



“Realizzazione di una valutazione di impatto sanitario nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova in Val d’Agri, Basilicata”

Settembre 2017



“Realizzazione di una valutazione di impatto sanitario nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova in Val d’Agri, Basilicata”

A cura del gruppo di lavoro interdisciplinare:



Istituto di Fisiologia Clinica del CNR (IFC- CNR) e Fondazione Toscana Gabriele Monasterio (CNR - Regione Toscana)*

Coordinamento scientifico e realizzazione di studi epidemiologici, sulla salute e sulla percezione del rischio

Fabrizio Bianchi (coordinatore), Elisa Bustaffa, Alessio Coi, Liliana Cori, Nunzia Linzalone, Sonia Marrucci, Fabrizio Minichilli, Simonetta Monti*, Rosanna Panini, Ivana Pavlickova*, Renato Prediletto*, Michele Santoro*



Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (ISAC-CNR)

Modelli di diffusione e mappatura di inquinanti

Cristina Mangia (LE), Marco Cervino (BO), Silvia Trini Castelli (TO), Luca Mortarini (TO), Andrea Bisignano (TO)



Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE-CNR)

Caratterizzazione del suolo

Roberto Pini, Beatrice Pezzarossa, Antonio Pera, Manuele Scatena



Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Bari

Monitoraggio ad alta definizione spaziale e temporale di inquinanti

Gianluigi de Gennaro, Pietro Cotugno, Annamaria Demarinis Loiotile, Alessia Di Giglio, Jolanda Palmisani, Stefania Petraccone, Francesca Stasi



Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario della Regione Lazio

Studio di coorte residenziale e valutazione di impatto

Carla Ancona

02 ottobre 2017 - 2°edizione

La presente edizione modifica leggermente l' editing della 1° edizione (22 settembre 2017)

SOMMARIO

| | |
|---|------------|
| <i>Cosa si sapeva già</i> | 9 |
| <i>Cosa si aggiunge di nuovo</i> | 11 |
| <i>Sintesi</i> | 13 |
| <i>Premessa</i> | 23 |
| <i>Contestualizzazione - conoscenze preliminari</i> | 27 |
| Rassegna da impianti di primo trattamento di greggio | 29 |
| Distribuzione della concentrazione degli inquinanti al suolo emessi dal COVA | 32 |
| Dati di emissione | 32 |
| Dati meteo..... | 35 |
| Evidenze sugli esiti di salute | 37 |
| Tassi di mortalità nell'area di studio rispetto a riferimenti esterni..... | 37 |
| Analisi di clustering per tassi di ricovero nell'area di studio | 39 |
| <i>Attività di studio - metodi e risultati</i> | 41 |
| Monitoraggio ad alta definizione spaziale e temporale di inquinanti in relazione al COVA | 43 |
| Distribuzione spaziale ed esposizione a composti organici volatili | 43 |
| Sorveglianza sanitaria mediante misura di COV nell'espriato..... | 80 |
| Monitoraggio olfattivo di COV: sistema di sorveglianza a rete | 91 |
| Laboratorio mobile: monitoraggio sperimentale ad alta definizione temporale di COV | 103 |
| Caratterizzazione del suolo | 108 |
| Modelli di diffusione e mappatura degli inquinanti | 128 |
| Sistema modellistico | 128 |
| Studio sulla salute e livelli di indagine | 154 |
| Studio microgeografico di coorte residenziale..... | 154 |
| Studio campionario sui sintomi respiratori e sulla percezione del rischio | 169 |
| <i>Conclusioni generali</i> | 183 |
| <i>Allegati</i> | 187 |
| Diario campagna radiello | 189 |
| Caratterizzazione del suolo | 194 |
| Evidenze sugli esiti di salute | 195 |
| Flussi informativi | 202 |
| Definizione della condizione socio-economica | 203 |
| Metodi per l'analisi di clustering e stima dei rischi | 204 |

| | |
|---|------------|
| Metodologia per l'estrazione del campione per la spirometria..... | 205 |
| Analisi sulla percezione del rischio e dei pericoli ambientali..... | 210 |
| <i>Appendici (in formato elettronico)</i> | 215 |
| A – Emissioni del COVA | |
| B – Dati metereologici | |
| C – Monitoraggio qualità dell'aria | |
| D – Simulazioni modellistiche meteo-dispersive | |
| E – Questionario | |
| F – Suolo come matrice | |

