



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto

A.R.P.A.V.
Dipartimento Provinciale di Belluno
Servizio Sistemi Ambientali

“INDAGINE SULLA QUALITÀ DELL’ARIA NELLA CITTÀ DI BELLUNO”

ANNO 2011 (DATI 2010)



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto

Dipartimento Provinciale di Belluno

Servizio Sistemi Ambientali

Ufficio Reti di Monitoraggio

Ufficio Informativo Ambientale

Via Tomea 5
32100 BELLUNO BL

Tel. +39-0437-935500

Fax.+39-0437-30340

E-mail: dapbl@arpa.veneto.it

Belluno, 11 aprile 2011

Indice

Introduzione	5
Capitolo 1	
Rapporto sulla qualità dell'aria per il comune di Belluno: anno 2010	7
Premessa	7
Localizzazione	7
Parametri monitorati	8
Tecniche analitiche	8
Caratteristiche degli inquinanti monitorati	8
Polveri (PM10 e PM2,5)	8
Monossido di Carbonio (CO)	9
Biossido di Azoto (NO ₂)	10
Ossidi di Zolfo (SO _x)	10
Ozono (O ₃)	11
Benzene	12
Benzo(a)pirene	12
I Metalli	13
Piombo	13
Arsenico	13
Cadmio	14
Nichel	14
Il Quadro normativo	14
Risultati analitici dell'attività di monitoraggio nell'anno 2010: confronto con i limiti di legge	18
Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago	21
Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati	24
Valutazione stagionale, mensile, settimanale, giornaliera dei parametri monitorati	25
Scheda sintetica di valutazione	37
Considerazioni	38
APPENDICE – Applicazioni di indici di qualità dell'aria alla stazione di Belluno	39
Capitolo 2	
Composizione chimica delle Polveri sottili e stima delle emissioni	41
Valutazione della caratterizzazione del PM10 e sua variazione stagionale	41
Ione Solfato	41
Ione Nitrato	42
Ione Ammonio	42
Ione Cloruro e Sodio	42
Gli altri cationi	42
Frazione non estraibile	42
Commento ai dati	43
La stima delle emissioni in atmosfera nel comune di Belluno	46
Definizione del contributo del traffico stradale nello scenario emissivo	48
Considerazioni	49
Capitolo 3	
Valutazioni modellistiche: mappe delle emissioni di PM10 e Benzene lungo i principali archi stradali della Città di Belluno	50
Introduzione	50
I flussi di traffico	50
Andamento orario dei volumi di traffico	53

La stima delle emissioni da traffico stradale	58
Il parco veicolare: scenari a confronto	60
La stima delle concentrazioni atmosferiche	65
Le mappe di dispersione di inquinanti PM10 e Benzene	67
La situazione media annuale	67
Media annuale 2010 PM10 – Long-term	67
Media annuale 2010 Benzene – Long-term	68
Analisi degli andamenti orari in alcune vie	70
Valutazioni con campionatori passivi: confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento negli ultimi anni (2004-2010)	72
Confronto tra simulazioni modellistiche e campionatori passivi	75
Considerazioni	76

INTRODUZIONE

Il presente documento è redatto a seguito della convenzione biennale stipulata in data 5 agosto 2010.

ARPAV esegue da diversi anni un programma di rilevamento della qualità dell'aria nel Comune di Belluno con una stazione di monitoraggio situata presso il parco comunale "Città di Bologna". Tale centralina risulta rappresentativa di gran parte del territorio comunale.

Il presente studio ha consentito la valutazione dei dati raccolti nel corso del 2010, i quali sono stati comparati con l'andamento temporale dei parametri sia nell'ambito dell'anno indagato che, per confronto, con gli anni precedenti e con gli altri centri provinciali nei quali esiste una stazione di monitoraggio.

Si sono inoltre confrontati i valori permettendo di valutare l'evoluzione della situazione mettendola in relazione ad aree limitrofe.

Gli inquinanti sono stati indagati con strumenti in automatico e attraverso analisi di laboratorio. Le indagini online si sono incentrate sul monitoraggio delle Polveri sottili (PM10), dell'Ozono (O₃), del Biossido di Azoto (NO₂), dell'Anidride solforosa (SO₂), del Monossido di Carbonio (CO), degli Idrocarburi (HC), mentre le analisi di laboratorio hanno consentito di indagare la composizione delle Polveri sottili. Sono stati infatti misurati i livelli di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) con particolare attenzione al Benzo(a)pirene (BaP), alcuni metalli (Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo) e i principali ioni (Ammonio, Cloruro, Nitrato, Sodio, Solfato). Si è inoltre incrementata la serie storica di dati stimati con campionatori passivi.

Elemento di rilievo è stato costituito dalla valutazione modellistica di 29 tratte stradali che rappresentano le arterie principali presenti nel territorio comunale. In tal modo si è potuto approfondire l'apporto degli inquinanti emessi dai veicoli nelle singole vie valutandole sia in relazione alle diverse situazioni meteorologiche presenti nel corso dell'anno, che in riferimento al diverso flusso di traffico nelle giornate. Tali vie infatti si configurano fra le zone di "hot spot" presso le quali abita o transita una frazione significativa della popolazione.

Inoltre sono stati approfonditi alcuni scenari futuri sulla situazione che verrà a concretizzare nei prossimi anni con la scomparsa delle categorie EURO antecedenti alla EURO IV.

Capitolo 1

Rapporto sulla qualità dell'aria per il comune di Belluno: anno 2010

Premessa

Il dipartimento A.R.P.A.V. di Belluno effettua il controllo della qualità dell'aria nel Comune di Belluno attraverso una centralina di monitoraggio posizionata all'interno del parco "Città di Bologna", sul lato di via F. Ostilio. La stazione fissa di Belluno è classificata di tipo "urbano" ed è collocata in un'area che risente di una viabilità interna non molto sostenuta.

La presente relazione illustra i risultati del monitoraggio annuale eseguito nella stazione di Belluno (parco città di Bologna) e negli altri siti di campionamento nell'anno 2010 in riferimento ai limiti di legge vigenti e offre una lettura dei dati definendone il trend nel corso degli ultimi anni e l'andamento stagionale tipico di ognuno di essi.

Localizzazione

Le coordinate geografiche GBO della stazione sono: 1748534; 5114874.



I dati del monitoraggio sono riferiti agli inquinanti di seguito indicati.

Parametri monitorati

I dati del monitoraggio sono riferiti agli inquinanti di seguito indicati:

- ◆ Polveri (PM10)
- ◆ Polveri (PM2,5)
- ◆ Monossido di Carbonio (CO)
- ◆ Ossidi d'Azoto, in particolare Biossido d'Azoto (NO₂)
- ◆ Biossido di Zolfo (SO₂)
- ◆ Ozono (O₃)
- ◆ Benzene (C₆H₆)
- ◆ Benzo(a)pirene (C₂₀H₁₂)
- ◆ Metalli pesanti (Piombo Pb, Arsenico As, Cadmio Cd, Nichel Ni)

Tecniche analitiche

Per gli inquinanti monitorati le tecniche di misura corrispondono alle specifiche dettate dalla normativa italiana, recepimento di quella europea.

Tali sistemi analitici si riconducono a:

- ◆ Polveri PM10 metodo automatico: determinazione per assorbimento β delle Polveri su nastro in fibra di vetro previo frazionamento;
- ◆ Polveri PM2,5 metodo manuale: determinazione gravimetrica su filtri in fibra di quarzo da 47 mm previo frazionamento;
- ◆ Monossido di Carbonio: determinazione per assorbimento I.R.;
- ◆ Ossidi d'Azoto, in particolare del Biossido d'Azoto: determinazione per emissione a chemiluminescenza;
- ◆ Biossido di Zolfo: determinazione per emissione a fluorescenza;
- ◆ Ozono: determinazione per assorbimento U.V.;
- ◆ Benzene metodo manuale: campionamento di 24 ore su fiale di carbone attivo, successivo desorbimento termico e analisi gascromatografica;
- ◆ Benzo(a)pirene: estrazione ad ultrasuoni dai filtri del PM10 con solvente e analisi HPLC in cromatografia inversa e rivelatore spettrofluorimetrico;
- ◆ Metalli pesanti: estrazione dai filtri del PM10 in microonde e analisi in fornetto a grafite (GFAAS) e/o ICP – OTTICO.

Caratteristiche degli inquinanti monitorati

Polveri (PM10 e PM2,5)

Materiale particolato (PM) è il termine usato per indicare presenze solide o di aerosol in atmosfera, generalmente formate da agglomerati di diverse dimensioni, composizione chimica e proprietà, derivanti sia da fonti antropiche che naturali. Le differenti classi dimensionali conferiscono alle particelle caratteristiche fisiche e geometriche assai varie.

Le Polveri PM10 rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 10 μm , mentre le PM2,5, che costituiscono in genere circa il 60-90% delle PM10, rappresentano il particolato che ha un diametro inferiore a 2,5 μm .

Vengono dette Polveri inalabili quelle in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio dal naso alla laringe.

Parte delle particelle che costituiscono le Polveri atmosferiche è emessa come tale da diverse sorgenti naturali ed antropiche (particelle primarie); parte invece deriva da

una serie di reazioni chimiche e fisiche che avvengono nell'atmosfera (particelle secondarie).

L'abbattimento e/o l'allontanamento delle Polveri è legato in gran parte alla meteorologia. Pioggia e neve abbattano le particelle, il vento le sposta anche sollevandole, mentre le dinamiche verticali connesse ai profili termici e/o eolici le allontanano.

Le più importanti sorgenti naturali sono così individuate:

- ◆ incendi boschivi;
- ◆ Polveri al suolo risollevate e trasportate dal vento;
- ◆ aerosol biogenico (spore, pollini, frammenti vegetali, ecc.);
- ◆ emissioni vulcaniche;
- ◆ aerosol marino.

Le più rilevanti sorgenti antropiche sono:

- ◆ processi di combustione di legno, derivati del petrolio, residui agricoli;
- ◆ emissioni prodotte in vario modo dal traffico veicolare (emissioni dei gas di scarico, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale);
- ◆ processi industriali;
- ◆ emissioni prodotte da altri macchinari e veicoli (mezzi di cantiere e agricoli, aeroplani, treni, ecc.).

Una volta emesse, le Polveri PM10 possono rimanere in sospensione nell'aria per circa dodici ore, mentre le particelle a diametro sottile, ad esempio 1 μm , possono rimanere in circolazione per circa un mese. La frazione fine delle Polveri nei centri urbani è prodotta principalmente da fenomeni di combustione derivanti dal traffico veicolare e dagli impianti di riscaldamento.

Il particolato emesso dai camini di altezza elevata può essere trasportato dagli agenti atmosferici anche a grandi distanze. Per questo motivo parte dell'inquinamento di fondo riscontrato in una determinata città può provenire da una fonte situata anche lontana dal centro urbano. Nei centri urbani l'inquinamento da Polveri fini, che sono le più pericolose per la salute, è essenzialmente dovuto al traffico veicolare ed al riscaldamento domestico.

Le dimensioni delle particelle in sospensione rappresentano il parametro principale che caratterizza il comportamento di un aerosol. Dato che l'apparato respiratorio è come un canale che si ramifica dal punto di inalazione naso o bocca, sino agli alveoli con diametro sempre decrescente, si può immaginare che le particelle di dimensioni maggiori vengono trattenute nei primi stadi, mentre quelle sottili penetrano sino agli alveoli. Il rischio determinato dalle particelle è dovuto alla deposizione che avviene lungo tutto l'apparato respiratorio, dal naso agli alveoli.

La deposizione si ha quando la velocità delle particelle si annulla per effetto delle forze di resistenza inerziale alla velocità di trascinamento dell'aria, che decresce dal naso sino agli alveoli. Questo significa che procedendo dal naso o dalla bocca attraverso il tratto tracheo-bronchiale sino agli alveoli, diminuisce il diametro delle particelle che penetrano e si depositano.

Monossido di Carbonio (CO)

Il Monossido di Carbonio (CO) è un gas incolore, inodore ed insapore prodotto dai processi di combustione incompleta di materiali contenenti Carbonio. Il CO emesso dai veicoli subisce nell'atmosfera poche reazioni, essendo notevolmente stabile ed avendo un tempo di permanenza di quattro mesi circa. La sua concentrazione decresce progressivamente all'aumentare della distanza dalle sorgenti di emissione,

cioè principalmente dalle strade adibite a circolazione autoveicolare.

Le fonti più importanti di CO sono il traffico motorizzato, gli insediamenti produttivi e le abitazioni. La sua produzione varia in relazione al tipo di veicolo, essendo maggiore nei motori a benzina rispetto ai diesel che funzionano con una maggiore quantità di aria, realizzando così una combustione più completa. La produzione di questo gas dipende inoltre dal regime del motore, risultando maggiore in avviamento, in decelerazione ed al minimo, mentre è minore a velocità di crociera. Nel traffico urbano quindi la quantità di CO prodotta dai veicoli è relativamente elevata a causa delle frequenti decelerazioni ed accelerazioni, nonché dalle soste con il motore al minimo. La concentrazione di CO nei gas di scarico è inoltre influenzata dal sistema di alimentazione del motore adottato, dalla sua regolazione e dalla presenza o meno dei dispositivi di limitazione delle emissioni. Il progressivo rinnovo del parco autoveicolare ed i provvedimenti di fluidificazione del traffico hanno portato, a parità di veicoli circolanti, ad una riduzione delle emissioni.

Biossido d'Azoto (NO₂)

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di Ossidi d'Azoto, per l'inquinamento dell'aria si fa riferimento principalmente al Monossido d'Azoto (NO), al Biossido (NO₂) ed alla loro somma pesata.

La principale fonte antropogenica di Ossidi d'Azoto è la combustione ad alta temperatura, come quella dei motori dei veicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'Azoto dell'aria e l'Ossigeno formando Monossido d'Azoto.

La quantità prodotta cresce con la temperatura di combustione e con la velocità di raffreddamento dei gas prodotti che impedisce la decomposizione in Azoto ed Ossigeno.

Le miscele "ricche", cioè con poca aria, danno luogo ad emissioni con limitate concentrazioni di Monossido d'Azoto a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione, ma originano elevate emissioni di idrocarburi e Monossido di Carbonio per effetto della combustione incompleta. Miscele "povere", cioè con elevata quantità di aria, determinano maggiori concentrazioni di NO nelle emissioni, e limitano una buona resa del motore a causa dell'eccesso di aria che raffredda la camera di combustione. Quando i fumi vengono mescolati con aria allo scarico si forma una significativa quantità di Biossido d'Azoto per ossidazione del Monossido ad opera dell'Ossigeno. Altre importanti fonti di Ossidi d'Azoto sono gli insediamenti produttivi, gli impianti domestici e le pratiche agricole che utilizzano fertilizzanti azotati a causa dei processi ossidativi dell'Ammoniaca.

Ossidi di Zolfo (SO_x)

Gli Ossidi di Zolfo presenti in atmosfera sono le Anidridi solforosa (SO₂) e solforica (SO₃) con predominanza della prima; questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO_x. L'Anidride solforosa o Biossido di Zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificare nelle zone più basse.

Il Biossido di Zolfo si forma nel processo di combustione per ossidazione dello Zolfo presente nei combustibili fossili quali carbone, olio combustibile e gasolio. Le fonti di emissione principali sono legate alla produzione di energia, agli impianti termici, ai processi industriali ed al traffico. L'Anidride solforosa è il principale responsabile delle "piogge acide" perché tende a trasformarsi in Anidride solforica e, in presenza di umidità, in acido solforico. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di quote di emissioni elevate può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze.

Ozono (O₃)

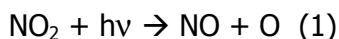
L'Ozono è un gas irritante di colore bluastro, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare (O₂) ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo



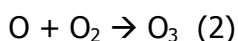
Per queste sue caratteristiche l'Ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'Ozono presente nella bassa troposfera è principalmente il prodotto di una serie complessa di reazioni chimiche di altri inquinanti presenti nell'atmosfera, detti precursori, nelle quali interviene l'azione dell'irraggiamento solare. I principali precursori coinvolti sono gli Ossidi d'Azoto ed i composti organici volatili (COV).

La produzione di Ozono in troposfera per reazione chimica ha inizio con la fotolisi del Biossido d'Azoto, ovvero la scissione di questa molecola da parte della radiazione solare, $h\nu$, con lunghezza d'onda inferiore a 430 nm, in Monossido d'Azoto ed ossigeno atomico:



seguita dalla combinazione dell'ossigeno atomico con ossigeno atmosferico:



Una volta prodotto l'Ozono può a sua volta reagire con il Monossido d'Azoto formatosi dalla reazione (1) per riformare il Biossido d'Azoto di partenza:



L'Ozono viene quindi prodotto dalla reazione (2) e successivamente rimosso dalla reazione (3) in un ciclo a produzione teoricamente nulla.

In troposfera sono però presenti specie molto reattive chiamate "Radicali perossialchilici", convenzionalmente indicati come RO₂, prodotte dalla ossidazione di idrocarburi ed altri composti organici volatili. Il Monossido d'Azoto reagisce con questi radicali secondo la reazione generale:



In presenza di Radicali perossialchilici la reazione (4) risulta competitiva rispetto alla reazione (3) la quale non ha modo di avvenire, essendo uno dei reagenti, il Monossido d'Azoto, rimosso dalla reazione (4); l'Ozono prodotto dalla sequenza di reazione (1) e (2) può quindi accumularsi in atmosfera.

I precursori coinvolti nel ciclo dell'Ozono possono essere di origine antropogenica, a seguito di combustioni ed evaporazione di solventi organici, o derivare da sorgenti naturali di emissione quali incendi e vegetazione.

Nei centri urbani gli inquinanti coinvolti nella produzione di Ozono derivano principalmente dal traffico veicolare. Nella complessa serie di reazioni coinvolgenti NO_x e composti organici volatili, i vari COV hanno effetti differenti; tra i più reattivi vanno ricordati il Toluene, l'Eteno, il Propene e l'Isoprene. Dopo l'emissione i precursori si disperdono nell'ambiente in maniera variabile a seconda delle condizioni atmosferiche. Affinché dai precursori, con l'azione della radiazione solare, si formi Ozono in quantità apprezzabili, occorre un certo periodo di tempo che può

variare da poche ore a giorni. Questo fa sì che le concentrazioni di O_3 in un dato luogo non siano linearmente correlate alle quantità di precursori emessi nella zona considerata. Inoltre, visto il tempo occorrente per la formazione di Ozono, le masse d'aria contenenti O_3 , COV ed NO_x possono percorrere notevoli distanze, anche centinaia di chilometri, determinando effetti in aree diverse da quelle di produzione. Da ciò deriva che il problema dell'inquinamento da Ozono non può essere valutato strettamente su base locale, ma deve essere considerato su ampia scala.

Le concentrazioni di Ozono dipendono quindi notevolmente dalle condizioni atmosferiche; le reazioni che portano alla sua formazione sono reazioni fotochimiche e quindi le concentrazioni dell'inquinante aumentano con il crescere della radiazione solare, mentre diminuiscono con l'aumentare della nuvolosità. La conseguenza è che i valori massimi di concentrazione di Ozono si registrano nel tardo pomeriggio estivo.

Benzene (C_6H_6)

Il Benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale ed è costituito da sei atomi di Carbonio e sei atomi di idrogeno. Anche conosciuto come benzolo, rappresenta la sostanza aromatica con la struttura molecolare più semplice e per questo lo si può definire il composto-base della classe degli idrocarburi aromatici.

Il Benzene a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. E' una sostanza altamente infiammabile.

La sua presenza nell'ambiente deriva sia da processi naturali sia da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropogeniche e sono dovute essenzialmente agli incendi boschivi. La maggior parte del Benzene presente nell'aria è invece un sottoprodotto delle attività umane.

Le principali cause d'esposizione al Benzene sono le combustioni incomplete.

Per quanto riguarda l'apporto dovuto al traffico, predominano le emissioni dei mezzi a benzina rispetto ai diesel. Per i veicoli a benzina, circa il 95% dell'inquinante deriva dai gas di scarico, mentre il restante 5% dall'evaporazione del carburante dal serbatoio e dal carburatore durante le soste e i rifornimenti.

Benzo(a)pirene ($C_{20}H_{12}$)

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono prodotti dalla combustione incompleta di composti organici e pertanto derivano da fonti per la massima parte di tipo antropico, anche se esistono apporti dovuti ad incendi boschivi ed eruzioni vulcaniche.

Il principale IPA è il Benzo(a)pirene (BaP), unico tra questi composti soggetto alla normativa dell'inquinamento atmosferico. I processi che lo originano comportano la concomitante formazione di altri IPA non soggetti alla normativa.

Le principali sorgenti di derivazione antropica di questi composti sono il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e i processi di combustione industriale.

Nelle zone urbane le emissioni di IPA dovute al traffico veicolare, in particolare dai processi di combustione dei motori diesel, risultano rilevanti. Le quantità emesse sono correlate all'efficienza e alla qualità tecnica del motore, al grado di manutenzione, alla quantità di IPA presenti nel carburante, nonché alla presenza ed efficienza di sistemi di riduzione delle emissioni. Nei processi combustivi si possono inoltre verificare reazioni di trasformazione, con conseguenti modifiche alla composizione degli IPA.

Il riscaldamento domestico contribuisce in modo rilevante alla presenza di questi composti, soprattutto durante i mesi freddi nelle aree caratterizzate da climi rigidi, come la provincia di Belluno. La quantità e la qualità delle emissioni è naturalmente funzione sia della tipologia di combustibile utilizzata sia della struttura tecnica dell'impianto di riscaldamento. Ad esempio, è noto che il contenuto di IPA nel

particolato derivante dalla combustione di legname è maggiore rispetto a quello del gasolio. È importante sottolineare come gli impianti di riscaldamento alimentati a metano hanno un'emissione di IPA praticamente nulla, risultando i più "puliti" per questo inquinante.

Altre fonti di emissione rilevanti sono gli impianti industriali che utilizzano oli combustibili a basso tenore di Zolfo (BTZ) o gasoli.

In genere gli IPA presenti nell'aria, pur essendo chimicamente stabili, possono degradare reagendo con la luce del sole. Quelli di massa maggiore si adsorbono al particolato aerodisperso, andando successivamente a depositarsi al suolo. Per la loro relativa stabilità e per la capacità di aderire alle Polveri possono essere trasportati anche a grandi distanze dalle zone di produzione.

Metalli

Piombo (Pb)

Il Piombo è l'elemento chimico di numero atomico 82. È un metallo tenero, pesante, malleabile. Di colore bianco azzurrognolo appena tagliato, esposto all'aria si colora di grigio scuro.

Il Piombo viene usato nella produzione di batterie per autotrazione e di proiettili per armi da fuoco. Questo metallo è un componente del peltro e di altre leghe usate per la saldatura. In natura è abbondantemente diffuso sotto forma di solfuro, nel minerale chiamato galena e in minerali di secondaria importanza, come la cerussite e l'anglesite.

Negli anni recenti un'importante sorgente di assorbimento per la popolazione è stato il Piombo aerodisperso proveniente dal traffico veicolare a benzina, in cui era presente come antidetonante, fino all'abolizione a partire dal 2002. Piccole quantità di Piombo possono provenire da attività industriali o essere presenti in frammenti di vernici.

Arsenico (As)

È l'elemento chimico di numero atomico 33. È un noto veleno ed un metalloide che si presenta in tre forme allotropiche diverse: gialla, nera e grigia.

Dal punto di vista chimico, l'Arsenico è molto simile al suo omologo, il fosforo, al punto che lo sostituisce parzialmente in alcune reazioni biochimiche. Scaldato, si ossida rapidamente ad Ossido arsenoso, dal tipico odore agliaceo. L'Arsenico ed alcuni suoi composti sublimano, passando direttamente dalla fase solida a quella gassosa.

L'arseniato di Piombo è stato usato fino al XX secolo come pesticida sugli alberi da frutto, con gravi danni neurologici per i lavoratori che lo spargevano sulle colture, mentre l'arseniato di rame è stato usato come colorante per dolci nel XIX secolo.

Più recentemente l'arsenocromato di rame ha trovato utilizzo negli interventi conservativi del legname contro la marcescenza e gli attacchi degli insetti. Questa pratica in molti paesi è stata proibita dopo la comparsa di studi che hanno dimostrato il lento rilascio di Arsenico per dilavamento e combustione da parte del legno trattato.

Altri usi:

- ◆ produzione di leghe;
- ◆ produzione di insetticidi;
- ◆ produzione di circuiti integrati a base di arseniuro di gallio;
- ◆ trattamenti per curare forme leucemiche con triOssido d'Arsenico;
- ◆ produzione di fuochi d'artificio.

Cadmio (Cd)

Il Cadmio è l'elemento chimico di numero atomico 48. È un metallo di transizione relativamente raro, tenero, bianco-argenteo con riflessi azzurrognoli. Si trova nei minerali dello zinco.

Il Cadmio è un metallo bivalente, malleabile, duttile e tenero, al punto che può essere tagliato con un normale coltello. Sotto molti aspetti assomiglia allo zinco, ma tende a formare composti più complessi di quest'ultimo.

Circa tre quarti della quantità di Cadmio prodotta trova utilizzo nelle pile al Nichel-Cadmio, mentre la restante quota è principalmente usata per produrre pigmenti, rivestimenti e stabilizzanti per materie plastiche.

Tra gli altri usi del Cadmio e dei suoi composti si segnalano:

- ◆ la produzione di leghe metalliche bassofondenti e per saldatura;
- ◆ la produzione di leghe metalliche ad alta resistenza all'usura;
- ◆ i trattamenti di cadmiatura, ovvero il rivestimento di materiali;
- ◆ la produzione di pigmenti gialli a base di solfuro di Cadmio;
- ◆ la produzione di semiconduttori e pile;
- ◆ la produzione di stabilizzanti per il PVC.

Nichel (Ni)

Il Nichel è l'elemento chimico di numero atomico 28. È un metallo bianco argenteo, che può essere lucidato con grande facilità. Appartiene al gruppo del ferro, è duro, malleabile e duttile. Si trova combinato con lo Zolfo nella millerite e con l'Arsenico nella niccolite.

Per la sua ottima resistenza all'ossidazione e la stabilità chimica esposto all'aria, si usa per coniare le monete di minor valore, per rivestire materiali ad esempio in ferro e ottone, in alcune attrezzature chimiche ed in certe leghe, come per esempio l'argento tedesco. È ferromagnetico e si accompagna molto spesso con il cobalto.

Il principale impiego del Nichel è la produzione di acciaio inox austenitico; tuttavia, grazie alle sue particolari caratteristiche, trova una vasta gamma di utilizzi, i principali dei quali sono legati alla produzione di:

- ◆ acciaio e leghe (alnico, monel, nitinol);
- ◆ batterie ricaricabili al Nichel idruro metallico e al Nichel-Cadmio;
- ◆ sostanze chimiche (catalizzatori e sali per elettrodeposizione);
- ◆ materiale da laboratorio (crogiuoli).

Il quadro normativo

L'esigenza di salvaguardare la salute e l'ambiente dai fenomeni di inquinamento atmosferico ha ispirato un corpo normativo volto alla definizione di:

- ◆ valori limite degli inquinanti per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- ◆ livelli critici per la protezione dei recettori naturali e degli ecosistemi;
- ◆ valori obiettivo per la protezione della salute umana e dell'ambiente;
- ◆ soglie di informazione e di allarme per la protezione della salute umana;
- ◆ obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e dell'ambiente.

Nel corso degli anni si sono succeduti numerosi atti legislativi recepimenti di normative europee. La direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio ha abrogato la legislazione precedente costituendo un testo unico sulla qualità

dell'aria ambiente. Il suo recepimento da parte dello Stato Italiano è avvenuto con il D.Lgs. 155/2010.

Il quadro riassuntivo dei riferimenti è riportato nelle tabelle seguenti, nelle quali sono presi in considerazione i singoli inquinanti, la tipologia d'esposizione (acuta o cronica) e l'oggetto della tutela, ovvero la protezione della salute umana o della vegetazione.

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE
PM10	Valore limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³
O ₃	Soglia di informazione Media oraria *	180 µg/m ³
O ₃	Soglia di allarme Media oraria *	240 µg/m ³
NO ₂	Soglia di allarme **	400 µg/m ³
NO ₂	Valore limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³
CO	Valore limite Media massima giornaliera calcolata su 8 h	10 mg/m ³
SO ₂	Soglia di allarme **	500 µg/m ³
SO ₂	Valore limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³
SO ₂	Valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³

Tabella 1.1: valori limite per l'esposizione acuta D.Lgs. 155/2010

* per l'applicazione dell'articolo 10 comma 1, deve essere misurato o previsto un superamento di tre ore consecutive

** misurato per 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 Km² oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato se tale zona o agglomerato sono meno estesi

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
PM10	Valore limite Media su anno civile	40 µg/m ³	
PM2.5	Valore limite Media su anno civile	25 µg/m ³	Margine tolleranza 20 % l'11 giugno 2008, con riduzione il 1 gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015
O₃	Valore obiettivo per la protezione della salute Media massima giornaliera calcolata su 8 h da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni *	120 µg/m ³	
O₃	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana Media massima giornaliera calcolata su 8 h nell'arco dell'anno civile	120 µg/m ³	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita
NO₂	Valore limite Anno civile	40 µg/m ³	
Pb	Valore limite Media su anno civile	0,5 µg/m ³	
C₆H₆	Valore limite Media su anno civile	5 µg/m ³	
As	Valore obiettivo Media su anno civile	6 ng/m ³	Da raggiungere entro il 31/12/2012
Ni	Valore obiettivo Media su anno civile	20 ng/m ³	Da raggiungere entro il 31/12/2012
Cd	Valore obiettivo Media su anno civile	5 ng/m ³	Da raggiungere entro il 31/12/2012
B(a)P	Valore obiettivo Media su anno civile	1 ng/m ³	Da raggiungere entro il 31/12/2012

Tabella 1.2. valori limite per l'esposizione cronica D.Lgs. 155/2010

* il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010 - 2012, per la protezione della salute umana e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014, per la protezione della vegetazione.

INQUINANTE	TIPOLOGIA	CONCENTRAZIONE	NOTE
SO ₂	Livello critico per la vegetazione Anno civile	20 µg/m ³	
SO ₂	Livello critico per la vegetazione (1 ottobre - 31 marzo)	20 µg/m ³	
NO _x	Limite critico per la vegetazione Anno civile	30 µg/m ³	
O ₃	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio *	18000 µg/m ³ h come media su 5 anni	
O ₃	Valore obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 h) da maggio a luglio	6000 µg/m ³ h come media su 5 anni	Data entro la quale deve essere raggiunto l'obiettivo a lungo termine non definita

Tabella 1.3: valori limite per la vegetazione D.Lgs. 155/2010

* il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010 - 2012, per la protezione della salute umana e nel 2015, con riferimento al quinquennio 2010 - 2014, per la protezione della vegetazione.

