Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

QUALITA' DELL'ARIA NEL COMUNE DI PIOVE DI SACCO (PD)

Monitoraggio 2001/2002

ARPAV

Dipartimento Provinciale di Padova

Comune di Piove di Sacco

Settore Ambiente

Qualità dell'aria nel Comune di Piove di Sacco

Monitoraggio 2001/2002

Realizzato da:

ARPAV

Dipartimento Provinciale di Padova (Direttore C. Baldan):

- *Unità Funzionale Aria*: C. Gabrieli, D. Tosato, A. Uguaglianza, F. Schiavon, A. Renier
- *Servizio Sistemi Ambientali*: F. Bergoglio, M. Bressan
- *Servizio Territoriale*: A. Pagano, E. Cosma, P. Giacomin

con la collaborazione di:

COMUNE DI PIOVE DI SACCO

Area V Tecnica (Responsabile G. Doardo): S. Pasolini, A. Tessaro, G. Bazzetto

A cura di: **Claudio Gabrieli e Massimo Bressan**

Indice

1. Introduzione 2
1.1 Obiettivi dello studio 2
1.2 Il quadro di riferimento normativo 3
1.3 I principali inquinanti dell'aria 5
1.3.1 Ossidi di zolfo (SO_x) 5
1.3.2 Ossidi di azoto (NO_x) 6
1.3.3 Monossido di carbonio (CO) 6
1.3.4 Ozono (O_3) 6
1.3.5 Particolato sospeso totale (PST) 7
1.3.6 Idrocarburi (HC e NMHC) 8
Benzene (C_6H_6) 8
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) 8
1.3.7 Metalli Pesanti 9
1.4 Materiali e metodi 12
1.4.1 Il mezzo mobile 12
1.4.2 Campionatori passivi 14
2. Stato della qualità dell'aria nel Comune di Piove di Sacco 16
2.1 Campagna di monitoraggio con mezzo mobile e stazione fissa 16
2.1.1 Inquinanti convenzionali 16
Ozono 17
2.1.2 Inquinanti non convenzionali 18
2.2 Campagna di monitoraggio con campionatori passivi 19
3. Discussione dei risultati e conclusioni 21
4. Bibliografia 24

Appendice I. Cartografia tematica 25

Appendice II. Tabelle riassuntive dei risultati delle analisi 26

1. Introduzione

Il monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Piove di Sacco è stato effettuato dall'ARPAV su incarico della stessa Amministrazione Comunale al fine di poter valutare l'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico veicolare nel capoluogo e nelle zone limitrofe, laddove si concentra la maggior parte della popolazione.

A tale scopo sono state condotte due campagne di monitoraggio con un mezzo mobile , di cui una in estate in particolare per misurare l'ozono e l'altra in inverno, per misurare gli altri inquinanti convenzionali (polveri, ossidi di azoto, anidride solforosa, monossido di carbonio). Inoltre sono state effettuate due campagne, una estiva e una invernale per un totale di 10 settimane, per il monitoraggio del benzene con campionatori passivi in 11 punti del territorio comunale.

Durante la campagna di monitoraggio invernale con il mezzo mobile sono state misurate anche le concentrazioni del benzene (con campionatori passivi), delle particelle fini PM_{10} e talvolta del loro contenuto in benzo(a)pirene. I risultati del monitoraggio con i campionatori passivi, con il mezzo mobile e con la stazione fissa dell'ARPAV ubicata in Piazza Castello, sono stati riassunti in tabelle per una visione immediata dell'andamento dei vari inquinanti.

1.1 Obiettivi dello studio

L'obiettivo primario dell'indagine è stato di valutare la qualità dell'aria nelle aree maggiormente esposte all'inquinamento prodotto dal traffico veicolare, attraverso misure puntuali dei principali inquinanti atmosferici. D'altronde in mancanza di informazioni precise sui volumi di traffico lungo i principali archi stradali e sul tipo di parco veicolare circolante, non è possibile stimare i fattori di emissione per le singole tipologie di veicoli, né i flussi medi di massa dei singoli inquinanti.

Per avere un quadro completo della qualità dell'aria del territorio rispetto a quanto già evidenziabile con la stazione fissa di Piazza Castello o con i mezzi mobili usati nel passato, è stata utilizzata la tecnica del monitoraggio del benzene con campionatori passivi, un idrocarburo aromatico tipico costituente delle benzine, che quindi può essere assunto come indice di inquinamento di una più vasta serie di composti emessi dai veicoli.

In base ai risultati ottenuti con questo sistema poi è stata effettuata una campagna di monitoraggio invernale della qualità dell'aria con un mezzo mobile nel tratto stradale risultato più critico, sia perché interessato dal passaggio di un elevato numero di veicoli leggeri e pesanti, sia perché circondato da numerose abitazioni.

L'ozono, che si forma quasi esclusivamente da reazioni chimico-fisiche secondarie che coinvolgono altri inquinanti primari e con la determinante azione dell'irraggiamento solare, è stato misurato in un'area periferica o suburbana idonea per la misura degli inquinanti fotochimici. Infatti l'attuale stazione fissa dell'ARPAV non si trova in una posizione ottimale per la misura dell'ozono, per cui i dati forniti non sono rigorosamente utilizzabili ai fini della definizione degli stati di attenzione e di allarme.

In definitiva, l'indagine si è proposta di fornire alla Pubblica Amministrazione un quadro più completo sullo stato della qualità dell'aria di quella parte del territorio comunale che risente maggiormente dell'inquinamento prodotto dalle emissioni dei veicoli, al fine di stabilire se sono necessari o meno degli interventi per la salvaguardia della salute della popolazione residente e dell'ambiente.

1.2 Il quadro di riferimento normativo

Viene qui proposta una breve rassegna sulla legislazione vigente in tema di qualità dell'aria con particolare attenzione ai parametri utilizzati per la valutazione dello stato dell'ambiente atmosferico in ambito urbano.

L'attuale normativa prescrive il monitoraggio degli inquinanti di tipo *convenzionale* (SO_2, NO_2, CO, O_3, PTS, NMHC) e di quelli *non convenzionali* (microinquinanti quali PM_{10}, IPA e benzene): quest'ultimi hanno assunto sempre maggiore importanza dal punto di vista sanitario-ambientale e rappresentano attualmente i limiti che sono più attentamente considerati per una valutazione complessiva e immediata dello stato della qualità dell'aria in ambito urbano.

I parametri di valutazione della qualità dell'aria vengono distinti, e quindi valutati, sulla base di differenti tempi di esposizione: acuto (a breve termine) e cronico (a lungo termine). Questa impostazione tiene conto del tempo di esposizione quale variabile determinante per valutare il tipo e l'entità degli effetti indotti dall'inquinamento atmosferico. Il livello di esposizione è dato dal contatto a determinate concentrazioni per un definito periodo di tempo tra il recettore e uno specifico inquinante. Sebbene l'esposizione della popolazione sia misurata solo in parte dalle concentrazioni degli inquinanti rilevate *in situ* dalle stazioni di monitoraggio, sia a causa della diversa mobilità che dei diversi profili di attività dei settori della popolazione, la valutazione dei parametri chimici secondo due differenti scenari temporali fornisce comunque indicazioni utili per predisporre eventuali azioni di prevenzione sanitaria e protezione ambientale.

C'è da rilevare che dal 28 aprile 2002 è entrato in vigore il Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 60 del 02/04/2002 di recepimento delle direttive europee concernente i nuovi limiti di qualità dell'aria per il biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, particelle, piombo, benzene, monossido di carbonio. La normativa impone nuovi limiti alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici da rispettare secondo precise scadenze temporali. Poiché si tratta di limiti la cui applicazione integrale dal punto di vista operativo partirà dai prossimi mesi si è ritenuto, in questa fase di transizione, di riferirsi ancora ai "vecchi vincoli" per altro in parte conservati dalla nuova normativa.

La Tabella 1.1 riporta sinteticamente i diversi "vincoli" vigenti al momento della campagna di monitoraggio effettuata nel Comune di Piove di Sacco, in termini di prevenzione della qualità dell'aria *a breve termine* (scenario acuto con periodo di osservazione da 1 ora fino ad 1 mese). Per ogni inquinante sono previste varie concentrazioni di riferimento da valutare secondo statistiche con tempi di mediazione e periodi di osservazione differenti. I parametri di valutazione a breve termine sotto elencati costituiscono i principali riferimenti normativi utilizzati per la valutazione della qualità dell'aria monitorata attraverso il posizionamento del mezzo mobile durante le campagne di misura i cui risultati sono presentati nel paragrafo 2.1. In Tabella 1.2 sono invece elencati i parametri di qualità dell'aria per la valutazione dello scenario *a lungo termine* o *cronico* (con periodo di osservazione di 1 anno). Anche in questo caso per uno stesso inquinante sono previsti differenti "vincoli" che tengono conto di statistiche con tempi di mediazione differenti.

E' bene inoltre precisare che tali limiti sarebbero pensati appositamente per stazioni di tipo fisso e quindi nel caso dei parametri *a breve termine* si intendono applicati per una valutazione di massima dello stato della qualità dell'aria. Come evidente da Tabella 1.2 per il benzene è prevista una valutazione *a lungo termine* cioè con un periodo di osservazione di un anno. Il monitoraggio nel Comune di Piove di Sacco, anche se effettuato per un periodo inferiore, risponde però ai criteri minimi temporali e di rappresentatività spaziale indicati dalle linee guida europee (JRC/EEA/EC, 1998) e quindi garantisce comunque il confronto con l'obiettivo di qualità previsto dalla normativa (paragrafo 2.2).

	Ex lege	Parametro di riferimento	Conc. $\mu g/m^3$	Statistica	Tempo di mediazione	Periodo di osservazione
SO_2	DPR 203/88	valore guida	100-150	Media	24 h	Giorno
	DM 25/11/94	liv. attenzione	125	Media	24 h	Giorno
	DM 25/11/94	liv. allarme	250	Media	24 h	Giorno
PTS	DM 25/11/94	liv. attenzione	150	Media	24 h	Giorno
	DM 25/11/94	liv. allarme	300	Media	24 h	Giorno
CO	DPCM 28/3/83	valore limite	40000	Media	1 h	Ora
	DPCM 28/3/83	valore limite	10000	Media	8 h	8 ore
	DM 25/11/94	liv. attenzione	15000	Media	1 h	Giorno
	DM 25/11/94	liv. allarme	30000	Media	1 h	Giorno
NO_2	DM 25/11/94	liv. attenzione	200	Media	1 h	Giorno
	DM 25/11/94	liv. allarme	400	Media	1 h	Giorno
O_3	DPCM 28/3/83	valore limite	200	Media	1 h	Mese (1)
	DM 16/5/96	liv. protezione vegetazione	200	Media	1 h	Ora
	DM 16/05/96	liv. protezione vegetazione	65	Media	24 h	Giorno
	DM 16/5/96	liv. protezione salute umana	110	Media mobile	8 h	Giorno (2)
	DM 16/5/96	liv. attenzione	180	Media	1 h	Giorno
	DM 16/5/96	liv. allarme	360	Media	1 h	Giorno
NMHC	DPCM 28/3/83	valore limite	200	Media	3 h	Giorno (3)

Note

(1) valore limite da non superare più di una volta al mese

(2) calcolato per almeno 4 volte al giorno nei seguenti intervalli orari: 0-8, 8-16, 16-24, 12-20

(3) calcolato giornalmente dalle ore 06.00 alle ore 09.00; da adottarsi solo nelle zone e nei periodi dell'anno nei quali si sono verificati superamenti del valore limite per O_3 (200 $\mu g/m^3$)

Tabella 1–1 Parametri legislativi di riferimento per il monitoraggio degli inquinanti atmosferici a breve termine (scenario acuto con periodo di osservazione da 1 ora fino ad un mese).