Acronimi

| | |
|-----------------|---|
| ARPAB | Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Basilicata |
| ARPAP | Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Puglia |
| B/T | Benzene/Toluene |
| BTEX | Benzene, toluene, etilbenzene e xilene |
| Cfr | Confronta |
| COV | Composti Organici Volatili |
| COVA | Centro Olio Val d'Agri |
| FVC | Capacità vitale forzata |
| GC/MS | Gas Cromatografia/Spettrometria di Massa |
| HR | Hazard Ratio |
| ID | Indice di deprivazione socio-economica |
| IFC-CNR | Istituto di Fisiologia Clinica del CNR |
| ISAC-CNR | Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR |
| ISE-CNR | Istituto per lo Studio degli Ecosistemi |
| ISS | Istituto Superiore Sanità |
| NMHC | Non-Methane HydroCarbon |
| NO ₂ | Biossidi di azoto |
| NO _x | Ossidi di azoto |
| OLF1 | Monitoraggio olfattometrico mediante segnalazione telefonica |
| OLF2 | Monitoraggio olfattometrico mediante naso elettronico |
| OR | Odds ratio |
| ppb | Parte per biliome |
| ppm | Parte per milione |
| SDO | Schede di Dimissione Ospedaliera |
| SIR | Rapporto di incidenza standardizzato |
| SMR | Standardized Mortality Ratio |
| TAC | Total aromatic compounds |
| µg/l | Microgrammo/litro |
| VIS_VG_VdA | Valutazione di impatto sulla salute nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova in Val d'Agri |
| VOC | Volatile Organic Compounds |
| VOC1 | Campionamento di COV mediante campionatori diffusivi |
| VOC2 | Campionamento di COV mediante dosimetri personali |
| VOC2bis | Campionamento di COV mediante espirato |
| VOC3 | Monitoraggio di COV mediante sensori |
| VOC4 | Monitoraggio di PM _x mediante laboratorio mobile |
| vs | Verso |

Cosa si sapeva già

Una recente analisi della mortalità¹ di 20 comuni della Concessione Val d'Agri col dato medio regionale per il periodo 2003-2010 aveva riportato eccessi per entrambi i generi per tumori maligni allo stomaco, infarto del miocardio, malattie del sistema respiratorio, malattie dell'apparato digerente; per gli uomini per mortalità generale, leucemia linfoide, diabete mellito insulino-dipendente, malattie del sistema circolatorio (in particolare, per cardiopatie ischemiche), malattie respiratorie croniche; e per le donne per malattie respiratorie acute. Lo stesso aveva analizzato dati di ricovero ospedaliero nel periodo 2005-2010 e riportava eccessi di ospedalizzazione per entrambi i generi per il complesso delle cause, le malattie ischemiche del cuore, le malattie del sistema respiratorio, in particolare quelle acute, e per le nefriti; per i tumori maligni dello stomaco e della vescica, le malattie del sistema circolatorio, le malattie epatiche e dell'apparato urinario per gli uomini.

La fonte di emissione che dalla fine degli anni '90 preoccupa maggiormente le comunità locali è rappresentata dal Centro Olio Val d'Agri (COVA), un impianto di primo trattamento del greggio situato nella zona industriale di Viggiano, al confine col territorio di Grumento Nova, caratterizzato dall'emissione di diverse sostanze inquinanti che devono essere costantemente monitorate.

Tra i vari tipi di emissioni del COVA, oltre NO_x, H₂S, NO₂ e polveri per i quali sono presenti limiti normativi ed esistono evidenze scientifiche robuste del loro effetto sulla salute, la classe dei composti organici volatili, COV, è poco studiata e monitorata. Si tratta di una classe di molecole di vario tipo che includono i cosiddetti Idrocarburi non metanici come Benzene, Toluene, Xilene. Queste sostanze vengono prodotte in vari processi e lavorazioni, in particolare durante fenomeni di combustione come le torce. L'esposizione a queste sostanze è stata associata all'occorrenza di malattie acute e croniche dell'apparato respiratorio e circolatorio, a patologie a carico del fegato e del sistema nervoso e al cancro, seppure le evidenze sul loro impatto debba ancora essere consolidata. Malgrado la loro pericolosità la regolamentazione delle loro emissioni e della loro concentrazione nell'aria è in ritardo e non esistono normative né a livello europeo né a livello nazionale. Al 2014 non erano presenti risultati di studi analitici sulla salute su base comunale nel territorio di studio. Una indagine per la valutazione integrata degli impatti sull'ambiente e sulla salute nell'area dei due comuni, avviata nel 2014 per iniziativa della Commissione VIS, si è conclusa il 14 luglio 2017.

¹ Istituto Superiore di Sanità, Ufficio di Statistica. La descrizione del profilo di salute delle popolazioni della Val d'Agri attraverso lo studio dei dati sanitari correnti. In: Accordo di collaborazione ISS – Regione Basilicata.