Risultati analitici dell'attività di monitoraggio nell'anno 2010: confronto con i limiti di legge

Nelle tabelle che seguono vengono esposti i raffronti tra i limiti di legge e i valori misurati nel 2010 dei diversi inquinanti per quanto riguarda le soglie di esposizione acuta e cronica, secondo quanto stabilito dalla normativa.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO BOLOGNA: RAFFRONTO DEI DATI CON I LIMITI DI LEGGE - ANNO 2010			
Esposizione acuta			
Inquinante	Tipologia	Valore limite	Risultati
SO ₂	Soglia di allarme*	500 µg/m ³	0 superamenti
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³	0 superamenti
SO ₂	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³	0 superamenti
NO ₂	Soglia di allarme*	400 µg/m ³	0 superamenti
NO ₂	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	200 µg/m ³	0 superamenti
PM10	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³	21 superamenti
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	10 mg/m ³	0 superamenti
O ₃	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m ³	1 superamento
O ₃	Soglia di allarme	240 µg/m ³	0 superamenti
	Media 1 h		
* misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 Km ² , oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.			

Esposizione cronica				
Inquinante	Tipologia	Valore limite	Note	Risultati
O ₃	Valore bersaglio per la protezione della salute da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni	120 µg/m ³	In vigore dal 2010 . Prima verifica nel 2013.	53 superamenti
	Media su 8 h massima giornaliera			
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120 µg/m ³		53 superamenti
	Media su 8 h massima giornaliera			
PM10	Valore limite annuale. Anno civile	40 µg/m ³		21 µg/m ³
PM2,5	Valore limite annuale. Anno civile	25 µg/m ³		19 µg/m ³
NO ₂	Valore limite Anno civile	40 µg/m ³		26 µg/m ³
C ₆ H ₆	Valore limite annuale per la protezione della salute umana. Anno civile	5 µg/m ³		0,9 µg/m ³
B(a)P	Valore obiettivo di qualità media annuale	1 ng/m ³	In vigore dal 31/12/2012.	1,2 ng/m ³
Pb	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	0,5 µg/m ³	In vigore dal 31/12/2012.	0,005 µg/m ³
As	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	6 ng/m ³	In vigore dal 31/12/2012.	0,5 ng/m ³
Cd	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	5 ng/m ³	In vigore dal 31/12/2012.	0,2 ng/m ³
Ni	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	20 ng/m ³	In vigore dal 31/12/2012.	1,7 ng/m ³

Anidride solforosa: le concentrazioni rilevate si sono mantenute abbondantemente al di sotto dei limiti di legge. Le basse concentrazioni trovano spiegazione nel fatto che questo inquinante viene misurato in maniera significativa solo in presenza di talune emissioni di tipo industriale e di trasporto che utilizzano soprattutto gasoli. Il

valore massimo orario rilevato è stato di $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da confrontarsi col limite di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Monossido di Carbonio: le concentrazioni rilevate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. La media mobile di otto ore massima rilevata nel 2010 è stata di $1,5 \text{ mg}/\text{m}^3$, a fronte di un limite massimo giornaliero di $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Biossido d'Azoto: le concentrazioni misurate si sono mantenute al di sotto dei limiti di legge. Il dato massimo orario rilevato è stato di $129 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a fronte di un limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 18 volte all'anno. La media annuale pari a $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ha rispettato il limite di legge.

Ozono: per questo inquinante quest'anno si è registrato un superamento della soglia di informazione alla popolazione e nessuno della soglia d'allarme.

Polveri PM₁₀: per questo inquinante sono stati rispettati sia lo standard di qualità dell'aria acuto con 21 superamenti giornalieri (su 35 consentiti) che quello cronico con una media annuale di $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispetto ad valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Polveri PM_{2,5}: la media annuale è risultata pari a $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispetto ad un valore limite annuale di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 2015.

Benzene: la concentrazione media annua è stata di $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ampiamente inferiore al limite di legge pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Benzo(a)pirene: la concentrazione media annua è risultata di $1,2 \text{ ng}/\text{m}^3$, superiore al valore obiettivo annuale per la protezione della salute umana fissato in $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ in vigore tuttavia dal 31/12/2012.

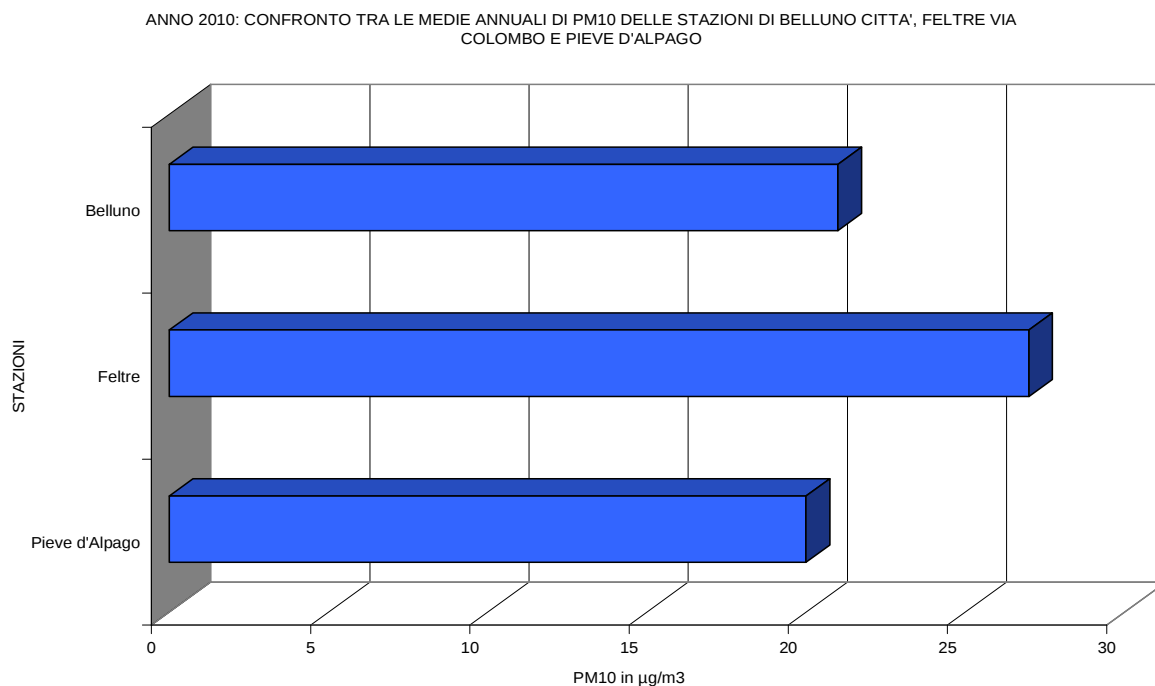
Piombo: La concentrazione media annuale si è attestata a $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ben al di sotto del valore obiettivo per la protezione della salute umana fissato in $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in vigore tuttavia dal 31/12/2012.

Cadmio: la concentrazione media annuale di questo inquinante è risultata pari al limite di rilevabilità strumentale di $0,2 \text{ ng}/\text{m}^3$, ben al di sotto del valore obiettivo di $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ in vigore tuttavia dal 31/12/2012.

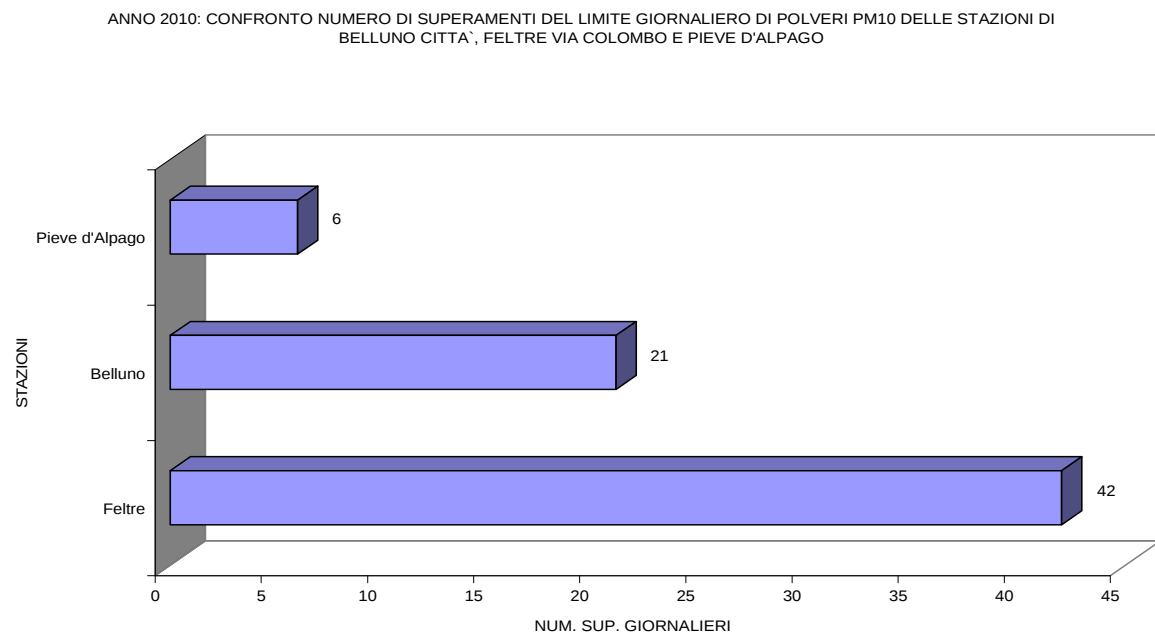
Nichel: la media dei valori rilevati è stata di $1,7 \text{ ng}/\text{m}^3$, ben al di sotto del valore obiettivo di $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ in vigore tuttavia dal 31/12/2012.

Arsenico: la concentrazione di questo inquinante si è attestata quasi sempre su livelli inferiori al limite di rilevabilità strumentale di $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Il valore medio finale di $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ è di molto inferiore al valore obiettivo di $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ in vigore tuttavia dal 31/12/2012.

Analisi comparativa dei dati delle stazioni fisse di rilevamento di Belluno, Feltre e Pieve d'Alpago.

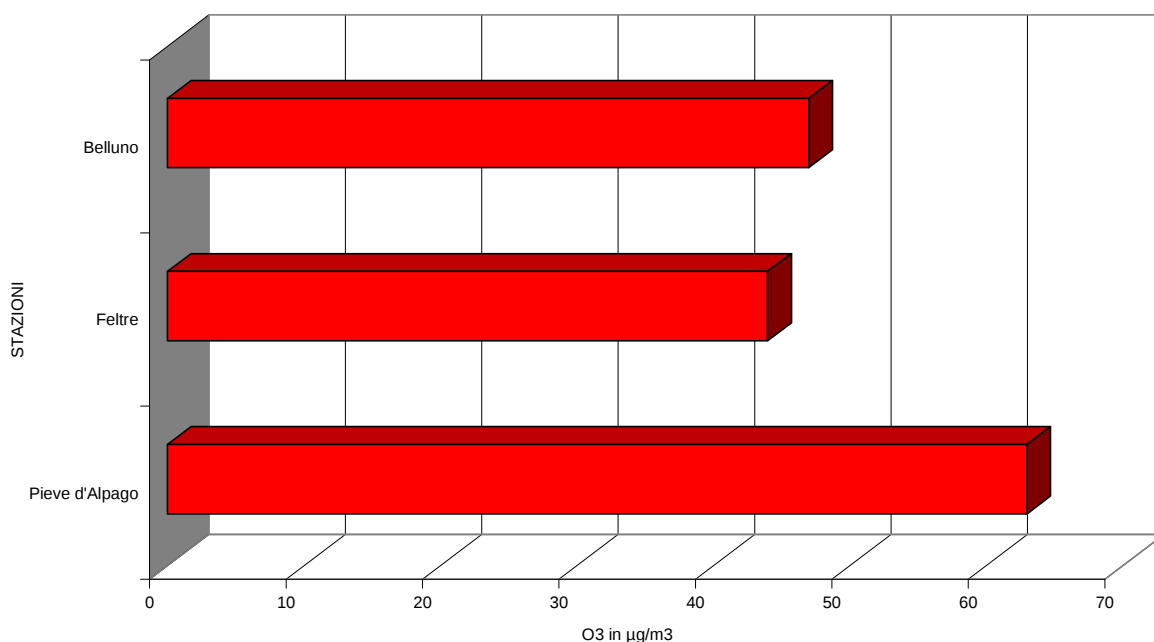


Il grafico di confronto delle medie annuali di PM10 delle stazioni fisse evidenzia il rispetto del limite per l'esposizione cronica ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale) in tutte le stazioni con Belluno che registra valori di poco superiori a Pieve d'Alpago.



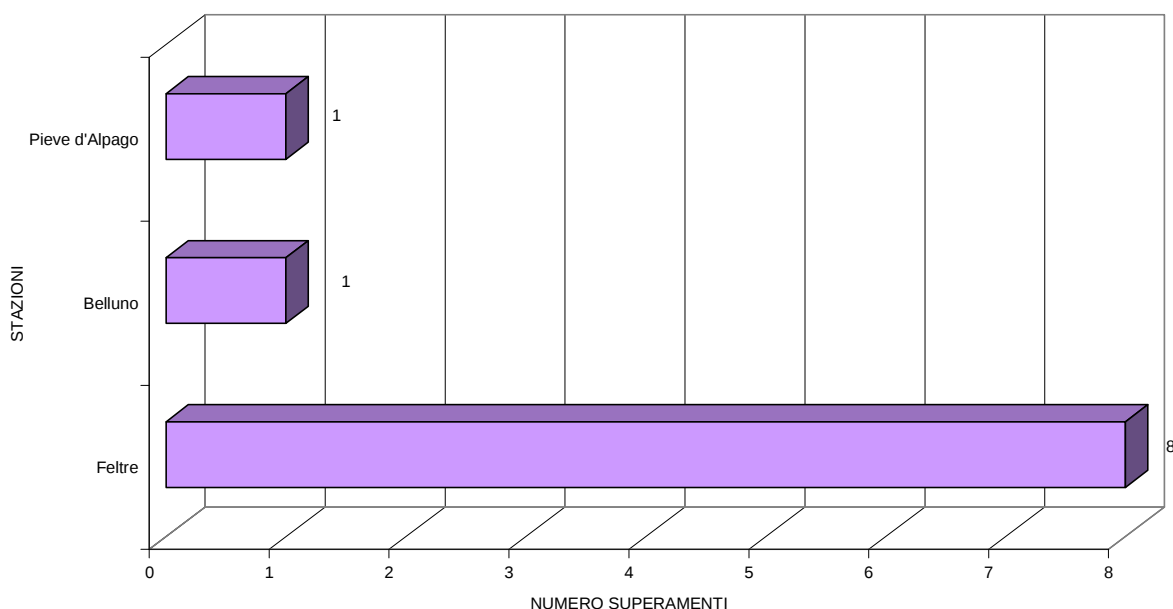
Il grafico di confronto dei superamenti del limite acuto delle Polveri PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno) evidenzia che solo la stazione di Feltre con 42 sforamenti ha superato tale limite di tipo acuto. La situazione rilevata a Belluno risulta intermedia.

ANNO 2010: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI OZONO (O₃) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE VIA COLOMBO E PIEVE D'ALPAGO



Nel caso dell'Ozono invece la stazione di Pieve d'Alpago, sita in zona pedemontana (loc. Villa), presenta il valore medio più elevato per le caratteristiche di ruralità della localizzazione, con modesta presenza di inquinanti primari (NO, NO₂ e NO_x) che degradano l'Ozono.

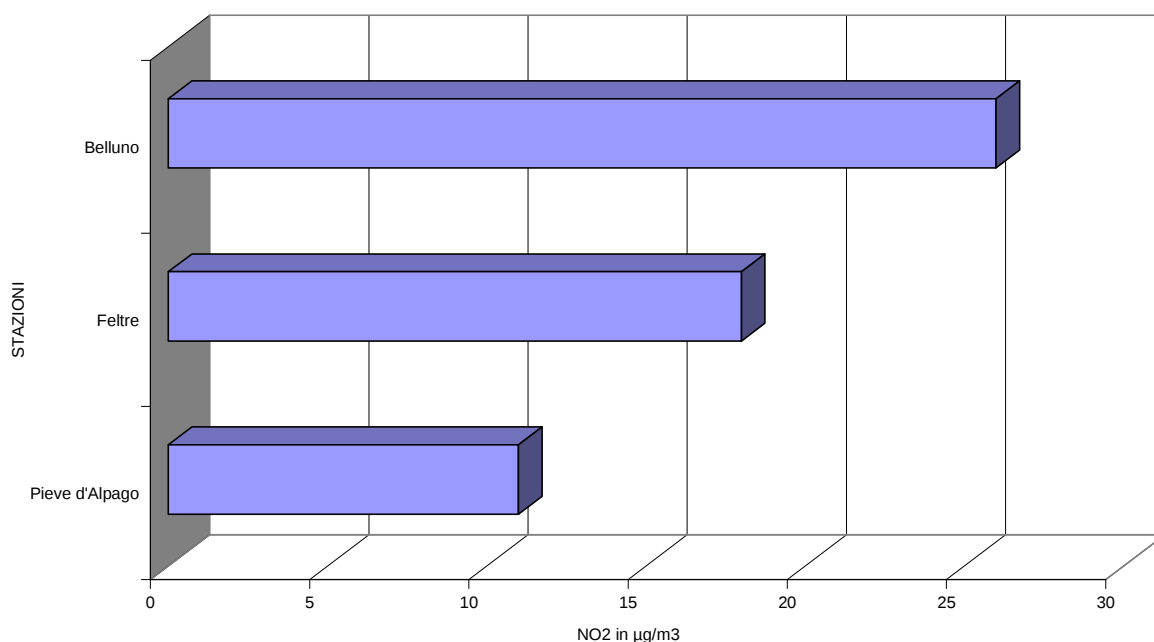
ANNO 2010: CONFRONTO TRA I SUPERAMENTI DELLA SOGLIA DI INFORMAZIONE ALLA POPOLAZIONE (180 µg/m³) PER L'OZONO (O₃) NELLE STAZIONI DI BELLUNO, FELTRE E PIEVE D'ALPAGO



Per quanto riguarda i superamenti della soglia di informazione alla popolazione (180 µg/m³) la stazione di Feltre presenta il maggior numero di sforamenti, seguita a pari merito da Belluno e Pieve d'Alpago.

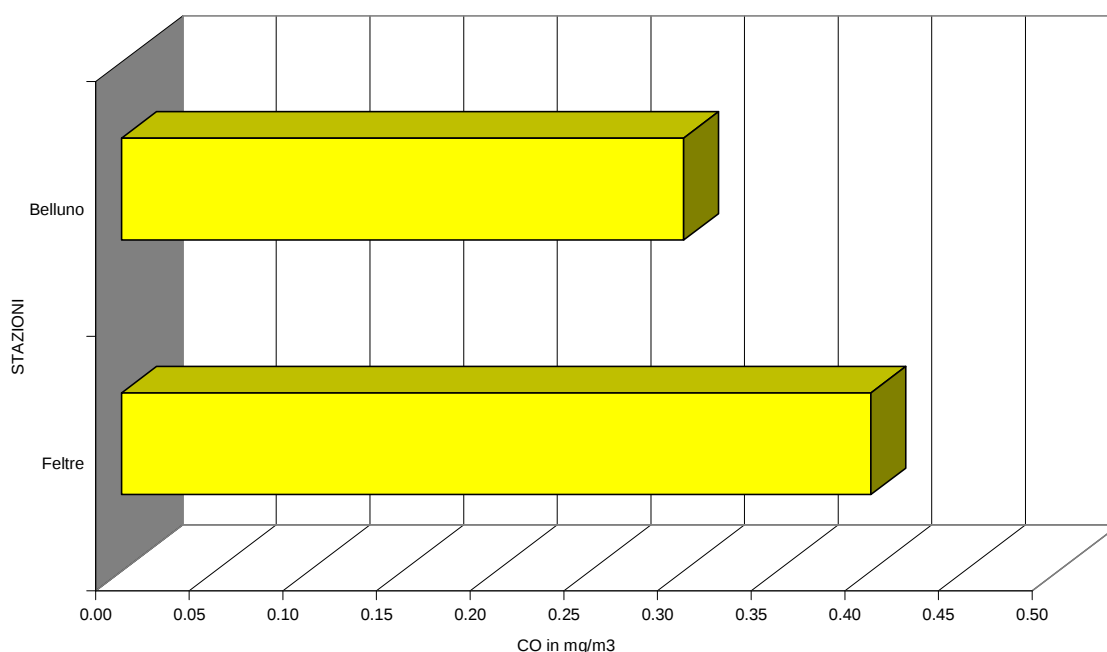
Nessuna delle tre stazioni ha fatto registrare superamenti della soglia di allarme.

ANNO 2010: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI BISSIDO D'AZOTO (NO₂) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE VIA COLOMBO E PIEVE D'ALPAGO



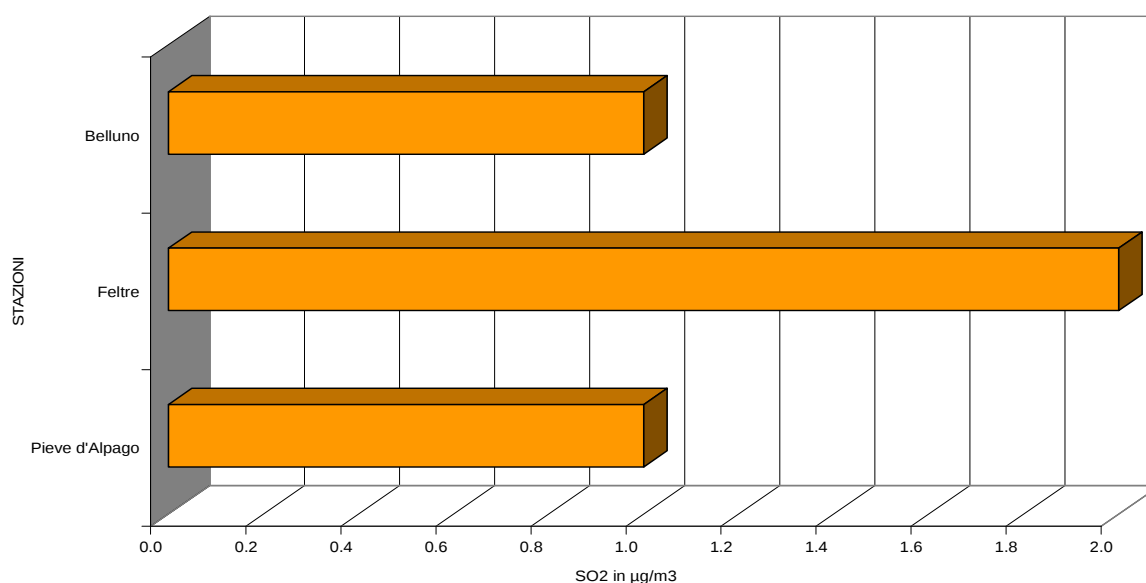
Il grafico del Biossido d'Azoto conferma la scarsa presenza di questo inquinante nella stazione di Pieve d'Alpago mentre per la stazione di Belluno, di tipo urbano, le concentrazioni sono relativamente più elevate per la maggior vicinanza a strade trafficate.

ANNO 2010: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA' E FELTRE VIA COLOMBO



Per quanto riguarda il Monossido di Carbonio, inquinante primario legato alle combustioni incomplete, la stazione di Feltre presenta valori medi annuali leggermente più elevati.

ANNO 2010: CONFRONTO TRA LE MEDIE ANNUALI DI ANIDRIDE SOLFOROSA (SO₂) DELLE STAZIONI DI BELLUNO CITTA', FELTRE VIA COLOMBO E PIEVE D'ALPAGO



Per quanto riguarda l'Anidride solforosa, inquinante primario legato alla presenza di Zolfo dei combustibili, la stazione di Feltre presenta valori medi annuali più elevati.

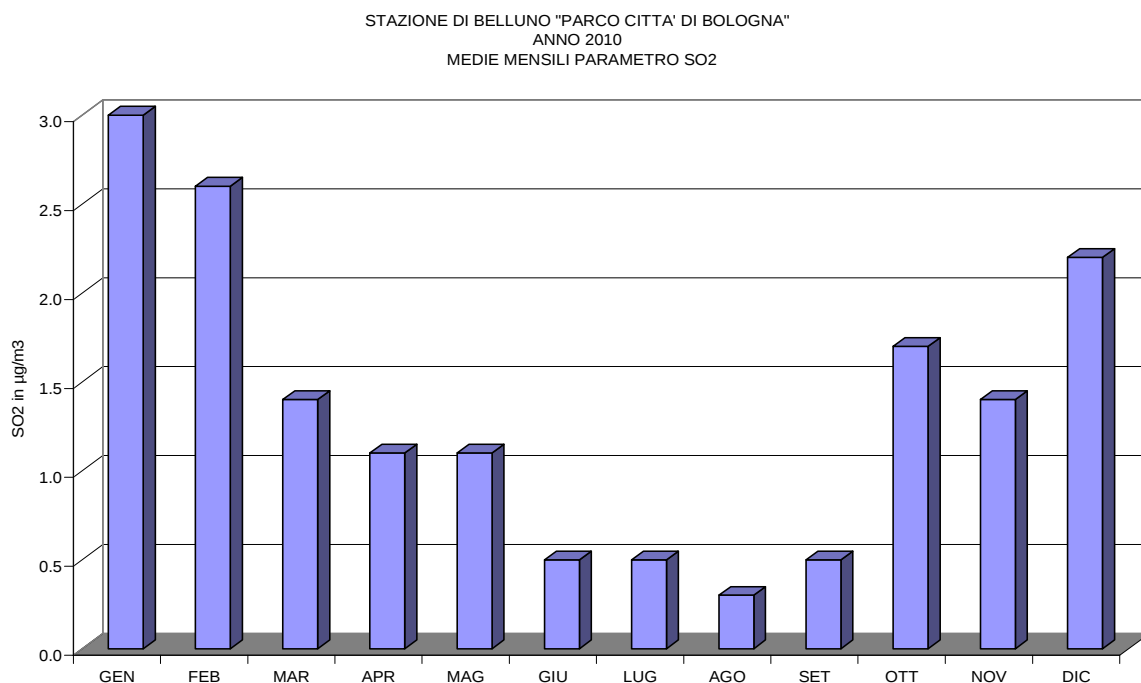
Valutazione del trend poliennale di tutti i parametri rilevati

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA` DI BOLOGNA: TREND							
PARAMETRO	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	PM10	Benzene	Benzo(a)Pirene
Unità di misura	µg/m ³ 293K	µg/m ³ 293K	µg/m ³ 293K	mg/m ³ 293K	µg/m ³	µg/m ³ 293K	nanogrammi/m ³
anno	media	media	media	media	media	media	media
2004	2	24	44	0.4	30	***	***
2005	2	27	49	0.3	27	3.1	0.9
2006	2	28	48	0.4	26	2.5	1.0
2007	3	24	37	0.4	23	1.2	1.2
2008	2	23	41	0.3	23	1.1	1.1
2009	2	26	41	0.4	24	0.9	1.1
2010	1	26	47	0.3	21	0.9	1.2

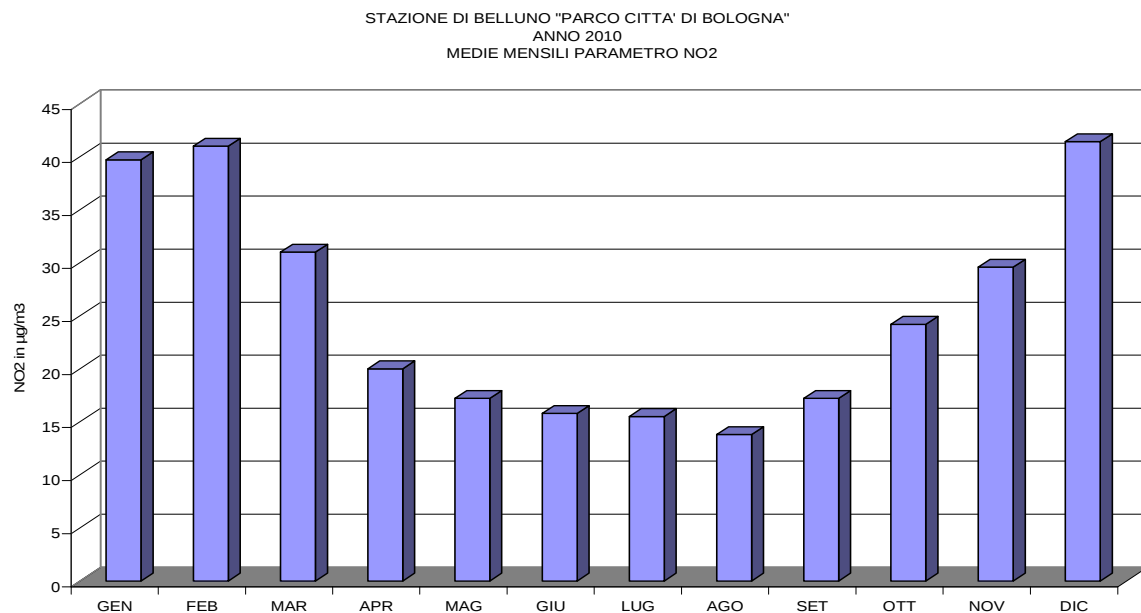
La tabella, che considera il trend degli inquinanti monitorati dal momento dell'attivazione della stazione di Parco "Città di Bologna", evidenzia una sostanziale stabilità per quanto riguarda l'Anidride solforosa (SO₂), il Biossido d'Azoto (NO₂), il Monossido di Carbonio (CO) e l'Ozono (O₃). L'andamento del Benzene e delle Polveri PM10 ha registrato una costante diminuzione. Il Benzo(a)pirene è rimasto sostanzialmente invariato negli ultimi anni.

