 1 sono presentati nel dettaglio gli obiettivi generali e specifici delle linee di attività curate da ARPAV nell'ambito del '*Progetto Cadmio*';
- nel Capitolo 2 viene fornito un inquadramento generale ed un'analisi dei dati sullo stato di qualità dell'aria nell'isola di Murano, con particolare riferimento ai Metalli, e tra questi, il Cadmio (*Cd*), oggetto specifico della presente valutazione;
- nel Capitolo 3 sono riportati i risultati delle simulazioni di ricaduta degli inquinanti atmosferici stimati con differenti sistemi modellistici (CALPUFF e LAPMOD) per le 25 sorgenti emissive (vetrerie artistiche), ubicate nell'isola di Murano, che risultavano autorizzate all'impiego di composti del Cadmio (*Cd*)

ed attive nel periodo di simulazione da settembre a dicembre 2017; nel Capitolo sono, inoltre, discussi i risultati della stima modellistica di dispersione degli inquinanti emessi dall'impianto pilota di tipo sperimentale installato e messo in opera presso i locali produttivi della ditta ‘*Effetre Murano srl*’;

- nelle Conclusioni sono restituite le principali evidenze dell’attività progettuale ARPAV con particolare riferimento alle misure sullo stato di qualità dell’aria ed ai risultati della stima modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici; una particolare valutazione di dettaglio sarà incentrata sull’analisi di scenario delle simulazioni modellistiche delle emissioni dell’impianto sperimentale ‘Effetre’;
- in Appendice A sono riportati tutti i dettagli tecnici relativi alle principali Configurazioni modellistiche i cui risultati di stima sono presentati e discussi in dettaglio nel Capitolo 3;
- in Appendice B sono allegati i rapporti di prova delle analisi alle emissioni prelevate nel corso delle sperimentazioni effettuate presso l’impianto pilota delle ditta ‘Effetre’ di Murano che sono stati utilizzati come dati di input per le stime presentate nel Capitolo 3.

La composizione del testo del presente rapporto tecnico, le elaborazioni statistiche, la restituzione grafica dei risultati e la rappresentazione delle mappe di cartografia tematica sono state effettuate con l’utilizzo del software libero ‘R’ [1] e di specifici pacchetti applicativi (per maggiori dettagli si rimanda alla sezione Bibliografia, [2], [3], [4], [5], [6], [7]).

Strutture organizzative

Nel seguito sono indicate le strutture organizzative ARPAV che, a vario titolo, sono state coinvolte nella definizione e realizzazione degli obiettivi del ‘*Progetto Cadmio*’.

Il coordinamento delle attività progettuali è stato curato dalla *Direzione del Dipartimento Provinciale di Venezia* e dalla *Direzione del Dipartimento Regionale Qualità dell’Ambiente*.

La gestione amministrativa e contabile di progetto è stata realizzata dall’*Ufficio di Supporto Gestionale del Dipartimento Regionale Qualità dell’Ambiente* e dall’*Ufficio di Supporto Territoriale del Dipartimento Provinciale di Treviso*.

L’attività di analisi dei dati di qualità dell’aria ambiente, di stima modellistica della dispersione degli inquinanti atmosferici e la redazione finale del report è sta-

ta realizzata dall'*Unità Organizzativa Modellistica Aria e Valutazioni Odorigene* del Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente.

I dati relativi al campionamento delle concentrazioni ambientali di inquinanti atmosferici (Metalli e PM10) monitorati nell'isola di Murano, sono stati raccolti in campo e validati dall'*Unità Organizzativa Monitoraggio Aria* del Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente.

I dati e le elaborazioni per la caratterizzazione meteorologica dell'area oggetto di studio, utilizzati nelle simulazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti atmosferici relativi ai vari periodi di valutazione considerati nel presente rapporto, sono stati forniti dall'*Unità Organizzativa Meteorologia e Climatologia*, ed in particolare dall'*Ufficio Previsioni del Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio*.

Le determinazioni analitiche degli inquinanti emessi a camino, monitorati presso l'impianto pilota di tipo sperimentale 'Effetre', sono state eseguite dall'*Unità Organizzativa Emissioni ed Olfattometria Dinamica* del Dipartimento Regionale Laboratori.

Capitolo 1

Il Progetto Cadmio

Il progetto dal titolo: ‘*Opportunità di elevare i livelli di sicurezza per la salute e per l’ambiente attraverso le misure di gestione del rischio previste dal regolamento REACH per i composti del Cadmio impiegati nella produzione del vetro artistico come coloranti della massa vetrosa*’, nel seguito del presente rapporto sinteticamente indicato con la dicitura *Progetto Cadmio*, ha l’obiettivo di valutare la problematica ambientale dei livelli di inquinamento atmosferico (outdoor) connessi all’impiego del Cadmio (*Cd*) come additivo colorante per la produzione del vetro artistico nell’isola di Murano (Venezia).

Nei successivi paragrafi viene fornita una breve descrizione dell’attività progettuale (paragrafo 1.1), una descrizione del contesto produttivo ed ambientale delle vetrerie che operano nell’isola di Murano (paragrafo 1.2), un inquadramento tecnico-normativo relativo all’autorizzazione all’esercizio delle vetrerie artistiche con particolare riferimento ai limiti alle emissioni atmosferiche (paragrafo 1.3), ed infine una sintetica descrizione dei risultati delle precedenti valutazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti emessi dalle vetrerie (paragrafo 1.4).

Infine, nel paragrafo 1.5 sono presentati gli obiettivi specifici di progetto assegnati ad ARPAV che sono stati realizzati con il coinvolgimento interno di differenti strutture tecniche ed organizzative.

1.1 Inquadramento generale

L’accordo di progetto, siglato ex art. 15, L. 241/1990 [8] tra ULSS 3 Serenissima e Ministero della Salute, quale Autorità Competente in ambito REACH [9] e CLP [10], prevede la realizzazione di specifiche linee di attività per differenti partners, tra cui:

ARPA Veneto, Ordine dei Chimici e Fisici di Venezia, Città Metropolitana di Venezia e Punto Confindustria di Venezia.

ARPAV è stato individuata come partner progettuale per l'esecuzione delle analisi chimiche degli effluenti emessi a camino e per le valutazioni ambientali relative alla definizione del sistema modellistico più adeguato per la stima di dispersione degli inquinanti atmosferici prodotti dall'attività delle vetrerie artistiche presenti sull'isola di Murano che impiegano nel proprio processo produttivo composti specifici derivati dal Cadmio (*Cd*).

1.2 Inquadramento produttivo ed ambientale

La produzione del vetro artistico nell'isola di Murano è caratterizzata da una lavorazione a carattere prevalentemente artigianale, a ciclo discontinuo, strutturata in due fasi principali: la fusione della miscela vetrificabile e la successiva lavorazione della pasta vetrosa.

Nella prima fase, la lavorazione inizia con la pesatura e la miscelazione delle materie prime che vengono infornate all'interno di crogioli, tramite un sistema automatico nelle aziende di dimensioni più grandi e manualmente dagli operatori delle realtà produttive più piccole, a carattere essenzialmente di tipo artigianale.

Nella seconda fase, la fusione della miscela vetrificabile avviene nell'arco temporale di circa 8 ore (generalmente dalle ore 17.00 alle 01.00 del giorno successivo), per un numero variabile di giorni alla settimana (massimo 5) e di ripetizioni mensili (dell'ordine di circa 8-10 volte per le aziende di piccole dimensioni). La fase della fusione è caratterizzata dalle emissioni più elevate ed avviene a temperature di circa 1400 °C, a cui segue un ciclo di raffreddamento della pasta vetrosa, generalmente durante il periodo notturno (dalle ore 01.00 alle ore 06.00 circa), per permettere di raggiungere la temperatura di lavorazione di circa 1050 °C.

La particolarità della fusione con ciclo discontinuo determina che le emissioni registrino nell'arco della 'giornata lavorativa tipo' dei picchi di concentrazione in un intervallo di circa 8 ore nel periodo notturno (cioè tipicamente nel periodo a più ridotta dispersione atmosferica e quindi maggiormente critico per lo stato di qualità dell'aria).

Un significativo numero di aziende utilizza direttamente del vetro già fuso (*cotisso*), che non necessita dell'impiego e della lavorazione diretta di materie prime minerali, consentendo così la realizzazione di un ciclo di fusione a temperature più basse, necessarie per portare il vetro nello stato di viscosità utile per essere lavorato

a mano.

La necessità di tutela ambientale dell’isola di Murano non è facilmente coniugabile con il particolare assetto urbanistico, paesaggistico e dei vincoli imposti al patrimonio artistico ed architettonico. Da sempre sono state evidenziate le difficoltà sia di tipo tecnico che normativo di implementare misure di mitigazione secondarie, quali gli impianti di filtrazione e di trattamento dei fumi emessi, in spazi fisici che sono necessariamente limitati e collocati in un contesto urbano molto particolare.

I composti del Cadmio (*Cd*) vengono impiegati essenzialmente come additivi coloranti per la produzione di vetro artistico dal tipico colore rosso, arancio e giallo.

A partire dal 2009 il Dipartimento Provinciale ARPAV di Venezia ha avviato a Murano un’attività di monitoraggio della qualità dell’aria, dapprima con campagne periodiche discontinue e negli anni successivi (dal 2016), in modo continuativo, i cui esiti sono stati regolarmente trasmessi agli enti interessati e le relative relazioni rese disponibili al pubblico tramite il sito internet dell’Agenzia.

L’attività di monitoraggio ha evidenziato criticità ambientali riguardanti le concentrazioni in atmosfera di Arsenico (*As*) e Cadmio (*Cd*), talvolta accompagnate anche da livelli non trascurabili di Piombo (*Pb*), cioè per gli inquinanti atmosferici che sono tipicamente riconducibili alle attività produttive del vetro artistico.

1.3 Inquadramento normativo

Il DLgs. 152/2006 [11], in materia di “impianti ed attività in deroga” (ex art. 272, comma 2), stabilisce che l’autorità competente può adottare apposite Autorizzazioni di Carattere Generale (*ACG*) per specifiche categorie di stabilimenti appositamente individuate in relazione al tipo ed alla modalità di produzione.

La Città Metropolitana di Venezia su delega della Regione Veneto (ex LR 71/1995) ha adottato nel 2015 (Determina n. 2165) uno schema di *ACG* per le attività di produzione del vetro artistico in cui sono specificati: i valori limite per le varie fasi di lavorazione del vetro (fusione, composizione, trattamento all’iride, lucidatura e tempera), i requisiti tecnici e le prescrizioni particolari sugli impianti di abbattimento, le frequenze e le modalità di esecuzione dei controlli alle emissioni e la trasmissione dei risultati analitici.

Per il Cadmio (*Cd*) durante la fase di fusione del vetro è stato stabilito un valore limite alle emissioni di 0.1 mg Nm^{-3} .

Le disposizioni normative dei commi 2 e 3 dell’art. 272 del DLgs. 152/2006, che stabiliscono la possibilità di aderire ad una *ACG*, non si applicano nel caso in cui siano

utilizzate, nei cicli produttivi da cui originano le emissioni, le sostanze o le miscele con indicazioni di pericolo o quelle classificate estremamente preoccupanti, ai sensi della normativa europea *REACH* [9] e CLP [10].

L'art. 271 comma 7-bis del Dlgs. 152/2006 stabilisce che *"le emissioni delle sostanze classificate come cancerogene o tossiche per la riproduzione o mutagene (H340, H350, H360) e delle sostanze di tossicità particolarmente elevata debbano essere limitate nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio. Dette sostanze e quelle classificate estremamente preoccupanti dal regolamento (CE) n. 1907/2006, del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006, concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH) devono essere sostituite non appena tecnicamente ed economicamente possibile nei cicli produttivi da cui originano emissioni delle sostanze stesse"*.

Nel caso di uno o più impianti o attività ricompresi in autorizzazioni a carattere generale (*ACG*) che utilizzino sostanze "pericolose o estremamente preoccupanti", il gestore dovrà presentare (entro il 28/08/2023, cioè entro tre anni dalla data di entrata in vigore del DLgs. 102/2020 che ha modificato il Dlgs. 152/2006) una domanda di autorizzazione "ordinaria", ai sensi dell'articolo 269 (del DLgs. 152/2006). In caso di mancata presentazione lo stabilimento si considera in esercizio senza autorizzazione e perciò soggetto alle sanzioni previste dall'art. 279, comma 1, del DLgs. 152/2006 (<http://politicheambientali.cittametropolitana.ve.it/documenti/emissioni-sostanze-cancerogene-o-tossiche>)

Le sostanze suscettibili di avere effetti gravi sulla salute umana e sull'ambiente possono essere incluse fra le sostanze estremamente preoccupanti (*SVHC*). Si tratta di sostanze cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione, nonché di sostanze con caratteristiche persistenti e bioaccumulabili. Dopo che una sostanza è stata ufficialmente riconosciuta nell'*UE* come estremamente preoccupante, viene inclusa nell'elenco di sostanze candidate (che indica anche ai consumatori e all'industria le sostanze chimiche annoverate fra quelle estremamente preoccupanti).

Le sostanze presenti nell'elenco di sostanze candidate possono successivamente confluire nell'elenco delle sostanze soggette ad autorizzazione e questo comporta che, dopo una certa data, non è consentito alle aziende di immettere la sostanza pericolosa sul mercato, né di utilizzarla, a meno che non siano state espressamente autorizzate a farlo (ai sensi del regolamento *REACH*). Uno dei principali obiettivi dell'autorizzazione *REACH* consiste nell'eliminazione graduale delle sostanze estremamente preoccupanti.

L'ECHA (*European Chemical Agency*) ha incluso il Cadmio (decisione ED/69/2013, ED/121/2013) tra le sostanze estremamente preoccupanti (*SV-HC*), cioè suscettibili di avere effetti gravi sulla salute umana e sull'ambiente (<https://echa.europa.eu/documents/10162/a048359b-de39-4b7e-8602-51272a55aeeae>).

Il Cadmio (*Cd*) è infatti considerato, secondo i criteri *REACH* definiti negli articoli 57(a) e 57(f), un composto per cui vi sono consolidate evidenze scientifiche di:

- effetti negativi a carico degli organi ‘bersaglio’ reni ed apparato scheletrico;
- capacità di bioaccumulo che determina una continua esposizione interna ed il manifestarsi di possibili effetti irreversibili una volta raggiunti livelli critici di concentrazione all’interno del corpo;
- effetti negativi in una significativa parte della popolazione ai livelli di esposizione dovuti all’attività antropica;
- incertezze nella definizione di un livello di esposizione accettabile;
- alti costi sociali in termini di spese mediche, riduzione dell’aspettativa e della qualità della vita.

1.4 Sintesi delle precedenti valutazioni

Parallelamente alle attività di monitoraggio sullo stato di qualità dell’aria, ARPAV negli anni precedenti ha eseguito anche una serie di valutazioni modellistiche con lo scopo di fornire una quantificazione obiettiva del contributo delle vetrerie artistiche sullo stato di qualità dell’aria rilevato dai sistemi di monitoraggio installati nell’isola di Murano.

Le valutazioni modellistiche riportate nella documentazione tecnica prodotta da ARPAV, dapprima nel 2014 [12] e, successivamente con ulteriore approfondimento nel 2019 [13], hanno evidenziato sinteticamente per punti quanto segue:

- la stima modellistica effettuata nel 2014, riferita a 76 camini di emissione, presenti per la quasi totalità nell’isola di Murano ed in misura minore nell’isola di Venezia, afferenti ad altrettanti forni fusori di vetrerie artistiche attive all’epoca della valutazione, è risultata significativamente sottostimata rispetto alle corrispondenti misurazioni ambientali, con particolare riferimento alle concentrazioni del Cadmio (*Cd*);

- la stima modellistica più recente, effettuata nel 2019 sui dati emissivi del 2017, riferita alle 25 vetrerie artistiche operanti nell'isola di Murano e ad un'unica vetreria nell'isola di Venezia, che all'epoca della valutazione erano autorizzate alla fusione di miscele contenenti Cadmio (*Cd*), ha evidenziato, ancora una volta, la significativa sottostima (in termini di ordini di grandezza) rispetto ai livelli di concentrazione misurati dal monitoraggio ambientale.

La differenza tra misure ambientali e stime modellistiche è riconducibile all'incompleta caratterizzazione delle emissioni in ingresso al sistema modellistico, sia in termini di numero di sorgenti attive (vetrerie) che per quantità di inquinanti emessi (profilo emissivo).

Considerati i risultati delle precedenti valutazioni, si rileva che la componente di errore più importante e significativa è indubbiamente da ricercare nella non appropriata e/o incompleta caratterizzazione delle sorgenti di emissione.

Esiste quindi un *deficit informativo* che può essere ricondotto essenzialmente ai seguenti fattori determinanti:

- significativa sottostima dei valori emissivi a cammino utilizzati nelle simulazioni (cioè non completa rappresentatività delle emissioni in termini quantitativi);
- ridotta rappresentatività dei punti di emissione censiti e monitorati con il sistema di telecontrollo rispetto al complesso delle sorgenti emissive effettivamente in esercizio nell'isola;
- qualità e quantità delle emissioni in condizioni di esercizio ‘non a regime’ e per eventuale apertura dei *by-pass*;
- quantità delle emissioni di tipo diffuso non correttamente o non completamente convogliate a cammino e, quindi, non rilevate dal sistema di telecontrollo e conseguentemente non considerate nella stime modellistiche.

Prima ancora di procedere ad un'eventuale attualizzazione dei profili emissivi ed una caratterizzazione *ex novo*, il più possibile completa, di tutte le sorgenti di emissione rappresentate dai fornì fusori delle vetrerie artistiche operanti nell'isola di Murano, attività che dovrebbe necessariamente essere rivista considerando in primo luogo i forti mutamenti intercorsi nel quadro socio-economico e produttivo degli ultimi anni, è di fondamentale importanza verificare, rispetto alle stime già prodotte nel 2019 (su dati emissivi del 2017), la possibilità di individuare lo strumento modellistico più adatto per caratterizzare in modo efficace e completo la dispersione degli inquinanti emessi in aria ambiente.

Il principale obiettivo progettuale ARPAV è quindi specificamente riferibile alla possibilità di costruire una base metodologica robusta per essere impiegata in eventuali successive valutazioni attraverso la preliminare verifica delle stime già prodotte con un differente sistema modellistico (LAPMOD), alternativo rispetto a quello utilizzato per le stime del 2019, e ancor prima del 2014 (CALPUFF).

1.5 Obiettivi progettuali

Il *Progetto Cadmio* prevede la realizzazione di due distinte linee di attività ARPAV, riferibili rispettivamente a:

- *obiettivo generale 1 (OG-1), obiettivo specifico 3 (OS-3)*: simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici emessi dai forni fusori delle vetrerie presenti nell’isola di Murano;
- *obiettivo generale 2 (OG-2), obiettivo specifico 3 (OS-3)*: determinazione analitica delle emissioni presso un impianto pilota di tipo sperimentale e simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici in funzione dell’utilizzo di differenti tecniche di introduzione dei coloranti nel processo produttivo del vetro.

L’obiettivo *OG-1, OS-3* prevede il confronto tra i risultati delle simulazioni modellistiche sui dati ‘storici’ del periodo di riferimento da settembre a dicembre 2017, eseguite con due alternativi sistemi di calcolo: CALPUFF e LAPMOD.

Lo scopo principale è produrre un’analisi di sensitività dei risultati di stima delle concentrazioni ambientali di Cadmio (*Cd*) in funzione dell’utilizzo di due alternativi modelli di simulazione che si basano su presupposti ed approcci di calcolo differenti.

L’obiettivo *OG-2, OS-3* riguarda la realizzazione di una serie di attività analitiche delle emissioni e di simulazione modellistica delle ricadute prodotte dall’impianto pilota di tipo sperimentale installato presso la vetreria artistica ‘Effetre srl’ di Murano.

Lo scopo principale è produrre un’analisi modellistica di scenario che valuta il differente impatto ambientale dell’attività di una vetreria ‘tipo’ in funzione delle condizioni di regime operativo d’impianto, quali la presenza di sistemi di abbattimento e l’utilizzo di differenti tecniche di utilizzo dei coloranti nella miscela di alimentazione al forno.

Capitolo 2

Lo stato di qualità dell'aria

Nel presente Capitolo viene fornito un inquadramento generale sullo stato di qualità dell'aria nell'isola di Murano, con particolare riferimento alle concentrazioni ambientali di PM10 e Metalli rilevate nel punto 'storico' di monitoraggio ubicato presso la scuola 'Ugo Foscolo', in Fondamenta Colleoni.

Ove possibile è stato proposto anche un confronto con i corrispondenti dati di qualità dell'aria misurati negli stessi periodi presso la stazione fissa della rete ARPAV di 'Sacca Fisola' (Venezia), classificata di fondo urbano-insulare.

Saranno dapprima presentati e discussi i risultati dei più recenti dati di monitoraggio in relazione ai parametri normativi previsti dal DLgs. 155/2010 [14] e, successivamente, verrà fornita una valutazione di 'lungo periodo' attraverso l'analisi della serie storica rilevata in modo continuativo a partire da metà del 2016 presso il sito 'Foscolo'.

Come risulterà evidente da quanto riportato nel paragrafo 2.2.1 relativo all'analisi della serie storica, le concentrazioni ambientali di Cadmio (*Cd*) rappresentano uno stato di criticità fortemente consolidato nel tempo e, nell'ambito del territorio del Veneto, pressoché esclusivo dell'isola di Murano [15].

2.1 I siti di monitoraggio

In Figura 2.1 viene riprodotta una mappa tematica con l'indicazione dei siti di monitoraggio della qualità dell'aria ubicati rispettivamente presso:

- la scuola 'U. Foscolo', in Fondamenta Colleoni nell'isola di Murano, che rappresenta un punto di misura che può essere classificato come di 'fondo urbano' (nella mappa il sito è indicato con un punto di colore 'rosso');

- la stazione di ‘Sacca Fisola’, presso l’isola della Giudecca a Venezia, che fa parte della rete regionale ARPAV dei siti di fondo urbano (in mappa indicata con un punto di colore ‘blu’).

I due siti di monitoraggio, che nel resto del presente rapporto saranno individuati con le sintetiche diciture ‘Foscolo’ e ‘Sacca Fisola’, sono stati utilizzati per il confronto delle rispettive concentrazioni ambientali di *PM10* e di Cadmio (*Cd*).

Le valutazioni comparate, riferite a livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici misurati presso siti vicini, ubicati nell’ambito di un contesto ambientale comparabile, permettono di trarre possibili conclusioni sull’entità e la qualità degli effetti ambientali delle relative fonti di pressione presenti sul territorio.

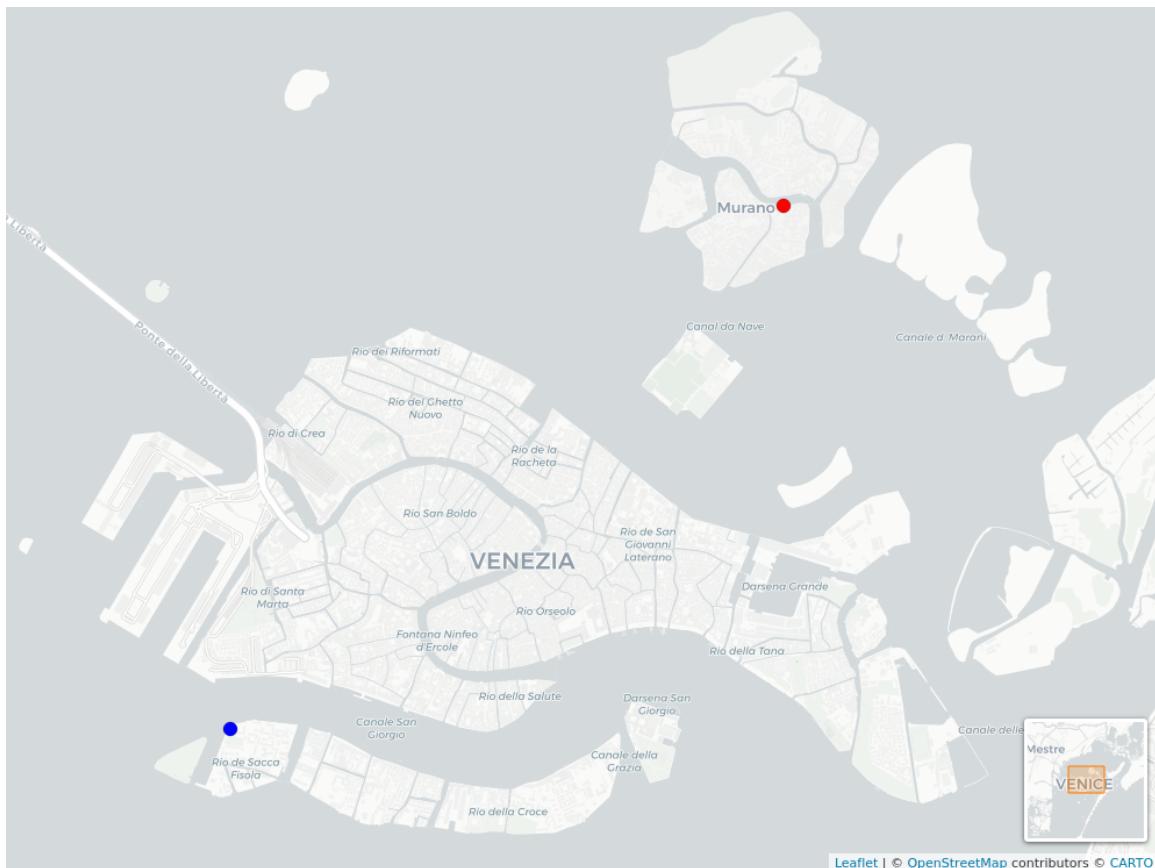


Figura 2.1: Punti di monitoraggio della qualità dell’aria presso Foscolo (in rosso) e Sacca Fisola (in blu).

Il sito di monitoraggio ‘Foscolo’ (rappresentato nelle foto in Figura 2.2) è inserito in un contesto di tipo residenziale con caratteristiche di fondo urbano, strettamente contiguo ad un’area industriale-artigianale specificamente dedicata alla produzione del vetro artistico.

Tale sito, a meno di lievi spostamenti resi necessari nel corso degli anni per adeguarsi alle necessità di manutenzione dell'adiacente edificio scolastico, è rimasto sostanzialmente immutato ed egualmente rappresentativo del medesimo contesto ambientale ed urbanistico.

Per il monitoraggio ambientale presso il sito ‘Foscolo’ è stato utilizzato un campionatore PM10 sequenziale con una portata nominale di 38.33 l/min, testa di prelievo con geometria *CEN* posta a circa 2 metri dal suolo, cicli di monitoraggio di 24h ed arricchimento su supporti filtranti in fibra di quarzo, con diametro di 47 mm.

Per quanto attiene ai dettagli metodologici relativi alle fasi di campionamento e di successiva analisi chimica degli inquinati, alla caratterizzazione meteorologica ed ai risultati della valutazione delle concentrazioni ambientali di PM10 rilevate presso il sito ‘Foscolo’ si rimanda al testo delle più recenti Relazione Tecnica ARPAV, pubblicate nel 2022 [16] e nel 2023 [17].

Infine, si precisa che, in riferimento al trattamento statistico dei dati di qualità dell’aria, i valori di concentrazione inferiori al limite di quantificazione (LQ), specifici per ciascun inquinante, sono stati sostituiti con un valore pari a metà del limite, secondo lo ‘*standard*’ adottato da ARPAV per il calcolo degli indicatori previsti dalla normativa.



Figura 2.2: Allestimento campionatore PM10 c/o scuola Foscolo, F.ta Colleoni.

2.2 I livelli ambientali degli inquinanti atmosferici

In questo paragrafo sono riferiti in dettaglio i risultati relativi al monitoraggio ambientale dei Metalli, in particolare il Cadmio (*Cd*), che rappresenta la principale criticità ambientale oggetto di valutazione nell’ambito del presente progetto.

A partire da metà del 2016 sono stati effettuati campionamenti sistematici delle concentrazioni ambientali di *PM10* su cui è stata effettuata anche la determinazione analitica delle concentrazioni di Metalli, tra cui: Arsenico (*As*), Cadmio (*Cd*), Nichel (*Ni*) e Piombo (*Pb*), che rappresentano gli ‘standard’ di riferimento per la valutazione dello stato dell’ambiente atmosferico previsto dalla normativa di settore (ex DLgs. 155/2010) [14]. Al fine di fornire una valutazione ed inquadramento immediato sullo stato di qualità dell’aria presente nell’isola di Murano, in Tabella 2.1 sono riportati i valori *medi annuali* di concentrazione in aria ambiente di Metalli (*As*, *Cd*, *Ni*, *Pb*), rilevati a partire dal 2017 presso il sito ‘Foscolo’, che sono da confrontare con i valori obiettivo (VO) e valori limite (VL) previsti dalla normativa di settore (ex DLgs.

155/2010) [14].

Tabella 2.1: Concentrazioni medie annuali di Metalli monitorate presso sito Foscolo dal 2017 al 2022.

anno	n	<i>Metalli [ng m⁻³]</i>			
		As VO = 6	Cd VO = 5	Ni VO = 20	Pb VL = 500
2017	353	4.9	535.5	2.7	136
2018	340	2.2	233.6	2.4	146
2019	361	2.1	173.8	3.4	172
2020	365	1.2	29.7	2.7	19
2021	359	2.0	137.0	2.6	78
2022	361	0.9	42.8	2.6	33

Note:

n = numero campioni analizzati

VO = valore obiettivo (ex DLgs 155/2010)

VL = valore limite (ex DLgs 155/2010)

I valori ambientali rilevati a partire dal mese di luglio 2016 non permettono di effettuare un adeguato confronto con i limiti normativi annuali, considerata l’insufficiente numerosità e la ridotta rappresentatività statistica per cui sono stati omessi dalla valutazione annuale, riportata in Tabella 2.1. I corrispondenti valori ambientali saranno comunque considerati nella valutazione di lungo periodo relativa all’analisi della serie storica riportata nel successivo paragrafo 2.2.1.

Da precisare che per il Piombo (*Pb*) il valore limite (VL) di riferimento previsto dalla normativa è normalmente espresso in [$\mu\text{g m}^{-3}$], mentre nella Tabella 2.1 viene riportato il corrispondente valore in [ng m^{-3}] al fine di un più agevole confronto con i livelli di concentrazione degli altri Metalli (inoltre, anche per questa specifica motivazione i valori di concentrazione di *Pb* sono riportati senza l’utilizzo di cifre decimali significative).

Per l’Arsenico (*As*) si segnala che il valore di concentrazione riportato in Tabella 2.1, relativamente all’anno 2022, è risultato inferiore al limite di quantificazione analitica, pari a 1.0 ng m^{-3} .

In Tabella 2.1 sono, inoltre, riportati per ciascun anno di monitoraggio anche il numero di campioni analizzati che rende conto in modo indiretto della robustezza

statistica dei valori ambientali rilevati e discussi nel presente rapporto.

Come risulta evidente dai dati riportati in Tabella 2.1, il Cadmio (*Cd*) rappresenta una significativa criticità ambientale nell’isola di Murano considerato che presso il sito ‘Foscolo’ la media annuale dal 2017 è risultata sistematicamente superiore, anche in termini molto significativi, rispetto al corrispondente valore obiettivo ($VO = 5 \text{ ng m}^{-3}$) per anno civile, come stabilito dal DLgs. 155/2010.

Valutando l’andamento dell’ultimo sessennio (2017-2022) si nota una significativa diminuzione delle concentrazioni ambientali a partire dal 2020 che è molto verosimilmente attribuibile all’effetto indiretto del ‘lockdown’ ed alla conseguente generale contrazione delle attività produttive e commerciali.

Nel 2021 si assiste, invece, ad un nuovo significativo ed elevato innalzamento delle concentrazioni ambientali, mentre nel 2022 si verifica un altrettanto significativo ribasso probabilmente da imputare agli effetti dovuti alla congiuntura economico-finanziaria e politica che ha determinato, tra l’altro, anche pesanti difficoltà negli approvvigionamenti di materie prime ed energia.

2.2.1 Analisi della serie storica

In questo paragrafo sono presentati in dettaglio i dati della serie storica dei metalli monitorati in modo continuativo dalla metà del 2016 presso il sito ‘Foscolo’.

Inoltre, per il *PM10* ed il Cadmio (*Cd*), viene proposto un confronto ‘boxplot’ dei valori rilevati nel periodo di monitoraggio da gennaio 2017 a dicembre 2022 (serie annuali complete), tra i siti ‘Foscolo’ e ‘Sacca Fisola’ (che ricordiamo essere una stazione fissa della rete regionale ARPAV di qualità dell’aria classificata come fondo urbano, di tipo insulare).

Il grafico ‘boxplot’, chiamato anche diagramma a scatola e baffi (‘box and whiskers’) o ‘boxplot di Tukey’, fornisce una sintetica rappresentazione statistica della distribuzione dei dati ed è costruita sui seguenti elementi caratteristici:

- la linea centrale della scatola rappresenta la mediana (50° percentile);
- la parte inferiore e superiore della scatola individuano il 25° e il 75° percentile (detti anche quartile inferiore e superiore);
- l’altezza della scatola è determinata dalla differenza tra i due quartili e viene indicata come intervallo interquartile (IQR);
- l’intaccatura (‘notch’) della scatola indica l’intervallo di confidenza della mediana secondo il metodo di tipo ‘grafico-speditivo’ basato sul valore della mediana

+/- IQR/radq(n) [18] [19]; secondo tale metodo quando l'intaccatura di due scatole adiacenti non si sovrappone si può affermare che esiste una forte evidenza statistica, con un limite di confidenza al 95%, che le mediane differiscono in modo significativo;

- le due linee verticali che si estendono per 1,5 volte l'IQR sia per la parte superiore che per quella inferiore della scatola sono chiamate ‘baffi’ (‘whiskers’) e forniscono una misura della variazione ‘attesa’ dei dati;
- i dati rappresentati come punti che ricadono sopra o sotto il termine dei ‘baffi’ sono definiti come ‘outliers’ e rappresentano i valori più ‘estremi’ rispetto alla ‘normale’ variazione attesa.

Nei vari ‘boxplot’ riportati nelle pagine successive è stata, inoltre, aggiunta per completezza di informazione rispetto agli indici di tendenza centrale già descritti anche l’indicazione del valore medio della distribuzione dei dati, che è stato riprodotto graficamente con il simbolo ‘asterisco’ di colore rosso. Nei grafici ‘boxplot’ sono stati, inoltre, aggiunti anche tutti i punti relativi alle singole osservazioni per fornire una indicazione quantitativa della relativa numerosità campionaria e quindi per permettere una maggiore confrontabilità dei dati analizzati.

Come sarà evidente da quanto riportato nei paragrafi successivi, l’obiettivo principale della presente trattazione è mettere in evidenza ed oggettivare sulla base dei dati di monitoraggio come, a fronte di una sostanziale comparabilità dei valori ambientali di *PM10* tra i due siti in esame (‘Foscolo’ vs. ‘Sacca Fisola’), sia possibile riscontrare una fortissima e marcata differenza nelle concentrazioni di Metalli, ed in particolare del Cadmio (*Cd*), che rende conto della specificità ambientale pressoché unica che si registra nell’isola di Murano.

Polveri fini (*PM10*)

Nel ‘boxplot’ in Figura 2.3 sono riportati i livelli di concentrazione di *PM10* monitorati nel periodo 2017-2022 presso i siti ‘Foscolo’ (Murano) e ‘Sacca Fisola’ (Venezia).

Dal grafico si nota come gli indici di tendenza centrale (mediana, media e percentili) dei livelli ambientali di *PM10* siano sostanzialmente confrontabili nel tempo e tra i due siti considerati.

Si rileva, inoltre, che le concentrazioni medie annuali di *PM10* risultano sempre conformi al valore limite annuale di $40 \mu\text{g m}^{-3}$, pur non escludendo un significativo numero di superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g m}^{-3}$ (ammesso per non

più di 35 volte/anno), come previsto dalla normativa di settore (ex DLgs. 155/2010) [14].

Per maggiori dettagli sulle concentrazioni ambientali di PM_{10} si rimanda al testo della Relazioni Tecniche ARPAV pubblicate nel 2022 e 2023 [16], [17].

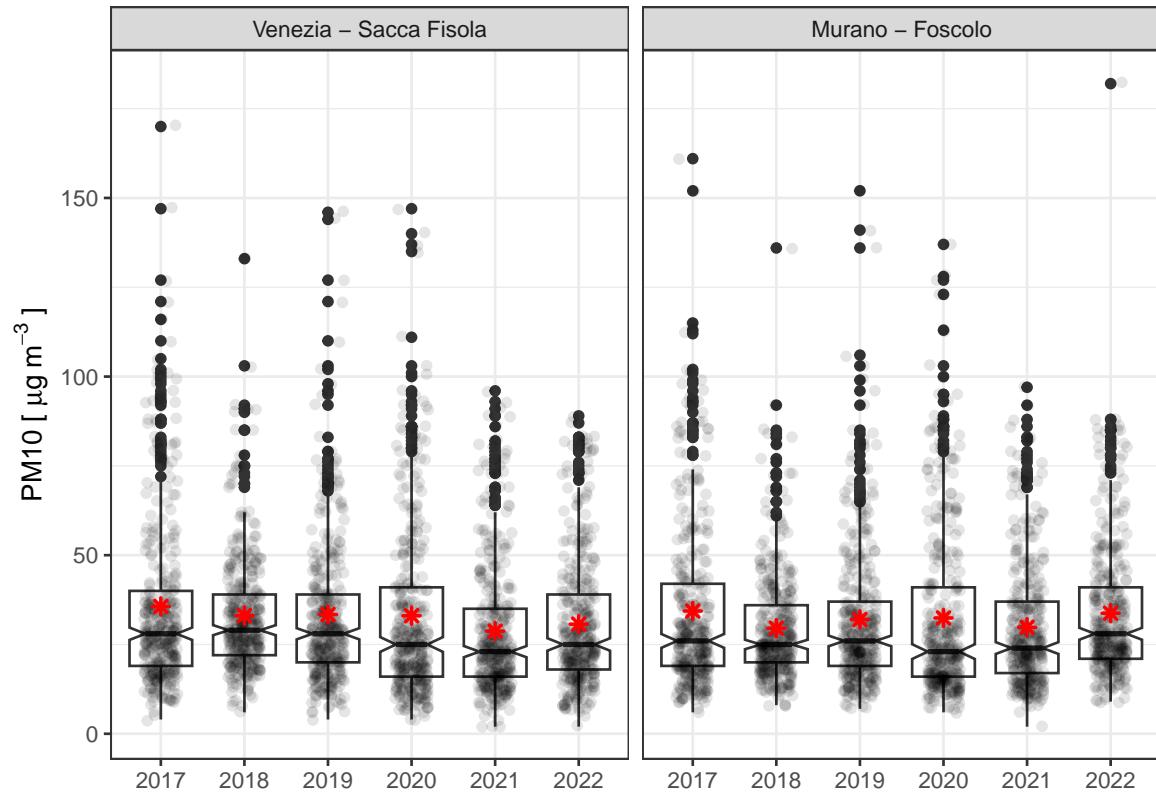


Figura 2.3: PM10. Boxplot dal 2017-2022: Foscolo vs. Sacca Fisola.

Cadmio (Cd)

Nel ‘boxplot’ in Figura 2.4 sono riportati i livelli di concentrazione di Cadmio (Cd) monitorati nel periodo 2017-2022 presso i siti ‘Foscolo’ (Murano) e ‘Sacca Fisola’ (Venezia).

Come evidente dal grafico, le concentrazioni annuali di Cadmio (Cd) monitorate presso il sito ‘Foscolo’ sono risultate nel tempo sistematicamente superiori a quelle del sito ‘Sacca Fisola’, sia nei valori ‘di tendenza centrale’ (media e mediana), che nel primo (25° percentile) e nel terzo quartile (75° percentile), e soprattutto nei percentili ‘alti’ con differenze molto rilevanti, anche di alcuni ordini di grandezza. Da notare che nel grafico 2.4 la scala delle ordinate è di tipo logaritmico.

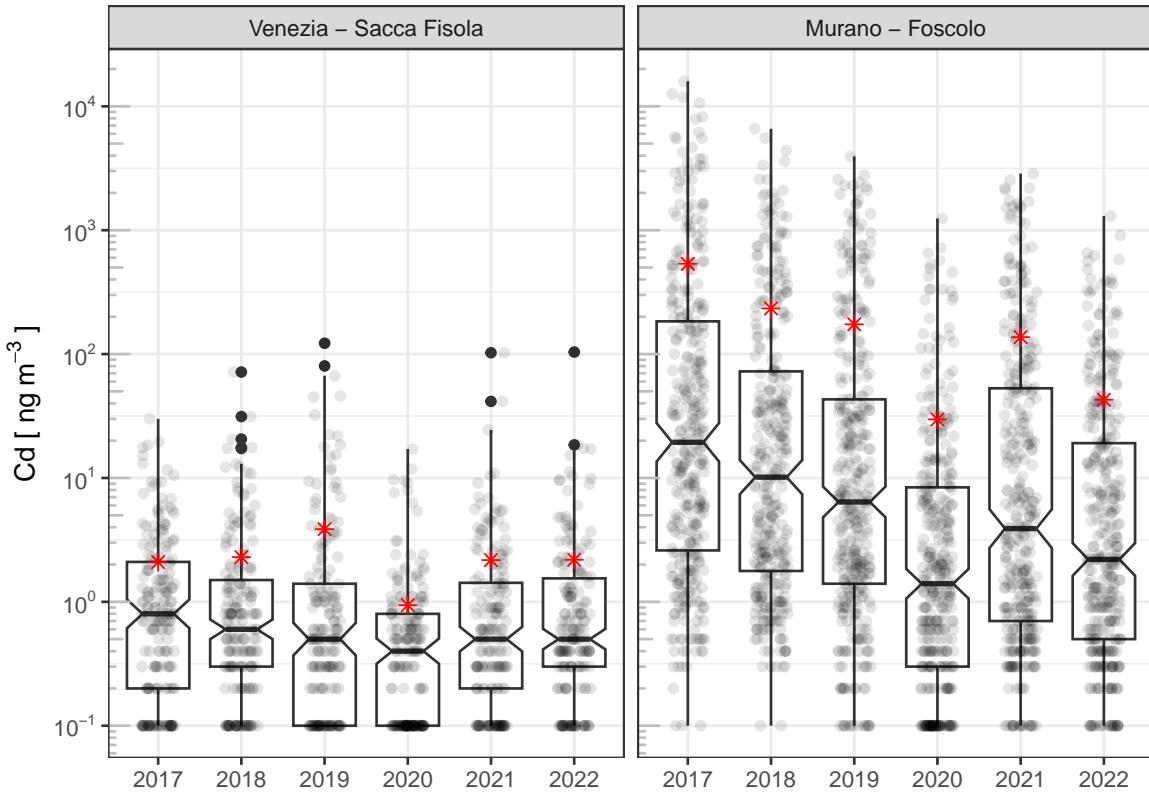


Figura 2.4: Cadmio (Cd). Boxplot 2017-2022, medie 24h: Foscolo vs. Sacca Fisola.