² Abriola, Anzi, Armento, Calvello, Corleto Perticara, Grumento Nova, Guardia Perticara, Laurenzana, Marsico Nuovo, Marsicovetere, Moliterno, Montemurro, Paterno, San Chirico Raparo, San Martino d'Agri, Sarconi, Sasso di Castalda, Spinoso, Tramutola, Viggiano.

Cosa si aggiunge di nuovo

Dal punto di vista ambientale, per il territorio di studio entro il quale ricadono i comuni di Viggiano e Grumento Nova, sono disponibili nuovi dati conoscitivi relativi alla qualità dell'ambiente. Sono state costruite nuove basi dei dati di emissione del Centro Olio Val d'Agri e delle centraline. Sono state effettuate misure dei COV ponendo specifica attenzione ai composti Idrocarburici non metanici. Una rete dei sensori per i COV attivata in loco ha confermato la rilevanza delle concentrazioni e la provenienza dalla fonte industriale. In aggiunta, i dati di monitoraggio confermano una situazione espositiva per il benzene che, sulla base dei rapporti Benzene/Toluene misurati, è attribuibile alle emissioni industriali. La validazione effettuata dei sistemi di segnalazione tramite il sistema OdorLab (laboratorio basato sulla comunicazione delle maleodoranze) e allerta tramite dosimetria individuale, introduce nuove possibilità per attività future di sorveglianza in loco.

In riferimento allo studio sulla salute, uno studio di coorte retrospettiva, supportato da una iniziale analisi descrittiva della mortalità nei due comuni rispetto al dato medio regionale, ha confermato alcune criticità identificando le aree ed i rischi di maggiore attenzione. Il confronto con esperienze nazionali ed internazionali indica che l'attribuzione dell'esposizione individuale, a partire dalla costruzione di mappe ad hoc per i traccianti principali dell'inquinamento nella valle, è il migliore approccio epidemiologico attualmente realizzabile nel contesto di aree inquinate. Attraverso lo studio eziologico di coorte, i rischi stimati aggiungono una conoscenza di dettaglio micro-geografico da cui è possibile intraprendere azioni di sorveglianza e suggerire attività di approfondimento. La popolazione locale è stata inoltre indagata mediante un studio campionario sulla sintomatologia respiratoria. La complessità della relazione tra ambiente e salute è stata approfondita studiando la percezione dei rischi per comprendere quali azioni possono servire al decisore per migliorare il benessere dei residenti nell'area.

Lo stato di salute dei due comuni nel periodo 2000-2014 è risultato peggiore di quello della regione Basilicata e del complesso dei 20 comuni ricadenti nella concessione petrolifera "Val d'Agri". Le cause di decesso e di ricovero che risultano significativamente associate alla esposizione stimata ad inquinamento di origine COVA riguardano le malattie cardiovascolari e respiratorie rispetto alla esposizione ad NO_x/NO₂, inquinante ben correlato al modello di diffusione dell' SO₂ ed alle misure di H₂S riportate dalle centraline. La funzionalità respiratoria mostra un eccesso di alcuni sintomi predittivi di rischio di affezioni respiratorie croniche nei soggetti residenti in area prossimale al COVA rispetto a quelli dell'area più esterna. In aggiunta, si rileva un'elevata percezione del rischio sia ambientale che per la salute in tutta l'area ed una scarsa fiducia nel ruolo informativo dei diversi soggetti pubblici e privati presenti nell'ambito di studio.

Sintesi

La Val d'Agri costituisce un'area geografica e geologica particolare divisa in alta, media e bassa rispetto al corso del fiume Agri, costellata da numerosi abitati. Il fondovalle è attraversato da una strada statale (SS 598) che tocca i diversi comuni ed ospita l'impianto di primo trattamento di greggio Centro Olio Val D'Agri, di proprietà Eni, a cavallo dei territori dei due Comuni di Viggiano e Grumento Nova.

A partire dal 1996, la crescita delle attività estrattive e del trattamento di greggio ha determinato la necessità di conoscere e monitorare le concentrazioni di emissioni ed i livelli delle ricadute degli inquinanti principali legati all'attività produttiva ai fini del mantenimento della qualità dell'aria e della tutela della salute pubblica. La carenza di conoscenze pregresse sulla qualità ambientale, a causa di scarse attività di monitoraggio e sorveglianza, rappresenta una limitazione per effettuare valutazioni dello stato dell'ambiente e della salute rispetto a dati pregressi. A partire dal 1999 si evidenziava la necessità di caratterizzazione ambientale in riferimento alle attività produttive dell'impianto¹ ma una rete di monitoraggio per il controllo continuativo veniva resa disponibile solo nel 2012. In quel periodo erano stati realizzati uno studio odorigeno sul disturbo olfattivo ed una indagine scientifica sulle concentrazioni di Idrocarburi non metanici (NMHC). I livelli emissivi di NMHC, pur rappresentando un elemento conoscitivo rilevante per il monitoraggio degli impianti di primo trattamento del greggio, non sono attualmente normati. Da notare che in alcune regioni norme apposite sono state definite per la loro regolamentazione e anche in Basilicata è da tempo avviato il dibattito in materia.