Valutazione stagionale, settimanale e giornaliera dei parametri monitorati

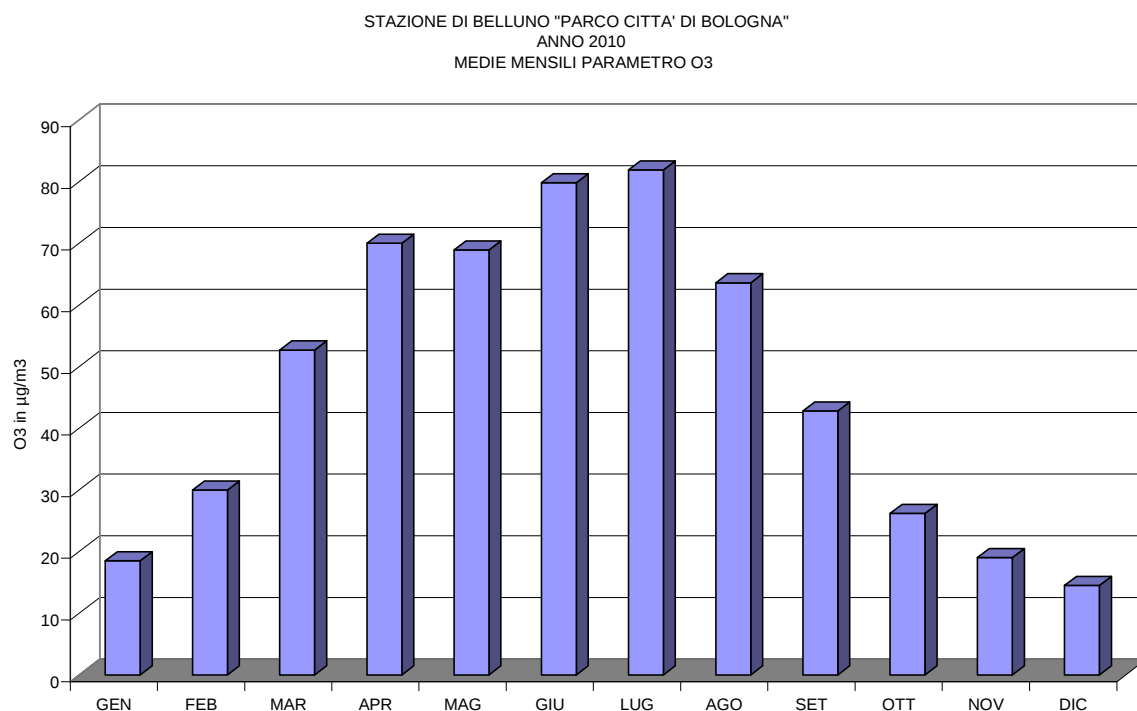
In questo paragrafo vengono presentate alcune valutazioni sull'andamento stagionale e settimanale di alcuni parametri, cercando di metterne in evidenza la relazione con i fattori climatici e con le fonti di emissione su base annuale o giornaliera a seconda che si tratti di dati raccolti su base giornaliera o oraria.



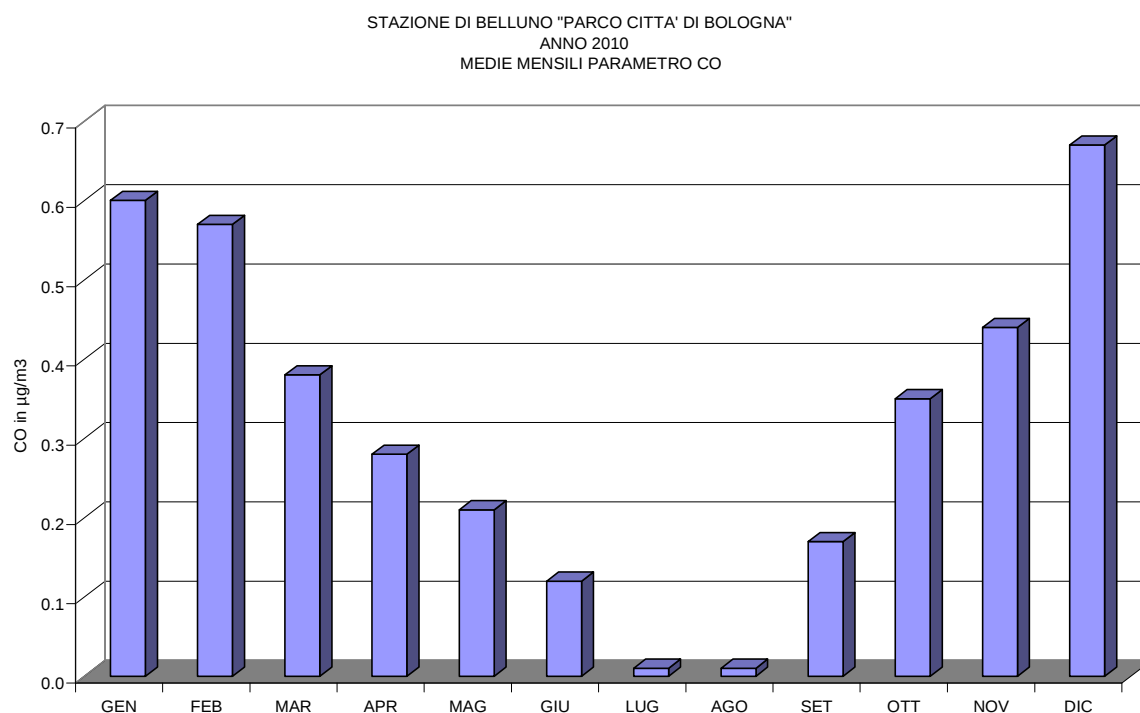
Il primo grafico rappresenta l'andamento stagionale dell'Anidride solforosa (SO₂). I dati risultano estremamente bassi evidenziando un incremento nel periodo invernale.



Anche il Biossido d'Azoto (NO₂) presenta valori più elevati nel periodo invernale sia per l'aumento del carico antropico sia per le ridotte capacità di dispersione degli inquinanti.

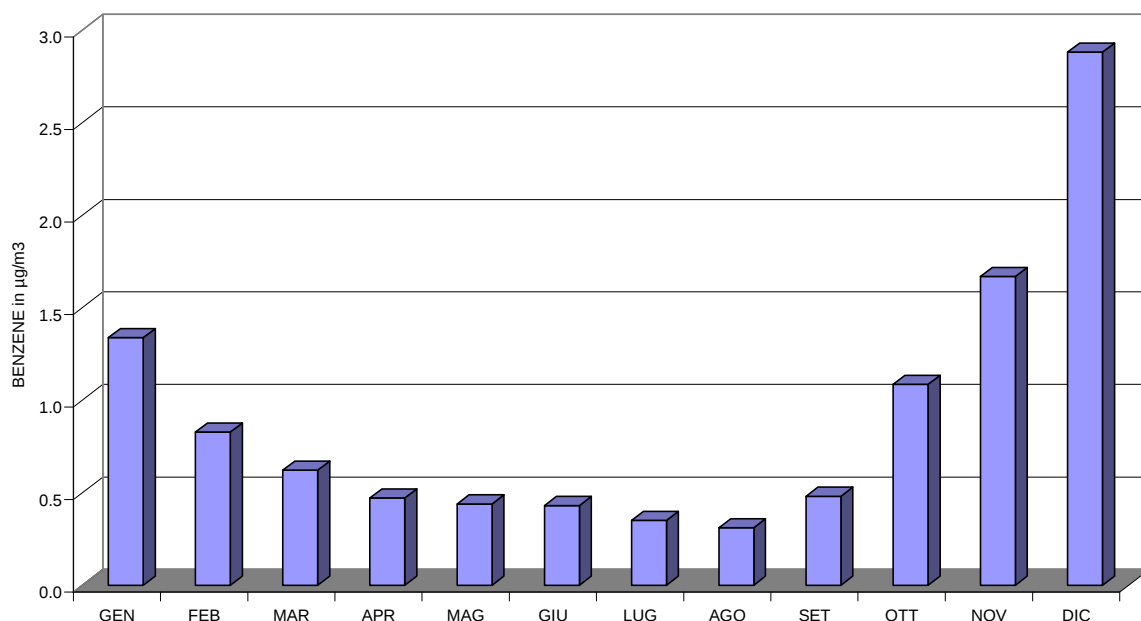


Contrariamente agli inquinanti precedentemente illustrati l'Ozono, inquinante secondario correlato strettamente alla radiazione solare, tende a crescere dalla stagione primaverile-estiva.



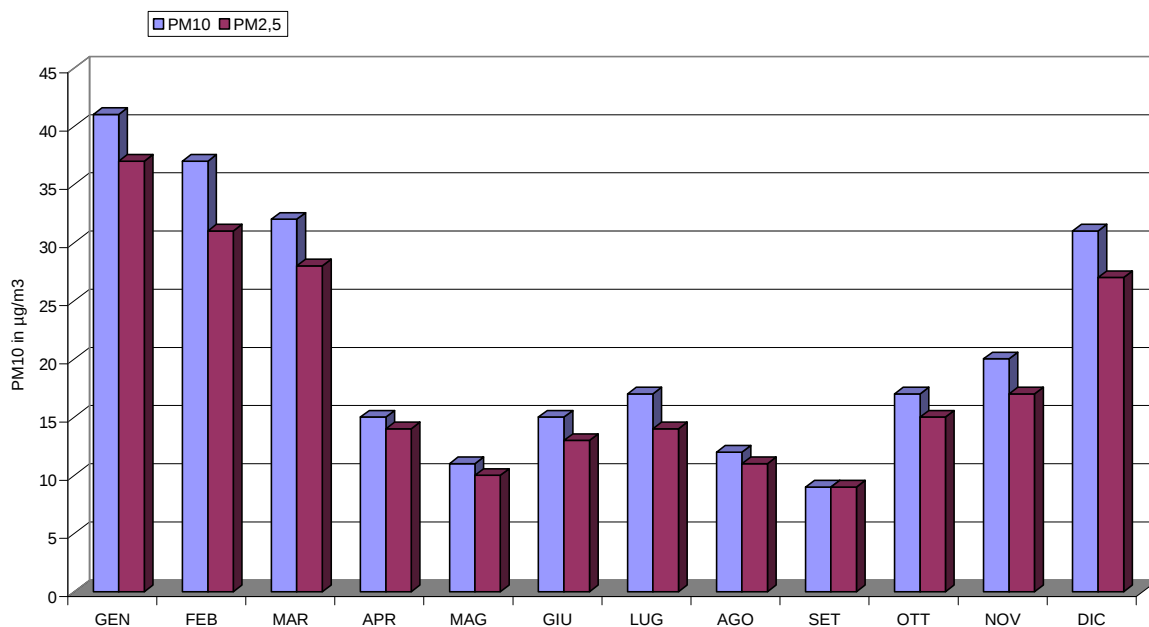
Il Monossido di Carbonio (CO), pur risultando estremamente basso, ha un andamento stagionale marcato, con valori più elevati nel periodo invernale sempre dovuti al generale aumento del carico antropico ed alle condizioni meteorologiche sfavorevoli per il rimescolamento atmosferico.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2010
MEDIE MENSILI PARAMETRO BENZENE



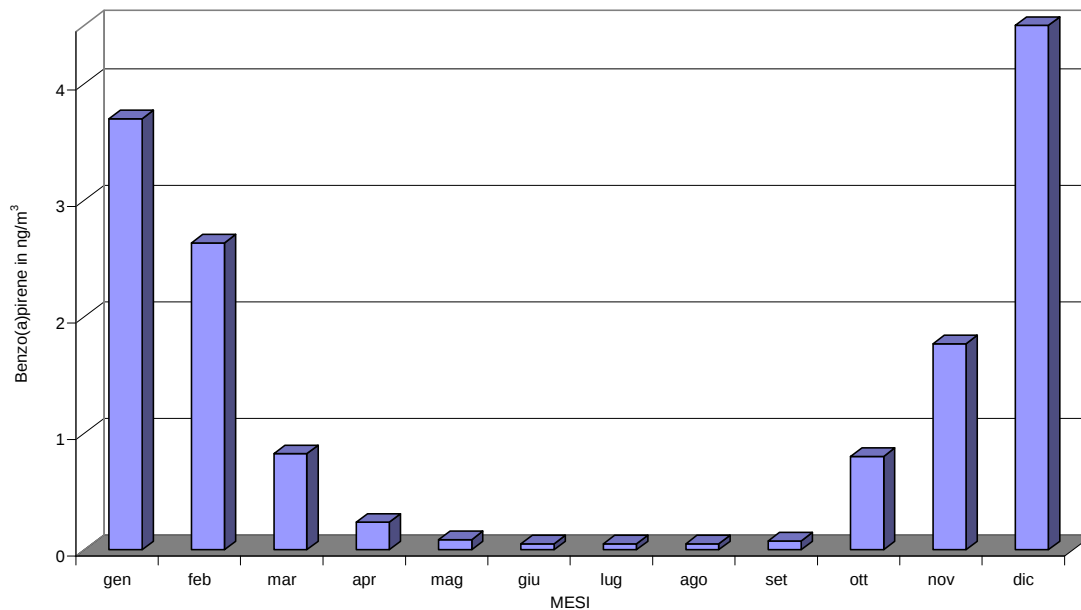
Anche per il Benzene (C_6H_6) come per il Monossido di Carbonio si evidenzia un marcato andamento stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA" ANNO 2010
CONFRONTO MEDIE MENSILI PARAMETRI PM10 E PM2,5



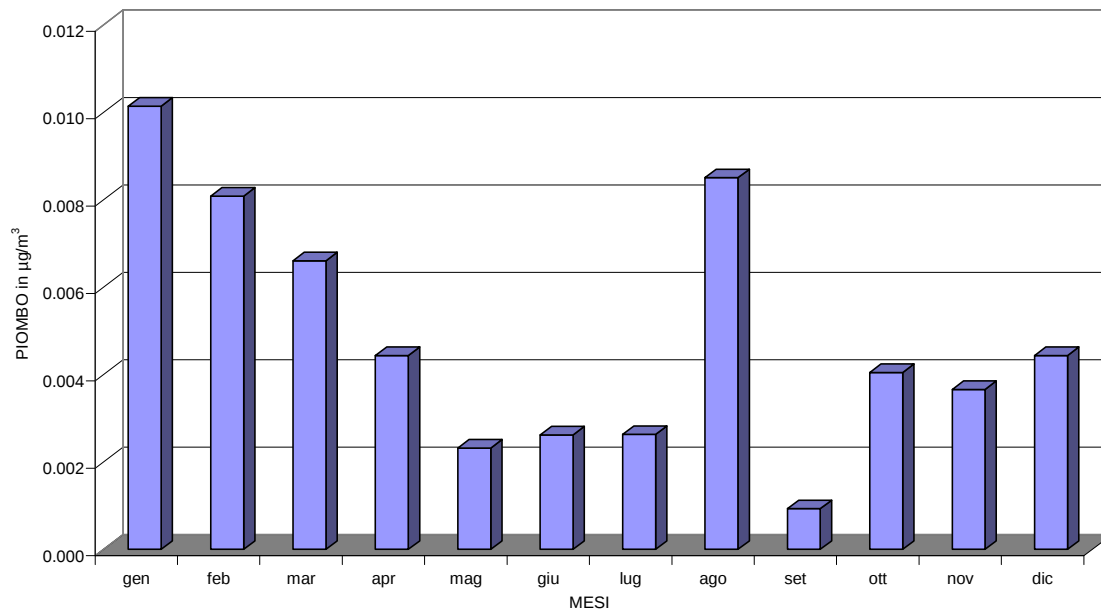
Il grafico delle Polveri PM10 e PM2,5 evidenzia, la normale stagionalità di questi inquinanti dovuti all'aumento del carico antropico e alle condizioni meteorologiche sfavorevoli, con concentrazioni più elevate nei periodi invernali.

STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2010
MEDIE MENSILI PARAMETRO Benzo(a)pirene

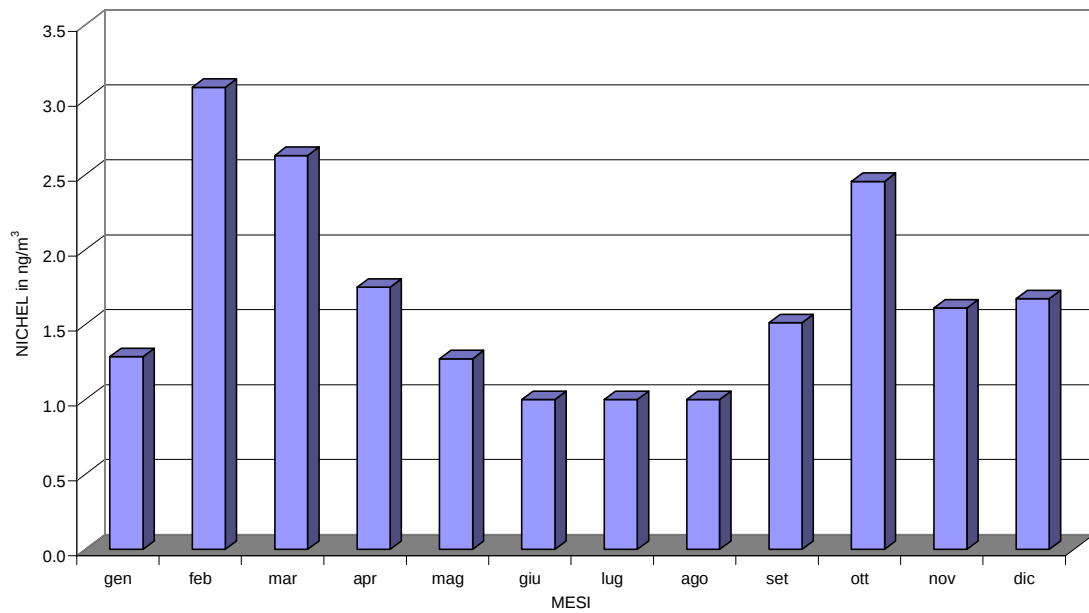


Anche il grafico del Benzo(a)pirene evidenzia un marcato andamento stagionale, con valori più elevati nel periodo invernale per l'aumento del carico antropico e per le condizioni di scarso rimescolamento atmosferico. Le concentrazioni di metalli, pur presentando differenze nel corso dei mesi a causa dei valori estremamente bassi, non evidenziano stagionalità marcate.

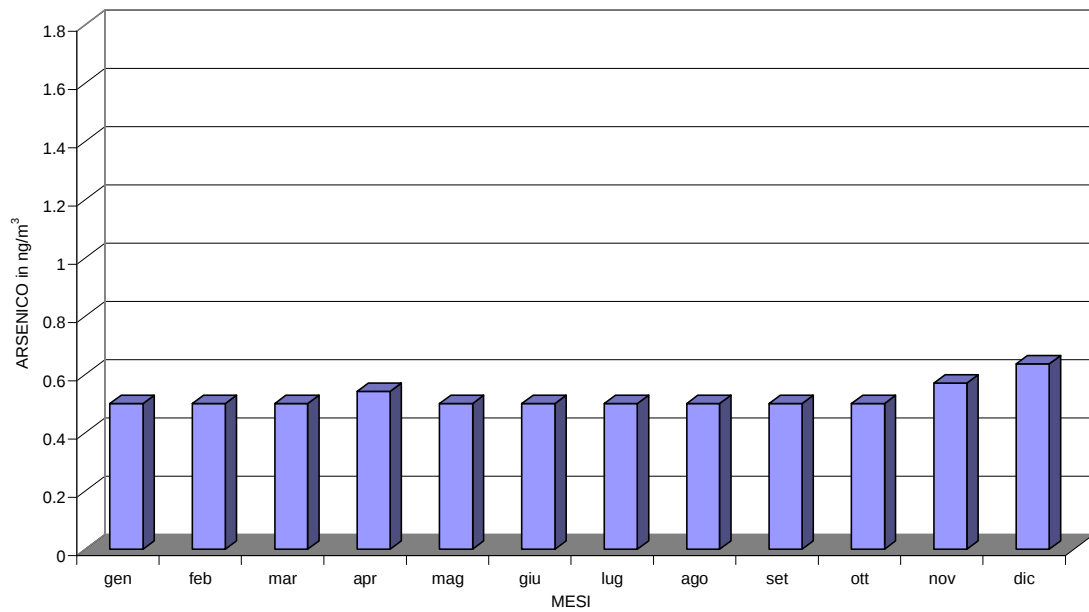
STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2010
MEDIE MENSILI PARAMETRO PIOMBO (Pb)



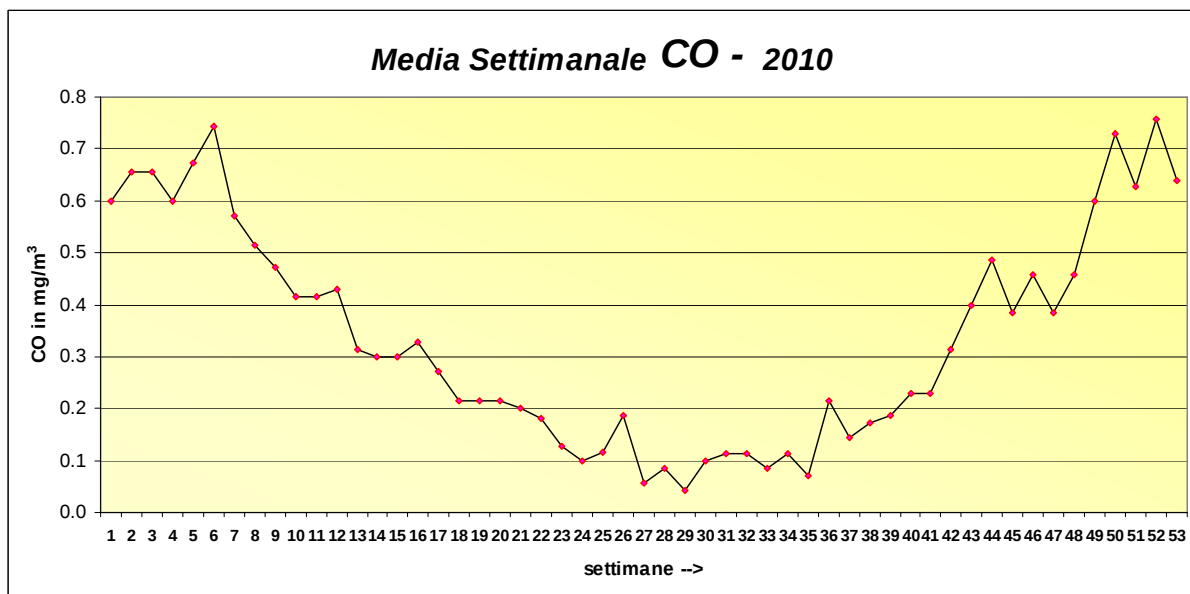
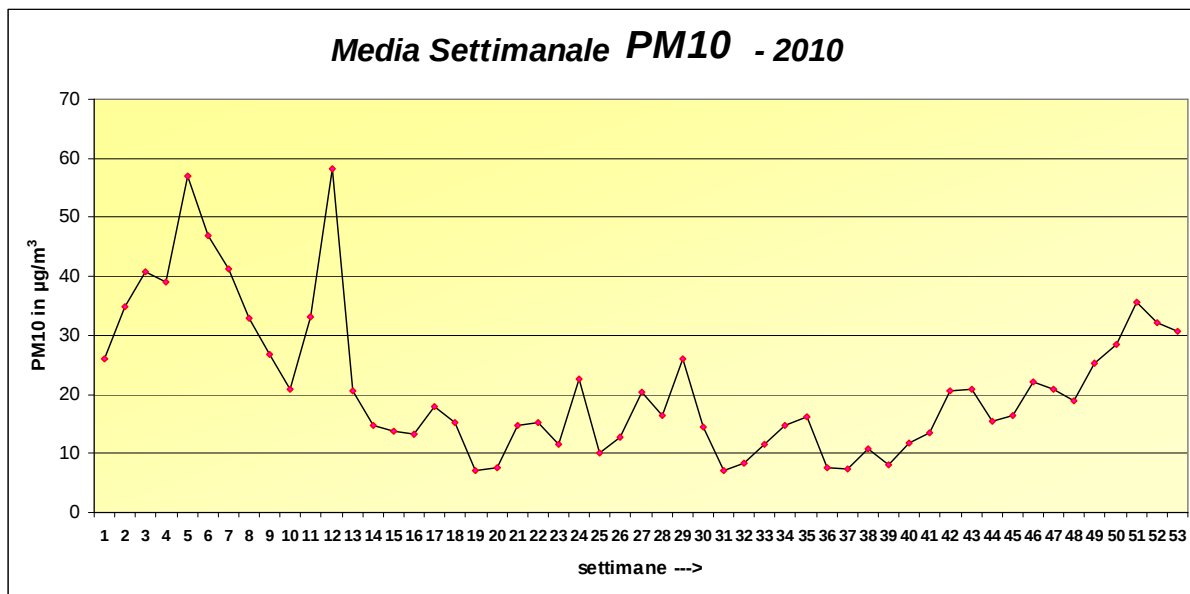
STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2010
MEDIE MENSILI PARAMETRO NICHEL (Ni)

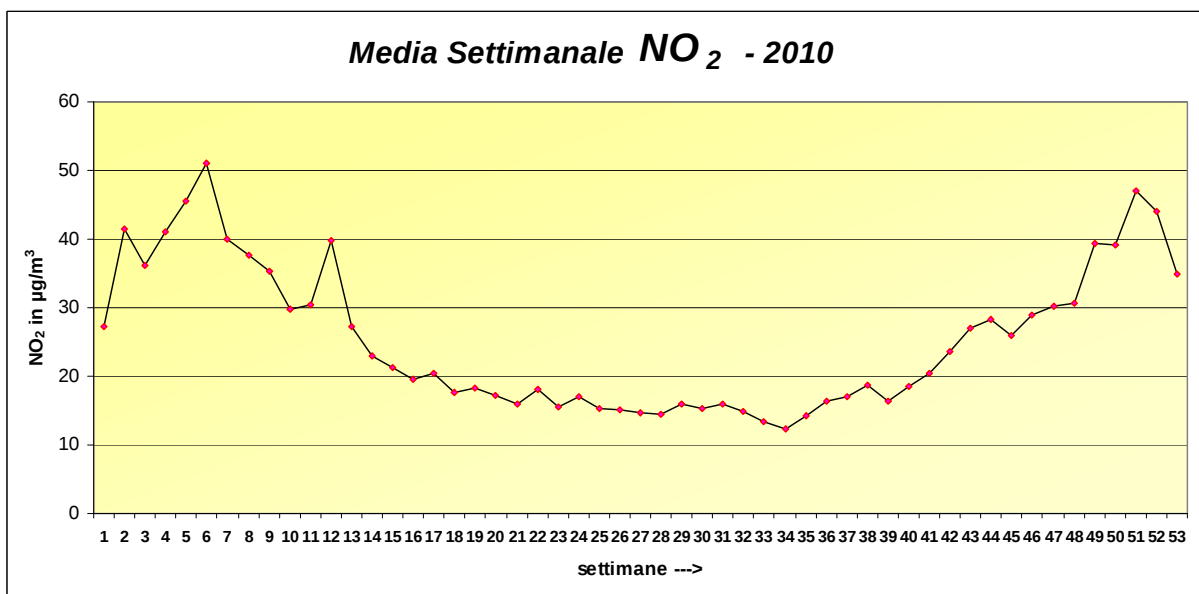
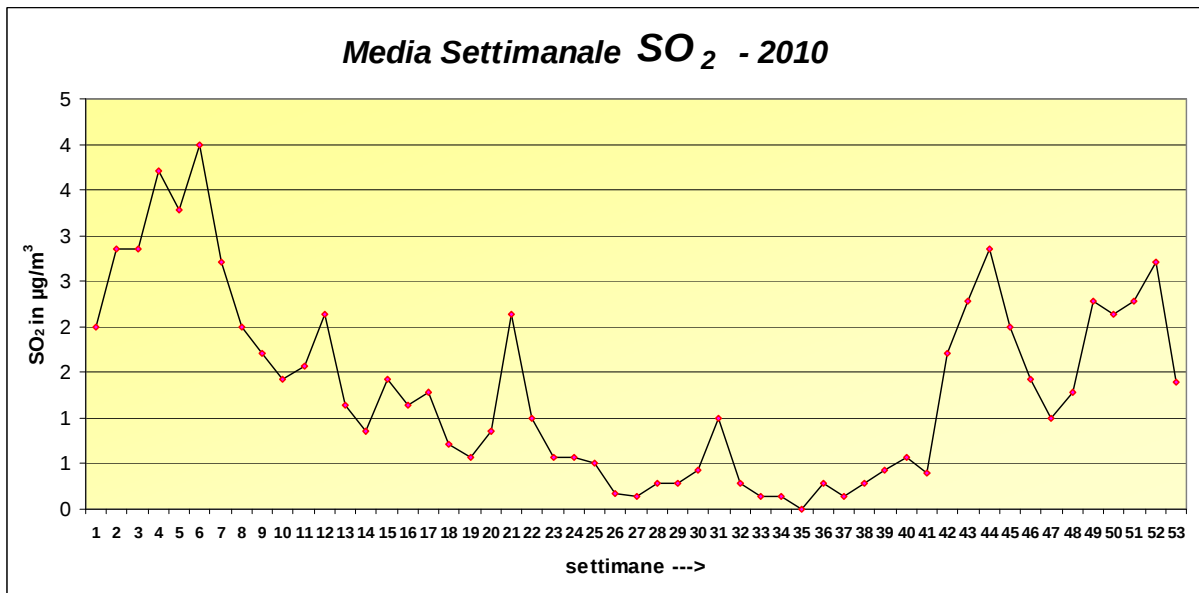
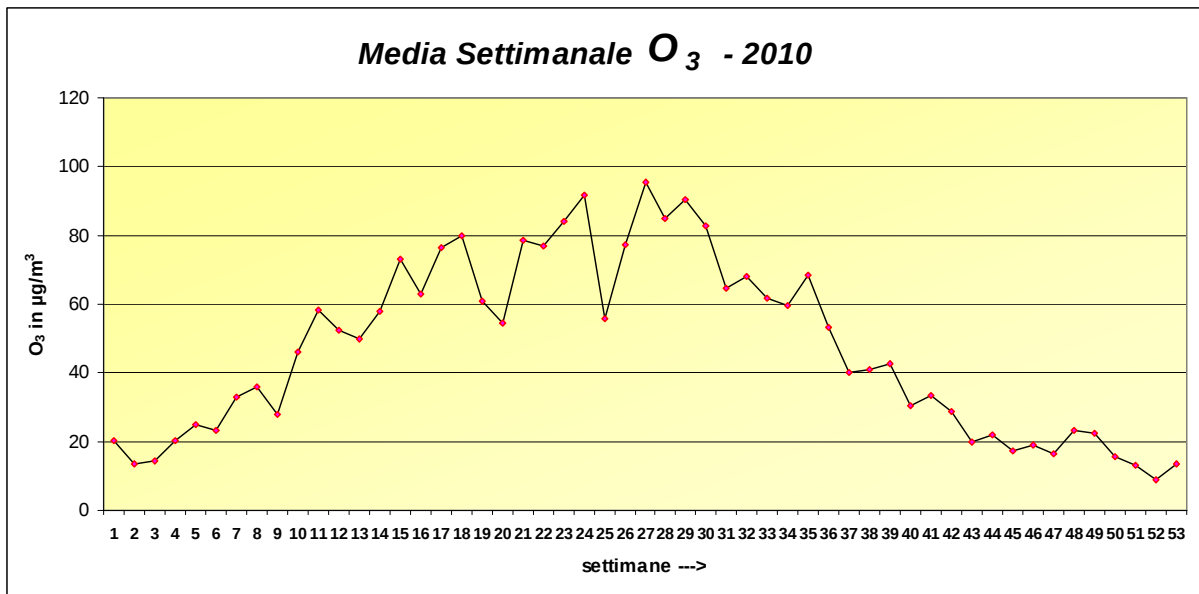


STAZIONE DI BELLUNO "PARCO CITTA' DI BOLOGNA"
ANNO 2010
MEDIE MENSILI PARAMETRO ARSENICO (As)

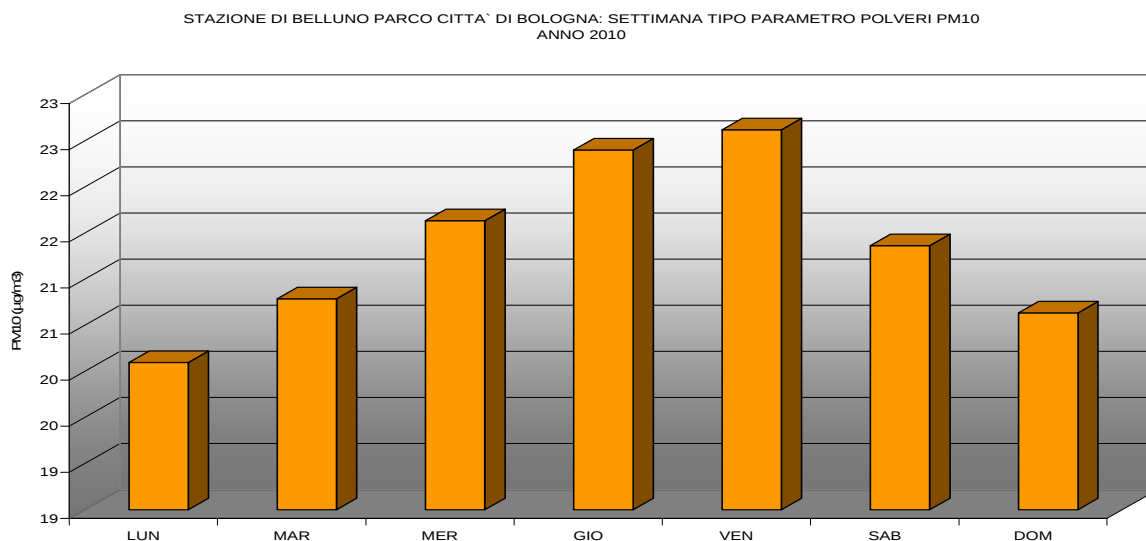


La stagionalità degli inquinanti illustrata dai precedenti grafici su base mensile viene confermata dai sottostanti diagrammi creati sulla base dei dati medi settimanali:

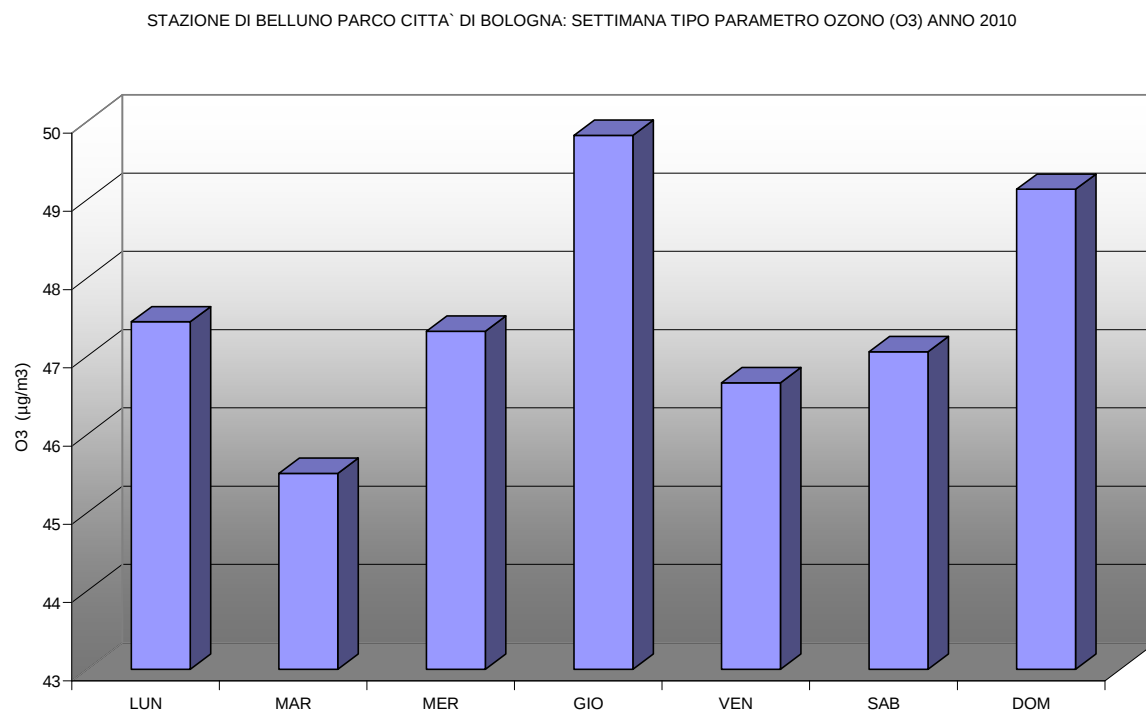




Si sono anche analizzati i dati in modo da ottenere una settimana tipo per ogni inquinante.

