

**Protocollo d'intesa per il miglioramento della qualità
ambientale nell'area portuale di Ravenna**

**RISULTATI DEL MONITORAGGIO
DI PARTICOLATO PM10
IN AREA PORTUALE
*Anno 2017***



Dicembre 2018

Relazione redatta da:

Patrizia Luciali
Elisa Pollini

Hanno collaborato:

alla gestione delle postazioni e al campionamento gli operatori addetti alla Rete di Rilevamento della Qualità dell'aria:

Lorenzo Bettini
Valter Gnani
Emilio Rambelli
Deborah Valbonetti

alle determinazioni gravimetriche gli operatori del Laboratorio Integrato:

Manuela Briccolani
Davide Verna

Indice

	Pag.
Introduzione	1
1 – Le campagne di misura	1
2 – Elaborazione dei dati delle campagne di misura	3
2.1 - Modalità di campionamento e misura: confronto misure effettuate con campionatore Skypost e con strumento automatico SWAM	3
2.2 – Analisi delle concentrazioni medie giornaliere	4
2.2.1 – Analisi delle concentrazioni medie giornaliere: confronto 2011 – 2014 - 2017	9
2.3 – Ricostruzione del campo di concentrazione a partire dai dati rilevati dalle stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria	12
2.4 – Picchi massimi di concentrazione di PM10	14
2.5 - Concentrazioni di PM10 rilevate presso i recettori sensibili	16
2.6 – Analisi per gruppi omogenei	21
2.7 - Concentrazioni di PM10 e condizioni meteorologiche	25
2.7.1 -Umidità relativa	25
2.7.2 - Velocità del vento	26
3 – CONCLUSIONI	27

Introduzione

La presente relazione descrive i risultati della campagna di monitoraggio di polveri PM10 effettuata in area portuale da gennaio a dicembre 2017.

I siti monitorati sono in totale quindici. Avendo a disposizione cinque strumenti per il campionamento del PM10 (skypost), questi sono stati impiegati contemporaneamente in cinque siti di misura, in tre blocchi. Delle cinque postazioni monitorate in contemporanea, quattro sono state individuate all'interno dell'area portuale, cercando di "coprire" l'intera zona (dall'area SAPIR fino a Nord, lungo la Via Baiona in riva sinistra del Canale Candiano) mentre la quinta era in corrispondenza di un sito sensibile potenzialmente influenzato dalle emissioni derivanti dalle attività portuali, in particolare un plesso scolastico. Con questa pianificazione è stato possibile monitorare tre aree scolastiche potenzialmente soggette alla polverosità prodotta nella zona portuale.

In ogni sito di campionamento sono state effettuate quattro campagne di misura della durata di due settimane, per un totale di otto settimane di misure distribuite uniformemente durante l'anno, in conformità con quanto previsto dal D.L.vo 155/2010, consentendo di calcolare la media annuale e di confrontarla con il corrispondente limite (40 µg/m³).

1 – Le campagne di misura

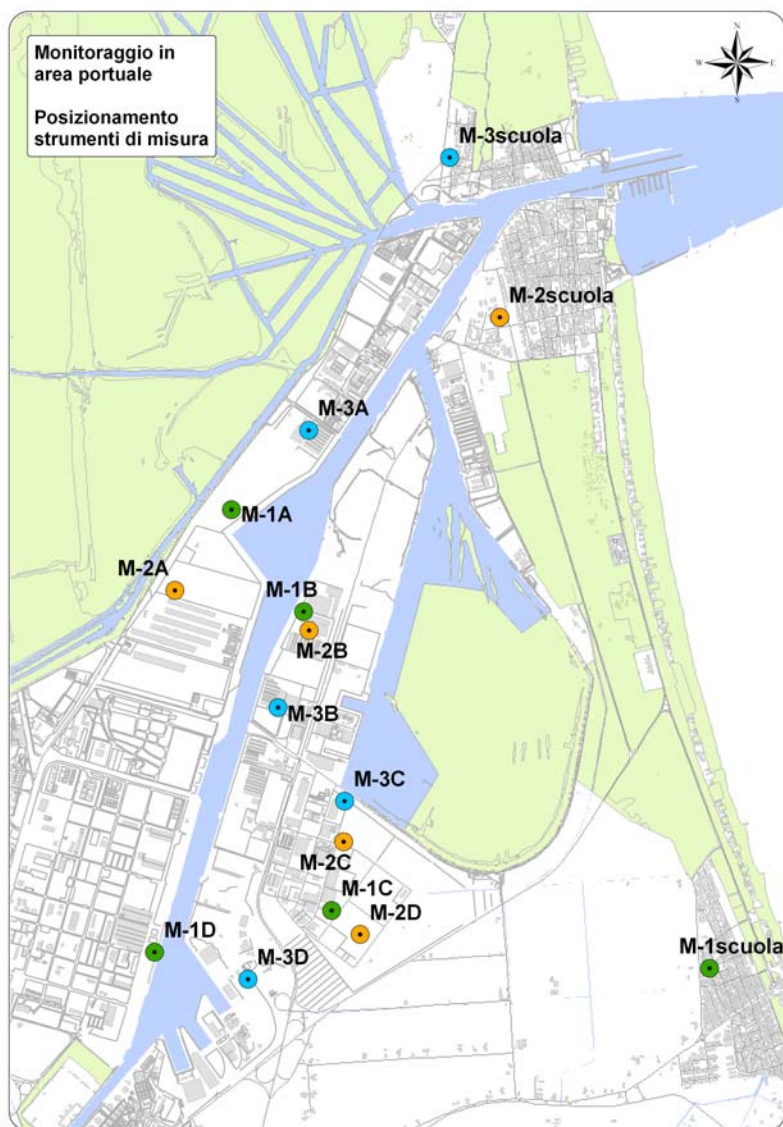
Sulla mappa dell'area, in figura 1, sono riportati i siti di misura, la sigla identificativa e il nome dell'azienda/scuola. I siti di misura sono gli stessi dei monitoraggi effettuati nel 2011 e nel 2014, ad eccezione della postazione posta presso l'azienda Micron Mineral, chiusa nel 2015. La nuova postazione individuata (Compo), si trova molto vicina alla precedente, presso un'azienda confinante. Tutte le postazioni individuate soddisfano due requisiti:

- il monitoraggio in una scuola (recettore sensibile) in ogni blocco;
- l'ottimizzazione della "copertura" dell'area portuale da Nord a Sud.

In tabella 1 per ogni sito è indicata la sigla identificativa, il nome (azienda/scuola), il periodo di campionamento (anno 2017) e il numero di dati disponibili (concentrazioni medie giornaliere).

Sito		Campagna 1	Campagna 2	Campagna 3	Campagna 4	N° dati	
BLOCCO 1	M-1 A	Terminal Nord	10/01 – 24/01	04/04 – 18/04	04/07 – 18/07	06/10 – 22/10	60
	M-1 B	Gesco Cons.	10/01 – 24/01	04/04 – 18/04	04/07 – 18/07	03/10 – 22/10	65
	M-1 C	Compo	10/01 – 24/01	04/04 – 18/04	04/07 – 18/07	03/10 – 22/10	65
	M-1 D	Yara Italia	11/01 – 24/01	04/04 – 18/04	04/07 – 17/07	03/10 – 22/10	63
	M-1scuola	Scuola Punta Marina	10/01 – 24/01	04/04 – 18/04	04/07 – 18/07	06/10 – 22/10	61
BLOCCO 2	M-2 A	IFA	14/02 – 05/03	11/05 – 24/05	01/08 -15/08	24/10 – 07/11	64
	M-2 B	Eurodocks	14/02 – 28/02	11/05 – 24/05	01/08 - 15/08	24/10 – 07/11	59
	M-2 C	Antrakoi	14/02 – 28/02	11/05 – 24/05	01/08 - 15/08	24/10 – 07/11	59
	M-2 D	Adriacal	14/02 – 28/02	11/05 – 24/05	01/08 - 15/08	24/10 – 07/11	59
	M-2scuola	Scuola Marina di RA	14/02 – 28/02	11/05 – 24/05	01/08 – 15/08	24/10 – 07/11	59
BLOCCO 3	M-3 A	Lloyd	07/03 – 21/03	06/06 – 20/06	23/08 – 06/09	22/11 – 05/12	59
	M-3 B	Docks Cereali	07/03 – 21/03	06/06 – 20/06	23/08 – 06/09	21/11 – 05/12	60
	M-3 C	Soco	07/03 – 21/03	06/06 – 20/06	23/08 – 06/09	21/11 – 05/12	60
	M-3 D	Porto S.Vitale	07/03 – 21/03	06/06 – 20/06	23/08 – 06/09	21/11 – 05/12	60
	M-3scuola	Scuola Porto Corsini	07/03 – 21/03	06/06 – 20/06	23/08 – 06/09	22/11 – 05/12	59
TOTALE						912	

Tabella 1 – Sintesi delle campagne di misura



Terminal Nord	M-1A	IFA	M-2A	Lloyd	M-3A
Gesco Cons.	M-1B	Eurodocks	M-2B	Docks Cereali	M-3B
Compo	M-1C	Antrakoi	M-2C	Soco	M-3C
Yara Italia	M-1D	Adriacal	M-2D	Porto S.Vitale	M-3D
Scuola Punta Marina	M-1 scuola	Scuola Marina di RA	M-2 scuola	Scuola Porto Corsini	M-3 scuola

Figura 1 – Ubicazione delle postazioni di misura

La postazione M-3D è in corrispondenza della stazione di monitoraggio Porto San Vitale, dove è installato anche uno strumento che misura *in continuo* le polveri PM10 (strumento SWAM -misura automatica con tecnica ad assorbimento beta). Il confronto fra i dati rilevati con modalità diverse - campionario e successiva pesata (Skypost - misure discontinue) e misura con strumentazione in continuo - nello stesso punto consente di verificare l'equivalenza dei due metodi e effettuare inferenze statistiche anche nelle altre postazioni in cui sono stati utilizzati solo i campionatori Skypost, come meglio dettagliato di seguito.

2 – Elaborazione dei dati delle campagne di misura

2.1 – Modalità di campionamento e misura: confronto misure effettuate con campionatore Skypost e con strumento automatico SWAM

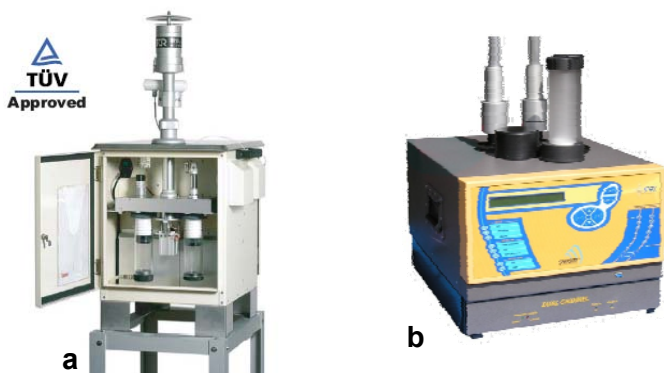


Fig. 2 – a) campionatore PM10 - Skypost
b) strumento assorbimento β - FAI SWAM

Nel presente studio, per la raccolta del particolato PM10, è stato utilizzato il campionatore Skypost (Figura 2 a), conforme alla norma Europea (norma CEN 12341 richiesta dal DLgs 155/2010).

I filtri, sui quali si raccoglie il particolato, vengono pesati in laboratorio prima e dopo il campionamento, previo condizionamento.

Noto il volume di aria campionato si ricava la concentrazione di particolato in aria (*determinazione di tipo gravimetrico*).

La modalità per determinare la quantità di particolato raccolto con questo campionatore differisce da quella impiegata dalla strumentazione installata nelle stazioni della rete di controllo

della qualità dell'aria (FAI SWAM - assorbimento beta – Fig.2b). Sono invece uguali gli altri parametri caratteristici del campionamento, in particolare la portata (38.3 l/min) e la geometria della testa che effettua il taglio granulometrico PM10.

Inoltre, lo strumento FAI SWAM è *certificato equivalente* alla norma CEN 12341, come richiesto dal DLgs 155/2010.

Le concentrazioni di PM10 determinate con lo Skypost risultano in linea con quelle misurate dal monitor PM10 ad assorbimento beta installato nella stazione San Vitale della rete di controllo della qualità dell'aria. La relazione (ottima) fra le due misure è riportata in figura 3.

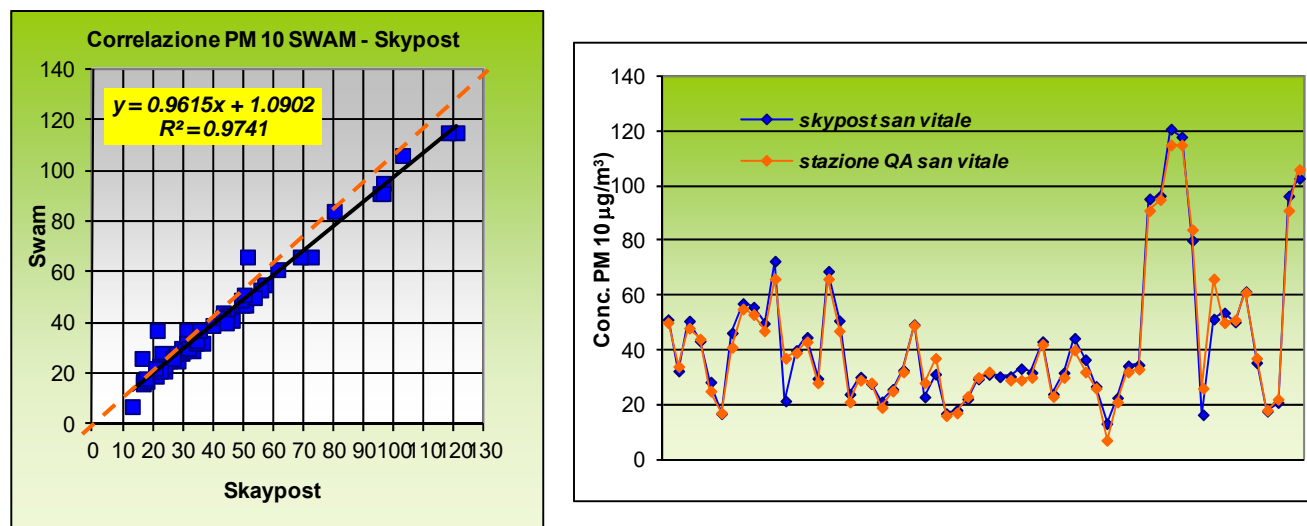


Fig. 3 – Correlazione (a) e confronto (b) fra concentrazioni rilevate con il campionatore Skypost (gravimetrico) e lo strumento PM10 ad assorbimento beta (FAI -SWAM)

Questa ottima correlazione è condizione necessaria per poter applicare un procedimento statistico che consente di ricostruire il campo di concentrazioni su base annuale del particolato in corrispondenza della posizione dello Skypost, a partire dai dati rilevati in continuo da una stazione della rete di controllo della qualità dell'aria.