	Ex lege	Parametro di riferimento	Conc. $\mu g/m^3$	Statistica	Tempo di mediazione	Periodo di osservazione
SO_2	DPR 203/88	valore limite	80	Mediana	24 h	Anno
	DPR 203/88	valore limite	250	98° %le	24 h	Anno (1)
	DPR 203/88	valore guida	40-60	Media	24 h	Anno
NO_2	DPR 203/88	valore limite	200	98° %le	1 h	Anno
	DPR 203/88	valore guida	50	Mediana	1 h	Anno
	DPR 203/88	valore guida	135	98° %le	1 h	Anno
PTS	DPCM 28/3/83	valore limite	150	Media	24 h	Anno
	DPCM 28/3/83	valore limite	300	95° %le	24 h	Anno
PM_{10}	DM 25/11/94	obiettivo di qualità	40	Media mobile	24 h	Anno (2)
C_6H_6	DM 25/11/94	obiettivo di qualità	10	Media mobile	24 h	Anno (2)
IPA	DM 25/11/94	obiettivo di qualità	0.001	Media mobile	24 h	Anno (2)

Note

(1) Ai sensi del DPR 203/83 si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento per più di 3 giorni consecutivi.

(2) obiettivo di qualità da raggiungere e rispettare a partire dal 01/01/99; valore medio di riferimento calcolato per almeno 15 giorni ogni mese.

Tabella 1–2 Parametri legislativi di riferimento per il monitoraggio degli inquinanti atmosferici a lungo termine (scenario cronico con periodo di osservazione di 1 anno).

1.3 I principali inquinanti dell'aria

In questo paragrafo si propone per ciascuna tipologia di inquinante una breve rassegna sulle principali fonti di origine antropica e i possibili effetti sulla salute della popolazione esposta.

In Tabella 1.3 vengono inoltre riassunti i livelli medi di riferimento dei principali inquinanti atmosferici misurati da numerosi studi e riportati nelle diverse sezioni delle linee guida sulla qualità dell'aria prodotte dall'OMS (WHO, 1999; http://www.who.int; http://www.who.nl).

Si tratta di una raccolta eterogenea di dati provenienti da paesi e situazioni molteplici, monitorati in tempi e con metodiche diverse e quindi aggregati e confrontati nella tabella seguente con un certo grado di arbitrarietà. Lo scopo principale è di fornire, in mancanza di dati più precisi e attendibili, un quadro sintetico della situazione di massima che è presumibile attendersi in differenti contesti ambientali (livelli naturali, livelli medi in aree rurali, di fondo e urbane di differenti realtà socio-economiche).

Le linee guida elencate nella Tabella 1.4 rappresentano invece le indicazioni di profilassi sanitaria-ambientale stilate dall'OMS per i livelli medi di esposizione (breve, medio e lungo termine) al di sotto dei quali non sono riscontrabili effetti significativi sulla popolazione. Si tratta di limiti di esposizione definiti in condizioni standard sulla base di ricerche epidemiologiche e che quindi come tali non sono direttamente confrontabili con i valori ambientali medi registrati dal sistema di monitoraggio in un determinato contesto ambientale.

Il superamento nel breve periodo dei limiti indicati nelle linee guida OMS non implica che gli effetti negativi ad essi associati vengano necessariamente riscontrati ma determina solo un incremento del rischio relativo. Si ricorda inoltre che le linee guida non sono limiti *per se* ma rappresentano *standard* a cui gli stati fanno riferimento tenendo conto anche di fattori addizionali quali il livello prevalente di esposizione, i livelli naturali di fondo, le condizioni ambientali medie e gli aspetti socio-economici.

1.3.1 Ossidi di zolfo (SO_x)

Sono costituiti essenzialmente da biossido di zolfo (SO_2) e in minima parte da anidride solforica (SO_3); rappresentano i tipici inquinanti delle aree urbane e industriali dove l'elevata densità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche di debole ricambio delle masse d'aria. Le situazioni più serie sono spesso verificate nei periodi invernali ove alle normali fonti di combustione si aggiunge il contributo del riscaldamento domestico. E' comunque da notare che in seguito alla diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento domestici il loro contributo inquinante nel corso degli anni è notevolmente diminuito.

Il biossido di zolfo è un gas che alle tipiche concentrazioni ambientali risulta incolore e inodore. Le emissioni di origine antropica sono dovute prevalentemente all'utilizzo di combustibili solidi e liquidi e correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (gli oli). A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO_2 viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone). L'SO_2 reagisce facilmente con tutte le principali classi di biomolecole: *in vitro* sono state dimostrate interazioni con gli acidi nucleici, le proteine, i lipidi e varie altre componenti biologiche. Fra gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti livelli di SO_2 sono compresi: un aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito l'inturgidimento delle mucose delle vie aeree, l'aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine ricordiamo le alterazioni della funzionalità polmonare e l'aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. E' stato accertato un effetto irritativo sinergico in seguito all'esposizione combinata con il particolato, probabilmente dovuto alla capacità di quest'ultimo di

veicolare l'SO_2 nelle zone respiratorie profonde del polmone.

1.3.2 Ossidi di azoto (NO_x)

Comprendono l'ossido (NO) e il biossido di azoto (NO_2). L'ossido di azoto è un gas inodore e incolore che costituisce il componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato a NO_2. Il biossido di azoto ha un colore rosso-bruno ed è caratterizzato ad alte concentrazioni da un odore pungente e soffocante. Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, comprendono principalmente gli autoveicoli, le centrali termoelettriche e il riscaldamento domestico.

L'NO_2 è circa 4 volte più tossico dell'NO. I meccanismi biochimici mediante i quali l'NO_2 induce i suoi effetti tossici non sono del tutto chiari anche se è noto che provoca gravi danni alle membrane cellulari a seguito dell'ossidazione di proteine e lipidi. Gli effetti acuti comprendono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare, edema polmonare. Gli effetti a lungo termine includono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari a livello cellulare e tissutale, aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. Il gruppo a maggior rischio è costituito dagli asmatici e dai bambini.

1.3.3 Monossido di carbonio (CO)

Gas incolore e inodore, viene prodotto dalla combustione incompleta delle sostanze contenenti carbonio. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, soprattutto a benzina, dal trattamento e smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e raffinerie di petrolio, dalle fonderie.

Il CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina. La carbossiemoglobina così formatasi è circa 250 volte più stabile dell'ossiemoglobina e quindi riduce notevolmente la capacità del sangue di portare ossigeno ai tessuti. Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Comprendono i seguenti sintomi: diminuzione della capacità di concentrazione, turbe della memoria, alterazione del comportamento, confusione mentale, alterazione della pressione sanguigna, accelerazione del battito cardiaco, vasodilatazione e vasopermeabilità con conseguenti emorragie, effetti perinatali. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza.

1.3.4 Ozono (O_3)

L'O_3, un gas bluastro dall'odore leggermente pungente che non viene emesso come tale dalle attività umane. Infatti la maggior parte dell'ozono presente nella troposfera proviene da processi fotochimici nei quali sono coinvolti altri inquinanti precursori, principalmente idrocarburi ed ossidi di azoto. Una intensa radiazione solare ed una elevata temperatura innescano reazioni fotochimiche sui composti organici volatili e in presenza di ossidi di azoto si ha la formazione di ozono e di altri composti ossidati e fotossidanti (nitrati organici, idrocarburi ossidati ed aerosoli). Le concentrazioni ambientali di O_3 tendono pertanto ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno. Nell'arco della giornata, i livelli di ozono sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare.

A livello cellulare l'O_3 agisce ossidando i gruppi sulfidrilici presenti in enzimi, coenzimi, proteine e acidi grassi insaturi interferendo così con alcuni processi metabolici fondamentali e provocando il danneggiamento delle membrane degli organelli cellulari. Il bersaglio principale dell'O_3 è l'apparato

respiratorio dove i danni principali sono a carico dei macrofagi e delle pareti delle piccole arterie polmonari. Gli effetti acuti comprendono secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi, mal di testa. Le conseguenze a seguito di esposizioni a lungo termine (croniche) sono: fibrosi, effetti teratogeni, effetti sulla paratiroide e sul sistema riproduttivo. Il ruolo dell'O_3 nell'eziologia dei tumori polmonari non è stato ancora completamente chiarito.

1.3.5 Particolato sospeso totale (PST)

Viene così identificato l'insieme di tutte le particelle solide o liquide che restano in sospensione nell'aria. Il particolato sospeso totale rappresenta un insieme estremamente eterogeneo di sostanze la cui origine può essere primaria (emesse come tali) o derivata (da una serie di reazioni fisiche e chimiche). Una caratterizzazione esauriente del particolato sospeso si basa oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Le particellle di dimensioni maggiori (diametro >10 µm) hanno un tempo medio di vita nell'atmosfera che varia da pochi minuti ad alcune ore e la possibilità di essere aerotrasportate per una distanza massima di 1-10 Km. Le particelle di dimensioni inferiori hanno invece un tempo medio di vita da pochi giorni fino a diverse settimane e possono venire veicolate dalle correnti atmosferiche per distanze fino a centinaia di Km. La principale conseguenza ambientale per una data regione geografica è che la concentrazione di particelle grossolane è meno uniforme di quelle più fini. La dimensione media delle particelle determina inoltre il grado di penetrazione nell'apparato respiratorio e la conseguente pericolosità per la salute umana. Il monitoraggio ambientale del particolato con diametro inferiore a 10 µm (PM_{10}) può essere considerato un indice della concentrazione di particelle in grado di penetrare nel torace (frazione inalabile). La determinazione delle particelle con diametro inferiore a 2,5 µm, frazione respirabile ($PM_{2,5}$), è inoltre un indice della concentrazione di una serie molto eterogenea di composti chimici primari o derivati in grado di raggiungere la parte più profonda del polmone. Tra i composti primari, cioè emessi come tali, vi sono le particelle carboniose derivate dalla combustione di legname e dai fumi dei motori diesel; nella seconda categoria, cioè tra i composti prodotti da reazioni secondarie, rientrano le particelle carboniose originate durante la sequenza fotochimica che porta alla formazione di ozono, di particelle di solfati e nitrati derivanti dall'ossidazione di SO_2 e NO_2 rilasciati in vari processi di combustione.