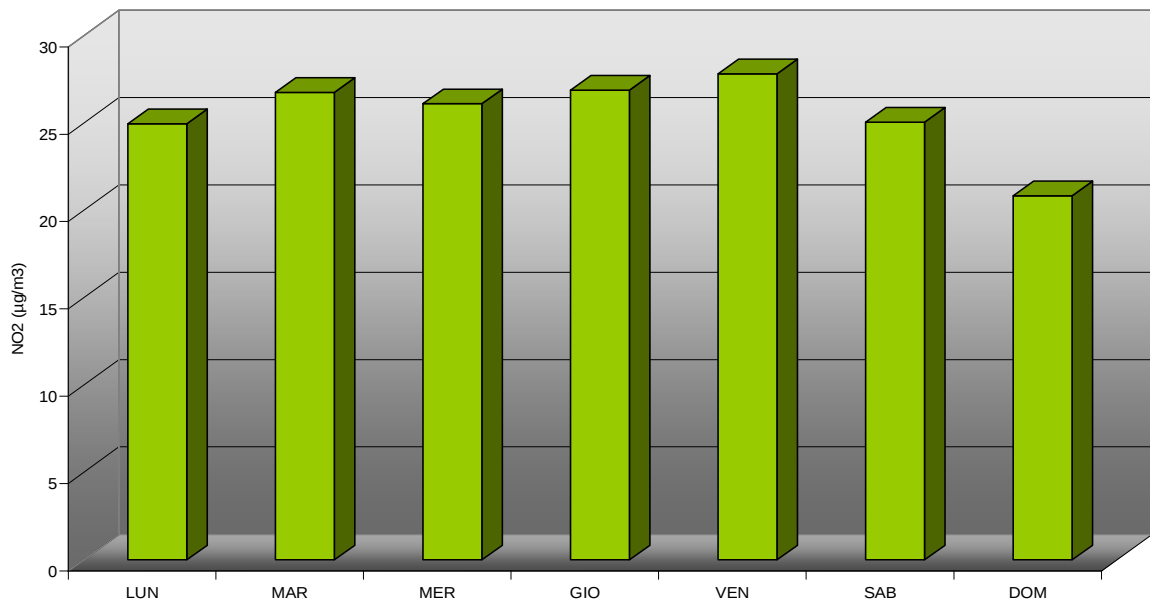


La settimana tipo delle Polveri PM10 evidenzia che i giorni a maggior concentrazione sono risultati il giovedì ed il venerdì.



Per quanto riguarda l'andamento settimanale dell'Ozono, prendendo come base di dati l'intero anno, si evidenzia una tendenza ad un aumento della concentrazione di questo inquinante verso il fine settimana.

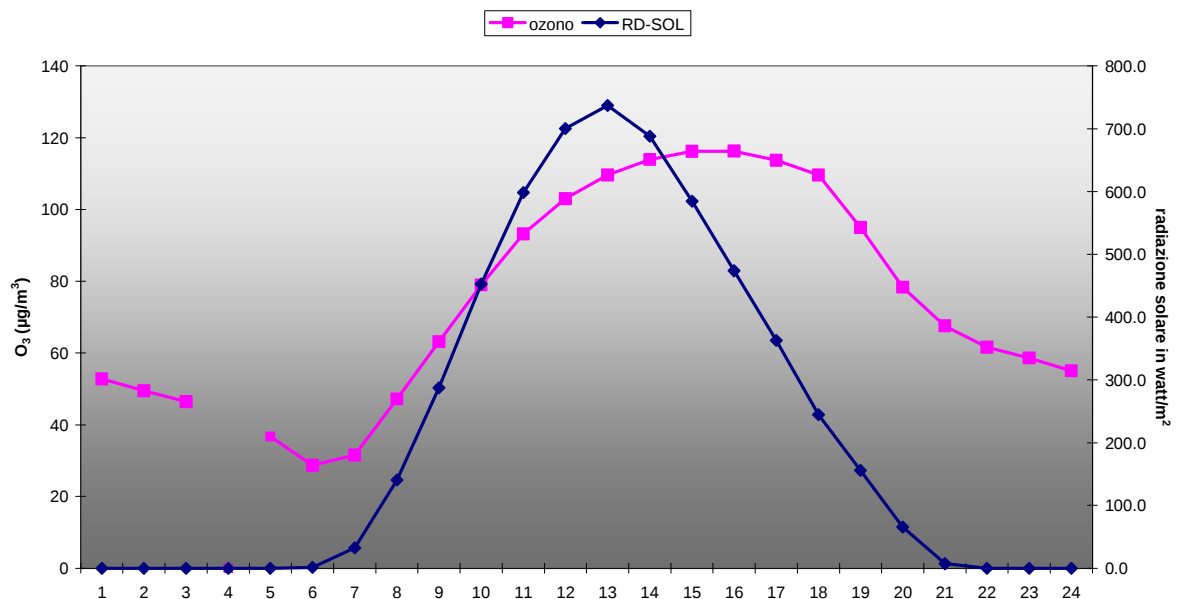
STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: SETTIMANA TIPO PARAMETRO BLOSSIDO DI AZOTO (NO₂) ANNO 2010



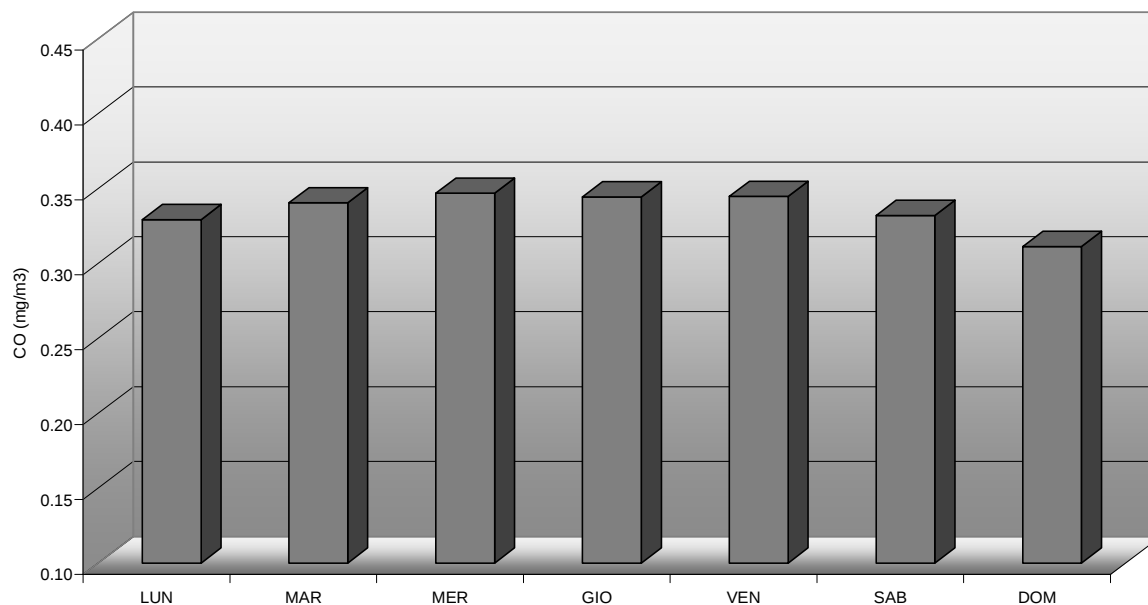
L'andamento del Biossido d'Azoto evidenzia che le maggiori concentrazioni si sono avute a metà della settimana con il massimo nella giornata di giovedì.

Nel seguente diagramma viene illustrato l'andamento giornaliero della concentrazione d'ozono a cui è associato quello della radiazione solare, prendendo in considerazione i mesi estivi (giugno-agosto 2010). Il picco della radiazione solare precede di qualche ora quello dell'ozono che presenta le massime concentrazioni verso il tardo pomeriggio.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: GIORNO TIPO PARAMETRI OZONO (O₃) E RADIAZIONE SOLARE ANNO 2010

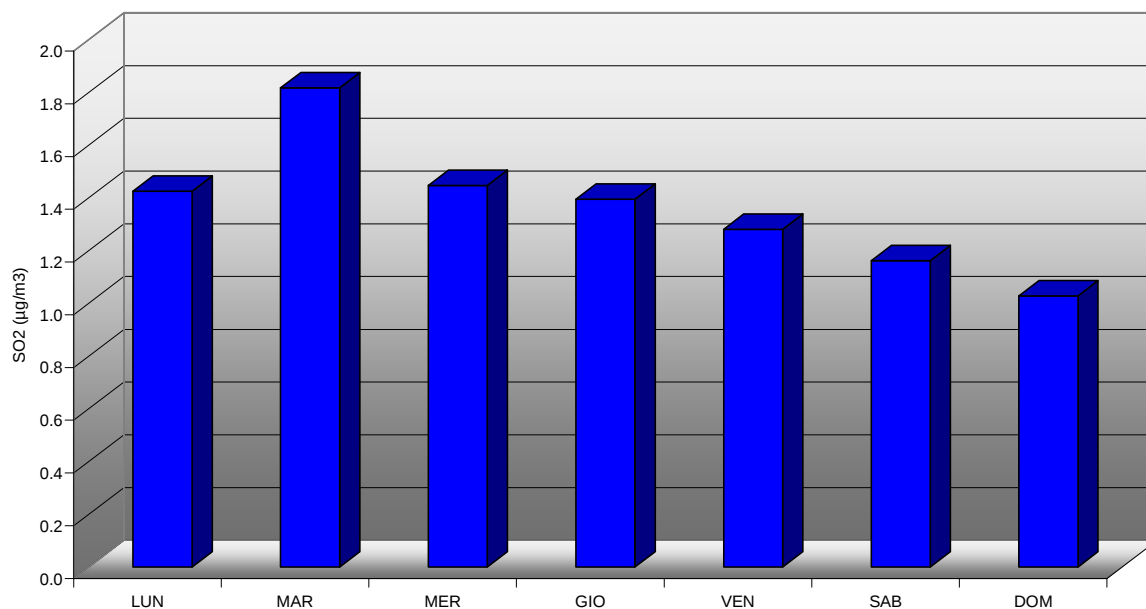


STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: SETTIMANA TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)
ANNO 2010



Il Monossido di Carbonio, mostra una diminuzione delle concentrazioni nel fine settimana.

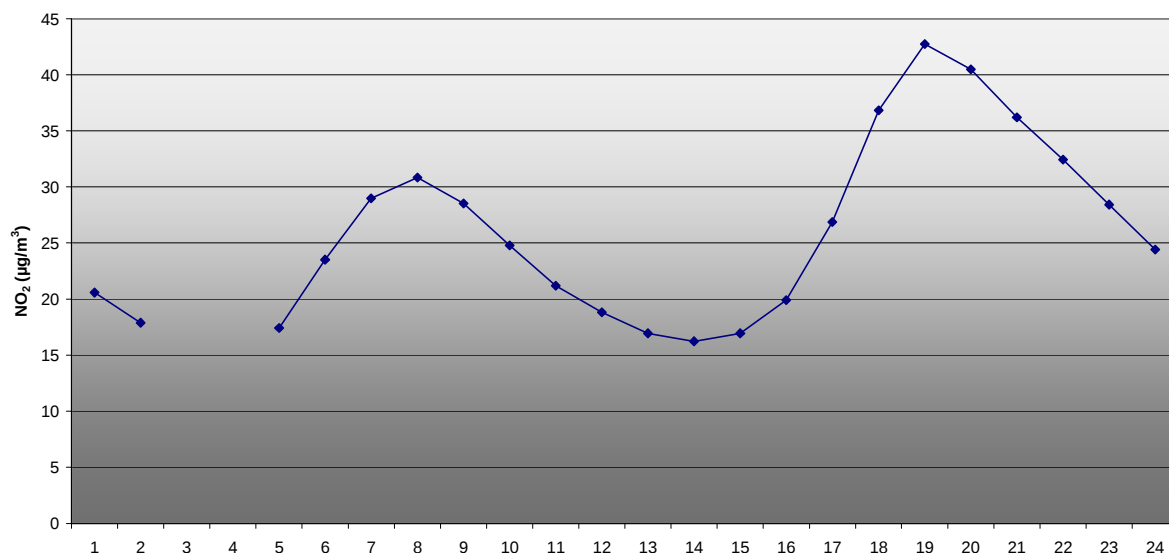
STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: SETTIMANA TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO2)
ANNO 2010



Per quanto riguarda l'Anidride solforosa, si rileva un massimo il martedì con una tendenza a decrescere nel fine settimana.

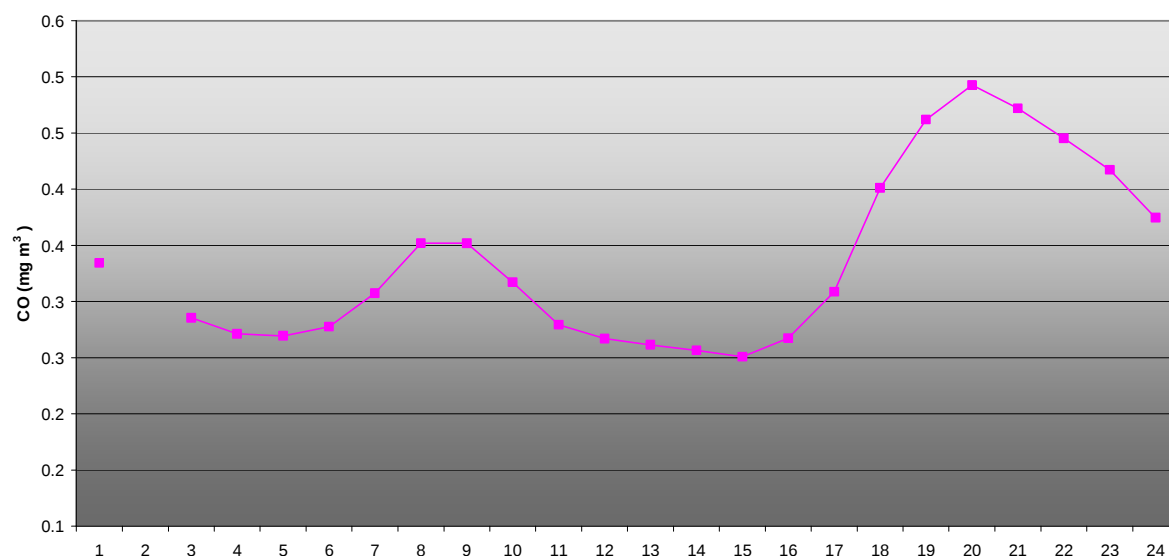
Nei seguenti diagrammi (giorno tipo) viene illustrato l'andamento giornaliero della concentrazione degli inquinanti monitorati in continuo, l'elaborazione è stata eseguita non considerando la variazione dovuta all'eventuale introduzione dell'ora legale.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: GIORNO TIPO PARAMETRO BIOSSIDO DI AZOTO (NO_2) ANNO 2010



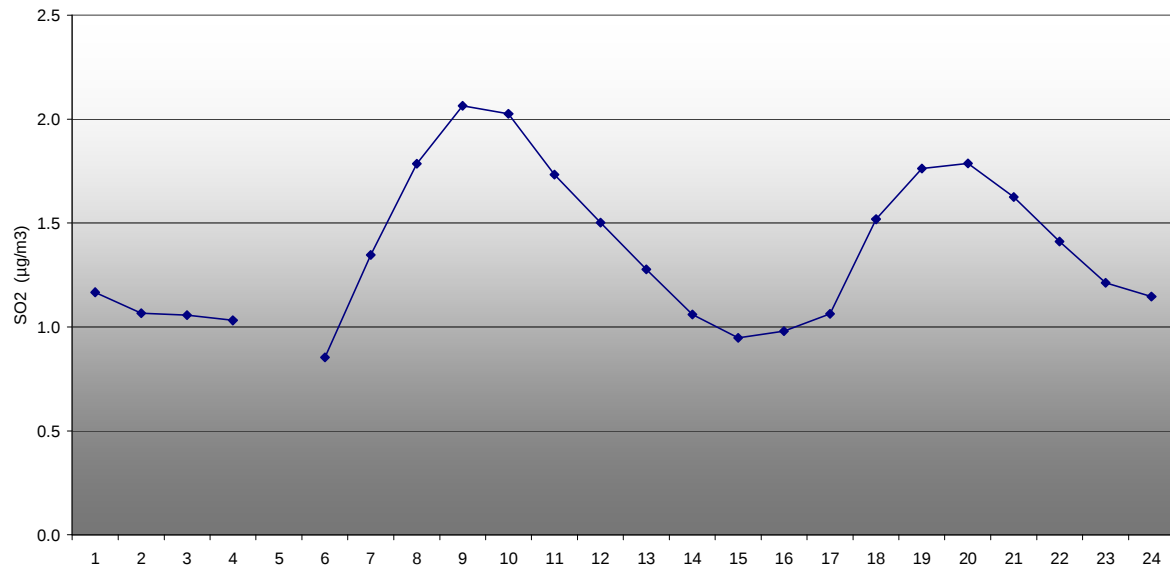
L'andamento del Biossido d'Azoto mostra due punte giornaliere alle 8-9 di mattina ed alle 19-20 della sera.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: GIORNO TIPO PARAMETRO MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) ANNO 2010



Il Monossido di Carbonio ha un andamento simile a quello del Biossido d'Azoto.

STAZIONE DI BELLUNO PARCO CITTA' DI BOLOGNA: GIORNO TIPO PARAMETRO ANIDRIDE SOLFOROSA (SO2) ANNO 2010



Anche l'Anidride solforosa, pur su valori estremamente bassi, ha un andamento con due massimi in corrispondenza degli stessi orari del Biossido di Azoto e del Monossido di Carbonio.

Scheda sintetica di valutazione

La scheda ha l'obiettivo di presentare in forma sintetica una valutazione riassuntiva dello stato di qualità dell'aria nel comune di Belluno durante il monitoraggio effettuato nel 2010.

Nella scheda sono riportati gli indicatori selezionati, il riferimento normativo (ove applicabile), il relativo giudizio sintetico.

Nella legenda seguente sono rappresentati i simboli utilizzati per esprimere in forma sintetica le valutazioni sopra ricordate.

Simbolo	Giudizio sintetico
	<i>Positivo</i>
	<i>Intermedio</i>
	<i>Negativo</i>
	<i>Informazioni incomplete o non sufficienti</i>

Indicatore dello stato di qualità dell'aria	Riferimento normativo	Giudizio sintetico	Sintesi dei principali elementi di valutazione
<i>Polveri (PM10)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Alcuni superamenti del valore limite giornaliero. Limiti di tipo acuto e di tipo cronico rispettati.</i>
<i>Polveri (PM2,5)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale inferiore al valore limite annuale previsto dalla normativa.</i>
<i>Ozono (O₃)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Un superamento della soglia di informazione alla popolazione. Nessun superamento della soglia di allarme.</i>
<i>Anidride solforosa (SO₂)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.</i>
<i>Biossido d'Azoto (NO₂)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.</i>
<i>Monossido di Carbonio (CO)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione ampiamente inferiore ai limite previsto dalla normativa.</i>
<i>Benzo(a)pirene (IPA)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.</i>
<i>Arsenico (As)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.</i>
<i>Nichel (Ni)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.</i>
<i>Benzene (C₆H₆)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.</i>
<i>Piombo (Pb)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.</i>
<i>Cadmio (Cd)</i>	<i>D.Lgs. 155/10</i>		<i>Concentrazione media annuale superiore al valore obiettivo previsto al 31/12/2012.</i>

Considerazioni

Le medie degli inquinanti monitorati nella stazione di Belluno non evidenziano variazioni significative rispetto al 2009. Il numero di superamenti del limite giornaliero per le Polveri PM10 è stato inferiore a quello consentito dalla legge. La media annuale, confermando l'ottemperanza alla norma, è leggermente diminuita. Per quanto riguarda il PM2,5 è stato rispettato il limite annuale dei 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anche senza applicare il relativo margine di tolleranza. Il Benzo(a)pirene presenta una media annuale di 1,2 ng/m^3 , di poco superiore all'obiettivo di qualità annuale da raggiungere al 31/12/2012.

L'Ozono ha fatto registrare un solo superamento orario della soglia di informazione alla popolazione e nessun superamento della soglia d'allarme.

Anidride solforosa, Biossido d'Azoto, Monossido di Carbonio, Benzene e i metalli hanno invece ampiamente rispettato i limiti di legge per l'esposizione acuta e cronica.

L'Ufficio Reti di Monitoraggio

P.I. M. Simionato

Dr. R. Tormen

Visto:

**Il Responsabile del
Servizio**

Dr. R. Bassan

APPENDICE

Applicazione di indici di qualità dell'aria alla stazione di Belluno

In fase sperimentale sono stati applicati sui dati di monitoraggio degli indici redatti da organismi internazionalmente riconosciuti per riassumere la qualità dell'aria.

Gli indici considerati sono

- ATMO (Francia, Ministère de l'Ecologie et du développement durable, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
- AIR POLLUTION INDEX (Regno Unito, Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP))
- IQA (Regione Piemonte, ARPA Piemonte)

I risultati dell'applicazione di questi indici sintetici di valutazione della qualità dell'aria alla stazione di Belluno sono riportati nella sottostante tabella:

BELLUNO 2010								
indice Francia ATMO			indice Regno Unito AIR POLLUTION INDEX			indice Piemonte IQA		
giudizio sintetico	%	n°giorni	giudizio sintetico	%	n°giorni	giudizio sintetico	%	n°giorni
très bon	24.9	91	low pollution	91.2	333	ottima	50.1	183
bon	60.8	222	moderate pollution	7.9	29	buona	37.0	135
moyen	8.5	31	high pollution	0.8	3	discreta	11.8	43
médiocre	4.9	18	very high pollution	0	0	mediocre	0.8	3
mauvais	0.8	3				poco salubre	0.3	1
très mauvais	0	0				insalubre	0	0

Il confronto tra i risultati ottenuti con i tre indici considerati può dirsi soddisfacente. Oltre l'80% delle giornate presenta valori di qualità dell'aria ascrivibili alle prime tre classi nel caso francese e alle prime due applicando quello inglese e piemontese. L'indice francese ATMO sembra considerare in maniera leggermente più severa il ruolo dell'inquinamento da Ozono nello scadimento globale della qualità dell'aria a Belluno.

L'applicazione degli indici sintetici di qualità dell'aria adottati a livello europeo e riportati in appendice ha dato esiti soddisfacenti per la stazione di Belluno.

Capitolo 2

Composizione chimica delle Polveri sottili e stima delle emissioni

Valutazione della caratterizzazione del PM₁₀ e sua variazione stagionale

La composizione chimica del particolato atmosferico varia in funzione delle caratteristiche delle sorgenti di emissione e della zona di provenienza.

Infatti il predominio di certe sostanze chimiche e la loro distribuzione dimensionale all'interno del PM₁₀ è strettamente legata all'origine e al meccanismo di formazione.

Il particolato si presenta come una miscela complessa di sostanze organiche e non, tra le quali si possono rinvenire Solfati, Nitrati, Ammoniaca, Carbonio organico, specie cristalline e metalli.

Il particolato grossolano è in gran parte di origine primaria, mentre il particolato fine è costituito da secondario e da una frazione derivante da combustioni il cui trasporto può avvenire anche a distanze di centinaia di chilometri.

Nonostante il particolato atmosferico abbia una composizione chimica molto eterogenea, è principalmente costituito da alcune specie che possono essere raccolte in tre classi:

- ◆ ioni inorganici (Solfati, Ammonio, Nitrati, Cloruri, Sodio);
- ◆ componente carboniosa comprendente il Carbonio organico ed il Carbonio elementare;
- ◆ elementi cristallini (Silicio, Calcio, Magnesio, Alluminio, Ferro).

Gli ioni inorganici predominano nelle particelle fini, che rappresentano principalmente la componente secondaria del PM₁₀ (reazioni chimiche che convertono i vapori e i gas atmosferici in fase condensata liquida e/o solida). Tuttavia, nella frazione fine esistono anche composti di origine primaria, come il Carbonio elementare, alcuni metalli e gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).

Al contrario, i materiali cristallini fanno parte solitamente della componente meno fine e grossolana.

Dall'analisi della frazione estraibile in acqua dei filtri per il PM₁₀ sono stati individuati i seguenti inquinanti inorganici: Solfati, Nitrati, Cloruri, Ammonio, nonché ioni Sodio, Potassio, Magnesio e Calcio. Di seguito verrà presentata una descrizione sintetica per ciascun componente della frazione estraibile.

Ione Solfato (SO₄²⁻)

La principale fonte antropogenica dei composti dello Zolfo è l'impiego di combustibili (principalmente oli combustibili, gasolio) ed è quindi attribuibile al riscaldamento, alla combustione nell'industria ed al trasporto su strada. Tali emissioni avvengono prevalentemente in termini di Anidride solforosa (SO₂) poi sottoposta ad una serie di reazioni che portano tra l'altro alla formazione di particolato secondario.

Durante la combustione quasi tutto lo Zolfo viene trasformato in SO₂ che deriva in misura minore anche da sorgenti naturali, come le emissioni vulcaniche e l'ossidazione atmosferica delle specie dello Zolfo ridotte. Una volta che l'SO₂ è stato emesso o si è formato nell'atmosfera, può essere convertito a solfato da reazioni in fase omogenea (gassosa) e da reazioni in fase eterogenea (acquosa o di aerosol).

Ione Nitrato (NO_3^-)

Deriva principalmente dall'uso di autoveicoli e dall'uso di combustibili in impianti per il riscaldamento e nell'industria. L'emissione avviene prevalentemente come Monossido di Azoto (NO) e Biossido di Azoto (NO_2) che nella troposfera come specie reattive si presentano in continua trasformazione l'una nell'altra. Anche tali Ossidi possono contribuire alla formazione di particolato secondario trasformandosi in ioni nitrato.

Infatti il meccanismo principale per la formazione di nitrato in fase particolata è la formazione dell'acido nitrico derivante dagli Ossidi di Azoto.

Ione Ammonio (NH_4^+)

L'Ammoniaca (NH_3) deriva sia da fonti naturali che antropiche; oltre che nei processi di denitrificazione naturale e ad opera dei microrganismi del suolo, l' NH_3 viene emessa da attività produttive e agricole (anche in seguito all'uso di fertilizzanti), nonché dagli allevamenti zootecnici.

Si tratta di un composto rilevante nella formazione e neutralizzazione degli aerosol di nitrato e solfato in atmosfere inquinate.

Ione Cloruro (Cl^-)

La sorgente naturale principale è l'aerosol marino, mentre le sorgenti antropiche sono le emissioni da inceneritori di rifiuti (es. combustione di alcuni tipi di materiale plastico) e la combustione di carbone per la produzione di energia elettrica.