2.2 – Analisi delle concentrazioni medie giornaliere

Nelle figure 4 – 7 sono state riportati i grafici con le medie giornaliere rilevate nelle diverse postazioni, suddivise per campagne e stagione. In ogni grafico, come confronto, è sempre rappresentato anche il dato rilevato nella stazione San Vitale con strumentazione automatica (in azzurro).

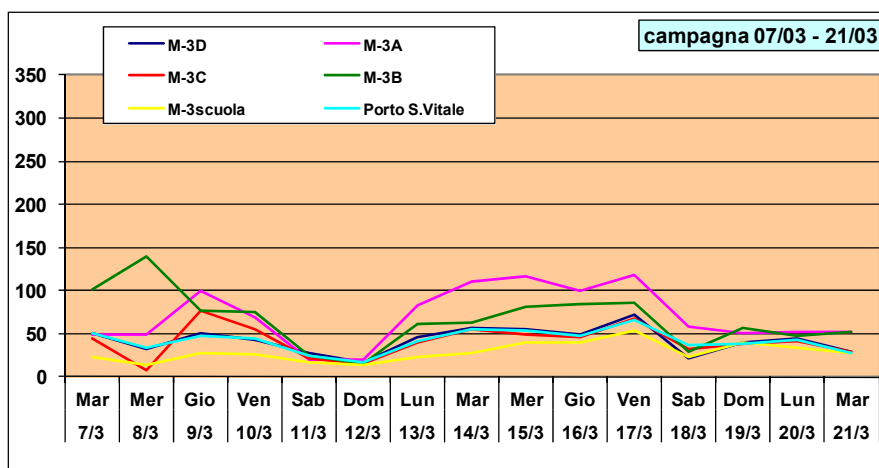
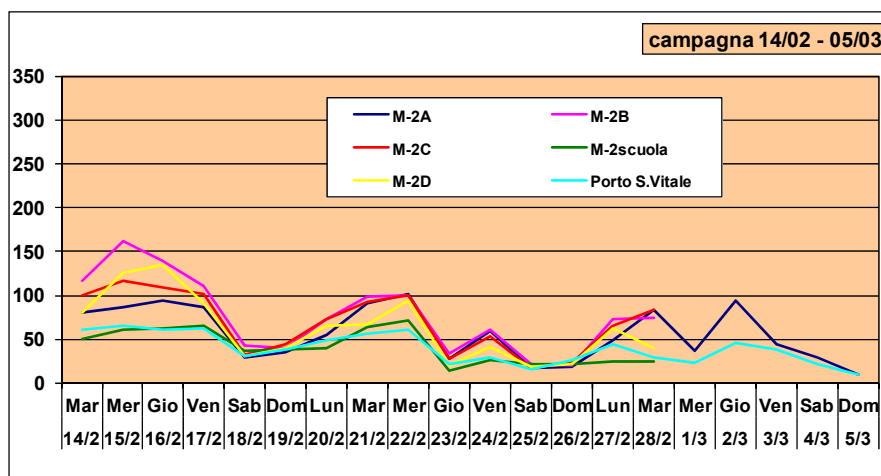
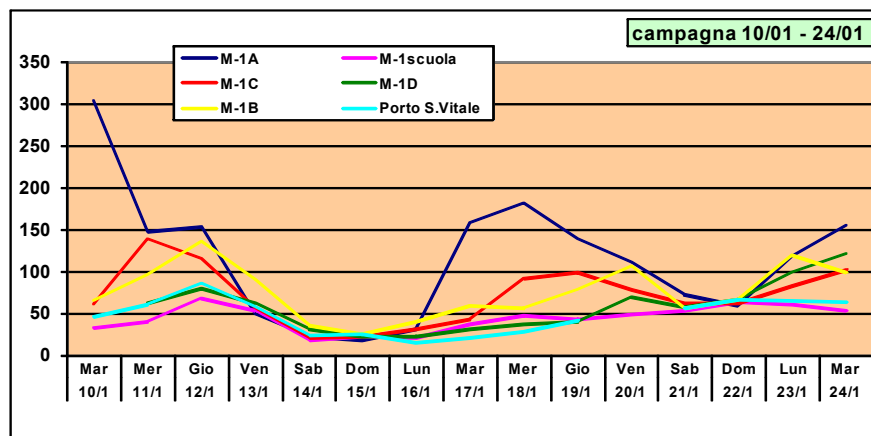


Figura 4 –
Campagna inverno
Anno 2017

M-1A	Terminal Nord	M-2A	IFA	M-3A	Lloyd
M-1B	Gesco Cons.	M-2B	Eurodocks	M-3B	Docks Cereali
M-1C	Compo	M-2C	Antrakoi	M-3C	Soco
M-1D	Yara Italia	M-2D	Adriacal	M-3D	Staz. Posto San Vitale
M-1 scuola	Scuola Punta Marina	M-2 scuola	Scuola Marina di RA	M-3 scuola	Scuola Porto Corsini

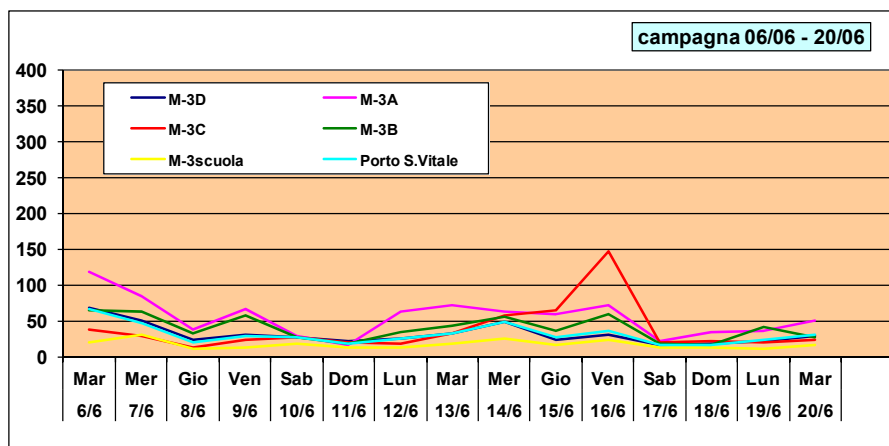
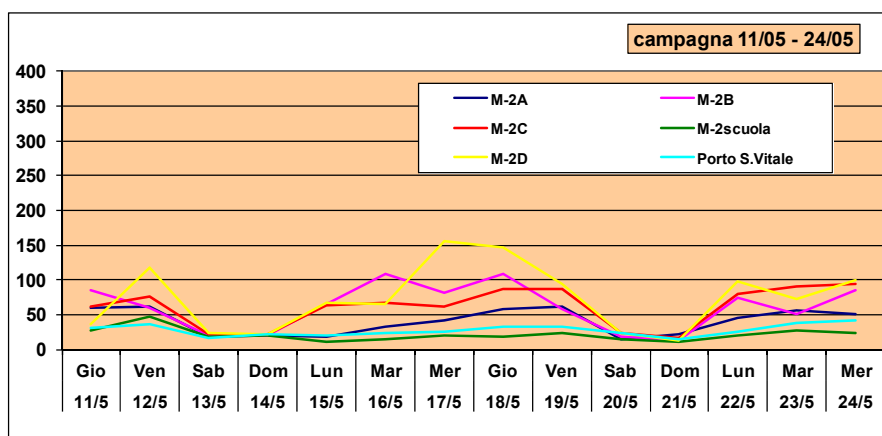
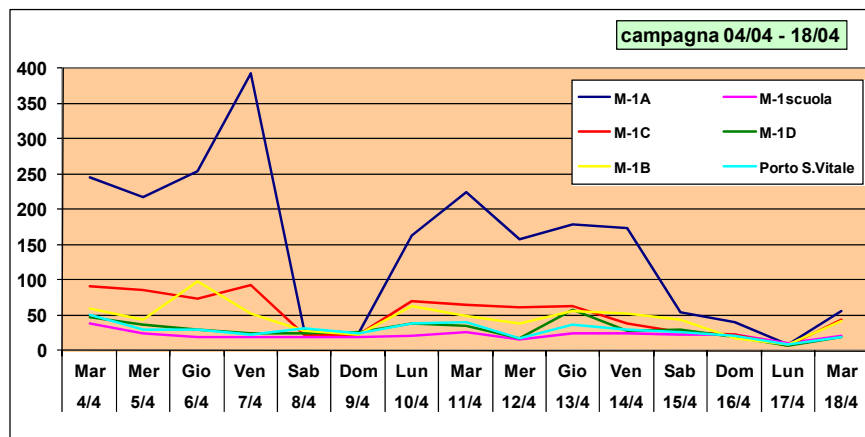


Figura 5
Campagna primavera
Anno 2017

M-1A	Terminal Nord	M-2A	IFA	M-3A	Lloyd
M-1B	Gesco Cons.	M-2B	Eurodocks	M-3B	Docks Cereali
M-1C	Compo	M-2C	Antrakoi	M-3C	Soco
M-1D	Yara Italia	M-2D	Adriacal	M-3D	SAPIR
M-1 scuola	Scuola Punta Marina	M-2 scuola	Scuola Marina di RA	M-3 scuola	Scuola Porto Corsini

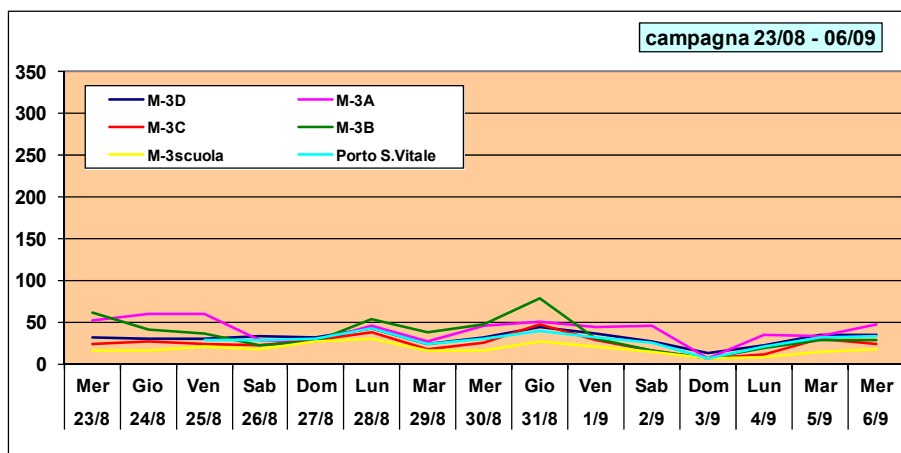
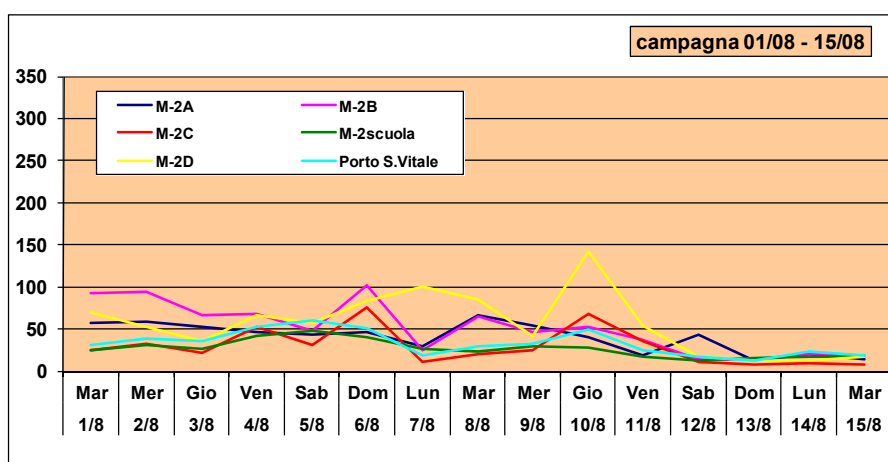
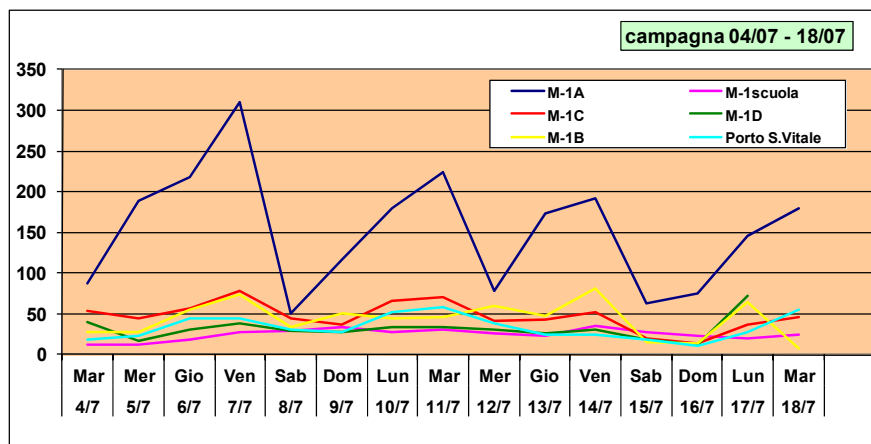


Figura 6
Campagna estate
Anno 2017

M-1A	Terminal Nord	M-2A	IFA	M-3A	Lloyd
M-1B	Gesco Cons.	M-2B	Eurodocks	M-3B	Docks Cereali
M-1C	Compo	M-2C	Antrakoi	M-3C	Soco
M-1D	Yara Italia	M-2D	Adriacal	M-3D	SAPIR
M-1 scuola	Scuola Punta Marina	M-2 scuola	Scuola Marina di RA	M-3 scuola	Scuola Porto Corsini