Obiettivi dello studio "VIS_VG_VdA"²

Nella prima fase della VIS sono state svolte indagini di caratterizzazione ambientale, con particolare riferimento ai principali contaminanti prodotti dall'impianto COVA ed è stato elaborato un modello di dispersione degli inquinanti sulla base delle dinamiche meteorologiche. Partendo da questa base di conoscenze, si sono potuti stimare i potenziali effetti sulla salute delle comunità esposte attraverso un insieme di studi epidemiologici.

Lo studio sanitario ha dapprima caratterizzato lo stato di salute nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova rispetto alla media della Regione Basilicata e a quella osservata nei 20 comuni studiati dall'ISS (ISS, 2015), analizzando i dati di mortalità e dei ricoveri ospedalieri relativi al periodo 2000-2013.

Nella seconda fase è stata indagata l'associazione della mortalità e dell'ospedalizzazione in relazione alle emissioni dell'impianto facendo ricorso ad uno studio epidemiologico (definito in termini tecnici di "coorte residenziale") che ha correlato la residenza di ciascun residente nell'arco di 15 anni tra il 2000 e il 2014, con i livelli di inquinamento stabiliti sulla base dei modelli di dispersione degli inquinanti.

¹ Parere di Compatibilità Ambientale, Ministero Ambiente.

² Programma di ricerca "Valutazione di impatto sanitario nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova in Val d'Agri". D.S.G. 00260/2014 del 20/02/2014, Comune di Viggiano; Delibera di Giunta Comunale verbale n.132 del 05/12/2013, Comune di Grumento Nova.

Uno studio condotto in parallelo ha indagato la funzionalità respiratoria mediante esame spirometrico e la presenza di sintomi in un campione di 200 residenti adulti dei due comuni.

Le stesse persone hanno risposto ad un questionario su percezione del rischio, fonti informative e fiducia.

Impostazione dello studio

La Valutazione di impatto sulla salute, VIS, integra conoscenze ambientali e sanitarie, tenendo conto delle caratteristiche socio-economiche dell'area in studio, e avvalendosi della partecipazione della comunità locale.

La Commissione VIS dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova ha svolto la propria attività di verifica e collaborazione sia nella fase preparatoria sia nelle fasi operative della VIS.

Il gruppo tecnico-scientifico ha incluso 29 ricercatori e tecnici di IFC-CNR, ISAC-CNR, ISE-CNR, Dipartimento di Biologia dell'Università di Bari e Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario della Regione Lazio. Il gruppo di lavoro in primo luogo ha effettuato in parallelo il censimento delle fonti di dati disponibili, valutandone completezza e qualità, e la revisione della letteratura scientifica disponibile (fase di screening della VIS). Le conoscenze si sono rivelate incomplete e non approfondite, sia rispetto al tema specifico "esiti di salute e raffinazione del greggio" sia in merito alle conoscenze pregresse nell'area. Le diverse attività realizzate includono una rassegna degli studi sui composti organici volatili con un focus sugli Idrocarburi non metanici, una raccolta dei dati meteorologici, una raccolta dei dati sulle emissioni degli impianti, sulla qualità dell'aria e sugli odori sgradevoli indicati dai residenti nell'area. Alla luce di una migliore conoscenza del contesto locale sono stati definiti l'area di studio, gli obiettivi specifici, i metodi, gli impatti potenziali (fase di scoping della VIS).

Attività diverse realizzate in sinergia tra loro hanno portato ad integrare elementi e competenze diverse per la definizione dell'impatto dell'attività estrattiva nell'area (fase di assessment della VIS). Il sistema integrato ambiente e salute è stato articolato su due blocchi principali di attività e diverse linee di indagine.

Studi su ambiente e salute della popolazione

- studi sull'inquinamento dell'aria;
- analisi sui terreni superficiali;
- studio campionario su funzionalità e sintomi respiratori;
- studio campionario sulla percezione dei rischi e sull'accesso alle informazioni.

Studi epidemiologici

- valutazione dell'esposizione della popolazione all'inquinamento dell'aria, mediante modellistica di dispersione degli inquinanti atmosferici;
- studio microgeografico basato su dati individuali sulla relazione tra inquinamento dell'aria e salute.