Il Cloruro di Sodio come il Cloruro di Calcio sono sovente utilizzati per il trattamento del manto stradale nella stagione invernale al fine di contrastare l'azione di neve e gelo.

Ione Sodio (Na^+)

Proviene principalmente da apporti di aerosol marino e in parte dall'uso di sali per rendere sicuro il manto stradale d'inverno.

Gli altri cationi

Il Calcio (Ca^{2+}) deriva dall'erosione meccanica e dal conseguente trasporto delle particelle estratte dal suolo da parte del vento; altre cause vanno ricercate nelle attività agricole, incendi forestali, combustioni di carburanti, della legna e della torba e da processi industriali come i processi produttivi legati al cemento.

Il Magnesio (Mg^{2+}) e il Potassio (K^+) provengono in gran parte da combustioni di biomasse e limitatamente al secondo la sua presenza può essere ricondotta a pratiche agricole di concimazione.

Frazione non estraibile

Rappresenta la componente organica e inorganica non estraibile in acqua. Ne fa parte la componente carboniosa del particolato atmosferico che include due differenti tipologie di Carbonio: OC (organic carbon) e EC (elemental carbon).

La frazione principale del Carbonio totale è il Carbonio organico (OC) che ne rappresenta circa il 70-80%; può essere originato da processi di combustione (combustibile e biomasse) costituendone il principale componente nei fumi.

Il Carbonio elementare (EC), è un inquinante di origine primaria legata soprattutto alla combustione incompleta di combustibili fossili, alle emissioni dei veicoli diesel e pirolisi della biomassa.

Possono essere presenti anche gli Inquinanti organici persistenti (POPs) tra cui gli Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), le Policlorodibenzodiossine (PCDD), i

Policlorodibenzofurani (PCDF), nonché altri composti organici, silicati, metalli, altri composti organici ed altri elementi di origine crostale, quali Ferro ed Alluminio.

Commento ai dati

La figura 2.1 rappresenta la composizione media annuale per l'intero anno 2010 dei filtri contenenti particolato. Tra le specie estraibili spicca la componente inorganica secondaria (Nitrati, Solfati e ammonio) che arriva a coprire circa il 18%. L'importanza di questa quota è legata ai fenomeni di combustione (industriale, domestico e traffico) che sono la causa non solo delle emissioni primarie di Polveri ma anche della rilevante presenza degli ioni solfato e nitrato come componenti secondari del particolato. Da non trascurare è il peso del sodio la cui presenza probabilmente non è indice di un'emissione di tipo antropico ma di una causa naturale. Gli ioni Calcio, Magnesio e Potassio sono principalmente di origine terrigena essendo elementi tipici crostali e la loro abbondanza nel particolato è riconducibile a fenomeni di risospensione.

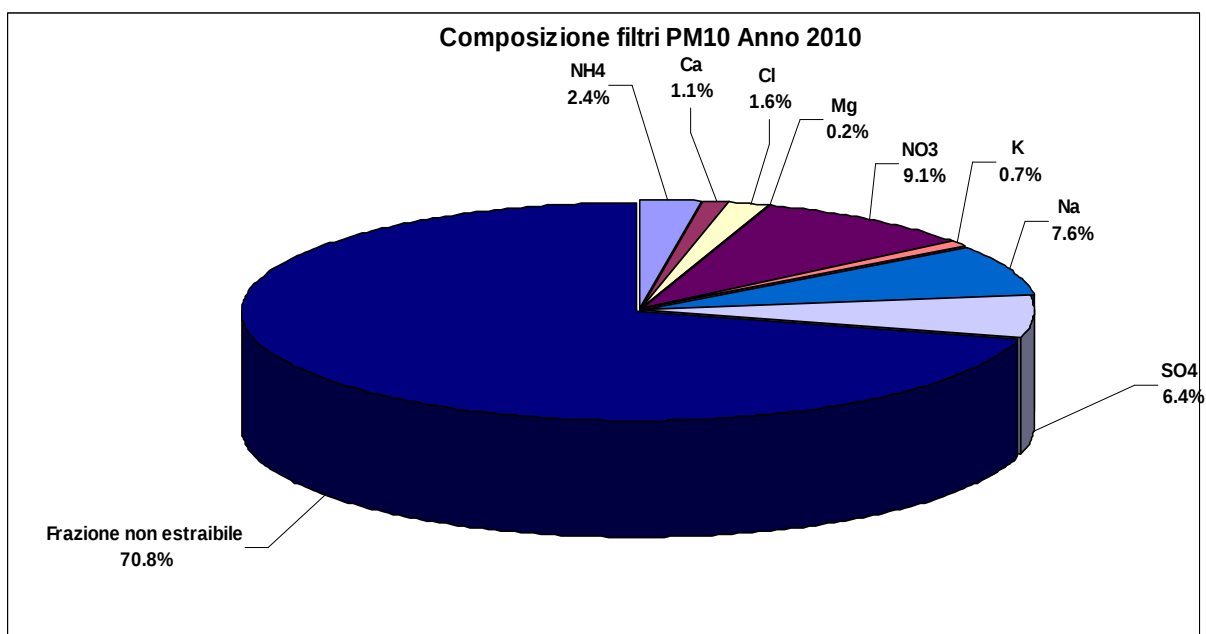


Figura 2.1. Composizione media annuale dei filtri PM10 – Anno 2010.

Nelle figure seguenti (figura 2.2 e 2.3) la situazione annuale viene suddivisa in 2 semestri; la prima rappresenta il semestre più caldo (primavera-estate) mentre la seconda descrive il semestre più freddo (autunno-inverno). Nel semestre "caldo" del 2010 come tradizionalmente accade si assiste ad una leggera crescita della frazione estraibile che si mantiene comunque ben al di sotto del 50% arrivando ad un 37,6%. La specie ionica più presente nei filtri primaverili ed estivi è il Sodio che si attesta sul 15%. I Solfati sono la seconda specie più presente arrivando a superare il 10%. La situazione dei mesi climaticamente più freddi evidenzia un aumento considerevole della frazione organica. All'aumentare delle concentrazioni di Polveri PM10 si assiste ad un considerevole arricchimento dei Nitrati, mentre i Solfati si abbassano fino al 3,9% e il Sodio passa dal 14,8% al 2,8%.

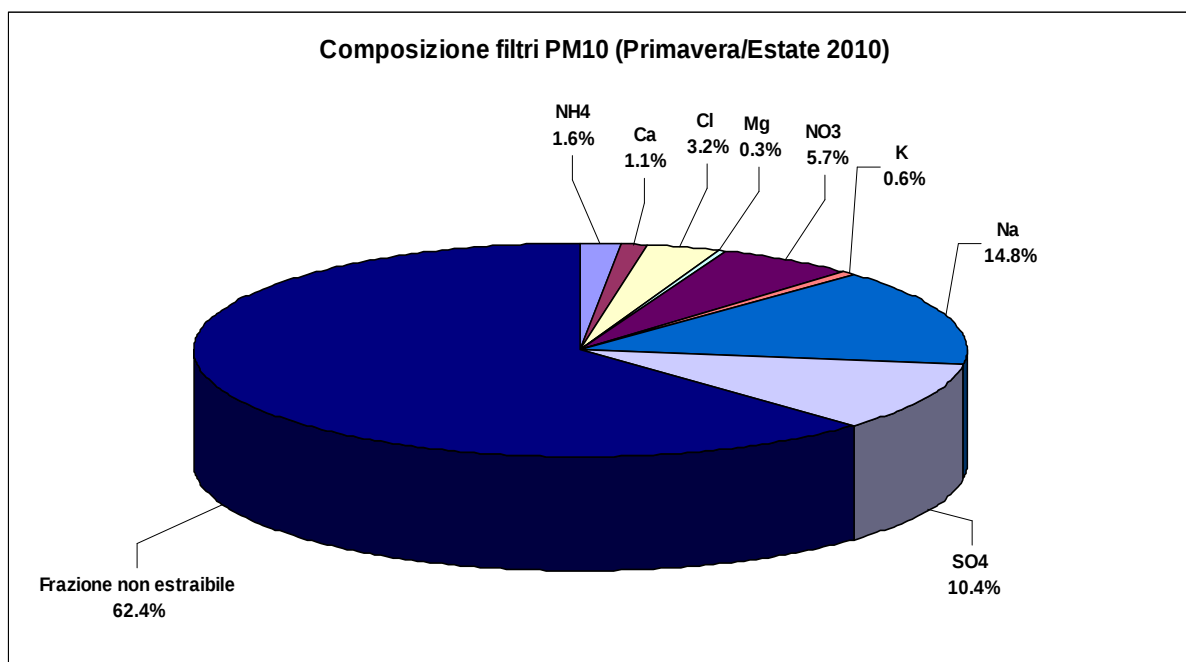


Figura 2.2. Composizione media dei filtri PM10 nel semestre caldo.

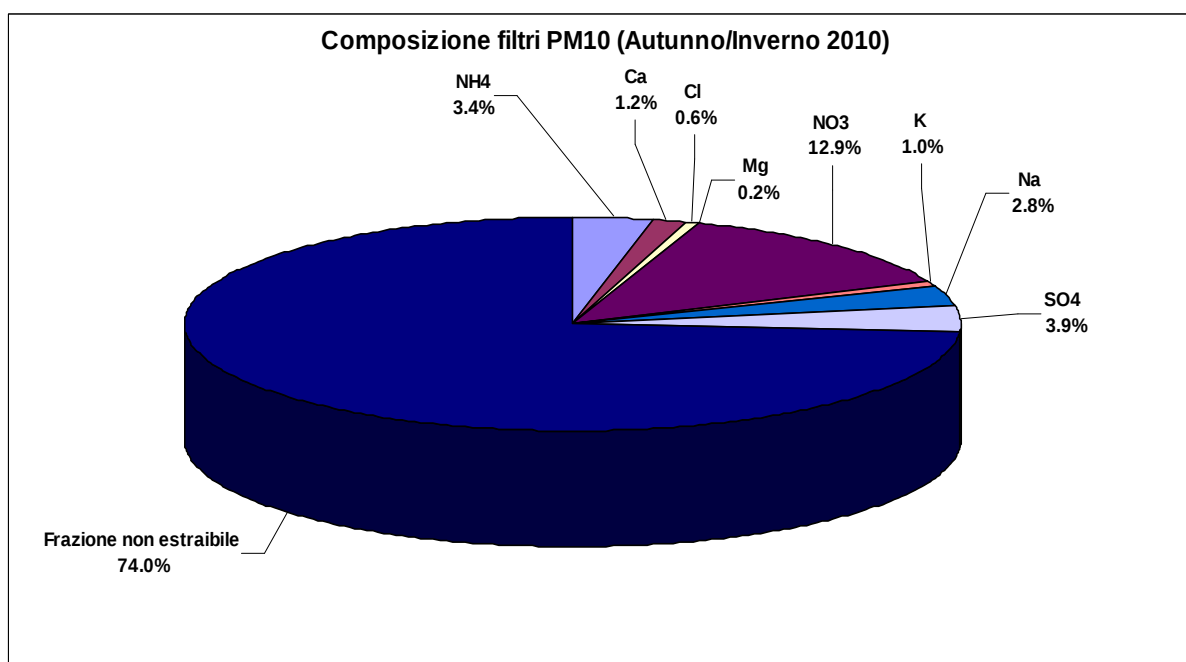


Figura 2.3. Composizione media dei filtri PM10 nel semestre freddo.

La composizione percentuale dei filtri viene tradotta in stime di concentrazioni delle varie specie partendo dal contenuto delle Polveri sottili individuato attraverso l'analisi dei filtri.

Gli esiti di tali stime sono riportati in figura 2.4 e consentono di fare delle considerazioni in termini assoluti, oltre che relativi. L'apporto delle combustioni degli impianti da riscaldamento, soprattutto da biomasse, oltre ad avere un ruolo predominante nell'incremento delle concentrazioni di PM10 nella stagione fredda, è ben visibile dall'aumento della frazione non estraibile contenente la componente organica. I Nitrati registrano un incremento delle concentrazioni nel semestre freddo

mentre i Solfati hanno un comportamento opposto. Da segnalare la presenza in discrete quantità di ioni sodio nelle stagioni più miti.

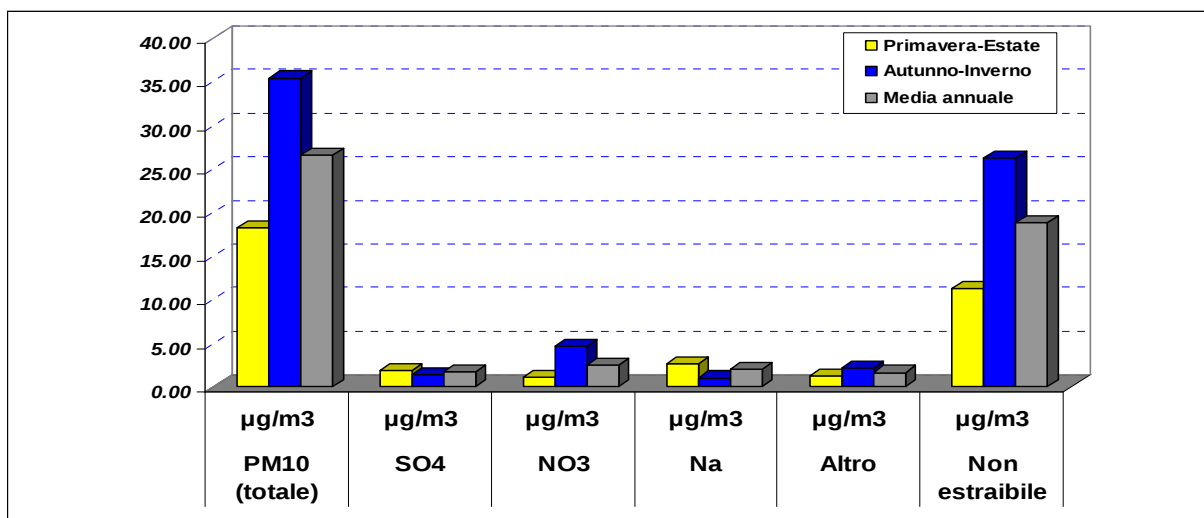


Figura 2.4. Rappresentazione grafica delle stima della composizione del PM10.

Al fine di definire al meglio la qualità dell'aria di Belluno sono state condotte anche delle indagini sulla presenza degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i cui risultati sono riportati nella tabella 2.1. In figura 2.5 viene presentato un grafico che mostra l'andamento nel corso del 2010 dei alcune specie di IPA evidenziando la marcata stagionalità delle concentrazioni di questi composti.

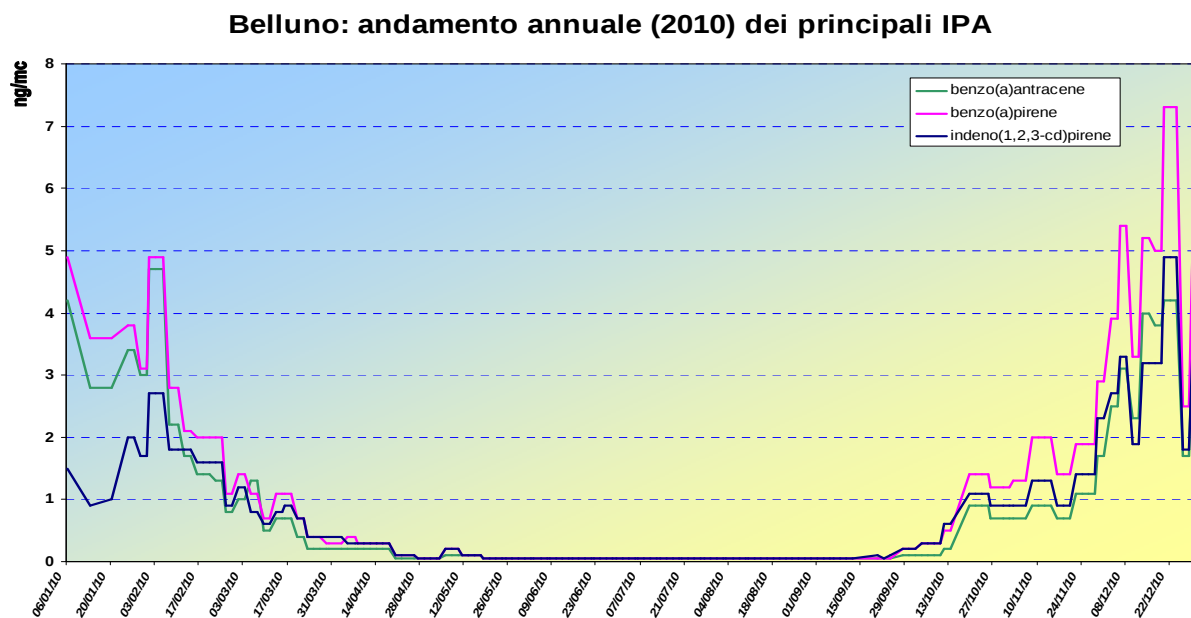


Figura 2.5. Trend annuale (2010) presso la stazione fissa di Belluno.

	Benzo(a) antracene	Benzo(a) pirene	Benzo(b) fluorantene	Benzo(ghi) perilene	Benzo(k) fluorantene	Crisene	Dibenzo(ah)a ntracene	Indeno (123-cd) pirene
gen-10	3.2	3.7	4.7	2.0	1.8	3.3	0.2	1.5
feb-10	2.2	2.6	2.6	2.4	1.4	2.2	0.2	1.8
mar-10	0.6	0.8	0.9	0.9	0.5	0.7	0.0	0.7
apr-10	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2
mag-10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
giu-10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
lug-10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ago-10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
set-10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ott-10	0.5	0.8	0.7	0.8	0.4	0.5	0.1	0.7
nov-10	0.9	1.8	1.6	1.8	0.9	1.0	0.1	1.2
dic-10	3.1	4.8	3.6	4.0	2.0	3.1	0.3	3.1
media annuale	0.8	1.2	1.1	1.0	0.5	0.8	0.1	0.8

Tabella 2.1. Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nel 2010 presso Belluno stazione di parco "Città di Bologna".

La stima delle emissioni in atmosfera nel comune di Belluno

Il presente inventario delle emissioni in atmosfera ha lo scopo di fornire una stima delle pressioni che agiscono nel territorio del comune, definendo qualità e quantità degli inquinanti.

Si sono effettuate le valutazioni delle principali fonti di emissione di PM₁₀ primario, NO_x e SO_x costruendo un inventario delle emissioni in atmosfera attraverso un approccio di tipo *bottom up* che utilizza dati locali a livello comunale o delle specifiche sorgenti di emissione (quale può essere il tracciato delle strade o i camini delle industrie).

L'inventario contiene tre tipologie di sorgenti: puntuali (come ad esempio le industrie), lineari (strade e ferrovie) ed areali (riscaldamento domestico associato alle aree edificate).

Le principali sorgenti di emissione in atmosfera individuate sono:

- ◆ Riscaldamento
- ◆ Traffico stradale
- ◆ Industrie
- ◆ Off-road (ferrovia e mezzi agricoli).

Questa banca dati locale di tipo *bottom up* costituisce uno strumento di indagine territoriale in grado di individuare le principali pressioni che insistono nel territorio ed è parte integrante ed essenziale delle simulazioni modellistiche, nonché un supporto per tutte le attività di gestione e pianificazione territoriali rivolte a preservare e migliorare la qualità dell'aria nel territorio di competenza.

Le stime di emissione del PM₁₀ indicano un totale di 48.8 t emesse in un anno nel territorio comunale e ripartite come indicato in Fig. 2.6.

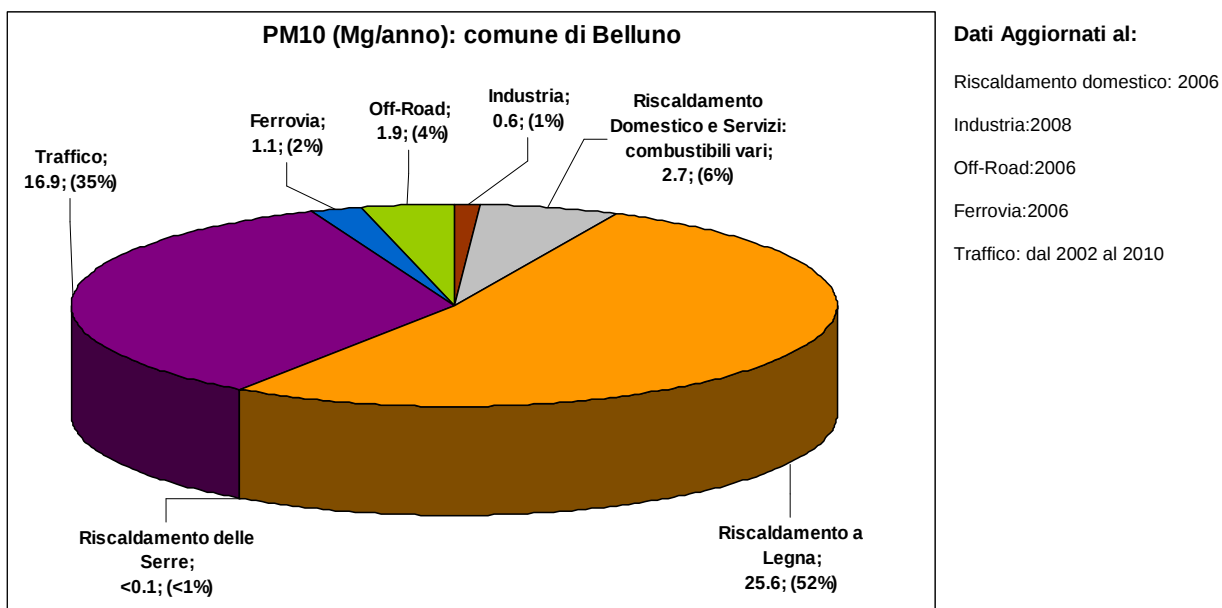


Figura 2.6. Stima delle emissioni primarie di Polveri sottili suddivise per fonti.

Dal grafico in figura 2.6 si evidenzia il ruolo preminente del riscaldamento domestico a legna, fonte che pur agendo solo in una limitata parte dell'anno (novembre-marzo), incide per poco più del 50% del totale delle Polveri. Per importanza segue il traffico stradale (35%) che sommato con la precedente fonte sfiora il 90% del carico complessivo. Quasi trascurabile si rivela essere l'impatto per questo inquinante del comparto industriale (1%), dove tuttavia non è stato possibile prendere in considerazione gli impianti avanti autorizzazione come "attività in deroga". Per ciò che concerne gli NO_x (figura 2.7) il totale annuo ammonta a 262.9 t. Il contributo delle singoli voci cambia rispetto alle Polveri con la prevalenza del traffico stradale e con un ruolo marginale del riscaldamento a legna. Interessante notare come nel comparto rappresentato dal riscaldamento domestico gli altri combustibili (gasolio, GPL ecc) assumano notevole importanza per questo inquinante.

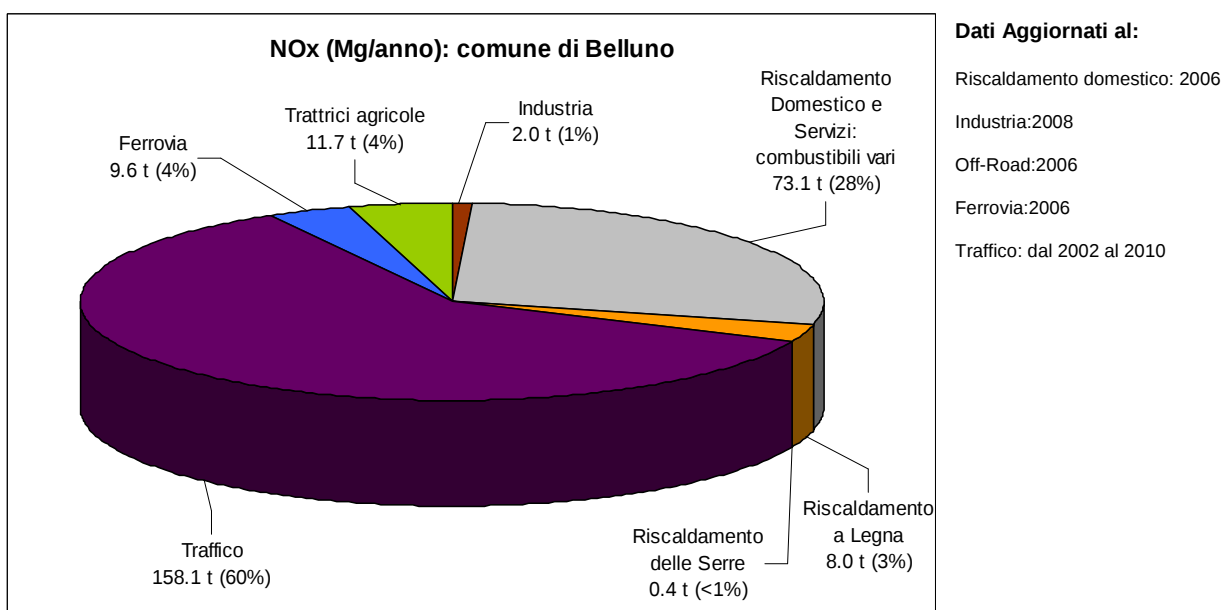


Figura 2.7. Stima delle emissioni primarie di Ossidi di Azoto divise per fonti.

In figura 2.8 viene riassunto il quadro emissivo per gli SO_x che raggiungono nel territorio bellunese le 51.9 t/anno. Oltre l'80% degli Ossidi di Zolfo viene prodotto dall'utilizzo di combustibili fossili per il riscaldamento. Marginali sono i contributi delle altre sorgenti al totale emissivo.

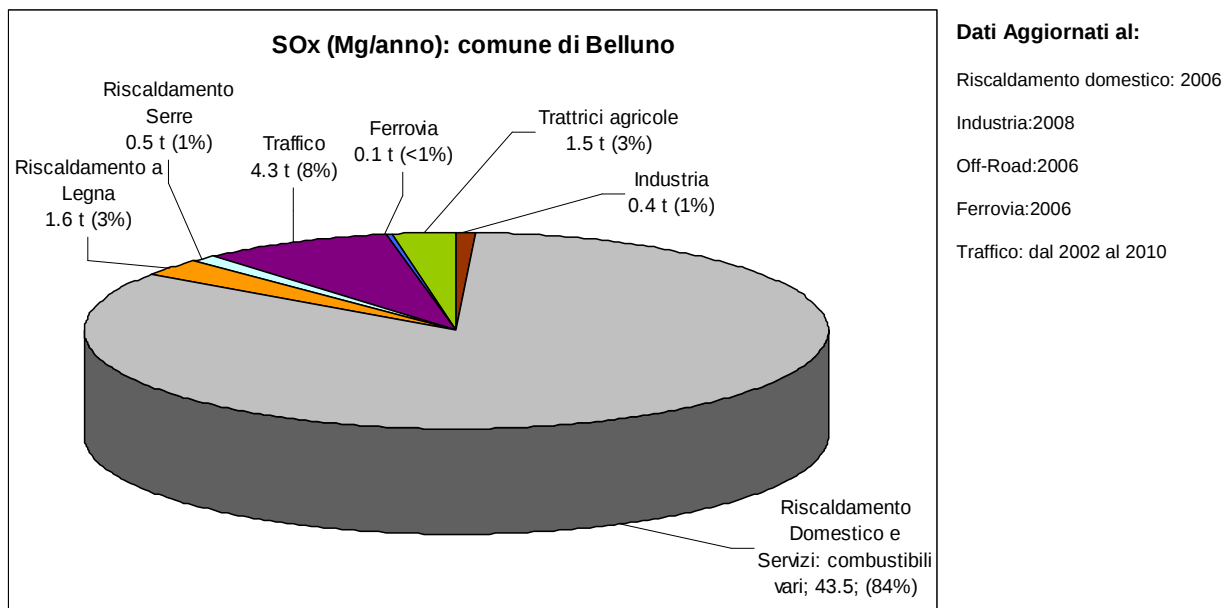


Figura 2.8. Stima delle emissioni primarie di Ossidi di Zolfo divise per fonti.

Definizione del contributo del traffico stradale nello scenario emissivo – PM₁₀

Nell'ambito delle stime per il comune di Belluno, gli effetti del traffico stradale assumono un peso considerevole per quanto riguarda le Polveri sottili (35%). Nel dettaglio della figura 2.9 le emissioni dei veicoli sono suddivise per categorie (auto, veicoli commerciali e pesanti). Nel prospetto si denota il maggior contributo delle auto legato all'alto numero dei veicoli circolanti, ma il ruolo dei mezzi commerciali e soprattutto dei mezzi pesanti assume dimensioni non trascurabili, in particolare questi ultimi sono responsabili di circa il 14% dell'ammontare totale di PM₁₀ pur con flussi veicolari sempre al di sotto del 10%.

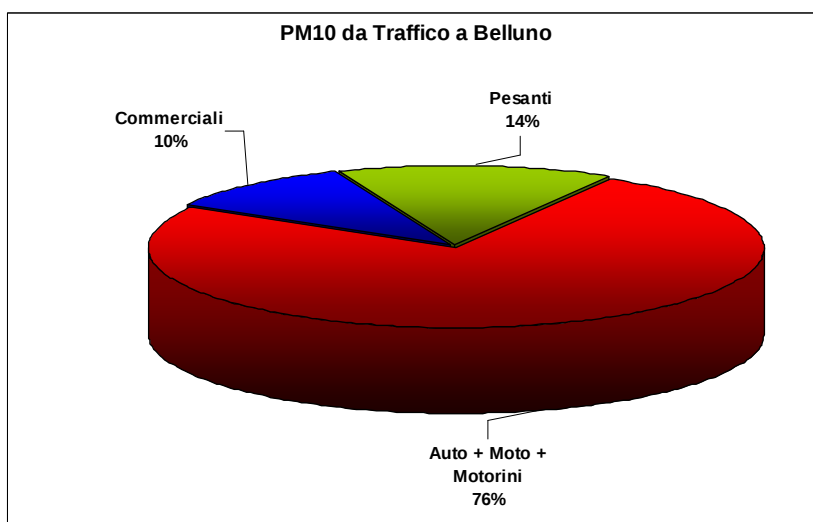


Figura 2.9. Stima delle emissioni di PM₁₀ da traffico ripartite per categoria veicolare.

Considerazioni

Nel comune di Belluno le concentrazioni di Polveri PM10 sono in buona parte influenzate dalle emissioni primarie del riscaldamento domestico, fonte nella quale si distingue la combustione di biomassa legnosa, combustibile molto utilizzato in tutta la provincia ed anche nel capoluogo bellunese.

Il peso del traffico stradale, sebbene parzialmente ridimensionato rispetto agli altri capoluoghi di provincia del Veneto, è comunque consistente e pari a circa il 35% delle emissioni di Polveri per le quali costituisce per importanza la seconda fonte per il PM10 e la prima per gli NO_x (60%).

Dalla analisi della composizione dei filtri del PM10 si nota che nei mesi climaticamente più freddi vi è un aumento considerevole della frazione organica legata in maniera prevalente a processi di combustione.