Rispetto alla verifica di conformità prevista dalla normativa di settore (DLgs. 155/2010), si rileva una forte e consolidata criticità che dal 2017 ha visto i valori ambientali di Cadmio (*Cd*) sistematicamente superiori al valore obiettivo di 5 ng m^{-3} , nonché significativamente superiori a quelli rilevati negli stessi periodi di monitoraggio presso la stazione di fondo urbano insulare di ‘Sacca Fisola’ (Venezia).

Per maggiori informazioni si rimanda a quanto riportato in dettaglio nelle relazioni ARPAV 2022 e 2023 [16], [17].

La specificità dei valori ambientali di Cadmio (*Cd*) rilevati nell’isola di Murano rispetto a quelli del corrispondente sito di fondo insulare presso ‘Sacca Fisola’, ubicato a circa 4 km di distanza lineare in direzione Sud-Ovest, evidentemente rende conto di un significativo contributo a carattere locale che deve necessariamente essere ricondotto all’impatto ambientale dell’attività delle vetrerie artistiche.

Nel grafico in Figura 2.5, sono rappresentate con dei punti connessi da una linea spezzata le concentrazioni medie di 24h di Cadmio (*Cd*) monitorate in modo continuativo da luglio 2016 presso il sito ‘Foscolo’.

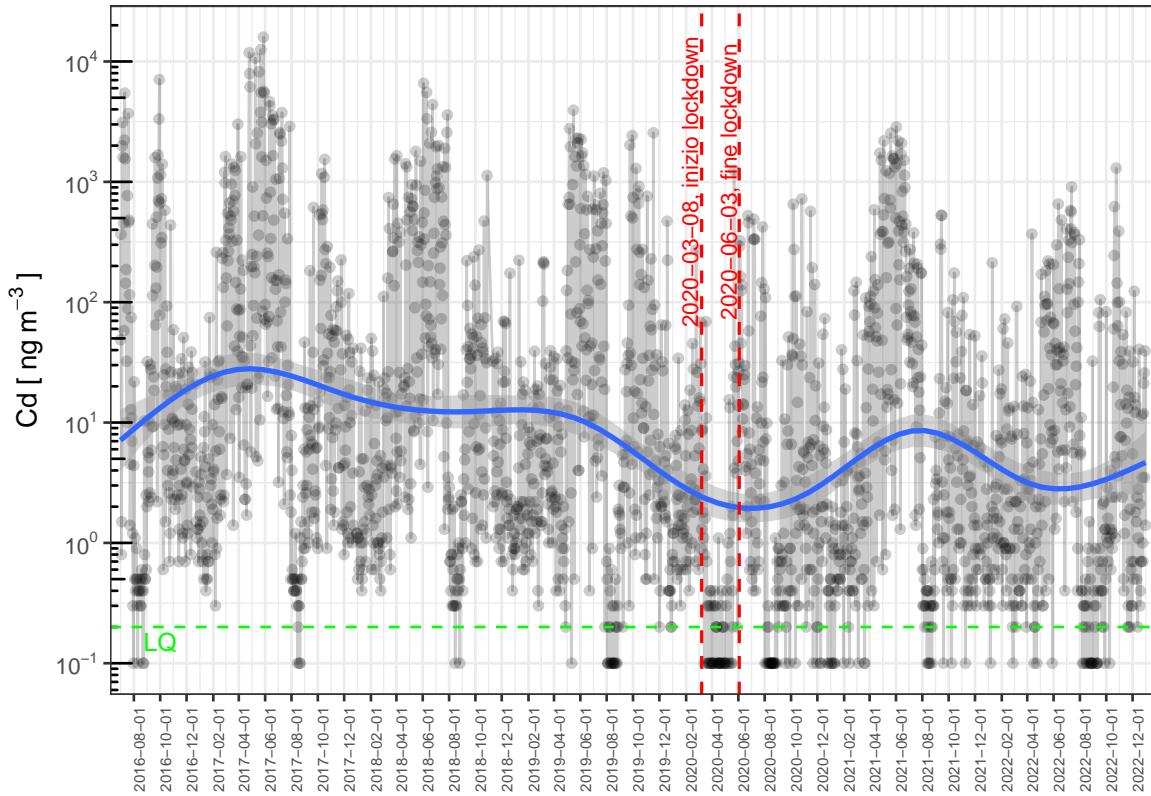


Figura 2.5: Cadmio (Cd). Serie storica medie 24h periodo 2016-2022, Foscolo.

I grafici rappresentano l’andamento temporale delle concentrazioni medie 24h con una curva di tendenza (‘smoothing’) che ha l’obiettivo di individuare le variazioni dei livelli ambientali in relazione al periodo considerato.

La curva di tendenza sovraimposta ai dati puntuali (segnata in colore blu con relativi limiti di confidenza), basata su una regressione di tipo non parametrico ‘LOESS’ [20], indica in modo chiaro la variazione stagionale delle concentrazioni ‘mediane’ che appaiono fortemente dipendenti dai cicli periodici (‘stagionali’) di produzione e lavorazione del vetro artistico.

Come evidente dal grafico, i livelli di Cadmio (*Cd*) in atmosfera nell’isola di Murano sono caratterizzati dai seguenti elementi di valutazione principali:

- un numero significativo di osservazioni con valori di concentrazione media giornaliera (24h) molto alti (‘spikes’), con livelli spesso superiori alle centinaia di ng m^{-3} , per raggiungere in alcuni casi valori estremi di migliaia di ng m^{-3} ;
- un altrettanto significativo numero di osservazioni inferiori al limite di quantificazione (LQ), con livelli inferiori alla soglia di 0.2 ng m^{-3} ;

- una ciclicità molto marcata e ben evidente dei livelli ambientali, da ricollegare ai regimi produttivi delle vetrerie (periodi di fermo attività e chiusura feriale vs. periodo di massima attività).

Analizzando nel dettaglio il grafico risulta molto chiaro che i valori più alti sono sistematicamente registrati nel periodo di massima attività delle vetrerie (da marzo a luglio) mentre nei mesi di chiusura e di riduzione dell'attività (agosto-settembre), o di fermo produzione (dicembre-gennaio), si registra una significativa diminuzione, sia nei singoli valori di concentrazione (medie 24h), che nel valore mediano di tendenza centrale della serie storica (curva di ‘smoothing’).

Rilevante appare poi l'effetto del periodo di ‘lockdown’ che, considerando il solo intervallo temporale di limitazioni più ‘strette’, da marzo a giugno 2020, ha determinato una significativa riduzione dei livelli di inquinanti in aria ambiente evidenziando, ancora una volta, la marcata e diretta correlazione con l'attività di fusione delle vetrerie.

Nel grafico la retta orizzontale, tratteggiata in colore verde, indica il valore di concentrazione corrispondente al limite di quantificazione (LQ), e permette di apprezzare come i livelli ambientali misurati siano caratterizzati da un considerevole numero di osservazioni del tutto trascurabili (ancora una volta questo effetto è risultato particolarmente evidente durante il ‘lockdown’ e nel corso delle periodiche chiusure estive e di fermo attività).

Nel grafico ‘boxplot’ riportato in Figura 2.6 sono messe a confronto le concentrazioni atmosferiche di Cadmio (*Cd*), stratificate per ‘mese tipo’ relative al quinquennio di riferimento 2017-2022, monitorate rispettivamente presso i siti di ‘Sacca Fisola’ (Venezia, in colore ‘azzurro’) e di ‘Foscolo’ (Murano, in colore ‘rosso’).

Dal grafico si nota, in particolare per il sito ‘Foscolo’, una significativa ‘controtendenza’ nell’andamento delle concentrazioni di Cadmio (*Cd*) rispetto a quella ‘tipica’ degli inquinanti ‘stagionali’ che, invece, risulta abbastanza ben esemplificata dai corrispondenti valori registrati presso il sito ‘Sacca Fisola’.

A causa degli effetti meteo-climatici e del profilo emissivo delle sorgenti, i valori ambientali più elevati degli inquinanti atmosferici (tra i quali in primo luogo il *PM10* e, quindi, almeno in parte, i Metalli) si manifestano ‘usualmente’ nel corso del periodo ‘invernale’ (soprattutto nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio), mentre si osserva una marcata flessione dei livelli ambientali già a partire dal periodo ‘primaverile’ (marzo-aprile), per poi ridursi drasticamente nel corso dei mesi ‘estivi’ (in modo più evidente a partire da giugno-luglio).

Come risulta dal ‘boxplot’ riprodotto in Figura 2.6, presso il sito ‘Foscolo’ si nota

rispetto a ‘Sacca Fisola’ che le concentrazioni di Cadmio (*Cd*) tendono ad aumentare nel periodo da marzo a luglio per poi scendere bruscamente nel mese di agosto e riprendere a salire da settembre fino a novembre, per stabilizzarsi poi nel mese di dicembre.

L’assenza o la non marcata presenza di questo andamento particolare presso il sito di ‘Sacca Fisola’ depone per una caratteristica tipicamente ‘locale e sito specifica’ del profilo delle concentrazioni ambientali di Cadmio (*Cd*) misurate presso il sito ‘Foscolo’ che sono, invece, necessariamente da correlare in modo significativo all’attività emissiva delle vetrerie artistiche presenti nell’isola di Murano.

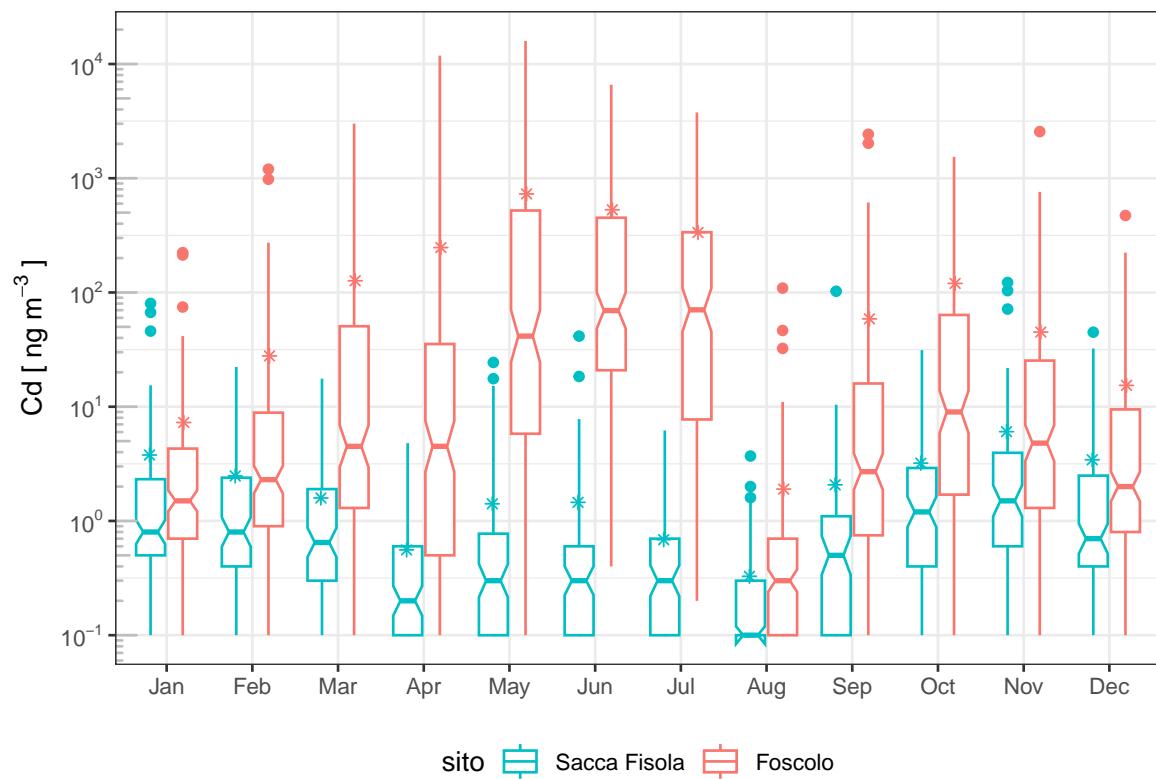


Figura 2.6: Cadmio (Cd). Boxplot mese tipo 2017-2022: Foscolo vs. Sacca Fisola.

Arsenico (*As*)

I composti dell’Arsenico (*As*) derivano dall’utilizzo di affinanti o di coloranti per la produzione del vetro opaco, ad esempio nella forma del *Triossido di Arsenico*, (As_2O_3). Al fine di eliminare tali composti dalle miscele minerali utilizzate per la produzione del vetro artistico, nel 2011 è stato realizzato un progetto di ricerca sostenuto da finanziamenti pubblici (Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell’Ambiente e Ministero della Salute) e affidato alla Stazione Sperimentale del Vetro.

Il progetto, concluso nel maggio 2012, ha individuato come possibili sostituti all'impiego di composti dell'Arsenico (*As*) nella produzione del vetro artistico, il Dioissido di Cerio (CeO_2) e la loppa di altoforno, anche se queste due alternative non hanno comunque avuto molto successo da un punto di vista dell'applicazione pratica.

Le concentrazioni ambientali di Arsenico (*As*) rappresentate in Figura 2.7, evidenziano nel tempo un progressivo calo che è da ricollegare al divieto di utilizzo (in vigore da maggio 2015) dei ‘composti arseniati’ previsto dal Regolamento REACH [9].

Come evidente dal grafico non mancano, tuttavia, osservazioni ambientali caratterizzate da livelli di concentrazione di Arsenico (*As*) tutt'altro che trascurabili.

Da rilevare, inoltre, l'elevatissimo numero di campioni con concentrazione inferiore al limite di quantificazione (LQ), corrispondente a 1 ng m^{-3} ed indicato nel grafico con una linea di colore verde, in Figura 2.7.

Anche per l'Arsenico (*As*), similmente a quanto già visto in precedenza per il Cadmio (*Cd*), si evidenzia la forte correlazione dei valori ambientali con il ciclo produttivo tipicamente discontinuo della lavorazione del vetro artistico.

Per l'Arsenico (*As*), rispetto alla verifica di conformità prevista dal DLgs. 155/2010, non si rilevano sostanziali criticità, con valori medi annuali che dal 2017 sono risultati sempre inferiori al valore obiettivo di 6 ng m^{-3} . Tuttavia, nell'isola di Murano presso il sito ‘Foscolo’ si rilevano valori significativamente superiori a quelli registrati negli stessi periodi di monitoraggio presso la stazione di fondo urbano insulare di ‘Sacca Fisola’ (Venezia).

Per maggiori informazioni si rimanda a quanto riportato in dettaglio nella relazioni ARPAV 2022 e 2023 [16], [17].

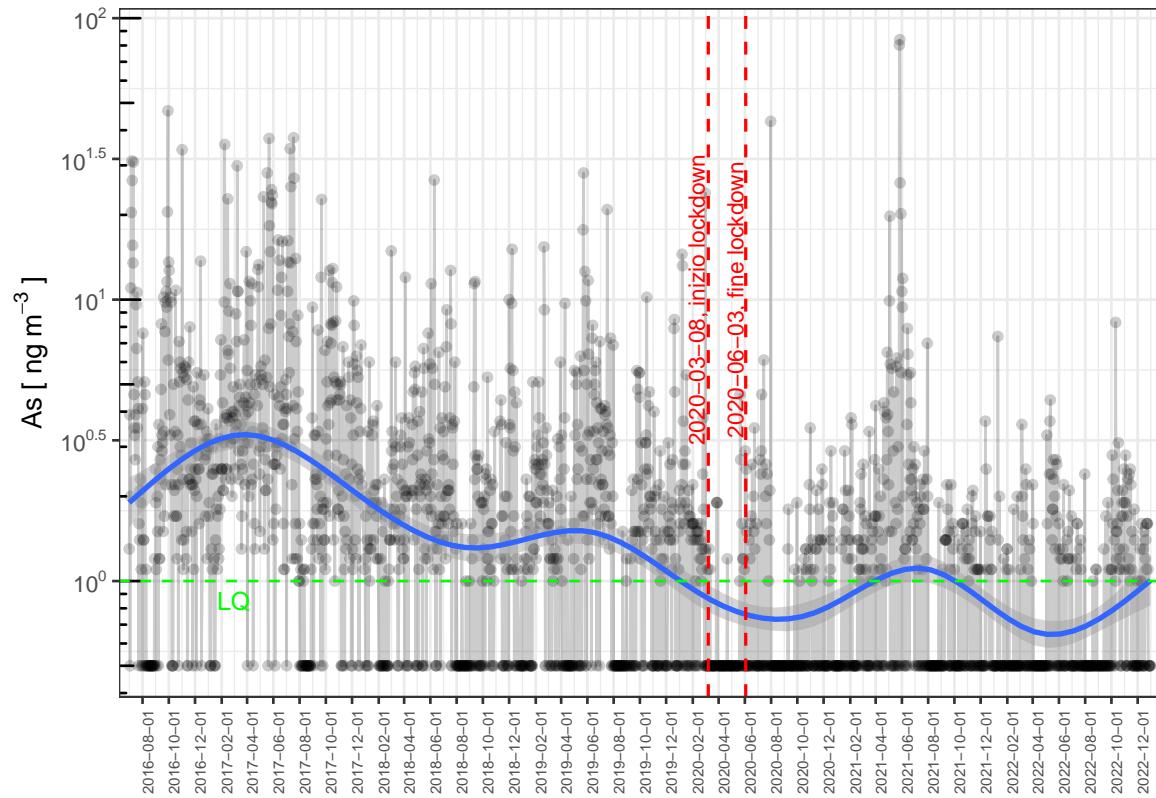


Figura 2.7: Arsenico (As). Medie 24h periodo 2016-2022, Foscolo.

Antimonio (*Sb*)

In generale la sostituzione dei composti dell’Arsenico (*As*) come affinante del vetro viene effettuata con risultati accettabili mediante l’utilizzo di composti dell’Antimonio (*Sb*) che è caratterizzato da una minore tendenza ad evaporare dal bagno di vetro.

Anche per quanto riguarda l’andamento delle concentrazioni ambientali di Antimonio (*Sb*), rappresentate nel grafico riprodotto in Figura 2.8, si riscontrano gli elementi tipici di valutazione che sono già stati individuati in precedenza e sono riassumibili in una forte correlazione e dipendenza dei livelli ambientali misurati presso il sito ‘Foscolo’ in funzione del ciclo produttivo del vetro.

Ricordiamo che l’Antimonio (*Sb*) è un Metallo non previsto dalla normativa sulla qualità dell’aria ambiente per cui non esistono corrispondenti valori limite di tipo cogente.

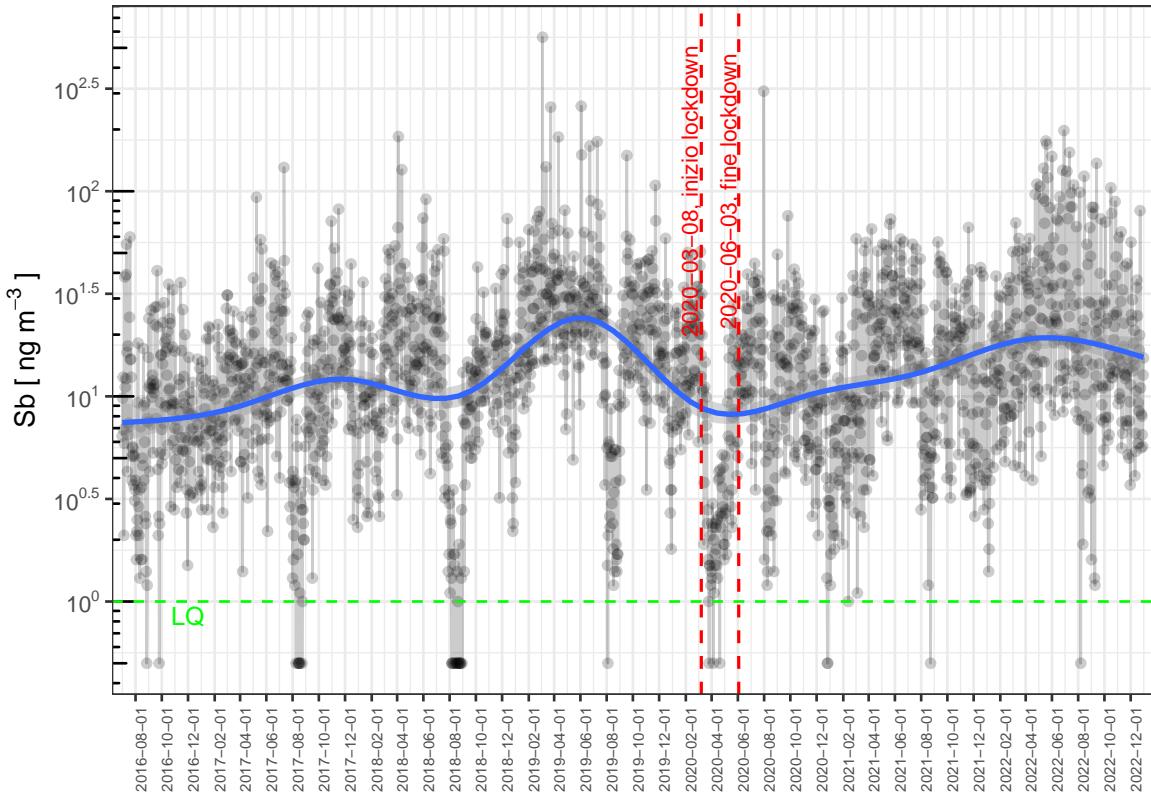


Figura 2.8: Antimonio (Sb). Medie 24h periodo 2016-2022, Foscolo.

Altri composti metallici, ad esempio quelli a base di Cromo (*Cr*), Nichel (*Ni*) e Piombo (*Pb*), sono utilizzati per particolari tipologie di vetro e per conferire colorazioni caratteristiche al prodotto finito. Vengono impiegati in quantità variabili a seconda dei differenti effetti cromatici desiderati ed alcuni di questi composti sono caratterizzati, nelle particolari condizioni di utilizzo, da volatilità piuttosto elevate.

Cromo (*Cr*)

Il Cromo (*Cr*), la cui serie storica dal 2016 monitorata presso il sito ‘Foscolo’ è rappresentata in Figura 2.9, riproduce l’andamento tipico già visto per gli altri Metalli.

Si notano alcuni livelli di concentrazione molto elevati, molto probabilmente da ri-condurre all’effetto dell’attività delle vetrerie, alternati a livelli significativamente più bassi, che rappresentano un segnale evidente del carattere tipicamente ‘discontinuo’ delle possibili fonti di emissione.

Il Cromo (*Cr*) è un parametro non normato a livello di qualità dell’aria per cui non esistono limiti di riferimento di tipo cogente.

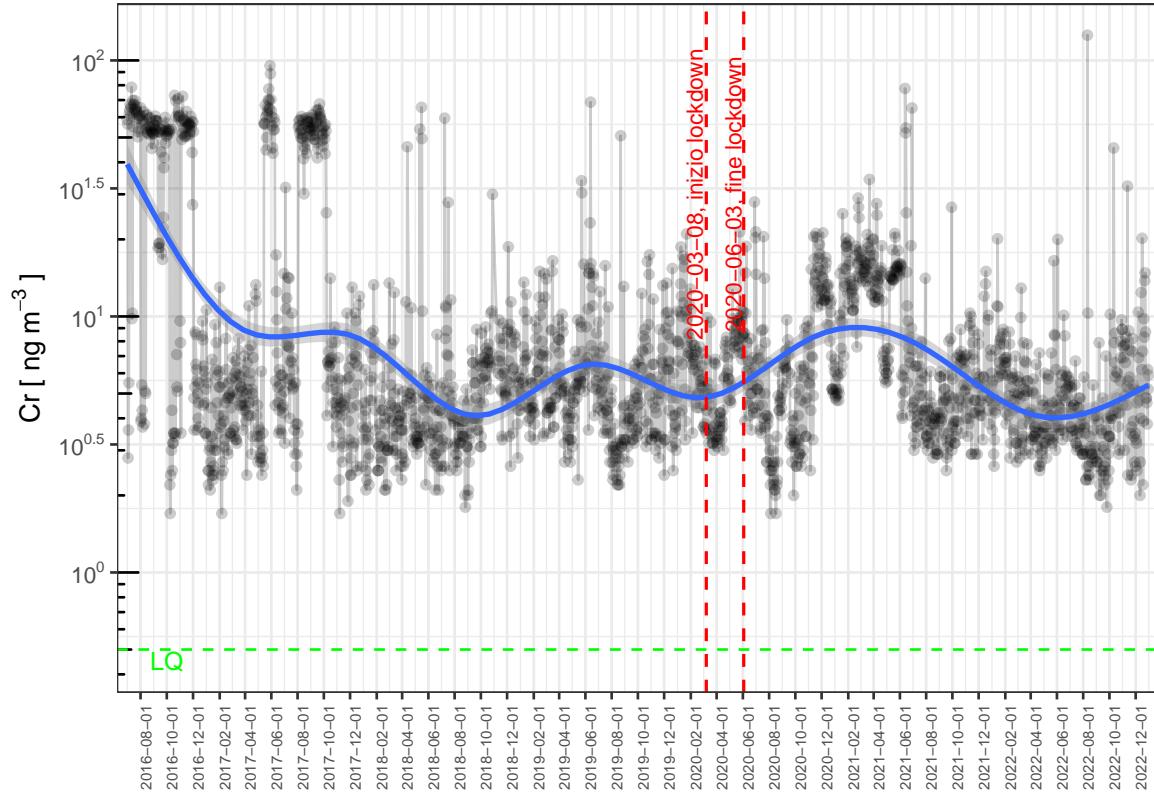


Figura 2.9: Cromo (Cr). Medie 24h periodo 2016-2022, Foscolo.

Nichel (*Ni*)

Il Nichel (*Ni*), la cui serie storica rilevata presso il sito ‘Foscolo’ dal 2016 è rappresentata in Figura 2.10, non evidenzia l’andamento altalenante tipico degli altri Metalli ma presenta livelli medi di concentrazione che, tranne poche eccezioni, sono sempre inferiori al valore obiettivo previsto dalla normativa (20 ng m^{-3}).

Rispetto alla verifica di conformità prevista dal DLgs. 155/2010 non si rilevano sostanziali criticità, con valori medi annuali che dal 2017 sono risultati sempre significativamente inferiori al valore obiettivo di 20 ng m^{-3} e comparabili con i valori ambientali rilevati negli stessi periodi di monitoraggio presso la stazione di fondo urbano insulare presso ‘Sacca Fisola’ (Venezia). Per maggiori informazioni si rimanda a quanto riportato in dettaglio nelle più recenti relazioni ARPAV 2022 e 2023 [16], [17].

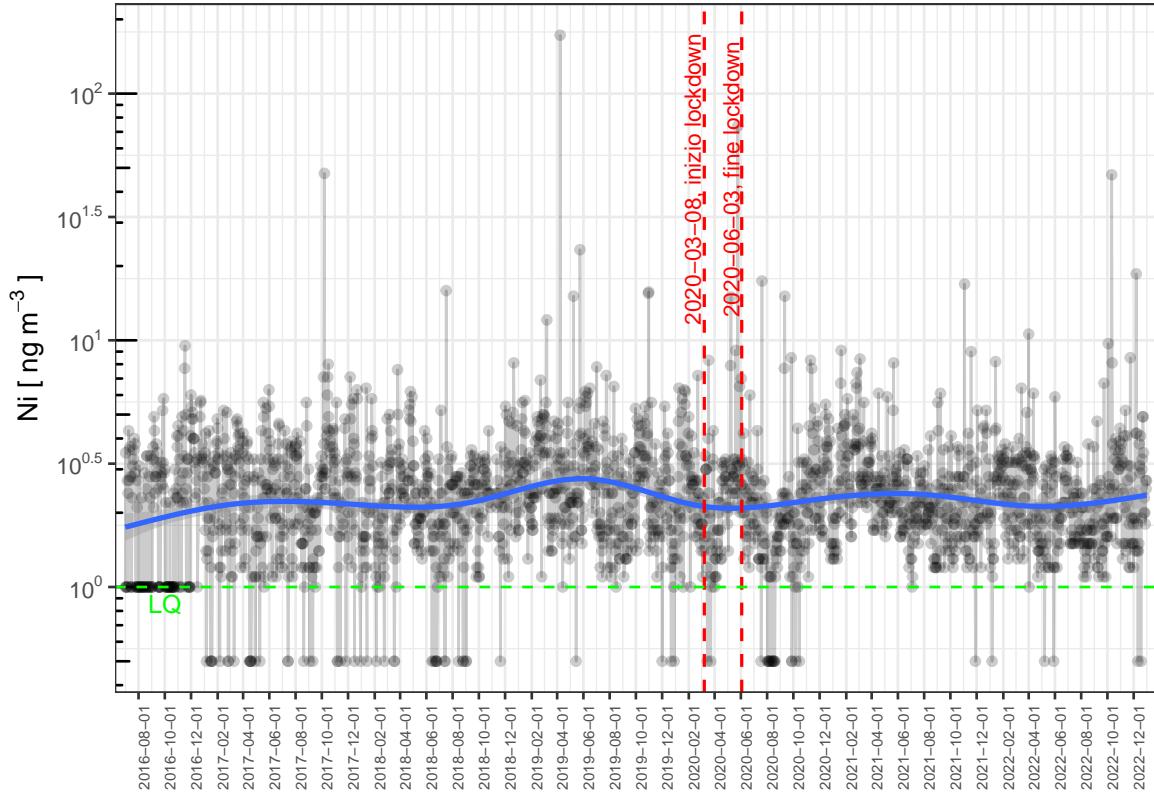


Figura 2.10: Nichel (Ni). Medie 24h periodo 2016-2022, Foscolo.

Piombo (*Pb*)

Il Piombo (*Pb*), rappresentato in Figura 2.11, evidenzia il trend tipico dei Metalli strettamente correlati alla produzione del artistica del vetro, con elevati valori di concentrazione alternati a valori significativamente più bassi.

Tuttavia, i livelli ambientali medi annuali non presentano mai significative criticità in relazione al rispetto del valore limite previsto dalla normativa (500 ng m^{-3} , ex DLgs. 155/2010), anche se la serie storica registrata dal 2017 risulta assestata su livelli di concentrazione ambientale tendenzialmente superiori a quanto registrato presso il corrispondente sito di ‘Sacca Fisola’ [16], [17].

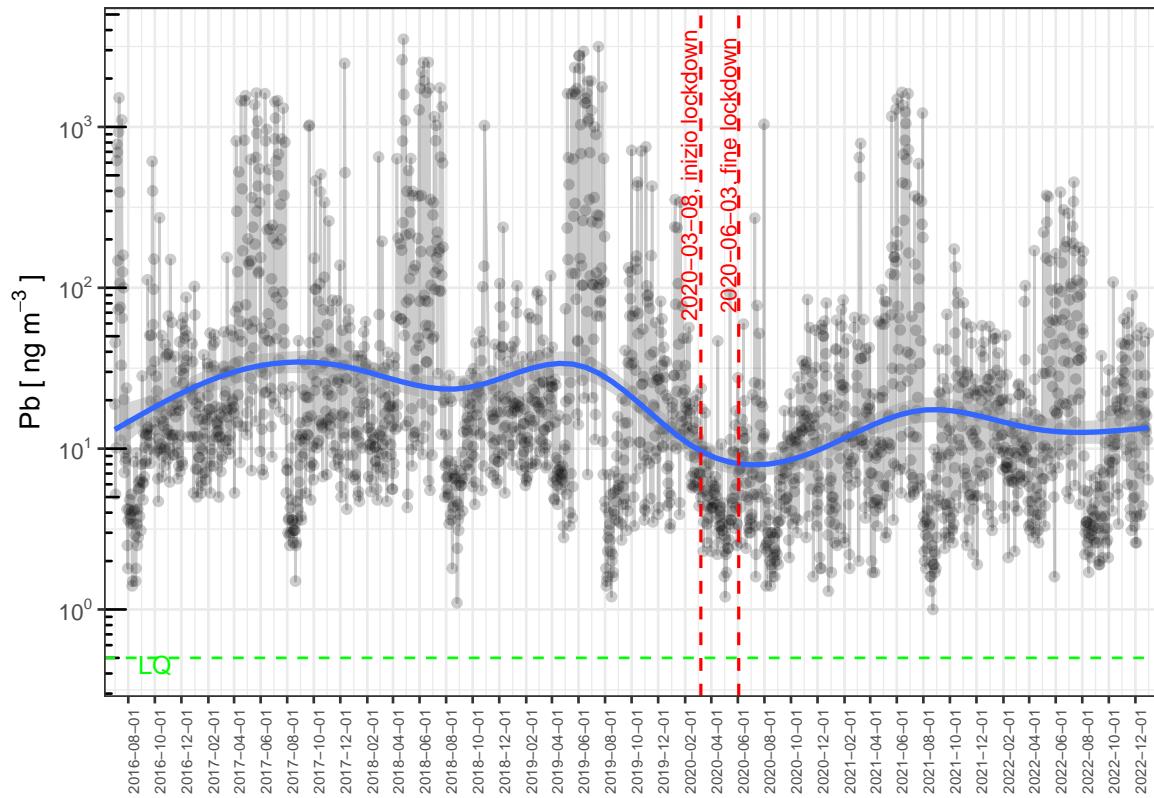


Figura 2.11: Piombo (Pb). Medie 24h periodo 2016-2022, Foscolo.

Capitolo 3

Le simulazioni modellistiche

Il ‘Progetto Cadmio’ prevede l’implementazione di un sistema modellistico di tipo lagrangiano a particelle, tridimensionale, non stazionario (LAPMOD), applicato al caso studio delle 25 vetrerie artistiche attive nell’isola di Murano nel periodo di simulazione da settembre a dicembre 2017, cioè nel periodo per cui sono disponibili le contemporanee misure di qualità dell’aria monitorate presso due siti di monitoraggio, ulteriori rispetto al sito storico ‘Foscolo’ ubicato in Fondamenta Colleoni.

Tutti i siti di monitoraggio della qualità dell’aria ubicati presso specifici punti dell’isola di Murano, qui sinteticamente denominati ‘Foscolo’, ‘Serenella’ e ‘Marco’, saranno descritti con maggiore dettaglio nei paragrafi successivi del presente Capitolo, mentre i risultati della simulazione modellistica con LAPMOD saranno confrontati con quelli ottenuti dall’utilizzo del sistema CALPUFF, a ‘puff’ tridimensionale non stazionario, che sono già stati in parte presentati e discussi in una relazione ARPAV del 2019 [13], a cui si rimanda direttamente per ulteriori dettagli tecnici.

Per quanto riguarda, invece, la presentazione ed il commento dei dati di qualità dell’aria monitorati presso i tre siti (‘Foscolo’, ‘Marco’, ‘Serenella’), definiti come ‘recettori discreti’ ed utilizzati per il confronto con i risultati delle simulazioni modellistiche relative al periodo di riferimento da settembre a dicembre 2017, si rimanda ai contenuti del paragrafo 3.2.2.

I livelli ambientali di Cadmio (*Cd*) monitorati presso i tre punti dell’isola di Murano sono stati confrontati con gli output dei sistemi di calcolo CALPUFF e LAPMOD per una verifica del livello di congruenza tra misure ambientali e stime modellistiche.

L’obiettivo (*OG-1, OS-3*) della presente valutazione è di produrre un’analisi di sensitività dei risultati utilizzando di differenti sistemi di calcolo (LAPMOD vs. CALPUFF) che si basano su alternative assunzioni di stima, al fine di individuare la configurazione modellistica più adatta per descrivere il caso studio delle vetrerie presenti

nell’isola di Murano che utilizzano i composti del Cadmio (*Cd*) come colorante nella produzione del vetro artistico.

Lo scopo principale delle simulazioni è di individuare, dunque, la parametrizzazione modellistica più adeguata per descrivere l’impatto atmosferico delle vetrerie e, se possibile, produrre un’affidabile e robusta quantificazione del contributo delle sorgenti di emissione (‘*source apportionment*’).

Questo tipo di valutazione rappresenta, infatti, il presupposto fondamentale per un possibile sviluppo delle attività post-progettuali relative alla ‘chiusura di stima’ rispetto a tutte le sorgenti di emissione presenti nell’isola di Murano (forni fusori delle vetrerie) ed alla quantificazione del relativo contributo rispetto allo stato di qualità dell’aria, facendo riferimento sia ai dati storici del 2017, e quindi alle fonti di emissione che all’epoca operavano nell’isola, sia ad un’eventuale nuova esigenza conoscitiva che prevede, però, la necessaria attualizzazione dell’inventario delle fonti di emissione rispetto all’evoluzione del tessuto produttivo intercorso negli ultimi anni di attività.

In riferimento all’obiettivo specifico (*OG-2, OS-3*) la valutazione modellistica, effettuata nel 2023 con l’utilizzo del sistema modellistico LAPMOD, considera il caso studio di un singolo forno fusorio di tipo sperimentale (‘pilota’), allestito e messo in opera presso la ditta ‘Effetre Murano srl’.

Lo scopo principale di questa linea di attività progettuale è di stimare gli effetti ambientali conseguenti a differenti profili di attività, modalità di gestione ed alimentazione del forno, nonché di implementazione di differenti tecnologie e presidi di abbattimento delle emissioni.

Il possibile ritorno di tipo pratico-operativo della stima modellistica focalizzata su una singola sorgente di emissione (cioè l’impianto pilota ‘Effetre’ di tipo sperimentale) è la possibilità di definire una serie di ‘valutazioni di scenario’ che permettano una quantificazione dell’entità della possibile riduzione delle concentrazioni ambientali di inquinanti in funzione di differenti modalità di ‘gestione operativa e di processo e di ‘gestione ambientale’ nella produzione artistica del vetro nell’isola di Murano.

3.1 Breve descrizione dei sistemi di calcolo

Nel presente paragrafo viene riportata una sintetica descrizione delle principali caratteristiche tecniche e dei fondamenti teorici dei due sistemi modellistici (CALPUFF e LAPMOD) utilizzati nelle valutazioni di dispersione degli inquinanti atmosferici.

3.1.1 CALPUFF

Il sistema modellistico CALPUFF è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech. Inc., con il contributo di California Air Resources Board (CARB). Per tutte le simulazioni qui presentate è stata utilizzata la versione 5.8.5, raccomandata da US-EPA come ‘*regulatory model*’ [21], [22] [23].

Il sistema modellistico è costituito da tre processori concatenati:

- CALMET, il processore meteorologico che per ‘interpolazione’ ricostruisce nel dominio di calcolo il campo tridimensionale di vento e di temperatura, e di tutte le altre variabili micro-meteorologiche;
- CALPUFF, il processore che simula il trasporto e la dispersione degli inquinanti emessi dalle sorgenti all’interno del campo di vento generato da CALMET;
- CALPOST, il post-processore che permette l’estrazione e l’analisi statistica dei dati di output (concentrazione degli inquinanti) prodotti da CALPUFF.

CALMET è un processore meteorologico diagnostico in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura unitamente a campi bidimensionali dei principali parametri descrittivi della turbolenza atmosferica. Il processore è adatto per simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa e da diverse tipologie di uso del suolo. CALMET è dotato, inoltre, di un modulo micro-meteorologico per la determinazione della turbolenza di tipo termico e meccanico che caratterizza gli strati inferiori dell’atmosfera (*Planetary Boundary Layer, PBL*).

CALPUFF è un modello di dispersione ibrido, multi-strato e non stazionario, in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti in condizioni meteorologiche variabili nello spazio e nel tempo. CALPUFF contiene diversi algoritmi, che consentono di tener conto di vari fattori, quali:

- l’effetto scia indotto dagli edifici circostanti (‘*building downwash*’) e/o dal cammino di emissione (‘*stack-tip downwash*’);
- la variazione verticale (‘*shear*’) del vento;
- la deposizione secca ed umida degli inquinanti;
- le trasformazioni chimiche degli inquinanti che avvengono in atmosfera (secondo degli schemi semplificati);
- l’effetto dovuto alla presenza di orografia complessa e/o di zone costiere.

In riferimento alle simulazioni per zone costiere, CALPUFF tiene conto dei fenomeni di brezza e modella in modo efficace il cosiddetto ‘*Thermal Internal Boundary Layer (TIBL)*’ che determina la ricaduta al suolo degli inquinanti emessi da sorgenti prossime alla linea di costa.

3.1.2 LAPMOD

Il sistema modellistico LAPMOD [24] [25] [26], proprietà di *Enviroware srl*, (Concorzezzo MB, Italia), consiste nei seguenti moduli di calcolo:

- il pre-processore delle emissioni LAPEMI;
- il pre-processore meteorologico LAPMET;
- il processore di dispersione degli inquinanti atmosferici LAPMOD;
- il post-processore delle concentrazioni (LAPOST).

Per tutte le simulazioni è stata utilizzata l’ultima versione del codice (*20220517*), liberamente disponibile al seguente indirizzo web: (<https://www.enviroware.it/lapmod/download.html>).

LAPMOD è un modello lagrangiano a particelle, tridimensionale e non stazionario, adatto a simulare la dispersione in atmosfera su terreno complesso di sostanze emesse in fase gassosa e/o aerosol. Oltre alla dispersione degli inquinanti convenzionali, LAPMOD è in grado di simulare anche la dispersione in atmosfera di sostanze odorigene e radioattive.

Le ‘particelle virtuali’ utilizzate per il calcolo sono spostate nell’atmosfera per effetto del vento (avvezione) e della turbolenza atmosferica (dispersione). Ciascuna ‘particella virtuale’ trasporta una frazione della massa di inquinante emessa dalla sorgente e in ogni istante della simulazione è possibile calcolare la concentrazione e la deposizione in corrispondenza dei recettori (discreti o di griglia), considerando la loro posizione e le loro masse. Il movimento delle ‘particelle virtuali’ può essere tracciato per studiarne il flusso atmosferico.

LAPMOD è completamente accoppiato con il processore meteorologico CALMET in grado di fornire tutte le informazioni necessarie riguardanti la velocità e la direzione del vento ed i parametri micro-meteorologici di turbolenza atmosferica necessari per la simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti.