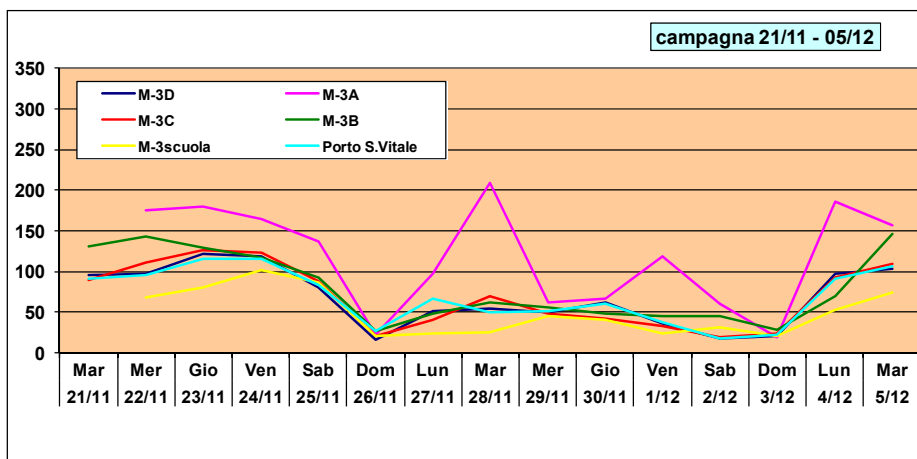
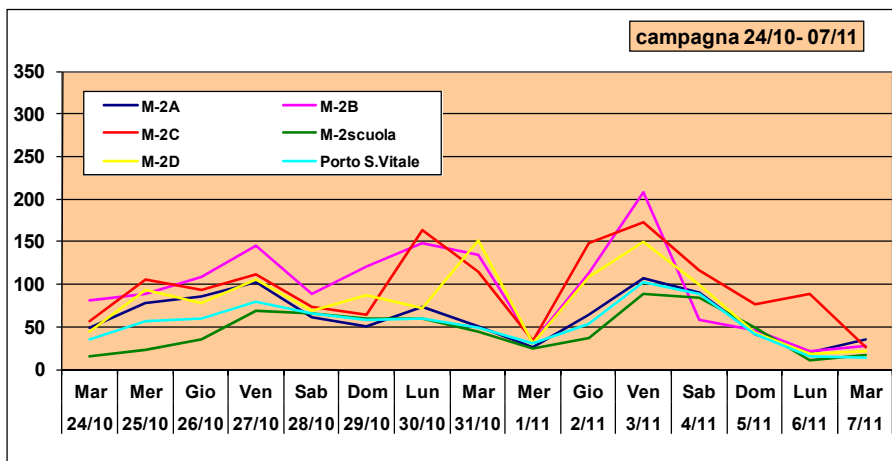
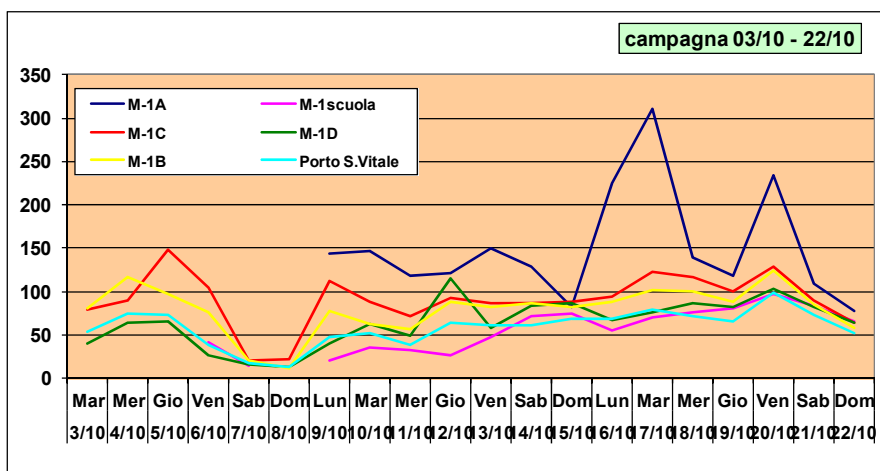


Figura 7
Campagna autunno
Anno 2017

M-1A	Terminal Nord	M-2A	IFA	M-3A	Lloyd
M-1B	Gesco Cons.	M-2B	Eurodocks	M-3B	Docks Cereali
M-1C	Micron Mineral	M-2C	Antrakoi	M-3C	Soco
M-1D	Yara Italia	M-2D	Adriacal	M-3D	SAPIR
M-1 scuola	Scuola Punta Marina	M-2 scuola	Scuola Marina di RA	M-3 scuola	Scuola Porto Corsini

In tabella 2 sono riportate, per ciascun sito, alcune elaborazioni. In particolare:

- il numero di dati (concentrazioni media giornaliera) disponibili per ogni sito (monitoraggio anno 2017);
- la media annuale (il limite del dlgs 155/2010 è $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- la concentrazione massima giornaliera misurata nella postazione;
- il 90,4 percentile delle concentrazioni misurate.
- Il numero di giorni in cui – durante il monitoraggio – è stata superata la concentrazione di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- la percentuale di giorni in cui è stata superata la concentrazione di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$: su base annua tale valore non deve superare il 9.6%.

Il numero di giorni e le modalità di campionamento sono conformi al dlgs 155/2010 per misure discontinue, quindi, mentre è corretto un confronto diretto della media con il limite di legge per il lungo periodo (la media annuale non deve essere superiore a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), il 90.4° percentile e il numero di superamenti percentuale danno solo un'indicazione del superamento o meno del limite di breve periodo: se il 90.4° è superiore a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ significa che il limite giornaliero del PM10 non è rispettato (cioè è altamente probabile che si verificano più di 35 superamenti in un anno della concentrazione media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), così come se il numero di superamenti percentuali è maggiore del 9.6%.

Sito	N° dati	Media [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Max giornaliero [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	90.4° [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	N° di sup nei dati rilevati	N° di sup % nei dati rilevati
M-1 A Terminal Nord	60	139	393	238	51	85.0%
M-1 B Gesco Cons.	65	62	135	100	41	63.1%
M-1 C Micron Mineral	65	67	148	112	43	66.2%
M-1 D Yara Italia	63	47	121	84	24	38.1%
M-1scuola Scuola Punta Marina	61	37	98	70	15	24.6%
M-2 A IFA	64	50	107	91	31	48.4%
M-2 B Eurodocks	59	71	207	126	38	64.4%
M-2 C Antrakoi	59	64	173	113	36	61.0%
M-2 D Adriacal	59	57	156	130	36	61.0%
M-2scuola Scuola Marina di RA	59	34	88	65	12	20.3%
M-3 A Lloyd	59	70	208	146	36	61.0%
M-3 B Docks Cereali	60	55	146	106	28	46.7%
M-3 C Soco	60	43	147	91	15	25.0%
M-3 D SAPIR	60	43	121	85	18	30.0%
M-3scuola Scuola Porto Corsini	59	28	102	53	7	11.9%

Tabella 2 – Medie, massimi e 90.4° per l'anno 2017

Dai grafici e dalla tabella risultano confermate alcune indicazioni emerse già nel corso delle precedenti indagini (2011 e 2014).

La media annuale in corrispondenza delle postazioni all'interno dell'area portuale risulta sempre superiore al limite di legge (risulta di poco superiore a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in **M-3 C** e **M-3 D** ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e **M-3 D** ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In corrispondenza di **M-1A** le concentrazioni sono significativamente superiori a quelle delle altre postazioni (**M-1A** = $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nel 2017, anche in **M-1B**, **M-1C**, **M2-B**, **M2-C** e **M-3A** le concentrazioni sono elevate e superiori ai $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori massimi giornalieri (quarta colonna della tabella) sono ovunque alti ma nelle postazioni **M-1A** (373 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), **M-3A** (208 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e **M-3B** (207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), hanno superato i 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tutti i siti presenti all'interno dell'area portuale hanno fatto riscontrare valori giornalieri elevati e il 90.4° percentile - quinta colonna della tabella - è maggiore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutti i punti, comprese le scuole, pertanto si prevede il superamento del limite di breve periodo.

I siti con criticità simili sono spesso posizionati in aree vicine:

- M-1A e M-3A si trovano a Nord in riva sinistra del Canale Candiano, all'interno dell'area delle ditte Terminal Nord e Lloyd;
- M-1C, M-2C, M-2D e M-3C si trovano a S-E della zona portuale, in prossimità alle ditte Compo, Antrakoi, Adriacal e Soco.

2.2.1 – Analisi delle concentrazioni medie giornaliere: confronto 2011 – 2014 - 2017

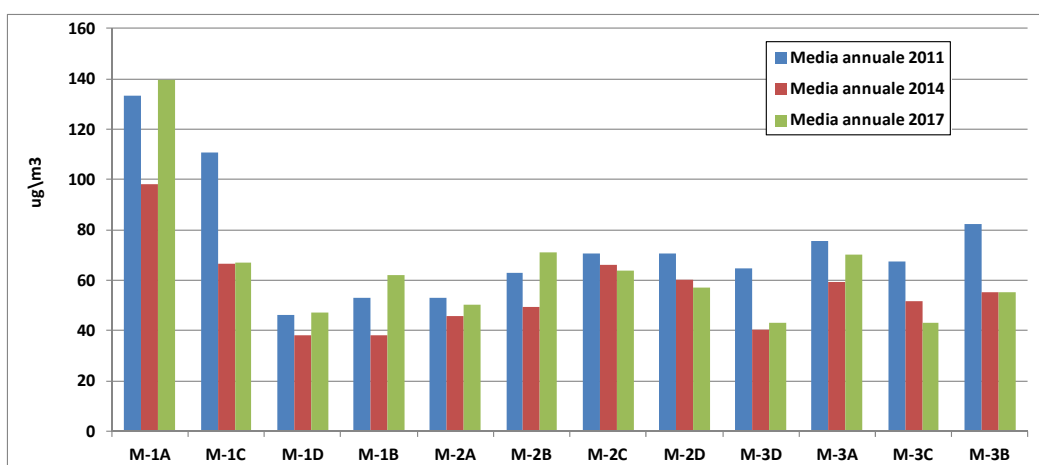


Figura 8

Confronto delle medie annuali rilevate nel 2011, 2014 e nel 2017 - siti posti all'interno dell'area portuale

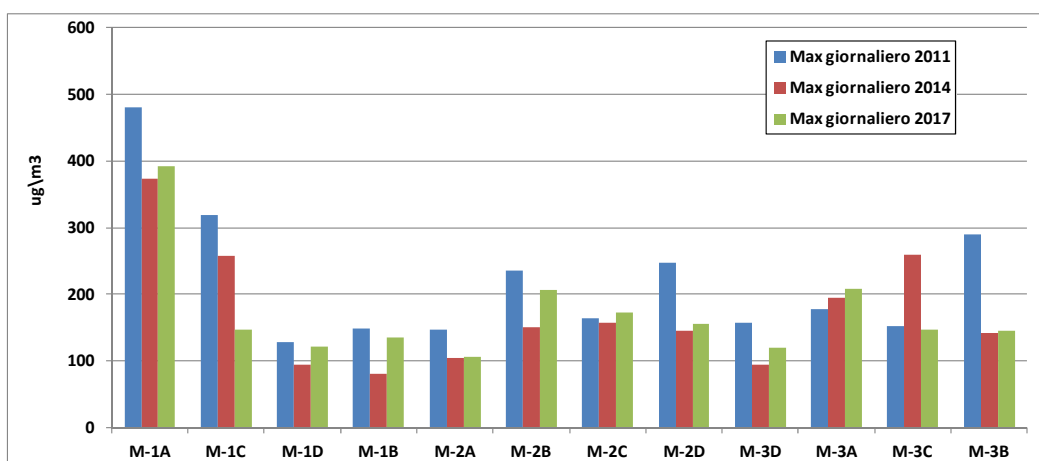


Figura 9

Confronto concentrazioni massime giornaliere rilevate nel 2011, 2014 e nel 2017 - siti posti all'interno dell'area portuale

Relativamente alle concentrazioni medie (figura 8), con il monitoraggio del 2017 sono state confermate delle criticità già emerse nel 2011 (**M-1A**, **M-1B**, **M-2B**, **M-3A**) e, allo stesso tempo, sono state confermati alcuni miglioramenti rilevati nel 2014 (**M-1C**, **M-3D**, **M-3C**). Anche i valori massimi (Fig.9) confermano quanto emerge dalle medie annuali, inoltre questi ultimi sono risultati inferiori a quelli rilevati nel 2011 e in linea con quelli misurati nel 2014.

La distribuzione spaziale dei massimi giornalieri e delle medie annuali è riportata nelle figure 10 e 11.