Oltre all'apporto differenziato delle varie sorgenti di emissione presenti nel comune, la qualità dell'aria è influenzata dalla meteorologia locale e sinottica nonché dalle condizioni aerologiche che si rivelano essere particolarmente sfavorevoli in molte giornate invernali. In tali contesti l'alta stabilità atmosferica, i consistenti strati di inversione termica e le ridotte velocità dei venti contribuiscono a favorire l'accumulo di gran parte degli inquinanti.

Sebbene il riscaldamento sia la fonte principale di Polveri sottili di origine primaria, il traffico stradale apporta nella città, oltre alla componente primaria comunque significativa, una frazione di particolato di origine secondaria legata alle emissioni di Ossidi di Azoto e di Zolfo.

**Ufficio Informativo
Ambientale**

**Dr. Cristiano Bellio
Dr. Roberto Piol**

**Visto:
Il Responsabile del
Servizio**

Dr. Rodolfo Bassan

Capitolo 3

Valutazioni modellistiche: stima delle emissioni e calcolo delle concentrazioni di PM10 e Benzene lungo i principali archi stradali della Città di Belluno.

Introduzione

Il traffico stradale si pone come una delle maggiori sorgenti di emissioni per le Polveri sottili (PM10) e di Benzene (C₆H₆) oltre che per gli NO_x specialmente nelle zone soggette ad un'alta urbanizzazione. La progressiva sostituzione del parco veicolare esistente verso mezzi a minori consumi ed emissioni compensa l'incremento del parco veicolare circolante, delle percorrenze e quindi dei relativi consumi di combustibile. In questa indagine sulla città di Belluno viene impiegato un modello di calcolo che permette di ricostruire i processi dell'inquinamento atmosferico attraverso algoritmi matematici, di tipo analitico o parametrico.

I flussi di traffico

L'indagine sulla qualità dell'aria nella Città di Belluno si pone l'obiettivo di ricostruire l'impatto sulla matrice aria del traffico stradale attribuibile alle seguenti 29 tratte urbane (figura 3.1) che rappresentano gli assi viari urbani e sub-urbani maggiormente significativi del capoluogo dolomitico:

- ◆ Ponte Bailey
- ◆ Ponte degli Alpini
- ◆ Via A. Alpago
- ◆ Via Alpago Novello
- ◆ Via Cavour
- ◆ Via Col di Lana
- ◆ Via Col Cavalier
- ◆ Via D. Buzzati
- ◆ Via dei Dendrofori
- ◆ Via A. di Foro
- ◆ Via F.lli Rosselli
- ◆ Via Feltre
- ◆ Via G. Paolo I
- ◆ Via Lungardo
- ◆ Via Medaglie d'Oro
- ◆ Via Miari
- ◆ Via Montegrappa
- ◆ Via Nevegal (Castion)
- ◆ Via Sarajevo
- ◆ Via Segato
- ◆ Via Vittorio Veneto est
- ◆ Via Vittorio Veneto ovest
- ◆ Viale Europa
- ◆ Viale Fantuzzi
- ◆ SP1 Loc. Sagrognà
- ◆ SP 1 Belluno – Limana
- ◆ SS 203 Belluno – Vignole
- ◆ SS 50 Belluno – Ponte nelle Alpi
- ◆ SS 50 Belluno - Sedico

La tratta maggiormente trafficata risulta essere via Vittorio Veneto est con flussi giornalieri medi che superano i 25000 passaggi e il Ponte degli Alpini. Presentano volumi sostenuti anche via Medaglie d'Oro, viale Europa e via Col di Lana confermando la criticità di questo asse viario nella viabilità cittadina. Per ciò che concerne gli assi strategici per l'accesso al capoluogo si rivela considerevole il contributo in termini quantitativi dell'ingresso sud a Belluno ovvero via Montegrappa verso la sinistra Piave e della SS50 da e per Ponte nelle Alpi. All'interno del centro cittadino assume un ruolo importante l'asse compreso tra viale Fantuzzi e via Feltre.

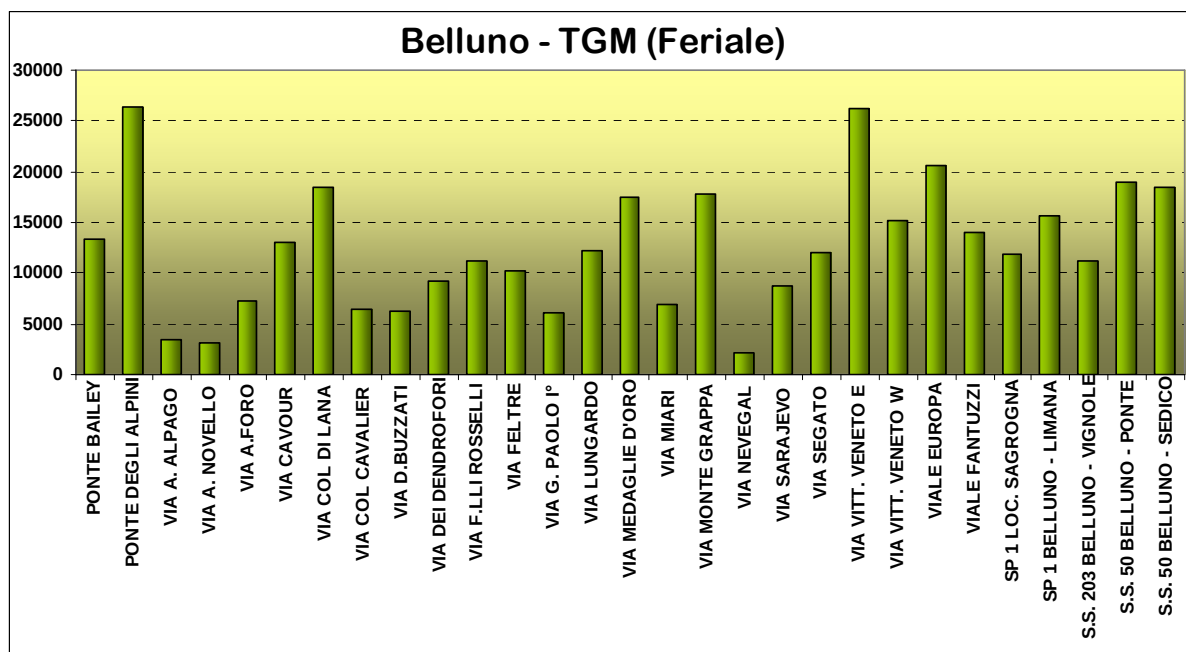


Figura 3.2. Volumi di traffico del giorno medio feriale (TGM).

Analizzando in maniera più dettagliata la composizione relativa dei flussi suddivisi nelle tre principali categorie come da figura 3.3, è possibile notare quanto segue:

- ◆ il traffico leggero (C1) è la componente principale con percentuali sempre superiori all'80% del TGM e quasi sempre attorno al 90%;
- ◆ via Miari e il ponte Bailey presentano comportamenti differenti con una diversa ripartizione; vi è infatti un maggior peso relativo del traffico commerciale e pesante. Si ipotizza che questo sia dovuto alla modifica della viabilità che induce gli automobilisti a scegliere il ponte Bailey e i conduttori di mezzi pesanti e commerciali a preferire questa via come accesso all'autostrada;
- ◆ i mezzi pesanti (C3) sembrano preferire l'asse della sinistra Piave (SP1 Sagrognà – via Miari – via Montegrappa) rispetto alla destra Piave; probabilmente i conducenti cercano di evitare il nodo viario del Ponte degli Alpini;
- ◆ la componente dei veicoli commerciali si concentra negli assi principali di accesso alla città.

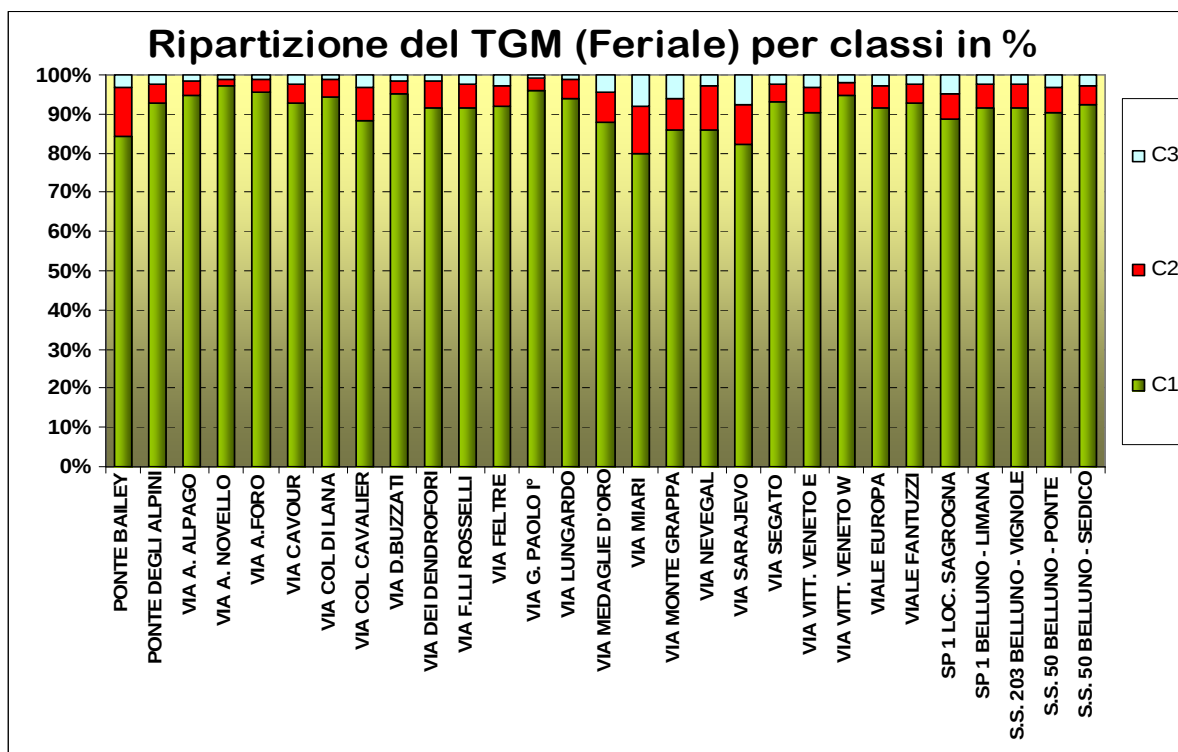


Figura 3.3. Ripartizione per classe veicolare del traffico del giorno medio feriale (TGM); auto (C1), veicoli commerciali e SUV (C2) e mezzi pesanti (C3).

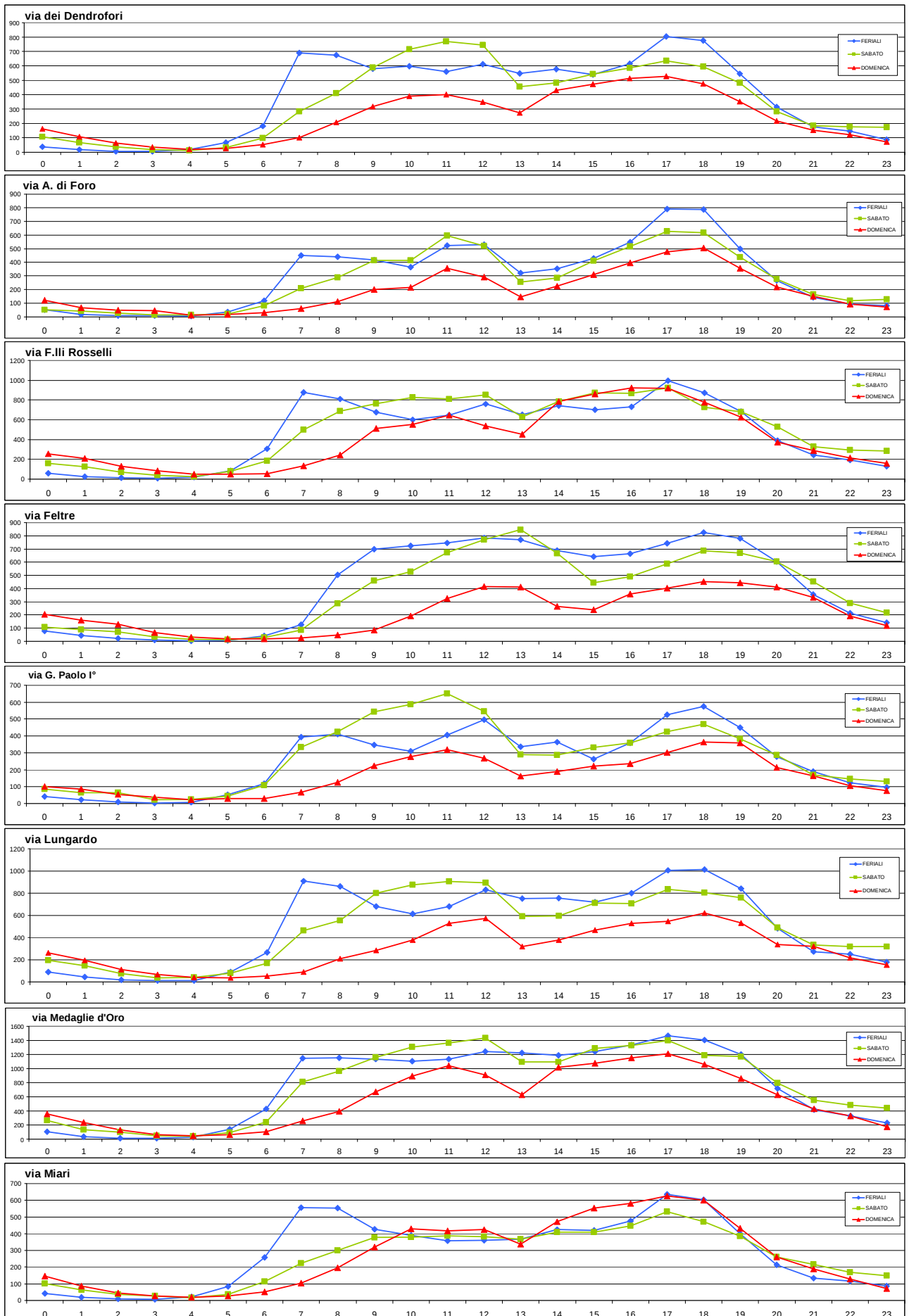
Andamento orario dei volumi di traffico

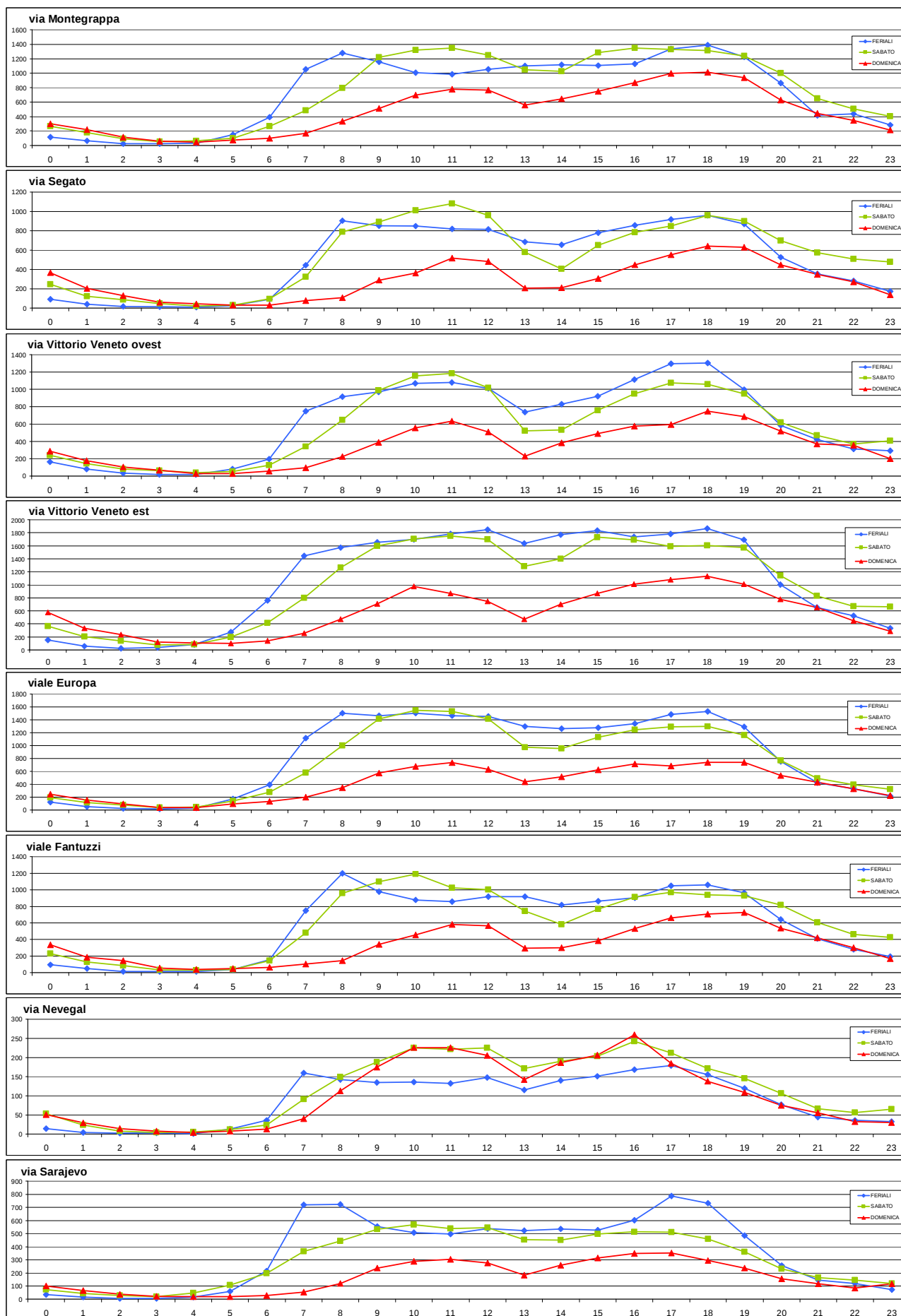
I prossimi grafici (figura 3.4) raccolgono gli andamenti orari dei flussi di traffico per tutte le vie oggetto di indagine, differenziando la giornata feriale da quella prefestiva (sabato) e festiva (domenica).

Dall'analisi delle rappresentazioni grafiche si evince che:

- ◆ nella situazione più frequente del giorno feriale medio sono evidenti due picchi di traffico, uno in corrispondenza delle prime ore del mattino (7:00-9:00) ed un secondo generalmente di maggior durata ed intensità nel tardo pomeriggio (16:00-19:00);
- ◆ in alcune vie (Feltre, Montegrappa, Europa e Col di Lana) questa tendenza non viene rispettata e si assiste ad una distribuzione più uniforme dei flussi nell'arco della giornata; in particolare lungo la direttiva (via Vittorio Veneto Est - via Medaglie d'Oro) i volumi restano pressoché costanti dalle 8 alle 19;
- ◆ i maggiori volumi di traffico si registrano in via Vittorio Veneto est (all'altezza di via Bettio) che raggiunge in più momenti i 1800 veicoli/ora, seguono per importanza la SS50 BL- Ponte nelle Alpi, viale Europa con circa 1400 veicoli/ora come via Col di Lana;
- ◆ i flussi del giorno medio feriale sono generalmente i più sostenuti, ma si rilevano diverse eccezioni come il caso del sabato mattina in cui si assiste ad un grosso spostamento di mezzi generalizzato verso le strutture commerciali della città;
- ◆ nei giorni festivi i volumi sono solitamente inferiori con l'eccezione di via Nevegal.







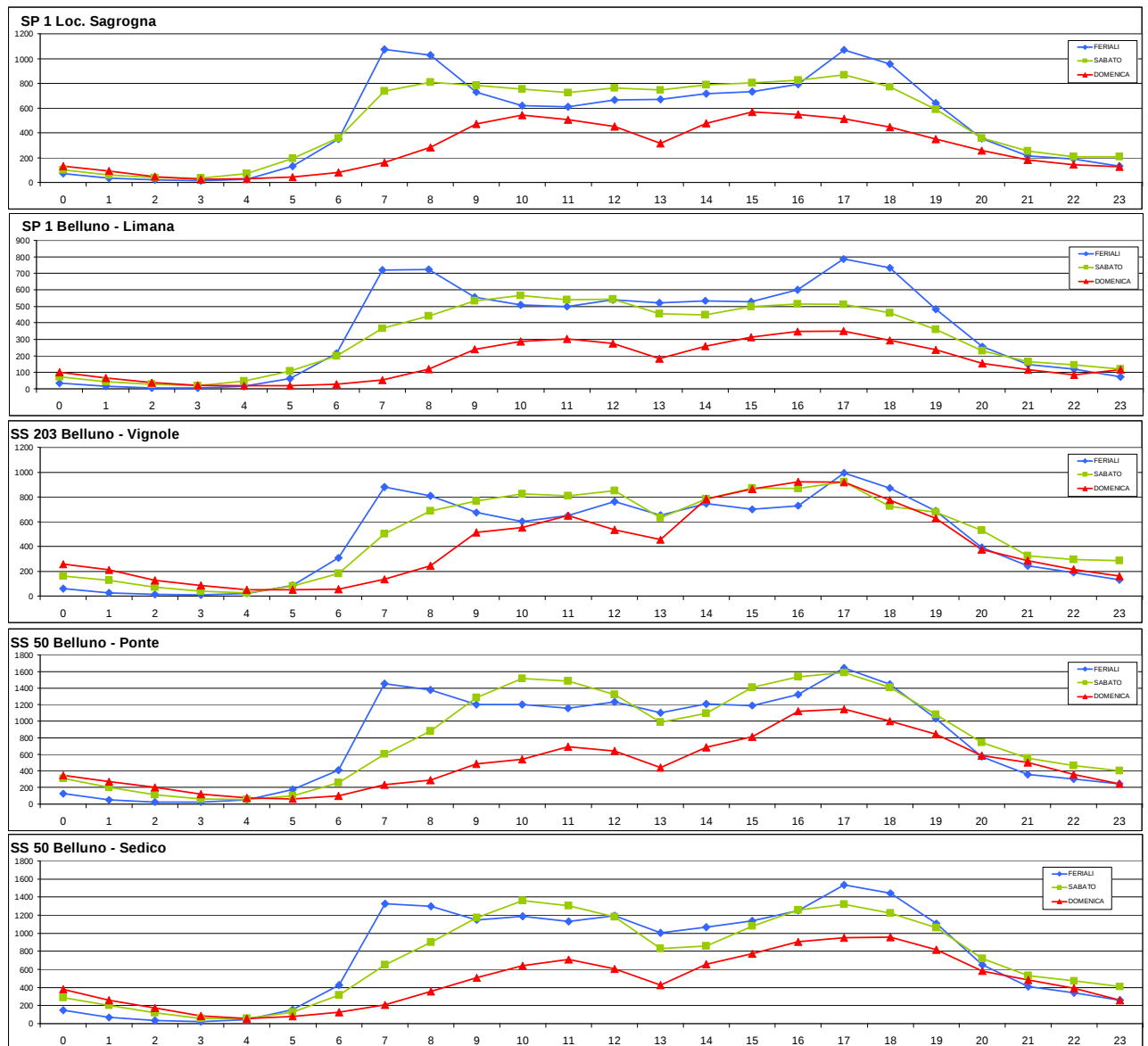


Figura 3.4. Diagrammi di flusso orari per il giorno medio feriale, prefestivo e festivo.

La stima delle emissioni da traffico stradale

La stima delle emissioni da attribuire alle tratte stradali è stata condotta secondo la metodologia *Bottom up*, sulla base dei flussi di traffico reali registrati nel territorio. Il traffico stradale, definito tecnicamente come sorgente lineare, è stato georeferenziato tracciando gli archi stradali sulla Carta Tecnica Regionale 1:10000. Le stime delle emissioni sono state condotte, secondo la metodologia europea di riferimento per le emissioni da trasporto su strada COPERT III, attraverso l'applicativo di calcolo sviluppato dall'Osservatorio Aria Regionale di ARPAV. Secondo tale metodologia, che è tuttora in corso di aggiornamento in merito a fattori di emissione ed algoritmi di calcolo, dal traffico derivano quattro contributi:

- ◆ Emissioni a caldo, ovvero dei veicoli che hanno raggiunto la temperatura di esercizio;
- ◆ Emissioni a freddo, durante il riscaldamento del veicolo;
- ◆ Emissioni evaporative, per i soli COVNM (composti organici volatili non metanici);
- ◆ Emissioni di particolato da abrasione di freni, pneumatici e manto stradale.

Come precedentemente detto, sono stati utilizzati i flussi di traffico scomposti nelle componenti dei veicoli leggeri, commerciali e pesanti, data la velocità media oraria e la composizione del parco veicolare della provincia di Belluno secondo ACI 2008, suddiviso in 105 differenti classi emissive che considerano il tipo di combustibile, la cilindrata, il peso, i tempi, la categoria EURO ed il riferimento normativo dei veicoli immatricolati. La prima stima delle emissioni calcolate per le cinque vie indagate è riportata in tabella 3.1.

Stima delle emissioni	FERIALE		SABATO		DOMENICA	
	PM10	C6H6	PM10	C6H6	PM10	C6H6
Ponte Bailey	1690.28	445.71	1446.34	440.52	1002.28	297.08
Ponte degli Alpini	1892.36	762.19	1863.85	811.94	940.86	492.54
Via A. Alpago	292.80	109.66	253.79	96.76	162.95	68.11
Via Alpago Novello	282.06	104.76	280.01	104.54	155.65	60.20
Via Cavour	1192.87	414.08	1168.11	436.01	520.49	231.12
Via Col di Lana	2146.48	692.10	2045.10	704.50	1342.51	501.28
Via Col Cavalier	509.55	180.58	494.16	196.93	302.21	132.21
Via D. Buzzati	551.17	203.44	530.74	203.07	324.76	133.14
Via dei Dendrofori	683.18	267.30	581.00	252.80	380.84	175.16
Via A. di Foro	542.87	224.49	489.05	201.68	320.76	141.90
Via F.lli Rosselli	831.18	322.16	803.29	358.89	581.99	296.12
Via Feltre	1072.83	339.15	887.80	298.80	422.91	174.07
Via G. Paolo I°	487.15	196.82	537.42	222.00	298.22	130.69
Via Lungardo	940.63	373.32	868.32	361.60	492.02	227.19
Via Medaglie d'Oro	1373.41	475.21	1284.83	498.78	818.44	323.45
Via Miari	721.17	179.88	483.11	181.45	470.34	197.60
Via Montegrappa	1745.87	503.71	1141.33	455.86	799.49	341.26
Via Nevegal	155.69	56.56	199.75	74.49	165.11	67.91
Via Sarajevo	720.94	211.84	534.29	184.83	224.78	112.36
Via Segato	1101.12	383.72	1147.41	431.39	480.15	214.70
Via Vittorio Veneto est	3147.80	912.14	2497.16	868.90	1103.38	458.00
Via Vittorio Veneto ovest	1228.03	471.57	1019.89	432.37	552.33	258.06
Viale Europa	1976.53	652.65	1632.05	602.99	709.47	307.70
Viale Fantuzzi	1289.30	448.41	1288.27	481.47	567.81	253.15
SP1 Loc. Sagrogn	856.35	312.66	882.42	298.31	401.34	186.28
SP1 Belluno – Limana	973.96	421.35	777.21	394.78	605.29	333.06
SS 203 Belluno – Vignole	831.18	322.16	803.29	358.89	581.99	296.12
SS 50 BL – Ponte n. Alpi	1266.49	507.50	1299.03	512.48	691.61	327.46
SS 50 Belluno – Sedico	1221.93	517.81	1031.96	509.71	630.54	338.10

Tabella 3.1. Stima delle emissioni di Polveri PM10 e Benzene in g/(km*giorno).

Vi è una notevole discrepanza degli apporti emissivi delle diverse tratte e ciò è imputabile principalmente alle differenze riscontrabili nell'entità dei flussi e nelle loro composizioni. Si segnalano per rilevanza i contributi di via Vittorio Veneto est sia per quanto riguarda il PM10 che il Benzene.

Seguono per importanza via Col di Lana (con un carico notevole anche nei giorni pre-festivi e festivi), viale Europa, Ponte degli Alpini, via Montegrappa e il Ponte Bailey che si conferma una arteria cruciale per il traffico cittadino. Nei giorni prefestivi e festivi si assiste ad una graduale diminuzione delle emissioni per km grazie alla sostanziale riduzione dei flussi di traffico rappresentati in maniera quasi esclusiva da veicoli leggeri.

In tabella 3.2 sono riportate le emissioni annuali espresse in tonnellate di ciascun arco stradale e la loro lunghezza espressa in km. Il totale del grafo urbano e sub-urbano ricadente nel comune di Belluno ammonta a circa 54 km. Tra le strade urbane la tratta più incidente risulta essere via Vittorio Veneto est per il PM10 e viale Europa per il Benzene, mentre le tratte suburbane avendo un'estensione mediamente maggiore si rivelano essere le arterie più impattanti.

NOME STRADA	PM10 (t/anno)	C6H6 (t/anno)	Lunghezza (in km)
PONTE BAILEY	0.21	0.06	0.370
PONTE DEGLI ALPINI	0.29	0.12	0.453
VIA A. ALPAGO	0.04	0.01	0.380
VIA ALPAGO NOVELLO	0.16	0.06	1.656
VIA CAVOUR	0.11	0.04	0.273
VIA COL DI LANA	0.59	0.19	0.798
VIA COL CAVALIER	0.54	0.20	3.125
VIA D. BUZZATI	0.22	0.08	1.177
VIA DEI DENDROFORI	0.37	0.16	1.781
VIA A. DI FORO	0.22	0.09	1.211
VIA F.LLI ROSSELLI	0.27	0.11	0.947
VIA FELTRE	0.33	0.11	0.941
VIA G. PAOLO I	0.13	0.05	0.761
VIA LUNGARDO	0.30	0.12	0.966
VIA MEDAGLIE D'ORO	0.27	0.10	0.580
VIA MIARI	0.16	0.05	0.695
VIA MONTEGRAPPA	0.53	0.16	0.951
VIA NEVEGAL	0.47	0.17	7.838
VIA SARAJEVO	0.15	0.05	0.677
VIA SEGATO	0.09	0.03	0.231
VIA VITT. VENETO OVEST	0.36	0.14	0.890
VIA VITT. VENETO EST	1.94	0.59	1.933
VIALE EUROPA	1.77	0.61	2.790
VIALE FANTUZZI	0.13	0.04	0.290
SP 1 LOC. SAGROGNA	1.54	0.57	5.323
SP 1 BELLUNO – LIMANA	0.84	0.38	2.594
SS 203 BELLUNO – VIGNOLE	1.62	0.66	5.615
SS 50 BELLUNO – PONTE N. ALPI	1.23	0.50	2.847
SS 50 BELLUNO – SEDICO	1.97	0.87	4.863
TOTALE	16.93	6.37	53.638

Tabella 3.2. Stima delle emissioni annuali da traffico stradale per ciascuna delle vie indagate (dati in Mg/anno).