LAPMOD costituisce un sistema modellistico completo dotato anche di un pre-processore meteorologico (LAPMET) che permette di utilizzare in input i files meteorologici di superficie e di profilo nel formato del modello EPA AERMOD. I files

prodotti dalle simulazioni possono essere elaborati dal post-processore LAPOST per il calcolo delle statistiche di interesse e, nel caso degli odori, per la maggior parte dei parametri *FIDOL* (*Frequency, Intensity, Duration, Offensiveness, Location*), cioè Frequenza, Intensità, Durata, Offensività, Posizione.

LAPMOD simula il rilascio emissivo con un rateo variabile arbitrario per varie tipologie di sorgenti: puntuali (galleggianti e non), lineari, circolari, volumetriche (parallelepipedi, sfere), areali (di forma arbitraria).

LAPMOD è in grado di calcolare su periodi predefiniti dall'utente la concentrazione media e la concentrazione integrata degli inquinanti, oltre ai campi di deposizione secca e umida.

3.2 Stime modellistiche per i dati storici

In questo paragrafo vengono presentati i dati in ingresso ai modelli ed i risultati prodotti dalle stime effettuate con CALPUFF e LAPMOD sui dati storici relativi al periodo di simulazione da settembre a dicembre 2017.

La parametrizzazione di CALPUFF è stata predisposta utilizzando tutti i valori di *default* con la sola eccezione relativa a ‘*MDISP*’ (metodo di calcolo dei coefficienti di dispersione) che, secondo quanto raccomandato in Barclay and Scire (2011) [27], è stato impostato con valore pari a 2 (rispetto al valore di *default* uguale a 3). Secondo tale parametrizzazione, di tipo più evoluto e moderno, è stato imposto al modello CALPUFF di effettuare il calcolo dei coefficienti di dispersione del pennacchio (*sigma v*, *sigma w*) tramite l'utilizzo delle variabili interne di tipo micro-metereologico (*ustar*, *wstar*, *L*, etc.) rispetto, invece, all'utilizzo ‘classico’ dei coefficienti derivati dalle classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner (PGT).

La parametrizzazione ottimale di LAPMOD è stata definita a seguito di un'approfondita analisi di sensibilità dei risultati che, tramite la diretta consulenza tecnica della ditta *Enviroware srl*, proprietaria del codice sorgente, ha visto la realizzazione di circa 60 differenti simulazioni di tipo ‘esplorativo’ [28]. Per maggiori dettagli sulla parametrizzazione finale di LAPMOD, si rimanda a quanto riportato in Appendice A del presente rapporto, al paragrafo Parametri di calcolo.

3.2.1 Le sorgenti di emissione

Nella mappa tematica in Figura 3.1 viene rappresentata l'ubicazione delle 25 vetture artistiche autorizzate all'impiego di composti del Cadmio (*Cd*) che risultavano

attive nel 2017 nell’isola di Murano e che sono state considerate nel presente studio modellistico.

L’elenco delle vetrerie e le informazioni relative alle caratteristiche tecniche dei relativi punti di emissione sono state raccolte grazie al supporto tecnico della Città Metropolitana di Venezia, Unità Operativa Tutela dell’Atmosfera (per maggiori dettagli su questi aspetti si rimanda al report ARPAV del 2019 [13]).

Nella mappa l’ubicazione di ciascuna vetreria è individuata tramite un codice identificativo composto da tre lettere che specifica il nome della ditta riportato nella successiva Tabella 3.1. Si rimanda direttamente alla Tabella 3.1 per i dettagli tecnici relativi alle caratteristiche emissive specifiche di ciascun punto emissivo (che con maggiore dettaglio sono elencati anche in Tabella A.1, riportata in Appendice A).

Come evidente dalla mappa si può apprezzare l’elevata ‘densità’ dei punti di emissione che risultano distribuiti in un ambito territoriale molto ravvicinato. Infatti, tutte le vetrerie oggetto di valutazione nel presente studio risultano ubicate in un raggio di distanza inferiore o prossimo ad 1 km dal centro dell’isola di Murano.

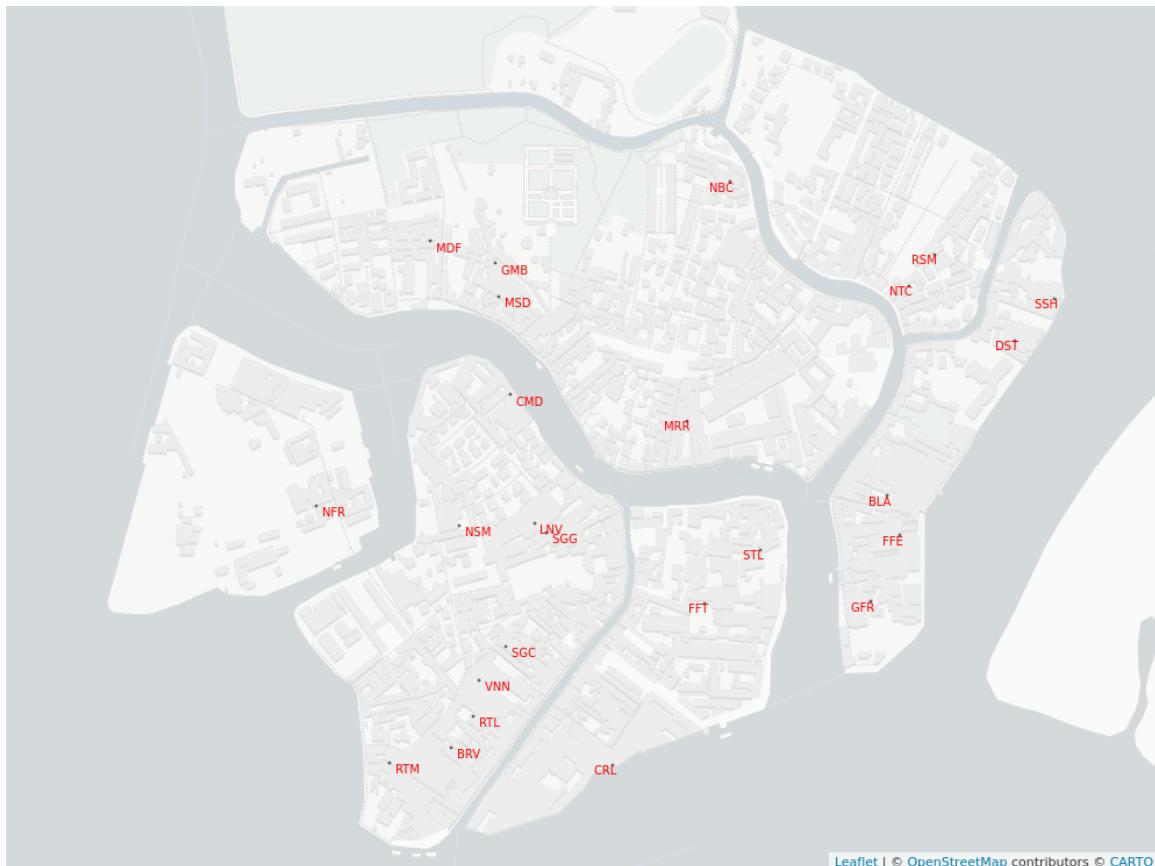


Figura 3.1: Ubicazione delle 25 vetrerie attive nell’isola di Murano nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

In Tabella 3.1 sono riportati i codici identificativi ed i flussi emissivi delle 25 vetrerie artistiche attive nell’isola di Murano nel 2017 e che, all’epoca dello studio, risultavano autorizzate all’impiego di composti del Cadmio (*Cd*) nella miscela minerale inserita nel forno fusorio.

Per maggiori dettagli sui parametri geometrici e fisici delle singole sorgenti emissive che sono stati utilizzati nei file di input delle simulazioni modellistiche si rimanda alla Tabella A.1 riportata nell’Appendice A, ai paragrafi: “Configurazioni modellistiche” e “Parametri di sorgente”.

3.2.2 I recettori discreti

Nel periodo di valutazione considerato (settembre - dicembre 2017), le misure di concentrazione ambientale di Cadmio (*Cd*) sono state effettuate da ARPAV (a cura del Dipartimento Provinciale di Venezia) presso tre recettori discreti, cioè tre punti di monitoraggio della qualità dell’aria, ubicati rispettivamente presso:

- la scuola ‘Ugo Foscolo’ in Fondamenta Colleoni,
- Sacca Serenella (a Ovest dell’isola di Murano),
- Calle Marco da Muran.

La strumentazione di monitoraggio è stata posizionata nei tre siti in accordo con il Comune di Venezia, la Città Metropolitana di Venezia e l’ULSS 3 Serenissima. Nel seguito del presente report i tre recettori discreti, cioè i tre punti di monitoraggio della qualità dell’aria, saranno sinteticamente individuati con le diciture: ‘Foscolo’ (Fondamenta Colleoni), ‘Marco’ (Calle Marco da Muran) e ‘Serenella’ (Sacca Serenella).

In Figura 3.2 è rappresentata l’ubicazione geografica dei tre recettori discreti corrispondenti ai tre punti di monitoraggio della qualità dell’aria che sono stati appositamente allestiti nell’isola di Murano nel periodo da settembre a dicembre 2017.

Tabella 3.1: Codici identificativi e flussi emissivi stimati per le 25 vetrerie attive nell'isola di Murano nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

Id	Abb.	Nome	Q [mg/s]	A [h]	E [kg]
1	BLA	Vetreria Artistica Oball	0.0340	499	0.0620
2	BRV	Barovier e Toso	0.0420	2110	0.3200
3	CMD	Componenti Donà	0.0330	1171	0.1400
4	CRL	Carlo Moretti	0.0052	987	0.0190
5	DST	D'Este e Zane Art Glass	0.0160	210	0.0120
6	FFE	Vetreria Artistica Effe	0.0250	257	0.0230
7	FFT	Effetre	0.0520	2084	0.3900
8	GFR	Eugenio Ferro	0.0250	235	0.0210
9	GMB	Gambaro e Tagliapietra	0.0230	338	0.0270
10	LNV	Linea Valentina	0.0210	356	0.0270
11	MDF	Lavorazioni Artistiche	0.0160	445	0.0250
12	MRR	La Murrina	0.0170	548	0.0340
13	MSD	Mosaici Donà	0.0140	880	0.0440
14	NBC	Nuova Biemmecci	0.0250	701	0.0630
15	NFR	Anfora	0.0330	599	0.0710
16	NSM	Nason Moretti	0.0069	1895	0.0470
17	NTC	Antichi Angeli	0.0250	263	0.0230
18	RSM	Ars Murano	0.0350	2281	0.2900
19	RTL	Vetreria 3 Artistica	0.0300	433	0.0460
20	RTM	Artigianato Muranese	0.0160	1442	0.0810
21	SGC	Simone Cenedese	0.0210	1470	0.1100
22	SGG	Salvadore	0.0210	241	0.0180
23	SSH	SSHG	0.0870	567	0.1800
24	STL	Striulli Vetri Arte	0.0110	69	0.0028
25	VNN	Venini	0.0110	2533	0.1000

Note:

Q [mg/s]: flusso di massa inquinante;

A [h]: ore di attività sorgente di emissione nel periodo 01/09/2017 - 31/12/2017;

E [kg]: totale emissioni totali nel periodo 01/09/2017 - 31/12/2017;



Figura 3.2: I tre recettori discreti che corrispondono ai punti di monitoraggio della qualità dell'aria nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

3.2.3 Caratterizzazione meteorologica

Le variabili meteorologiche sono state calcolate con CALMET per il periodo di simulazione da settembre a dicembre 2017 su un'area (dominio di simulazione) delle dimensioni di 8 km x 10 km, centrato sull'isola di Murano, con una risoluzione di griglia (x,y) pari a 500 m di lato.

Le stazioni meteo al suolo utilizzate nella simulazione CALMET fanno parte della configurazione modellistica ottimizzata su scala regionale e sono costituite principalmente dalle reti ARPAV gestite dal Centro Meteorologico di Teolo (con palo meteo a 10 m), a cui sono state aggiunte: la stazione n. 5 dell'Ente Zona Industriale (EZI) di Porto Marghera e la stazione meteo ubicata sulla piattaforma al largo del Comune di Venezia necessaria per una più completa descrizione modellistica dell'interfaccia 'terra-mare'.

Per maggiori dettagli si rimanda a quanto riportato nel report ARPAV del 2019

[13] e nel presente rapporto in Appendice A (Configurazioni modellistiche), rispettivamente nei paragrafi: “Parametri di sorgente” e “Parametri di calcolo”.

Nel seguito sono presentati alcuni grafici delle principali variabili meteorologiche e dispersive dell’atmosfera relative all’estrazione nel punto corrispondente al centro del dominio di calcolo CALMET di coordinate X = 762230 m, Y = 5039163 m (EPSG 32632, WGS 84 / UTM zona 32N), che coincide approssimativamente con il ‘centro’ dell’isola di Murano.

Vento

Nella Tabella 3.2 sono riportate le principali statistiche descrittive (min, media, mediana, max, quartili inferiori e superiori) della velocità scalare del vento stratificate per mese relativo al periodo di simulazione, da settembre a dicembre 2017.

La velocità mensile media più elevata è risultata di 2.9 m s^{-1} a settembre mentre la velocità mensile più alta è stata registrata a novembre con un valore pari a 12.7 m s^{-1} . Le velocità mensili mediane, fatta la sola eccezione per settembre (2.8 m s^{-1}), sono risultate sempre inferiori a 2 m s^{-1} .

Nella successiva Figura 3.3 sono riprodotte le rose dei venti stratificate per mese (da settembre a dicembre 2017) in relazione al punto di estrazione ubicato al centro del dominio di calcolo di CALMET.

La direzione prevalente di provenienza dei venti risulta dal settore N, fatta eccezione per il mese di settembre in cui è da NNE. Il mese con velocità del vento più intensa e direzione di provenienza NE è novembre.

Tabella 3.2: Statistiche descrittive della velocità scalare del vento [m s^{-1}] stratificate per mese nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

mese	n	min	25° perc.	media	mediana	75° perc.	max
09-2017	720	0.1	2.0	2.9	2.8	3.5	8.3
10-2017	744	0.0	1.1	1.7	1.6	2.1	7.2
11-2017	720	0.1	1.3	2.5	1.9	3.0	12.7
12-2017	744	0.2	1.2	2.1	1.7	2.5	9.1

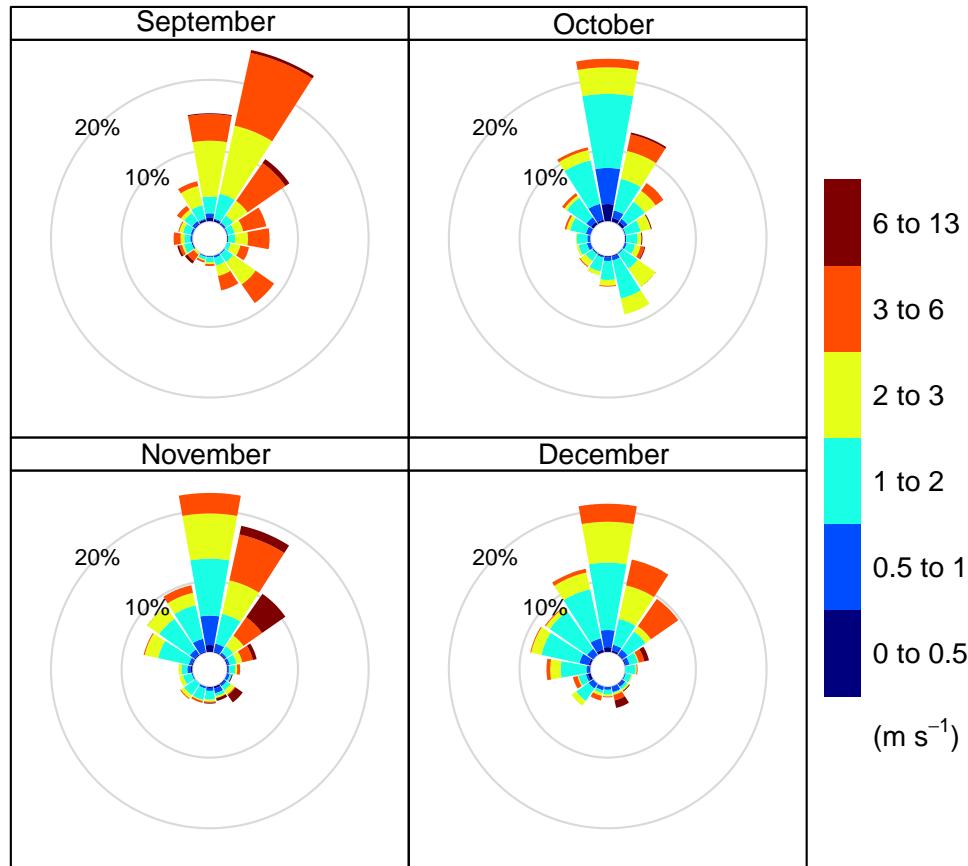


Figura 3.3: Rosa dei venti stratificata per mese nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

In Figura 3.4 viene rappresentata la stratificazione delle rose dei venti relative al punto corrispondente al centro del dominio di calcolo per il periodo diurno e notturno, sempre in riferimento all’intervallo temporale di simulazione da settembre a dicembre 2017.

Anche in questo caso si nota la netta prevalenza dei venti di provenienza dai settori N e NNE e, nel caso del periodo diurno, un sensibile incremento delle frequenze dei venti con direzione di provenienza da SSE ('breeze di mare'). Ancora una volta i venti di maggiore intensità provengono dal settore NE ('intrusioni di bora').

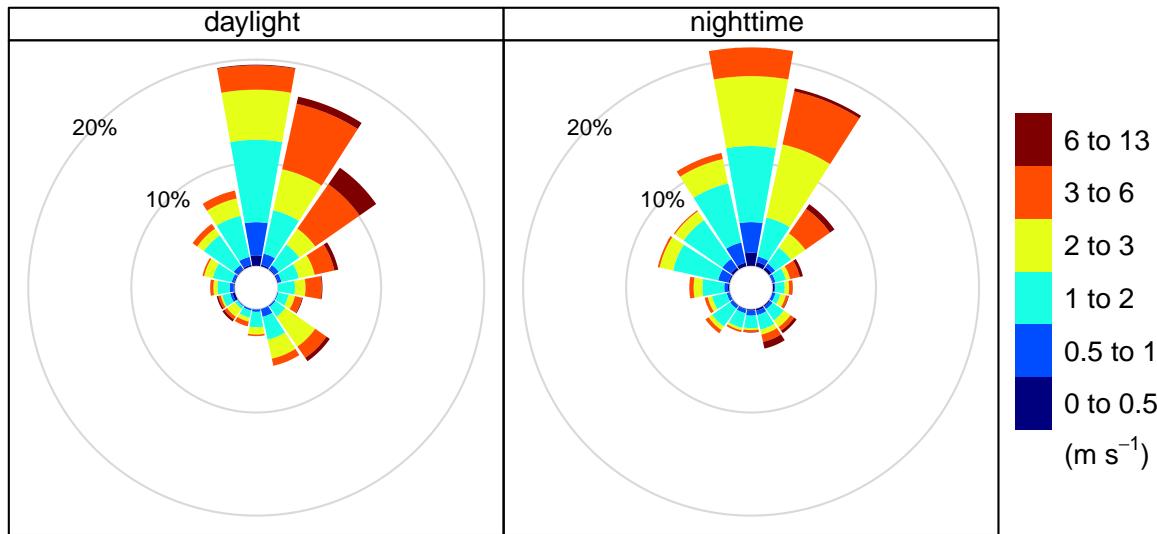


Figura 3.4: Rosa dei venti stratificata per periodo diurno vs. notturno nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

Infine, nel grafico in Figura 3.5 viene rappresentata la frequenza di distribuzione delle classi di intensità del vento, sempre relative al punto del centro di domino di calcolo CALMET. Si nota che le intensità prevalenti sono distribuite nelle tre classi ‘centrali’, comprese tra 1 e 6 m s^{-1} , mentre l’entità complessiva delle calme di vento, qui definite con velocità $< 0.5 \text{ m s}^{-1}$, ammonta a circa il 3% delle registrazioni complessive.

La frequenza complessiva delle classi di intensità del vento inferiori a 1 m s^{-1} rende conto di circa il 10% del totale dei casi registrati nel periodo di simulazione.

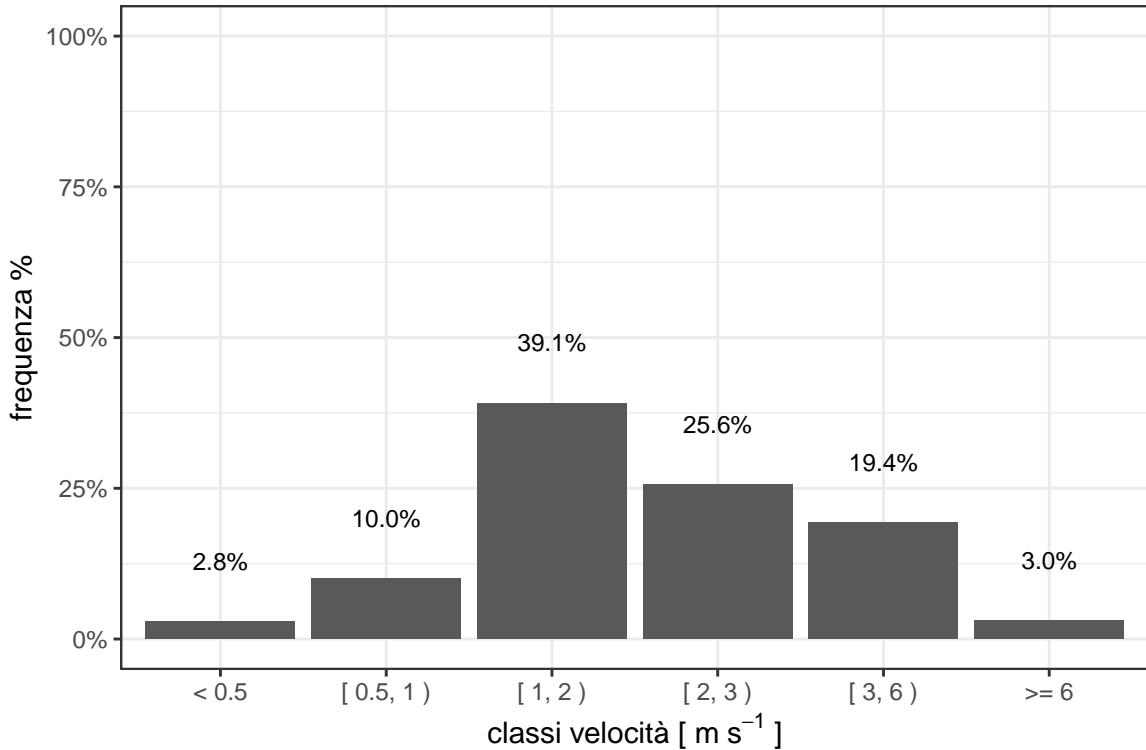


Figura 3.5: Frequenza percentuale delle classi velocità del vento [$m\ s^{-1}$] nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

Temperatura

In Figura 3.6 è rappresentato il profilo annuale delle temperature nel punto di estrazione corrispondente al centro del dominio di calcolo, stratificato per orario del giorno tipo e per mese. Dal grafico si nota come il giorno tipo mensile (linea continua rossa), come ampiamente atteso, tende a posizionarsi su valori significativamente decrescenti nel periodo di simulazione da settembre a dicembre.

La distribuzione media mensile delle temperature è rappresentata anche in forma di grafico ‘boxplot’ (Figura 3.7) in cui è reso ancora più evidente l’andamento del profilo temporale relativo a primo quartile (25° percentile), mediana (50° percentile), terzo quartile (75° percentile), valori massimi e minimi. Nel grafico è stato aggiunto anche il valore della media (asterisco di colore rosso), per delineare con maggiore chiarezza l’andamento generale delle temperature nel corso del 2017, ed in particolare il trend nettamente decrescente all’interno del periodo di simulazione considerato (da settembre a dicembre).

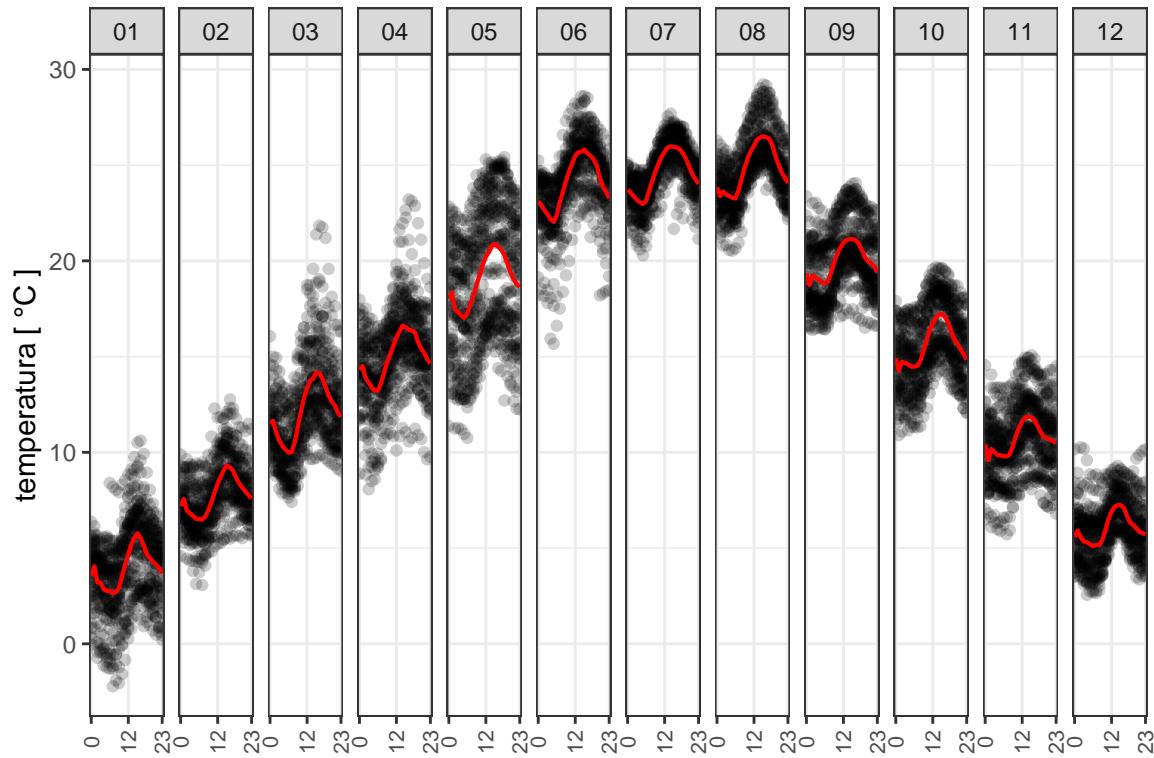


Figura 3.6: Temperatura. Distribuzione annuale con profilo giorno tipo stratificato per mese del 2017.

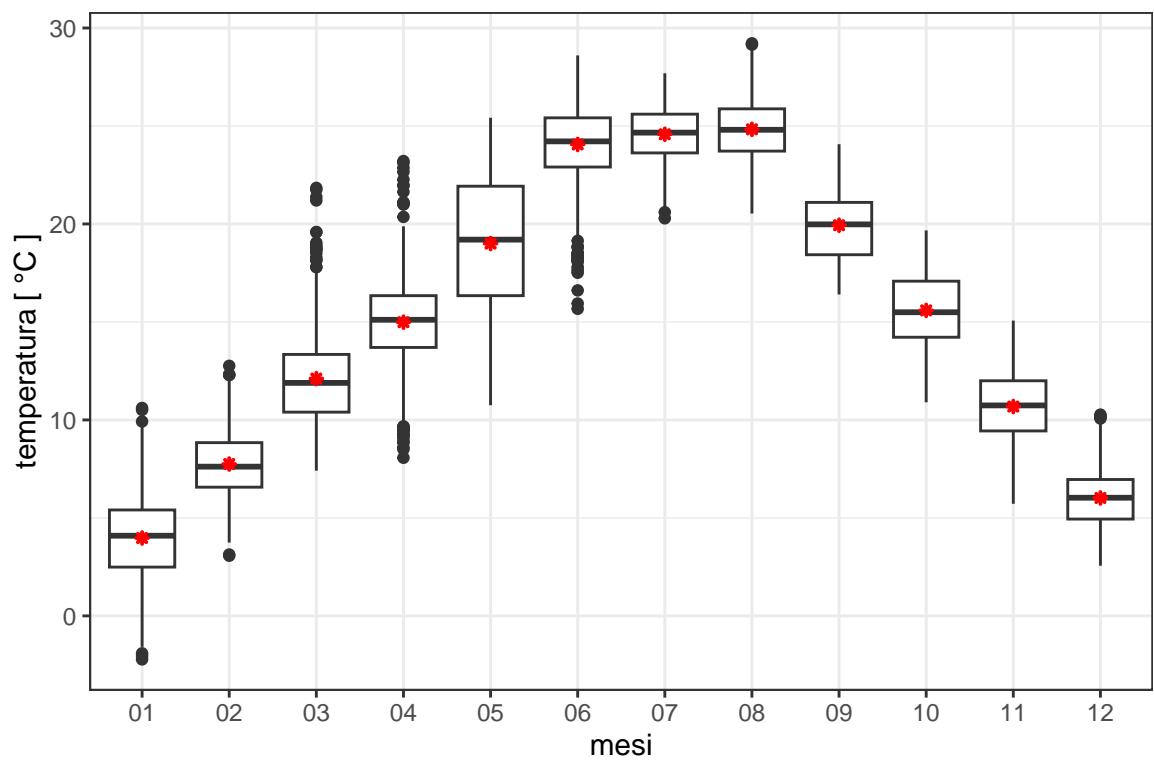


Figura 3.7: Temperatura. Boxplot mensile nel 2017.

Precipitazioni

In Figura 3.8 è rappresentata la precipitazione totale mensile nel 2017 per i dati estratti da CALMET.

La precipitazione totale annuale è pari a circa 673 mm, mentre la precipitazione totale relativa al solo periodo di simulazione, da settembre a dicembre 2017, ammonta a circa 325 mm, cioè un valore corrispondente a circa la metà del totale annuo di precipitazioni.

Per quanto riguarda la distribuzione mensile delle precipitazioni, dal grafico risulta evidente che il valore massimo assoluto è stato registrato nel mese di settembre, con circa 174 mm, mentre il valore minimo assoluto nel mese di marzo, con circa 8 mm. Rispetto al periodo di simulazione considerato il mese più piovoso coincide con il mese più piovoso in assoluto (settembre), mentre quello meno piovoso è ottobre, con circa 13 mm di precipitazioni.

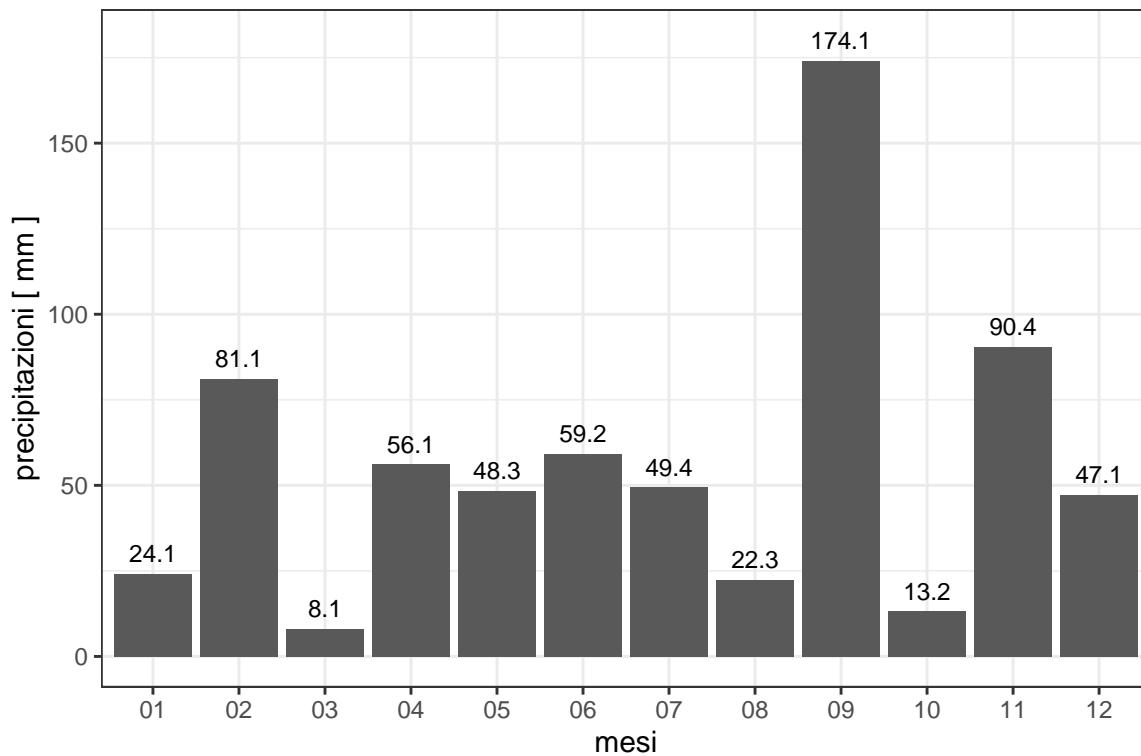


Figura 3.8: Precipitazioni totali mensili nel 2017.

Altezza di rimescolamento

L'altezza di rimescolamento può essere sinteticamente definita come l'altezza dello strato dell'atmosfera più prossimo alla superficie terrestre all'interno della quale un inquinante viene disperso verticalmente per turbolenza sia di tipo meccanico che

convettivo. Il valore dell'altezza di rimescolamento è il parametro che influenza direttamente la concentrazione degli inquinanti atmosferici immessi nell'atmosfera in prossimità della superficie terrestre (corrispondente ai primi 2-3 km di altezza).

La distribuzione mensile (variazione stagionale) dell'altezza di rimescolamento nel punto di estrazione corrispondente al centro del dominio di calcolo CALMET è rappresentata in Figura 3.9.

Nel grafico viene indicato con una linea rossa l'andamento del profilo medio giornaliero 'tipo' per il mese di riferimento che evidenzia, come ampiamente atteso, valori mediamente più elevati nei tipici mesi 'caldi', a maggior irraggiamento solare (da maggio ad agosto), ed una netta e significativa tendenza alla diminuzione a partire dal mese di settembre, creando, in questo modo, condizioni meno favorevoli alla dispersione (e quindi più favorevoli al ristagno) degli inquinanti atmosferici emessi a livello del suolo.

La distribuzione oraria (variazione notte-dì) dell'altezza di rimescolamento per il giorno tipo relativo al solo periodo di simulazione, da settembre a dicembre 2017, è rappresentata in dettaglio in Figura 3.10. Dal grafico si evidenzia chiaramente come i valori minimi di altezza di rimescolamento si verificano nel periodo notturno (tipicamente caratterizzato da condizioni di stabilità atmosferica) mentre questi crescono significativamente nel corso del periodo diurno in funzione dell'aumento della quantità di radiazione solare incidente.

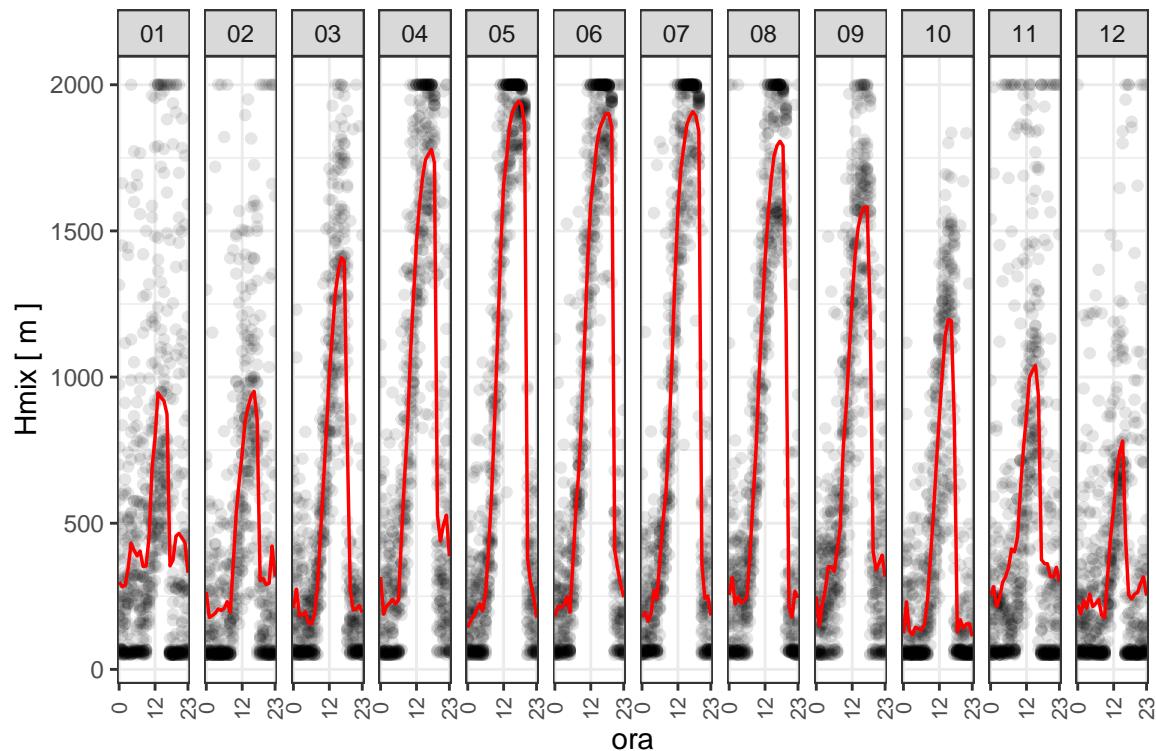


Figura 3.9: Altezza di rimescolamento. Distribuzione mensile nel 2017.

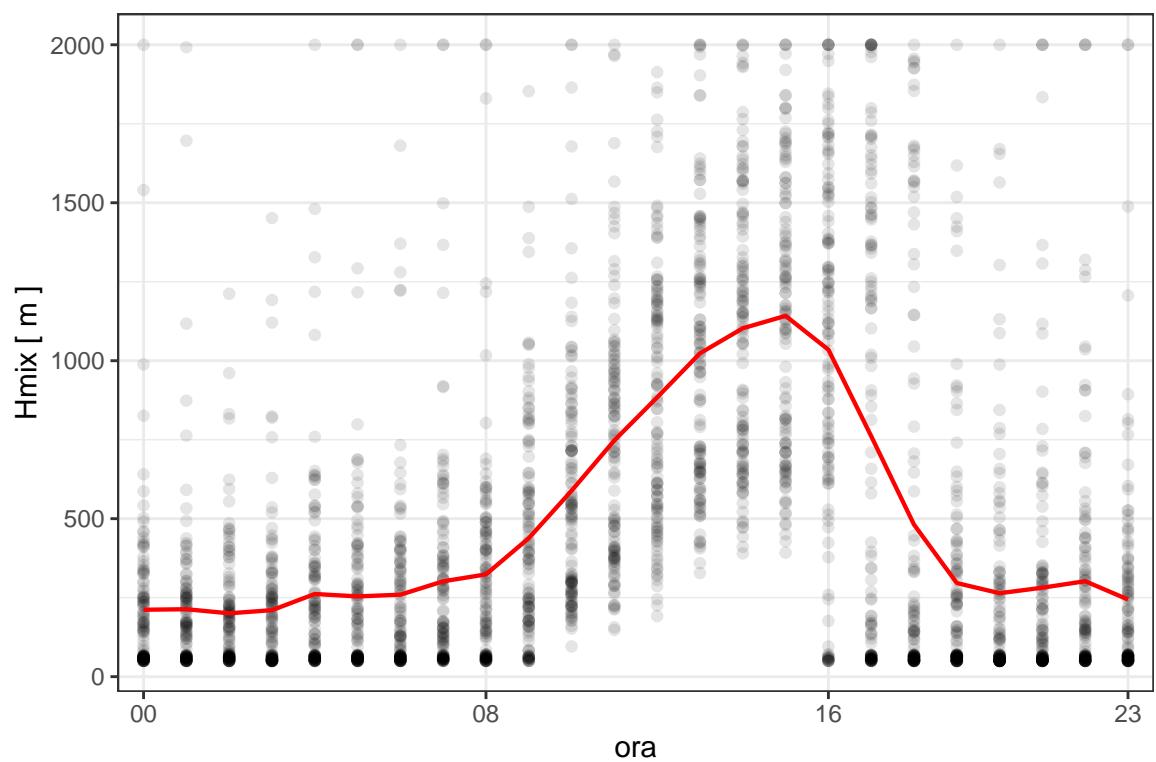


Figura 3.10: Altezza di rimescolamento. Giorno tipo nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

Classi di stabilità

La classe di stabilità atmosferica è un indice sintetico dello stato dell’atmosfera che ha l’obiettivo di fornire una classificazione delle configurazioni meteorologiche prevalenti che influenzano la dispersione degli inquinanti nella porzione più bassa, a diretto contatto con la superficie terrestre.

Lo schema di Pasquill-Gifford-Turner (PGT) prevede complessivamente 6 classi di stabilità, indicate dalla lettera *A* alla *F*. Le prime tre categorie, le *classi A, B e C*, rappresentano complessivamente condizioni ‘favorevoli’ alla dispersione degli inquinanti. La classe *A* rappresenta situazioni molto convettive con turbolenza di origine principalmente termica, la classe *C* condizioni convettive, con prevalente turbolenza di origine meccanica, mentre la classe *B* è indicativa di una situazione ‘intermedia’ alle due precedenti.

La classe *D* rappresenta tipicamente condizioni (stabili o convettive) prossime alle condizioni adiabatiche (cioè condizioni tipicamente ‘neutre’). Le due classi *E* ed *F* sono rappresentative rispettivamente di condizioni stabili notturne con vento abbastanza elevato e cielo poco nuvoloso o cielo sereno e velocità del vento relativamente bassa (cioè condizioni complessivamente meno favorevoli alla dispersione degli inquinanti atmosferici).

La distribuzione delle classi di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford-Turner (PGT) nel periodo da settembre a dicembre 2017 è rappresentata nel grafico a barre in Figura 3.11. La classe più frequente è risultata la *F* corrispondente a condizioni molto stabili, con oltre 36% delle ore totali. Al contrario, la classe *A*, corrispondente a condizioni estremamente instabili, è risultata presente per circa 0.1% delle cadenze orarie: si evidenzia, infatti, che solo 3 ore nell’intero periodo di simulazione hanno registrato condizioni molto favorevoli per la dispersione degli inquinanti.