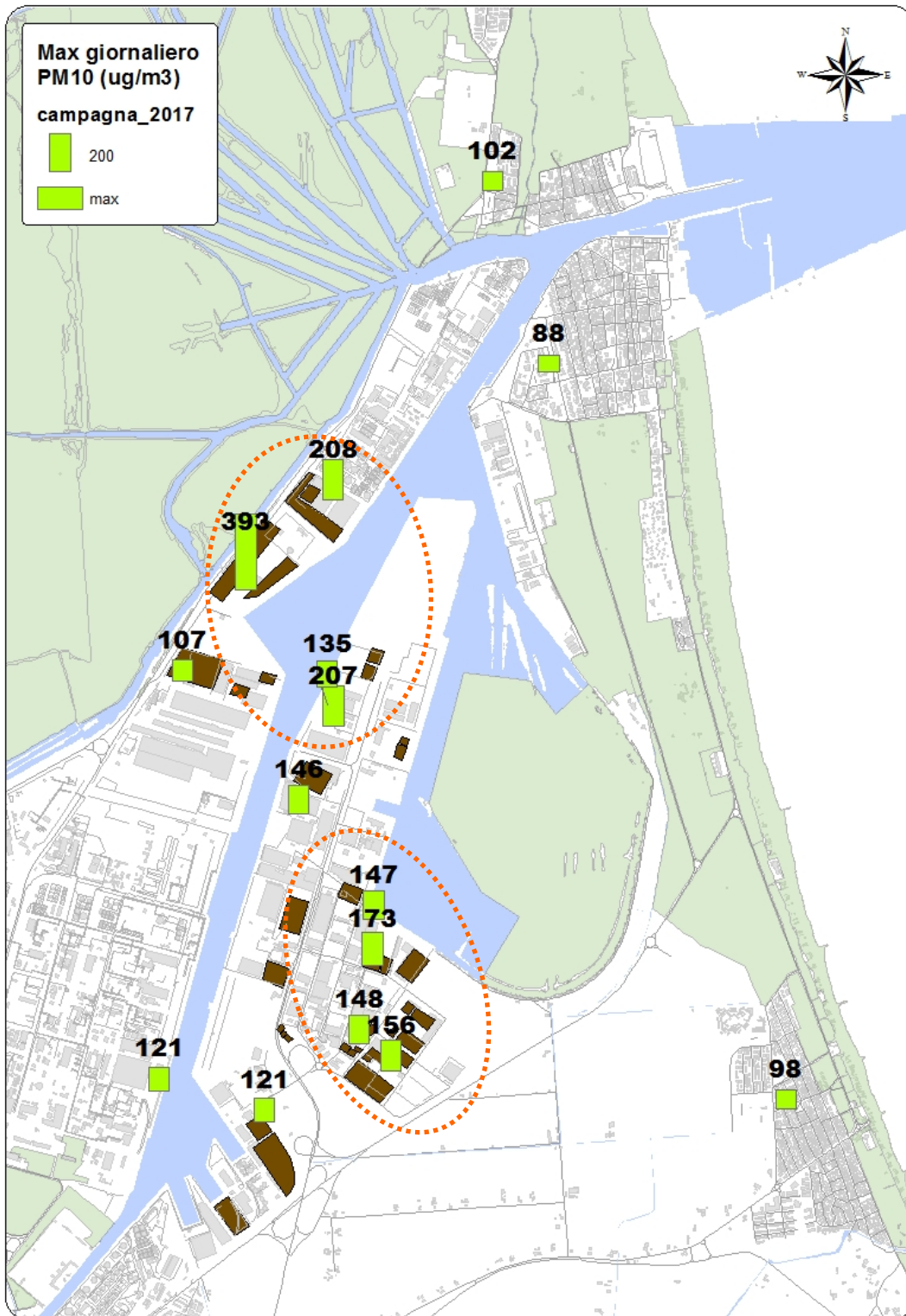


Figura 10

PM 10 – Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevato nel 2017 nelle 15 postazioni

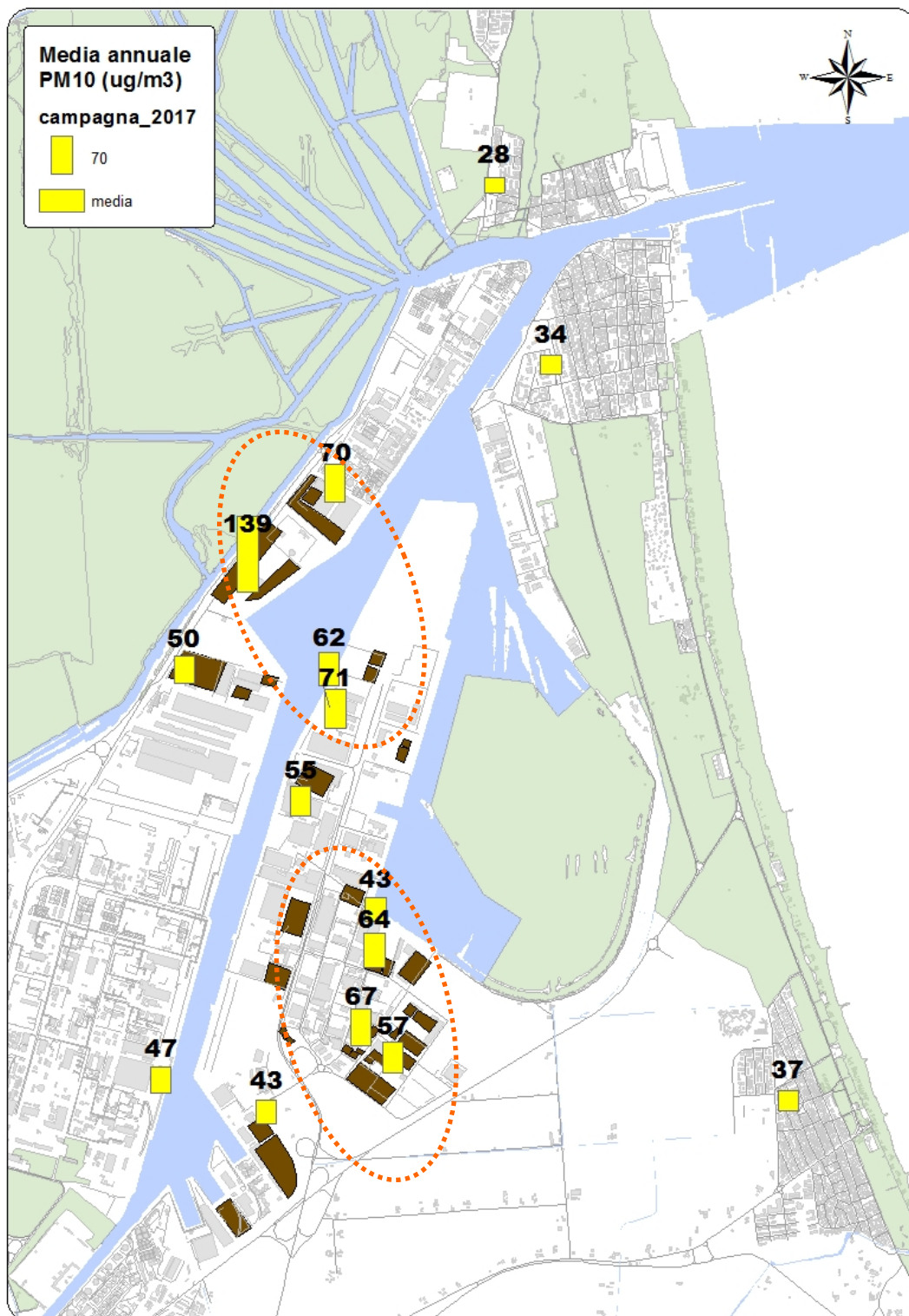


Figura 11

PM 10 – Media (µg/m³) rilevata nel 2017 nelle 15 postazioni

Dalla distribuzione spaziale dei valori risultano evidenti due aree particolarmente critiche nel dominio di interesse (evidenziate con tratteggio nelle figure 10 e 11): all'interno di tali aree i valori massimi giornalieri superano abbondantemente i 150 µg/m³ (in un caso i 350 µg/m³) e anche i valori medi sono elevati, superiori a 50 µg/m³ (in un caso superiore a 100 µg/m³).

Le due aree critiche individuate nelle mappe presentavano criticità anche nel 2014 e nel 2011, anche se – in valore assoluto – le concentrazioni misurate nel 2014 risultano generalmente più basse di quelle del 2011 e del 2017.

2.3 – Ricostruzione del campo di concentrazione a partire dai dati rilevati dalle stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria

Avendo verificato l'ottima corrispondenza tra misure con skypost e quelle con strumento in continuo della RRQA (par.2.1), si è potuto applicare un procedimento statistico per ricostruire il campo di concentrazioni del particolato in corrispondenza delle postazioni, a partire dai dati rilevati in continuo da una stazione della RRQA.

Per prima cosa è stata calcolata la correlazione (indice di correlazione, R) fra i “dati postazioni porto” e le stazioni della RRQA: le due stazioni che presentano correlazioni migliori sono Porto San Vitale e Caorle, pertanto i calcoli successivi hanno riguardato solo queste due stazioni. Come si può vedere (fig.12) la correlazione è molto buona ($R \geq 0.7$) in tutte le postazioni, ad eccezione di terminal Nord e Adriacal. Le correlazioni sono molto buone anche con la postazione di Caorle, in particolare fra le postazioni in corrispondenza delle scuole, in cui è sempre superiore a 0.9.

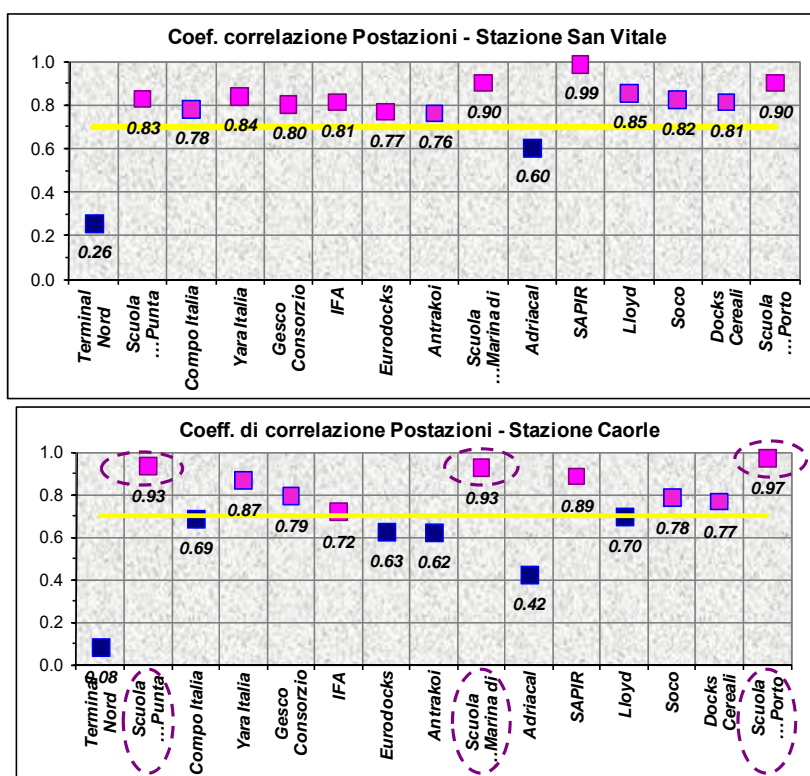


Fig. 12 – Fattori di correlazione fra postazioni e stazioni della RRQA: a) Stazione Porto San Vitale - b) Stazione Caorle

Fissata una soglia dell'indice di correlazione (R) pari a 0.7, per le postazioni mobili che avevano un $R \geq 0.7$ si è proceduto ad applicare il procedimento statistico, prendendo come riferimento la stazione in cui R era più alto (Porto San Vitale o Caorle).

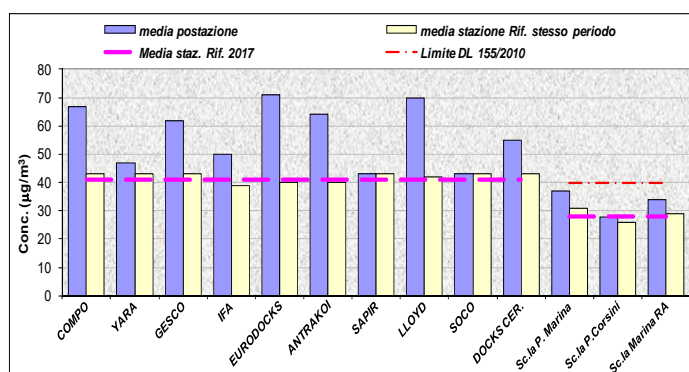
Sono stati stimati i valori di concentrazione giornaliera per tutto il 2017 confrontando le concentrazioni di PM10 rilevate in continuo nella stazione della rete con quelle misurate nella postazione di misura; calcolando la correlazione fra i due set di misure e, usando un opportuno modello di regressione, sono state calcolate le concentrazioni medie giornaliere relative all'intero anno in corrispondenza della postazione (*ricostruzione del campo di concentrazioni su base annuale dell'inquinante in corrispondenza della postazione mobile*).

A valle di tale ricostruzione, avendo a disposizione le 365 medie giornaliere relative al 2017, è stato possibile stimare i parametri statistici – in particolare la media annuale e il numero di superamenti di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - nella postazione come se la misura si fosse protratta per una intera annualità.

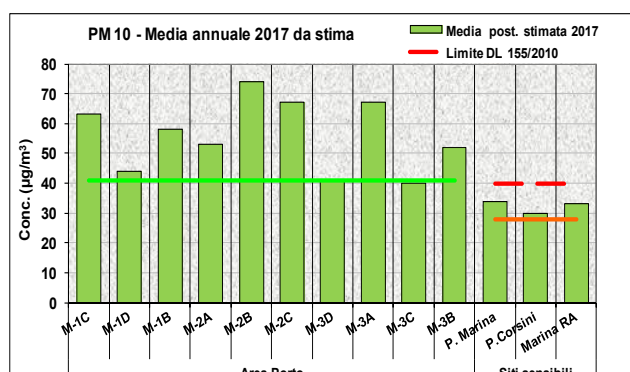
I risultati di questa elaborazione sono riportati nella tabella 3.

Postazione	Stazione Rif.	N° dati	Dati 2017 Stazione meglio correlata			Dati 2017 stimati Postazione				
			Media staz Rif. stesso periodo	N° sup. 2017	Media 2017	90,4° 2017	Media dati postazione	N° sup. 2017	Media 2017	90,4° 2017
COMPO	San Vitale	64	43	96	41	69	67	180	63	113
YARA	San Vitale	62	43				47	104	44	79
GESCO	San Vitale	65	43				62	162	58	102
IFA	San Vitale	64	39				50	140	53	93
EURODOCKS	San Vitale	59	40				71	227	74	148
ANTRAKOI	San Vitale	59	40				64	197	67	136
SAPIR	San Vitale	60	43				43	90	41	70
LLOYD	San Vitale	59	42				70	198	67	128
SOCO	San Vitale	60	43				43	86	40	78
DOCKS CER.	San Vitale	60	43				55	135	52	94
Scuola Punta Marina	Caorle	61	31	46	28	55	37	60	34	66
Scuola Porto Corsini	Caorle	59	26				28	45	30	59
Scuola Marina di RA	Caorle	59	29				34	58	33	65

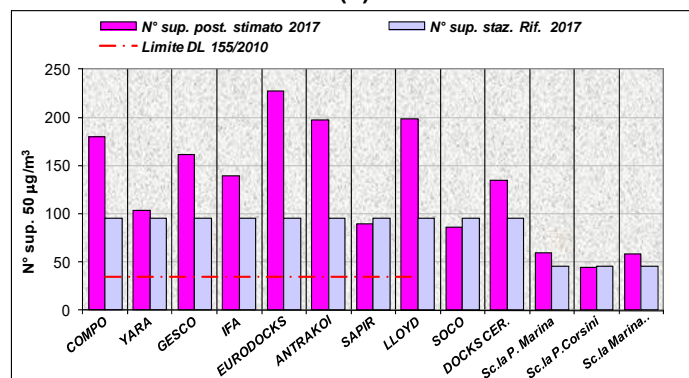
Tabella 3 – Elaborazioni statistiche e stime annuali nelle postazioni meglio correlate



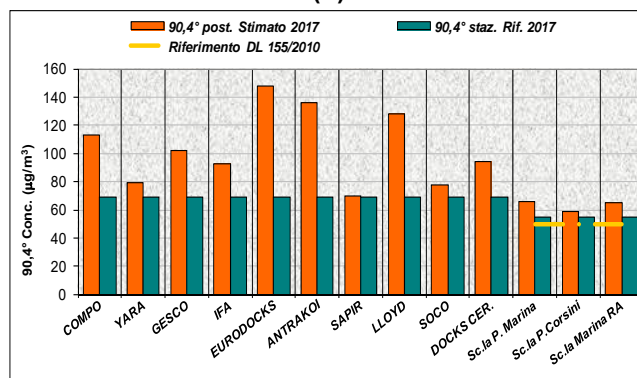
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 13 – Confronto fra i parametri calcolati per le concentrazioni misurate nelle stazioni della rete (Porto San Vitale e Caorle) e stimate nelle postazioni – anno 2017

La figura 13 riporta i grafici con alcuni confronti, in particolare:

- a) Media dei valori misurati nella stazione di riferimento e nella postazione, stesso periodo
- b) Media misurata nelle stazioni (San Vitale / Caorle) nell'anno 2017 e media - anno 2017 stimata nelle postazioni
- c) Numero di superamenti della concentrazione media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'anno 2017 misurati nelle stazioni (San Vitale / Caorle) e stimati nelle postazioni
- d) Valore della concentrazione 90,4° percentile relativa all'anno 2017 misurata nelle stazioni (San Vitale / Caorle) e stimata nelle postazioni.