Il parco veicolare: scenari a confronto

Le disposizioni dell'Unione Europea sui limiti di emissione dei veicoli ha favorito la graduale introduzione sul mercato di mezzi con minore emissione, secondo diverse scadenze temporali ed obiettivi di qualità. In tale contesto i veicoli sono classificati in base al rispetto di precisi standard emissivi definiti nell'ambito di diverse categorie EURO.

EURO IV è il nome di un insieme di standard sulle emissioni che si applica ai veicoli stradali nuovi venduti nell'UE a partire dal 2006. L'Euro IV è oggi sostituito dall'Euro V, introdotto nel 2008 ed entrato in vigore nel 2009. Entro il 2014 entrerà in vigore lo standard EURO VI.

Nell'ambito delle valutazioni modellistiche si è ipotizzata l'evoluzione delle emissioni da traffico in termini di PM10 per il comune di Belluno.

Partendo dal parco veicolare attuale (secondo i dati ACI al 2008 e stimando le emissioni con metodologia COPERT) si è ipotizzato da prima che tutti i veicoli siano sostituiti con EURO IV, poi con il 50% di EURO IV e EURO V ed infine che tutti siano veicoli EURO V. Il quadro è riportato in figura 3.5.

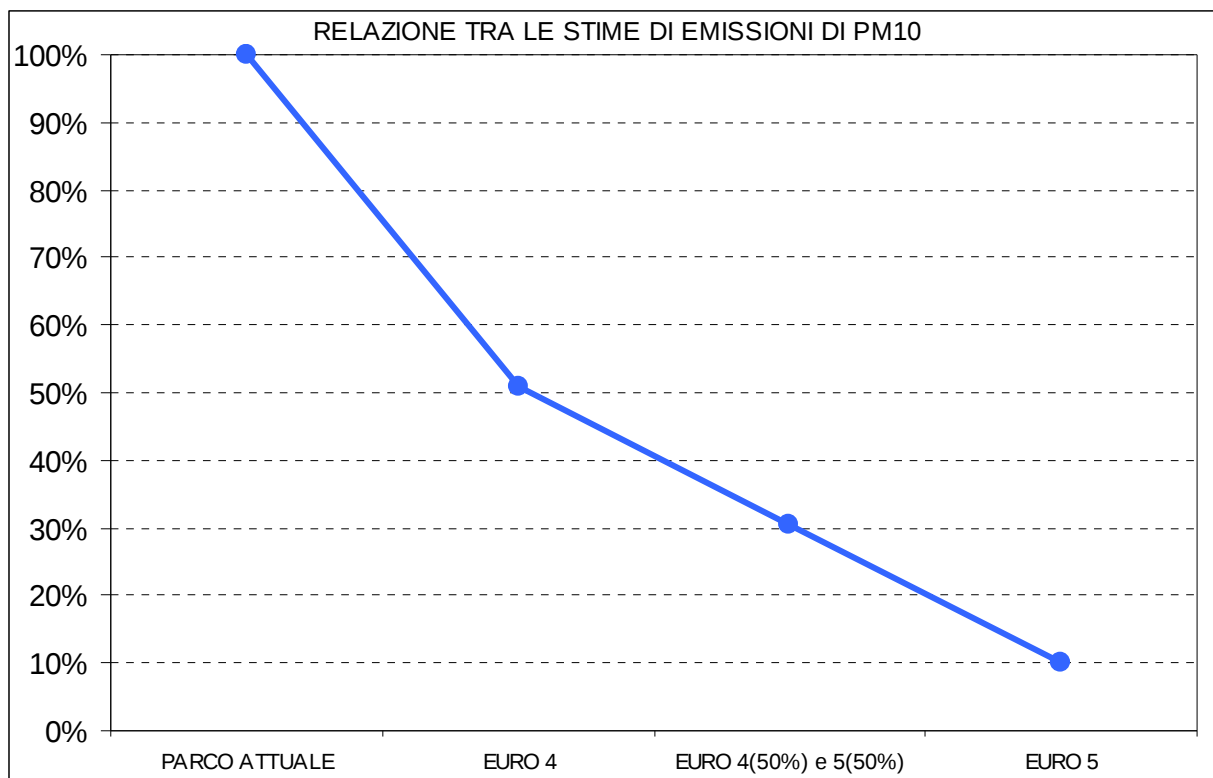


Figura 3.5. Stima del decremento medio delle emissioni di PM10 da traffico stradale per il comune di Belluno.

Dall'analisi del grafico è possibile notare come la sostituzione dell'intero parco veicolare presente nel comune di Belluno con mezzi di categoria EURO IV riduce di circa il 50% le emissioni di Polveri sottili mentre quella con gli EURO V consente di ridurle del 90% rispetto allo scenario attuale.

Ogni tracciato stradale è caratterizzato da diversa composizione e differente numero di veicoli circolanti. Una stima delle emissioni di Polveri è riportata nei dettagli in tabella 3.3.

Le emissioni del parco attuale dei veicoli circolanti sono stati calcolati sulla base della metodologia COPERT mentre le emissioni degli scenari sono stati calcolati con fattori di emissione INEMAR per gli EURO IV, adeguatamente rimodulati per ricostruire i fattori emissivi EURO V sulla base degli standard di qualità definiti dall'Unione Europea.

STRADA	PARCO ATTUALE	EURO 4	EURO 4(50%) e EURO (50%)	EURO 5
PONTE BAILEY	0.21	0.07	0.04	0.01
PONTE DEGLI ALPINI	0.29	0.16	0.10	0.03
SP1 BELLUNO – LIMANA	0.84	0.55	0.33	0.11
SP1 LOC. SAGROGNA	1.54	0.92	0.55	0.18
SS 203 BELLUNO-VIGNOLE	1.62	0.89	0.53	0.17
SS50 BELLUNO - PONTE N. ALPI	1.23	0.76	0.45	0.15
SS50 BELLUNO – SEDICO	1.96	1.19	0.71	0.24
VIA A. ALPAGO	0.04	0.02	0.01	0.00
VIA A. DI FORO	0.22	0.11	0.07	0.02
VIA ALPAGO NOVELLO	0.16	0.06	0.04	0.01
VIA CAVOUR	0.11	0.05	0.03	0.01
VIA COL CAVALIER	0.54	0.30	0.18	0.06
VIA COL DI LANA	0.59	0.19	0.12	0.04
VIA D.BUZZATTI	0.22	0.10	0.06	0.02
VIA DEI DENDROFORI	0.41	0.21	0.13	0.04
VIA F.LLI ROSSELLI	0.27	0.15	0.09	0.03
VIA FELTRE	0.33	0.13	0.08	0.03
VIA G. PAOLO I°	0.13	0.06	0.04	0.01
VIA LUNGARDO	0.30	0.15	0.09	0.03
VIA MEDAGLIE D'ORO	0.27	0.15	0.09	0.03
VIA MIARI	0.16	0.08	0.05	0.02
VIA MONTEGRAPPA	0.53	0.25	0.15	0.05
VIA NEVEGAL	0.47	0.28	0.16	0.05
VIA SARAJEVO	0.15	0.09	0.05	0.02
VIA SEGATO	0.09	0.04	0.02	0.01
VIA VITT. VENETO EST	1.94	0.68	0.41	0.14
VIA VITT. VENETO OVEST	0.36	0.17	0.10	0.03
VIALE EUROPA	1.77	0.75	0.45	0.15
VIALE FANTUZZI	0.13	0.05	0.03	0.01
TOTALE	16.88	8.60	5.15	1.70

Tabella 3.3. Stima delle emissioni di PM10 per tracciato stradale nel comune di Belluno (Mg/anno).

I valori di ciascuna tratta stradale sono riferiti alla lunghezza del percorso e la riduzione delle emissioni nei diversi scenari dipende dalla proporzione tra le tipologie di mezzi circolanti (leggeri, commerciali e pesanti). L'incidenza percentuale delle categorie di mezzi di trasporto sono riportate per ciascuna tratta nelle figure da 3.6 a 3.9 rispettivamente in ogni scenario individuato.

In particolare per lo scenario con presenza solamente di veicoli EURO V si assiste ad una variazione dell'incidenza delle singole categorie con in particolare un piccolo incremento della componente dei veicoli leggeri.

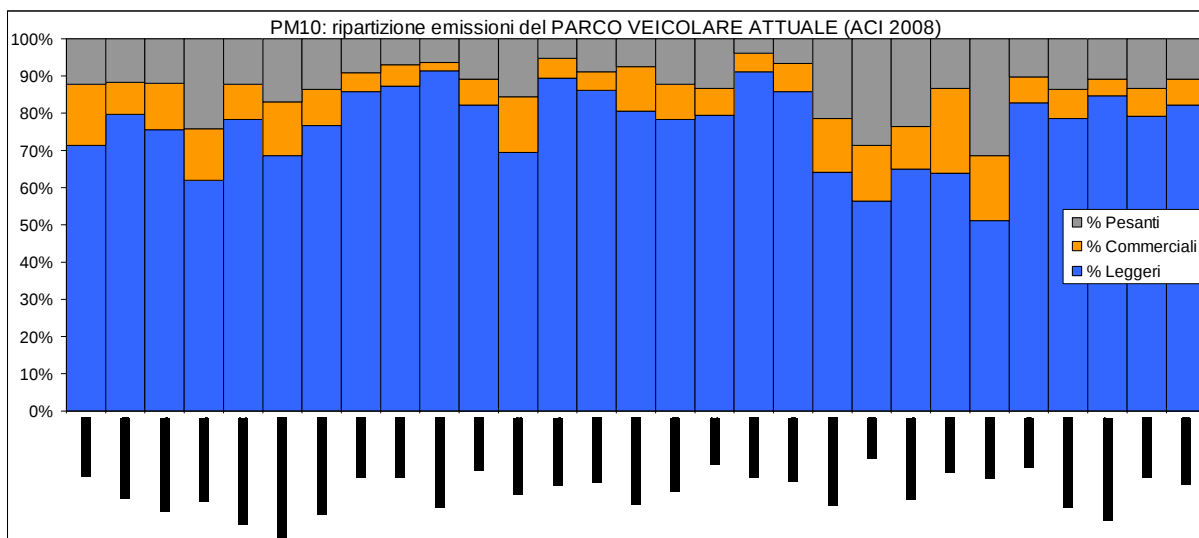


Figura 3.6. Ripartizione percentuale delle emissioni PM10 per categoria veicolare secondo lo scenario "parco veicolare attuale 2008".

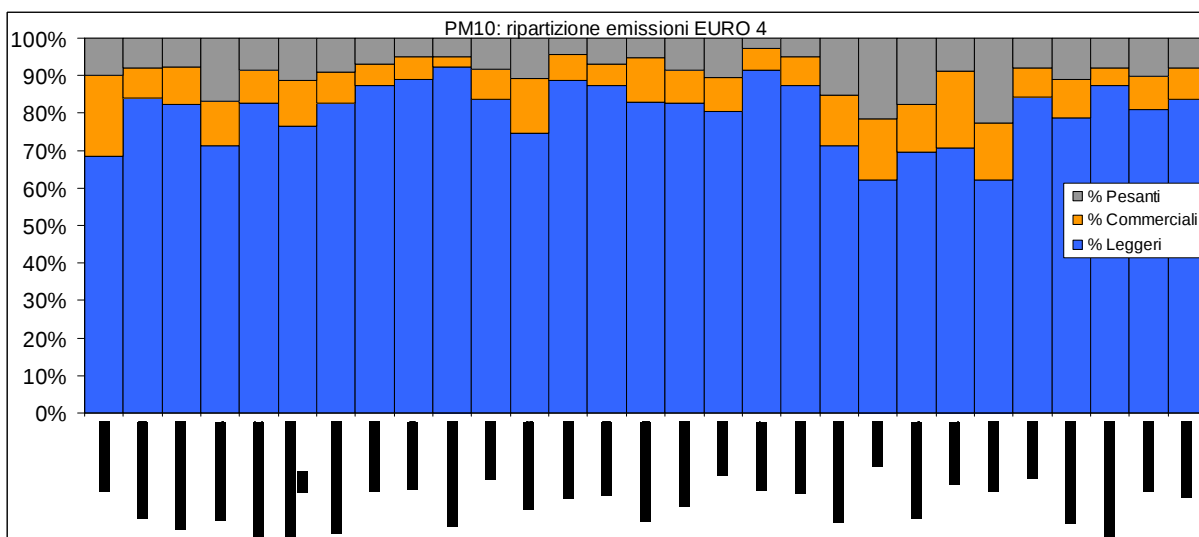


Figura 3.7. Ripartizione percentuale delle emissioni PM10 per categoria veicolare secondo lo scenario "EURO IV".

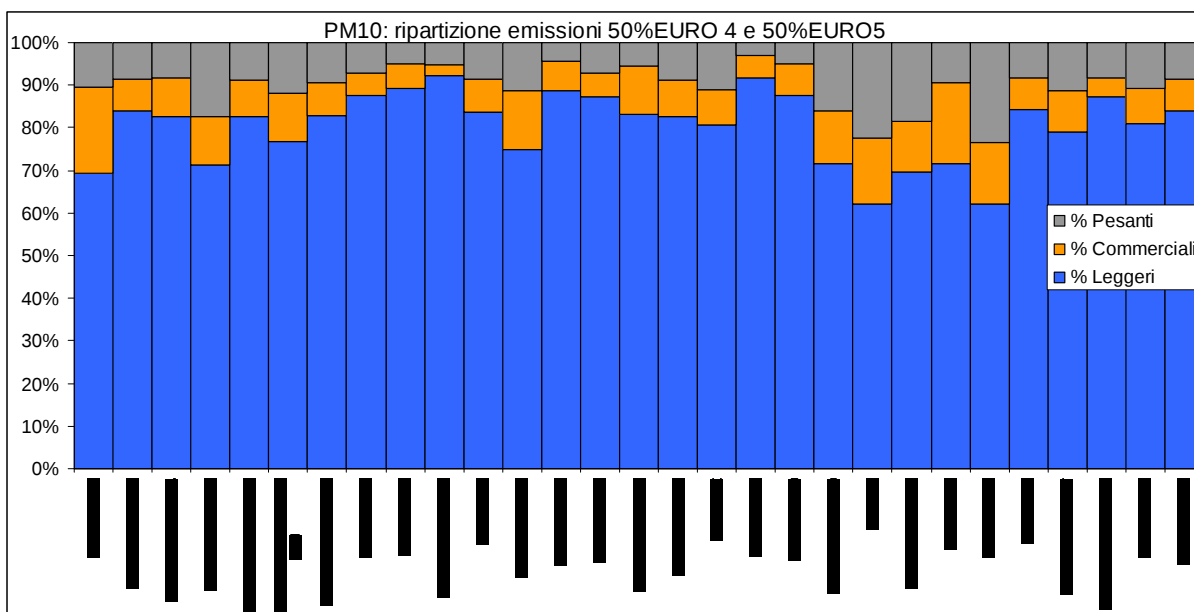


Figura 3.8. Ripartizione percentuale delle emissioni PM10 per categoria veicolare secondo lo scenario "EURO IV (50%) e EURO V (50%)".

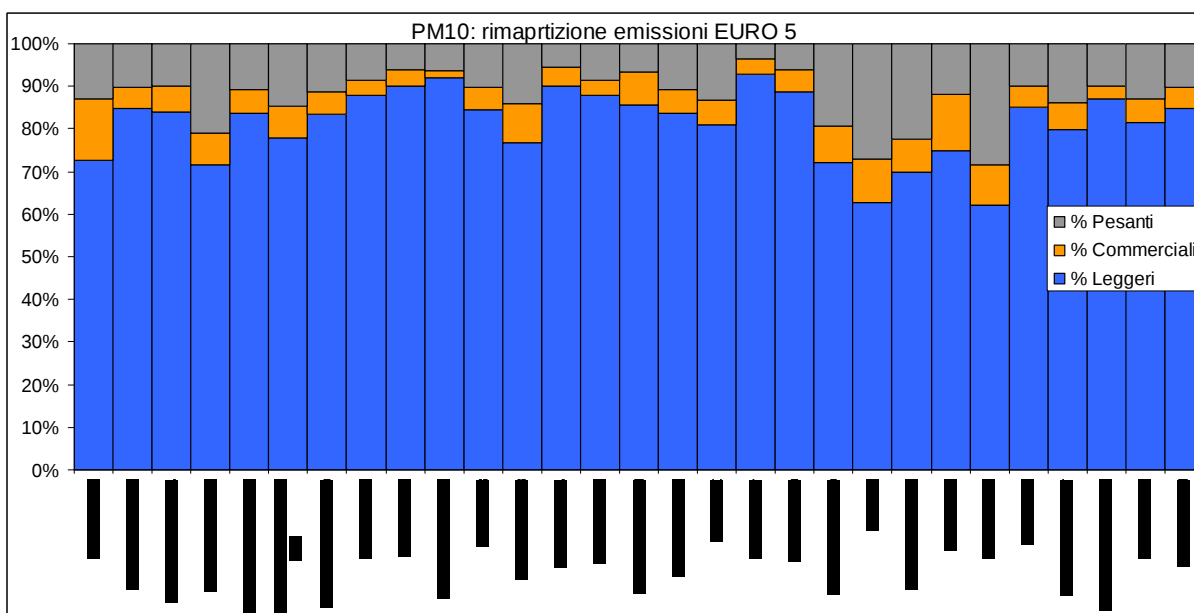


Figura 3.9. Ripartizione percentuale delle emissioni PM10 per categoria veicolare secondo lo scenario "EURO V".

Il dettaglio delle stime con i valori di emissione in tonnellate di Polveri PM10 emesse mediamente in un anno è riportato in tabella 3.4 per i principali scenari di calcolo.

PM10	LEGGERI (Mg/anno)			COMMERCIALI (Mg/anno)			PESANTI (Mg/anno)			TOTALE (Mg/anno)		
NOME STRADA	PARCO ATTUALE	EURO 4	EURO 5	PARCO ATTUALE	EURO 4	EURO 5	PARCO ATTUALE	EURO 4	EURO 5	PARCO ATTUALE	EURO 4	EURO 5
PONTE BAILEY	0.148	0.049	0.010	0.034	0.015	0.002	0.025	0.007	0.002	0.207	0.072	0.014
PONTE DEGLI ALPINI	0.230	0.134	0.027	0.024	0.013	0.002	0.034	0.013	0.003	0.289	0.160	0.032
SP1 BELLUNO - LIMANA	0.637	0.451	0.090	0.105	0.053	0.007	0.102	0.043	0.011	0.843	0.547	0.108
SP1 LOC. SAGROGNA	0.955	0.657	0.131	0.213	0.110	0.014	0.372	0.154	0.039	1.541	0.920	0.184
SS 203 BELLUNO - VIGNOLE	1.268	0.731	0.146	0.151	0.080	0.010	0.199	0.075	0.019	1.618	0.886	0.175
SS50 BELLUNO - PONTE N. ALPI	0.846	0.580	0.116	0.177	0.091	0.011	0.209	0.087	0.022	1.232	0.758	0.149
SS50 BELLUNO - SEDICO	1.508	0.984	0.197	0.188	0.099	0.012	0.268	0.108	0.027	1.965	1.191	0.236
VIA A. ALPAGO	0.032	0.014	0.003	0.002	0.001	0.000	0.003	0.001	0.000	0.037	0.017	0.003
VIA A. DI FORO	0.194	0.099	0.020	0.013	0.007	0.001	0.015	0.005	0.001	0.222	0.111	0.022
VIA ALPAGO NOVELLO	0.145	0.058	0.012	0.004	0.002	0.000	0.010	0.003	0.001	0.159	0.063	0.013
VIA CAVOUR	0.089	0.039	0.008	0.008	0.004	0.000	0.012	0.004	0.001	0.109	0.047	0.009
VIA COL CAVALIER	0.378	0.220	0.044	0.081	0.043	0.005	0.085	0.032	0.008	0.543	0.295	0.057
VIA COL DI LANA	0.524	0.170	0.034	0.031	0.014	0.002	0.031	0.008	0.002	0.586	0.192	0.038
VIA D.BUZZATTI	0.190	0.084	0.017	0.011	0.006	0.001	0.020	0.007	0.002	0.221	0.096	0.019
VIA DEI DENDROFORI	0.326	0.178	0.036	0.049	0.026	0.003	0.030	0.011	0.003	0.405	0.214	0.042
VIA F.LLI ROSSELLI	0.214	0.123	0.025	0.025	0.013	0.002	0.034	0.013	0.003	0.273	0.149	0.030
VIA FELTRE	0.260	0.102	0.020	0.023	0.011	0.001	0.043	0.013	0.003	0.327	0.127	0.025
VIA G. PAOLO I°	0.118	0.055	0.011	0.007	0.003	0.000	0.005	0.002	0.000	0.129	0.060	0.012
VIA LUNGARDO	0.261	0.131	0.026	0.023	0.012	0.001	0.021	0.007	0.002	0.305	0.150	0.030
VIA MEDAGLIE D'ORO	0.173	0.108	0.022	0.039	0.020	0.003	0.058	0.023	0.006	0.271	0.152	0.030
VIA MIARI	0.093	0.049	0.010	0.025	0.013	0.002	0.047	0.017	0.004	0.165	0.080	0.016
VIA MONTE GRAPPA	0.343	0.173	0.035	0.060	0.031	0.004	0.124	0.044	0.011	0.528	0.248	0.049
VIA NEVEGAL	0.298	0.195	0.039	0.106	0.056	0.007	0.062	0.025	0.006	0.466	0.276	0.052
VIA SARAJEVO	0.079	0.056	0.011	0.027	0.014	0.002	0.048	0.020	0.005	0.154	0.090	0.018
VIA SEGATO	0.071	0.031	0.006	0.006	0.003	0.000	0.009	0.003	0.001	0.086	0.037	0.007
VIA VITT. VENETO EST	1.530	0.539	0.108	0.152	0.070	0.009	0.262	0.075	0.019	1.944	0.683	0.135
VIA VITT. VENETO OVEST	0.302	0.150	0.030	0.016	0.008	0.001	0.039	0.014	0.003	0.357	0.172	0.034
VIALE EUROPA	1.404	0.607	0.121	0.134	0.067	0.008	0.235	0.077	0.019	1.773	0.751	0.149
VIALE FANTUZZI	0.103	0.045	0.009	0.009	0.004	0.001	0.013	0.004	0.001	0.125	0.054	0.011
TOTALE	12.720	6.813	1.363	1.742	0.889	0.111	2.416	0.895	0.224	16.878	8.597	1.698

Tabella 3.4. Stima dettagliata delle emissioni di PM10 da traffico per ogni categoria veicolare in ciascuna tratta stradale.

La stima delle concentrazioni atmosferiche

Sulla base dell'inventario delle emissioni da traffico stradale calcolato per il comune di Belluno è stata prodotta una stima delle concentrazioni atmosferiche di Polveri e Benzene ad 1 m dal suolo con il modello ADMS-Urban di CERC (Cambridge Environmental Research Consultant).

ADMS-Urban (Advanced Dispersion Modelling System for Urban Area) è un modello di tipo gaussiano, analitico stazionario avanzato di dispersione degli inquinanti.

In questa indagine ADMS-Urban è stato impiegato per la modellizzazione dell'inquinamento da traffico stradale come sorgente lineare, senza introdurre alcuna altra fonte di emissione né background di fondo, per evidenziare i singoli contributi e le relative aree di influenza associate. Per le Polveri sottili le concentrazioni stimate si riferiscono alla sola componente primaria dell'inquinante e pertanto non considera le reazioni fotochimiche o le condensazioni e le aggregazioni che determinano la formazione della componente secondaria.

ADMS-Urban sfrutta una fisica aggiornata per descrivere la stabilità dello strato limite atmosferico, ma come gran parte dei modelli gaussiani, non è in grado di gestire i fenomeni di calma di vento.

Per descrivere i fenomeni di dispersione il modello utilizza l'altezza dello strato di rimescolamento e la lunghezza di Monin-Obukhov, tali performance richiedono velocità del vento pari o superiori a 0.75 m/s. Inoltre il modello è in grado di considerare il ruolo giocato dalla presenza di edifici ai bordi delle strade, che creano un fenomeno noto come "effetto canyon".

Il software utilizzato è dotato di varie funzionalità:

- ◆ un modello avanzato di dispersione
- ◆ un preprocessore meteorologico
- ◆ la possibilità di inserire una completa gamma di sorgenti.

Il modello è stato utilizzato nella modalità Long-term (LT) ovvero quella che calcola un unico valore medio nel periodo considerato. Nel caso studio è stato impostato il calcolo della situazione media annuale grazie all'impiego di un file meteorologico a cadenza oraria completa per l'anno 2010 fornito dal Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio di ARPAV. La stazione meteorologica di riferimento è posizionata all'aeroporto di Belluno. Le misure indicano una prevalenza dei settori di provenienza del vento S-SSW e NE (figura 3.10).

Per tali assetti di calcolo è stato utilizzato un sistema a griglie di tipo "intelligente" che conduce ad una migliore stima in prossimità delle strade e risulta una opzione indicata in uno studio orientato alla descrizione della realtà urbana. L'impiego della griglia intelligente ha presentato però l'inconveniente di aumentare molto il tempo di calcolo, in maniera proporzionale ai punti recettori aggiuntivi utilizzati.

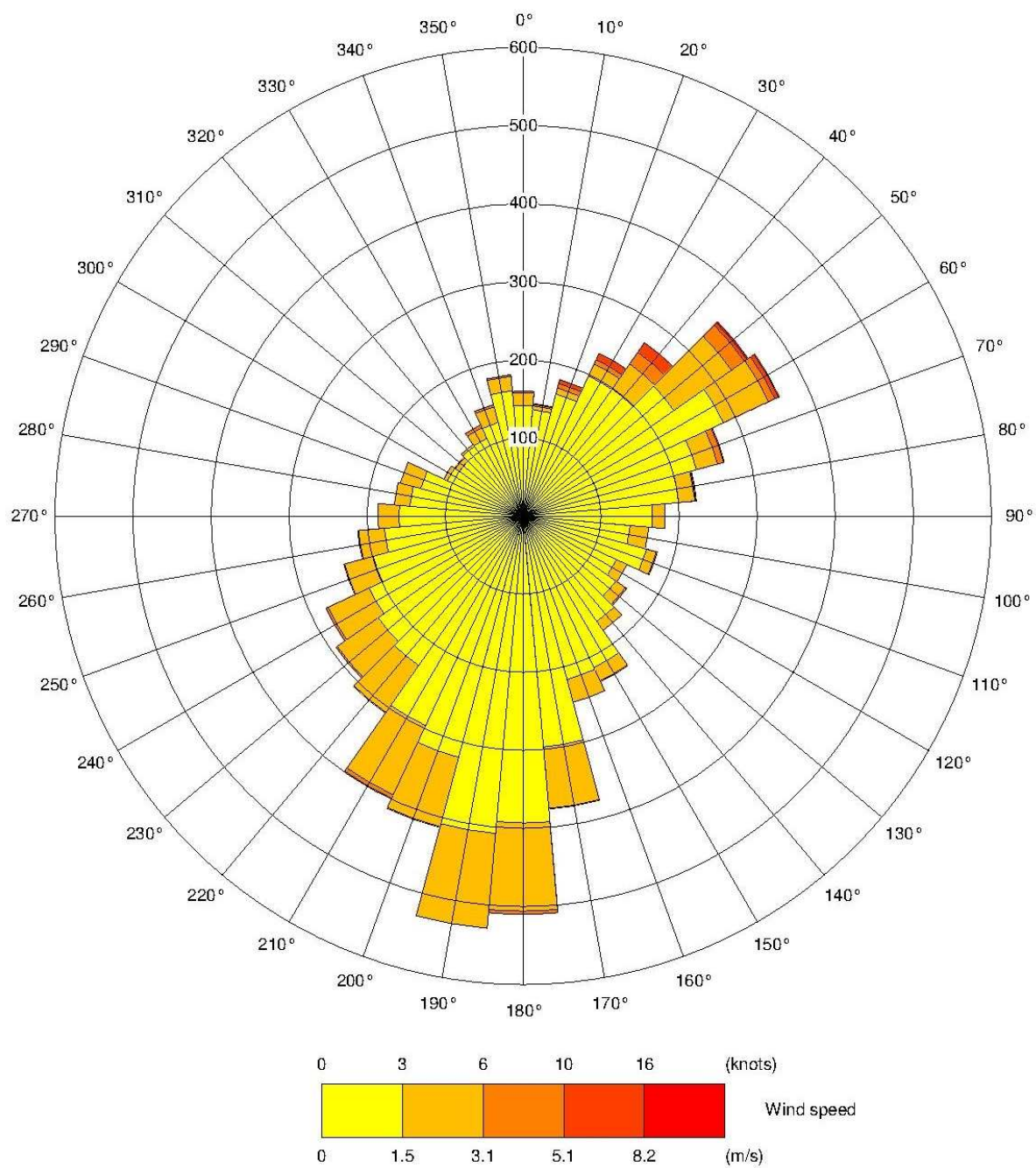


Figura 3.10. La rosa dei venti dell'anno 2010 realizzata con i dati della stazione meteorologica ARPAV dell'aeroporto di Belluno.