Le fonti antropiche di particolato sono essenzialmente le attività industriali e il traffico veicolare. Gli inquinanti originati dal traffico veicolare contribuiscono in modo sostanziale alla produzione di particolato, specialmente per quanto riguarda la frazione fine PM_{10}. Nella maggior parte delle città si registra un incremento percentuale significativo della frazione PM_{10}, anche in presenza di una diminuzione della quantità totale di particolato. Nelle città in cui sono monitorate entrambe le frazioni di particolato (PST e PM_{10}), e in alcuni casi studio specifici, è stato registrato un rapporto percentuale del PM_{10} sul particolato totale variabile dal 40 all'80%. La concentrazione media della frazione respirabile $PM_{2.5}$ risulta essere generalmente pari al 45-60% della frazione inalabile PM_{10}.

Le dimensioni delle particelle determinano il grado di penetrazione all'interno dell'apparato respiratorio. Le particelle che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione; quelle che si depositano nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi e bronchioli) possono causare costrizione e riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio, aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema) ed eventualmente neoplasie.

Il particolato assorbe inquinanti gassosi presenti nell'aria (ad esempio SO_2 e IPA), per cui può indurre effetti sistemici su specifici organi bersaglio a seguito del rilascio nei fluidi biologici degli inquinanti da

esso veicolati. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. E' stato accertato un effetto sinergico in seguito all'esposizione combinata di particelle sospese e SO_2. Studi più recenti hanno dimostrato che effetti sanitari significativi sono registrabili anche per limitate esposizioni al particolato (<100 $\mu g/m^3$ per un breve periodo). Visto lo stato attuale delle conoscenze l'OMS non ha ritenuto di specificare linee guida univoche a cui attenersi per una efficace prevenzione sanitaria.

1.3.6 Idrocarburi (HC e NMHC)

E' un complesso insieme di composti organici che si trovano nell'aria in fase gassosa e/o particolata. Le fonti antropiche sono costituite soprattutto dagli autoveicoli, dagli impianti termici, dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori di rifiuti. In genere si usa distinguere tra metano (CH_4) e gli altri composti organici, genericamente definiti come idrocarburi non metanici (NMHC). All'interno della grande ed eterogenea classe degli idrocarburi non metanici sono compresi anche gli inquinanti non convenzionali quali il benzene e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Benzene (C_6H_6)

E' un liquido incolore e dotato di un odore caratteristico. Il benzene è un idrocarburo aromatico tipico costituente delle benzine e quindi gli autoveicoli rappresentano la principale fonte di emissione. In particolare, circa l'85% viene immesso nell'aria con i gas di scarico e il rimanente 15% per evaporazione del combustibile e durante le operazioni di rifornimento.

L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione del benzene sul sistema nervoso centrale. A concentrazioni moderate i sintomi sono stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace. A livelli più elevati si registrano eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni muscolari e infine a morte. Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionati interferenze sul processo emopoietico (con riduzione progressiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da *International Agency for Research on Cancer (IARC)* nel gruppo 1 cioè tra quelle sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Sono costituiti da due o più anelli aromatici condensati e derivano dalla combustione incompleta di numerose sostanze organiche. La fonte più importante di origine antropica è rappresentata dalle emissioni veicolari seguita dagli impianti termici, dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori.

Gli idrocarburi policiclici aromatici sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. Presenti nell'aerosol urbano sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico minore di 2 micron e quindi in grado di raggiungere facilmente la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e quindi i tessuti. Oltre ad essere degli irritanti di naso, gola ed occhi sono riconosciuti per le proprietà mutagene e cancerogene. E' accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA a carico delle cellule del polmone, e tra questi anche del benzo(a)pirene (BaP) (gli IPA sono stati inseriti nel gruppo 1 della classificazione *IARC*). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra BaP e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di BaP viene spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali.

1.3.7 Metalli Pesanti

Alla categoria dei metalli pesanti appartengono circa 70 elementi (con densità > 5 g/cm^3), anche se quelli rilevanti da un punto di vista ambientale sono solo una ventina. Tra i più importanti ricordiamo: Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Mo, Ni, Sn, Zn.

Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli sono principalmente l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato; le dimensioni delle particelle a cui sono associati e la loro composizione chimica dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione. Le concentrazioni in aria di alcuni metalli nelle aree urbane e industriali può raggiungere valori 10-100 volte superiori a quelli delle aree rurali.

La principale fonte di inquinamento atmosferico da piombo fino a poco tempo fa era costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina super (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Le altre fonti antropiche derivano dalla combustione del carbone e dell'olio combustibile, dai processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono *Pb*, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti. I livelli medi di piombo nell'aria variano nelle diverse parti del mondo in funzione del grado di industrializzazione, urbanizzazione e degli stili di vita prevalenti. Il *Pb* assorbito attraverso l'epitelio polmonare entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nei reni, nei muscoli e nel cervello. L'intossicazione acuta è rara e si verifica solo in seguito all'ingestione o all'inalazione di notevoli quantità di *Pb*. La tossicità del *Pb* può essere spiegata in parte dal fatto che, legandosi ai gruppi sulfidrilici delle proteine o sostituendo ioni metallici essenziali, interferisce con diversi sistemi enzimatici. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario). I gruppi maggiormente a rischio sono costituiti dai bambini e dalle donne in gravidanza . Il livello di piombo nel sangue è l'indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali a questo inquinante e le linee guida dell'OMS indicano un valore critico pari ad una concentrazione di 100 µg/l. Alcuni studi condotti su bambini indicano che una ricaduta al suolo giornaliera *(fallout)* superiore a 250 µg/m^2 è responsabile di un significativo incremento di piombo nel sangue.

	SO_2 mg/m^3	NO_2 mg/m^3	CO mg/m^3	PTS mg/m^3	PM_{10} mg/m^3	$PM_{2.5}$ mg/m^3	O_3 mg/m^3	C_6H_6 mg/m^3	IPA ng/m^3	Pb mg/m^3
Livelli naturali		0.4-9.4	0.06-0.14				40-70		~ 0	$6 *10^{-4}$
Aree isolate o di fondo										
- media 24 h								0.51		
- media anno	< 5								< 1 (2)	
Aree rurali										
- max 1 h							200-520			
- media 7 h							40-100			
- media 24 h								1.5		
- media anno	5-25				(1)	(1)		1-5		
Aree urbane città europee										
- max 1 h			< 60				300-400			
- media 8 h			< 20							
- media 24 h	< 500			200-400			< 120	1-10		
- media anno	< 100			50-150	20-98				3-6 (2)	
Aree urbane paesi industrializzati										
- media 1 h		940					60-100			0.17-0.18 (3)
- max 1 h		75-1000					< 400			
- media 24 h		400					< 120	2.8-40		
- media anno	< 100	20-90			18-47	11-30			1-6 (2)	
Aree urbane paesi via di sviluppo										
- media 24 h	< 125									
- media anno	20-40	> 200		> 300	> 100					

Note

(1) a causa della notevole capacità di dispersione delle polveri fini i valori medi registrati nelle aree rurali sono spesso comparabili con i valori minimi delle adiacenti aree urbane (fino a 100 Km di distanza);

(2) la maggior parte delle misurazioni si riferiscono al benzo(a)pirene (BaP) assunto come indicatore del profilo IPA;

(3) si tratta di “misurazioni spot” in differenti città europee e statunitensi e non riferibili con precisione ad un tempo di mediazione di 1 ora;

Tabella 1–3 Livelli ambientali dei principali inquinanti dell’aria registrati in differenti località e condizioni medie (WHO, 1999).

	SO_2 mg/m^3	NO_2 mg/m^3	CO mg/m^3	PTS mg/m^3	PM_{10} mg/m^3	$PM_{2.5}$ mg/m^3	O_3 mg/m^3	C_6H_6 mg/m^3	IPA ng/m^3	Pb mg/m^3
Linee guida OMS										
- media 10 min	500									
- media 15 min			100							
- media 30 min			60							
- media 1 h		200	30				150-200 (3)			
- media 8 h			10				120			
- media 24 h	125									
- media anno	50	40								0.5 (5)
- altro				(1)	(1) (2)	(2)		(4)	(4)	

Note

(1) non esistono indicazioni precise sul tempo minimo di esposizione per evitare significativi effetti sulla salute;

(2) il valore di $PM_{2,5}$ (polveri inalabili) è considerato il miglior indicatore per prevenire eventuali rischi sanitari: non sono state fornite precise linee guida a breve o a lungo termine ma è raccomandata la minor esposizione possibile con elevata presenza di SO_2 e metalli pesanti aerodispersi;

(3) raccomandato nell'edizione del 1987; le più recenti ricerche considerano questa linea guida superflua perché il livello di protezione per la media di 8 h è preventivo anche nei confronti di eventuali esposizioni a breve termine (e quindi comprensivo anche della media di 1 h);

(4) non applicabile: benzene e benzo(a)pirene (BaP) sono stati inseriti da *IARC* (*International Agency for Research on Cancer*) nel gruppo 1 cioè tra le sostanze ad accertato potere cancerogeno per cui non è possibile definire linee guida per i livelli minimi accettabili di esposizione.

(5) il livello di Pb nel sangue è l'indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali; le linee guida indicano un valore critico di concentrazione nel sangue pari a 100 μg/l e quindi su questa base è stata proposta la stima della concentrazione media annuale in aria.

Tabella 1–4 Linee guida di esposizione previste dall'OMS per escludere significativi effetti sulla salute umana (WHO, 1999).

1.4 Materiali e metodi

In Tabella 1–5 sono indicati per ciascun parametro chimico il metodo di campionamento e il principio analitico degli strumenti utilizzati per il monitoraggio ambientale presso il Comune Piove di Sacco.

Parametri chimici	Metodo di campionamento	Principio analitico
SO_2	Automatico	Fluorescenza pulsante
PTS	Automatico	Assorbimento raggi beta
NO_x (NO_2, NO)	Automatico	Chemiluminescenza
CO	Automatico	Spettrofotometro IR
O_3	Automatico	Spettrofotometro UV
HC (CH_4, NMHC)	Automatico	Ionizzazione di fiamma
Benzene	Manuale	Adsorbimento su carbone attivo, desorbimento chimico, GC
PM_{10}	Manuale	Assorbimento polveri su filtro e pesata
IPA	Manuale	Estrazione chimica delle polveri su filtro in fibra di vetro, HPLC

Tabella 1–5 Metodo di campionamento e principio analitico dei parametri chimici monitorati durante la campagna di indagine a Piove di Sacco.

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata effettuata con l'utilizzo del mezzo mobile, della stazione fissa e dei campionatori passivi (tipo Radiello®). In Tavola 1 è indicato il posizionamento del mezzo mobile e della stazione fissa nel territorio del Comune di Piove di Sacco mentre nella Tavola 2 sono segnati i punti di monitoraggio del benzene con i campionatori passivi. Nei paragrafi seguenti verranno indicate in dettaglio le specifiche tecniche relative a questi mezzi di indagine.