Da precisare che le classi di Pasquill Gifford Turner (PGT) sono state qui presentate esclusivamente a scopo descrittivo per fornire una caratterizzazione sintetica ed immediata delle condizioni prevalenti di dispersione degli inquinanti nel periodo di simulazione e non sono state effettivamente utilizzate come parametro di calcolo per la stima di dispersione degli inquinanti atmosferici (per questo scopo è stata preferita la parametrizzazione continua con variabili micro-meteorologiche).

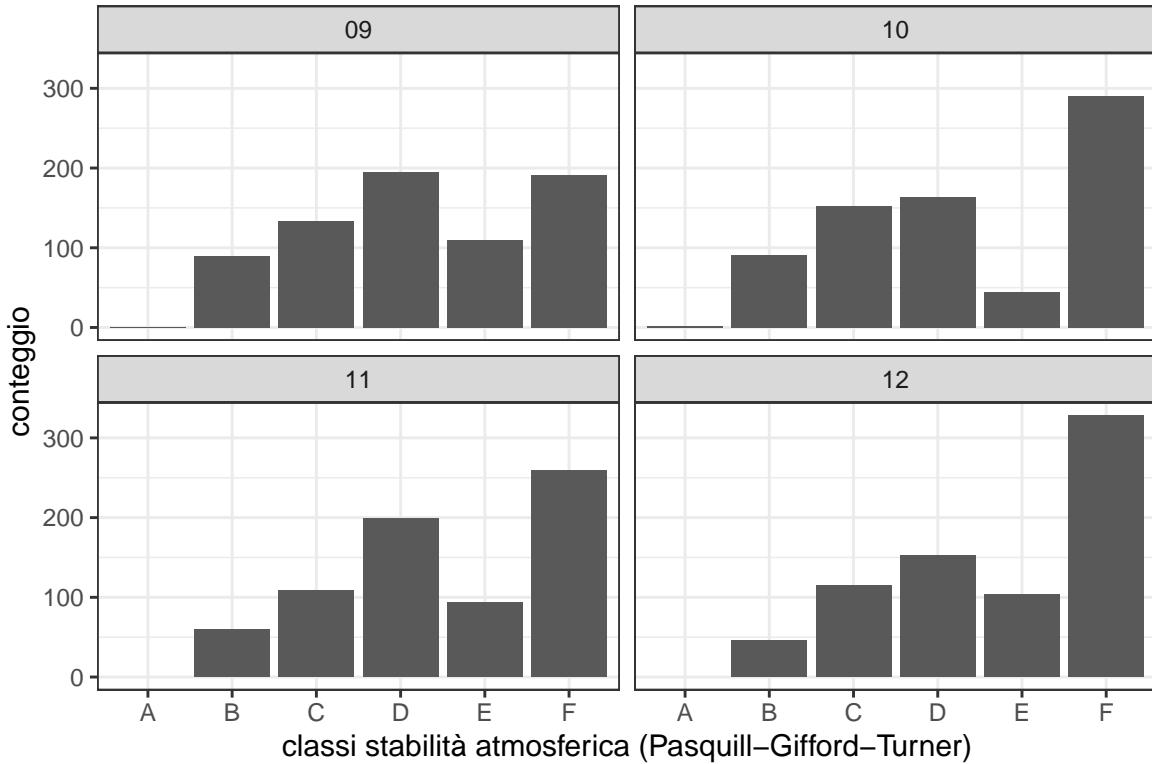


Figura 3.11: Classi di stabilità (PGT). Distribuzione mensile nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

3.2.4 Scenario di valutazione

Lo scenario di valutazione utilizzato sia per le stime con il sistema modellistico CALPUFF che per LAPMOD è stato definito in riferimento alle emissioni di tipo convogliato che avvengono solo nella fase di fusione e non tratta le emissioni dovute ad eventuale apertura dei camini by-pass o emissioni diffuse dagli ambienti di lavoro e dalle varie linee di lavorazione del vetro non direttamente afferenti al processo di fusione.

L'approccio di valutazione utilizzato è comunque di tipo *cautelativo*, considerato che per ciascuna sorgente emissiva sono stati utilizzati i valori di portata degli effluenti e di concentrazione dell'inquinante Cadmio (*Cd*) riferiti ai valori *massimi autorizzati*. Si ricorda, a tal proposito, che per il Cadmio (*Cd*) il valore di concentrazione massimo autorizzato per tutte le vetrerie che sono attive nell'isola di Murano corrisponde a 0.1 mg Nm⁻³, riferito ad una percentuale di Ossigeno del 13%.

Le ore effettive di attività dei forni fusori, e quindi di emissione a camino delle 25 vetrerie considerate nel presente studio modellistico, sono state ricavate dalle post-elaborazioni delle registrazioni originarie delle temperature di fusione dei forni

censiti dal sistema di ‘telecontrollo’ gestito dalla Città Metropolitana di Venezia. La velocità degli effluenti è stata ricavata dai valori di portata e dal diametro nominale dei camini o dai dati di archivio presenti in rapporti di prova dei controlli ispettivi e degli autocontrolli aziendali. Analogamente per quanto riguarda le temperature dei fumi. Per maggiori dettagli su tutti questi aspetti metodologici si rimanda al report ARPAV del 2019 [13].

Nella presente stima modellistica il Cadmio (Cd) è stato trattato come un generico inquinante ‘inerte’, che non subisce alcuna trasformazione di tipo chimico-fisico nelle fasi di vita successive al suo rilascio in atmosfera. Con l’obiettivo di fornire una valutazione il più possibile *cautelativa* non è stata inoltre considerata alcuna forma di deposizione secca o umida degli inquinanti emessi a camino delle vetrerie.

3.2.5 Confronto stime CALPUFF e LAPMOD vs. misure

In questo paragrafo sono riportate le statistiche descrittive delle stime presso i recettori discreti e le mappe di concentrazione di Cadmio (Cd) nel dominio di calcolo prodotte con le simulazioni CALPUFF e LAPMOD. In particolare, viene proposto un confronto sia rispetto ai valori ambientali misurati che rispetto al grado di convergenza delle stime prodotte dai due alternativi sistemi modellistici.

La Tabella 3.3 riepiloga le principali statistiche descrittive per le concentrazioni ambientali di Cadmio (Cd) presso i tre recettori discreti (‘Foscolo’, ‘Marco’, ‘Serenella’) mettendo a confronto le misure ambientali ed i risultati delle stime modellistiche prodotte sia con CALPUFF che con LAPMOD.

Tabella 3.3: Statistiche descrittive. Misure vs. LAPMOD vs. CALPUFF. I valori di concentrazione ai recettori espressi in [$ng\ m^{-3}$].

recettore	stima	n	min	25° perc.	media	mediana	75° perc.	98° perc.	max
foscolo	calpuff	123	0.0	0.1	0.3	0.2	0.4	0.6	0.7
	lapmod	123	0.0	0.1	0.5	0.3	0.7	2.2	3.4
	misura	114	0.8	2.6	89.9	10.5	51.5	969.3	1538.9
marco	calpuff	123	0.0	0.2	0.3	0.3	0.5	1.1	1.2
	lapmod	123	0.0	0.3	1.0	1.0	1.5	2.4	5.2
	misura	121	0.3	7.7	133.3	26.0	115.2	1080.4	2146.6
serenella	calpuff	123	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6
	lapmod	123	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	1.2
	misura	120	0.1	0.6	11.8	1.5	9.0	80.0	279.8

Dalla Tabella si osserva chiaramente che i valori misurati sono molto maggiori per alcune statistiche, quantificabili in termini di ordini di grandezza, rispetto a quelli stimati da entrambi i modelli di calcolo (sia per CALPUFF che per LAPMOD).

Ad esempio, focalizzando l'attenzione sulla media, che tipicamente rappresenta la statistica più robusta, il rapporto tra valori ambientali misurati e quelli stimati da modello vale:

- in Foscolo, circa 300 per CALPUFF e circa 180 per LAPMOD;
- in Marco, circa 444 per CALPUFF e circa 133 per LAPMOD;
- in Serenella, circa 118 per CALPUFF e circa 118 per LAPMOD.

Detto in altri termini, al fine di riprodurre i valori ambientali misurati, le stime modellistiche presso i singoli recettori devono essere moltiplicate per un fattore ‘correttivo’ pari ad un valore del rapporto sopra indicato.

Escludendo, quindi, possibili errori nell'utilizzo dei modelli di dispersione, una simile discrepanza indica necessariamente una forte sottostima dei valori emissivi di Cadmio (Cd) che caratterizza quindi i dati di input al modello relativi alle sorgenti considerate nella simulazione. Si osserva, inoltre, per tutte le principali statistiche descrittive, fatta la sola parziale eccezione per i valori massimi che tipicamente risultano molto meno stabili, l'ottimo grado di ‘convergenza’ delle stime prodotte da CALPUFF e da LAPMOD presso tutti i tre recettori discreti (‘Foscolo’, ‘Marco’, ‘Serenella’).

In Figura 3.12 sono riprodotte in forma di grafici lineari le serie temporali delle concentrazioni medie giornaliere di Cadmio (Cd) presso i tre recettori discreti (‘Foscolo’, ‘Marco’, ‘Serenella’), ottenute da misure ambientali e stime modellistiche con CALPUFF e LAPMOD.

Da notare che, al fine di rendere più evidente e leggibile l'andamento di ciascuna serie temporale, la scala delle ordinate è stata impostata con un differente intervallo degli estremi inferiore e superiore nonché un diverso passo di risoluzione. Per questo motivo, la lettura del grafico deve essere esclusivamente intesa per evidenziare il significativo scarto tra valori delle misure ambientali e quelli delle stime modellistiche (che sono da ricondurre alle motivazioni già sopra evidenziate).

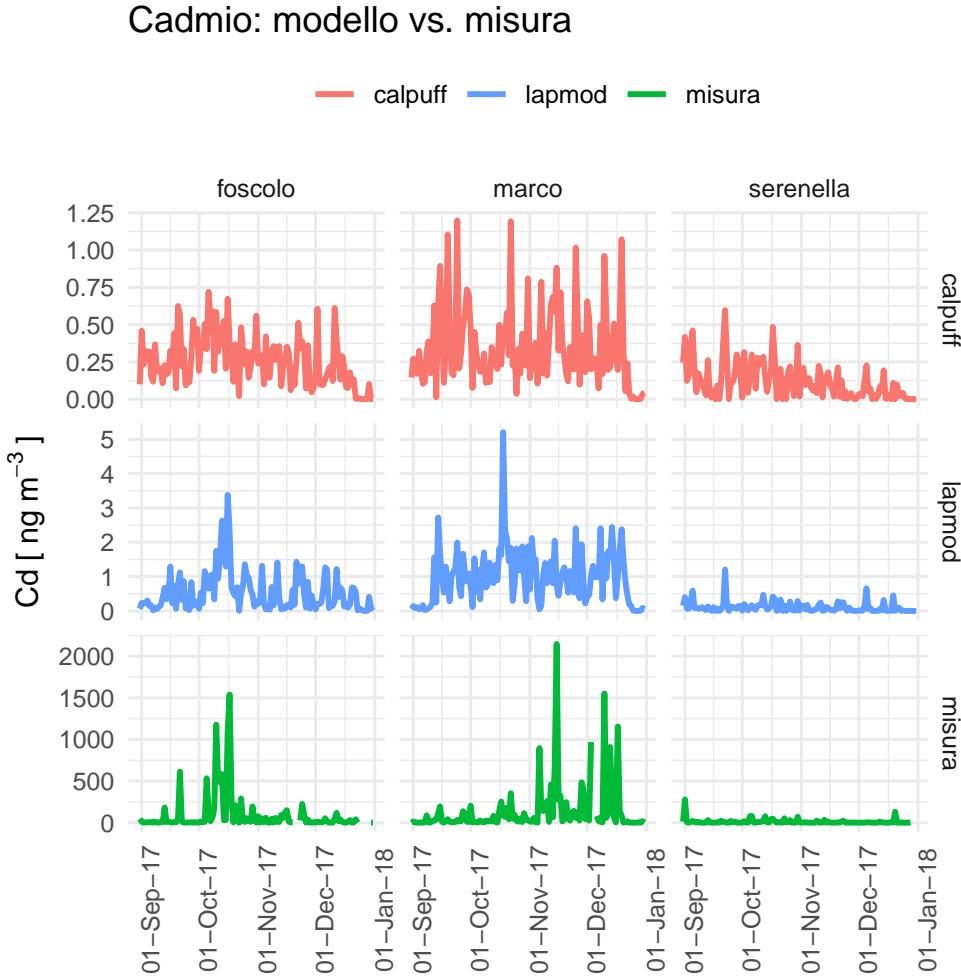


Figura 3.12: Confronto tra stime modellistiche e misure presso i recettori discreti.

Le Figure 3.13, 3.14 e 3.15 mostrano rispettivamente per i tre recettori discreti ‘Foscolo’, ‘Marco’ e ‘Serenella’ il dettaglio del confronto tra misure ambientali e stime modellistiche prodotte con CALPUFF e LAPMOD.

Ancora una volta, per una corretta lettura ed interpretazione dei dati è necessario porre particolare attenzione al fatto che si tratta di un grafico lineare con un doppio asse delle ordinate: quello a sinistra è riferito alle misure ambientali mentre quello a destra, opportunamente scalato di un fattore 1000, è riferito alle stime modellistiche.

Il grafico mette in evidenza la modulazione temporale, che in alcuni punti appare abbastanza ‘in fase’ tra stime e misure, in particolare per alcuni picchi di concentrazione ma anche il notevole e significativo scarto quantitativo tra misure ambientali e stime modellistiche presso i tre recettori considerati.

Foscolo: Misura vs. CALPUFF vs. LAPMOD

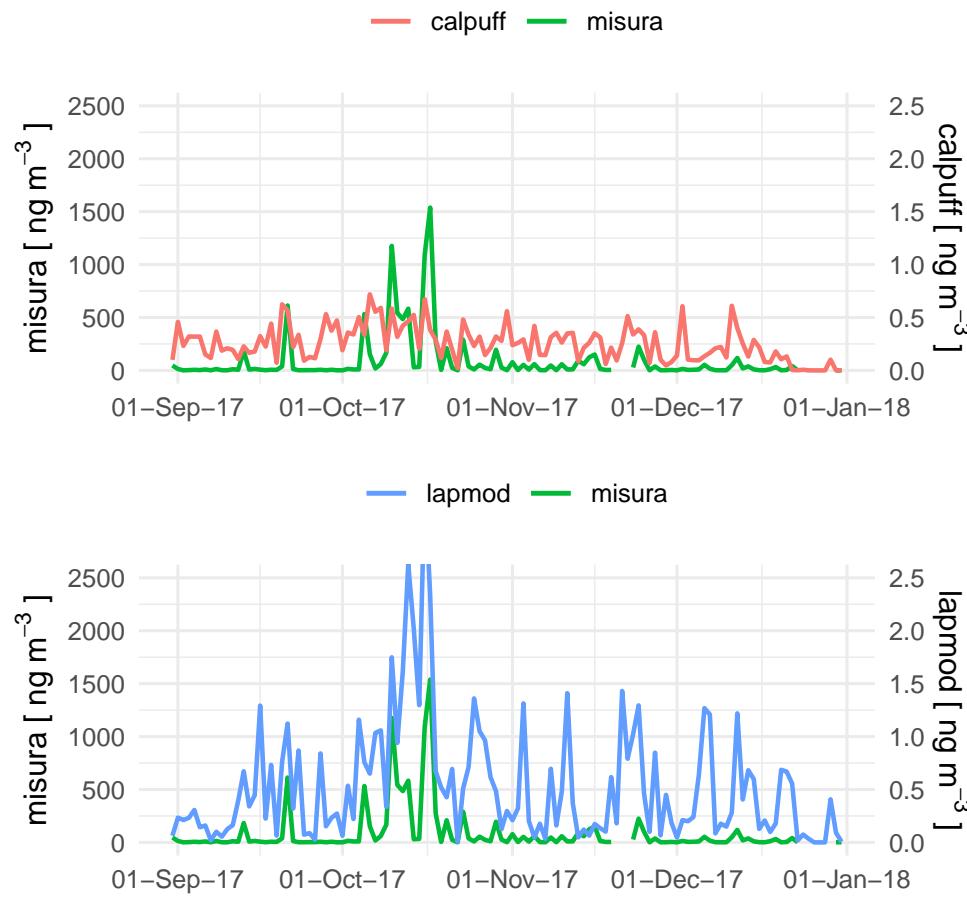


Figura 3.13: Recettore 'Foscolo'. Confronto stime modellistiche vs. misure ambientali.

Marco: Misura vs. CALPUFF vs. LAPMOD

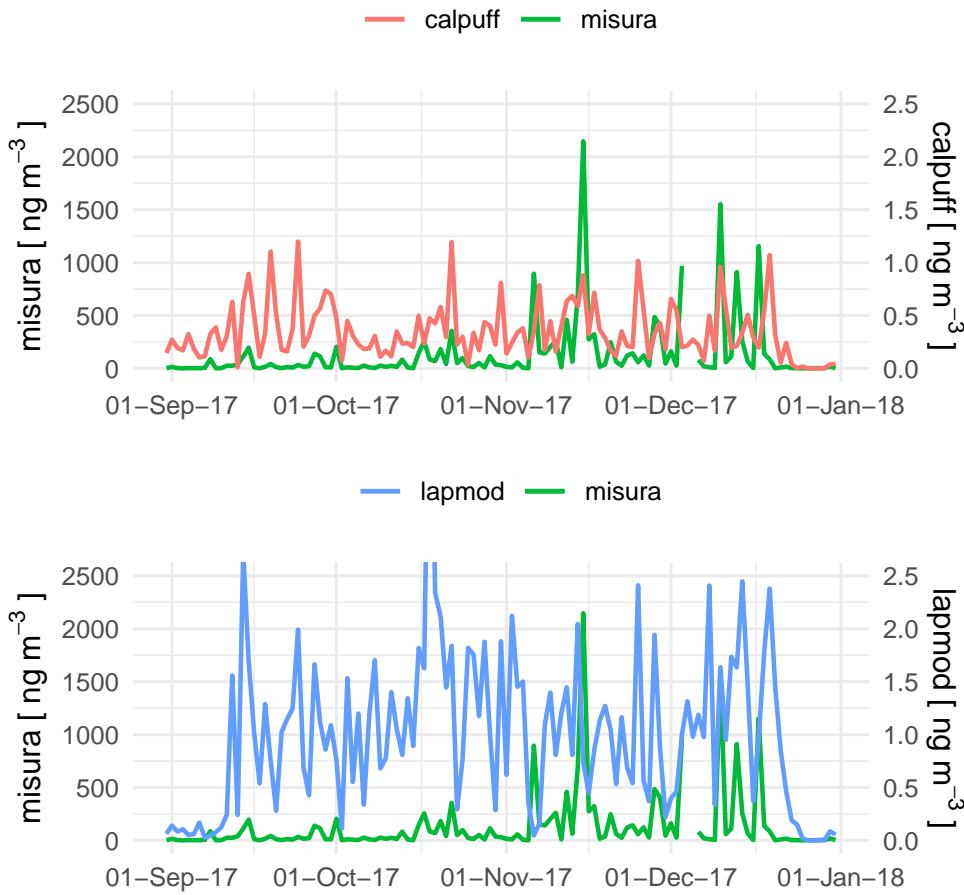


Figura 3.14: Recettore 'Marco'. Confronto stime modellistiche vs. misure ambientali.

Serenella: Misura vs. CALPUFF vs. LAPMOD

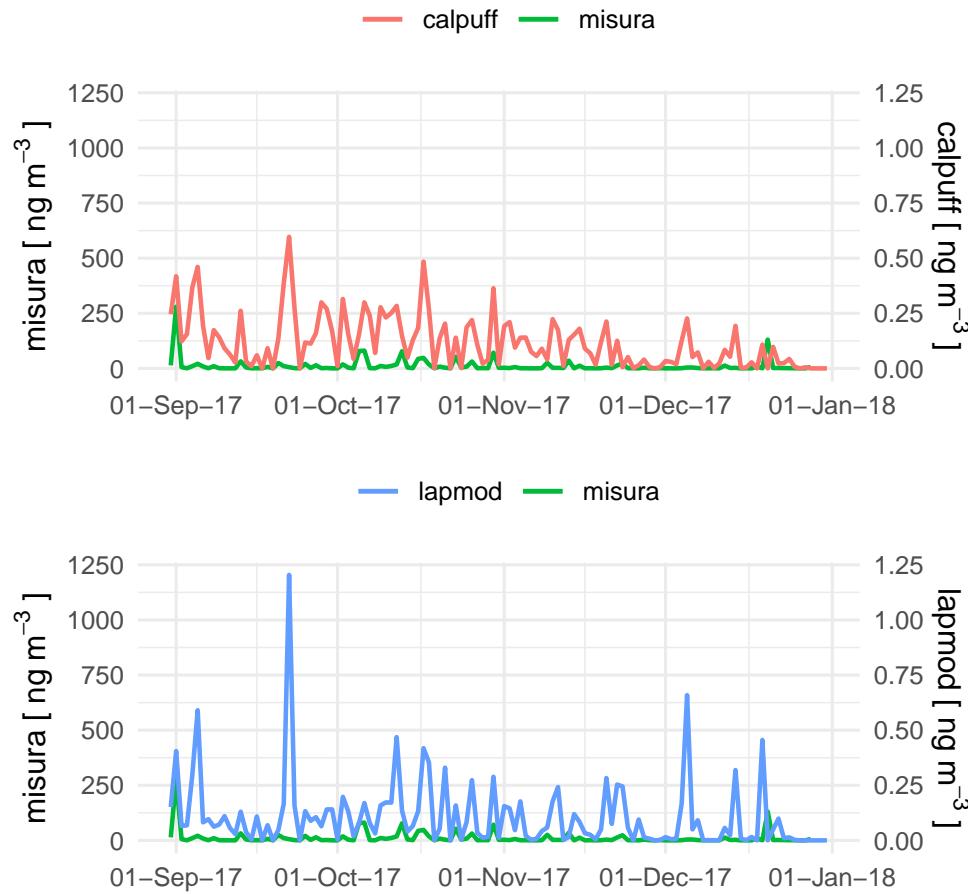


Figura 3.15: Recettore 'Serenella'. Confronto stime modellistiche vs. misure ambientali.

La Figura 3.16 e la Figura 3.17 mostrano la mappa di concentrazione media di Cadmio (Cd) per il periodo di simulazione considerato (da settembre a dicembre 2017), stimata rispettivamente da CALPUFF e LAPMOD.

Le mappe evidenziano, ancora una volta, valori di concentrazione generalmente molto bassi in tutto il dominio di calcolo con alcuni '*spot*' di concentrazione più elevati ubicati in prossimità di alcune sorgenti. Tali valori elevati, che risultano spesso confinati entro lo spazio di una o due celle di calcolo (di lato 50 m), risultano comunque ampiamente inferiori, di almeno due ordini di grandezza, rispetto alle misure ambientali (per un confronto numerico si rimanda ai valori riportati in Tabella 3.3, nella colonna 'media').

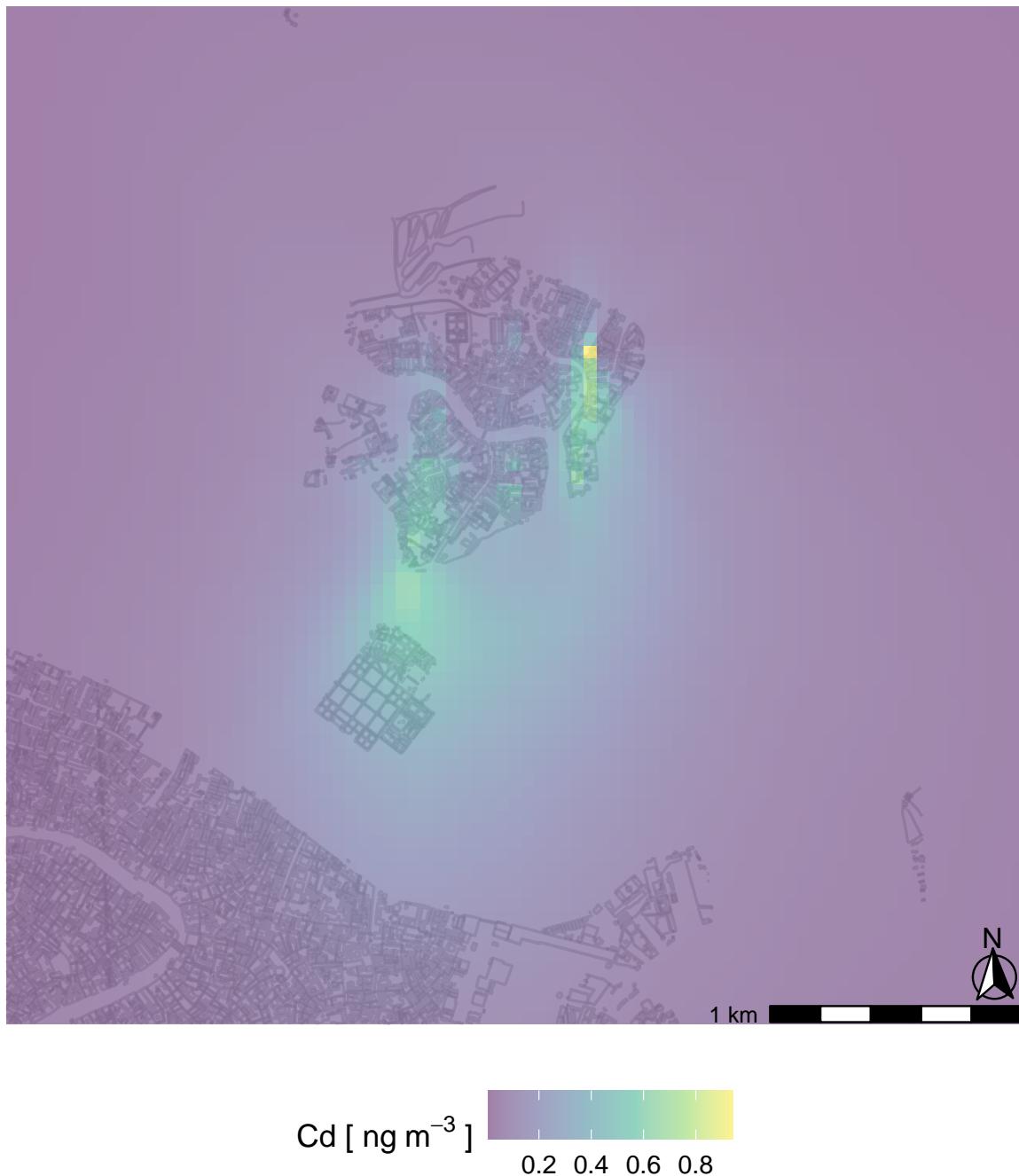


Figura 3.16: CALPUFF. Mappa concentrazione media nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

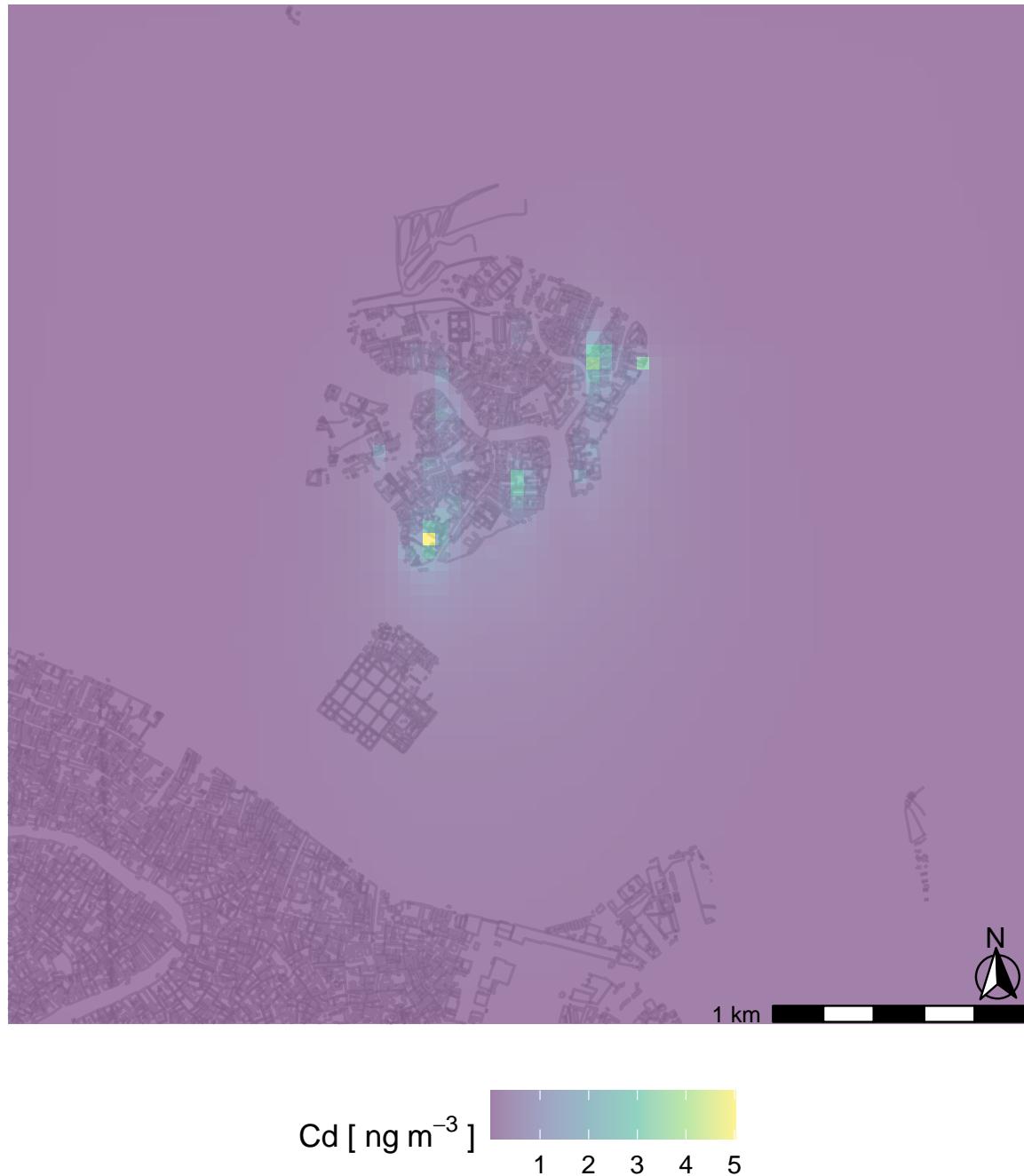


Figura 3.17: LAPMOD. Mappa concentrazione media nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

Per una più efficace visualizzazione e confronto dei risultati modellistici ottenuti con CALPUFF e LAPMOD nella Figura 3.18 sono riportate la mappatura delle isoline di concentrazione media di Cadmio (Cd) per il periodo di simulazione considerato. Nelle mappe sono anche indicate le posizioni dei 3 recettori (punti in colore rosso), le 25 sorgenti emissive (croci in colore rosso) rappresentate dai camini delle

vetrerie ed il valore dei massimi spaziali di dominio (indicato con ‘*max*’ nel testo del titolo del riquadro relativo al corrispondente sistema modellistico).

La mappa delle concentrazioni medie per il periodo considerato si estende verso Sud come prevedibile sulla base della direzione del vento prevalente (già mostrata in precedenza con la rosa dei venti, cfr. Figura 3.3 e Figura 3.4).

Per CALPUFF, l’isolinea corrispondente a 0.2 ng m^{-3} si estende fino a lambire la coordinata $Y = 5037250 \text{ m}$, mentre l’isolinea 0.1 ng m^{-3} si estende fino a poco oltre la coordinata $Y = 5036750 \text{ m}$.

Analogamente per LAPMOD le isoline si estendono verso Sud, ma ad una distanza inferiore. Considerando, ad esempio, il livello 0.1 ng m^{-3} si nota che esso termina circa 750 m prima rispetto a CALPUFF.

In generale, per LAPMOD si notano picchi più pronunciati attorno alla sorgente, con isoline (non indicate nel grafico per maggiore facilità di lettura) che si ‘chiudono’ entro 1 o 2 celle della griglia di calcolo (impostata con un passo di 50 m).

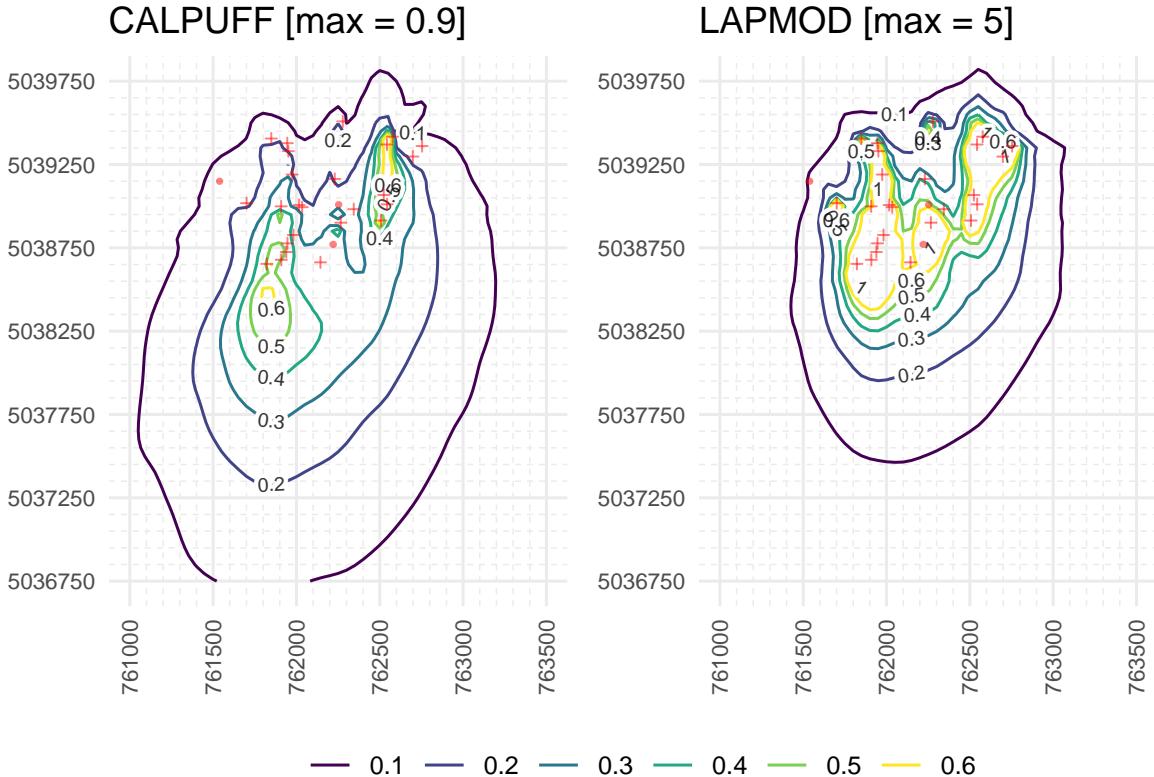


Figura 3.18: CALPUFF vs. LAPMOD. Isolinee di concentrazione media [ng m^{-3}] del Cadmio (Cd) nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

In Figura 3.19 ed in Figura 3.20 sono presentate rispettivamente le mappe:

- del valore massimo delle concentrazioni medie 24h;
- del 98° percentile delle concentrazioni medie 24h (ottenuto estraendo il secondo valore più alto delle medie 24h, considerato che il totale dei giorni di simulazione nel periodo da settembre a dicembre 2017 è pari a 123).

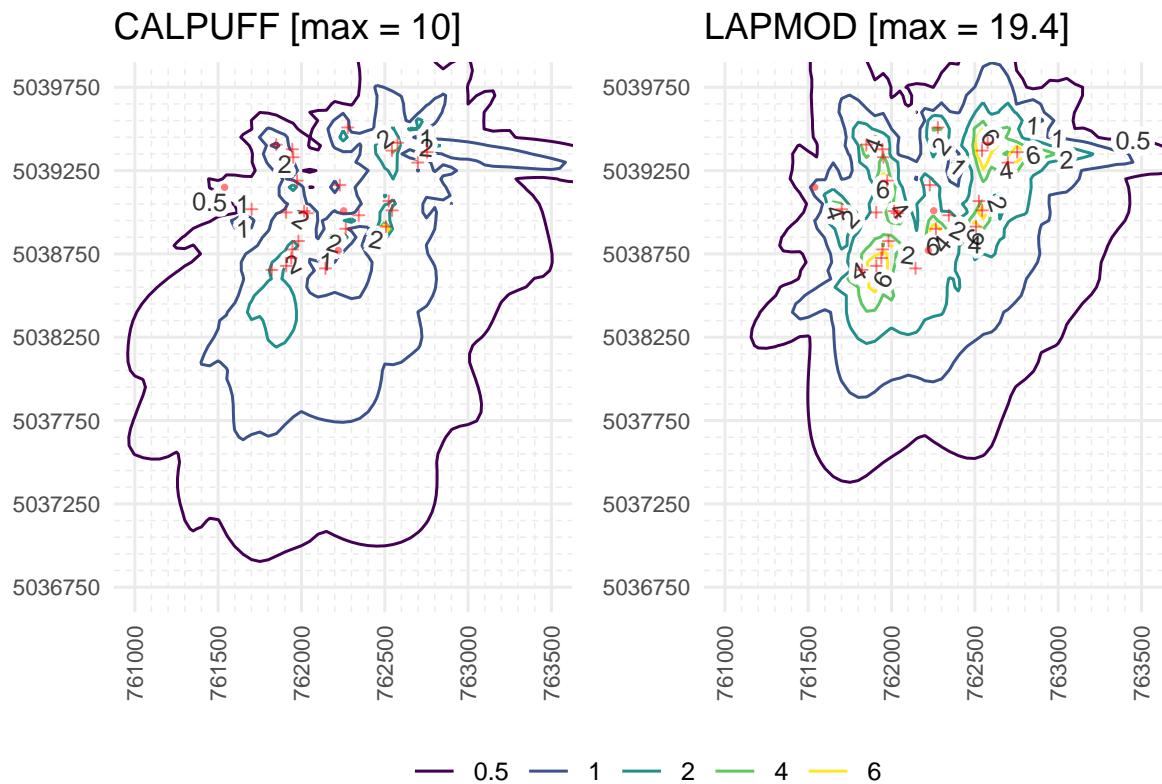


Figura 3.19: CALPUFF vs. LAPMOD. Isolinee di concentrazione massima media 24h [ng m^{-3}] del Cadmio (Cd) nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

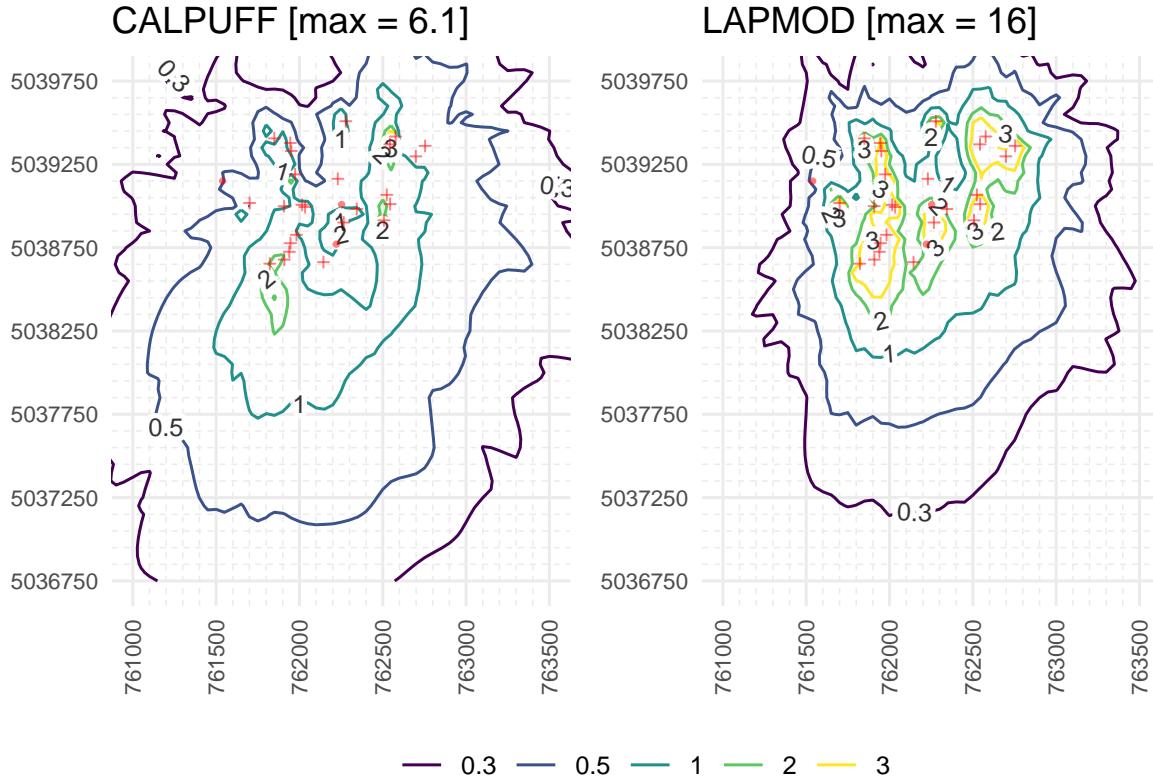


Figura 3.20: CALPUFF vs. LAPMOD. Isolinee di concentrazione al 98° percentile delle medie 24h [ng m^{-3}] del Cadmio (Cd) nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

3.2.6 Uno scenario di valutazione altamente cautelativo

Come evidenziato nei paragrafi precedenti le stime modellistiche, sia di CALPUFF che di LAPMOD, sono risultate centinaia di volte inferiori ai valori ambientali misurati.

Considerate tutte le possibili limitazioni dei modelli o gli eventuali problemi di non completa rappresentatività della meteorologia, una tale differenza può essere spiegata solo attraverso una notevole sottostima delle emissioni (utilizzate in ingresso al modello).

In questo paragrafo vengono esposti i risultati di una ulteriore simulazione modellistica effettuata con il sistema LAPMOD e riferita ad uno *scenario* di valutazione ipotetico *altamente cautelativo*, qui definito nel tentativo di ‘avvicinare’ il più possibile i valori stimati alle misure.

Lo scenario di valutazione utilizzato nella presente simulazione considera sia l’effetto del *building downwash* che di annullamento del *plume rise*.

Si tratta di uno scenario di valutazione solo in parte realistico, definito con l’obiettivo di valutare se è possibile ‘compensare’ il notevole scarto tra i valori delle

misure ambientali e delle stime modellistiche con una parametrizzazione *altamente cautelativa*’ del modello LAPMOD.