Media annuale 2010 Benzene – Long-term

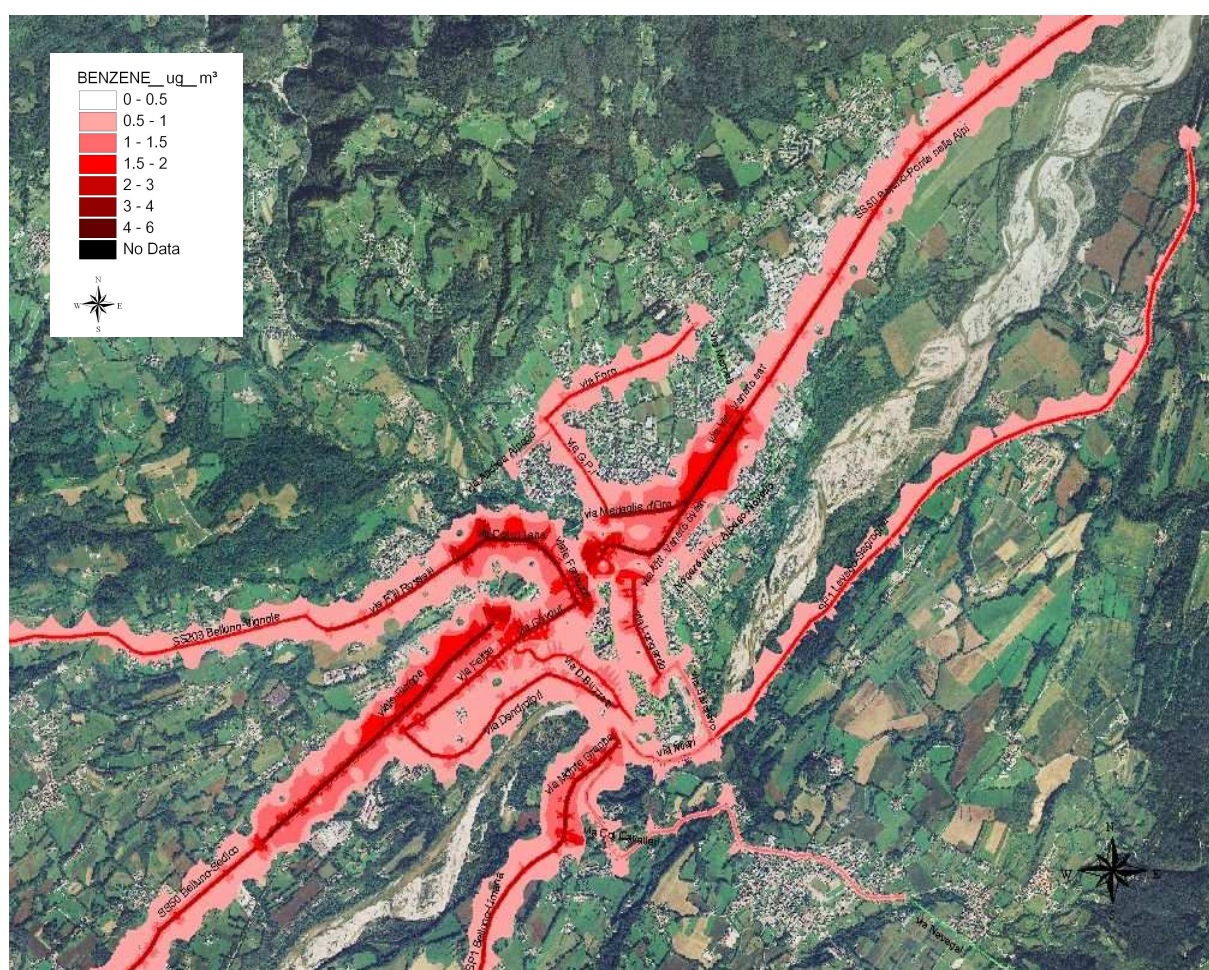


Figura 3.12. La mappa media annuale delle concentrazioni medie giornaliere di Benzene da traffico urbano a Belluno.

Come anticipato dall'analisi dei flussi di traffico, nel confronto dei carichi emissivi emerge il ruolo dell'asse via Vittorio Veneto est - via Medaglie d'Oro - viale Europa che è caratterizzato da un sostenuto volume di veicoli nei tre giorni tipo di studio.

Questo asse, nel quale confluisce anche via Col di Lana, oltre ad essere strategico per l'intera viabilità cittadina, costituisce l'area di maggior apporto di inquinamento da traffico nel centro della città sia per le Polveri PM10 che per il Benzene.

Lo snodo de "la Cerva" si conferma essere un punto critico poiché oltre ai sopracitati archi stradali vi si immette un altro asse considerato nelle simulazioni, viale Fantuzzi, seguito dalla collegata direttrice che va da via Segato, via Cavour fino a via Feltre, dove l'effetto canyon dato dagli edifici determina un maggior contenimento delle emissioni nei pressi della sede stradale e dove la maggior presenza di accessi e parcheggi può intensificare le emissioni. In tale contesto, l'area urbana compresa tra viale Europa e via Feltre può risentire dell'influenza di entrambe, oltre che dalle emissioni della linea ferroviaria che interessa quella zona. Se la direttrice a nord del centro cittadino si rivela essere la criticità maggiore del traffico urbano di Belluno sia per quanto riguarda i flussi che le emissioni anche l'accesso sud alla città rappresentato da via Montegrappa è caratterizzato da un flusso di traffico sostenuto in diverse ore del giorno, fenomeno che comunque determina un carico inquinante di discreta entità.

Gli assi suburbani presentano comportamenti praticamente analoghi agli archi stradali urbani su cui confluiscono. Per tale ragione la SS50 tra Belluno - Sedico e tra Belluno e Ponte nelle Alpi assume una grossa importanza soprattutto perché i carichi emissivi sono prodotti lungo più chilometri di percorrenza. Analizzando la situazione dal punto di vista quantitativo (ricordando che si tratta tuttavia del solo contributo localizzato del traffico delle vie analizzate, senza considerare le altri fonti) per il PM10 si osserva che i valori medi legati al carico da traffico si attestano a circa 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in prossimità delle vie. Per il Benzene si ricorda che i valori calcolati dal modello potrebbero risultare leggermente sovrastimati a causa dei fattori di emissioni del software COPERT III. I valori superano i 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ solo nelle vie a più alta densità di passaggi mentre mediamente guardando il quadro d'insieme si è ben al di sotto di tale concentrazione.

Questo dato è molto confortante per la salute dell'aria visto che il limite di legge annuale per il Benzene è di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anche considerando che il comparto traffico è la fonte di emissione più significativa per questo inquinante. In conclusione la simulazione annuale presenta una situazione della qualità dell'aria non preoccupante per quanto riguarda il contributo del traffico rispetto alle concentrazioni totali.

Informazioni di maggiore dettaglio possono essere riassunte in tabella 3.5 dove sono rappresentati per ciascuna via il valore medio di concentrazione registrato in due punti recettore, uno interno ed uno esterno alla sede stradale. Il valore così stimato è pertanto rappresentativo della situazione riconducibile ai bordi della carreggiata in corrispondenza dei marciapiedi e quindi di zone di esposizione per la popolazione. Le tratte laddove si riscontrano i valori più alti per le Polveri sono via Vittorio Veneto est, viale Europa e via Col di Lana, mentre viale Fantuzzi si fa notare per il valore più elevato di Benzene.

Viene confermato il fatto che la tratta SP1 della "Sinistra Piave" a Levego – Sagrognna presenta un'incidenza per la qualità dell'aria minore rispetto alla SS50 nella corrispondente tratta nella destra idrografica del Piave.

Receptor name	PM10 <i>ug/m3</i>	C6H6 <i>ug/m3</i>
SP1 LEVEGO-SAGROGNA	3.46	1.27
VIA A. ALPAGO	1.47	0.84
VIA A. NOVELLO	1.36	0.78
VIA CAVOUR	4.65	2.52
VIA COL CAVALIER	2.62	0.94
VIA COL DI LANA	6.38	3.50
VIA D. BUZZATI	2.35	1.34
VIA DEI DENDROFORI	2.98	1.66
VIA F.LLI ROSSELLI	3.50	1.92
VIA FELTRE	4.33	2.19
VIA A. DI FORO	2.15	1.33

Receptor name	PM10 <i>ug/m3</i>	C6H6 <i>ug/m3</i>
VIA GIOVANNI PAOLO I	2.12	1.25
VIA LUNGARDO	3.34	1.98
VIA MIARI	2.83	1.02
VIA MONTEGRAPPA	6.18	2.55
VIA MEDAGLIE D'ORO	5.82	2.55
VIA NEVEGAL	0.98	0.36
VIA SEGATO	4.42	2.40
VIA VITTORIO VENETO EST	8.00	3.74
VIA VITTORIO VENETO OVEST	3.37	1.94
VIALE EUROPA	6.67	3.43
VIALE FANTUZZI	5.02	2.72

Tabella 3.5. Concentrazioni di PM10 e Benzene stimate come medie di due punti recettori uno interno ed uno esterno a ciascuna tratta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Analisi degli andamenti orari in alcune vie

Il modello gaussiano impiegato in questa indagine permette la ricostruzione l'andamento orario delle concentrazioni nei giorni tipo

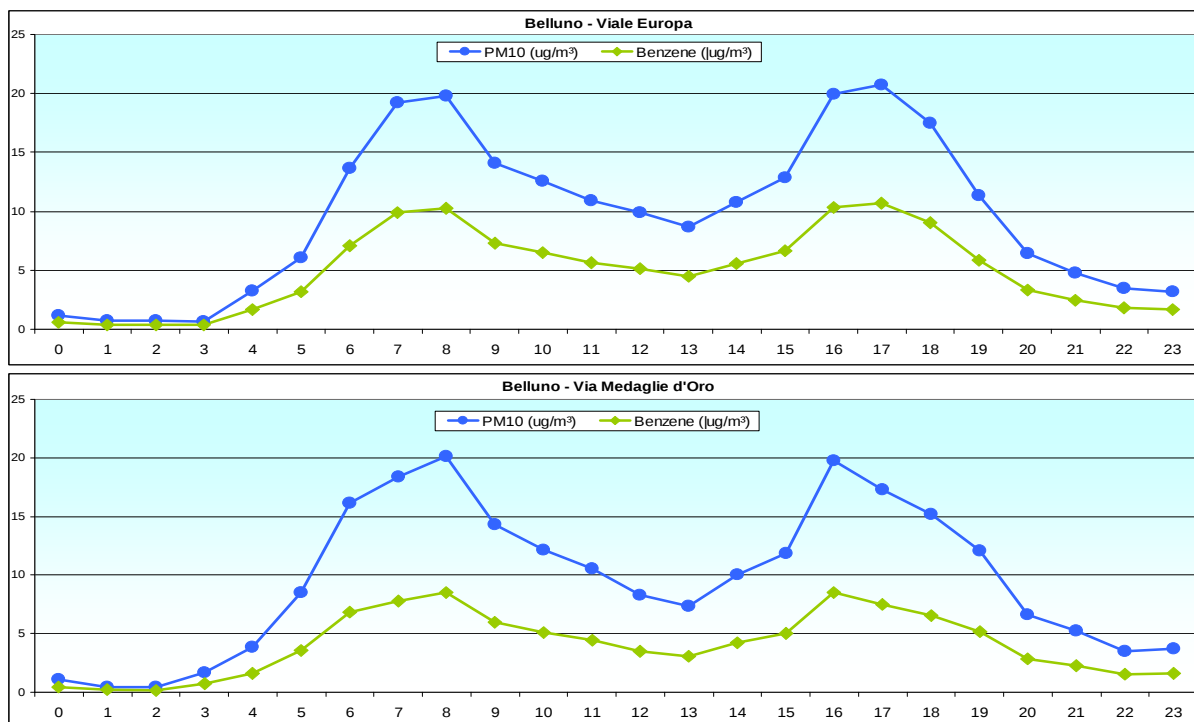
Si è scelto di prendere in analisi la tratta che ha registrato i carichi più sostenuti nelle simulazioni svolte con il modello ADMS-Urban in modalità LT. Tale programma è stato pertanto impostato in modalità ST short-term, ovvero quella che calcola valori orari. La condizione meteo sinottica utilizzata è quella caratterizzata dalla presenza di un anticiclone molto stabile e che si distingue per essere la più sfavorevole dal punto di vista aerologico alla dispersione degli inquinanti.

I valori presentati si riferiscono ad un recettore localizzato all'interno della sede stradale, laddove si suppone si collochi il maggior carico emissivo dei veicoli e quindi le massime concentrazioni misurabili e stimabili.

La figura 3.13 evidenzia l'andamento orario delle concentrazioni di PM10 e Benzene dove in tale contesto è possibile notare come i valori siano sostenuti durante le ore diurne, con un decremento mediamente individuato tra le ore 10:00 e le 14:00.

Le concentrazioni stimate evidenziano che le fasce a maggiori emissioni da traffico sono quelle tra le ore 7:00 e le 9:00 del mattino e tra le 16:00 e le 19:00 nel pomeriggio.

In taluni casi i dati di PM10 sfiorano i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e in altri i $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre per il Benzene i picchi possono raggiungere i $10\text{-}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il crollo dei valori che avviene nelle ore notturne in corrispondenza di flussi veicolari minimi porta ad un ridimensionamento dei carichi inquinanti nell'arco delle 24 ore.



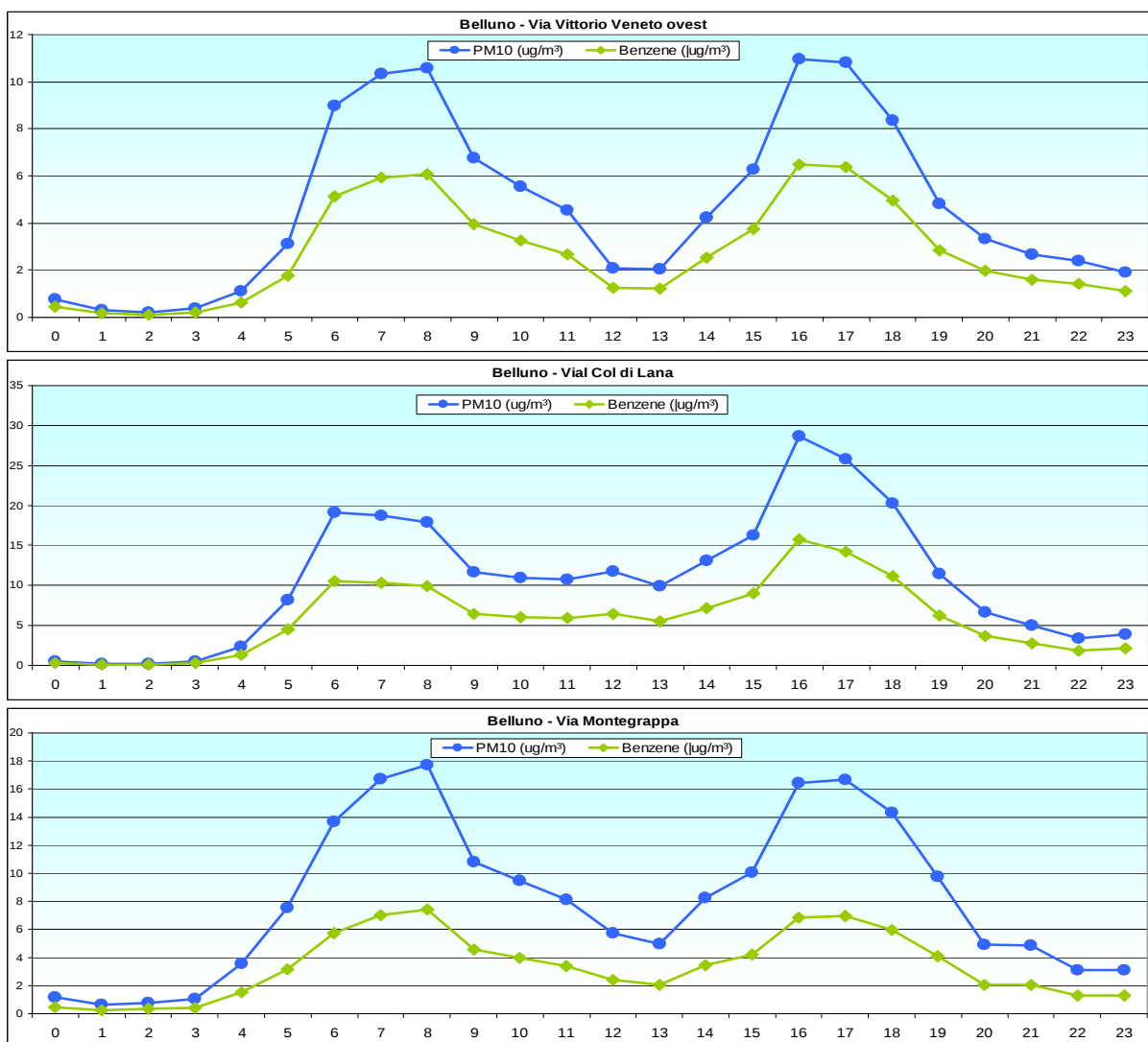


Figura 3.13. Andamento orario di PM10 e Benzene in alcune delle principali vie di Belluno ricostruito con situazione meteorologica più sfavorevole.

Valutazioni con campionatori passivi: confronto dei valori di BTX (Benzene, Toluene, Xilene) tra le varie posizioni e postazioni di rilevamento nel periodo 2005 - 2010

Il campionamento diffusivo o passivo permette di determinare il valore della concentrazione della sostanza in esame come media relativa al periodo di campionamento. In questo modo la misura non è sensibile a variazioni improvvise di concentrazione, fornendo informazioni più realistiche per una valutazione a lungo termine del contaminante.

Il termine passivo indica la differenza relativa alle modalità di campionamento degli analiti rispetto alle tecniche dinamiche. Mentre nei sistemi attivi sono impiegati dispositivi per forzare il flusso del campione attraverso il sistema di raccolta, in quelli passivi tale flusso si basa sulla diffusione degli stessi, in accordo con la prima legge di Fick. Inoltre questi campionatori passivi hanno un costo estremamente economico e, per la loro semplicità di impiego, possono essere utilizzati da personale non specializzato, inoltre per le dimensioni ridotte sono facilmente trasportabili e non richiedono né energia elettrica, né linee telefoniche, né manutenzione. Per queste caratteristiche è una tecnica che si adatta particolarmente per campionamenti in luoghi difficilmente accessibili.

Il radiello è un dispositivo per il campionamento passivo delle sostanze inquinanti presenti nell'aria, brevettato dalla Fondazione Salvatore Maugeri di Padova.

È costituito da un corpo diffusivo esterno in polietilene microporoso sinterizzato, che permette il trasferimento spontaneo delle molecole gassose e da una cartuccia adsorbente cilindrica, con un particolare materiale di riempimento al quale si fissano le molecole di inquinante, posta internamente al corpo diffusivo.

In tabella 3.6 viene ricostruita la storicità dei siti di campionamento degli ultimi 5 anni nel comune capoluogo mentre in figura 3.14 i punti vengono georeferenziati su cartografia GIS.

I siti di misura dei BTX sono stati individuati in accordo con il Comune all'interno della cintura urbana di Belluno, laddove la densità degli assi stradali è maggiore e si concentrano i flussi di traffico più elevati.

Sito di misura	Coordinate GBO X Y	Periodo				
		2005	2007	2008	2009	2010
Via Montegrappa incrocio per Castion	1748545 ; 5113889	X	X	X	X	X
Via Segato c/o scuole	1748141 ; 5114751	X	X	X	X	X
Incrocio via S.Biagio - via Vittorio Veneto	1748487 ; 5115051	X	X	X	X	X
Via Vittorio Veneto 251	1749642 ; 5116350		X			
La Cerva	1748175 ; 5115071	X	X		X	
Baldenich - Incrocio via V. Veneto- via Medaglie d'oro	1749041 ; 5115502	X	X	X		X
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	1747163 ; 5114200	X	X			
Mussoi Incrocio via Gregorio XVI – Vezzano	1747477 ; 5115130	X	X	X	X	X
Chiesurazza - incrocio per Sois	1745019 ; 5114639	X			X	
Via Feltre	1747649 ; 5114292		X			
Via Pietro Trois	1748555 ; 5115749		X			
Castion - Pian delle Feste Incrocio delle 5 vie	1749515 ; 5113005					

Tabella 3.6. I siti dove sono stati posizionati i campionatori passivi.

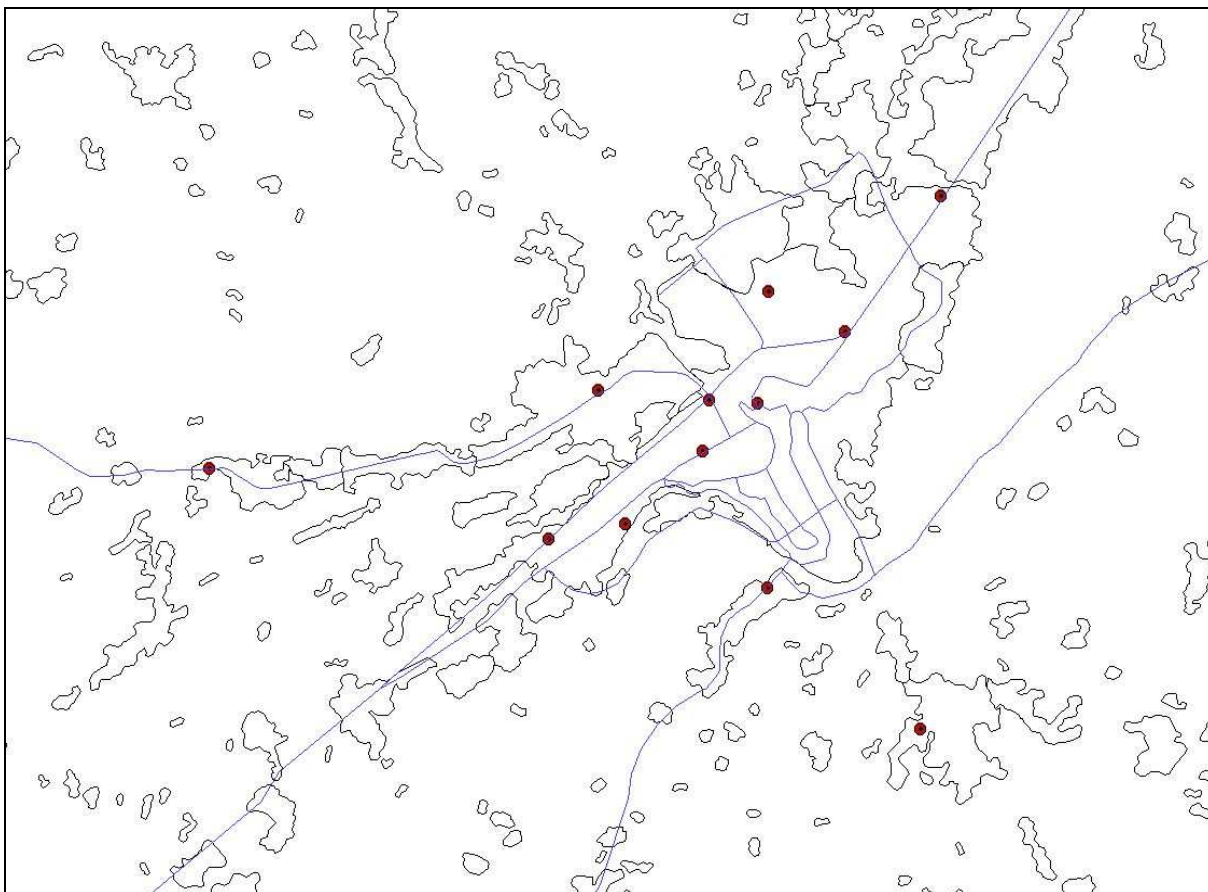


Figura 3.14. Localizzazione dei punti di campionamento dal 2005 nel comune di Belluno.

In tabella 3.7 viene presentato un prospetto riassuntivo che raccoglie i dati di concentrazione di Benzene, Toluene e Xilene rilevati con i campionatori passivi nel periodo (2005-2010). Analizzando i valori è possibile notare un sensibile trend di diminuzione delle concentrazioni nel periodo che va dal 2005 al 2008 con medie molto al di sotto del limite di legge del Benzene di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dopo una breve parentesi nel 2009 la decrescita viene riconfermata anche nell'ultimo anno di indagine. Non esistono invece riferimenti normativi per Toluene e Xilene.

Sito di misura	Benzene					Toluene					Xilene				
	2005	2007	2008	2009	2010	2005	2007	2008	2009	2010	2005	2007	2008	2009	2010
Via Montegrappa incrocio per Castion	3.2	2.8	1.5		2.1	9.8	7.7	6.3		5.8	8.4	9.1	6.7		4.5
Incrocio via S.Biagio - Via Vittorio Veneto	3.2	2.5	0.5	2.8	1.4	8.1	5.4	2.7	5.7	4.3	7.9	5.7	3.0	5.9	3.2
Baldenich - Incrocio via Vitt. Veneto- via Medaglie d'oro	3.3	3.2	2.4		1.9	9.1	8.6	5.5		5.1	8.5	7.9	5.1		4.6
Mussoi Incrocio via Gregorio XVI – Vezzano	3.9	3.6	1.7		2.2	10.8	8.6	7.0		6.7	12.1	8.8	7.2		6.2
Chiesurazza - incrocio per Sois	2					5.4					5.2				
Via Segato c/o scuole	3.4	3.1	1.5		1.8	9.1	8.1	4.1		5.9	9.7	8.3	4.1		4.4
Via Internati e deportati Incrocio S.Gervasio	3.6	3.4		2.8		12.1	9.5		6.6		12.3	10.0		6.2	
La Cerva	3.8	4.0		2.4		10.2	11.1		6.5		10.9	10.8		6.1	
Via Pietro Trois		2.9		2.2			6.9		4.5			6.6		4.2	
Via Feltre		3.0		2.2			7.7		5.4			7.7		4.7	
Via Vittorio Veneto 251		3.1		2.5			8.5		5.3			7.7		4.0	
Media annuale	3.3	3.1	1.5	2.5	1.9	9.3	8.2	5.1	5.7	5.6	9.4	8.2	5.2	5.3	4.6

Tabella 3.7. I valori registrati nel corso degli ultimi 5 anni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Questo trend è confermato dall'andamento storico dei valori di Benzene Toluene e Xilene, misurati nella stazione fissa di qualità dell'aria posta all'interno del parco Città di Bologna.

Come si evidenzia nella sottostante tabella 3.8 e nella conseguente figura 3.15, le concentrazioni medie annue di questi composti organici sono diminuite considerevolmente arrivando a raggiungere valori molto al di sotto del limite fissato per legge.

	Benzene	Toluene	Xilene
2005	3.1	8.2	9.8
2006	2.5	6	6.5
2007	1.4	4.7	3.7
2008	1.1	2.8	2.5
2009	0.9	2.4	2.3
2010	0.9	2.3	1.9

Tabella 3.8. Concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dei BTX nella stazione.

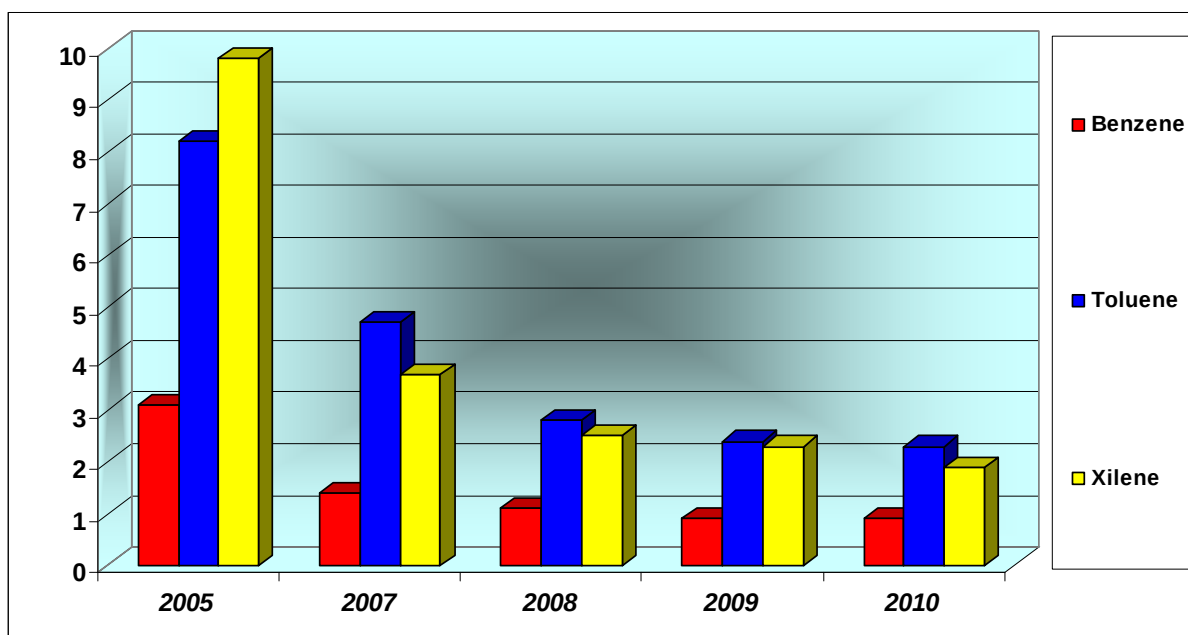


Figura 3.15. Concentrazioni medie annuali dei BTX presso la postazione fissa di qualità dell'aria a Belluno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Confronto tra simulazioni modellistiche e campionatori passivi

In questo paragrafo viene presentato un confronto tra il campionamento fisico di tipo passivo e le simulazioni modellistiche al fine di disegnare un quadro più approfondito dello status della qualità dell'aria di Belluno.

In tabella 3.9 vengono associati i valori ottenuti con i campionatori passivi con quelli stimati tenendo conto che quest'ultimi derivano dalla media di 2 punti recettori posti per ogni via all'interno ed all'esterno della tratta stradale.

Il confronto indica una notevole corrispondenza tra i valori misurati e quelli stimati con una perfetta sovrapposizione in corrispondenza di via Vittorio Veneto Ovest (Incrocio via Vittorio Veneto – via Medaglie d'Oro).

Sito di misura	Benzene (2010)	
	Misure	Stime
Via Montegrappa incrocio per Castion	2.1	2.6
Baldenich - Incrocio via Vitt. Veneto- Via Medaglie d'oro	1.9	1.9
Mussoi Incrocio via Gregorio XVI – Vezzano	2.2	3.5
Via Segato c/o scuole	1.8	2.4

Tabella 3.9. Confronto dei valori misurati con campionatori passivi e stimati dal modello ADMS-URBAN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Considerazioni

Le simulazioni modellistiche relative alle emissioni da traffico veicolare si rivelano uno strumento efficace di reportistica ambientale sulla qualità dell'aria. La rete stradale comunale risulta adeguatamente coperta con 29 tratte stradali analizzate.

Gli archi stradali presi in esame sono quelli a maggior flusso di traffico all'interno della cintura urbana del Comune di Belluno. Oltre a questi, nella relazione 2011, è stato indagato l'impatto delle strade extraurbane che confluiscono verso la città.

La differente conformazione delle sedi stradali associata a differenti flussi di traffico, non determina forti differenze nei livelli di concentrazione di PM10 e Benzene nelle varie strade oggetto di indagine.

Analizzando le simulazioni modellistiche risulta interessante l'asse via Vittorio Veneto est - via Medaglie d'Oro - viale Europa che è caratterizzato da un considerevole volume di veicoli non solo nei giorni feriali, ma anche nelle giornate prefestive, con conseguente ricaduta nelle concentrazioni di PM10 e di Benzene.

Le arterie caratterizzate da minori volumi di traffico presentano comunque nella loro stretta prossimità livelli di contaminanti simili agli archi più trafficati. Allontanandosi dalla sede stradale questa considerazione viene meno poiché i differenti flussi di massa subiscono differenti livelli di diluizione.

Tra le possibili azioni più efficaci, oltre alla riduzione del numero dei veicoli circolanti, vi è sicuramente il rinnovo del parco veicolare verso veicoli di nuova generazione a categoria EURO IV ed EURO V come dimostrato nelle stime proposte, fatto che con il tempo si concretizzerà gradualmente.

I valori derivati dall'analisi dei campionatori passivi confermano il trend in atto nell'ultimo periodo che vede il decremento dei valori dei composti organici.

In sintesi i dati analitici sono confermati dalle simulazioni modellistiche effettuate.

Ufficio Informativo Ambientale

**Dr. Roberto Piol
Dr. Cristiano Bellio**

Visto:

Il Responsabile del Servizio

Dr. Rodolfo Bassan



ARPAV
Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Direzione Generale
Via Matteotti, 27
35131 Padova
Tel. +39 049 82 39301
Fax. +39 049 66 0966
E-mail urp@arpa.veneto.it
E-mail certificata: protocollo@arpav.it
www.arpa.veneto.it