1.4.1 Il mezzo mobile

L'ARPAV dispone di mezzi mobili per il monitoraggio della qualità dell'aria dotati di sensori per il rilievo delle concentrazioni ambientali di: SO_2, NO, NO_2, CO, O_3, PST, CH_4, NMHC. Nel corso del periodo di indagine tali mezzi sono stati posizionati nell'area urbana del Comune di Piove di Sacco secondo il seguente calendario:

- Via San Rocco: dal 17/08/01 al 19/09/01 per il monitoraggio dell'ozono e degli altri inquinanti convenzionali (SO_2, NO_2, PTS; CO);
- Via Paolo VI (angolo Via Valeri): dal 19/12/01 al 03/03/02 per il monitoraggio di inquinanti convenzionali e non convenzionali (PM_{10}, IPA, benzene).

Per stabilire il corretto (ottimale) posizionamento dei mezzi mobili sono state applicate le linee guida disponibili in letteratura per le stazioni di tipo fisso. Il mezzo mobile viene quindi "assimilato" ad una stazione di tipo fisso e quindi nel caso di Piove di Sacco ad una stazione di background sub-urbana (per il monitoraggio dell'ozono dal 18 agosto al 19 settembre) e di traffico urbano (per il monitoraggio degli inquinanti convenzionali e non convenzionali dal 19/12/01 al 04/03/02).

I criteri e/o linee guida disponibili in letteratura per il corretto monitoraggio dell'ozono sono molto limitati e abbastanza generici (e quindi di scarsa operatività). Si possono ricondurre essenzialmente alle indicazioni che prescrivono il posizionamento (ISTISAN 83/48; 87/5I; 89/10; DM 16/05/96):

- in zona sub-urbana a carattere prevalentemente residenziale, sottovento rispetto alla direzione

prevalente del vento rispetto alla città, tenendo conto della distribuzione degli inquinanti precursori, della radiazione solare e della velocità del vento;

- dove è più alta la concentrazione di persone particolarmente sensibili·e/o sono presenti ecosistemi vegetali oggetto di protezione.

Nel caso invece degli inquinanti di tipo primario (originati da traffico veicolare) le indicazioni sono molto più dettagliate e si riferiscono alla nuova legislazione europea. Il Dipartimento di Padova ha adottato quale "standard di qualità interno" i criteri elencati nella Tabella 1.6 che sono stati ricavati dalla letteratura tecnica disponibile in materia e dalla legislazione vigente. Come già accennato si tratta di criteri e linee guida definiti per stazioni di tipo fisso e quindi come tali non applicabili integralmente al posizionamento del mezzo mobile. Come evidente queste specifiche tecniche non garantiscono di per sé la qualità dei dati raccolti ma assicurano criteri minimi di uniformità e confrontabilità; c'è inoltre da rilevare che tali indicazioni devono essere sempre valutate in funzione del contesto operativo e quindi vagliate a seconda delle esigenze logistiche e/o organizzative che emergono dal riscontro "in campo".

Fonte bibliografica	***Caso tipo***	***Criteri e/o linee guida su posizionamento, punti di prelievo e rappresentatività dati***
ISTISAN 83/48 ISTISAN 87/5 ISTISAN 89/10	Siti esposti al traffico *(CO, Pb, PST)*	***Posizionamento*** • minimo 2 m da ostacoli o superfici assorbenti (edifici, vegetazione, etc.) • rapporto DO/HO < 1,5 (DO = distanza punto prelievo dall'ostacolo, HO = altezza ostacolo) • > 10 m da eventuali semafori e stop • 2 - 6 m dal ciglio stradale
		Punti prelievo • 2 - 4 m di altezza dal suolo • 2 metri dalla più vicina superficie verticale o orizzontale
DIR 99/30/CE 22/04/99, All. VI *(SO_2, NO_2, NO_x, PST, Pb)*	Siti esposti al traffico *(protezione salute umana)*	***Posizionamento su macroscala*** • zona circostante non inferiore a 200 m^2
		Posizionamento su microscala • almeno 25 m di distanza dal bordo dei grandi incroci • almeno 4 dal centro della corsia
		Punti prelievo • almeno 0.5 m dall'edificio più vicino • ad una altezza tra 1,5 e 4 m sopra il livello del suolo (max fino a 8 m)
	Siti di background *(protezione salute umana)*	***Posizionamento su macroscala*** • zona circostante di vari Km^2
	Siti di background *(protezione ecosistemi e vegetazione)*	***Posizionamento su macroscala*** • più di 20 Km dagli agglomerati o più di 5 Km da aree edificate, impianti industriali, autostrade
DIR 00/69/CE 16/11/00, All. IV *(C_6H_6 e CO)*	Siti esposti al traffico *(protezione salute umana)*	***Posizionamento su macro- e microscala*** • *ibidem*
		Punti prelievo • per misura CO: non più di 5 m dal bordo stradale • per misura C_6H_6: vicino alla quota di allineamento
Criteria for EUROAIRNET	Siti di background *(zona urbana)*	***Posizionamento*** • area rappresentativa di un raggio di 1-1,5 Km^2 • almeno 50 m dalle arterie di traffico (non più di 2500 veicoli/die nel raggio di 50 m) • almeno 50 m da fonti di riscaldamento domestico (carbone, legno e altri carburanti) • supporto modellistico e valutazione esperto (expertise) per distanza minima da fonti industriali
	Siti esposti al traffico	***Posizionamento*** • almeno 25 m dagli incroci
		Rappresentatività • non definibile a priori; • definita indicativamente come lunghezza della strada: 100 m centro città; 1000 m aree sub-urbane

Tabella 1–6 Criteri e linee guida adottati per il posizionamento del mezzo mobile.

1.4.2 Campionatori passivi

Questa metodica di campionamento è definita di tipo passivo perché il prelievo dell'inquinante avviene per diffusione molecolare e non per aspirazione come nei normali sistemi di monitoraggio. Il campionatore passivo, denominato Radiello, è costituito da un corpo diffusivo a simmetria radiale di policarbonato e polietilene microporoso e da un materiale adsorbente posto al suo interno, specifico per ciascun inquinante. I campionatori, posizionati al riparo dalle precipitazioni atmosferiche, sono fissati mediante appositi sostegni ad una altezza di circa 2,5 m dal suolo e lasciati *in situ* per un periodo di tempo variabile. Le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera diffondono passivamente attraverso il campionatore e vengono trattenute dal materiale adsorbente (carbone attivo nel caso del benzene). La quantificazione analitica degli inquinanti viene successivamente effettuata in laboratorio. I campionatori passivi sono stati usati a partire dal 1998 per il monitoraggio delle concentrazioni di benzene nell'area urbana del Comune di Padova (Fondazione Salvatore Maugeri, 1999; ARPAV, 2000; 2001) e quindi rappresentano un metodo di indagine ampiamente testato e validato. A tale proposito è utile ricordare nuovamente che l'utilizzo dei campionatori passivi è previsto sia dalla normativa italiana che dalla Direttiva Quadro 96/62/CE. La produzione di dati attendibili richiede però una particolare cura nella scelta dei punti di monitoraggio e nel conseguente posizionamento dei campionatori, secondo le indicazioni del rapporto della Commissione Europea "*Guidance Report on Preliminary Assessment under EC Air Quality Directives*" (JRC/EEA/EC DGXI, 1998).

Nel corso del 2001 nell'area urbana del Comune di Piove di Sacco sono state effettuate due campagne di monitoraggio del benzene con l'utilizzo di campionatori passivi della durata di 5 settimane ciascuna per un totale di 10 settimane (pari al 20% di copertura dell'anno solare), come prescritto da "*Guidance report on preliminary assessment under EC Air Quality Directives*" (JRC/EEA/EC DGXI, 1998).

In Tabella 1.7 sono indicati il periodo di campionamento, la durata complessiva di esposizione e il numero di campioni prelevati nelle campagne di monitoraggio.

Periodo	**N. prog. settimana**	**Data inizio camp.**	**Data fine camp.**	**Tot giorni esposizione**	**Tot campioni per punto**
estivo	1	09/07/01	16/07/01	7	1
	2	16/07/01	23/07/01	7	1
	3	23/07/01	30/07/01	7	1
	4	30/07/01	06/08/01	7	1
	5	06/08/01	13/08/01	7	1
invernale	6	26/11/01	03/12/01	7	1
	7	03/12/01	10/12/01	7	1
	8	10/12/01	17/12/01	7	1
	9	17/12/01	24/12/01	7	1
	10	24/12/01	31/12/01	7	1
Totale				**70**	**10**

Tabella 1–7 Le date e le frequenze di prelievo dei campionatori passivi durante le campagne di monitoraggio del benzene effettuate nel corso del 2001.

I punti utilizzati per il monitoraggio del benzene sono stati scelti dopo avere suddiviso il territorio nelle seguenti 4 aree individuate da importanti vie di accesso al centro abitato:

1. Via Carrarese - Via Borgo Padova (S.S. N. 516);
2. Via Paolo VI - Via Scardovara (S.P. N. 93);

3. Via S.Pio X - Via Borgo Rossi;
4. Via Roma - Viale degli Alpini;

In ciascuna area è stato individuato un punto rappresentativo del livello medio di esposizione, quindi non prossimo a sorgenti locali di emissione e in aree sufficientemente aperte e ventilate per evitare punte di concentrazione dovute a ristagno di aria, ed un altro punto definito *hot spot* per valutare l'impatto delle fonti di emissione. Inoltre sono state considerate altre 2 postazioni di fondo suburbano, una a monte e l'altra a valle del capoluogo, ed il punto fisso rappresentato dalla centralina ARPAV di Piazza Castello.

In Tabella 1.8 vengono elencati tutti i punti sottoposti ad indagine nel corso del 2001. In Tavola 3 sono rappresentati in una carta tematica le differenti tipologie di posizionamento dei campionatori passivi.

N° prog	Punto di misura	Tipologia punto
1	Via Ragazzi 99 (civico n. 6)	esposizione
2	Piazzetta San Marco	esposizione
3	Via Breda (civico n. 7)	esposizione
4	Via De Gasperi, Via Nenni	esposizione
5	Piazza Castello c/o centralina ARPAV	esposizione
6	Via Rusteghello, angolo Via Colombo	fondo suburbano
7	Via Fiumicello	fondo suburbano
8	Via San Pio X, angolo Via San Rocco	hot spot
9	Via Roma (civico n. 83)	hot spot
10	Via Carrarese (civico n. 31)	hot spot
11	Via Paolo VI (civico n. 10)	hot spot

Tabella 1–8 Punti di monitoraggio del benzene con campionatori passivi.

Oltre che nei punti indicati in Tabella 1-8, il benzene è stato poi misurato con lo stesso sistema anche nella postazione in cui è stato sistemato il mezzo mobile dal 19 dicembre 2001 al 4 marzo 2002, cioè in Via Paolo VI, angolo Via Valeri.

2. Stato della qualità dell'aria nel Comune di Piove di Sacco

I risultati del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato nel Comune di Piove di Sacco durante il periodo di indagine considerato sono presentati prima relativamente al campionamento effettuato con il mezzo mobile e la stazione fissa e successivamente con i campionatori passivi.