Monitoraggio ambientale

Monitoraggio ad alta definizione spaziale e temporale di inquinanti in relazione al COVA

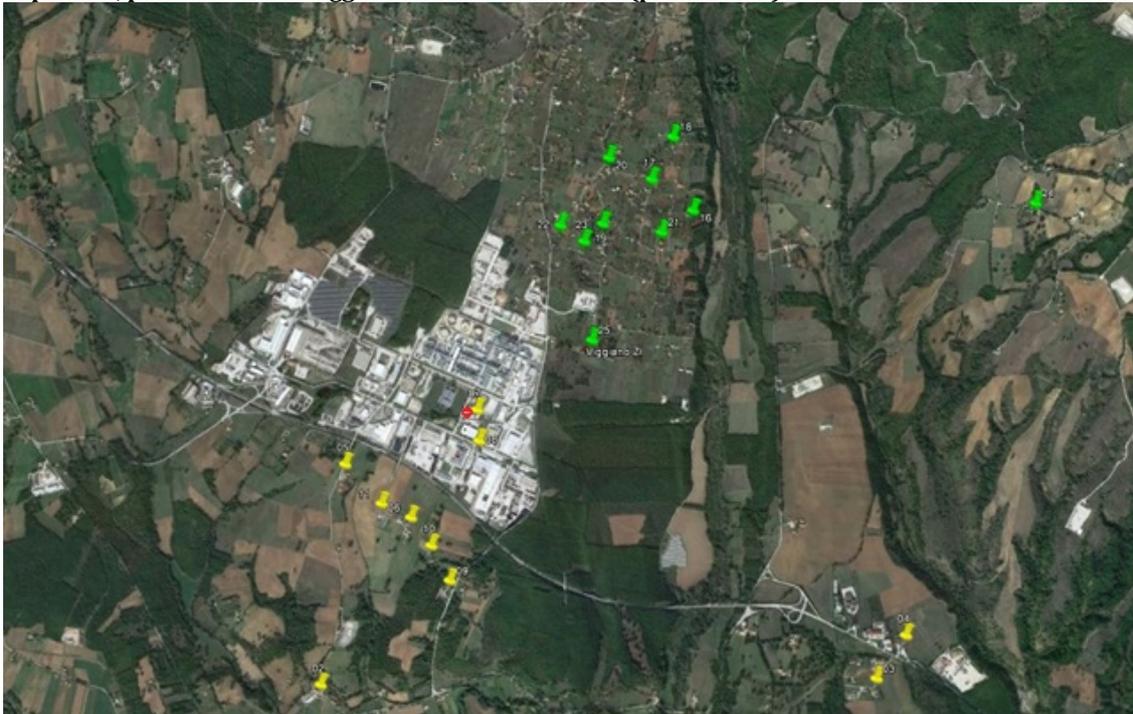
Punti e modalità di prelievo e analisi dei COV nell'area circostante il COVA sono stati definiti da una valutazione preliminare dell'andamento di NMHC per l'anno 2016, registrato dalle centraline di ARPAB. La prima attività di definizione della distribuzione spaziale di COV nell'area circostante il COVA è stata realizzata mediante tre campagne di misurazione con campionatori passivi outdoor. La seconda attività finalizzata a definire l'esposizione personale di soggetti reclutati tra i residenti intorno all'impianto è stata realizzata con l'utilizzo di dosimetri personali. Dall'analisi dei risultati si osserva che per entrambe le modalità di rilevamento non vi sono disomogeneità nel dato ad alta risoluzione. La valutazione della qualità dell'aria, in riferimento alle concentrazioni di Benzene (B) e Toluene (T) misurate con laboratorio mobile presso il "supersito" (Figura 1), ha mostrato dati sovrapponibili a quelli della centralina dell'ARPAB "Viggiano Z.I." ed un rapporto diagnostico Toluene/Benzene (T/B) costante nel tempo e sempre inferiori a 1,5, ovvero con valori caratteristici di emissioni industriali. Tale situazione consente di escludere sorgenti emissive stagionali come il riscaldamento domestico e la combustione di biomassa dal contributo emissivo. I dosimetri personali hanno riportato misure maggiori delle concentrazioni di benzene, toluene, etilbenzene e xilene (BTEX) rispetto ai valori outdoor. Una possibile motivazione potrebbe essere la specifica esposizione lavorativa e/o l'abitudine personale negli ambienti domestici.

La complessa associazione di una rete di sensori al sistema "OdorLab", monitoraggio di odori su segnalazione di popolazione, ha rilevato la differenza degli impatti pre e post chiusura dell'impianto ed una significativa differenza tra le concentrazioni di COV in atmosfera nel centro abitato di Viggiano e quelle nell'area abitata più prossima alla zona industriale.