L’utilità di predisporre un simile scenario di valutazione sta nella possibilità di ottenere un’indicazione di tipo operativo che, come sarà evidente dai risultati presentati nel seguito del presente paragrafo, conferma inequivocabilmente un significativo *deficit informativo* riguardante la corretta e completa caratterizzazione delle emissioni prodotte dalle vetrerie.

Dal punto di vista computazionale, c’è da rilevare che LAPMOD non è ancora in grado di simulare l’effetto *building downwash* (*feature* modellistica non ancora rilasciata ufficialmente ed attualmente ancora in fase di *testing*).

Nel tentativo di *mimare* la cattura del pennacchio inquinante emessa dai camini di emissione all’interno della scia degli edifici circostanti, è stata arbitrariamente ridotta la quota di emissione di ogni camino a 0.5 m sopra il livello del suolo.

Questo tentativo, per certi aspetti di tipo *artigianale*, di simulazione dell’effetto *building downwash*, è paragonabile a quanto viene fatto nei modelli per stimare l’effetto *stack tip downwash*, in cui, però, la riduzione dell’altezza del camino dipende dalla velocità del vento e dalla velocità di emissione degli effluenti.

L’annullamento del *plume rise*, cioè la spinta di tipo meccanico e termico di innalzamento del pennacchio degli inquinanti emessi a camino, è stata simulata impostando nel file di input delle emissioni LAPMOD il *tipo 1* per tutte le sorgenti (invece, nel caso base era stato utilizzato il *tipo 6*).

Per maggiori dettagli su questi aspetti tecnici si rimanda direttamente a quanto riportato nel testo del manuale d’utente LAPMOD (<https://www.enviroware.it/lapmod/>).

In Tabella 3.4 viene riportato un confronto delle principali statistiche descrittive presso i recettori discreti ‘Foscolo’, ‘Marco’ e ‘Serenella’, relative alle misure ambientali ed al calcolo LAPMOD sia per lo scenario ‘*base*’ che per il secondo scenario, ‘*altamente cautelativo*’.

Si evidenzia chiaramente che, rispetto ai risultati dello scenario ‘*base*’, già descritto nel paragrafo 3.2.4, lo scenario di valutazione ‘*altamente cautelativo*’, che prevede di considerare sia l’effetto ‘*building downwash*’ che l’annullamento del ‘*plume rise*’, pur evidenziando stime di concentrazione più elevate, in particolare per quanto riguarda i valori dei percentili ‘alti’, non riesce comunque ad avvicinare in modo significativo i livelli di concentrazione rilevati dalle misure ambientali.

Anche in questo caso, analogamente a quanto evidenziato nel paragrafo 3.2.5, i valori ambientali misurati sono risultati molto maggiori rispetto a quelli stimati da

modello.

Tabella 3.4: Statistiche descrittive. Misure ambientali vs. LAPMOD caso base vs. LAPMOD caso altamente cautelativo (bdnpr). I valori di concentrazione ai recettori sono espressi in [$ng\ m^{-3}$].

recettore	stima*	n	25° perc.	media	75° perc.	98° perc.	max
foscolo	base	123	0.1	0.5	0.7	2.2	3.4
foscolo	bdnpr	123	0.1	0.9	1.1	6.8	9.9
foscolo	misure	114	2.6	89.9	51.5	969.3	1538.9
marco	base	123	0.3	1.0	1.5	2.4	5.2
marco	bdnpr	123	0.5	1.6	2.3	6.0	15.4
marco	misure	121	7.7	133.3	115.2	1080.4	2146.6
serenella	base	123	0.0	0.1	0.1	0.5	1.2
serenella	bdnpr	123	0.0	0.1	0.1	0.5	0.9
serenella	misure	120	0.6	11.8	9.0	80.0	279.8

Note:

base = stime LAPMOD scenario base

bdnpr = stime LAPMOD scenario altamente cautelativo

misure = concentrazioni ambientali presso i recettori

Limitandoci al confronto delle sole medie di periodo (settembre - dicembre 2017), si osserva che il rapporto tra valori valori misurati e valori stimati vale circa 100 presso il recettore discreto ‘Foscolo’, circa 83 presso il recettore ‘Marco’ e circa 118 presso il recettore ‘Serenella’, con un valore medio di tali rapporti che è pari a circa 100.

In altri termini, considerando lo scenario di valutazione più cautelativo, le emissioni in ingresso al modello dovrebbero essere incrementate di circa 100 volte al fine di ottenere valori simulati paragonabili a quelli ambientali osservati (misure in campo).

Nelle successive mappe tematiche sono rappresentate, per lo scenario di valutazione altamente cautelativo qui presentato, le stime LAPMOD relative alla concentrazione media di periodo (in Figura 3.21), al 98° percentile delle concentrazioni medie 24h (in Figura 3.22), al valore massimo delle concentrazioni medie 24h (in Figura 3.23).

LAPMOD, media periodo [max = 32.6]

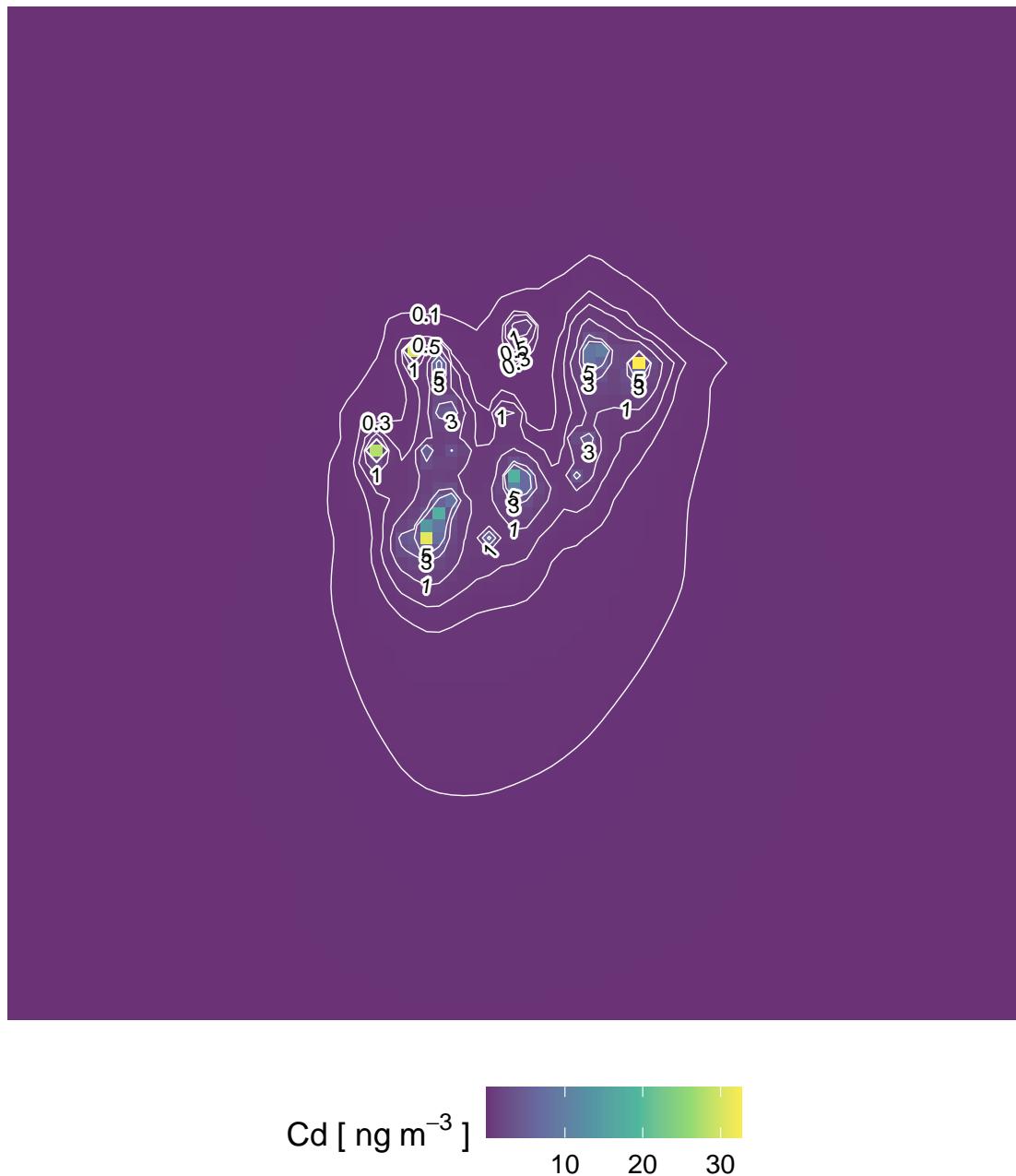


Figura 3.21: LAPMOD. Concentrazione media di periodo del Cadmio (Cd) per lo scenario cautelativo nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

LAPMOD, 98° percentile 24h [max = 327.9]

Figura 3.22: LAPMOD. 98° percentile delle concentrazioni medie 24h del Cadmio (Cd) per lo scenario cautelativo nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

LAPMOD, valore massimo 24h [max = 1451.1]



Figura 3.23: LAPMOD. Valore massimo delle concentrazioni medie 24h del Cadmio (Cd) per lo scenario cautelativo nel periodo di simulazione (set-dic 2017).

3.3 Stime modellistiche per impianto sperimentale

Gli obiettivi progettuali (*OG-2*) e (*OS-3*) prevedono la realizzazione di una serie di misure delle emissioni a camino in relazione all'utilizzo di differenti tecniche di introduzione dei coloranti nel processo produttivo del vetro.

La Vetreria ‘*Effetre Murano srl*’, consociata a Punto Confindustria di Venezia, si è resa disponibile per l’installazione e l’utilizzo sperimentale di un impianto pilota presso i propri locali produttivi e l’esecuzione di una serie di prove controllate alle emissioni.

L’attività progettuale si prefigge di approfondire le problematiche derivanti dall’impiego di coloranti contenenti Cadmio (*Cd*) nell’industria del vetro artistico, attraverso la valutazione delle emissioni in atmosfera e la sperimentazione delle migliori tecniche di utilizzo dei composti coloranti nelle masse vetrose in fusione.

In questo paragrafo sono riportati:

- gli obiettivi specifici dell’attività di sperimentazione con l’impianto pilota installato presso i locali produttivi della ditta ‘*Effetre*’;
- una breve descrizione dell’impianto pilota e delle modalità di conduzione della sperimentazione relativa alle misure delle emissioni a camino;
- la presentazione e la valutazione dei risultati delle emissioni in funzione di differenti tecniche di alimentazione ed introduzione dei coloranti contenenti Cadmio (*Cd*) nel forno sperimentale;
- i risultati delle simulazioni modellistiche di dispersione sui dati sperimentali delle emissioni a camino raccolti nel corso della sperimentazione e valutati in forma di *alternativi scenari di emissione*.

3.3.1 Obiettivi ed attività della sperimentazione

La vetreria ‘*Effetre Murano srl*’, ubicata in Fondamenta San Giovanni dei Battuti 4/A a Murano, è stata coinvolta, con il coordinamento tecnico di ULSS 3 Serenissima, nella realizzazione di alcune prove che prevedono l’applicazione di differenti tecniche di alimentazione ed introduzione di coloranti contenenti Cadmio (*Cd*) in un impianto di tipo sperimentale allestito e messo in opera per l’obiettivo progettuale.

Gli obiettivi specifici della sperimentazione sono lo studio delle emissioni e la verifica dell’efficacia di abbattimento durante lo svolgimento dei processi di fusione

con impiego di composti di Cadmio (*Cd*) secondo differenti tecniche di lavorazione, in particolare:

- in forma ‘tradizionale’ come miscela minerale di base e colorante in forma di polvere;
- in forma di vetro ‘cotisso’;
- in forma di ‘ampolle’, contenenti il colorante in polvere, aggiunte alla miscela minerale di base.

L’attività di sperimentazione consiste nel verificare le variazioni dei livelli emissivi associati alle differenti tecniche di introduzione dei coloranti contenenti Cadmio (*Cd*) nei forni fusori sia in termini assoluti che di efficienza di abbattimento (per confronto delle concentrazioni tra monte e valle del sistema di abbattimento - i.e. filtro a maniche).

Per standardizzare le condizioni di confronto sono stati acquisiti anche i dati alle emissioni con impiego di *miscela minerale di base* (vetro cristallo) che non prevede l’utilizzo di alcun colorante (‘bianco sperimentale’).

3.3.2 Caratteristiche dell’impianto sperimentale

La vetreria ‘Effetre’ è autorizzata all’esercizio con “*Autorizzazione di Carattere Generale*” (*ACG*) alle emissioni in atmosfera derivanti dalla produzione di manufatti in vetro artistico, con un numero settimanale di fusioni superiore o uguale a 2 e quantitativi di miscela vetrificabile maggiori o uguali a 200 kg al giorno.

La ditta ha aderito all’*ACG* per “*Attività di Produzione Vetro Artistico*”, di cui alla Determina n. 2165/2015, rilasciata dalla Città Metropolitana di Venezia in data 09/01/2015, con validità fino al 27/07/2030.

Per l’esecuzione delle prove sperimentali è stato installato un forno alimentato a metano (*mod. MINIGLASS MG 250EL*). Nel forno la regolazione della combustione è di tipo automatico in modo da mantenere una temperatura ottimale durante il processo di fusione. L’impianto è dotato di un sistema di iniezione dell’adsorbente solido (calce + carbone attivo) con micro-dosatore, un sistema di depurazione fumi (filtro a 21 maniche in tessuto/feltro) con sacco di raccolta del reagente esausto, un ventilatore di estrazione ed un cammino di espulsione fumi in atmosfera. Il camino e le condotte di collegamento tra le apparecchiature hanno un diametro interno di 250 mm.

L'impianto è stato progettato considerando una velocità nominale degli effluenti di circa 10 m s^{-1} ed una portata (secca) di circa $1400 \text{ N m}^3 \text{ h}^{-1}$. Il cammino di espulsione degli effluenti derivanti dal processo di fusione scarica a parete, ad una altezza di circa 6 m dal piano campagna, all'interno di un cortile adibito al deposito del vetro ‘*cotisso*’.

L'impianto ‘*Effetre*’ rientra formalmente nell'inquadramento normativo previsto dall'art. 272, comma 1, del DLgs. 152/2006 [11], che recita testualmente: ‘*Non sono sottoposti ad autorizzazione di cui al presente titolo gli stabilimenti in cui sono presenti esclusivamente impianti e attività elencati nella parte I dell'Allegato IV alla parte quinta del presente decreto. L'elenco si riferisce quindi ad impianti e ad attività le cui emissioni sono scarsamente rilevanti agli effetti dell'inquinamento atmosferico*’.

L'impianto è quindi classificato tra gli ‘*impianti ed attività in deroga*’, cioè non soggetti ad autorizzazione ordinaria alle emissioni, e ricompresi nell'elenco dell'Allegato IV, parte 1, al punto jj, ‘*Laboratori di analisi e ricerca, impianti pilota per prove, ricerche, sperimentazioni, individuazione di prototipi*’.

In Figura 3.24 sono presentate alcune immagini dell'impianto sperimentale ed alcune tipiche fasi di della fusione e lavorazione del vetro.



Figura 3.24: Impianto sperimentale installato presso ditta 'Effetre' srl ed alcune fasi della fusione e lavorazione del vetro.

Posizionamento e geometria del camino

Il camino del forno sperimentale ‘Effetre’ è posizionato all’interno dei locali produttivi della sede principale della ditta in Fondamenta San Giovanni dei Battuti 4/A a Murano. È ubicato a poca distanza dai recettori discreti già considerati nelle precedenti simulazioni, in particolare: a meno di 90 m in direzione SSE da ‘Foscolo’, a circa 170 m in direzione NNE da ‘Marco’, e a poco meno di 800 m in direzione ESE da ‘Serenella’.

Il terminale del camino del forno sperimentale è orizzontale, con sbocco a parete, posto a circa 6 metri di altezza dal suolo e direzionato verso Nord, come indicato in Figura 3.25.



(a) direzione di orientamento

(b) sbocco orizzontale a parete

Figura 3.25: Posizionamento in mappa e dettaglio del camino del forno sperimentale 'Effetre'.

Nella Tabella 3.5 sono riassunte le principali caratteristiche geometriche del camino di emissione dal forno sperimentale 'Effetre'.

Tabella 3.5: Caratteristiche geometriche camino impianto sperimentale installato presso 'Effetre'.

parametro	u.m.	valore
altezza camino	[m]	6.00
diametro camino	[m]	0.25
coord. X punto *	[m]	762283.00
coord. Y punto *	[m]	5038927.00

Note:

* X, Y: coordinate camino EPSG 32632, WGS 84 / UTM zona 32N;

3.3.3 Livelli emissivi delle prove sperimentali

Le prove sperimentali di fusione sono state predisposte con l'obiettivo di verificare l'effetto sulla qualità delle emissioni in funzione dell'introduzione nel forno di fusione di materiali contenenti prodotti coloranti a base Cadmio (*Cd*) in differenti forme, in particolare:

- miscela minerale 'tradizionale' con colorante in polvere a base di *CdS* (*Solfuro di Cadmio*) e di *Cd(Se)S* (*Solfo-Seleniuro di Cadmio*);

- miscela minerale base con colorante a base di *CdS* (*Solfuro di Cadmio*) preventivamente dosato ed aggiunto in forma di ‘ampolle’ di vetro;
- vetro in forma di ‘cotisso’ colorato, sia ‘trasparente’ che ‘opaco’.

In Figura 3.26 sono presentate alcune fotografie esemplificative della differente tipologia di materiale introdotto in fusione nel corso dello svolgimento delle prove sperimentali.



Figura 3.26: Materiali in ingresso al forno per le prove alle emissioni presso l'impianto sperimentale 'Effetre'.

Nel corso delle prove sperimentali è stato effettuato il campionamento degli effluenti con due linee di campionamento in serie posizionate rispettivamente ‘*a monte*’ e ‘*a valle*’ del sistema di depurazione fumi per valutare l’efficienza di abbattimento dei filtri a maniche.

Al fine di evitare un possibile ‘effetto memoria’ del forno è stato predisposto un ‘programma di fusione’ che ha visto in sequenza, dopo il bianco sperimentale con miscela minerale di base senza aggiunta di coloranti, dapprima l’utilizzo di ‘miscele’ con un teorico ‘basso contenuto’ di Cadmio (*Cd*) per proseguire successivamente con materiale a più alto contenuto, fino al ‘caso peggiore’ rappresentato dalla miscela minerale formata secondo la tecnica di tipo ‘tradizionale’.

L’attività di sperimentazione ha avuto una durata di circa due settimane, dal 11/04/2023 al 19/04/2023, in cui sono state eseguite complessivamente 6 prove di misura alle emissioni che, dal punto di vista produttivo, rendono conto di tre cicli di fusione a settimana, con un quantitativo di miscela per singola fusione pari a circa 250 kg di materiale.

Le attività di campionamento delle emissioni sono state svolte a cura del laboratorio chimico dell’*Ente Zona Industriale di Porto Marghera (VE)*.

In Figura 3.27 sono riportate alcune immagini di dettaglio della linea di campionamento delle emissioni installata a monte del sistema di abbattimento ed allestita appositamente per lo svolgimento delle prove sperimentali.



Figura 3.27: Dettagli della linea di campionamento alle emissioni per le prove sperimentali presso impianto 'Effetre'.

Le date di svolgimento delle prove sperimentali di fusione con i differenti materiali in ingresso al forno ed il valore del flusso di massa dei composti del Cadmio (*Cd*) rilevato dalle linee di campionamento degli effluenti posizionate ‘*a monte*’ ed ‘*a valle*’ del sistema di abbattimento sono riportati rispettivamente in Tabella 3.6 ed in Tabella 3.7.

I flussi di massa di Cadmio (*Cd*), espressi in mg s^{-1} , sono stati ricavati dai corrispondenti valori di portata degli effluenti [$\text{Nm}^3 \text{h}^{-1}$] e di concentrazione dell’inquinante [mg Nm^{-3}], normalizzati al 13% di Ossigeno di riferimento, ed indicati nei corrispondenti Rapporti di Prova, allegati in Appendice B del presente rapporto.

Da segnalare che per i campioni con concentrazione inferiore al limite di quantificazione, cioè per i campioni misurati a valle del sistema di filtrazione rilevati nei

giorni dal 10 al 12 aprile 2023, è stato assunto, in termini cautelativi, un valore di concentrazione di Cadmio (*Cd*) pari a 0.001 [mg Nm⁻³], cioè corrispondente al limite di quantificazione analitico.

Tabella 3.6: Misure a monte del sistema di filtrazione nell'impianto sperimentale 'Effetre'.

n	RdP	prova alimentazione	a monte del sistema di filtrazione				
			vel [m s ⁻¹]	temp [°C]	portata [Nm ³ h ⁻¹]	conc [mg Nm ⁻³]	rateo [mg s ⁻¹]
1	230411/1-2	cristallo bianco	9.03	306.4	500	0.013	0.002
2	230412/1-2	cotisso rosso trasparente	9.42	328.9	590	0.657	0.108
3	230413/1-2	cotisso rosso opaco	9.21	371.6	660	1.249	0.229
4	230417/1-2	ampolle vetro con CdS	8.16	371.6	470	14.192	1.853
5	230418/1-2	CdS	9.07	385.4	430	158.777	18.965
6	230419/1-2	CdS(Se)	9.41	361.2	430	103.872	12.407

Note:

RdP = rapporto di prova con numerazione YYMMGG;

portata = portata degli effluenti normalizzata alle condizioni di riferimento;

conc = concentrazione inquinante normalizzata alle condizioni di riferimento;

rateo = flusso di massa inquinante;

Tabella 3.7: Misure a valle del sistema di filtrazione nell'impianto sperimentale 'Effetre'.

n	RdP	prova alimentazione	a valle del sistema di filtrazione				
			vel [m s ⁻¹]	temp [°C]	portata [Nm ³ h ⁻¹]	conc [mg Nm ⁻³]	rateo [mg s ⁻¹]
1	230411/1-2	cristallo bianco	7.44	133.4	460	0.001	0.0001
2	230412/1-2	cotisso rosso trasparente	6.73	116.3	440	0.001	0.0001
3	230413/1-2	cotisso rosso opaco	6.32	112.4	430	0.001	0.0001
4	230417/1-2	ampolle vetro con CdS	5.94	118.9	410	0.002	0.0002
5	230418/1-2	CdS	6.64	121.4	450	0.060	0.0075
6	230419/1-2	CdS(Se)	6.97	121.4	430	0.005	0.0006

Note:

RdP = rapporto di prova con numerazione YYMMGG;

portata = portata degli effluenti normalizzata alle condizioni di riferimento;

conc = concentrazione inquinante normalizzata alle condizioni di riferimento;

rateo = flusso di massa inquinante;

3.3.4 Scenari di valutazione

A partire dai risultati delle misure delle emissioni, già presentati al precedente paragrafo 3.3.3, sono stati delineati quattro scenari emissivi:

- *scenario 1*: rappresenta la situazione tipo di aziende non obbligate all'utilizzo di sistemi di filtrazione; per tale scenario è stato utilizzato un rateo emissivo di 0.229 mg s^{-1} , pari a quello misurato '*a monte*' del sistema di filtrazione quando il forno è alimentato con *cotisso rosso opaco*; per questo scenario si assume un camino con sbocco *verticale* alto 6 m;
- *scenario 2*: rappresenta la situazione tipo di aziende obbligate all'utilizzo di sistemi di filtrazione; per tale scenario è stato utilizzato un rateo emissivo di 0.0075 mg s^{-1} , pari a quello misurato '*a valle*' del sistema di filtrazione quando il forno è alimentato con *CdS*; per questo scenario si assume un camino con sbocco *verticale* alto 6 m;
- *scenario 3*: rappresenta il caso reale sperimentato presso la ditta 'Effetre'; viene utilizzato un rateo emissivo di 0.0075 mg/s , pari a quello misurato a valle del sistema di filtrazione quando il forno è alimentato con *CdS*; per questo scenario il camino è a parete, con sbocco *orizzontale*, alla quota di 6 m dal suolo;
- *scenario 4*: identico allo *scenario 2* fatta eccezione per un un camino con *altezza doppia* (12 m); questo scenario analizza la possibile diluizione delle emissioni per effetto di un aumento della quota di emissione.

Per maggiore confrontabilità dei risultati per tutti gli scenari emissivi sono state considerate la temperatura *media* e la velocità *media* degli effluenti misurati '*a valle*' del sistema di filtrazione, pari rispettivamente a $120.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e 6.7 m s^{-1} (cfr. Rapporti di Prova alle emissioni allegati in Appendice B).

Per la stima modellistica è stato definito un *profilo di attività* comune a tutti gli scenari di valutazione, il più possibile aderente al profilo '*medio*' di attività di una vetreria artistica dell'isola di Murano.

Considerate, dunque, le principali festività, le ferie (tipicamente il mese di agosto) ed il periodo di fermo produttivo (seconda metà del mese di dicembre), tale profilo di attività prevede una frequenza di circa 2-3 fusioni alla settimana, che rendono conto di un totale complessivo di circa 150 cicli di fusione all'anno.

Le emissioni sono state ipotizzate avvenire nelle ore serali e notturne, tipicamente nella fascia oraria che va dalle 18 alle 03, ottenendo un numero totale di 1552 ore di emissione/anno.

Nella successiva analisi dei risultati verranno effettuati i seguenti confronti tra i quattro scenari di riferimento:

- *scenario 1 vs. scenario 2*, cioè il ‘caso peggiore’ con alimentazione a *cotisso* per le vetrerie non obbligate a utilizzare sistema di filtrazione verso il ‘caso peggiore’ con forno alimentato a *miscela tradizionale* a base di *CdS* con sistema di filtrazione;
- *scenario 2 vs. scenario 3*, cioè l’effetto del camino *verticale* rispetto a quello *orizzontale*, per valutare gli eventuali effetti sulla diluizione dell’inquinante e l’area di impatto;
- *scenario 2 vs. scenario 4*, cioè l’effetto del *raddoppio dell’altezza* del camino (con terminale verticale), per valutare eventuali effetti sulla diluizione dell’inquinante e l’area di impatto.

Le caratteristiche principali dei quattro scenari di riferimento utilizzati per la simulazione degli effetti delle prove sperimentali effettuate presso l’impianto ‘Effetre’ sono brevemente riepilogati nella successiva Tabella 3.8.

Tabella 3.8: Principali caratteristiche degli scenari emissivi simulati per l’impianto sperimentale ‘Effetre’.

n°	tipo alimentazione	rateo emissivo	sbocco camino	altezza camino (m)	rappresentatività del caso tipo
1	cotisso opaco	misura a monte	verticale	6	non obbligo sistemi filtrazione
2	CdS	misura a valle	verticale	6	obbligo sistemi filtrazione
3	CdS	misura a valle	orizzontale	6	sperimentazione ‘Effetre’
4	CdS	misura a valle	verticale	12	diluizione per innalzamento camino

3.3.5 Caratterizzazione meteorologica

I dati meteorologici utilizzati per la stima delle ricadute degli inquinanti emessi durante le prove sperimentali dell’impianto pilota installato presso la ditta ‘Effetre’ sono riferiti alle stesse modalità di calcolo e dominio di simulazione già descritti con maggiore dettaglio nel paragrafo 3.2.3.

Il dominio di CALMET ha una dimensione di $8 \times 10 \text{ km}^2$ con origine nel punto di coordinate UTM 32T X = 757000 m, Y = 5035000 m (EPSG 32632, WGS 84 / UTM zona 32N) e celle di calcolo quadrate con lato di 500 m. In direzione verticale sono state utilizzate 10 griglie di dimensione variabile sino ad una quota massima sopra il livello del suolo di 3000 m.

Al fine di effettuare una valutazione di tipo speditivo della meteorologia prevalente, sono stati estratti i valori delle variabili meteorologiche nel punto corrispondente al

centro del dominio di calcolo CALMET di coordinate X = 762230 m, Y = 5039163 m (EPSG 32632, WGS 84 / UTM zona 32N), che coincide approssimativamente con il ‘centro’ dell’isola di Murano (cioè una posizione prossima all’ubicazione della sorgente emissiva simulata - vetreria ‘Effetre’).

L’intervallo temporale considerato nella presente simulazione è il più recente disponibile, cioè il periodo annuale completo da gennaio a dicembre 2022.

Nella Tabella 3.9 sono riportate le principali statistiche descrittive (min, media, mediana, max, quartili inferiori e superiori) della velocità scalare del vento stratificata per mese dell’anno 2022. La velocità media di periodo è compresa tra 1.5 e 2.5 m s^{-1} , quella massima è pari a circa 11 m s^{-1} .

In Figura 3.28 sono riprodotte le rose dei venti stratificate per mese dell’anno 2022 relative al punto di estrazione ubicato al centro del dominio di calcolo di CALMET.

Come evidente dal grafico, la direzione prevalente dei venti varia in funzione dei mesi considerati, con una netta prevalenza dai settori N-NE nei mesi ‘freddi’ ed, invece, da SE-S in quelli più ‘caldi’. I venti di intensità maggiore provengono sempre dal settore NE.

Nel corso del periodo *notturno* i venti prevalenti spirano dal settore nord-orientale, mentre nel periodo *diurno* provengono prevalentemente dal settore sud-orientale (cfr. Figura 3.29).

Le calme, definite in questa analisi come venti di intensità inferiore a 0.5 m s^{-1} , interessano circa il 4% delle ore relative all’anno di simulazione 2022 (cfr. Figura 3.30).

Tabella 3.9: Statistiche descrittive della velocità scalare del vento [$m s^{-1}$] stratificate per mese nel 2022.

mese	n	min	25° perc.	media	mediana	75° perc.	max
01-2022	743	0.2	0.9	1.5	1.3	1.8	11.0
02-2022	672	0.1	1.1	1.8	1.6	2.3	9.2
03-2022	744	0.1	1.3	2.2	1.9	2.8	7.3
04-2022	720	0.0	1.4	2.4	2.2	3.1	11.0
05-2022	744	0.3	1.6	2.5	2.2	3.1	8.3
06-2022	720	0.2	1.5	2.3	2.2	2.9	6.4
07-2022	744	0.4	1.6	2.4	2.3	3.0	6.1
08-2022	744	0.3	1.5	2.3	2.1	2.9	7.9
09-2022	720	0.3	1.6	2.3	2.1	2.8	7.9
10-2022	744	0.1	1.0	1.5	1.4	1.8	5.2
11-2022	720	0.1	1.2	2.0	1.7	2.4	11.3
12-2022	744	0.1	0.8	1.7	1.3	2.3	7.4

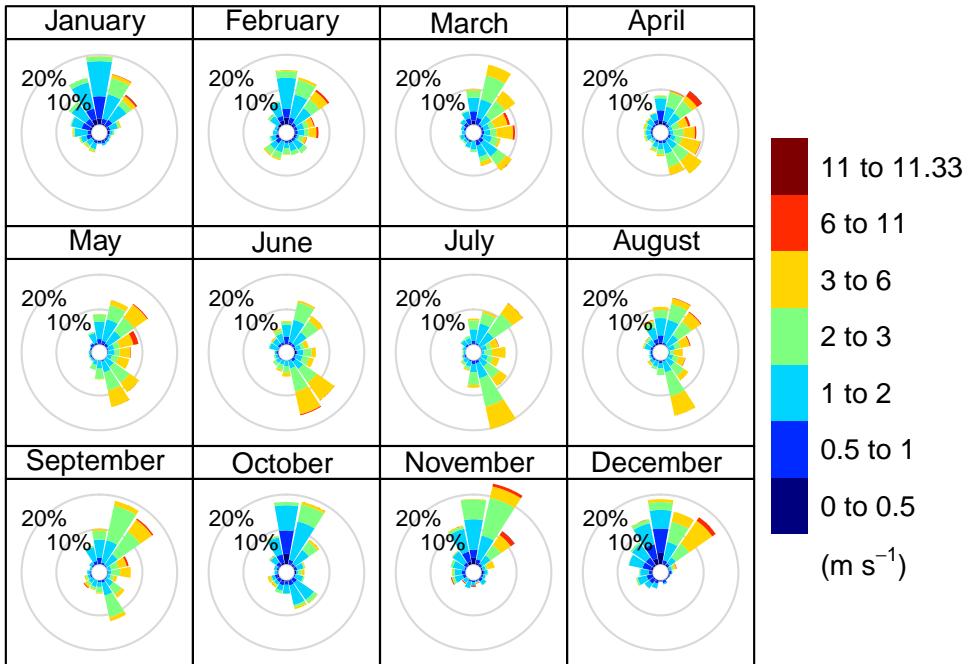


Figura 3.28: Rosa dei venti stratificata per mese nel 2022.

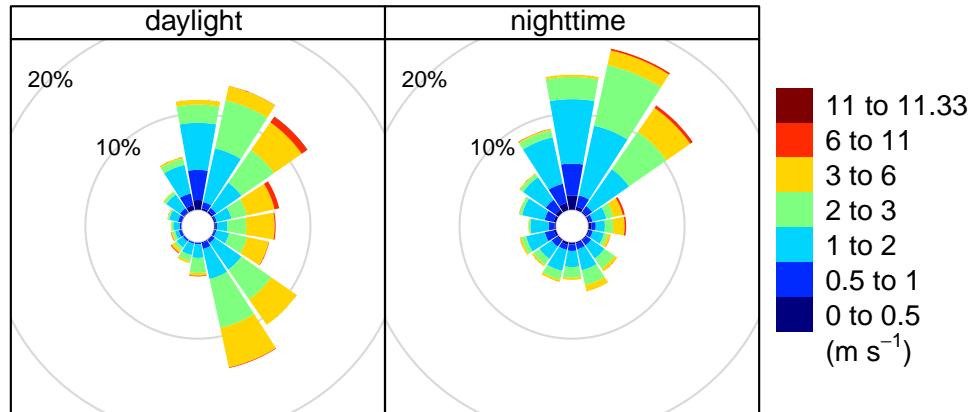


Figura 3.29: Rosa dei venti stratificata per periodo diurno vs. notturno nel 2022.

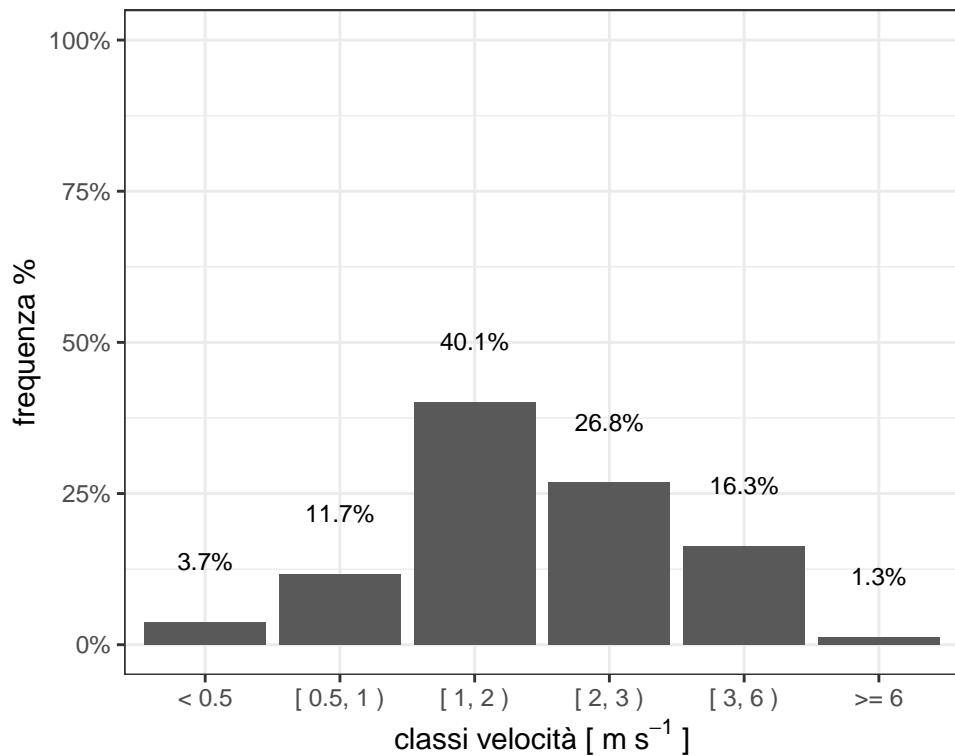


Figura 3.30: Frequenza percentuale delle classi velocità del vento [$m s^{-1}$] nel 2022.

3.3.6 Stime LAPMOD

A partire dalla versione di maggio 2023, LAPMOD è stato modificato per simulare le emissioni provenienti da camini con qualsiasi direzione di sbocco del terminale.

La direzione sul piano orizzontale viene fornita con un angolo azimutale che va da 0 a 360 gradi e segue le convenzioni utilizzate per la direzione del vento (ad esempio, 0 e 360 indicano un camino direzionato verso Nord, 90 indica un camino direzionato verso Est).

L'inclinazione verticale viene specificata tramite un angolo polare che varia da 0 a 180 gradi, dove 0 indica un camino verticale, 90 un camino orizzontale e 180 un camino puntato verso il basso (del tipo *gooseneck*).

Questi due angoli sono specificati nei due ultimi campi del vettore EMATG dell'input emissivo, che nelle versioni precedenti di LAPMOD non venivano utilizzati per le sorgenti puntiformi.

Le componenti della velocità di uscita nelle tre direzioni sono calcolate a partire dai due angoli sopra descritti. Questo tip di trattazione è necessaria per modelli come LAPMOD, che utilizzano un algoritmo di tipo numerico per il *plume rise*, perché il diametro diventa la condizione iniziale per determinare la sezione del pennacchio.

Nel caso di modelli che utilizzano trattazioni parametriche del *plume rise* si introduce, invece, un *diametro equivalente* per compensare il galleggiamento [29]. Il diametro equivalente così calcolato potrebbe, però, avere dimensioni di decine di metri, e quindi, porterebbe portare a dei risultati non realistici se fosse utilizzato come dato iniziale in algoritmi numerici [30].

Come mostrato in Figura 3.25, il camino orizzontale è puntato verso Nord, quindi in input a LAPMOD è stato utilizzato un azimut di 0 gradi e un angolo polare di 90 gradi.

Sono stati utilizzati i parametri di configurazione del modello già definiti a seguito dell'analisi di sensitività effettuata per le precedenti simulazioni [28] e riportati in dettaglio in Appendice A del presente rapporto, al paragrafo Parametri di calcolo.

L'output di LAPMOD è stato calcolato sulla griglia di punti che ha come angolo SW, le coordinate X = 760225 m, Y = 5036725 m, e come angolo NE, il punto di coordinate UTM 32T X = 764275 m, Y = 5040775 m (EPSG 32632, WGS 84 / UTM zona 32N).

Inoltre, l'output è stato calcolato in corrispondenza dei tre recettori discreti, ‘Foscolo’ (Fondamenta Colleoni), ‘Marco’ (Calle Marco da Muran) e ‘Serenella’ (Sacca Serenella), già individuati per le precedenti simulazioni, e rappresentati in Figura 3.2. Presso tutti i recettori discreti la stima della concentrazione di Cadmio (Cd) è stata

calcolata alla quota di 1.5 m sopra il suolo.

Nel seguito vengono presentate le ‘*valutazioni comparate*’ tra gli scenari di valutazione già definiti nel precedente paragrafo 3.3.4.

Scenario 1 vs. Scenario 2

Sono confrontati i risultati delle simulazioni modellistiche relative al ‘*caso peggiore*’ con alimentazione a *cotisso* per vetrerie non obbligate a utilizzare un sistema di filtrazione (*scenario 1*), verso il ‘*caso peggiore*’ con forno alimentato a miscela tradizionale a base di *Cd(S)* e sistema di filtrazione (*scenario 2*).

Dai dati riportati in Tabella 3.6 si osserva che, considerando l’alimentazione del forno a *cotisso* senza sistema di filtrazione, il ‘*caso migliore*’ ha un rateo emissivo pari a circa la metà rispetto al ‘*caso peggiore*’ (0.108 mg s^{-1} vs. 0.229 mg s^{-1}). Da tali considerazioni discende che l’impatto del ‘*caso migliore*’, con alimentazione a *cotisso* e senza sistema di filtrazione, può essere indirettamente stimato, in modo speditivo, dimezzando i risultati di seguito presentati per il ‘*caso peggiore*’.

I valori massimi di concentrazione stimati sull’intero dominio di simulazione sono riportati in Tabella 3.10, mentre quelli stimati presso i tre recettori discreti sono riportati in Tabella 3.11.

Tabella 3.10: Scenario 1 vs. Scenario 2. Stime valori massimi [ng m^{-3}] sul dominio di calcolo per impianto sperimentale ’Effetre’.

Scenario	max 24h	98° perc.	24h	media anno
1	28.87	17.76		3.25
2	0.95	0.58		0.11

Tabella 3.11: Scenario 1 vs. Scenario 2. Stime valori massimi [ng m^{-3}] presso i recettori discreti per impianto sperimentale ’Effetre’.

recettore	Scenario 1				Scenario 2			
	max 24h	98° perc.	24h	media anno	max 24h	98° perc.	24h	media anno
foscolo	16.460	11.330	1.077	0.539	0.371	0.371	0.035	
marco	9.164	6.077	1.004	0.300	0.199	0.199	0.033	
serenella	0.633	0.117	0.012	0.021	0.004	0.004	0.000	

Come atteso, in base ai valori misurati alle emissioni, le stime per lo *scenario 1* sono molto maggiori rispetto a quelle per lo *scenario 2*. Più precisamente, fissata la

statistica e la posizione, il rapporto tra valore simulato per lo *scenario 1* e quello simulato per lo *scenario 2* è pari a 30.5.

Questo risultato non sorprende affatto perché è proprio il rapporto tra i due ratei emissivi (0.229 mg s^{-1} per lo *scenario 1* e 0.0075 mg s^{-1} per lo *scenario 2*), mentre gli altri parametri del camino rimangono invariati.

Si osserva, inoltre, che il valore massimo della media annuale per lo *scenario 1* (cioè l’ipotetico caso di una vetreria che utilizza *cotisso* e, quindi, non obbligata ad utilizzare il sistema di filtrazione) è pari, per una singola vetreria, a circa il 65% del valore obiettivo di 5 ng m^{-3} previsto dal DLgs. 155/2010.

Le mappe di concentrazione per le tre statistiche considerate (media annuale, 98° percentile medie 24h, massimo medie 24h) sono riportate per lo *scenario 1* in Figura 3.31, Figura 3.32, Figura 3.33, e per lo *scenario 2* in Figura 3.34, Figura 3.35, Figura 3.36.