2.1 Campagna di monitoraggio con mezzo mobile e stazione fissa

Nel paragrafo 2.1.1 sono presentati i risultati del monitoraggio degli inquinanti convenzionali (SO_2, PTS, NO_2, CO, O3) con il mezzo mobile e la stazione fissa sia durante la campagna estiva (dal 17/08/01 al 19/09/01) che durante la campagna invernale (dal 19/12/01 al 04/03/02).

I dati del monitoraggio dell'ozono durante la campagna estiva sono presentati a parte perché il posizionamento del mezzo mobile è stato effettuato in un'area sub-urbana, sottovento rispetto alla direzione prevalente del vento. I dati così raccolti non risultano quindi direttamente confrontabili con quelli del posizionamento del mezzo mobile durante la campagna invernale che aveva l'obiettivo di valutare gli inquinanti primari da traffico veicolare.

Nel paragrafo 2.1.2 sono invece presentati i risultati del monitoraggio degli inquinanti di tipo non convenzionale (PM_{10}, IPA, benzene) monitorati nel periodo invernale nel sito occupato dal mezzo mobile (Via Paolo VI angolo Via Valeri).

2.1.1 Inquinanti convenzionali

Il monitoraggio degli inquinanti convenzionali da traffico effettuato in Via San Rocco dal 17/08/01 al 19/09/01 non ha evidenziato alcun superamento dei valori limite di legge. Analogamente, durante lo stesso periodo, presso la stazione fissa in Piazza Castello non si è avuto alcun superamento dei parametri di riferimento a breve termine per SO_2, PTS, NO_2, CO (Tabella 2-1)

Inquinante	Parametro e limite di riferimento	Ex lege	n. giorni con superamento	concentrazione massima rilevata
SO_2	Livello di allarme (media 24h, 250 µg/m3)	DM 25/11/94	0	17
	Livello di attenzione (media 24h, 125 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
PTS	Livello di allarme (media 24h, 300 µg/m3)	DM 25/11/94	0	82
	Livello di attenzione (media 24h, 150 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
NO_2	Livello di allarme (media 1h, 400 µg/m3)	DM 25/11/94	0	159
	Livello di attenzione (media 1h, 200 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
CO	Livello di allarme (media 1h, 30 mg/m3)	DM 25/11/94	0	3
	Livello di attenzione (media 1h, 15 mg/m3)	DM 25/11/94	0	
	Valore limite (media 8h, 10 mg/m3)	DPCM 28/03/88	0	2

Tabella 2–1 Superamenti dei parametri di legge per gli inquinanti convenzionali e concentrazione massima monitorata dal 17/08/01 al 19/09/01 presso la stazione fissa posizionata in Piazza Castello.

Nelle Tabelle 2-2 e 2-3 invece sono riassunti i superamenti registrati nel periodo invernale con il mezzo mobile e la stazione fissa.

Inquinante	Parametro e limite di riferimento	Ex lege	n. giorni con superamento	concentrazione massima rilevata
SO_2	Livello di allarme (media 24h, 250 µg/m3)	DM 25/11/94	0	32
	Livello di attenzione (media 24h, 125 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
PTS	Livello di allarme (media 24h, 300 µg/m3)	DM 25/11/94	0	249
	Livello di attenzione (media 24h, 150 µg/m3)	DM 25/11/94	9	
* NO_2	Livello di allarme (media 1h, 400 µg/m3)	DM 25/11/94	0	116
	Livello di attenzione (media 1h, 200 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
CO	Livello di allarme (media 1h, 30 mg/m3)	DM 25/11/94	0	10
	Livello di attenzione (media 1h, 15 mg/m3)	DM 25/11/94	0	
	Valore limite (media 8h, 10 mg/m3)	DPCM 28/03/88	0	6

Tabella 2–2 Superamenti dei parametri di legge per gli inquinanti convenzionali e concentrazione massima monitorata con il mezzo mobile posizionato in Via Paolo VI (angolo Via Valeri) dal 19/12/01 al 04/03/02 (le misure del biossido di azoto sono iniziate il 13 febbraio cioè alla data in cui è stato installato il nuovo strumento)*

Inquinante	Parametro e limite di riferimento	Ex lege	n. giorni con superamento	concentrazione massima rilevata
SO_2	Livello di allarme (media 24h, 250 µg/m3)	DM 25/11/94	0	30
	Livello di attenzione (media 24h, 125 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
PTS	Livello di allarme (media 24h, 300 µg/m3)	DM 25/11/94	0	125
	Livello di attenzione (media 24h, 150 µg/m3)	DM 25/11/94	0	
NO_2	Livello di allarme (media 1h, 400 µg/m3)	DM 25/11/94	0	285
	Livello di attenzione (media 1h, 200 µg/m3)	DM 25/11/94	6	
CO	Livello di allarme (media 1h, 30 mg/m3)	DM 25/11/94	0	17
	Livello di attenzione (media 1h, 15 mg/m3)	DM 25/11/94	1	
	Valore limite (media 8h, 10 mg/m3)	DPCM 28/03/88	0	9

Tabella 2–3 Superamenti dei parametri di legge per gli inquinanti convenzionali e concentrazione massima monitorata dal 19/12/01 al 04/03/02 presso la stazione fissa posizionata in Piazza Castello.

Il superamento del livello di attenzione delle polveri registrato in Via Paolo VI si è verificato in prevalenza dal 8 al 10 di gennaio e dal 20 al 23 dello stesso mese, con una punta massima di 249 $\mu g/m^3$ nella giornata di lunedì 21 gennaio. Presso la stazione fissa di Piazza Castello si sono avuti 6 superamenti del livello di attenzione del biossido di azoto verificatesi per lo più dal 7 al 11 di gennaio; il giorno 7 dello stesso mese è stato registrato anche il superamento del livello di attenzione per il monossido di carbonio.

Ozono

Nella tabella seguente sono presentati in sintesi i risultati del monitoraggio dell'ozono effettuato in Via San Rocco.

Parametro e limite di riferimento	Ex lege	n. giorni con superamento	concentrazione massima rilevata
Livello di allarme (media 1h, 360 µg/m3)	DM 25/11/94	0	208
Livello di attenzione (media 1h, 180 µg/m3)	DM 25/11/94	3	
Livello di prot. salute (media 8h, 110 µg/m3)	DM 16/05/96	12	172
Livello di prot. veg. (media 24 h, 65 µg/m3)	DM 16/05/96	14	108

Tabella 2–4 Superamenti dei parametri di legge per l'ozono e concentrazione massima monitorata con il mezzo mobile posizionato in Via San Rocco dal 17/08/01 al 19/09/01.

L'ozono ha superato 3 volte il livello di attenzione nelle prime ore del pomeriggio dei giorni 17, 27 e 28 agosto, con una punta massima di 208 $\mu g/m^3$ misurato alle h 15 di venerdi 28. Per la "media delle 8 ore" (livello di protezione della salute) sono stati registrati ben 12 superamenti, mentre per la media "giorno" i superamenti sono stati 14. Dall'esame della situazione meteorologica risulta che questo periodo è stato caratterizzato da un forte irraggiamento solare, specie nelle ore centrali delle giornate di agosto, da deboli episodi di pioggia concentrati nel mese di settembre e da scarsità di vento, con direzione prevalente da N-NE. Questo significa che il mezzo mobile si è trovato spesso sottovento rispetto al centro abitato di Piove di Sacco.

2.1.2 Inquinanti non convenzionali

In questo paragrafo sono presentati i risultati del monitoraggio di polveri fini (PM_{10}), benzo(a)pirene (IPA) e benzene (C_6H_6) effettuati con il mezzo mobile posizionato in Via Paolo VI (angolo Via Valeri) dal 20/12/01 al 03/03/02. Per un utile confronto sono presentati anche i valori corrispondenti monitorati durante lo stesso periodo presso la stazione fissa di Arcella a Padova (stazione di traffico urbano).

In Tabella 2.6 sono presentati a confronto i valori medi monitorati a Piove di sacco e Padova durante il periodo considerato.

Inquinante	Unità di misura	Stazione di misura			
		Piove di Sacco (mezzo mobile, Via Paolo VI)		Arcella (stazione fissa, Via Aspetti)	
		n. campioni prelevati	concentrazione media	*n. campioni prelevati*	concentrazione media
Polveri fini (PM_{10})	µg/m3	*57*	93	*61*	94
Benzene (C_6H_6)	µg/m3	*11*	8	*10*	11
Benzo(a)pirene (IPA)	ng/m3	*5*	12	*12*	7

Tabella 2–5 Confronto concentrazioni medie di polveri fini (PM_{10}), benzo(a)pirene (IPA) e benzene (C_6H_6) monitorate con il mezzo mobile posizionato a Piove di Sacco in Via Paolo VI (angolo Via Valeri) dal 20/12/01 al 03/03/02 e corrispondenti valori monitorati presso la stazione fissa Arcella sita a Padova in Via Aspetti.

Se si confrontano i valori riportati in Tabella 2-5 si evince che:

- le concentrazioni medie del PM10, calcolate su quasi lo stesso numero di campioni, sono sostanzialmente uguali;
- per il benzene i valori di Piove di Sacco sono inferiori a quelli misurati presso la stazione dell'Arcella;
- la concentrazione media del benzo(a) pirene determinata sulle polveri sottili PM10 prelevate a Piove di Sacco è ben superiore a quella misurata all'Arcella; si deve però tener conto che il valore medio

dell'Arcella è stato determinato su campioni di PM_{10} prelevati ogni 6 giorni, mentre quello di Piove di Sacco è stato calcolato solo su 5 campioni, 2 dei quali sono stati scelti in giorni in cui è stata misurata una polverosità totale medio-alta, e gli altri 3 una polverosità totale bassa.Per tale motivo risulta più significativo confrontare i valori di benzo(a)pirene misurati durante gli stessi giorni nelle due località.

Data	Stazione di misura	
	Piove di Sacco - Via Paolo VI (µg/m³)	Padova – Arcella (µg/m³)
20/12/2001	25,7	15,0
25/01/2002	3,4	4,9

Tabella 2–6 Concentrazioni medie di benzo(a)pirene (IPA) monitorate con il mezzo mobile posizionato a Piove di Sacco in Via Paolo VI (angolo Via Valeri) e corrispondenti valori monitorati presso la stazione fissa Arcella sita a Padova in Via Aspetti.

I dati riportati nelle tabelle precedenti dimostrano, pur nel limite di una serie ridotta di campioni di analisi, che la situazione dell'inquinamento è sostanzialmente diffusa e che strade a grande traffico evidenziano sostanzialmente gli stessi problemi sia nei piccoli che nei grandi centri urbani.

2.2 Campagna di monitoraggio con campionatori passivi

Nella Tabella seguente sono indicati i risultati del monitoraggio delle concentrazioni ambientali di benzene rilevate presso gli 11 punti di misura dell'area urbana sottoposti ad indagine nel corso del 2001. Sono presentate le medie relative al campionamento effettuato nel periodo 'estivo' ed 'invernale' secondo il calendario presentato nel paragrafo 1.4.2 e la media 'annuale' che riferisce complessivamente sul 20% dell'anno solare, secondo quanto stabilito da *"Guidance report on preliminary assessment under EC Air Quality Directives"* (JRC/EEA/EC DGXI, 1998).