L'attività sperimentale di sorveglianza dello stato di salute tramite due campagne di misurazione dell'esperto umano ha registrato un lieve incremento delle concentrazioni di COV nei volontari che vivono nell'area circostante la zona industriale rispetto a quelli che vivono nei due centri abitati di Viggiano e Grumento Nova. Tuttavia l'esigua numerosità del campione (30 volontari) limita la validità statistica del risultato suggerendo l'applicazione ad un campione maggiore.

Il laboratorio mobile della qualità dell'aria VOC&ODOR non ha segnalato dati di rilievo relativi alle concentrazioni di polveri sull'area adiacente al COVA ma ha registrato un calo delle polveri ultrafini successivamente alla chiusura dell'impianto, in probabile dipendenza dalla cessazione delle attività dirette ed indirette legate al Centro Olio.

Figura 1. Nella mappa dell'area in studio sono riportati i 20 nodi della rete di monitoraggio ed il 'supersito', punto di monitoraggio da laboratorio mobile (punto rosso)



Caratterizzazione del suolo

Lo studio della cartografia geo-pedologica della Val d'Agri evidenzia come la tipologia di rocce dell'area non sia suggestiva di elevate concentrazioni di elementi in traccia nei suoli a seguito dei processi pedogenetici. La caratterizzazione fisica e chimica dei suoli all'intorno del COVA ha individuato 44 siti di prelievo in un'area di circa 2.7 km², ricompresa tra i Comuni di Viggiano e Grumento Nuova. Per i metalli pesanti (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, V) e gli Idrocarburi (C<40) i valori sono apparsi nella norma in riferimento alla bibliografia per i suoli italiani, sia nello strato più superficiale (0-2 cm) che in quello sottostante (fino a 20 cm). Le concentrazioni non hanno mostrato gradienti sia in termini di distanza che di direzione dal COVA. Anche i diversi usi del suolo (coltivato, bosco, urbano) non sembrano influenzare significativamente la presenza di elementi in traccia ed Idrocarburi. In aggiunta, sono stati inoltre analizzati 21 campioni di acque prelevati su indicazione degli Amministratori locali in corpi d'acqua naturali e in acquedotto. I livelli dei contaminanti indagati nelle acque sono risultati inferiori ai livelli di quantificazione; solo nelle acque del torrente Casale è stata riscontrata la presenza di Idrocarburi, seppure in quantità modeste (134 microgrammo/litro).

Modelli di diffusione e mappatura degli inquinanti

La dettagliata caratterizzazione della diffusione degli inquinanti atmosferici emessi dal Centro Olio è stata effettuata mettendo a punto un sistema modellistico costituito da: i) un modello meteorologico tridimensionale, ii) un modello di strato limite e iii) un modello di diffusione lagrangiano a particelle. A questo scopo tre diversi tipi di informazioni sono state integrate tra loro:

- le emissioni stazionarie, ovvero relative ai camini dell'impianto COVA. I dati sono stati acquisiti da Eni per il periodo 2011-2014 per gli inquinanti SO₂, NO_x, CO, COT. I dati incompleti, relativi a processi di gas flaring, gas venting ed emissioni fuggitive, non sono stati inclusi;
- le caratteristiche meteorologiche, includendo i dati di 9 stazioni meteorologiche presenti nel dominio: 5 stazioni della rete di monitoraggio di qualità dell'aria, 1 stazione ubicata in Villa d'Agri del Servizio Meteorologico, 1 stazione ubicata nel Comune di Viggiano della Protezione Civile e due stazioni dell'Aeronautica Militare. L'analisi delle rose dei venti ha messo in evidenza una prevalenza di venti dai settori occidentali con cicli evidenti giorno/notte e con differenze tra le singole centraline legate alla loro posizione. Dall'analisi delle serie meteorologiche è stato scelto per le simulazioni l'anno 2013, rappresentativo della meteorologia dell'area;
- le misurazioni della qualità dell'aria. La disponibilità di dati validi (medie orarie) e le statistiche salienti (ovvero i valori minimo, massimo, medio e i tre valori quartili) sono state analizzate e descritte per le serie di dati relative alle 5 centraline fisse di ARPAB disponibili nella valle³. Oltre a consentire di mettere in evidenza alcune criticità delle serie, l'analisi dei dati di qualità dell'aria ha permesso di ricostruire la distribuzione dei dati di concentrazione media di H₂S nell'area. Sebbene in determinate condizioni meteorologiche entrambi i Comuni di Grumento e Viggiano registrino valori elevati di H₂S, in media annuale i valori più alti sono lungo l'asse Ovest-Est Viggiano ZI Costa Molina.