2.4 – Picchi massimi di concentrazione di PM10

In questo paragrafo vengono analizzate le giornate che, per le concentrazioni di PM10 misurate nelle postazioni mobili, possono definirsi *particolarmente critiche* (tabella 4). Poiché le operazioni di sbarco di materiale alla rinfusa - stoccato poi all'aperto - possono generare emissioni dovute a :

- le stesse operazioni di sbarco;
- il trasporto di materiale dalla banchina al sito di stoccaggio. Generalmente il percorso è interno all'area dell'azienda fino alle aree di stoccaggio e nel tragitto vengono risollevate anche le polveri depositatesi sul manto stradale;
- le operazioni di formazione dei cumuli del materiale sbarcato;
- i fenomeni erosivi dai cumuli che si verificano in presenza di vento sostenuto;

per ogni giornata *particolarmente critica* è stato verificato se erano state effettuate attività di sbarco e movimentazione di materiale.

Dal registro del traffico navale dell'Avvisatore Marittimo di Ravenna, sono stati estratti i dati relativi alle navi commerciali in entrata che trasportavano merci alla rinfusa, collegandole alle aziende in cui avveniva lo sbarco. Nella tabella 4 sono riportate – per ciascun giornata critica – l'identificativo del sito di misura in cui il PM10 misurato è stato rilevato, la banchina più vicina, il giorno o il periodo in cui si sono registrati gli ingressi delle navi nel porto, la concentrazione di PM10 misurata, i materiali e i quantitativi sbarcati. Quando lo sbarco è avvenuto in una banchina diversa da quella più vicina alla strumentazione, ma nell'intorno di 1 km, è stata segnalata nella colonna relativa alla tipologia di materiale sbarcato.

Incrociando le informazioni sono state individuate le giornate critiche in cui si erano verificati conferimenti di materiali polverulenti (righe evidenziate in grigio in tabella 4).

Le postazioni più frequentemente coinvolte sono: Terminal Nord (M-1A), Lloyd (M-3A), Eurodocks (M-2B), Antrakoi (M-2C), Adriacal (M-2D), Docks Cereali (M-3B), SOCO (M-3C).

Quindi, complessivamente sono stati selezionati 25 picchi di concentrazione (concentrazioni medie giornaliere superiori a $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verificatisi in 8 siti di misura; in 22 casi è stato possibile associare all'"evento critico" un'attività di sbarco e stoccaggio merci avvenuta nella ditta in cui era posizionato lo strumento o nelle immediate vicinanze.

Per tutti i recettori è evidente la relazione tra i picchi di concentrazione misurati e gli ingenti quantitativi di materiali (feldspato, argilla, caolino,...) scaricati e stoccati presso la stessa azienda o in prossimità. Argilla e feldspato sono i due prodotti che creano il maggiore impatto sulle concentrazioni di PM10.

Riguardo alle situazioni con picchi di concentrazione che non trovano riscontro in sbarchi contingenti, è importante sottolineare che i recettori sono posti nei pressi di aziende che effettuano anche lavorazione e/o rimaneggiamento di materiali alla rinfusa, alcuni di questi classificati come molto polverosi. Ad esempio il sito M-2D (al confine fra Eurodocks e Adriacal) non hanno un collegamento diretto con le attività di sbarco perché, probabilmente, le condizioni critiche sono riconducibili ad attività svolte presso le stesse aziende.

	Id. sito	Banchina più vicina al sito	Data	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Argilla (t)	Feldspato (t)	Carbone (t)	Caolino (t)
1	M-1A	Terminal Nord	4 – 7 apr	393		65700 52000 Eurod.+Lloyd		
2	M-1A	Terminal Nord	16-17 ott	311		42150		
3	M-1A	Terminal Nord	5-7 lug	310	25000 Eurodocks	42150 26680 Lloyd		
4	M-1A	Terminal Nord	10 gen	303				
5	M-1A	Terminal Nord	20 ott	234	13500 docks cer.			
6	M-1A	Terminal Nord	10-11 lug	225	26100 Eurodocks	34050 Eurodocks		
7	M-1A	Terminal Nord	10-14 apr	225	24000 IFA			
8	M-3A	Lloyd	28 nov	208		42030 Terminal N.		
9	M-2B	Eurodocks	3 nov	207	18000	7500 IFA		
10	M-1A	Terminal Nord	13-14 lug	192	31429		32677 Lloyd	
11	M-3A	Lloyd	4-5 dic	180	22000 IFA	33000 Terminal N.		
12	M-3A	Lloyd	22-24 nov	180	25500 IFA		18540 Lloyd	
13	M-1A	Terminal Nord	17 gen	180	35000			
14	M-1A	Terminal Nord	18-19 lug	180	34000			
15	M-2B	Eurodocks	15 feb	163		33500		
16	M-2C	Antrakoi	30-31 ott	163	18000 Eurodocks			
17	M-2D	Adriacal	17 mag	156				25000 Eurodocks
18	M-1A	Terminal Nord	24 gen	155				
19	M-1A	Terminal Nord	13 ott	150		34250 IFA		
20	M-1C	Compo	5 ott	148	25350 Eurodocks			
21	M-1A	Terminal Nord	10 ott	148		28500 Lloyd		
22	M-3C	Soco	16 giu	147			5000	
23	M-2B	Eurodocks	27 ott	145		34000		
24	M-2D	Adriacal	10 ago	142				
25	M-3B	Docks Cereali	8 mar	140		28800 Lloyd	5400 Soco	

Tabella 4 – “Giornate critiche” e sbarchi

2.5 - Concentrazioni di PM10 rilevate presso i recettori sensibili

Le concentrazioni medie giornaliere di PM10 rilevate dalla strumentazione ubicata nelle aree di pertinenza delle scuole di Porto Corsini, Marina di Ravenna e Punta Marina sono, ovviamente, differenti da quelle misurate in area portuale anche se, inevitabilmente in particolari condizioni meteo-diffusive, risentono dell'attività che viene svolta in porto. In tabella 5 sono confrontate le medie annuali, i massimi giornalieri e il 90.4° percentile calcolati per il 2017 presso i recettori sensibili, la stazione di fondo urbano residenziale della rete ubicata a Ravenna (Caorle) e quella in area portuale (Porto San Vitale).

La media annuale della postazione "Porto Corsini" risulta sostanzialmente in linea con quanto rilevato dalla stazione di fondo (Caorle), mentre le medie a Punta Marina e Marina di Ravenna sono maggiormente allineate con il dato della stazione di Porto San Vitale.

	CAORLE	PORTO SAN VITALE	Scuola Punta Marina	Scuola Porto Corsini	Scuola Marina di Ra
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28	41	37	28	34
90.4° ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	55	69	70	53	65
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	117	132	98	102	88

Tabella 5 – PM 10 - Medie, massimi e 90.4° per l'anno 2017

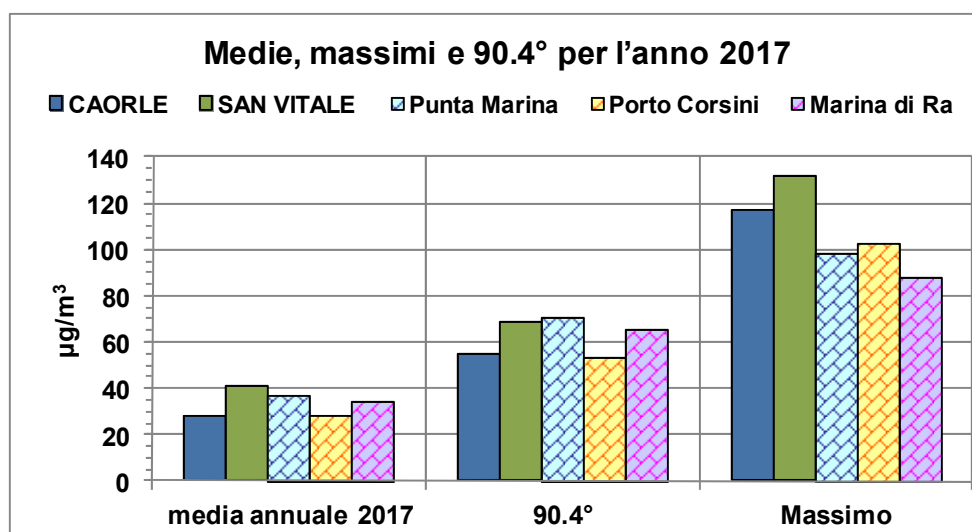


Figura 14 – Media, massimi e 90,4° percentile – Anno 2017

In tabella 6 sono riportate le correlazioni fra i dati di PM10 delle scuole e quelli delle stazioni Caorle e Porto San Vitale: i valori assunti dall'indice (R) risultano sempre piuttosto elevati, in particolare per il sito posto a Porto Corsini molto ben correlato con entrambe le stazioni della rete selezionate.

Correlazione R	Porto San Vitale	Punta Marina	Porto Corsini	Marina di Ra
Caorle	0.89	0.93	0.97	0.93
Porto San Vitale	1	0.83	0.90	0.90

Tabella 6 – Indici di correlazione fra medie giornaliere rilevate ai recettori sensibili e presso le stazioni della RRQA – anno 2017

In figura 15 sono riportate le medie giornaliere di PM10 misurate dagli skypost presso le scuole e presso le stazioni Porto San Vitale e Caorle.

Da notare che il massimo di concentrazione rilevato il 01/02/17 corrisponde ad un periodo in cui non erano posizionati skypost presso le scuole.

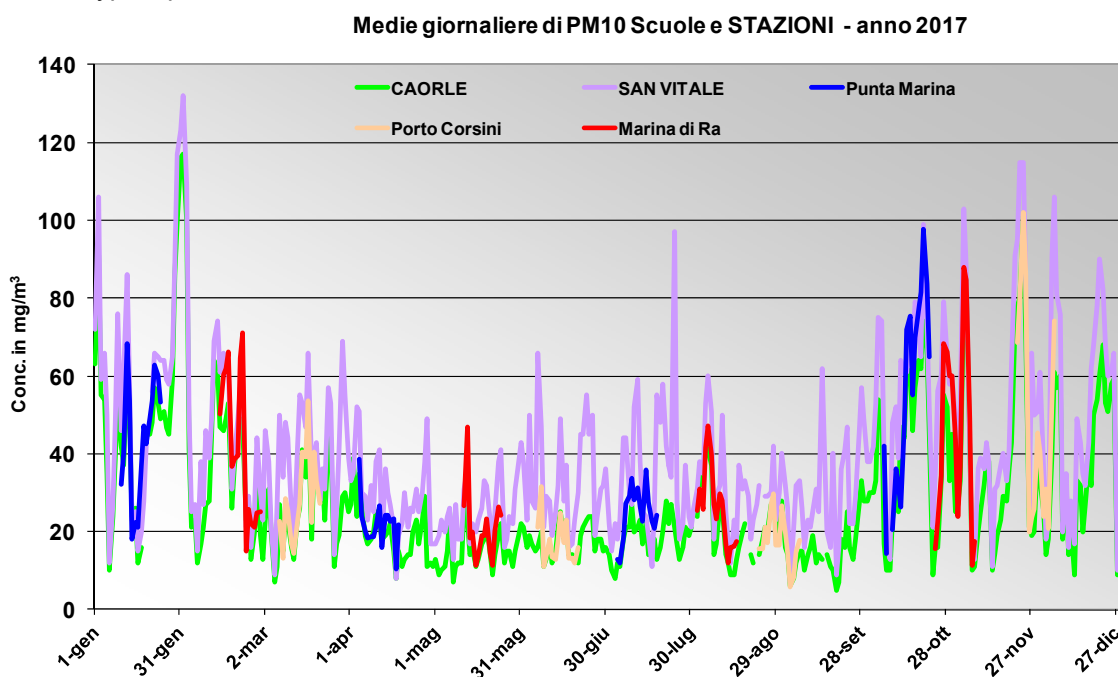


Figura 15 – Medie giornaliere di PM10 – anno 2017

Sono state identificate alcune giornate in cui si sono avuti picchi di concentrazione in uno dei tre skypost posizionati presso le scuole, ma *non* presso le centraline di monitoraggio (tabella 7 e figura 16).