Scenario 2 vs. Scenario 3

I ratei emissivi di entrambi gli scenari si riferiscono al ‘*caso peggiore*’ con forno alimentato a miscela tradizionale a base di *CdS* (*Solfuro di Cadmio*) e presenza di un sistema di filtrazione (0.0075 mg s^{-1}). Anche la quota di emissione del camino (6 m) e il diametro (0.25 m) coincidono tra i due scenari qui esaminati. La differenza è l’orientazione del terminale di uscita (sbocco del camino), che è verticale nello *scenario 2* ed orizzontale nello *scenario 3*. L’obiettivo del confronto delle stime relative a questi due scenari è valutare eventuali effetti sulla diluizione dell’inquinante e sull’area di impatto.

I valori massimi di concentrazione stimati sull’intero dominio di simulazione sono riportati in Tabella 3.12, mentre quelli stimati ai tre recettori discreti sono riportati in Tabella 3.13. Per quanto riguarda i massimi assoluti sul dominio, la massima media

Tabella 3.12: Scenario 2 vs. Scenario 3. Stime valori massimi [ng m^{-3}] sul dominio di calcolo per impianto sperimentale ‘Effetre’.

Scenario	max 24h	98° perc. 24h	media anno
2	0.95	0.58	0.11
3	1.14	0.71	0.12

24h ed il 98° percentile della media 24h nel caso di utilizzo di un *camino orizzontale* (*scenario 3*) superano di circa il 20% le corrispondenti statistiche ottenute con *camino verticale*. Per la massima media annuale l’incremento è invece pari al 16%.

Tabella 3.13: Scenario 2 vs. Scenario 3. Stime valori massimi [ng m^{-3}] presso i recettori discreti per impianto sperimentale 'Effetre'..

recettore	Scenario 2				Scenario 3			
	max 24h	98° perc.	24h	media anno	max 24h	98° perc.	24h	media anno
foscolo	0.539	0.371	0.035	0.035	0.587	0.430	0.039	0.039
marco	0.300	0.199	0.033	0.033	0.312	0.202	0.033	0.033
serenella	0.021	0.004	0.000	0.000	0.021	0.004	0.000	0.000

Considerando i recettori discreti, l'incremento maggiore nel passaggio da *camino verticale* (*scenario 2*) a *camino orizzontale* (*scenario 3*) si verifica al recettore 'Foscolo', che oltre a essere il più vicino è anche quello verso cui punta il camino orizzontale. Tale incremento è pari al 9% per la massima media 24h, al 16% per il 98° percentile delle medie 24h, e al 10% per la media annuale.

Al recettore 'Marco' gli incrementi sono invece pari al 4%, 1% e 2%, rispettivamente per massima media 24h, 98° percentile delle medie 24h, e media annuale.

Al recettore 'Serenella' si verifica un aumento del 2% per la massima media di 24h, ma una diminuzione sia per il 98° percentile delle medie 24h che per la media annuale (evidentemente perchè il recettore non risulta particolarmente esposto e '*sensibile*' agli effetti delle emissioni se non per particolari e sporadici eventi orari i cui effetti tendono ad essere '*mascherati*' nei valori medi annuali).

Le mappe di concentrazione per le tre statistiche considerate (media annuale, 98° percentile delle medie 24h, massimo medie 24h) sono riportate per lo *scenario 2* in Figura 3.34, Figura 3.35, Figura 3.36, e per lo *scenario 3* in Figura 3.37, Figura 3.38, Figura 3.39.

Per la massima media 24h con camino *orizzontale* (*scenario 3*) si nota un'isolinea di 1 ng m^{-3} con estensione massima di circa 80 m che, nel caso del camino *verticale* (*scenario 2*) non è presente.

L'isolinea di 0.5 ng m^{-3} è un po' più ampia per il camino *orizzontale* che non per il camino *verticale*. Se si considera il 98° percentile delle medie 24h, l'isolinea di 0.5 ng m^{-3} sottende un'area maggiore per il camino *orizzontale* (circa 5960 m^2) che non per il camino *verticale* (circa 2420 m^2).

Anche l'area sottesa dall'isolinea di 0.25 ng m^{-3} è maggiore per il camino *orizzontale*, ma le differenze si riducono significativamente. Le stesse considerazioni fatte per il 98° percentile delle medie 24h valgono anche per le medie annuali, ma con minori differenze in termini 'areali' (cioè dell'estensione del dominio sotteso dall'isolinea).

Scenario 2 vs. Scenario 4

I ratei emissivi di entrambi gli scenari si riferiscono al ‘caso peggiore’ con forno alimentato a *miscela tradizionale* a base di *CdS (Solfuro di Cadmio)* e presenza del sistema di filtrazione (0.0075 mg s^{-1}). L’unica differenza tra i due scenari a contrasto è rappresentata dall’altezza del cammino, pari a 6 m nello *scenario 2* e a 12 m nello *scenario 4*. Lo scopo del confronto tra questi due scenari è valutare eventuali effetti sulla *diluizione* dell’inquinante e sull’area di impatto.

I valori massimi di concentrazione predetti sull’intero dominio di simulazione sono riportati in Tabella 3.14, mentre quelli predetti ai tre recettori discreti sono riportati in Tabella 3.15.

Tabella 3.14: Scenario 2 vs. Scenario 4. Stime valori massimi [ng m^{-3}] sul dominio di calcolo per impianto sperimentale ‘Effetre’.

Scenario	max 24h	98° perc.	24h	media anno
2	0.95	0.58		0.11
4	0.47	0.21		0.03

Tabella 3.15: Scenario 2 vs. Scenario 4. Stime valori massimi [ng m^{-3}] presso i recettori discreti per impianto sperimentale ‘Effetre’.

recettore	Scenario 2			Scenario 4		
	max 24h	98° perc.	24h	media anno	max 24h	98° perc.
foscolo	0.539	0.371	0.035		0.261	0.161
marco	0.300	0.199	0.033		0.266	0.136
serenella	0.021	0.004	0.000		0.021	0.004
						0.015
						0.024
						0.000

Per quanto riguarda i massimi assoluti sul dominio, la massima media 24h risulta *dimezzata* nel caso di utilizzo di cammino con *altezza doppia* (*scenario 4*), mentre il 98° percentile delle medie 24h e la media annuale sono *ridotti a circa un terzo* rispetto al valore calcolato per lo *scenario 2*.

Considerando, invece, i recettori discreti, presso ‘Foscolo’ le tre statistiche sono più che *dimezzate* quando si utilizza un camino alto il doppio (*scenario 4*).

Al recettore ‘Marco’ la diminuzione nello *scenario 4* è pari a circa il 10% per la massima media di 24h, e al 30% per il 98° percentile delle medie 24h e per la media annuale.

Infine, al recettore ‘Serenella’ la massima media 24h rimane praticamente identica nei due scenari, mentre nel caso di cammino più alto (*scenario 4*) si osserva un aumento

del 13% per il 98° percentile delle medie 24h, e del 19% per la media annuale rispetto al caso del cammino più basso (*scenario 2*). Anche in questo caso per il recettore più lontano ('Serenella') sembrano valere le considerazioni già fatte in precedenza per cui gli effetti registrati non sono direttamente riconducibili alla variazione delle emissioni.

Le mappe di concentrazione per le tre statistiche considerate (media annuale, 98° percentile delle medie 24h, massimo medie 24h) sono riportate per lo *scenario 2* in Figura 3.34, Figura 3.35, Figura 3.36, e per lo *scenario 4* in Figura 3.40, Figura 3.41, Figura 3.42.

Per la massima media di 24h, con cammino alto 12 m (*scenario 4*), si nota l'assenza dell'isolinea 0.5 ng m^{-3} , che, invece, è presente ed arriva ad includere il recettore 'Foscolo' quando il cammino è alto 6 m (*scenario 2*). L'isolinea 0.2 ng m^{-3} include un'area più ampia nello *scenario 2* rispetto allo *scenario 4*. L'area sottesa alle isolinee di valore minore è, invece, paragonabile nei due scenari.

Anche per le medie annuali l'isolinea di valore maggiore (0.05 ng m^{-3}) è presente solo nello *scenario 2*. Le aree sottese ai due isolivelli di concentrazione più bassi sono, invece, maggiori nello *scenario 4* (camino di 12 m) rispetto allo *scenario 2* (camino di 6 m).

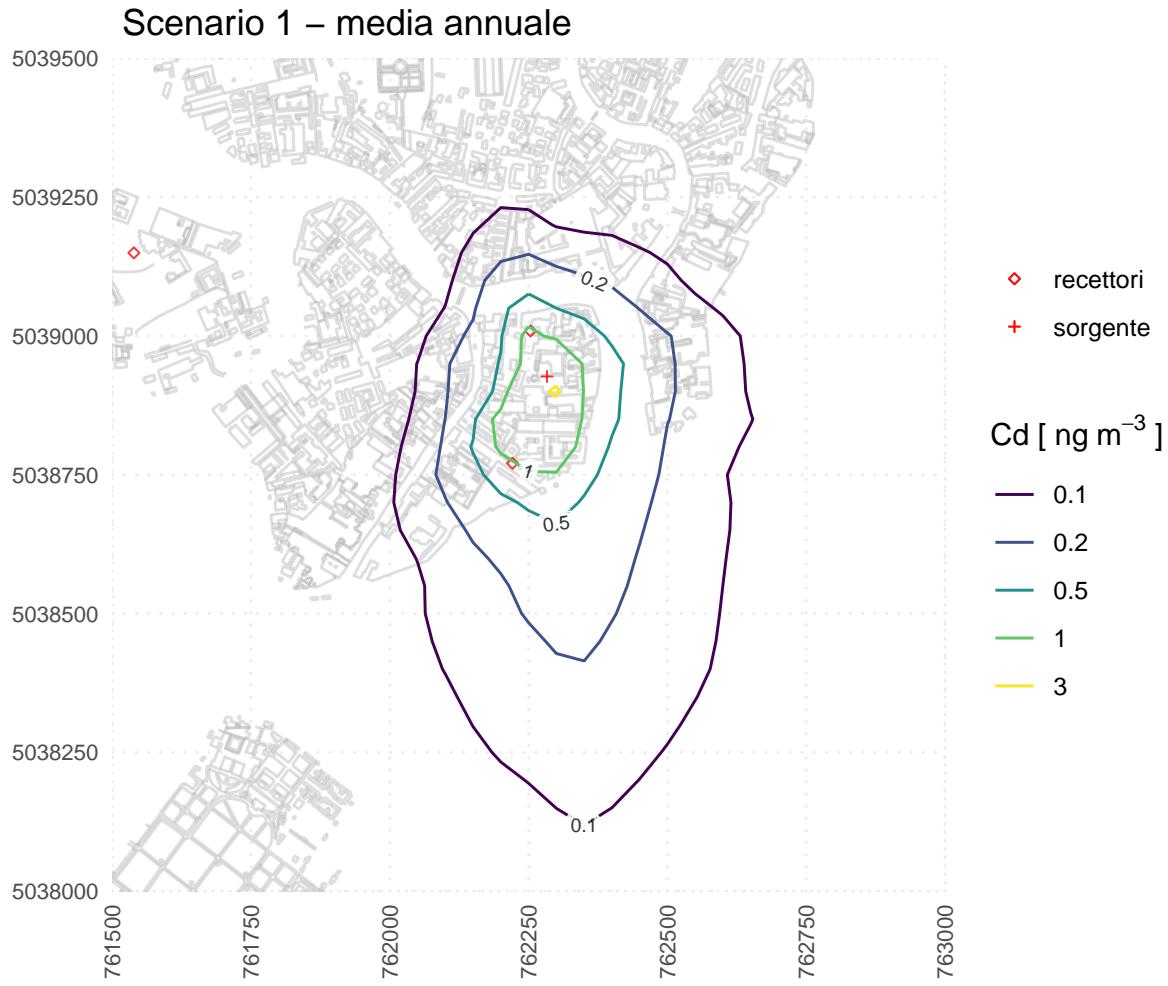


Figura 3.31: Scenario 1. Media annuale, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

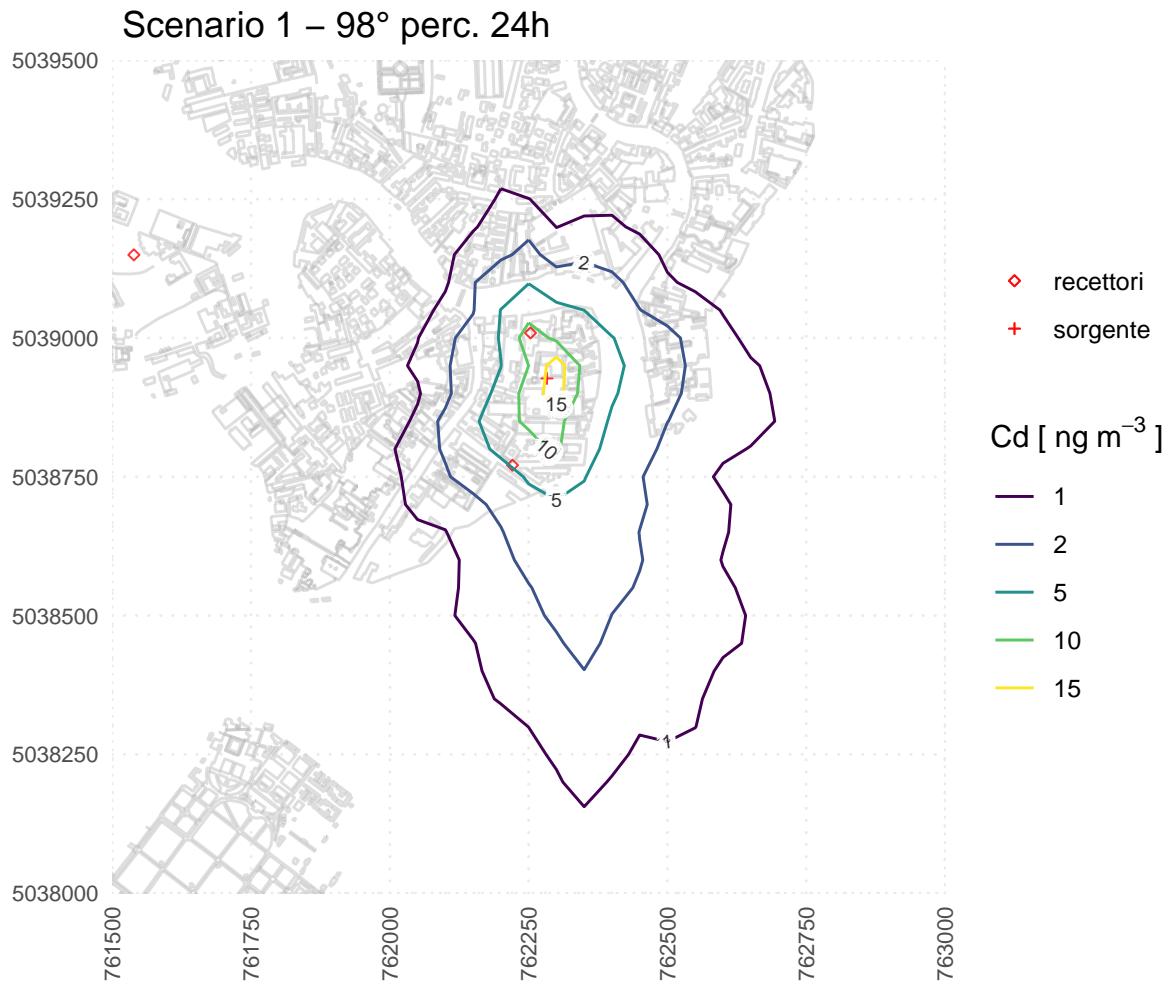


Figura 3.32: Scenario 1. 98° percentile 24h, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

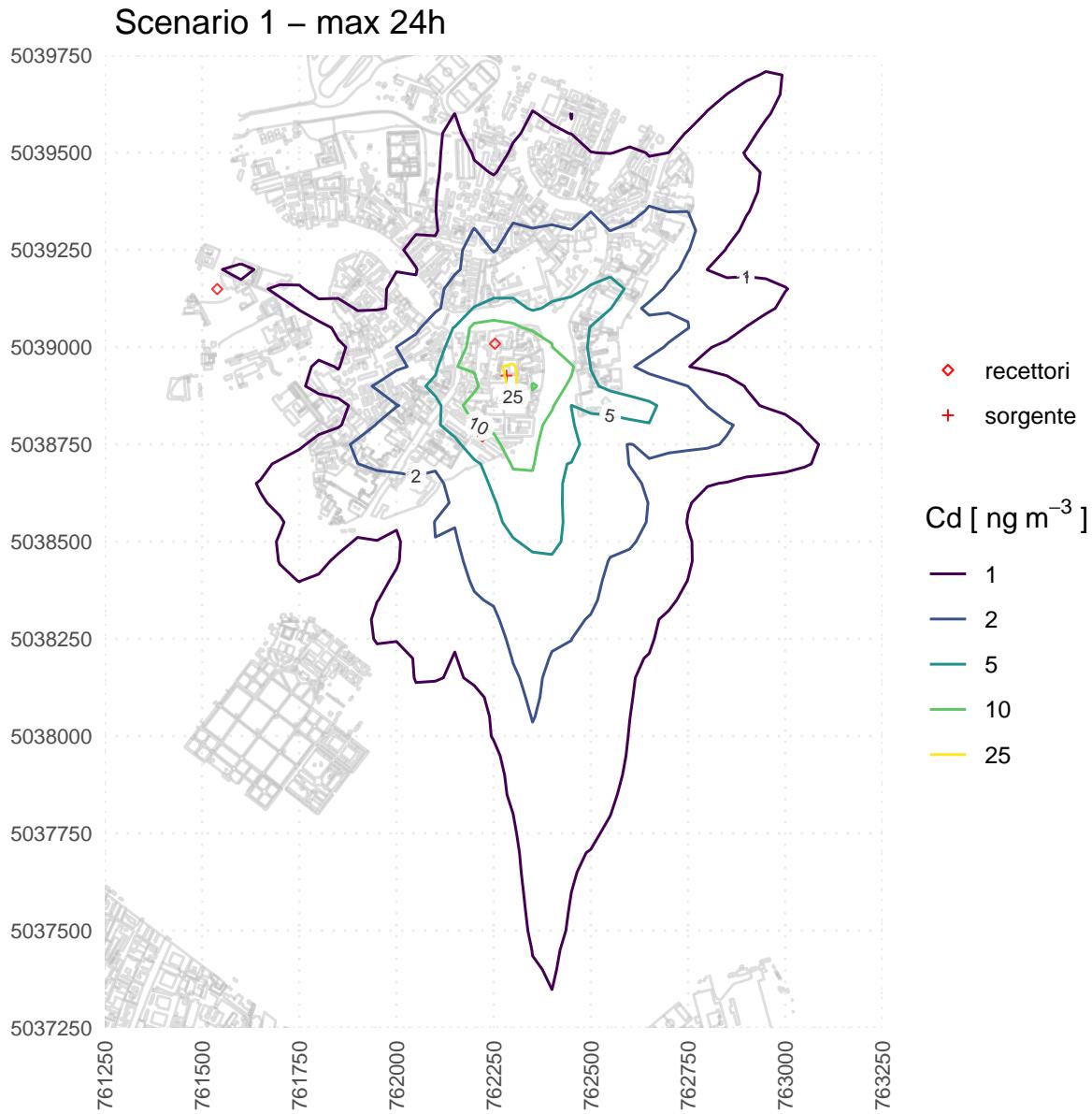


Figura 3.33: Scenario 1. Max 24h, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

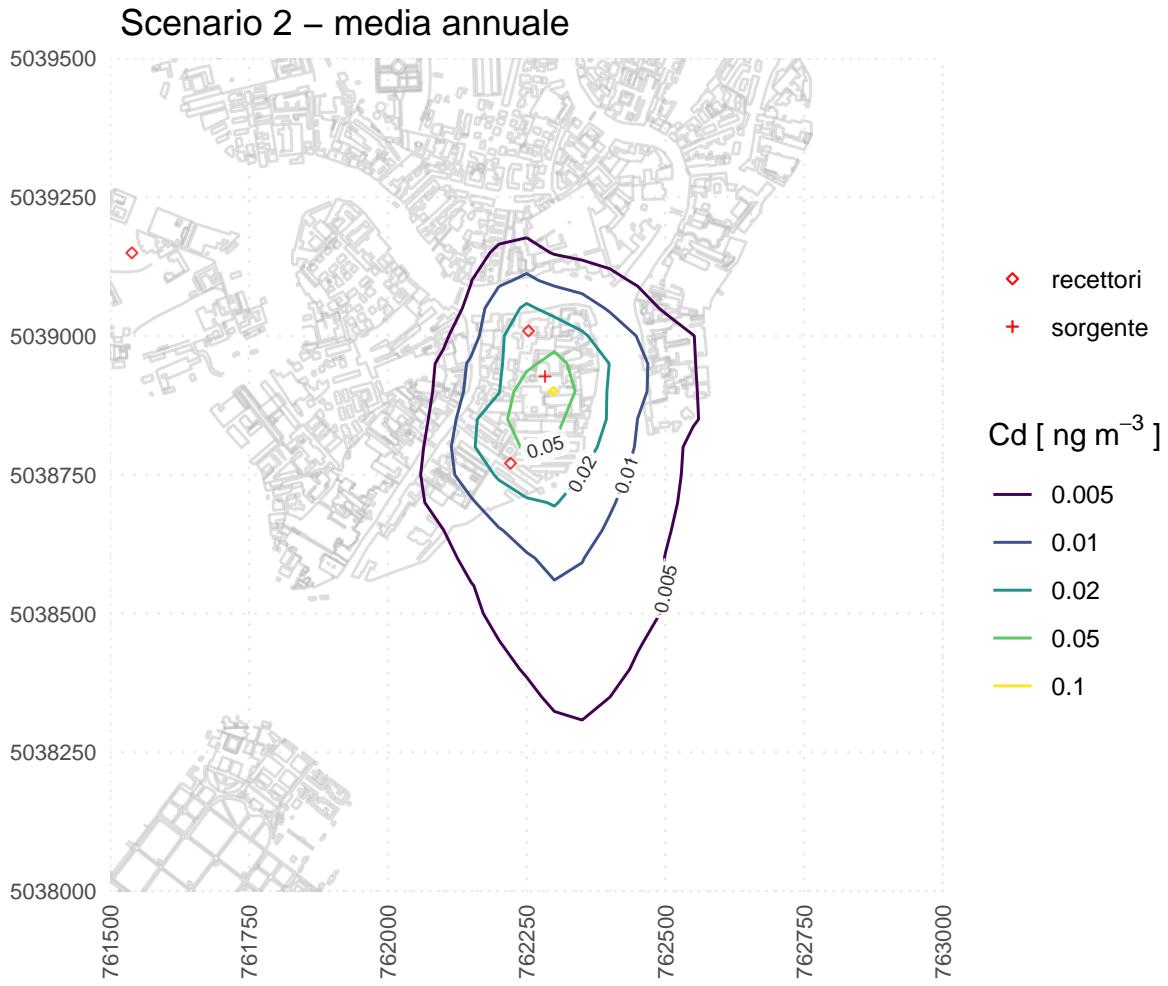


Figura 3.34: Scenario 2. Media annuale, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

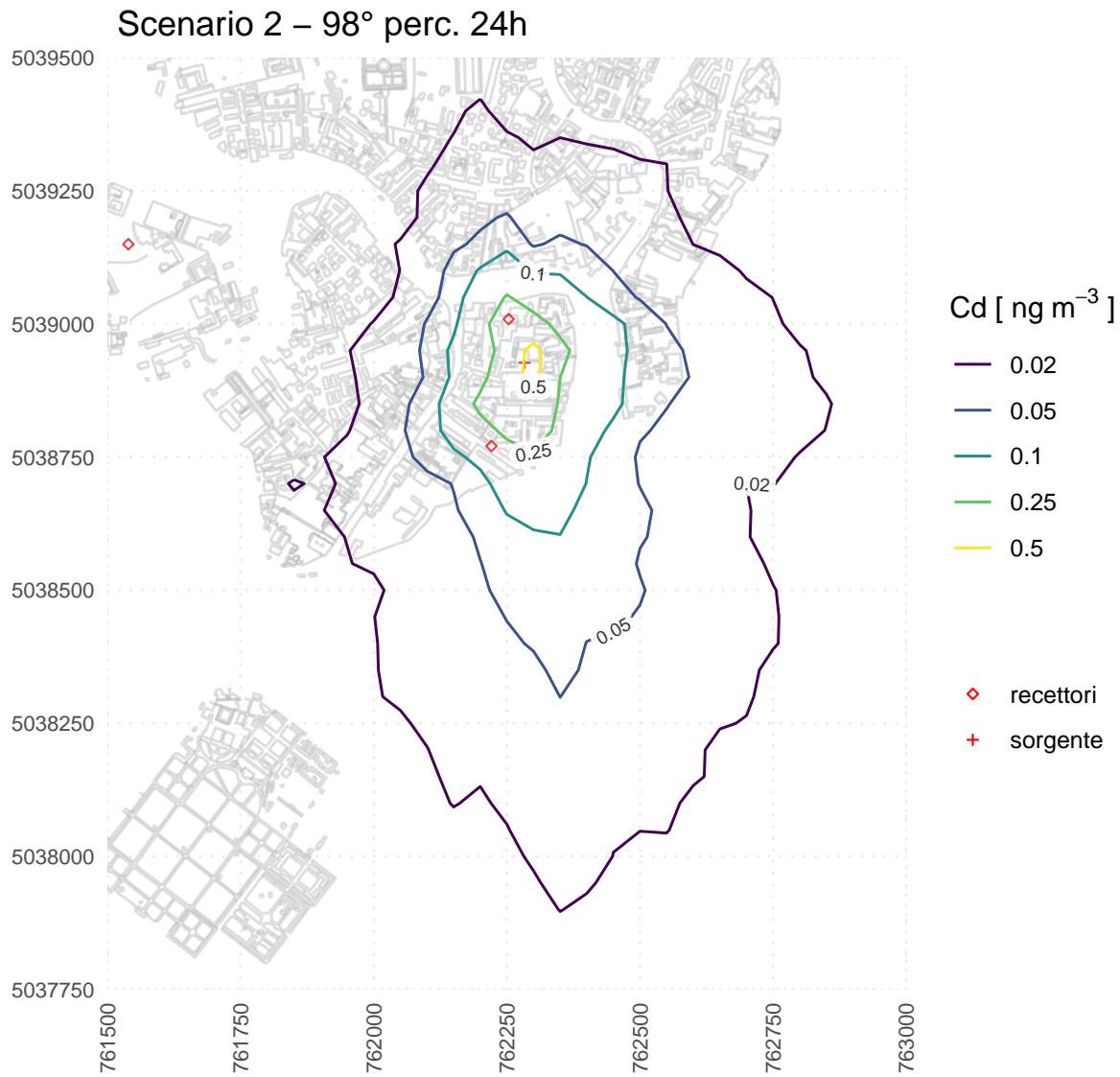


Figura 3.35: Scenario 2. 98° percentile 24h, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

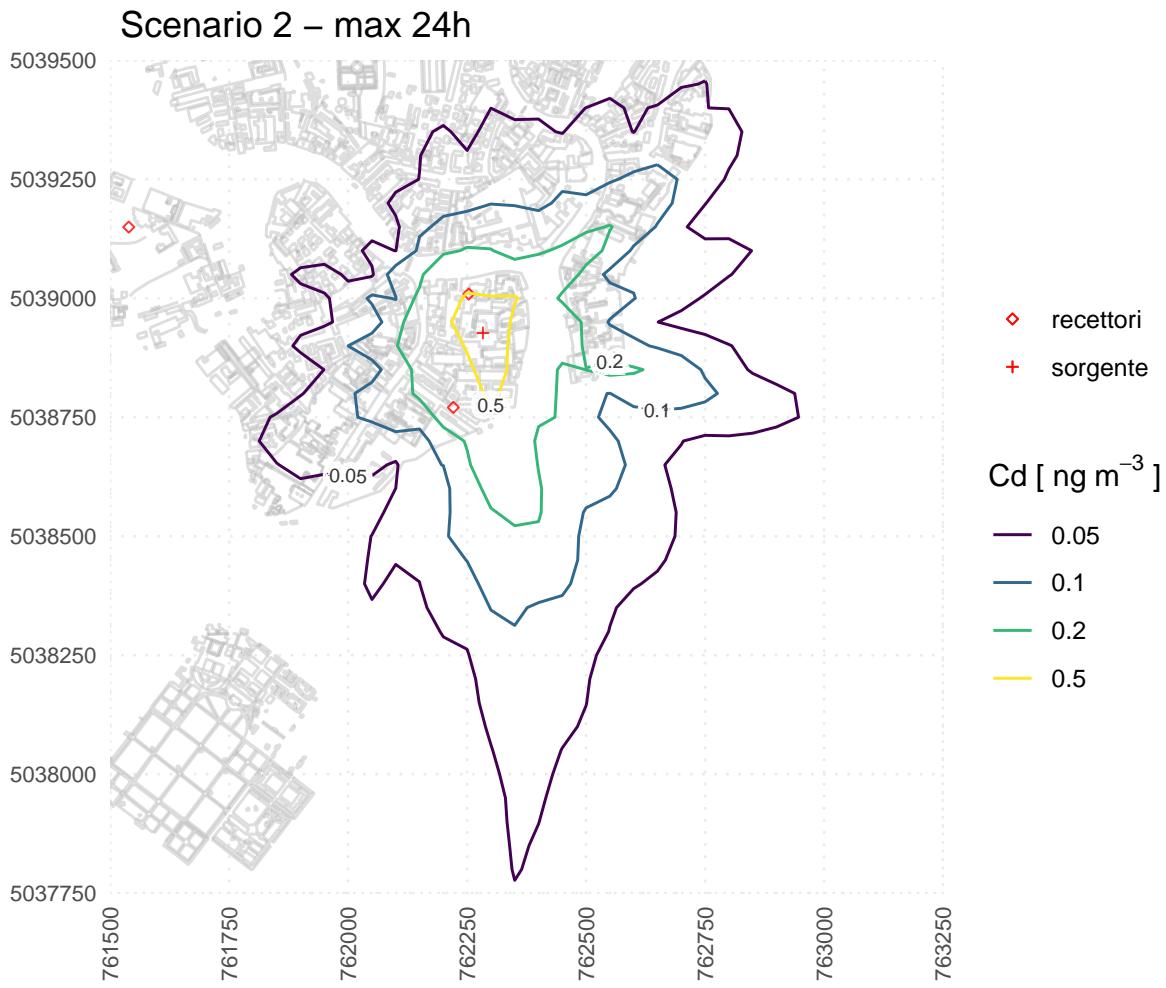


Figura 3.36: Scenario 2. Max 24h, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

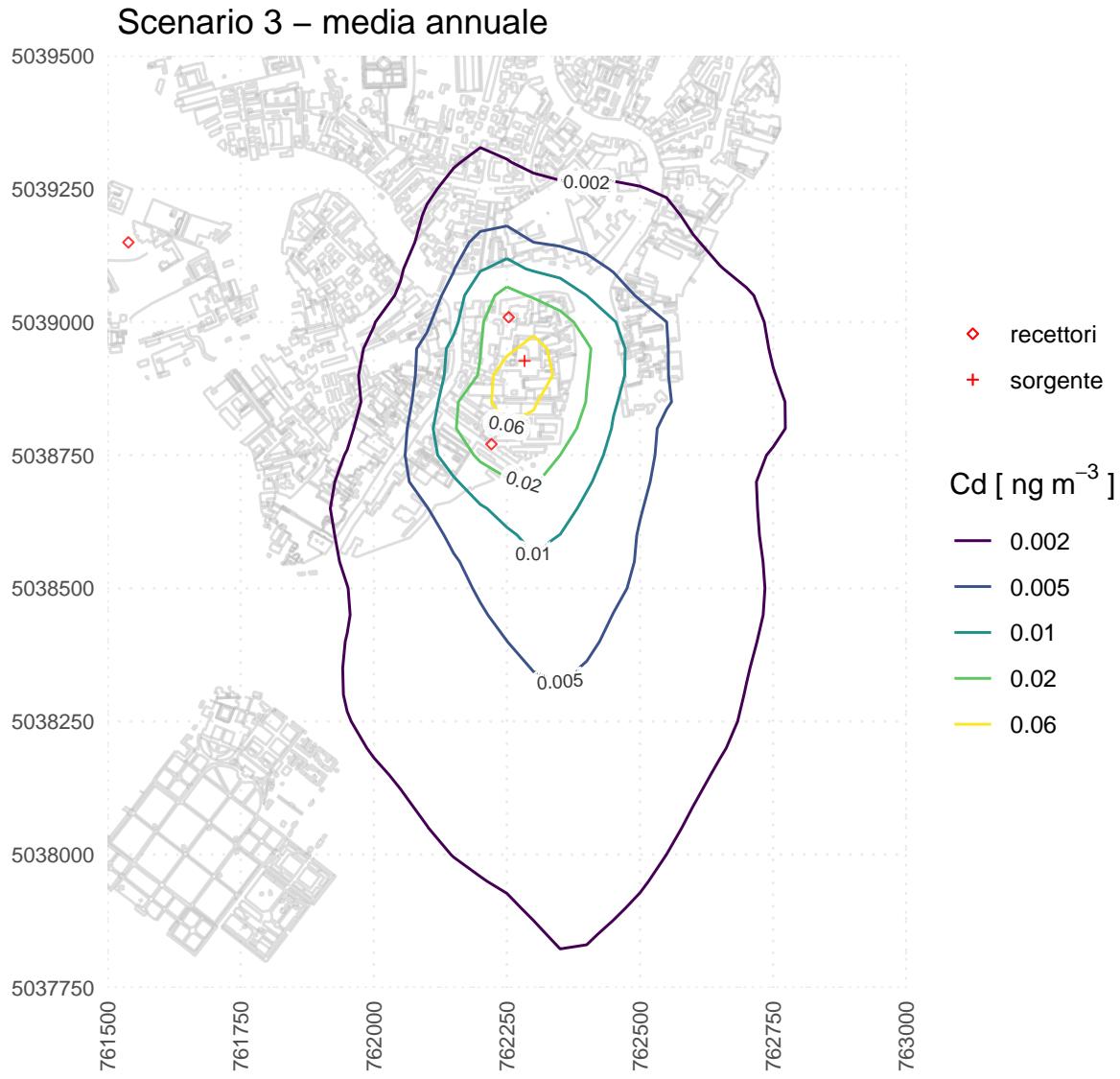


Figura 3.37: Scenario 3. Media annuale, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

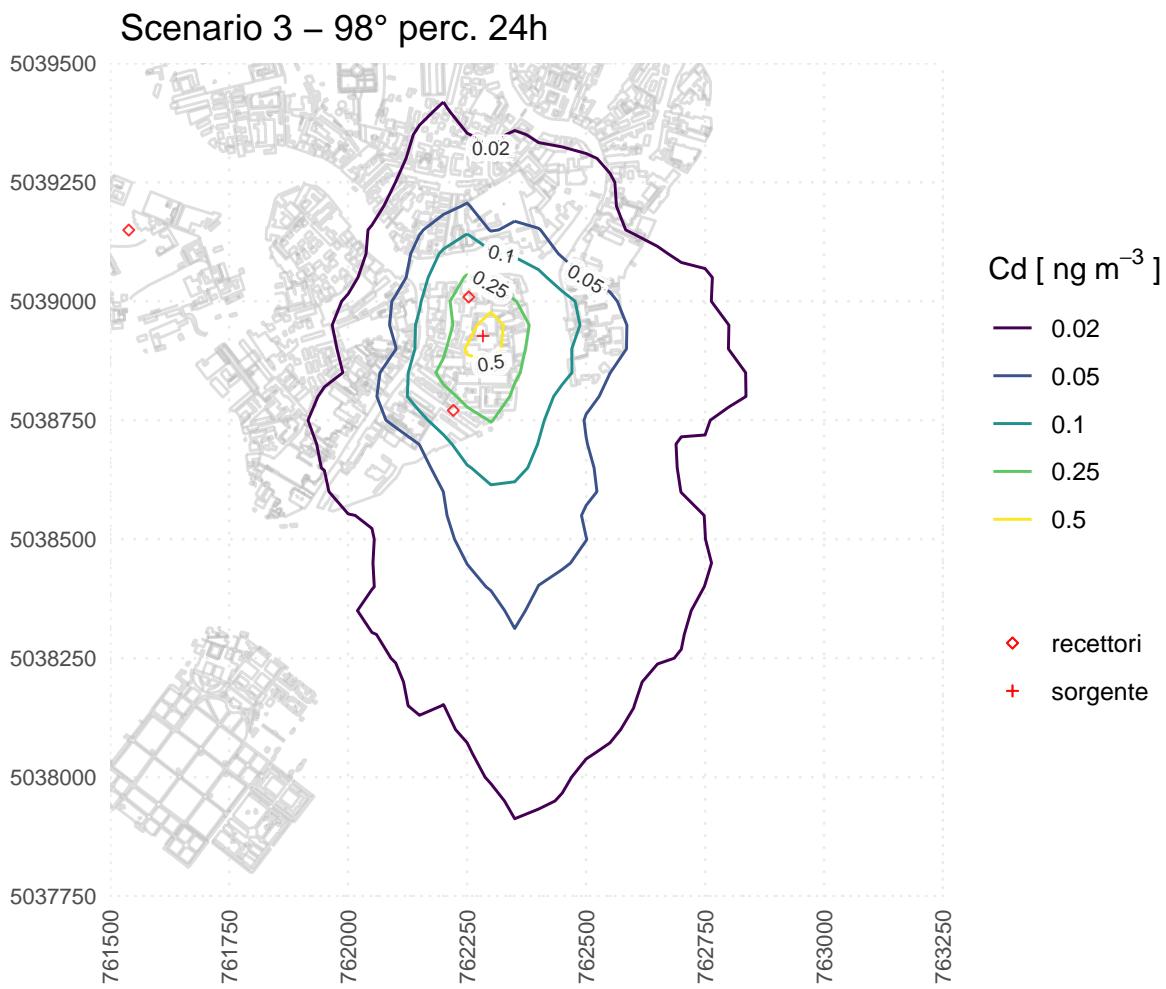
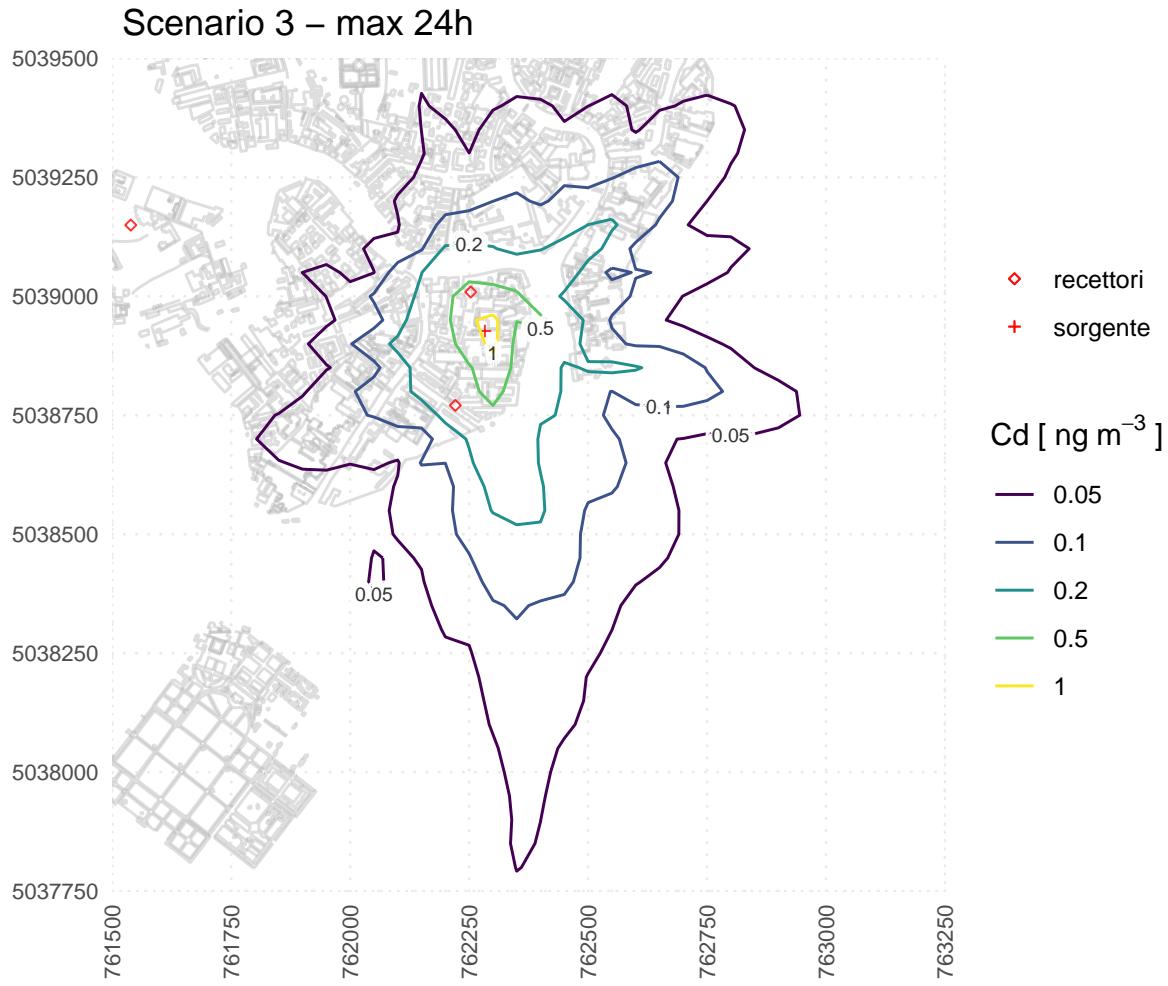


Figura 3.38: Scenario 3. 98° percentile 24h, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.