Per la realizzazione delle simulazioni modellistiche, atte a riprodurre gli scenari dispersivi relativi alle emissioni del COVA, è stata fatta la scelta di considerare un periodo temporale pari ad un intero anno meteorologico. Come anno di riferimento è stato scelto il 2013. Per quanto riguarda la simulazione della meteorologia è stato adottato il modello RAMS (Regional Atmospheric Modeling System). La ricostruzione meteorologica è stata integrata mediante un opportuno codice di post-processing MIRS per il calcolo dei parametri orari di turbolenza specifici per la dispersione con approccio Lagrangiano. Il modello di dispersione applicato allo studio è il modello Lagrangiano a particelle SPRAY. Dalle mappe di diffusione ottenute è evidente l'effetto di impatto dei pennacchi sull'orografia circostante la valle. L'analisi delle emissioni ha evidenziato che le portate e le temperature dei fumi sono molto elevate, dando origine a corrispondenti velocità di uscita alte. Ciò genera un innalzamento del pennacchio in uscita (*plume rise*) consistente, quindi ricadute al suolo mediamente meno prossime ai punti di emissione. I pennacchi vengono trasportati in quota e con più frequenza lontano dal punto di emissione, quindi impattano sull'orografia dando ivi origine ai valori di concentrazione medie più elevati dell'ordine di 1 µg/m³ per SO₂ e CO e di 4 µg/m³ per gli NO_x.

Sebbene in particolari condizioni meteorologiche i pennacchi investano i 2 Comuni di Grumento Nova e Viggiano le aree in media annuale a maggiore impatto sono nella direzione Ovest-Est, in accordo alle condizioni meteorologiche prevalenti.

Oltre alle emissioni convogliate legate a processi di combustione stazionaria, il cui impatto in termini di concentrazioni in aria è stato valutato attraverso la modellistica della dispersione, nell'area in studio sono presenti altre emissioni legate all'attività industriale,

³ Viggiano - Zona Industriale, in funzione dal 2006 e altre 4, Viggiano 1, Grumento Nova, Masseria De Blasiis, Costa Molina Sud 1.

ovvero quelle legate alle emissioni fuggitive e le emissioni legate al gas flaring e gas venting. L'analisi di alcuni eventi ha messo in evidenza come all'aumentare delle portate in torcia, si registrino picchi significativi di inquinanti nelle diverse centraline, in dipendenza della meteorologia e delle caratteristiche chimico/fisiche delle emissioni.

Studi di salute ed epidemiologici

Livelli di approfondimento

Per valutare in modo corretto lo stato di salute della popolazione in relazione alle condizioni ambientali sono state svolte due tipi di indagini.

Attraverso uno studio descrittivo è stato possibile documentare lo stato di salute della popolazione nell'area di studio, in termini di tassi di mortalità e ricoveri, al fine di concentrare l'attenzione sui segnali di rilievo. Inoltre, maggiore chiarezza sulla distribuzione degli indicatori di interesse è stata aggiunta sviluppando un confronto tra tali indicatori per aree geografiche e sottogruppi della popolazione (per cluster). Tuttavia, per la definizione di una potenziale associazione di rischio di salute alle emissioni del COVA, dirimente è stato lo studio di coorte residenziale basato su dati individuali, in cui l'esposizione ambientale della popolazione è messa in relazione con dati sanitari e socio-demografici. La fonte di esposizione risulta associata agli esiti di salute per risultati statisticamente significativi o al limite della significatività. In generale, si può osservare che le esposizioni a lungo termine aumentano il rischio di malattie croniche mentre esposizioni brevi aumentano la prevalenza di bronchiti, asma e sintomi respiratori. Su queste basi, un'ulteriore approfondimento è stato realizzato tramite indagine campionaria per valutare funzionalità e sintomi respiratori in un campione della popolazione adulta residente nel territorio di studio.

Studi descrittivi su mortalità e ricoveri nell'area

Esistono evidenze epidemiologiche robuste e supportate la plausibilità biologica per le associazioni tra esposizione a inquinamento atmosferico e tumore della trachea-bronchi-polmone e le malattie dell'apparato respiratorio e del sistema circolatorio. Uno studio descrittivo ha analizzato la mortalità e i ricoveri per il complesso di tutte le cause, e per le malattie del sistema circolatorio e dell'apparato respiratorio. A puro titolo descrittivo sono state fatte analisi anche per il complesso di tutti i tumori e per il tumore del polmone, in quanto i tumori hanno lunghi tempi di latenza e pertanto sarebbe necessaria una ricostruzione dell'esposizione in periodi anche precedenti a quello da noi considerato.

Per queste malattie è stato calcolato l'indice di mortalità standardizzato (SMR) per età nel periodo 2000-2013 sia per i singoli Comuni di Viggiano e Grumento Nova che per il loro insieme, e confrontato con il valore medio regionale relativo allo stesso periodo. Nell'insieme dei due comuni l'eccesso di mortalità risulta statisticamente significativo per le malattie del sistema circolatorio. A Viggiano si osserva un eccesso di mortalità per tutte le cause e per il quelle del sistema circolatorio per uomini e donne insieme. La mortalità è in eccesso anche per tumore del polmone nelle donne. A Grumento Nova si osserva un eccesso di mortalità per tumore dello stomaco per uomini e donne insieme.