N°	Punto di misura	Tipologia punto	concentrazione media (µg/m³)		
			estate	inverno	"anno"
1	Via Ragazzi 99 (civico n. 6)	esposizione	1,1	6,6	3,8
2	Piazzetta San Marco	esposizione	1,2	6,8	4,0
3	Via Breda (civico n. 7)	esposizione	1,2	7,4	4,3
4	Via De Gasperi, Via Nenni	esposizione	1,5	7,2	4,4
5	Piazza Castello c/o centralina ARPAV	esposizione	1,6	8,1	4,9
6	Via Rusteghello, angolo Via Colombo	fondo suburbano	0,9	5,8	3,3
7	Via Fiumicello	fondo suburbano	1,0	6,4	3,7
8	Via San Pio X, angolo Via San Rocco	hot spot	4,5	11,0	7,8
9	Via Roma (civico n. 83)	hot spot	1,5	7,7	4,3
10	Via Carrarese (civico n. 31)	hot spot	1,8	8,7	5,3
11	Via Paolo VI (civico n. 10)	hot spot	5,7	12,0	8,8
	Media fondo suburbano (n = 2)		**0,9**	**6,1**	**3,5**
	Media hot spot (n = 4)		**3,4**	**9,9**	**6,5**
	Media esposizione (n = 5)		**1,3**	**7,2**	**4,3**
	Media d'area: esposizione e fondo suburbano (n = 7)		**1,2**	**6,9**	**4,0**
	Media su tutti i punti (n = 11)		**2,0**	**8,0**	**4,9**

Tabella 2–7 Valori medi di concentrazione del benzene presso i punti di monitoraggio con campionatori passivi.

Dall'esame della tabella si nota che la concentrazione media annua in tutti i punti in cui è stato effettuato il monitoraggio del benzene, è inferiore all'obiettivo di qualità, pari a 10 $\mu g/m^3$. Inoltre, in tutti i punti rappresentativi dei livelli medi di esposizione la concentrazione media annua risulta al di sotto di 5 $\mu g/m^3$, mentre nei punti hot spot i valori medi annui del benzene sono compresi fra 4.3 e 8.8 $\mu g/m^3$. A conferma che la concentrazione del benzene raggiunge i livelli più alti nei mesi invernali, si osserva poi un calo generalizzato dei valori quando si passa dall'inverno all'estate.

Un altro fattore interessante che è opportuno considerare è il valore della media d'area. Questo parametro può essere assunto per rappresentare il livello medio di inquinamento misurato nel territorio del Comune di Piove di Sacco e quindi di esposizione della popolazione. Nel nostro caso risulta pari a 4,0 $\mu g/m^3$, quindi ben al di sotto del limite dei 10 $\mu g/m^3$.

Oltre che nei punti sopra riportati, il benzene è stato monitorato nel periodo invernale anche nella posizione occupata dal mezzo mobile, a circa 100 m dal sito indicato con il n. 11. Se si confrontano i valori medi di concentrazione del benzene misurati contemporaneamente nei due punti nello stesso periodo, risulta che questi sono molto diversi pur essendo molto vicini: 6,7 $\mu g/m^3$ di Via Paolo VI angolo Via Valeri contro i 15,0 $\mu g/m^3$ misurati sempre in Via Paolo VI presso il civico n. 10). Questi risultati sono dovuti al fatto che il mezzo mobile è stato posizionato in un'area aperta, mentre il sito n. 11 risente dell'effetto canyon determinato dalla presenza di numerose abitazioni a ridosso della carreggiata.

In Tavola 4 sono rappresentate in una carta tematica le medie annuali dei campionatori passivi posizionati nel territorio urbano del Comune di Piove di Sacco.

3. Discussione dei risultati e conclusioni

Come già accennato nel quadro di riferimento legislativo (paragrafo 1.2), negli ultimi giorni del mese di Aprile 2002 è entrato in vigore il DM n. 60 del 02/04/02 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 13/04/02) di recepimento delle direttive europee che stabiliscono nuovi limiti per biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, piombo, benzene e polveri. Per il benzene la normativa ha sostanzialmente confermato gli stessi valori di concentrazione della "vecchia" legislazione (fino al 2005); per le polveri sottili PM_{10}, considerando i margini di tolleranza del 2002, risulta che il valore limite di protezione della salute è pari a 65 $\mu g/m^3$ per la media giornaliera (da non superare più di 35 volte l'anno) e 45 $\mu g/m^3$ per la media annuale. Gli attuali limiti per l'ozono non hanno invece ancora subito modifiche dato che la recente Direttiva 2002/3/CE del 12 febbraio 2002 non è stata ancora formalmente recepita a livello nazionale.

Rispetto all'obiettivo principale della valutazione ambientale effettuata nel Comune di Piove di Sacco (ozono, benzene e polveri), il quadro normativo resta quindi sostanzialmente immutato e quindi anche sulla base di queste considerazioni il riferimento e la valutazione dei limiti imposti dalla "vecchia normativa" appare sostanzialmente "giustificato".

La valutazione e il giudizio sulla qualità dell'aria a Piove di Sacco di seguito riportati è riferito esclusivamente ai dati raccolti dal 17/08/2001 al 19/09/2001 e dal 19/12/2001 al 04/03/2002 con la stazione fissa di Piazza Castello, il mezzo mobile posizionato prima in Via S. Rocco e successivamente in Via Paolo VI (angolo Via Valeri) e con i campionatori passivi. Prendendo come riferimento i limiti previsti dalla normativa per i parametri di valutazione a breve termine, verranno prima discussi i risultati delle misure degli *inquinanti convenzionali* e successivamente dei *non convenzionali*.

Il ***biossido di zolfo*** è ampiamente sotto i limiti previsti. Rispetto alle nostre realtà urbane il biossido di zolfo rappresenta un parametro di valutazione della qualità dell'aria ormai superato (soprattutto a seguito della diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento); c'è inoltre da considerare che i limiti stabiliti dalla normativa sono stati tarati essenzialmente per le zone industriali e quindi si adattano solo in parte per una efficace valutazione in ambito urbano .

Per quanto riguarda le ***polveri totali*** vale in parte quanto sopra ricordato per il biossido di zolfo. Si tratta di un parametro che dal punto di vista sanitario-tossicologico e ambientale è sostituito dalla valutazione della frazione fine e superfine (sempre in riferimento alle realtà di tipo urbano). I nove eventi acuti (superamento del livello di attenzione) sono stati registrati in Via Paolo VI, angolo Via Valeri, quasi tutti nella prima e terza decade del mese di gennaio.

L'***ozono*** è un inquinante tipicamente secondario il cui monitoraggio è particolarmente importante durante il periodo 'estivo'. La normativa (DM 15/04/94; DM 16/05/96) prevede che per valutare correttamente il rispetto dei limiti per l'ozono si faccia riferimento essenzialmente a stazioni di misura localizzate in aree periferiche o suburbane (stazioni di tipo D). Per tale motivo le valutazioni su questo inquinante sono riferite essenzialmente agli esiti delle misure condotte in estate con il mezzo mobile in Via San Rocco. In questa postazione si sono verificati numerosi superamenti del *livello di protezione della salute e di protezione della vegetazione*, ed in tre circostanze anche del *livello di attenzione.* Il fatto poi di avere registrato valori elevati di ozono anche presso la stazione di monitoraggio "da traffico" di Piazza Castello è comunque un fenomeno da non sottovalutare perché in vicinanza delle sorgenti di inquinamento interviene l'azione di abbattimento esercitata dal monossido di azoto sui livelli ambientali di ozono (il monossido di azoto emesso dai processi di combustione entra come concorrente nel ciclo di formazione dell'ozono e quindi tende a diminuirne i valori medi rispetto alle aree urbane o verdi dove questo effetto competitivo è meno marcato). In effetti, l'inquinamento da ozono è indicativo di una

situazione diffusa che più correttamente dovrebbe essere riferita a dimensioni maggiori rispetto all'area urbana considerata perché determinata dalle emissioni di idrocarburi e ossidi di azoto prodotti dal traffico veicolare e trasportati da grandi masse d'aria anche a notevole distanza dalle sorgenti, dall'intensità della radiazione solare e dalla durata delle condizioni di stabilità atmosferica (Clini *et al.*, 2000).

Il ***biossido di azoto*** è un inquinante di natura principalmente secondaria e assieme all'ozono rappresenta un indicatore dello 'smog fotochimico'. Per quanto riguarda gli eventi acuti, il superamento del livello di attenzione si è verificato raramente presso la stazione di Piazza Castello nel periodo invernale. Va comunque precisato che nello stesso periodo l'analizzatore degli ossidi di azoto installato sul mezzo mobile in Via San Rocco è entrato in funzione solo a partire dal 13 febbraio 2002, per cui in questa strada molto trafficata sono stati registrati i valori del biossido di azoto solo nell'ultima parte della campagna di monitoraggio. Tra i parametri di tipo convenzionale il biossido di azoto è quello che deve essere valutato con maggiore attenzione anche per le possibili conseguenze che lo "smog fotochimico" (quindi incluso l'ozono) comporta riguardo alla formazione di particelle carboniose che entrano nella composizone delle polveri fini e superfini.

Per quanto riguarda il ***monossido di carbonio*** è stato registrato un solo superamento del livello di attenzione presso la stazione fissa di Piazza Castello, approssimativamente nello stesso periodo in cui il biossido di azoto ha raggiunto il valore massimo nel corso dell'intera campagna di monitoraggio.

Gli inquinanti ***non convenzionali benzene, IPA e PM_{10}*** rappresentano i parametri di valutazione che devono essere più attentamente considerati per una valutazione complessiva dello stato della qualità dell'aria nel Comune di Piove di Sacco.

Il ***benzene*** è tra gli inquinanti di tipo non convenzionale quello che sembra destare le minori preoccupazioni in quanto dai dati registrati negli ultimi anni a livello regionale, si è notata una significativa diminuzione della sua concentrazione nell'aria. Questo trend è dovuto probabilmente ad una migliore formulazione delle benzine ed a limiti più restrittivi sulle emissioni dei nuovi veicoli a motore previsti dalla normativa europea. Le concentrazioni medie annuali registrate a Piove di Sacco, sono risultate in linea con la media regionale e significativamente inferiori (valore medio circa 5 $\mu g/m^3$) all'obiettivo di qualità fissato dalla normativa in 10 $\mu g/m^3$. Se per quanto detto il "problema benzene" sembra essere per ora in larga misura sotto controllo, è utile ricordare che la nuova normativa (Decreto 2 aprile 2002 n. 60) sulla qualità dell'aria prevede una riduzione del limite di concentrazione annuale del benzene a 5 $\mu g/m^3$ (termine ultimo di recepimento 2010); i dati medi dell'area urbana di Piove di Sacco devono quindi essere valutati con una certa attenzione anche in prospettiva futura.