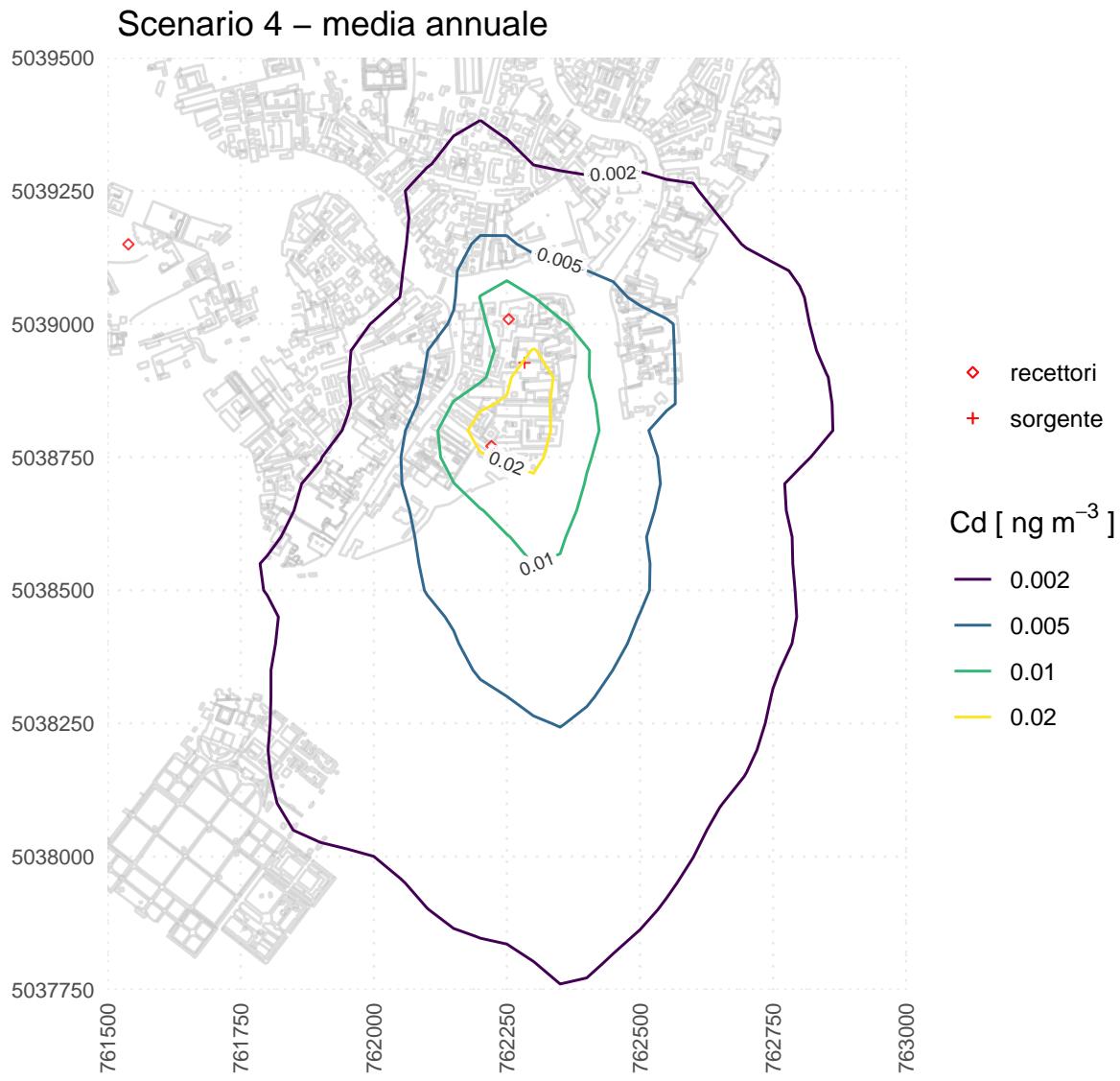


Figura 3.40: Scenario 4. Media annuale, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.

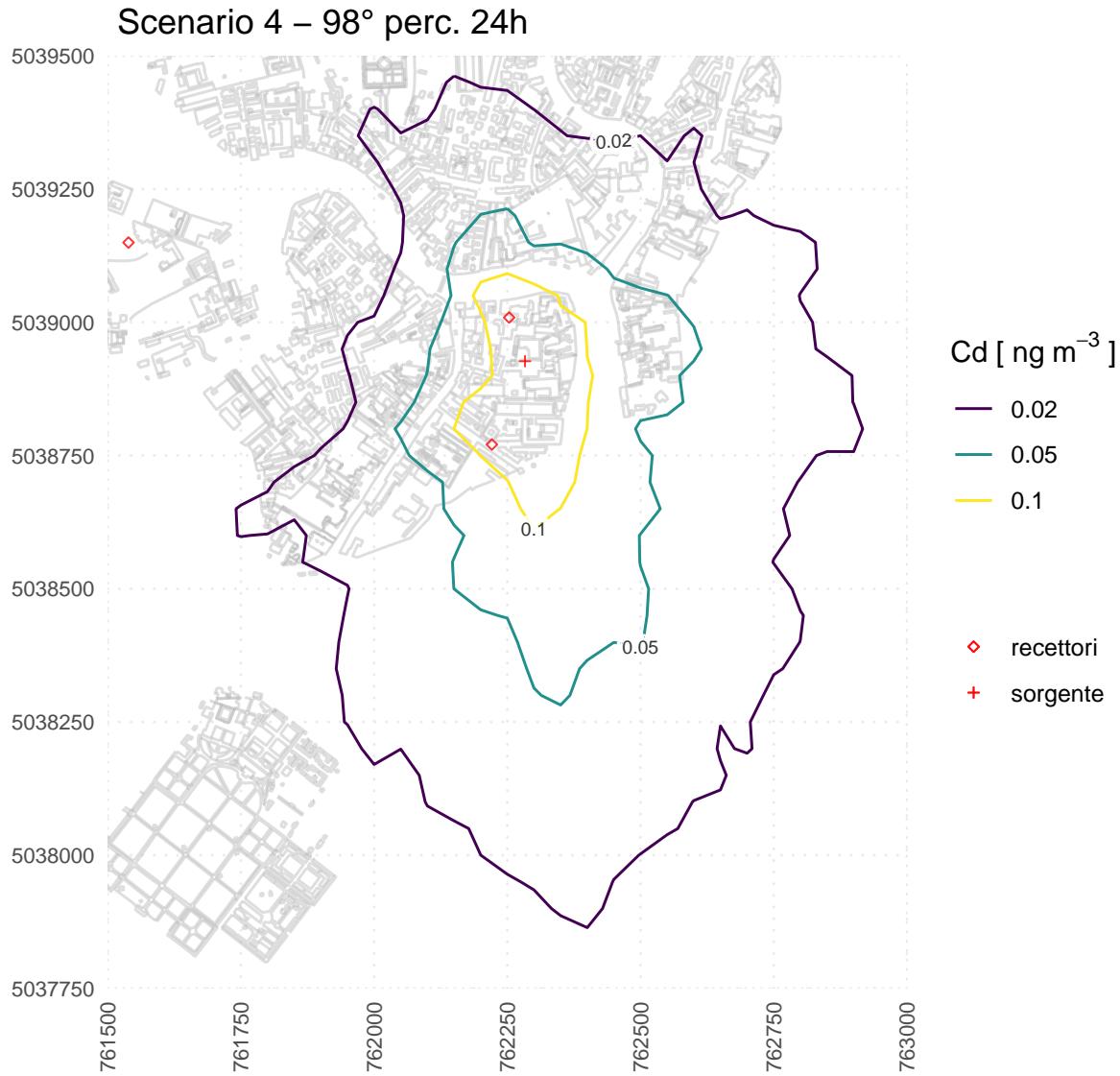
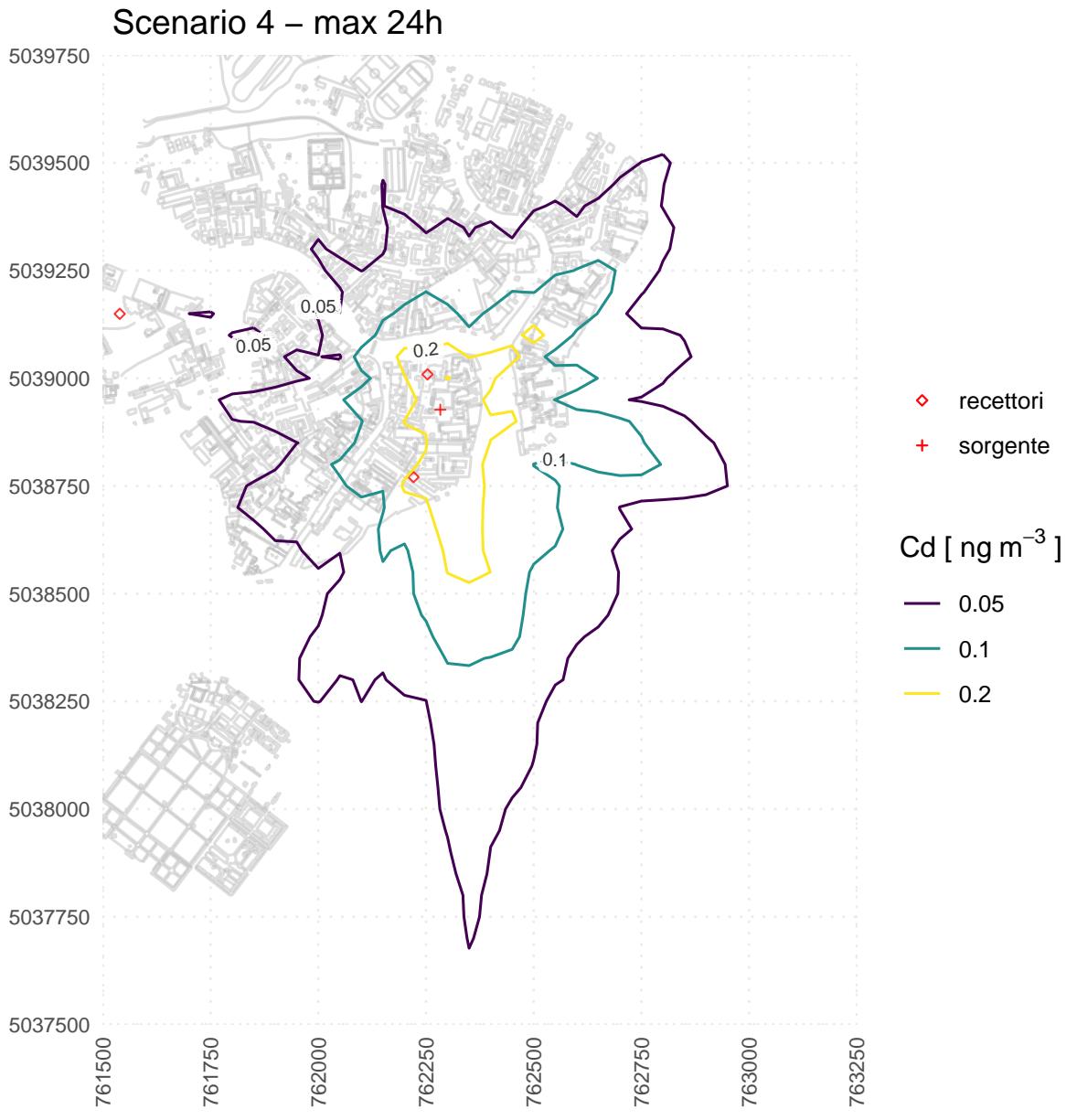


Figura 3.41: Scenario 4. 98° percentile 24h, stima LAPMOD per sperimentazione 'Effetre'.



Conclusioni

Le conclusioni sono presentate in ordine ai seguenti elementi di valutazione ed obiettivi progettuali:

- valutazione dello stato di qualità dell’aria rilevato dalla stazione di monitoraggio ubicata presso la scuola ‘Ugo Foscolo’, in Fondamenta Colleoni, ed attiva in modo continuativo a partire dalla seconda metà del 2016;
- simulazione modellistica di dispersione atmosferica degli inquinanti emessi, nel periodo da settembre a dicembre 2017, dai 25 fornì fusori delle vetrerie artistiche presenti sull’isola di Murano autorizzate all’impiego di composti del Cadmio (*Cd*) come colorante della pasta vetrosa;
- realizzazione di una serie di analisi delle emissioni presso un impianto pilota, in funzione nell’aprile 2023, per la sperimentazione di differenti tecniche di introduzione di coloranti a base di Cadmio (*Cd*) nella produzione del vetro e valutazione degli effetti ambientali tramite simulazione modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici.

Valutazione dello stato di qualità dell’aria

La verifica di conformità normativa, prevista dal DLgs. 155/2010 per lo stato di qualità dell’aria in relazione alle concentrazioni ambientali di Cadmio (*Cd*), ha evidenziato una significativa e consolidata criticità che, a partire dal 2017, ha rilevato presso il sito ‘Ugo Foscolo’, in Fondamenta Colleoni, medie annuali sistematicamente superiori al valore obiettivo di 5 ng m^{-3} .

La specificità dei valori ambientali di Cadmio (*Cd*) rilevati nell’isola di Murano rispetto a quelli del corrispondente sito di fondo insulare presso ‘Sacca Fisola’ (Giudecca, Venezia), ubicato a circa 4 km di distanza in direzione Sud-Ovest, rende conto di un significativo contributo a carattere locale che deve necessariamente essere ricondotto all’impatto ambientale dell’attività delle vetrerie artistiche.

La valutazione della serie storica delle medie giornaliere, rilevate in modo continuativo dalla seconda metà del 2016 presso il sito ‘Foscolo’, evidenzia un andamento tipicamente altalenante delle concentrazioni ambientali di Cadmio (*Cd*), da mettere in relazione con le emissioni a ciclo discontinuo prodotte dalle vetrerie artistiche presenti nell’isola di Murano. L’analisi della serie storica evidenzia in modo inequivocabile come nei vari momenti di sospensione o di interruzione dell’attività delle vetrerie, i livelli ambientali di Cadmio (*Cd*) siano drasticamente contenuti su valori molto bassi, spesso inferiori o prossimi al limite di quantificazione analitico.

La tendenza dell’ultimo sessennio di monitoraggio (2017-2022) evidenzia una significativa diminuzione delle concentrazioni ambientali che, a partire dal 2020, è verosimilmente attribuibile all’effetto del ‘lockdown’ ed alle conseguenze della generale contrazione delle attività produttive e commerciali. Nel 2021 si assiste, invece, ad un nuovo significativo innalzamento delle concentrazioni ambientali, mentre nel 2022 si verifica un altrettanto significativo ribasso, da imputare agli effetti dovuti alla congiuntura economico-finanziaria e politica che ha determinato, tra l’altro, molte difficoltà negli approvvigionamenti di materie prime ed energia.

Analisi di sensitività stime CALPUFF vs. LAPMOD

L’analisi di sensitività dei risultati relativi al periodo settembre - dicembre 2017 ha evidenziato, per entrambi i sistemi modellistici (CALPUFF vs. LAPMOD), stime molto inferiori rispetto alle misure ambientali, portando a concludere che una significativa quota delle emissioni di Cadmio (*Cd*) rimane, al momento, indeterminata.

La differenza tra misure ambientali e stime modellistiche è riconducibile all’incompleta caratterizzazione delle emissioni utilizzate in ingresso al sistema modellistico, sia in termini di numero di sorgenti attive (vetrerie) che per quantità di inquinanti emessi (profilo emissivo).

Pur considerando tutti possibili limiti dell’approccio modellistico, si rileva una sostanziale sottostima delle *emissioni* di Cadmio (*Cd*), cioè dei dati in ingresso al sistema modellistico, che non dipendono dall’algoritmo di calcolo utilizzato o dalla parametrizzazione della simulazione, ma dalla non completa e/o non corretta quantificazione del contributo emissivo delle sorgenti (vetrerie) presenti nell’isola.

E’ stato effettuato uno studio modellistico comparato sia con il sistema CALPUFF sia con quello LAPMOD per cercare di riprodurre le elevate concentrazioni osservate a partire dalla georeferenziazione dei camini dei forni fusori e dal profilo di attività delle sorgenti emissive, ottenuto a partire dalle informazioni rese disponibili dal sistema di ‘telecontrollo’.

Lo scenario emissivo, sia per le stime con il sistema modellistico CALPUFF che per LAPMOD, è stato definito in riferimento alle emissioni di tipo *convogliato*, che avvengono nella fase di fusione, e non tratta le emissioni dovute ad eventuale apertura dei camini by-pass, o le emissioni diffuse dagli ambienti di lavoro e dalle varie linee di lavorazione del vetro, non direttamente afferenti al processo di fusione. L'approccio di valutazione utilizzato è comunque di tipo *cautelativo*, perché per ciascuna sorgente emissiva sono stati utilizzati i valori di portata degli effluenti e di concentrazione dell'inquinante riferiti ai '*massimi autorizzati*'.

Considerate tutte le possibili limitazioni dei modelli, o gli eventuali problemi dovuti ad una non completa rappresentatività della meteorologia (per altro da escludere con quasi certezza), la differenza tra stime e misure può solo essere spiegata attraverso una notevole sottostima delle emissioni (utilizzate in ingresso al modello).

Limitandoci al solo confronto delle medie di periodo, che tipicamente rappresentano la statistica più robusta, si osserva che per i tre recettori discreti il rapporto tra valori ambientali misurati e quelli stimati da entrambi i modelli vale, a seconda dei casi, da circa 100 a circa 400. Detto in altri termini, al fine di riprodurre i valori ambientali misurati, le stime modellistiche presso i singoli recettori discreti devono essere moltiplicate per un fattore 'correttivo' pari al valore del rapporto sopra indicato.

La 'chiusura di stima' rispetto a tutte le sorgenti di emissione presenti nell'isola di Murano (forni fusori delle vetrerie) ed alla quantificazione del relativo contributo allo stato di qualità dell'aria deve necessariamente considerare anche l'evoluzione del tessuto produttivo intercorso negli ultimi anni di attività.

La possibilità di colmare questo '*deficit informativo*' attraverso lo sviluppo di una nuova attività progettuale che dovrà partire innanzitutto dal censimento delle vetrerie attive e dall'attualizzazione dei fattori di emissione per il Cadmio (*Cd*), rappresenta la base necessaria per costruire un efficace *sistema di supporto alle decisioni* per la programmazione e la gestione operativa della qualità dell'aria nell'isola di Murano.

Sperimentazione 'Effetre' e simulazioni LAPMOD

La realizzazione di una serie di analisi di laboratorio delle emissioni a camino prodotte dall'impianto pilota di tipo sperimentale, installato presso la vetreria artistica *Effetre srl*, ubicata a Murano in Fondamenta San Giovanni dei Battuti, e le relative simulazioni modellistiche di scenario di dispersione degli inquinanti atmosferici hanno evidenziato una serie di considerazioni con valenza sia di tipo 'operativo', a fini della produzione artistica del vetro, che 'programmatico', per la gestione dello stato di qualità dell'aria.

La valutazione modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici in varie condizioni di regime operativo d'impianto ed in funzione delle differenti miscele di alimentazione dei composti del *Cadmio (Cd)* è stata riassunta in quattro alternativi *scenari emissivi*.

Nello *scenario 1*, rappresentativo di vetrerie che non sono obbligate all'impiego di sistemi di filtrazione, il rateo emissivo è il più elevato misurato *a monte* per un forno alimentato a *cotisso*; il camino di emissione ha un'altezza di 6 m e con terminale verticale.

Nello *scenario 2*, rappresentativo di vetrerie obbligate all'impiego di sistemi di filtrazione, il reteo emissivo è il più elevato misurato *a valle* per un forno alimentato a *solfuro di Cadmio (CdS)* (miscela in polvere); il camino di emissione è alto 6 m e con terminale verticale.

Lo *scenario 3* costituisce il *caso reale* sperimentato presso l'impianto 'Effetre'; il rateo emissivo è rappresentativo di vetrerie obbligate ad installare sistemi di abbattimento, cioè il rateo più elevato misurato *a valle* per un forno alimentato con *solfuro di Cadmio (CdS)*; il camino è posto alla quota di 6 m, con *terminale orizzontale*.

Lo *scenario 4* è identico allo scenario 2, ma con un camino di altezza doppia (12 m); rappresenta l'ipotesi di diluizione degli inquinanti al suolo per innalzamento della quota di emissione.

La valutazione della sperimentazione costruita sui quattro scenari emissivi sopra delineati è stata predisposta per la verifica degli effetti sulle concentrazioni ambientali di Cadmio (*Cd*) al suolo:

- prodotti dal sistema di filtrazione (abbattimento emissioni), attraverso il confronto dei risultati dello *scenario 1 vs. scenario 2*;
- dovuti all'orientazione del terminale del camino (direzione emissioni), attraverso il confronto dei risultati dello *scenario 2 vs. scenario 3*;
- conseguenti al raddoppio di altezza del camino (diluizione emissioni), attraverso il confronto dei risultati *scenario 2 vs. scenario 4*.

Le simulazioni modellistiche con i dati alle emissioni monitorati nel corso della sperimentazione presso l'impianto pilota 'Effetre' hanno evidenziato per i differenti *contrasti di scenario* le seguenti conclusioni principali:

- l'impiego di sistemi di filtrazione è di fondamentale importanza poiché, a parità di tutti gli altri parametri, i valori di concentrazione stimati al suolo dal sistema modellistico si riducono di decine di volte; d'altro canto, la possibilità

di installare adeguati sistemi di filtrazione deve essere valutata, oltre che dal punto di vista economico, anche in funzione delle condizioni specifiche dei locali produttivi (con spazi molto spesso limitati), che nel contesto dell'isola di Murano potrebbe risultare un fattore limitante o quanto meno di significativo impedimento operativo;

- a parità di rateo emissivo e di quota di emissione, i valori di concentrazione stimati al suolo sono risultati minori per il caso del cammino con sbocco verticale rispetto a quello orizzontale;
- a parità di rateo emissivo e di diametro del cammino di emissione, i valori di concentrazione al suolo sono risultati notevolmente inferiori per un cammino alto il doppio (12 m) rispetto allo scenario di riferimento (6 m); tenuto presente il contesto urbanistico ed architettonico dell'isola Murano questo tipo di soluzione (abbattimento per diluizione), anche in questo caso, potrebbe non essere sempre facilmente realizzabile.

Appendice A

Configurazioni modellistiche

In questa Appendice sono riportati i principali parametri di configurazione modellistica utilizzati per le stime presentate in dettaglio nel Capitolo 3.

Le versioni dei software modellistici utilizzati nella presente valutazione sono:

- CALPUFF v. 5.8.5 (US EPA approved);
- LAPMOD v. 20220517.

A.1 Parametri di sorgente

In Tabella A.1 sono elencate le principali parametrizzazioni relative alle sorgenti emissive.

Come riferito in dettaglio nel paragrafo 3.2.1 si tratta delle 25 vetrerie artistiche, autorizzate all'utilizzo di composti del Cadmio (*Cd*), ed attive durante la ricognizione 'storica' risalente al periodo di simulazione settembre-dicembre 2017.

Tabella A.1: Parametri di sorgente delle 25 vetrerie attive nel periodo di simulazione modellistica (set-dic 2017).

Id.	Abb.	Nome	X [m]	Y [m]	H [m]	d [m]	T [°C]	v [m s ⁻¹]	Q [mg s ⁻¹]	A [h]
1	BLA	Vetreria Artistica Oball	762524	5039067	8.9	0.5	126.7	20.5	0.0340	499
2	BRV	Barovier e Toso	761909	5038678	7.9	0.5	82.5	22.1	0.0420	2110
3	CMD	Componenti Donà	761974	5039190	7.3	0.5	107.9	18.8	0.0330	1171
4	CRL	Carlo Moretti	762144	5038663	10.9	0.4	101.4	4.5	0.0052	987
5	DST	D'Este e Zane Art Glass	762698	5039298	7.4	0.4	72.9	12.6	0.0160	210
6	FFE	Vetreria Artistica Effe	762544	5039011	2.8	0.5	89.9	15.0	0.0250	257
7	FFT	Effetre	762266	5038901	7.7	0.8	93.9	11.1	0.0520	2084
8	GFR	Eugenio Ferro	762507	5038914	3.2	0.5	89.9	15.0	0.0250	235
9	GMB	Gambaro e Tagliapietra	761945	5039378	7.2	0.4	74.9	18.3	0.0230	338
10	LNV	Linea Valentina	762016	5039007	10.1	0.5	89.9	11.3	0.0210	356
11	MDF	Lavorazioni Artistiche	761849	5039406	8.9	0.4	70.0	12.5	0.0160	445
12	MRR	La Murrina	762230	5039163	8.4	0.4	149.9	17.1	0.0170	548
13	MSD	Mosaici Donà	761951	5039330	8.6	0.5	89.9	7.5	0.0140	880
14	NBC	Nuova Biemme	762278	5039509	7.1	0.5	89.9	15.0	0.0250	701
15	NFR	Anfora	761701	5039018	7.3	0.5	104.9	18.6	0.0330	599
16	NSM	Nason Moretti	761908	5038999	10.8	0.4	70.9	4.4	0.0069	1895
17	NTC	Antichi Angeli	762543	5039370	5.2	0.4	98.9	17.0	0.0250	263
18	RSM	Ars Murano	762577	5039417	4.7	0.5	90.9	18.9	0.0350	2281
19	RTL	Vetreria 3 Artistica	761939	5038725	9.7	0.5	59.9	14.7	0.0300	433
20	RTM	Artigianato Muranese	761822	5038654	10.0	0.5	85.9	8.4	0.0160	1442
21	SGC	Simone Cenedese	761982	5038827	9.0	0.5	89.9	11.3	0.0210	1470
22	SGG	Salvadore	762034	5038994	4.2	0.5	110.2	11.9	0.0210	241
23	SSH	SSHG	762754	5039361	6.8	0.8	89.9	18.4	0.0870	567
24	STL	Striulli Vetri Arte	762344	5038982	5.3	0.4	72.9	9.2	0.0110	69
25	VNN	Venini	761946	5038777	13.4	0.5	117.4	6.5	0.0110	2533

Note:

X [m], Y [m]: coordinate camino (EPSG 32632, WGS 84 / UTM zona 32N);

H [m]: altezza camino;

d [m]: diametro camino;

T [°C]: temperatura fumi;

v [m s⁻¹]: velocità uscita fumi;

Q [mg s⁻¹]: flusso di massa inquinante;

A [h]: ore di attività della sorgente nel periodo 01/09/2017 - 31/12/2017;

A.2 Parametri di calcolo

In Tabella A.2 sono elencate le principali parametrizzazioni di calcolo comuni ai due sistemi modellistici (CALPUFF e LAPMOD) utilizzati nel presente studio.

Al fine di garantire massima completezza di informazione e ripercorribilità delle stime, in Tabella A.3 sono indicate le principali parametrizzazioni relative alla configurazione modellistica LAPMOD utilizzata per la stima nel ‘caso base’.

Per le valutazioni relative allo scenario di valutazione ‘cautelativo’, riferito in dettaglio nel paragrafo 3.2.6, è stata utilizzata la stessa configurazione del ‘caso base’, con le seguenti variazioni:

- una tipologia di sorgente emissiva che annulla il *plume rise*, cioè l’innalzamento del pennacchio per effetto termico e meccanico (temperatura e velocità di uscita dei fumi); nel modello LAPMOD significa definire delle sorgenti di *tipo 1* nel file delle emissioni (e non più di *tipo 6*, come nel caso base);
- una arbitraria riduzione della quota di emissione a 0.5 m sopra il livello del suolo, con l’obiettivo di mimare un ‘abbassamento virtuale’ del cammino che dovrebbe rendere conto in modo indiretto del possibile effetto *building downwash* (si ricorda che allo stato attuale LAPMOD non è ancora in grado di simulare l’effetto scia degli edifici circostanti ad un cammino di emissione).

Tabella A.2: Parametri di calcolo CALMET, CALPUFF, LAPMOD.

simulazione	caratteristiche	input
	tipologia dati *	solo osservazioni stazioni
	uso del suolo	CORINE 125 m
	altimetria	DTM Regione Veneto
	dominio temporale	01/09/17 – 31/12/17
	tipologia griglia	regolare
	n. celle domino	16 * 20
meteo	dimensione celle (m)	500
	dimensione dominio (km)	8 * 10
	n. livelli verticali **	10
	coordinate geo vertice SW dominio	757000; 5035000
	building down wash	no
	plume rise	si
	deposizione secca	no
	deposizione umida	no
	reazioni chimiche	no
	calcolo coefficienti dispersione	variabili micrometeo continue
	dominio temporale	01/09/17 – 31/12/17
inquinanti	tipologia griglia	regolare
	n. celle dominio	80 * 80
	dimensione celle (m)	50
	dimensione dominio (km)	4 * 4
	coordinate geo vertice SW dominio	764500; 5041000

Note:

* Numero stazioni meteo: 39 surface, 3 upper air, 5 over water, 29 precipitation.

** Livelli verticali [m]: 0, 20, 60, 120, 200, 300, 500, 750, 1000, 2000, 3000.

Tabella A.3: Dettaglio parametri setup modellistico LAPMOD.

variabile	valore
ITDMRD	3600
ITDMIRD	600
LNOW	F
NPART	30
IPRTYPE	2
IENTR	NA
A1	0.11
A2	0.5
A3	0.655
CD	0.21
LSTD	T
LPPP	T
LPIT	T
C0	3
NSAM	6
SAMTYPE	1
CCA	1
SIGNUM	2.5

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei parametri di configurazione LAPMOD:

- ITDMRD: intervallo di lettura del dato meteorologico (CALMET) in secondi;
- ITDMIRD: numero di interpolazioni temporali delle variabili meteorologiche tra letture successiva dei dati in ingresso (CALMET);
- LNOW: variabile logica (true/false) che indica di sopprimere le *componenti verticali* (w) del campo di vento (CALMET);
- NPART: numero di particelle computazionali per minuto emesse da ogni singola sorgente;
- IPRTYPE: algoritmo di *plume rise* (innalzamento del pennacchio); il valore 2 corrisponde all'utilizzo dell'algoritmo di Webster e Thomson (2002) [31];

- IENTR: tipo di *entrainment* da utilizzare quando, per descrivere il *plume rise*, viene scelto l'algoritmo di Janicke e Janicke [32]; indicazione non necessaria per l'algoritmo di *plume rise* utilizzato nella presente configurazione di LAPMOD;
- A1, A2, A3 CD: parametri caratteristici dell'algoritmo di *plume rise* di Webster e Thomson (2002) [31]
- LSTD: variabile logica (true/false) che attiva l'algoritmo di *stack tip downwash*; utilizzata solo per le sorgenti di tipo 6 (puntuali con galleggiamento);
- LPPP: variabile logica (true/false) che attiva l'algoritmo di *parziale penetrazione del plume*; utilizzata solo per le sorgenti di tipo 6 (puntuali con galleggiamento);
- LPIT: variabile logica (true/false) che attiva l'algoritmo dei *livelli di turbolenza interna del plume*; utilizzata solo per le sorgenti di tipo 6 (puntuali con galleggiamento);
- C0: ‘costante di Kolmogorov’ utilizzata nel termine di dissipazione della turbolenza atmosferica (influisce sul moto turbolento delle particelle);
- NSAM: numero di campionamenti da effettuare all’interno dell’intervallo di output modellistico per determinare il valore di concentrazione degli inquinanti;
- SAMTYPE: indica la statistica da applicare ai record di campionamento; il valore 1 indica il valore medio dei campionamenti (NSAM);
- CCA: algoritmo adottato per il calcolo della concentrazione degli inquinanti; con il valore 1 viene utilizzato un ‘kernel’ di tipo gaussiano;
- SIGNUM: fattore moltiplicativo della *sigma orizzontale (SIGMA_H)* e *verticale (SIGMA_Z)* della particella computazionale.

Per maggiori dettagli sul significato e l’interpretazione fisica dei parametri di configurazione modellistica LAPMOD si rimanda a quanto riportato nel testo del manuale d’utente (<https://www.envioware.it/lapmod/>).

Appendice B

Rapporti di prova

In Appendice sono allegati i rapporti di prova delle analisi alle emissioni relativi alla sperimentazione presso l'impianto pilota ‘Effetre’.

I dati delle misurazioni nelle differenti condizioni operative d'impianto sono stati utilizzati per le simulazioni modellistiche LAPMOD di dispersione degli inquinanti atmosferici presentate nel Capitolo 3, al paragrafo 3.3.



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega I Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230411/1

Rev.:

0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Efetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
-----------------	---

Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
------------------------------	---

Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a monte del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	11/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di cristallo bianco
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1015 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1011 mbar
Temperatura aria (iniziale)	13.7 °C	Temperatura aria (finale)	15.9 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN 14790:2017
Vapore acqueo (wet)	13:09 + 13:39	0.4 / 0.7	VALORE 7.3 ± 0.9 % vol
Concentrazione		1.3 / 3.9	62.9 ± 6.1 g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)
Velocità media dell'effluente	10:47 + 11:12	0.48 / 0.86	VALORE 9.03 ± 0.69 m/s
Portata fumi t.q.		11 / 20	1600 ± 120 m³/h
Portata fumi normalizzata (wet)			800 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry)			740 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)			500 ± 30 Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)	11:17 + 13:17	0.12 / 0.22	10.83 ± 1.31 mg/Nm³			UNI EN 13284-1:2017
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)			13.19 ± 1.31 mg/Nm³			

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3) 11:17 + 13:17	0.013	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3) 11:17 + 13:17	0.039	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI
PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.549275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230411/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

LAB N° 1289 L

ALTRE INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
Volume campionario (dry) t.q.		0.120	m ³
Efficienza sistema di condensazione		> 90	%

METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.
SEZIONE CIRCOLARE			
Sezione del cammino		0.049	m ²
Diametro / Lato maggiore - Lato minore		0.250	m
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)		0.815	/

1 ^a Prova		VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	15.59	± 0.47	% vol
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	2.71	± 0.43	% vol
Azoto (calcolo)*		81.70	± n.d.	% vol
Temperatura		283.7	± 1.3	°C

METODO: UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0024 (scadenza taratura 21.05.2023); sonda cod. EMI-0055
temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm³.

Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)	VALORE	U.M.
	0.17	mg/m ³
	0.18	mg/Nm ³

1 ^a Prova	Identificazione campione:	230411_BM_POLV+MET_002 230411_BM_MET_002 230411BM_MET_003 230411_BM_RIS_001	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Massa volumetrica del gas secco		1.296	± n.d.	Kg/m ³	
Δ Pressione dinamica media		36.98	± n.d.	Pa	
Diametro dell'ugello utilizzato		7	± n.d.	mm	
Volume campionario		1.190	± n.d.	m ³	
Portata media del campionamento		9.9	± n.d.	l/min	
Temperatura		306.4	± 1.3	°C	
Ossigeno (dry)		14.43	± 0.47	% vol	
(METODO: UNI EN 14789:2017)					

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambiente < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO2:	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.291206
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230411/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

LAB N° 1289 L

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo – 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma: _____



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
- (4) Prova in subappalto.
- (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.

LOD Limit of detection del laboratorio.

LOQ Limit of quantification del laboratorio.

n.a. Non applicabile.

n.d. Non determinata.

* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega I Palazzo Lyra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.549275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.291206
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc p IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230411/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
-----------------	--

Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
------------------------------	---

Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a valle del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	11/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di cristallo bianco
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1015 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1011 mbar
Temperatura aria (iniziale)	13.7 °C	Temperatura aria (finale)	15.9 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)

Vapore acqueo (wet)
Concentrazione

	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN 14790:2017
	13:09 + 13:39	0.4 / 0.7	VALORE ± 0.9 % vol
		1.3 / 3.9	62.9 ± 6.1 g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova

Velocità media dell'effluente
Portata fumi t.q.
Portata fumi normalizzata (wet)
Portata fumi normalizzata (dry)
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)

	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)
	10:39 + 10:56	0.48 / 0.86	VALORE ± 0.69 m/s
		11 / 20	1310 ± 120 m³/h
			900 ± 65 Nm³/h
			830 ± 65 Nm³/h
			460 ± 30 Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)

Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)

	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE INCERTEZZA U.M. METODO
	11:17 + 13:17	0.12 / 0.22	< 0.12 ± n.d. mg/Nm³ UNI EN 13284-1:2017
			< 0.12 ± n.d. mg/Nm³

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)

	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3) 11:17 + 13:17	< 0.001	± n.d.	mg/Nm³ UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3) 11:17 + 13:17	< 0.001	± n.d.	mg/Nm³ UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Voga 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod fisc. c IVA 0411390271



ACCREDIA L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO 

Rapporto di prova n°:

230411/2

Rev.: 0

20/06/2023

LAB N° 1289 L

ALTRÉ INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
Volume campionario (dry) l.q.	0.120	m ³	
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%	
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)		
SEZIONE CIRCOLARE		VALORE	U.M.
Sezione del cammino	0.049	m ²	
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m	
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.824	/	
1^a Prova		VALORE	INCERTEZZA
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	16.61	± 0.47
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	1.85	± 0.43
Azoto (calcolo)*		81.54	± n.d.
Temperatura		127.2	± 0.8
METODO:	UNI EN 13284-1:2017	UNI EN 14385:2004	EPA METHOD 29
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0063 (scadenza taratura 05.07.2023); sonda cod. EMI-0061 temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.			
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO ₃ + 50cc di H ₂ O ₂ + 900cc di H ₂ O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.			
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .			
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.
		0.16	mg/m ³
		0.17	mg/Nm ³
1^a Prova	Identificazione campione:	230411_BV_POLV+MET_002 230411_BV_MET_002 230411_BV_MET_003	VALORE
Massa volumetrica del gas secco	1.293	± n.d.	Kg/m ³
Δ Pressione dinamica media	29.41	± n.d.	Pa
Diametro dell'ugello utilizzato	7	± n.d.	mm
Volume campionario	1.244	± n.d.	m ³
Portata media del campionamento	11.4	± n.d.	l/min
Temperatura	133.4	± 0.8	°C
Ossigeno (dry)	16.36	± 0.47	% vol
			(METODO: UNI EN 14789:2017)

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
 Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato; Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/0.2 kPa; Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V; Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO₂ > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 % del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili presso i uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:
 O₂: N° Cert. 10876 conc: 10.30 +/- 0.11 % vol Scadenza: 26/04/2024
 CO₂: N° Cert. 10886 conc: 4.95 +/- 0.07 % vol Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA

Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271

Rapporto di prova n°:

230411/2

Rev.: 0



LAB N° 1289 L

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo -5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio:

Lucia Greco

Firma: _____



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
 - (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
 - (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
 - (4) Prova in subappalto.
 - (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
 - (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
 - (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
- LOD Limit of detection del laboratorio.
LOQ Limit of quantification del laboratorio.
n.a. Non applicabile.
n.d. Non determinata.
* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici. Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 | Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932006 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2012068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230412/1

Rev.:

0

LAB N° 1289 L

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
----------	--

Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
-----------------------	---

Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a monte del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	12/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di cotisso rosso trasparente
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1008 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1006 mbar
Temperatura aria (iniziale)	11.4 °C	Temperatura aria (finale)	16.3 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)

Vapore acqueo (wet)
Concentrazione

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
10:13 + 10:43

METODO: UNI EN 14790:2017

VALORE	INCERTEZZA	U.M.
6.9	± 0.9	% vol
59.3	± 6.1	g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova

Velocità media dell'effluente
Portata fumi t.q.
Portata fumi normalizzata (wet)
Portata fumi normalizzata (dry)
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
07:37 + 07:53

METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)

VALORE	INCERTEZZA	U.M.
9.42	± 0.69	m/s
1660	± 120	m³/h
760	± 65	Nm³/h
710	± 65	Nm³/h
590	± 65	Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)(5)

Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
08:03 + 12:30

VALORE INCERTEZZA U.M. METODO
59.10 ± n.d. mg/Nm³ UNI EN 13284-1:2017
64.81 ± n.d. mg/Nm³

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)

VALORE INCERTEZZA U.M. METODO

1^ Prova Cadmio * (2)(3) 08:03 + 12:30 0.657 ± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004

1^ Prova Selenio * (2)(3) 08:03 + 12:30 1.974 ± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 10 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041 932206 - Fax 041 937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230412/1

Rev.:

0

20/06/2023

ALTRI INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
	Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³
	Efficienza sistema di condensazione	> 90	%
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.
SEZIONE CIRCOLARE	Sezione del cammino	0.049	m ²
	Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m
	Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.815	/
1^ Prova		VALORE	INCERTEZZA
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	14.30	± 0.47
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	4.22	± 0.43
Azoto (calcolo) *		81.48	± n.d.
Temperatura		322.1	± 1.3
METODO:	UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 UNI EN 14385:2004	VALORE	U.M.
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0024 (scadenza taratura 21.05.2023); sonda cod. EMI-0055	0.10	mg/m ³	
temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.11	mg/Nm ³	
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.			
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .			
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.
		0.10	mg/m ³
		0.11	mg/Nm ³
1^ Prova	Identificazione campione:	230412_BM_POLV+MET_001 230412_BM_MET_001	
		230412BM_MET_002 230412_BM_RIS_001	
		VALORE	INCERTEZZA
Massa volumetrica del gas secco		1.306	± n.d.
Δ Pressione dinamica media		41.28	± n.d.
Diametro dell'ugello utilizzato		7	± n.d.
Volume campionario		1.953	± n.d.
Portata media del campionamento		9.7	± n.d.
Temperatura		328.9	± 1.3
Ossigeno (dry)		13.71	± 0.47
			% vol
			(METODO: UNI EN 14789:2017)

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentato laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante l'esperimento sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.
Bombole utilizzate per la calibrazione:
O2: N° Cert. 10876 conc: 10.30 +/- 0.11 % vol Scadenza: 26/04/2024
CO2: N° Cert. 10686 conc: 4.95 +/- 0.07 % vol Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Voga 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041 5499275 - 041 932206 - Fax 041 937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041 932688 - Fax 041 2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411360271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230412/1

Rev.:

0

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo – 5% ± +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma:



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
- (4) Prova in subappalto.
- (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.

LOD
Limit of detection del laboratorio.

LOQ
Limit of quantification del laboratorio.

n.a.
Non applicable.

n.d.
Non determinata.

*
La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove

(pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE
PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411360271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230412/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a valle del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	12/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di cotisso rosso trasparente
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1008 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1006 mbar
Temperatura aria (iniziale)	11.4 °C	Temperatura aria (finale)	16.3 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)

Vapore acqueo (wet)
Concentrazione

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
10:13 + 10:43
LOD / LOQ
0.4 / 0.7
1.3 / 3.9

METODO: UNI EN 14790:2017

VALORE	INCERTEZZA	U.M.
6.9	± 0.9	% vol
59.3	± 6.1	g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova

Velocità media dell'effluente
Portata fumi t.q.
Portata fumi normalizzata (wet)
Portata fumi normalizzata (dry)
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
07:45 + 07:57
LOD / LOQ
0.48 / 0.86
11 / 20

METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)

VALORE	INCERTEZZA	U.M.
6.73	± 0.69	m/s
1190	± 120	m³/h
840	± 65	Nm³/h
780	± 65	Nm³/h
440	± 30	Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)

Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
08:03 + 12:30
LOD / LOQ
0.12 / 0.22

VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017
< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif.