Giorno	Conc. PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Stazione	Scuola		
	CAORLE	Punta Marina	Porto Corsini	Marina di Ra
17-gen	16	37		
21-feb	49			65
22-feb	47			71
12-mag	22			47
6-ott	17	42		
19-ott	62	81		
20-ott	74	98		
21-ott	67	84		
22-ott	44	65		
29-ott	33			60
30-ott	45			60
31-ott	25			44
25-nov	70		86	
2-dic	14		31	

Tabella 7 – Giorni in cui le concentrazioni di PM10 presso una scuola sono stati significativamente superiori a quelle misurate a Caorle (differenza due concentrazioni $> 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

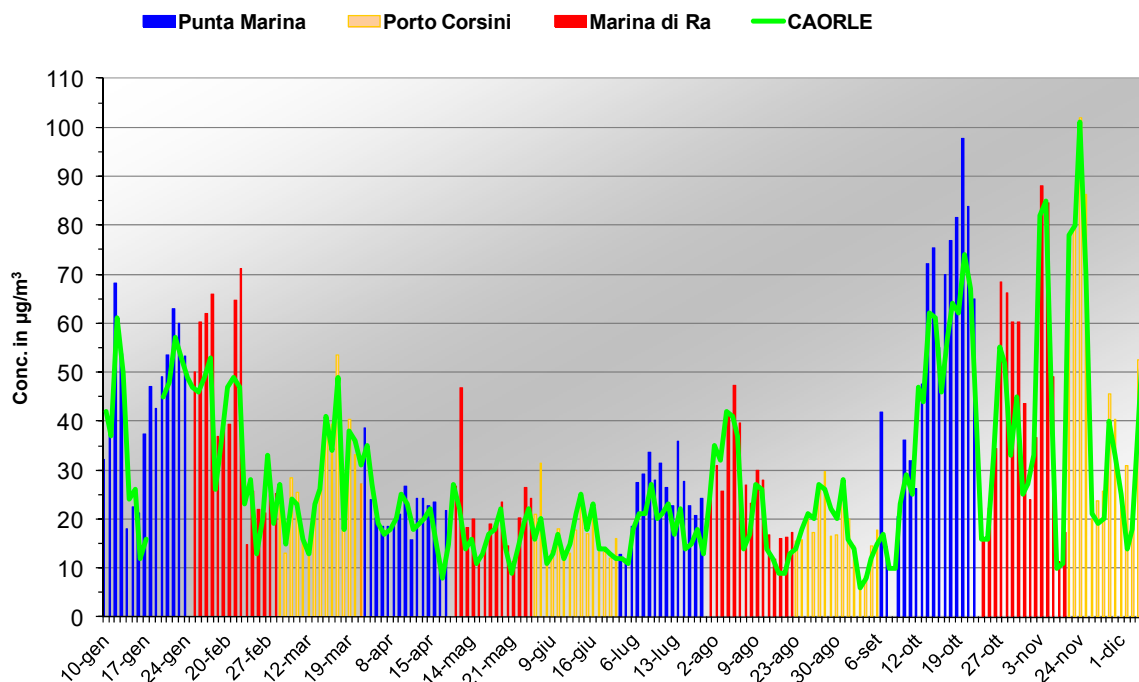
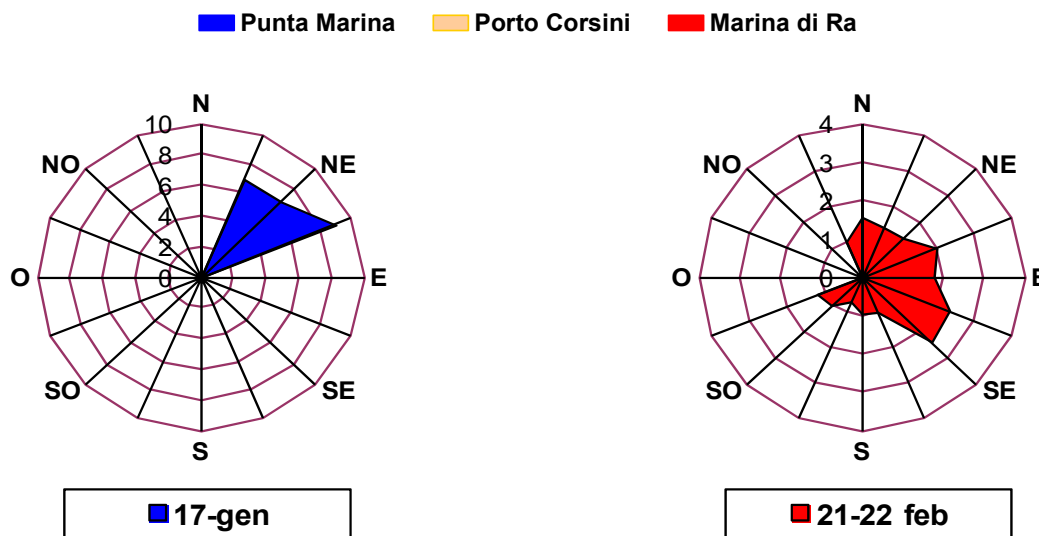


Figura 16 – Evidenza dei giorni con concentrazioni più significative in corrispondenza della scuola rispetto alla stazione Caorle (differenza > 15 µg/m³)

Per le giornate in corrispondenza degli eventi evidenziati in tabella e visualizzabili nel grafico, è stata analizzata la rosa dei venti, utile per dare indicazioni sulla provenienza del particolato misurato: nella maggior parte dei casi la direzione prevalente del vento proviene dai settori est sud-est, oppure est nord-est, pertanto la postazione di misura si trovava sotto vento rispetto alla costa, e con velocità del vento mediamente elevate (brezza tesa – vento moderato) facendo pensare ad un contributo significativo alla polverosità dato dal risollevarsi di sabbia dalla spiaggia e dal trasporto di aerosol marino.

Fa eccezione la giornata del 25 novembre, con vento prevalente da nord-ovest.



(segue)

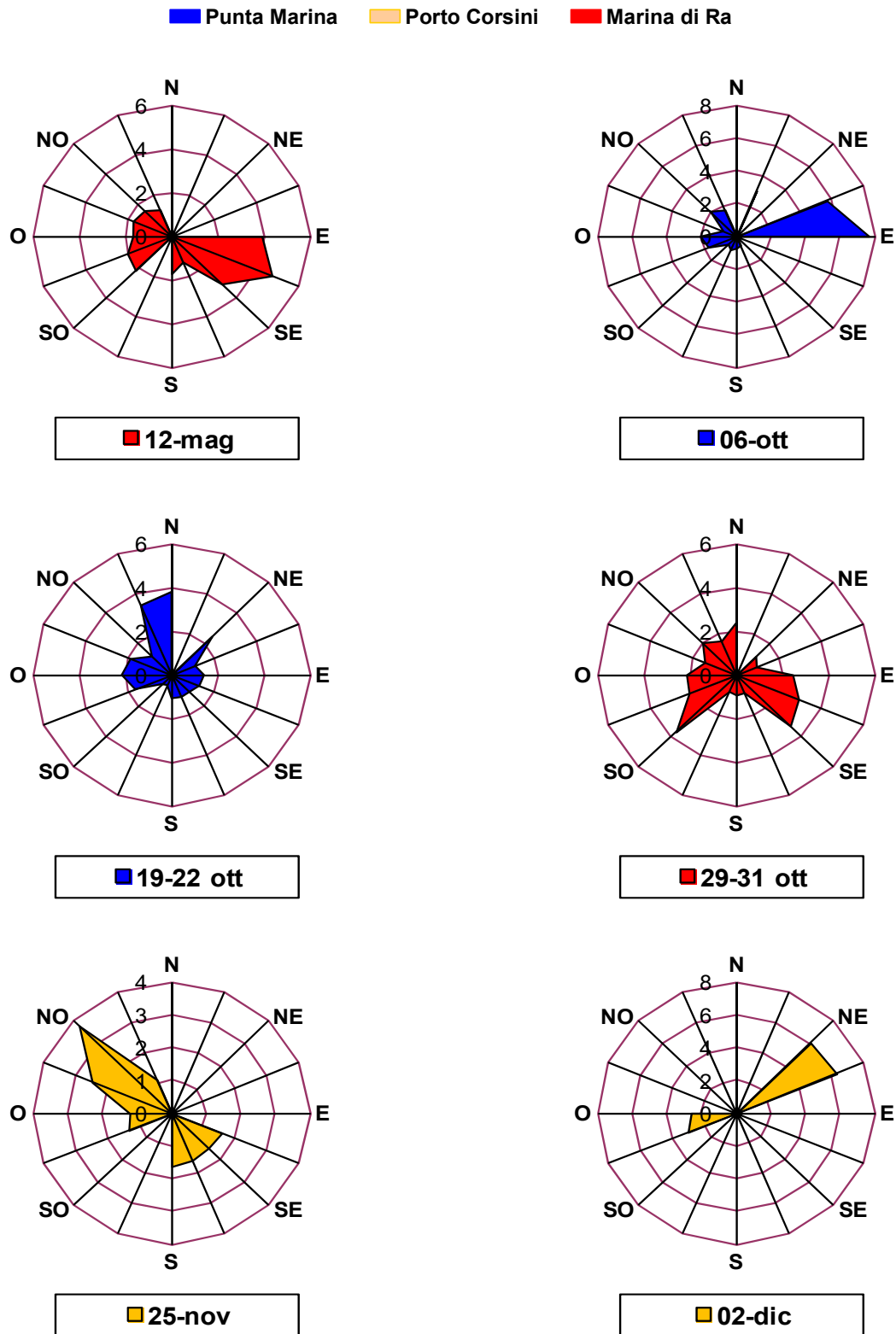


Figura 17 – Rose dei venti relative alle giornate con concentrazioni più significative nella scuola rispetto alla stazione Caorle (differenza > 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

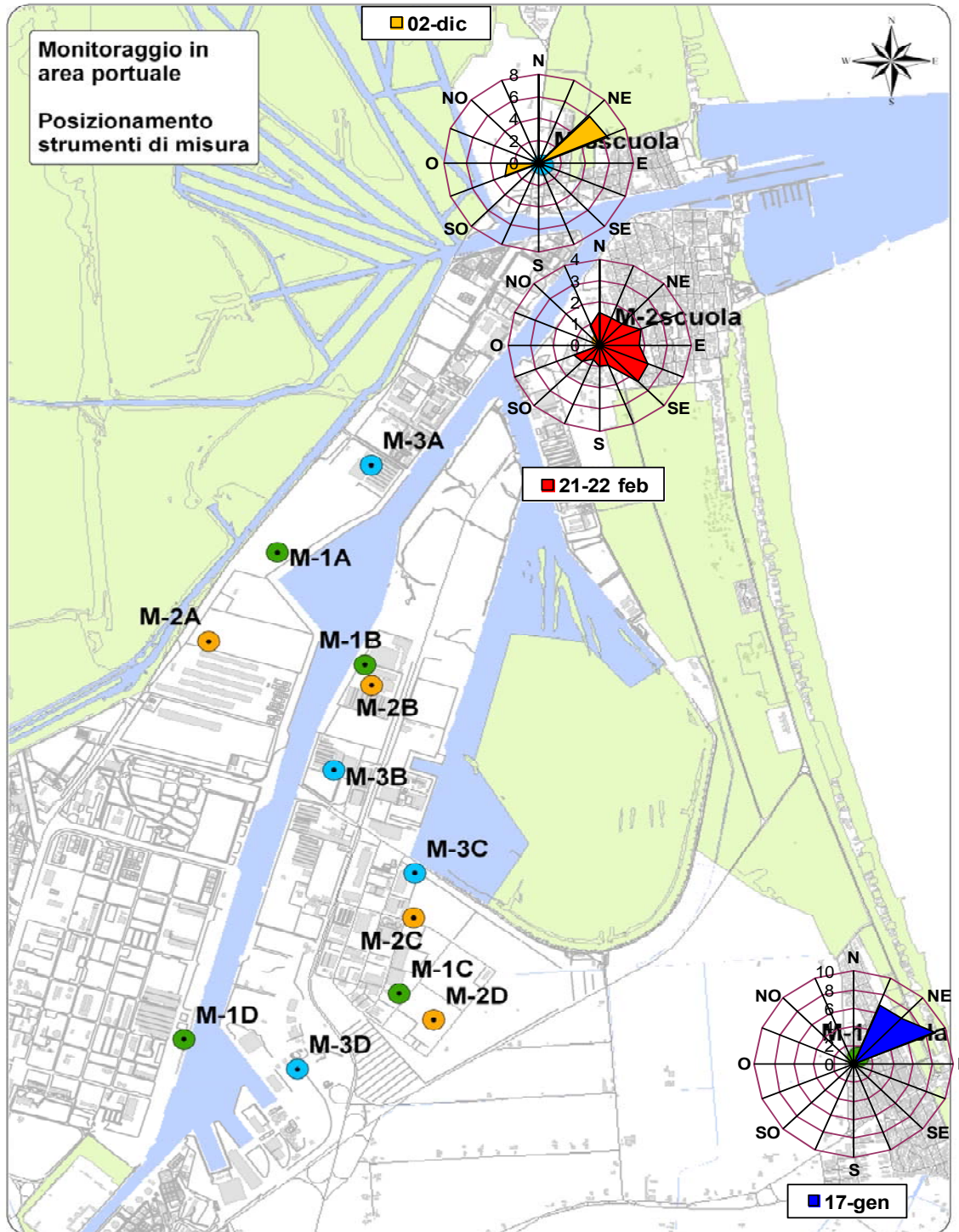
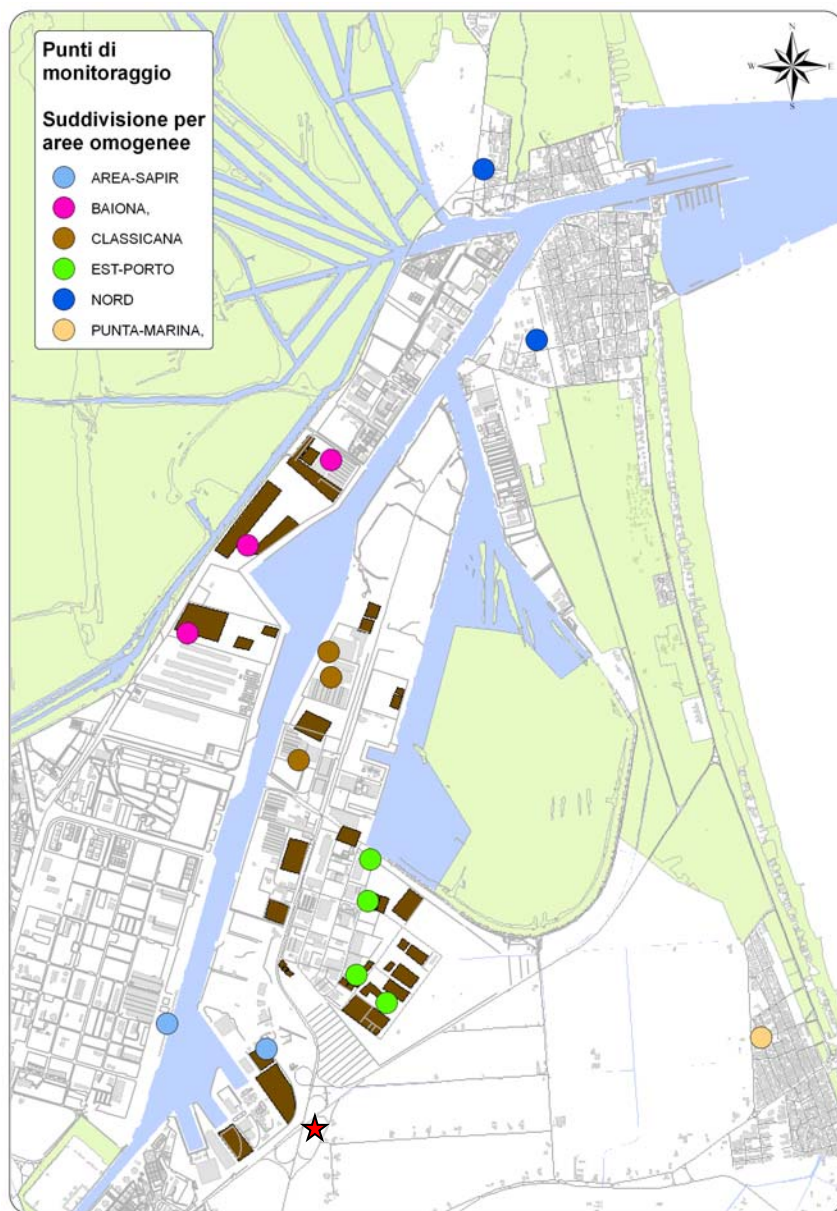