I problemi ambientali più pressanti riguardano invece due inquinanti non convenzionali che hanno rilevanza sanitaria-ambientale di primo piano: ***il benzo(a)pirene e le polveri fini (PM_{10})***.

La misura del ***benzo(a)pirene*** è utilizzata come indicatore degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) che costituiscono una famiglia di composti chimici ad accertata cancerogenicità. Le concentrazioni di benzo(a)pirene sono risultate, a livello indicativo, superiori all'obiettivo di qualità fissato dalla normativa (1 ng/m^3). Tuttavia per poter esprimere un giudizio definitivo sul superamento dell'obiettivo di qualità è necessario estendere le misure ad almeno un anno solare con frequenze minime di campionamento ogni 6 giorni. I valori registrati quindi seppur indicativi sono comunque da considerare con estrema attenzione vista la pericolosità delle specie chimiche coinvolte.

La ***frazione fine delle polveri aerodisperse***, **PM_{10}**, rappresenta, anche alla luce della diffusa situazione verificata in tutta Italia negli ultimi mesi del 2001 e i primi del 2002, la parte più grave dell'inquinamento atmosferico nei centri urbani. Per quanto riguarda la valutazione degli eventi di tipo acuto la nuova normativa nazionale, in via di attuazione, fissa un tetto massimo di 35 superamenti all'anno del limite di 65 $\mu g/m^3$ a partire dal primo di gennaio di quest'anno. Riferendoci ai dati raccolti

e quindi per quanto già ampiamente spiegato non conformi per la valutazione di una serie annuale completa, presso la stazione occupata dal mezzo mobile in Via Paolo VI, a partire da tale data, sono stati registrati in totale 36 superamenti del limite su 49 campioni. Il numero di superamenti è quindi oltre il limite previsto dalla normativa nonostante la campagna di monitoraggio sia durata poco più di due mesi.

Il particolato aerodisperso è costituito da un insieme estremamente eterogeneo di sostanze di origine primaria (emesse come tali) e secondaria (derivata da una serie di reazioni fisiche e chimiche). Le particelle di dimensioni inferiori ai 10 micron (polveri fini o PM_{10}) hanno un tempo medio di vita che varia da pochi giorni fino a diverse settimane e vengono veicolate dalle correnti atmosferiche per lunghe distanze. Tra i composti primari, cioè emessi come tali, vi sono le particelle carboniose derivate in particolare dagli scarichi dei motori diesel, mentre tra i composti secondari vi sono le particelle carboniose originate durante la sequenza fotochimica che porta alla formazione di ozono e di particelle di solfati e nitrati. Per le polveri fini è dunque necessaria una valutazione su macro-scala: i dati medi registrati negli ultimi mesi, non solo nel Veneto ma in tutta la Pianura Padana, confermano indirettamente la necessità di questo tipo di valutazione.

In conclusione i risultati della campagna di monitoraggio condotta a Piove di Sacco durante il periodo di riferimento evidenziano sostanzialmente i problemi ambientali legati agli inquinati *ozono*, *polveri fini* e *IPA*. Questi inquinanti hanno una forte "stagionalità" perché la loro concentrazione è fortemente dipendente dal verificarsi delle condizioni atmosferiche medie. L'*ozono* è il tipico inquinante "estivo" il cui aumento di concentrazione è dovuto all'innesco da parte della radiazione solare delle reazioni fotochimiche a carico degli inquinanti precursori (ossidi di azoto, composti organici volatili). Gli *idrocarburi policiclici aromatici* e le *polveri fini* evidenziano invece un forte aumento di concentrazione tipicamente durante il periodo "invernale" cioè in concomitanza di condizioni meteorologiche che inducono l'abbassamento dello strato di rimescolamento e le inversioni termiche.

L'adozione di provvedimenti contingenti, e quindi limitati nel tempo, per garantire la massima efficacia deve essere modulata *almeno* in funzione dell'andamento stagionale. Resta comunque chiaro che, anche sulla base di esperienze già attuate in numerose realtà urbane del Veneto, i provvedimenti a scala locale, quali, ad esempio, le limitazioni temporanee del traffico, sono da considerarsi come provvedimenti "tampone" e quindi destinati ad avere un effetto limitato, non facilmente quantificabile e rapidamente reversibile sulle concentrazioni di inquinanti dell'aria. C'è inoltre da considerare che gli obiettivi di qualità per il benzo(a)pirene e le polveri fini sono basati sulla concentrazione media annuale e quindi riduzioni temporanee risultano di fatto improduttive per il rispetto dei limiti e per una efficace prevenzione sanitaria-ambientale. Ad esempio, nel caso in esame, la possibile limitazione del traffico lungo Via Paolo VI, è destinata ad avere un effetto marginale sulla concentrazione di benzo(a)pirene mediamente presente nell'aria del territorio comunale. La difficoltà di prevedere forme di "contenimento" per questo inquinante dipende dalle sue particolari caratteristiche diffusionali; poiché presente nella frazione fine e superfine del particolato aerodisperso, il benzo(a)pirene non è esclusivamente correlabile alle fonti primarie di emissione cioè al traffico veicolare che insiste su uno specifico arco stradale. Di conseguenza anche i provvedimenti di prevenzione e risanamento, che per il benzene e gli altri inquinanti primari come il monossido di carbonio possono essere limitati alla scala locale, per le polveri e i correlati IPA (BaP) devono comportare iniziative su un'area più vasta possibile.

4. Bibliografia

Clini C, Lagorio S, Cocheo V & Minoia C, 1999. Il rischio benzene. *Quaderni Le Scienze, 109: 48-58.*

Direttiva 00/69/CE del 16 novembre 2000 concernente i valori limite per il benzene e il monossido di carbonio nell'aria ambiente. *GUCE L313/12.*

Direttiva 99/30/CE del 29 giugno 1999 riguardante Inquinamento e tutela dell'atmosfera - aspetti generali. *GUCE L163.*

DLgs 04/08/99, n. 351. Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. *GU 13/10/99, n. 241*.

DM 21/04/99 n.163. Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione. *GU 11/06/99, n. 135*.

DM 16/05/96. Attivazione di un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono. *GU 13/07/96, n. 163*.

DM 20/05/91. Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria. *GU 31/05/91, n. 126.*

DM 25/11/94. Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al DM 15 aprile 1994. *GU 13/12/94, n. 290*.

DPCM 28/03/83. Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno. S*uppl. Ord. GU 28/05/83, n. 145.*

DPR 24/05/88, n. 203. Attuazione delle direttive CEE numeri 80/79, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 16 aprile 1987, n. 183. *Suppl. Ord. GU 16/06/88, n. 140.*

EEA, 1999. Criteria for Euroairnet. The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. *A cura di:* S Larrsen, R Sluyter, C Helmis. Technical Report No. 12, European Environment Agency, Copenhagen.

Fondazione Salvatore Maugeri, 1999. Qualità dell'aria nella città di Padova nel quadro del progetto MACBETH. Provincia di Padova, Padova.

JRC/EEA/EC DGXI, 1998. Guidance report on preliminary assessment under EC Air Quality Directives. *A cura di*: R Van Aalst, L Edwards, T Pulles, E Saeger, M Tombrou, D Toennesen. Joint Research Centre Ispra, European Environmental Agency, DG XI Commissione Europea.

WHO, 1999. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen (*in press)*, http://www.who.int.

Appendice I. Cartografia tematica

Elenco delle Tavole di cartografia tematica allegate:

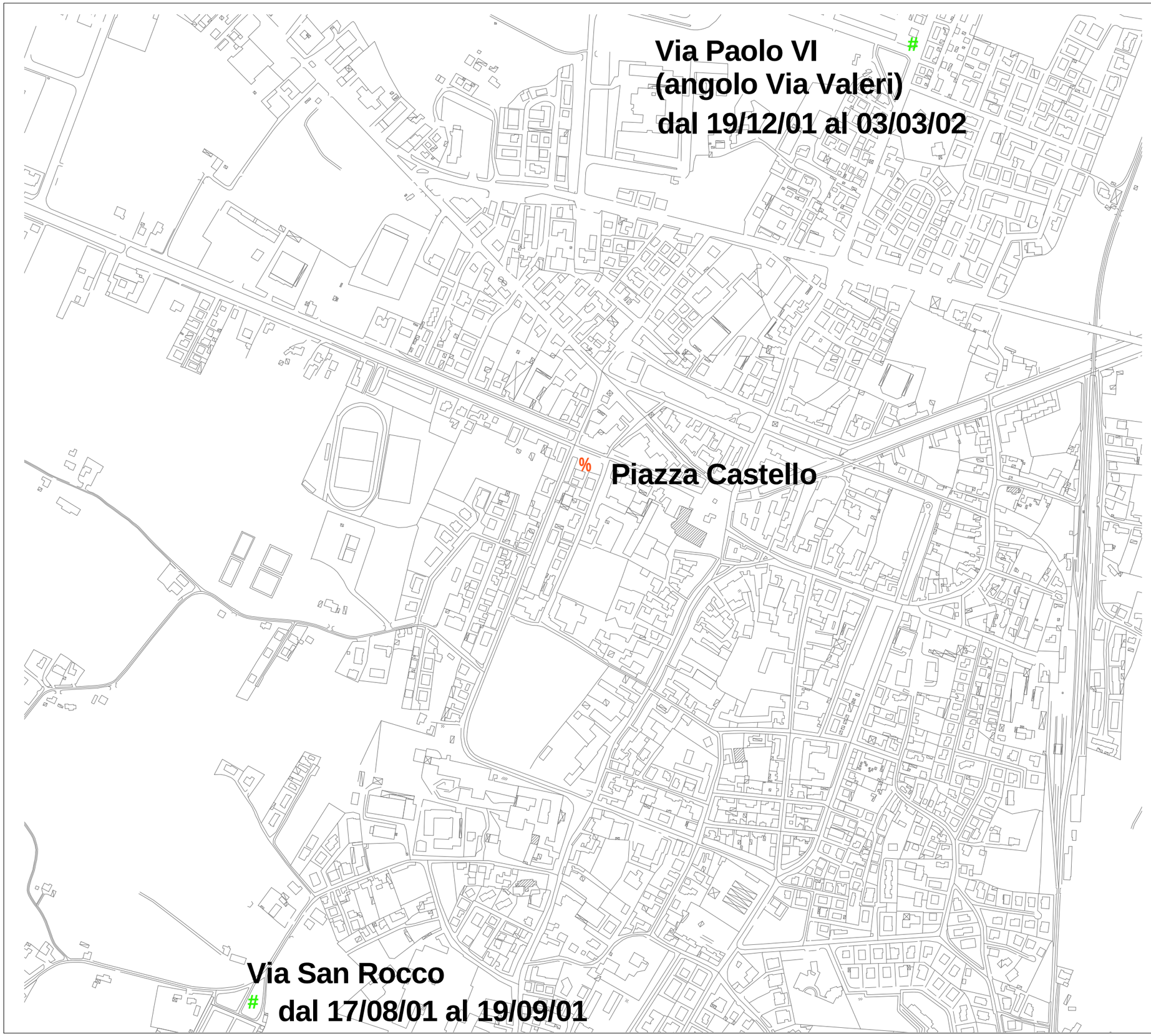
Tavola 1 I punti di stazionamento del mezzo mobile e l'ubicazione della stazione fissa nel territorio del Comune di Piove di Sacco.