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)

VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
--------	------------	------	--------

1^ Prova Cadmio *

(2)(3)

08:03 + 12:30

<

0.001

± n.d.

mg/Nm³ UNI EN 14385:2004

1^ Prova Selenio *

(2)(3)

08:03 + 12:30

<

0.001

± n.d.

mg/Nm³ UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE
PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.549275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932089 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230412/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRE INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO: UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.		
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³		
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%		
METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.		
SEZIONE CIRCOLARE				
Sezione del cammino	0.049	m ²		
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m		
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.824	/		
1^a Prova	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	16.54	± 0.47	% vol
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	2.86	± 0.43	% vol
Azoto (calcolo)*		80.60	± n.d.	% vol
Temperatura		110.8	± 0.8	°C
METODO: UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29	VALORE	U.M.		
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0063 (scadenza taratura 05.07.2023); sonda cod. EMI-0061	0.07	mg/m ³		
temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.08	mg/Nm ³		
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO ₃ + 50cc di H ₂ O ₂ + 900cc di H ₂ O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.				
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .				
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)	VALORE	U.M.		
	0.07	mg/m ³		
	0.08	mg/Nm ³		
1^a Prova	Identificazione campione:	230412_BV_POLV+MET_001 230412_BV_MET_001 230412BV_MET_002		
Massa volumetrica del gas secco	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	
Δ Pressione dinamica media	1.298	± n.d.	Kg/m ³	
Diametro dell'ugello utilizzato	32.67	± n.d.	Pa	
Volume campionato	7	± n.d.	mm	
Portata media del campionamento	2.702	± n.d.	m ³	
Temperatura	10.8	± n.d.	l/min	
Ossigeno (dry)	116.3	± 0.8	°C	
	16.61	± 0.47	% vol	
			(METODO: UNI EN 14789:2017)	

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;	1.298	± n.d.	Kg/m ³
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;	32.67	± n.d.	Pa
Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;	7	± n.d.	mm
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO ₂ > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %	2.702	± n.d.	m ³
delle variazioni sperimentate in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati	10.8	± n.d.	l/min
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili	116.3	± 0.8	°C
presso i ns. uffici.	16.61	± 0.47	% vol
Bombole utilizzate per la calibrazione:			
O ₂ :	N° Cert. 10876	conc:	10.30
CO ₂ :	N° Cert. 10686	conc:	4.95
		+/-	0.11
		+/-	0.07
		% vol	% vol
		Scadenza:	26/04/2024
		Scadenza:	26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932208 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932659 - Fax 041.2912088
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p. IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230412/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo – 5% ± +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del Laboratorio
Lucia Greco

Firma:



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAP - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
- (4) Prova in subappalto.
- (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell'accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.

LOD Limit of detection del laboratorio.

LOQ Limit of quantification del laboratorio.

n.a. Non applicabile.

n.d. Non determinata.

* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell'accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 - livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati brutti delle prove

(pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza

di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932606 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230413/1

Rev.:

0

LAB N° 1289 L

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a monte del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	13/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di cotiso rosso opaco
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali				
Pressione atmosferica (iniziale)	1000	mbar	Pressione atmosferica (finale)	997
Temperatura aria (iniziale)	10.6	°C	Temperatura aria (finale)	10.4

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo		METODO: UNI EN 14790:2017			
1^ Prova (1)	Vapore acqueo (wet)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA U.M.
	Concentrazione	09:48 + 10:18	0.4 / 0.7	6.2	± 0.9 % vol
				53.5	± 6.1 g/Nm³
Portata, Velocità		METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)			
1^ Prova	Velocità media dell'effluente	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA U.M.
	Portata fumi t.q.	07:22 + 07:35	0.48 / 0.86	9.21	± 0.69 m/s
	Portata fumi normalizzata (wet)		11 / 20	1630	± 120 m³/h
	Portata fumi normalizzata (dry)			690	± 65 Nm³/h
	Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)			650	± 65 Nm³/h
				660	± 65 Nm³/h
Concentrazione polveri		METODO: UNI EN 13284-1:2017			
1^ Prova (2)(5)	Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA U.M. METODO
	Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)	07:45 + 11:42	0.12 / 0.22	43.64	± 2.78 mg/Nm³ UNI EN 13284-1:2017
				40.41	± 2.78 mg/Nm³
Concentrazione metalli		VALORE INCERTEZZA U.M. METODO			
Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif		PERIODO CAMPIONAMENTO (h)			
1^ Prova Cadmio *	(2)(3)	07:45 + 11:42		1.249	± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3)	07:45 + 11:42		1.362	± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041 5499275 - 041 932206 - Fax 041 937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041 932696 - Fax 041 2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230413/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRE INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
	Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³
	Efficienza sistema di condensazione	> 90	%
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.
SEZIONE CIRCOLARE	Sezione del cammino	0.049	m ²
	Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m
	Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.815	/
1^ Prova	Ossigeno (dry)	VALORE	INCERTEZZA
	(UNI EN 14789:2017)	12.82	± 0.47
	Anidride Carbonica (dry)	4.79	± 0.43
	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	82.39	± n.d.
	Azoto (calcolo) *	365.3	± 1.8
	Temperatura		% vol
			°C
METODO:	UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29	VALORE	U.M.
Utilizzati:	fili in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0024 (scadenza taratura 21.05.2023); sonda cod. EMI-0055	0.09	mg/m ³
	temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.10	mg/Nm ³
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.			
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .			
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)	VALORE	U.M.	
	0.09	mg/m ³	
	0.10	mg/Nm ³	
1^ Prova	Identificazione campione: 230413_BM_POLV+MET_001 230413_BM_MET_001	VALORE	U.M.
	230413BM_MET_002 230413_BM_RIS_001	1.312	Kg/m ³
	Massa volumetrica del gas secco	38.91	Pa
	Δ Pressione dinamica media	7	mm
	Diametro dell'ugello utilizzato	2.172	m ³
	VOLUME campionario	8.9	l/min
	Portata media del campionamento	371.6	°C
	Temperatura	12.36	± 0.47
	Ossigeno (dry)		% vol
			(METODO: UNI EN 14789:2017)

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambiente < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentalato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO2:	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lyra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5490275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230413/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo - 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma:



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA Prova in subappalto.
- (4) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (5) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (6) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
- LOD Limit of detection del laboratorio.
- LOQ Limit of quantification del laboratorio.
- n.a. Non applicabile.
- n.d. Non determinata.

* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 - livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 10 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p.IVA 00411300271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230413/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.tta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a valle del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	13/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di cotisso rosso opaco
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1000 mbar	Pressione atmosferica (finale)	997 mbar
Temperatura aria (iniziale)	10.6 °C	Temperatura aria (finale)	10.4 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)

Vapore acqueo (wet)
Concentrazione

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
09:48 + 10:18
LOD / LOQ
0.4 / 0.7
1.3 / 3.9

METODO: UNI EN 14790:2017

VALORE	INCERTEZZA	U.M.
6.2	± 0.9	% vol
53.5	± 6.1	g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova

Velocità media dell'effluente
Portata fumi t.q.
Portata fumi normalizzata (wet)
Portata fumi normalizzata (dry)
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
07:26 + 07:38
LOD / LOQ
0.48 / 0.86
11 / 20

METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)

VALORE	INCERTEZZA	U.M.
6.32	± 0.69	m/s
1120	± 120	m³/h
790	± 65	Nm³/h
740	± 65	Nm³/h
430	± 30	Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)

Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)
07:45 + 11:42
LOD / LOQ
0.12 / 0.22

VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017
< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	mg/Nm³

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif

PERIODO CAMPIONAMENTO (h)

VALORE INCERTEZZA U.M. METODO

1^ Prova Cadmio * (2)(3) 07:45 + 11:42 < 0.001 ± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004

1^ Prova Selenio * (2)(3) 07:45 + 11:42 < 0.001 ± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5490275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230413/2

Rev.:

0

del:

20/06/2023

LAB N° 1289 L

ALTRI INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.	
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³		
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%		
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.	
SEZIONE CIRCOLARE				
Sezione del cammino	0.049	m ²		
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m		
Fattore di taratura del tubo di Pilot (K-fuori radice)	0.824	/		
1^a Prova		VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	16.31	± 0.47	% vol
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	4.19	± 0.43	% vol
Azoto (calcolo)*		79.50	± n.d.	% vol
Temperatura		108.9	± 0.8	°C
METODO:	UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29	VALORE	U.M.	
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0063 (scadenza taratura 05.07.2023); sonda cod. EMI-0061 temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.09	mg/m ³		
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO ₃ + 50cc di H ₂ O ₂ + 900cc di H ₂ O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.	0.09	mg/Nm ³		
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .				
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.	
		1.312	Kg/m ³	
Massa volumetrica del gas secco		30.76	Pa	
Δ Pressione dinamica media		7	mm	
Diametro dell'ugello utilizzato		2.287	m ³	
Volume campionario		10.2	l/min	
Portata media del campionamento		112.4	°C	
Temperatura		16.63	% vol	
Ossigeno (dry)		± 0.47	(METODO: UNI EN 14789:2017)	

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO₂ > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentalato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO ₂ :	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 | Palazzo Lyra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5490275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod fisc. p.IVA 00411390271

Rapporto di prova n°:

230413/2

Rev.:

0



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo – 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma:



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
 - (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
 - (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
 - (4) Prova in subappalto.
 - (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
 - (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell'accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
 - (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
- LOD
Limit of detection del laboratorio.
- LOQ
Limit of quantification del laboratorio.
- n.a.
Non applicabile.
- n.d.
Non determinata.
- * La determinazione con il metodo indicato non rientra nell'accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 - livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230417/1

Rev.:

0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a monte del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	17/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di 200 kg di sabbia con laggiunta di 10 ampolle di vetro, contenenti ognuna 200 gr CdS. Temperatura di fusione prevista -1350°C
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali	Pressione atmosferica (iniziale) Temperatura aria (iniziale)	1012 mbar 9.7 °C	Pressione atmosferica (finale) Temperatura aria (finale)	1011 mbar 16.9 °C
DETERMINAZIONE				
Vapore Acqueo			METODO: UNI EN 14790:2017	
1^ Prova (1)	Vapore acqueo (wet) Concentrazione	PERIODO CAMPIONAMENTO (h) 09:26 + 09:56	LOD / LOQ 0.4 / 0.7 1.3 / 3.9	VALORE 5.8 49.2
				INCERTEZZA ± 0.9 % vol ± 4.4 g/Nm³
Portata, Velocità			METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	
1^ Prova	Velocità media dell'effluente Portata fumi t.q. Portata fumi normalizzata (wet) Portata fumi normalizzata (dry) Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h) 06:58 + 07:10	LOD / LOQ 0.48 / 0.86 11 / 20	VALORE 8.16 1440 620 590 470
				INCERTEZZA ± 0.69 m/s ± 120 m³/h ± 65 Nm³/h ± 65 Nm³/h ± 30 Nm³/h
Concentrazione polveri			U.M.	
1^ Prova (2)(5)	Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.) Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h) 07:14 + 11:30	LOD / LOQ 0.12 / 0.22	VALORE 155.24 175.60
			INCERTEZZA ± n.d.	U.M. METODO mg/Nm³ UNI EN 13284-1:2017 mg/Nm³
Concentrazione metalli	Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	VALORE	INCERTEZZA U.M. METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3)	07:14 + 11:30	14.192	± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3)	07:14 + 11:30	27.094	± n.d. mg/Nm³ UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230417/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRI INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³	
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%	
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.
SEZIONE CIRCOLARE			
Sezione del cammino	0.049	m ²	
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m	
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.815	/	
1^ Prova		VALORE	INCERTEZZA
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	14.60	± 0.47
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap. 7.2)	3.96	± 0.43
Azoto (calcolo) *		81.44	± n.d.
Temperatura		357.2	± 1.8
			% vol
			°C
METODO:	UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29	VALORE	U.M.
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0024 (scadenza taratura 21.05.2023); sonda cod. EMI-0055	0.09	mg/m ³	
temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.10	mg/Nm ³	
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.			
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .			
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.
		0.09	mg/m ³
		0.10	mg/Nm ³
1^ Prova	Identificazione campione:	230417_BM_POLV+MET_002 230417_BM_MET_002	
		230417BM_MET_003 230417_BM_RIS_001	
Massa volumetrica del gas secco	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Δ Pressione dinamica media	1.304	± n.d.	Kg/m ³
Diametro dell'ugello utilizzato	38.91	± n.d.	Pa
Volume campionario	7	± n.d.	mm
Portata media del campionamento	2.191	± n.d.	m ³
Temperatura	8.1	± n.d.	l/min
Ossigeno (dry)	371.6	± 1.8	°C
	13.93	± 0.47	% vol
			(METODO: UNI EN 14789:2017)

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap. 7.2

Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato; Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa; Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V; Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 % del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza:	26/04/2024
CO2:	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza:	26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041 54990275 - 041 932206 - Fax 041 937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041 932686 - Fax 041 2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230417/1

Rev.:

0

del: 20/06/2023

LAB N° 1289 L

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo – 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma:



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
 - (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
 - (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA Prova in subappalto.
 - (4) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
 - (5) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
 - (6) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
 - (7) LOD Limit of detection del laboratorio.
 - LOQ Limit of quantification del laboratorio.
 - n.a. Non applicabile.
 - n.d. Non determinata.
- * La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel: 041.5499275 - 041.932206 - Fax: 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel: 041.932886 - Fax: 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc: p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230417/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a valle del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	17/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di 200 kg di sabbia con l'aggiunta di 10 ampolle di vetro, contenenti ognuna 200 gr CdS. Temperatura di fusione prevista -1350°C
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1012 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1011 mbar
Temperatura aria (iniziale)	9.7 °C	Temperatura aria (finale)	16.9 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN 14790:2017
Vapore acqueo (wet)	09:26 + 09:56	0.4 / 0.7	VALORE ± 0.9 % vol
Concentrazione		1.3 / 3.9	49.2 ± 4.4 g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)
Velocità media dell'effluente	06:51 + 07:05	0.48 / 0.86	VALORE ± 0.69 m/s
Portata fumi t.q.		11 / 20	1050 ± 120 m³/h
Portata fumi normalizzata (wet)			740 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry)			700 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)			410 ± 30 Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)	07:14 + 11:30	0.12 / 0.22	< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)			< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	

Concentrazione metalli

	Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3)	07:14 + 11:30	0.002	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3)	07:14 + 11:30	0.006	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5490275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. e IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230417/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRE INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.	
	Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³	
	Efficienza sistema di condensazione	> 90	%	
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.	
SEZIONE CIRCOLARE	Sezione del cammino	0.049	m ²	
	Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m	
	Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.824	/	
1^ Prova	Ossigeno (dry)	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
	(UNI EN 14789:2017)	16.30	± 0.47	% vol
	Anidride Carbonica (dry)	2.76	± 0.43	% vol
	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	80.94	± n.d.	% vol
	Azoto (calcolo)*	114.4	± 0.8	°C
	Temperatura			
METODO:	UNI EN 13284-1:2017	UNI EN 14385:2004	EPA METHOD 29	
Utilizzati:	filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%;	campionatore cod. EMI-0063 (scadenza taratura 06.07.2023);	sonda cod. EMI-0055	
temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.				
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.				
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .				
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.	
		0.09	mg/m ³	
		0.09	mg/Nm ³	
1^ Prova	Identificazione campione:	230417_BV_POLV+MET_002		
		230417_BV_MET_002		
		230417BV_MET_003		
Massa volumetrica del gas secco	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	
Δ Pressione dinamica media	1.297	± n.d.	Kg/m ³	
Diametro dell'ugello utilizzato	25.84	± n.d.	Pa	
Volume campionario	7	± n.d.	mm	
Portata media del campionamento	2.332	± n.d.	m ³	
Temperatura	9.5	± n.d.	l/min	
Ossigeno (dry)	118.9	± 0.8	°C	
	16.58	± 0.47	% vol	
			(METODO: UNI EN 14789:2017)	

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambiente < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO2:	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.549275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2012068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230417/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo - 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio:
Lucia Greco

Firma:



I Risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAP - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA Prova in subappalto.
- (4) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (5) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (6) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
LOD Limit of detection del laboratorio.
LOQ Limit of quantification del laboratorio.
n.a. Non applicable.
n.d. Non determinata.
* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ore solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri sul filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 10 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932666 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 004113900271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230418/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a monte del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	18/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di 200 kg di sabbia con l'aggiunta di 200 gr di CdS. Temperatura di fusione prevista - 1350°C
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1013 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1009 mbar
Temperatura aria (iniziale)	13.1 °C	Temperatura aria (finale)	18.3 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN 14790:2017
Vapore acqueo (wet)	11:17 + 11:47	0.4 / 0.7	VALORE ± 0.9 % vol
Concentrazione		1.3 / 3.9	56.8 ± 6.1 g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)
Velocità media dell'effluente	06:49 + 07:01	0.48 / 0.86	VALORE ± 0.69 m/s
Portata fumi t.q.		11 / 20	1600 ± 120 m³/h
Portata fumi normalizzata (wet)			670 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry)			620 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)			430 ± 30 Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)(5)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)	07:18 + 12:22	0.12 / 0.22	398.11 ± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017	
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)			590.41 ± n.d.	mg/Nm³		

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3) 07:18 + 12:22	158.777	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3) 07:18 + 12:22	57.457	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5469275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230418/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRE INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.	
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³		
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%		
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.	
SEZIONE CIRCOLARE				
Sezione del camino	0.049	m ²		
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m		
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.815	/		
1 ^a Prova		VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	15.44	± 0.47	% vol
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	4.49	± 0.43	% vol
Azoto (calcolo) *		80.07	± n.d.	% vol
Temperatura		384.7	± 1.8	°C
METODO:	UNI EN 13284-1:2017	UNI EN 13485:2004	EPA METHOD 29	
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0024 (scadenza taratura 21.05.2023); sonda cod. EMI-0055				
temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.				
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.				
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .				
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.	
		0.10	mg/m ³	
		0.10	mg/Nm ³	
1 ^a Prova	Identificazione campione:	230418_BM_POLV+MET_001 230418_BM_MET_001		
		230418_BM_MET_002 230418_BM_RIS_001		
Massa volumetrica del gas secco	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	
Δ Pressione dinamica media	1.307	± n.d.	Kg/m ³	
Diametro dell'ugello utilizzato	31.74	± n.d.	Pa	
Volume campionario	6	± n.d.	mm	
Portata media del campionamento	2.051	± n.d.	m ³	
Temperatura	6.3	± n.d.	l/min	
Ossigeno (dry)	385.4	± 1.8	°C	
	15.61	± 0.47	% vol	
			(METODO: UNI EN 14789:2017)	

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentalito in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:
O2: N° Cert. 10876 conc: 10.30 +/- 0.11 % vol Scadenza: 26/04/2024
CO2: N° Cert. 10686 conc: 4.95 +/- 0.07 % vol Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA

Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.037572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932696 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p IVA 00411390271

Rapporto di prova n°:

230418/1

Rev.: 0



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo - 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio:
Lucia Greco

Firma:



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
- (4) Prova in subappalto.
- (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell'accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
LOD Limit of detection del laboratorio.
LOQ Limit of quantification del laboratorio.
n.a. Non applicabile.
n.d. Non determinata.
* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell'accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici. Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041 5499275 - 041 932206 - Fax 041 937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041 932696 - Fax 041 2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230418/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a valle del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	18/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di 200 kg di sabbia con l'aggiunta di 200 gr di CdS. Temperatura di fusione prevista -1350°C
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali	Pressione atmosferica (iniziale)	1013 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1009 mbar
	Temperatura aria (iniziale)	13.1 °C	Temperatura aria (finale)	18.3 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo		METODO: UNI EN 14790:2017				
1^ Prova (1)		PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Vapore acqueo (wet)		11:17 + 11:47	0.4 / 0.7	6.6	± 0.9	% vol
Concentrazione			1.3 / 3.9	56.8	± 6.1	g/Nm³
Portata, Velocità		METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)				
1^ Prova		PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Velocità media dell'effluente		06:45 + 06:57	0.48 / 0.86	6.64	± 0.69	m/s
Portata fumi t.q.			11 / 20	1170	± 120	m³/h
Portata fumi normalizzata (wet)				820	± 65	Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry)				770	± 65	Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)				450	± 30	Nm³/h
Concentrazione polveri		METODO: UNI EN 13284-1:2017				
1^ Prova (2)		PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)		07:18 + 12:55	0.12 / 0.22	< 0.12	± n.d.	mg/Nm³
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)				< 0.12	± n.d.	mg/Nm³
Concentrazione metalli		PERIODO CAMPIONAMENTO (h)				
Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif				VALORE	INCERTEZZA	U.M.
1^ Prova Cadmio *	(2)(3)	07:18 + 12:55		0.060	± n.d.	mg/Nm³
1^ Prova Selenio *	(2)(3)	07:18 + 12:55		0.026	± n.d.	mg/Nm³
						UNI EN 14385:2004
						UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 10 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.549275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod fisc. p.IVA 00411390271



LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230418/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRI INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO: UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%
METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.
SEZIONE CIRCOLARE		
Sezione del cammino	0.049	m ²
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.824	/
1^a Prova	VALORE	INCERTEZZA
Ossigeno (dry) (UNI EN 14789:2017)	16.32	± 0.47 % vol
Anidride Carbonica (dry) (ISO 12039:2001 cap 7.2)	2.76	± 0.43 % vol
Azoto (calcolo)*	80.92	± n.d. % vol
Temperatura	115.6	± 0.8 °C
METODO: UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29	VALORE	U.M.
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0063 (scadenza taratura 06.07.2023); sonda cod. EMI-0061 temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.07	mg/m ³
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO3 + 50cc di H2O2 + 900cc di H2O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.	0.08	mg/Nm ³
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)	VALORE	U.M.
Identificazione campione: 230418_BV_POLV+MET_001 230418_BV_MET_001	0.07	mg/m ³
230418BV_MET_002	0.08	mg/Nm ³
1^a Prova	VALORE	INCERTEZZA
Massa volumetrica del gas secco	1.308	± n.d. Kg/m ³
Δ Pressione dinamica media	34.15	± n.d. Pa
Diametro dell'ugello utilizzato	6	± n.d. mm
Volume campionario	2.785	± n.d. m ³
Portata media del campionamento	7.7	± n.d. l/min
Temperatura	121.4	± 0.8 °C
Ossigeno (dry)	16.17	± 0.47 % vol
(METODO: UNI EN 14789:2017)		

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2

Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato; Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa; Sensibilità alla temperatura ambiente < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V; Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO2 > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 % del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO2:	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA

Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5496275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932658 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230418/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo – 5% + +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma: _____



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA Prova in subappalto.
- (4) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (5) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (6) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
- (7) LOD Limit of detection del laboratorio.
- LOQ Limit of quantification del laboratorio.
- n.a. Non applicabile.
- n.d. Non determinata.

* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 - livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Voga 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932066 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p. IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230419/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a monte del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	19/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di 200 kg di sabbia con l'aggiunta di 200 gr di CdS + Se. Temperatura di fusione prevista -1350°C
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1010 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1011 mbar
Temperatura aria (iniziale)	10.4 °C	Temperatura aria (finale)	13.1 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Vapore acqueo (wet)	08:46 + 09:16	0.4 / 0.7	7.8	± 0.9	% vol
Concentrazione		1.3 / 3.9	67.7	± 6.1	g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Velocità media dell'effluente	06:59 + 07:08	0.48 / 0.86	9.41	± 0.69	m/s
Portata fumi t.q.		11 / 20	1660	± 120	m³/h
Portata fumi normalizzata (wet)			720	± 65	Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry)			660	± 65	Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)			430	± 30	Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)(5)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)	07:11 + 12:22	0.12 / 0.22	280.91	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)			442.29	± n.d.	mg/Nm³	

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3) 07:11 + 12:22	103.872	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3) 07:11 + 12:22	43.029	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 10 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.549275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2012088
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230419/1

Rev.: 0

del: 20/06/2023

ALTRÉ INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO: UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%
METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.
SEZIONE CIRCOLARE		
Sezione del cammino	0.049	m ²
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.815	/
1^a Prova	VALORE	INCERTEZZA
Ossigeno (dry) (UNI EN 14789:2017)	15.77	± 0.47
Anidride Carbonica (dry) (ISO 12039:2001 cap 7.2)	3.49	± 0.43
Azoto (calcolo)*	80.74	± n.d.
Temperatura	356.2	± 1.8
METODO: UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29	VALORE	U.M.
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0024 (scadenza taratura 21.05.2023); sonda cod. EMI-0055 temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.	0.09	mg/m ³
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO ₃ + 50cc di H ₂ O ₂ + 900cc di H ₂ O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.	0.09	mg/Nm ³
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .		
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)	VALORE	U.M.
	0.09	mg/m ³
	0.09	mg/Nm ³
1^a Prova	Identificazione campione:	230419_BM_POLV+MET_001 230419_BM_MET_001 230419BM_MET_002 230419_BM_RIS_001
Massa volumetrica del gas secco	VALORE	INCERTEZZA
Δ Pressione dinamica media	1.302	± n.d.
Diametro dell'ugello utilizzato	30.21	Pa
Volume campionario	6	± n.d.
Portata media del campionamento	2.221	mm
Temperatura	6.7	± n.d.
Ossigeno (dry)	361.2	l/min
	15.92	± 1.8
		°C
		% vol
		(METODO: UNI EN 14789:2017)

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO₂ > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO2:	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.54990275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932086 - Fax 041.2912088
E-mail: info@entezona.it Cod.fisc.p.IVA 00411390271

Rapporto di prova n°:

230419/1

Rev.:

0



LAB N° 1289 L

del: 20/06/2023

NOTE

- Il cammino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
- I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
- Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
- Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo - 5% ± +15%. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Firma: _____



I risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
- (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
- (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
- (4) Prova in subappalto.
- (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
- (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
- (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
LOD Limit of detection del laboratorio.
LOQ Limit of quantification del laboratorio.
- n.a. Non applicabile.
- n.d. Non determinata.

* La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 - livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione; masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati bruti delle prove

(pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isocinetismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato adottando la regola decisionale dell'accettazione o rifiuto semplice ossia non considerando l'incertezza

di misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni responsabilità in merito alla validità di dati e informazioni forniti dal cliente e che possono influenzare il risultato espresso nel presente RdP.

FINE Rapporto di prova



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1289 L

Rapporto di prova n°:

230419/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

Cliente:	Spett.le: Effetre Murano Srl F.ta S. Giov. dei Battuti 4/A 30141 Murano - Venezia
Finalità delle prove:	Studio sulle emissioni in atmosfera di Cadmio e verifica dell'efficacia del sistema di abbattimento (filtro a maniche con pre dosaggio di calce idrata)
Emissione n°:	Impianto pilota forno di fusione (punto di campionamento a valle del filtro di abbattimento)
Ossigeno di riferimento:	13 % vol
Data prelievo:	19/04/2023
Condizioni operative del processo dell'impianto:	Durante il periodo di campionamento nell'impianto pilota è stata eseguita la fusione di 200 kg di sabbia con l'aggiunta di 200 gr di CdS. Temperatura di fusione prevista -1350°C
Modalità di campionamento:	Secondo quanto previsto dai metodi di prova sotto riportati.
Tecnici addetti al campionamento:	F. Bertoldo - G. Pavanello - A. Scanferla

DATI RELATIVI AL CAMPIONAMENTO

Parametri ambientali

Pressione atmosferica (iniziale)	1010 mbar	Pressione atmosferica (finale)	1009 mbar
Temperatura aria (iniziale)	10.4 °C	Temperatura aria (finale)	18.3 °C

DETERMINAZIONE

Vapore Acqueo

1^ Prova (1)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN 14790:2017
Vapore acqueo (wet)	08:46 + 09:16	0.4 / 0.7	VALORE ± 0.9 % vol
Concentrazione		1.3 / 3.9	67.7 ± 6.1 g/Nm³

Portata, Velocità

1^ Prova	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	METODO: UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)
Velocità media dell'effluente	06:45 + 06:57	0.48 / 0.86	VALORE ± 0.69 m/s
Portata fumi t.q.		11 / 20	1230 ± 120 m³/h
Portata fumi normalizzata (wet)			860 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry)			790 ± 65 Nm³/h
Portata fumi normalizzata (dry O2 rif.)			430 ± 30 Nm³/h

Concentrazione polveri

1^ Prova (2)	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	LOD / LOQ	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
Polveri Totali (fumi dry O2 t.q.)	07:11 + 12:22	0.12 / 0.22	< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 13284-1:2017
Polveri Totali (fumi dry O2 rif.)			< 0.12	± n.d.	mg/Nm³	

Concentrazione metalli

Le misure sono riferite a fumi dry e O2 rif	PERIODO CAMPIONAMENTO (h)	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	METODO
1^ Prova Cadmio *	(2)(3) 07:11 ÷ 12:22	0.005	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004
1^ Prova Selenio *	(2)(3) 07:11 ÷ 12:22	0.009	± n.d.	mg/Nm³	UNI EN 14385:2004



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Voga 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: Via della Chimica, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932886 - Fax 041.2912068
E-mail: info@entezona.it Cod. fisc. p.IVA 00411390271



ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°:

230419/2

Rev.:

0

del:

20/06/2023

LAB N° 1289 L

ALTRE INFORMAZIONI RELATIVE AL CAMPIONAMENTO fuori dal campo di accreditamento

METODO:	UNI EN 14790:2017	VALORE	U.M.	
Volume campionario (dry) t.q.	0.120	m ³		
Efficienza sistema di condensazione	> 90	%		
METODO:	UNI EN ISO 16911-1:2013 (solo Annex A)	VALORE	U.M.	
SEZIONE CIRCOLARE				
Sezione del cammino	0.049	m ²		
Diametro / Lato maggiore - Lato minore	0.250	m		
Fattore di taratura del tubo di Pitot (K-fuori radice)	0.824	/		
1^a Prova		VALORE	INCERTEZZA	U.M.
Ossigeno (dry)	(UNI EN 14789:2017)	16.64	± 0.47	% vol
Anidride Carbonica (dry)	(ISO 12039:2001 cap 7.2)	2.38	± 0.43	% vol
Azoto (calcolo) *		80.98	± n.d.	% vol
Temperatura		118.6	± 0.8	°C
METODO:	UNI EN 13284-1:2017 UNI EN 14385:2004 EPA METHOD 29			
Utilizzati: filtri in fibra di quarzo da Ø 47 - porosità µm 0.8 - efficienza di filtrazione 99.9%; campionatore cod. EMI-0063 (scadenza taratura 06.07.2023); sonda cod. EMI-0061 temperatura di condizionamento 160°C ± 5 - temperatura di filtrazione 160°C ± 5.				
UNI EN 14385:2004 - Campionamento isocinetico come da UNI EN 13284-1:2017. Assorbitori utilizzati Impinger, soluzione di assorbimento 50cc di HNO ₃ + 50cc di H ₂ O ₂ + 900cc di H ₂ O ultra pura. Il valore del campionamento in bianco è riportato nel Rapporto di prova in allegato del laboratorio in subappalto.				
Limite di rivelazione 0.001 mg/Nm ³ .				
Bianco Complessivo (UNI EN 13284-1:2017)		VALORE	U.M.	
		0.08	mg/m ³	
		0.09	mg/Nm ³	
1^a Prova	Identificazione campione:	230419_BV_POLV+MET_001 230419_BV_MET_001		
		230419BV_MET_002		
Massa volumetrica del gas secco	VALORE	INCERTEZZA	U.M.	
△ Pressione dinamica media	1.308	± n.d.	Kg/m ³	
Diametro dell'ugello utilizzato	34.15	± n.d.	Pa	
Volume campionario	6	± n.d.	mm	
Portata media del campionamento	2.392	± n.d.	m ³	
Temperatura	7.7	± n.d.	l/min	
Ossigeno (dry)	121.4	± 0.8	°C	
	16.17	± 0.47	% vol	
			(METODO: UNI EN 14789:2017)	

METODO: UNI EN 14789:2017 ISO 12039:2001 cap 7.2
Analizzatore mod. HORIBA PG-250, cod. EMI-0035; Response time <200 s; Detection limit < ± 2 % del range utilizzato; Lack of fit < ± 2 % del range utilizzato;
Zero drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Span drift < ± 2 % del range utilizzato/24h; Sensibilità alla pressione atmosferica < ± 3 % del range utilizzato/2 kPa;
Sensibilità alla temperatura ambientale < ± 3 % del range utilizzato/10 K; Sensibilità alla tensione elettrica < ± 2 % del range utilizzato/10 V;
Interferenze totali < ± 4 % del range utilizzato; Efficienza convertitore NO₂ > 95%; deviazione standard ripetibilità di zero < ± 1 % e di span < ± 2 %
del range utilizzato sperimentato in laboratorio; altre informazioni richieste dai metodi riguardanti le caratteristiche strumentali ed eventuali materiali utilizzati
in campo durante la determinazione delle prove sono riportate nel modulo "RAPPORTO INTERVENTO EMISSIONI - MULTIPARAMETRICO" disponibili
presso i ns. uffici.

Bombole utilizzate per la calibrazione:

O2:	N° Cert. 10876	conc:	10.30	+/-	0.11	% vol	Scadenza: 26/04/2024
CO ₂ :	N° Cert. 10686	conc:	4.95	+/-	0.07	% vol	Scadenza: 26/04/2024



ENTE DELLA ZONA INDUSTRIALE DI PORTO MARGHERA
Sede Legale: Via delle Industrie, 19 - Vega 1 Palazzo Lybra 30175 Venezia - Porto Marghera
Tel. 041.5499275 - 041.932206 - Fax 041.937572
Sede operativa del laboratorio: via Chimalpa, 5 30175 Venezia - Porto Marghera VE
Tel. 041.932686 - Fax 041.291206
E-mail: info@entezona.it Cod fisca p/VA 0411390271



ACCREDIA 
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

Rapporto di prova n°

230419/2

Rev.: 0

del: 20/06/2023

LAB N° 1289 L

NOTE

- Il camino è dotato un bocchello di accesso come richiesto da norma per condotti di diametro inferiore a 0,35 m. Nel campionamento per la determinazione del vapore acqueo (UNI EN 14790:2017) sono state effettuate due prove di tenuta del sistema, entrambe con esito positivo (campionamento eseguito nel punto a valle).
 - I metodi di campionamento sono stati applicati senza apportare alcuna modifica. La misura della portata (UNI EN ISO 16911-1:2013) è stata effettuata utilizzando la regola tangenziale con un unico affondamento coincidente con il centro dell'emissione.
 - Il campionamento delle polveri è stato effettuato nel rispetto del paragrafo 10.4 della norma UNI EN 13284-1:2017, applicando la regola tangenziale con un affondamento coincidente al centro dell'emissione.
 - Nel periodo delle prove il grado di isocinetismo è rimasto nell'intervallo $-5\% + +15\%$. Durante ciascuna prova sono state effettuate n.2 prove di tenuta come da punto 10.3, con esito positivo.

Il responsabile tecnico del laboratorio
Lucia Greco

Lucia Greco

Firma



I Risultati contenuti nel presente Rapporto si riferiscono esclusivamente ai Campioni prelevati. Il presente Rapporto non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione del ns. Laboratorio.

- (1) Le caratteristiche delle apparecchiature impiegate sono rispondenti alla norma.
 (2) Il punto di campionamento è conforme ai requisiti del paragrafo 6.2 della norma UNI EN 13284-1:2017.
 (3) Campionamento effettuato da Ente Zona Industriale - analisi effettuata in subappalto da ARPAV - DIP.TO REG.LE LABORATORI - SEDE DI VENEZIA
 (4) Prova in subappalto.
 (5) Il valore risulta al di fuori del campo di applicazione del metodo di riferimento.
 (6) La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA in quanto uno o più metodi utilizzati per la sua determinazione non risultano accreditati.
 (7) L'incertezza nel campo di misura tra LOD e LOQ è > 50% del valore espresso.
 LOD Limit of detection del laboratorio.
 LOQ Limit of quantification del laboratorio.
 n.a. Non applicabile.
 n.d. Non determinata.
 * La determinazione con il metodo indicato non rientra nell' accreditamento ACCREDIA.

I dati sono espressi in ora solare.

I valori riportati sulla colonna "INCERTEZZA" si riferiscono all'incertezza estesa (Fattore di copertura K=2 – livello di probabilità del 95%).

Tutte le informazioni su : procedimenti di misurazione: masse delle polveri su filtro e nelle soluzioni di risciacquo, nonché i risultati brutti delle prove

Tutte le informazioni sui procedimenti di misurazione, misura dei parametri su tutto e nelle condizioni di risciacquo, nomi, indicati sopra, sono provate (pesi, volumi campionati, ecc.); prove del bianco; conformità alla metodica (isokineticismo, prove di perdita, ecc.) sono disponibili presso i ns. uffici.

Qualora presente, il giudizio

Qualora presente, il giudizio di conformità viene dato in misura del dato analitico.

Il laboratorio declina ogni reso-

Il laboratorio declina ogni test

FINE READING

FINE Rapporto di prova

Bibliografia

1. R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2022)
2. RStudio Team: RStudio: Integrated development environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA (2022)
3. Xie, Y.: Bookdown: Authoring books and technical documents with R markdown. Chapman; Hall/CRC, Boca Raton, Florida (2016)
4. Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L.D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T.L., Miller, E., Bache, S.M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D.P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H.: Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software.* 4, 1686 (2019). <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
5. Carslaw, D.C., Ropkins, K.: Openair — an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software.* 27–28, 52–61 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008>
6. Cheng, J., Schloerke, B., Karambelkar, B., Xie, Y.: Leaflet: Create interactive web maps with the JavaScript 'leaflet' library. (2022)
7. Appelhans, T., Detsch, F., Reudenbach, C., Woellauer, S.: Mapview: Interactive viewing of spatial data in R. (2022)
8. LEGGE 7 agosto 1990, n.241.: Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi. GU n. 192 del 18-08-1990.
9. REGOLAMENTO CE, n.1907.: Del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH). GU L 396 del 30-12-2006.

10. REGOLAMENTO CE, n.1272.: Del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006. GU L 353 del 31-12-2008.
11. DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n.152.: Norme in materia ambientale. GU n. 88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.
12. ARPAV: Vetrerie di Murano. Simulazione modellistica di dispersione in atmosfera degli inquinanti rilasciati durante le attività di lavorazione del vetro. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2014)
13. ARPAV: Simulazione modellistica di dispersione in atmosfera del Cadmio rilasciato durante le fusioni dai forni autorizzati e sottoposti a telecontrollo. Stime periodo settembre-dicembre 2017. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2019)
14. DECRETO LEGISLATIVO 13 agosto 2010, n.155.: Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in europa. GU n. 216 del 15-09-2010 - Suppl. Ordinario n. 217.
15. ARPAV: Relazione regionale della qualità dell'aria ai sensi della L.R. N. 11/2001 art. 81. Anno di riferimento 2022. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2023)
16. ARPAV: Campagna di monitoraggio di PM10 e Metalli a Murano (Venezia). Relazione tecnica. Periodo di attuazione: 1 gennaio – 31 dicembre 2021. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2022)
17. ARPAV: Campagna di monitoraggio di PM10 e Metalli a Murano (Venezia). Relazione tecnica. Periodo di attuazione: 1 gennaio – 31 dicembre 2022. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (2023)
18. Chambers, J.M., Cleveland, W.S., Kleiner, B., Tukey, P.A.: Comparing data distributions. In: Graphical methods for data analysis. Wadsworth International Group, Belmont, California. (1983)
19. McGill, R., Tukey, J.W., Larsen, W.A.: Variations of box plots. The American Statistician 32, 12-16. (1978)

20. Cleveland, W.S., Grosse, E., Shyu, W.M.: Local regression models. In: Chambers, J.M. and Hastie, T.J. (eds.) Statistical models in s. Wadsworth & Brooks/Cole (1992)
21. Scire, J.S., Robe, F.R., Fernau, M.E., Yamartino, R.J.: A user's guide for the CALMET meteorological model (version 5). Earth Tech, Inc., Concord, MA. (2000)
22. Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J.: A user's guide for the CALPUFF dispersion model (version 5). Earth Tech, Concord, MA. (2001)
23. US-EPA: Revision to the guideline on air quality models: Adoption of a preferred general purpose (flat and complex terrain) dispersion model and other revisions; final rule. Federal Register. 70, (2005)
24. Bellasio, R., Bianconi, R.: Il sistema modellistico LAPMOD per la simulazione dell'inquinamento atmosferico in orografia complessa. Ingegneria Ambientale. XLI, 492–500 (2012)
25. Bellasio, R., Bianconi, R., Mosca, S., Zannetti, P.: Formulation of the lagrangian particle model LAPMOD and its evaluation against kincaid SF6 and SO₂ datasets. Atmospheric Environment. 163, 87–98 (2017). <https://doi.org/doi:10.1016/j.atmosenv.2017.05.039>
26. Bellasio, R., Bianconi, R., Mosca, S., Zannetti, P.: Incorporation of numerical plume rise algorithms in the lagrangian particle model LAPMOD and validation against the indianapolis and kincaid datasets. Atmosphere. 9 (10), 404 (2018). <https://doi.org/doi:10.3390/atmos9100404>
27. Barclay, J., Scire, J.: Generic guidance and optimum model settings for the CALPUFF modeling system for inclusion into the “approved methods for the modeling and assessments of air pollutants in NSW, australia”. Atmospheric Studies Group, TRC Environmental Corporation, Lowell, MA. (2011)
28. ENVIROWARE: Progetto Cadmio – Murano (Venezia). Analisi di sensibilità del modello lagrangiano a particelle LAPMOD al variare della configurazione di input. Enviroware Air Quality Consulting (2023)
29. US-EPA: Model clearinghouse memorandum, dated july 9, 1993, proposal for calculating plume rise for stacks with horizontal releases or rain caps for cookson pigment. US-EPA (1993)

30. Amigo, Olores: International handbook on the assessment of odour exposure using dispersion modelling (<https://www.enviroware.com/posts/handbook-odour-modelling-draft2/>). Olores (2023)
31. Webster, H.N., Thomson, D.J.: Validation of a lagrangian model plume rise scheme using the kincaid data set. *Atmospheric Environment*. 36, 5031–5042 (2002)
32. Janicke, U., Janicke, L.: A three-dimensional plume rise model for dry and wet plumes. *Atmospheric Environment*. 35, 887–890 (2001)



Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Unità Organizzativa Qualità dell'Aria
Via Lissa, 6, 30171 Mestre - Venezia, Italy
Tel. +39 041 544 5501
email: orar@arpa.veneto.it
PEC: drqa@pec.arpav.it



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale

Via Ospedale Civile, 24 - 35121 Padova, Italy

Tel. +39 049 82 39301

email: urp@arpa.veneto.it

PEC: protocollo@pec.arpav.it

www.arpa.veneto.it