Figura 18 – Esempio di direzione e velocità del vento prevalente in tre giornate con concentrazioni più significative nella scuola

2.6 – Analisi per gruppi omogenei

Le postazioni di misura sono state riuniti in 4 gruppi: Baiona, Classicana, Est Porto, Area Sapir (oltre a Recettori sensibili, Punta Marina, Nord). I siti di ogni gruppo sono simili per entità delle concentrazioni rilevate e per dislocazione sul territorio (figura 19).

Raggruppando i punti di misura si ottiene, per ogni gruppo, un set di dati più consistente (fino a 190 misure per ogni gruppo) e quindi si possono fare confronti più significativi.



Baiona	riva sinistra Candiano a Nord dell'area Sapir c/o aziende che effettuano principalmente sbarco e stoccaggio di merci M-1A, M-2A, M-3°
Classicana	destra Candiano c/o aziende ubicate lungo la via Classicana M-1B, M-2B, M-3B
Est Porto	est dell'area portuale M-1C, M-2C, M-2D, M-3C
Area Sapir	stazione di monitoraggio Porto San Vitale stazione + M-3D, M-1D

Recettori sensibili	Le 3 scuole (Punta Marina, Marina di Ra, Porto Corsini) M-1scuola M-2scuola, M-3scuola
Punta Marina	scuola elementare di Punta Marina, M-1scuola
Nord	scuole Marina di Ravenna e Porto Corsini M-2scuola, M-3scuola

Figura 19– Suddivisione in gruppi omogenei

In tabella 8 sono riportate, per ciascun gruppo, le concentrazioni medie annue, il valore massimo giornaliero ed il 90.4°, oltre agli stessi parametri calcolati per la stazione di monitoraggio Porto San Vitale e Caorle.

L'aggregazione consente di evidenziare come il gruppo "Baiona" presenti valori medi annui maggiori, seguito dal gruppo "Classicana", aree in cui il contributo più significativo è dato dalle operazioni di imbarco e sbarco, in Est porto la movimentazione interna è, con tutta probabilità, la componente più importante.

Il gruppo “Recettori sensibili” – come del resto era prevedibile - presenta valori medi annui inferiori e compresi fra quanto rilevato presso la stazione “Porto San Vitale” e quello misurato a Caorle. Considerazioni analoghe valgono anche per le concentrazioni corrispondenti al 90.4° percentile e al valore massimo: “Baiona” ed “Est porto” hanno i dati più elevati, dovuti soprattutto ai siti M-1A e M-3C.

Gruppo			Media annua [µg/m ³]	Massimo giornaliero [µg/m ³]	90.4° [µg/m ³]
1	BAIONA	●	86	393	180
2	EST PORTO	●	58	173	111
3	AREA SAPIR	●	45	121	84
4	CLASSICANA	●	63	207	115
NORD scuole			31	102	64
PUNTA MARINA scuola			37	98	70
RECETTORI SENSIBILI			33	102	66
STAZIONE Porto S.Vitale			41	132	69
STAZIONE Caorle			28	117	55

Tabella 8 – Medie, massimi e 90.4° per l’anno 2017 per i gruppi identificati

Le medie stagionali (figura 16) evidenziano, per il 2017, andamenti simili alle postazioni esterne all’area portuale, sebbene con concentrazioni decisamente più elevate, in particolare nell’area Baiona. In quest’ultima, nonostante gli andamenti, si rilevano concentrazioni elevate e simili in tutte le stagioni, senza un marcato andamento stagionale, in controtendenza rispetto all’area urbana. Un dato elevato nelle stagioni meno umide e più ventose è spiegabile con la tipologia di sorgenti presenti nell’area: cumuli all’aperto (per i quali l’erosione eolica è sempre una componente significativa in periodo primavera-estate) e attività di imbarco e sbarco.

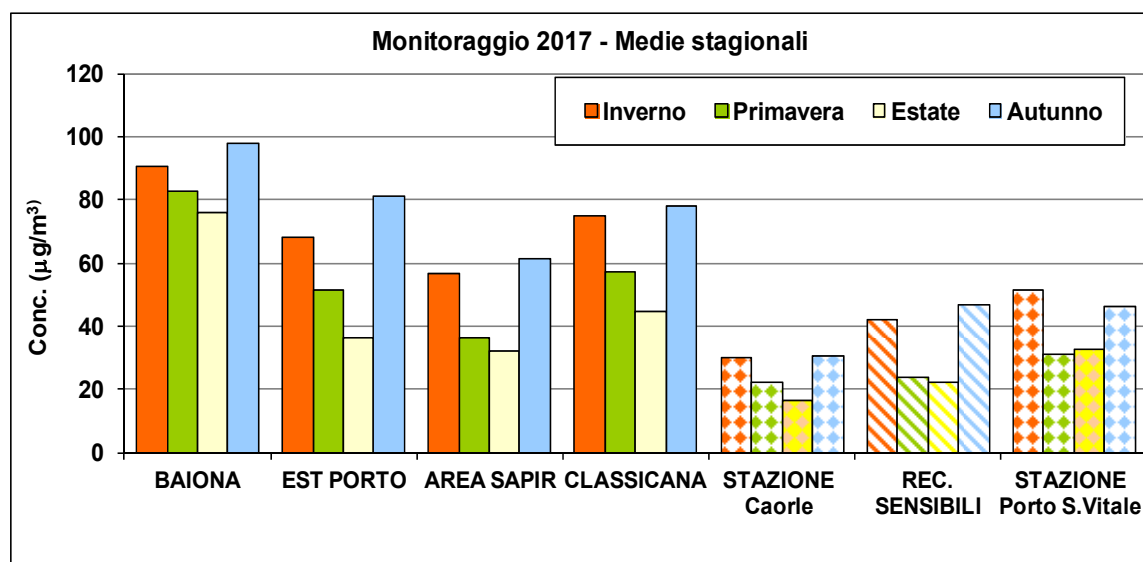


Figura 16

Medie stagionali 2017

Per ogni gruppo è stato calcolato l’indice di correlazione con i dati degli altri gruppi e delle stazioni di monitoraggio Porto San Vitale e Caorle. I risultati sono riportati in tabella 9, evidenziando gli indici di correlazione superiori a 0.75 e compresi fra 0.50 e 0.75.

	BAIONA	EST PORTO	AREA SAPIR	CLASSICANA	NORD Scuole	RECETTORI SENSIBILI	Porto S.Vitale STAZIONE	Caorle STAZIONE
BAIONA	1.00	0.49	0.38	0.34	0.65	0.34	0.45	0.34
EST PORTO		1.00	0.71	0.77	0.71	0.69	0.73	0.68
AREA SAPIR			1.00	0.80	0.89	0.82	0.91	0.87
CLASSICANA				1.00	0.69	0.68	0.75	0.70
NORD scuole					1.00	1.00	0.88	0.94
RECETTORI SENSIBILI						1.00	0.86	0.94
Porto S.Vitale STAZIONE							1.00	0.89
Caorle STAZIONE								1.00

Tabella 9– Indice R di correlazione fra medie giornaliere delle campagne di monitoraggio per aree omogenee e le concentrazioni misurate presso le stazioni di monitoraggio Porto S.Vitale e Caorle – anno 2017

Le correlazioni fra gruppi assumono valori soddisfacenti per alcune combinazioni, soprattutto quelle che coinvolgono anche postazioni esterne all'area strettamente portuale; in particolare:

- l'area Sapir risulta ottimamente correlata con la zona Nord scuole (R = 0.89) e con la stazione di monitoraggio Porto S.Vitale (R = 0.91) che si trova all'interno dell'area;
- alte correlazioni si rilevano anche tra la zona "Nord scuole" e le stazioni della RRQA (rispettivamente 0.88 con Porto San Vitale e 0.94 con Caorle)
- le correlazioni rimangono alte anche quando, oltre a Marina di Ravenna e Porto Corsini, si considera la scuola di Punta Marina: R = 0.86 con Porto S.Vitale e R=0.94 con Caorle.

Se invece si considerano le correlazioni delle postazioni interne all'area portuale, i valori degli indici sono decisamente più bassi:

- l'area denominata Baiona è molto poco correlata con le altre serie di dati (anche con le stazioni di monitoraggio);
- Est porto e Classicana sono debolmente correlate con Area Sapir.

probabilmente ad indicare che, in maniera preponderante, le concentrazioni misurate in tali postazioni risentono di attività ed emissioni che vengono prodotte localmente.

Sono state calcolate, per ogni gruppo, anche le distribuzioni in classe di frequenza di concentrazione (figura 17).

Nel 2017 i siti posti all'interno dell'area portuale sono caratterizzati dalla predominanza della classe di frequenza 30-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e dalla presenza significativa anche di concentrazioni più elevate (classe 90-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, classe 120-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e classe > 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le postazioni in corrispondenza delle scuole, invece, sono caratterizzate da una netta prevalenza della classe di concentrazione < 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale distribuzione risulta simile a quanto ottenuto anche per i dati rilevati dalla stazione fissa di monitoraggio "Porto San Vitale".

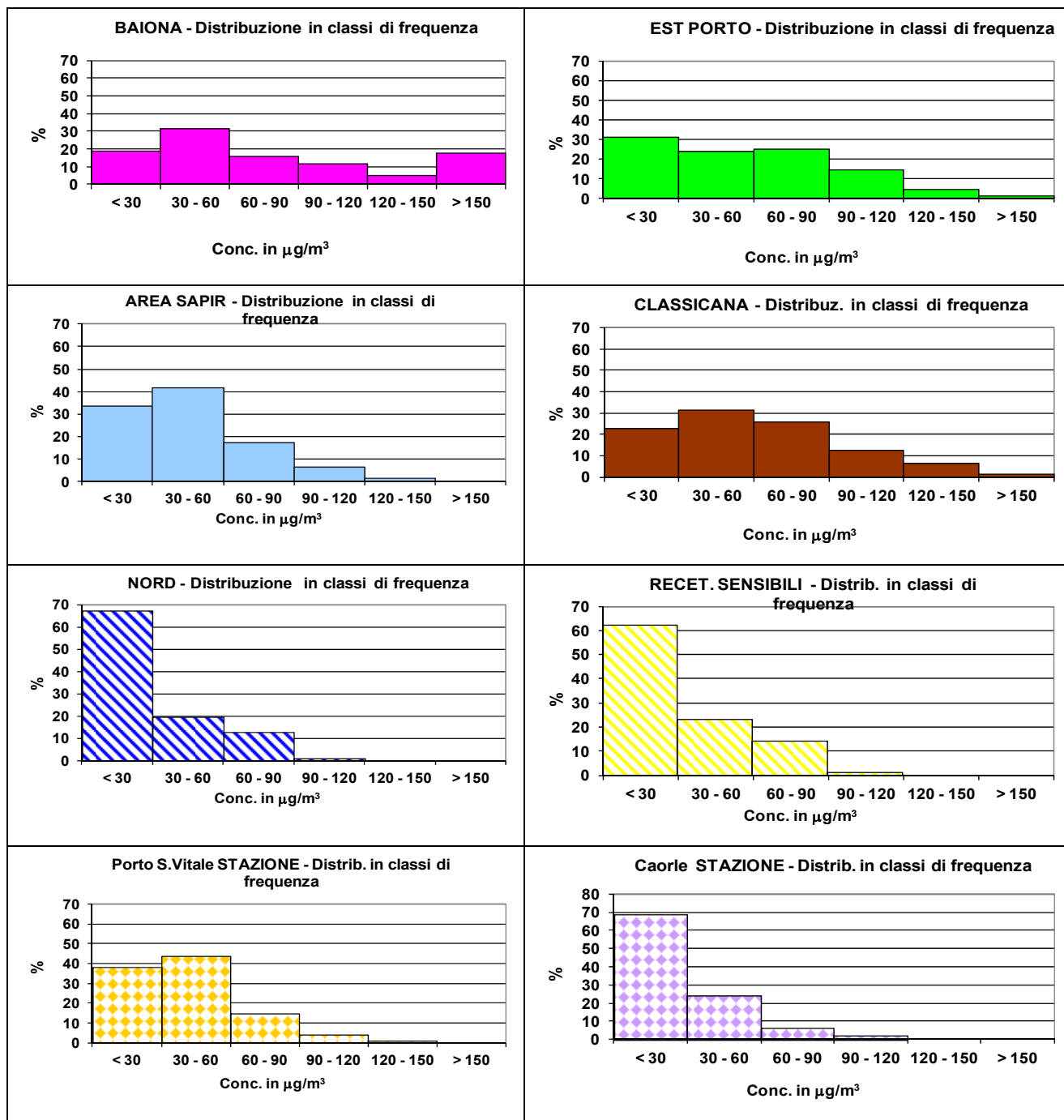


Figura 17 – Medie giornaliere 2017 – Distribuzione percentuale in classi di frequenza

2.7 - Concentrazioni di PM10 e condizioni meteorologiche

Anche l'analisi delle concentrazioni di polveri PM10 in relazione alle condizioni meteorologiche è stata fatta per gruppi, come descritto nel precedente paragrafo.