Tavola 2 I punti di monitoraggio del benzene con campionatori passivi nel territorio del Comune di Piove di Sacco.

Tavola 3 Le differenti tipologie di posizionamento dei campionatori passivi per il benzene (esposizione, fondo suburbano, hot spots) nel territorio del Comune di Piove di Sacco

Tavola 4 Medie annuali di benzene monitorate con i campionatori passivi posizionati nel territorio del Comune di Piove di Sacco.

Tavola 1



Posizionamento mezzo mobile e stazione fissa

Legenda

\# Mezzo mobile

% Stazione fissa

N

scala 1:7.000

Qualità dell'Aria nel Comune di Piove di Sacco monitoraggio 2001-2002

A.R.P.A.V. Dipartimento Provinciale di Padova

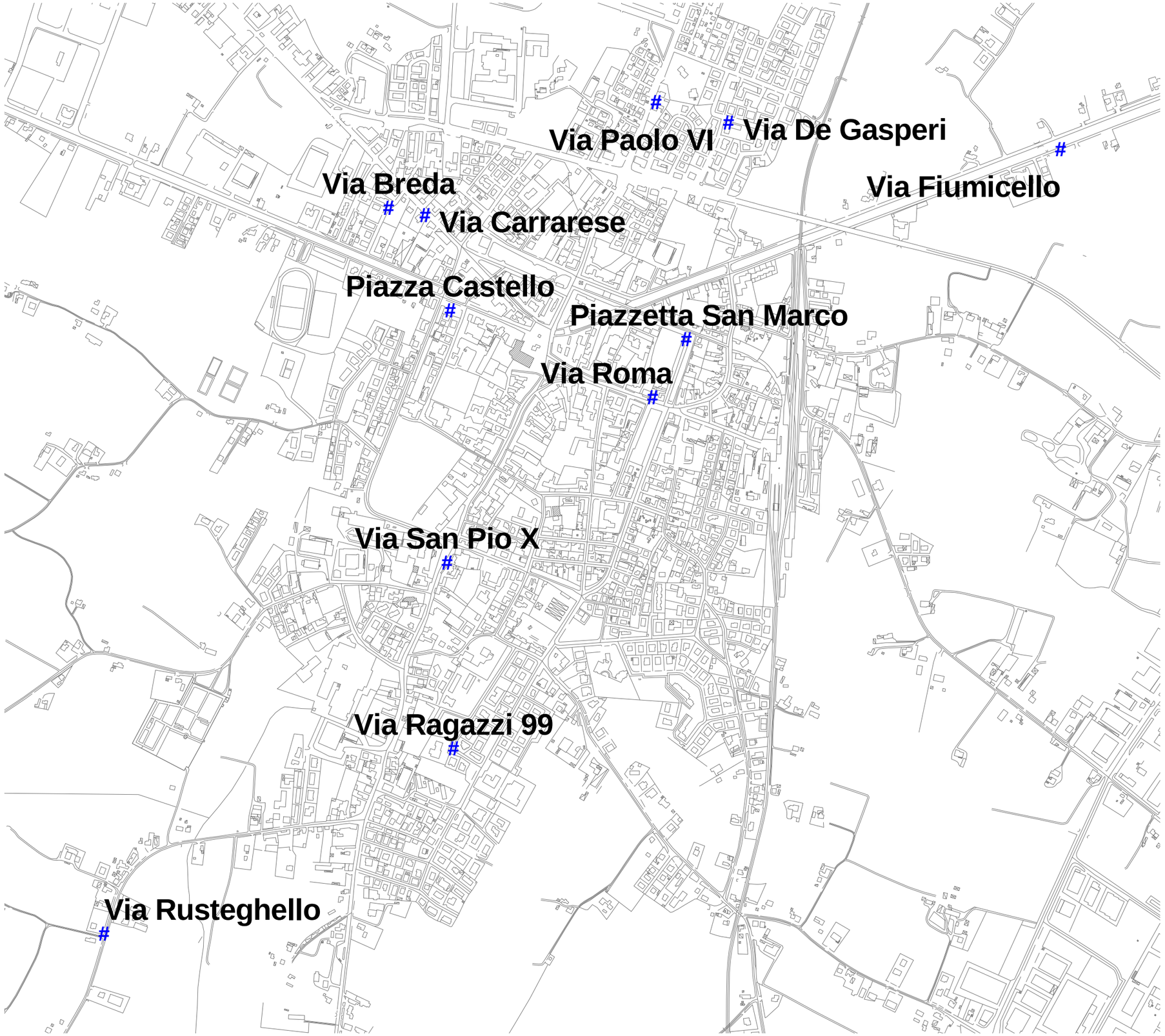


Tavola 2

Campagna di monitoraggio annuale benzene posizionamento campionatori passivi

Legenda

\# Campionatori passivi

N

scala 1:9.000

Qualità dell'Aria nel Comune di Piove di Sacco monitoraggio 2001-2002

A.R.P.A.V. Dipartimento Provinciale di Padova

Tavola 3

Campagna di monitoraggio annuale benzene tipologia posizionamento campionatori passivi

Legenda

Tipologia posizionamento

- $ esposizione
- # fondo suburbano
- % hot spot

N

scala 1:9.000

Qualità dell'Aria nel Comune di Piove di Sacco monitoraggio 2001-2002

A.R.P.A.V. Dipartimento Provinciale di Padova

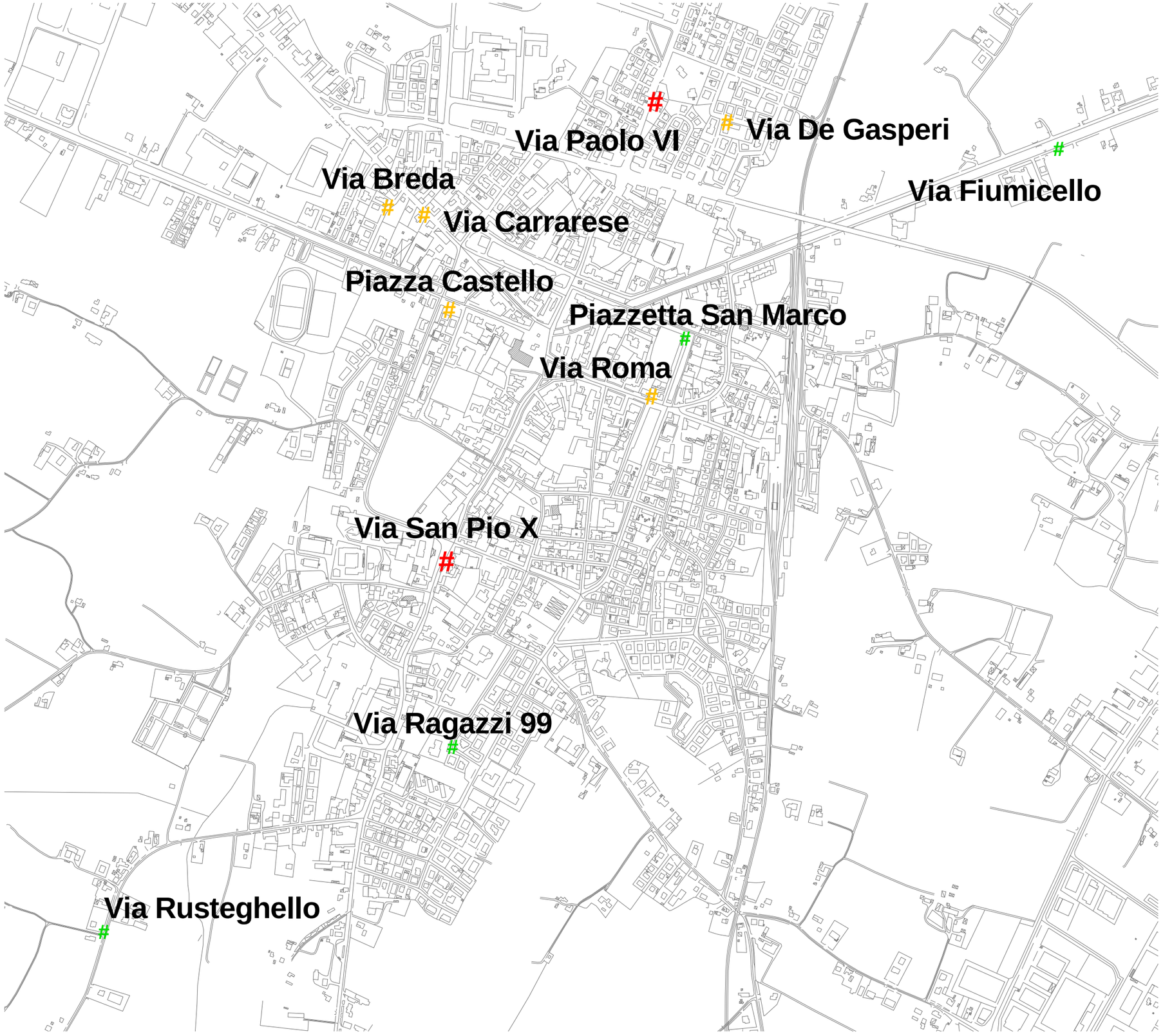


Tavola 4

Valori medi benzene campagna di monitoraggio annuale

Legenda

media annuale benzene

- # 3.3 - 4 (ug/m3)
- # 4 - 5.3 (ug/m3)
- # 5.3 - 8.8 (ug/m3)

N

scala 1:9.000

Qualità dell'Aria nel Comune di Piove di Sacco monitoraggio 2001-2002

A.R.P.A.V. Dipartimento Provinciale di Padova

Appendice II. Tabelle riassuntive dei risultati delle analisi

Si riportano in dettaglio tutti i risultati relativi ai campioni di inquinanti non convenzionali monitorati nel Comune di Piove di Sacco:

- dal 09/07/01 al 13/08/01 e dal 26/11/01 al 31/12/01 per il *benzene* monitorato negli 11 punti dell'area del territorio comunale;
- dal 20/12/01 al 03/03/02 per *polveri fini, benzo(a)pirene, benzene* monitorati in Via Paolo VI (angolo Via Valeri) nel sito di posizionamento del mezzo mobile (a fianco dei valori del PM_{10} sono indicati anche i corrispondenti valori delle polveri totali misurate con il sistema automatico di attenuazione dei raggi beta).

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti coloro che in vario modo hanno reso possibile la realizzazione del presente rapporto ed in particolare:

- L. Celin, R. Buso e S. Masiero, *ARPAV DAP di Padova*, per l'aiuto nel posizionamento e la raccolta dei campionatori passivi per il benzene;
- G. Dardo, S. Pasolini, A. Tessaro, G. Bazzetto, *Comune di Piove di Sacco,* per la collaborazione e il supporto tecnico nell'organizzazione del presente studio.