Avendo a disposizione le medie giornaliere di PM10, la relazione è stata studiata considerando le medie giornaliere di umidità relativa e velocità del vento calcolate a partire dai dati orari rilevati presso la stazione di monitoraggio Porto San Vitale.

2.7.1 -Umidità relativa

Gli istogrammi di figura 18 rappresentano, per ogni gruppo di recettori, le medie annuali di PM 10 (Tutto) e le medie calcolate in funzione di classi di umidità relativa decrescente (100 ÷ 95 %; 95 ÷ 90%, 90 ÷ 85%, < 85%).

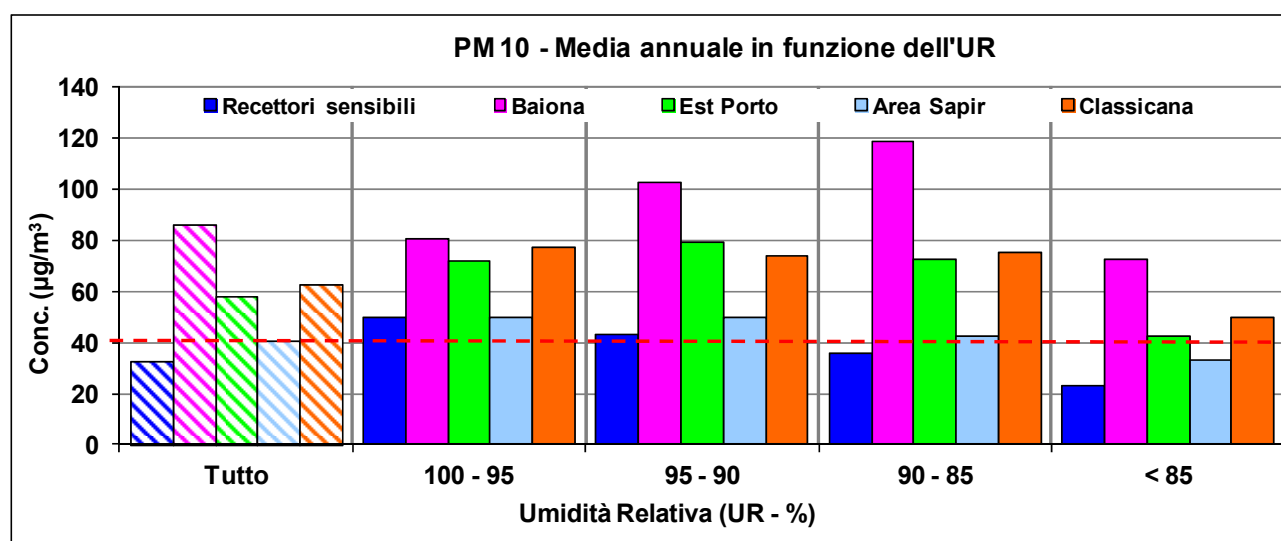


Figura 18 – Medie annuali di PM10 in funzione dell'umidità relativa – anno 2017

Le medie annuali relative ai cinque gruppi (Tutto) risultano sempre superiori al limite di 40 µg/m³ (D.L.vo 155/2010) ad eccezione dei Recettori sensibili, in cui il limite è rispettato; tale risultato è in linea con quello della campagna 2011 e 2014. L'analisi delle concentrazioni medie, per i gruppi selezionati, rispetto all'umidità relativa evidenzia le seguenti situazioni:

- per il gruppo "Recettori Sensibili" i valori medi di concentrazione sono simili per tutte le classi di umidità e, in controtendenza, valori un po' alti sono stati rilevati nel caso di umidità superiore al 95%; analogo andamento si riscontra per il gruppo "Area SAPIR". Poiché in corrispondenza di UR maggiori del 95% si hanno anche velocità del vento più basse, si è in presenza di condizioni che favoriscono l'accumulo di inquinanti;
- nel gruppo "Baiona" ed "Est Porto" invece, i valori più elevati di PM10 sono in corrispondenza delle classi di umidità fra 95 – 85%. Queste condizioni si verificano prevalentemente durante la stagione estiva e, spesso, in concomitanza con velocità del vento sostenute. Come si può vedere dal successivo grafico di figura 19, sono condizioni favorevoli alla dispersione degli inquinanti ma anche a maggiori emissioni di materiale polverulento dai cumuli di stoccaggio, al risollevarlo dal manto stradale e a una maggiore diffusione delle emissioni prodotte durante le operazioni di sbarco;
- il gruppo "Classicana" mostra concentrazioni simili in tutti i gruppi, ad eccezione di quello ad umidità inferiori.

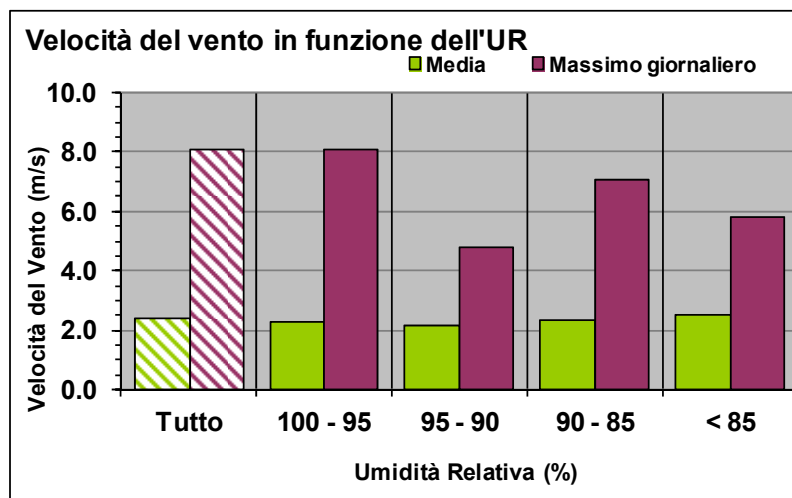


Figura 19 – Medie annuali di VV in funzione dell'umidità relativa – anno 2017

2.7.2 - Velocità del vento

Gli istogrammi di figura 20 rappresentano, per ogni gruppo di recettori, le concentrazioni medie annuali di PM10 in ogni gruppo (Tutto) e le concentrazioni medie calcolate in funzione delle classi di velocità del vento crescenti: <0.75 (calma di vento); 0.75 ÷ 2; 2 ÷ 3, 3 ÷ 4 e >4 m/s. Infatti velocità del vento tipiche di brezza (> 1.6 m/s) determinano in area portuale condizioni favorevoli al risollevarsi di polveri sia dai cumuli sia dal manto stradale che possono ridurre l'effetto di diluizione del PM10 legato alla dispersione degli inquinanti (favorita quando le velocità del vento aumentano). L'effetto della prevalenza del risollevarsi non è chiaramente distinguibile in area portuale nel 2017, con andamenti simili nell'area e concentrazioni maggiori per venti fra 0.75 e 3 m/s. Sembra quindi prevalere, a meno di episodi sporadici, l'effetto diffusivo e all'aumentare della velocità del vento si ha una riduzione delle concentrazioni medie misurate di polveri.

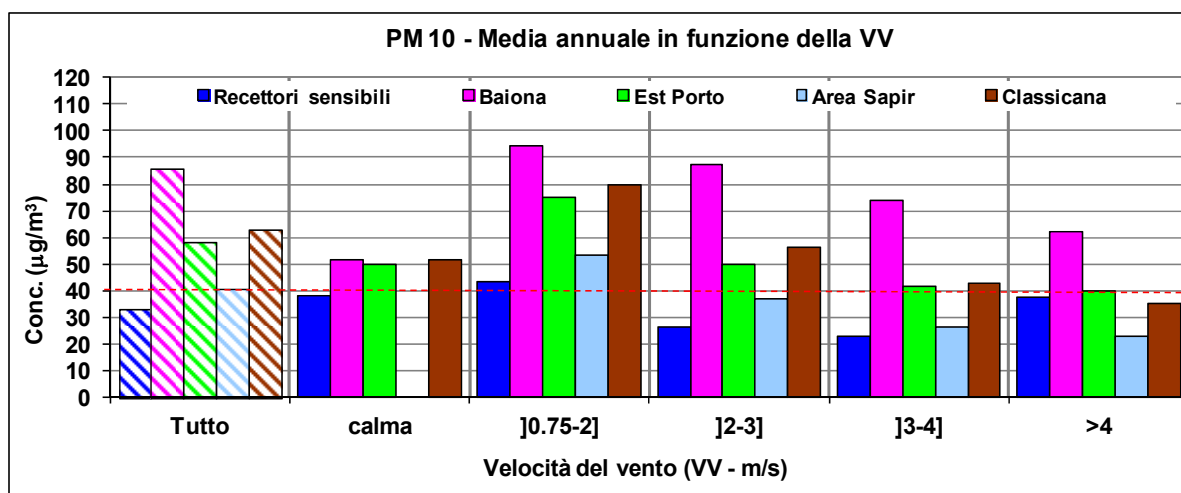


Figura 20 – Medie annuali di PM10 in funzione della velocità del vento – anno 2017

3 – CONCLUSIONI

La relazione descrive ed analizza i dati di PM10 raccolti presso 15 siti (12 all'interno dell'area portuale e 3 in corrispondenza di scuole nel litorale) da gennaio a dicembre 2017.

I dati sono stati valutati per ogni singolo sito e per "gruppo omogeneo" di postazioni.

Siti singoli all'interno dell'area portuale.

I dati di concentrazione media giornaliera rilevati nei 12 siti posti all'interno dell'area portuale evidenziano come alcune postazioni siano caratterizzate da valori di concentrazione di PM10 particolarmente elevate; sono i siti M-1A (Terminal Nord), M-2B (EurodockKs), M-2D (Adriacal) e M-3A (Lloyd). In queste postazioni le concentrazioni massime giornaliere sono comprese tra 156 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 393 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il 90.4° percentile (cioè la concentrazione superata da circa il 10% delle misure) è compreso fra 238 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tutti i siti presentano valori medi annui superiori al limite previsto dal D.L.vo 155/2010 (concentrazioni medie comprese fra 139 e 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tale aumento rispetto al 2014 è riconducibile non solo all'aumento della movimentazione merci ma soprattutto alle condizioni meteorologiche e si osserva anche presso le stazioni della rete di controllo della qualità dell'aria.

Siti presso le scuole.

Le misurazioni effettuate presso le tre scuole (Porto Corsini, Marina di Ravenna e Punta Marina) indicano valori di concentrazione medi annui compresi fra 28 e 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiori al limite ma superiori a quanto misurato nell'anno 2014. I valori massimi giornalieri sono compresi fra 102 e 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e si stima che in tutte le postazioni nel 2017 sia superato il limite di 35 giorni con concentrazioni superiori a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (breve periodo).

Giornate critiche.

Considerando la serie di dati giornalieri, sono state isolate alcune giornate caratterizzate da picchi di concentrazione particolarmente significativi che sono stati singolarmente analizzati. In particolare: per i siti di misura posti all'interno dell'area portuale si è cercata una relazione (risultata positiva) tra i valori di concentrazione e la concomitanza di attività di sbarco e stoccaggio di materiale alla rinfusa; per i siti in corrispondenza delle scuole, invece, si è ritenuto significativo un approfondimento su quelle giornate in cui le concentrazioni di PM10 lì misurate risultavano più elevate di quelle delle stazioni Caorle o Porto San Vitale analizzando le relative rose dei venti per comprendere la possibile origine del particolato misurato. Nel primo caso sono state identificate diverse corrispondenze tra i picchi di concentrazione e le attività di sbarco e stoccaggio merci, in particolare per i siti: Terminal Nord (M-1A), Lloyd (M-3A), Eurodocks (M-2B), Antrakoi (M-2C), Adriacal (M-2D), Docks Cereali (M-3B), SOCO (M-3C). Nel caso dei recettori sensibili, è stato possibile associare la maggior parte dei valori "anomali" di concentrazione di polveri a direzioni dei venti provenienti dal quadrante Est – Sud (in particolare dalla costa, facendo ipotizzare un contributo dato dallo spray marino e/o dal sollevamento dalla costa sabbiosa), fa eccezione la giornata del 25 Novembre.

Gruppi omogenei.

Infine, i siti di misura sono stati raggruppati in gruppi omogenei e valutati nel loro insieme. Questa procedura ha permesso di giungere ad alcune valutazioni, in particolare:

- le concentrazioni maggiori (massime e medie) sono raggruppate in due aree principali (in analogia a quanto osservato con i singoli siti);
- i siti posti al di fuori dell'area portuale e nella zona in riva destra Candiano lungo la Via Classicana mostrano un andamento delle concentrazioni tipico stagionale che non si rileva lungo la via Baiona e nella zona Est Porto, in cui concentrazioni elevate si misurano anche durante il periodo più caldo ed in particolare in condizioni di vento sostenuto e bassa umidità, condizioni favorevoli all'erosione di materiale dai cumuli ed al risollevarlo di materiale depositato lungo le strade e sui piazzali;

- tra i diversi gruppi si è riscontrata una discreta correlazione;
- nel 2017 i siti posti all'interno dell'area portuale sono caratterizzati dalla predominanza della classe di frequenza 30-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e dalla presenza significativa anche di concentrazioni più elevate (classe 90-120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, classe 120-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e classe > 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le postazioni in corrispondenza delle scuole, invece, sono caratterizzate da una netta prevalenza della classe di concentrazione < 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale distribuzione risulta simile a quanto ottenuto anche per i dati rilevati dalla stazione fissa di monitoraggio "Porto San Vitale".
- ad un aumento dell'umidità relativa corrisponde l'aumento delle concentrazioni per i recettori sensibili e per i siti posti a sud dell'area portuale. Al contrario, ad una diminuzione dell'umidità relativa corrisponde un incremento delle concentrazioni per i siti che formano i gruppi "Baiona" e "Zona Est";
- in relazione alle velocità dei venti non si rilevano nel 2017 andamenti significativamente differenti fra i siti all'interno dell'area portuale e i recettori sensibili.