Eccessi di rischio non significativi si osservano a Viggiano per i tumori dello stomaco per uomini e donne insieme e per il tumore del polmone nelle donne. Inoltre, eccessi non

significativi emergono a Grumento Nova per tutte le cause e per il sistema circolatorio per uomini e donne insieme.

Per il periodo 2003-2010 la mortalità a Viggiano e Grumento Nova è stata anche confrontata con quella dei 20 comuni studiati in precedenza dall'ISS. Il confronto evidenzia eccessi a Viggiano per tutte le cause, le malattie del sistema circolatorio, ed in particolare per malattie ischemiche del cuore, tra le donne. A Grumento Nova, il complesso delle cause mostra un eccesso di rischio non significativo considerando uomini e donne insieme.

In base alle evidenze di letteratura, l'analisi esplorativa di aggregati spaziali di malattia (*cluster analysis*) a partire dai dati delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO), ha riguardato il sistema circolatorio e il sistema respiratorio. Prendendo come riferimento territoriale minimo la sezione di censimento, aggregati di sezioni (aree sub-comunali) sono stati confrontati con la totalità delle due aree comunali ed il rischio è stato stimato attraverso un rapporto di incidenza standardizzato (SIR) per età per il periodo 2000-2014. Un cluster di ricoverati ai limiti della significatività statistica è stato osservato per il gruppo delle malattie del sistema circolatorio nelle donne, orientato da sud a nord e comprendente l'abitato principale di Viggiano, e per il gruppo delle malattie dell'apparato respiratorio nelle donne, all'incirca sovrapponibile alla precedente area, limitrofa al COVA. Tra i ricoveri per malattie respiratorie sono significative quelle croniche negli uomini, in un'area ad ovest rispetto ai due comuni ed al COVA, includente l'abitato principale di Viggiano.

In sintesi, l'analisi epidemiologica effettuata sui due comuni adottando un disegno di studio ecologico ha messo in evidenza un eccesso di mortalità nel periodo 2000-2013 per le malattie del sistema circolatorio nelle donne residenti a Viggiano rispetto sia al livello medio di mortalità regionale sia a quello del complesso di 20 comuni ricadenti nella Concessione Val D'Agri.

Studio microgeografico di coorte residenziale

L'intera popolazione dei due comuni in studio è stata studiata per il periodo che va dal 2000 al 2014. In questo periodo, il numero di residenti è stato di 6.795, con permanenza media 10,78 anni nei comuni (73.270 anni-persona complessivamente studiati). Alla residenza di ciascun soggetto è stata attribuito il livello di inquinamento stimato dal modello di diffusione predisposto da ISAC-CNR e sono state associate le informazioni relative alla mortalità e ai ricoveri avvenuti nel periodo di studio. E' stato anche tenuto conto di eventuali spostamenti di residenza dei soggetti all'interno o al di fuori del territorio dei due comuni nel periodo considerato (circa il 14% della popolazione). Con questo disegno di studio è stato possibile valutare l'associazione tra esposizione a livelli diversi di inquinamento e rischio di morte e di ospedalizzazione.

In base ai valori di concentrazione di NO_x la popolazione è stata suddivisa in tre classi di esposizione (dalla classe 1 per i meno esposti alla classe 3 per i più esposti). Sono state selezionate come cause di morte e di ricovero solo quelle che la letteratura scientifica associa a inquinanti dell'aria presenti nell'area di studio. Pertanto sono state prese in considerazione le malattie dell'apparato respiratorio, acute e croniche, e del sistema cardiocircolatorio, ischemiche del cuore e disturbi dell'encefalo. Sono state anche considerati il complesso di tutti i tumori e il tumore del polmone, a puro titolo descrittivo.

Per escludere possibili distorsioni (in termini tecnici “confondimento”) ad ogni persona è stato associato il livello di deprivazione socio-economica della sezione di censimento di residenza, e la distanza della residenza dalla statale SS 598. Tutte le analisi sono state effettuate separatamente per uomini e donne e tenendo conto dell’età (aggiustamento).

A proposito dei dati mancanti su abitudini individuali, quali consumo di tabacco, alcol e dieta, è verosimile assumere un loro ruolo marginale nella spiegazione delle associazioni di rischio tra inquinamento e salute, perché è poco probabile l’esistenza di differenziali significativi di stili di vita tra sub-aree diverse all’interno dei due comuni e rispetto a comuni limitrofi e quindi anche tra aree designate come più esposte e meno esposte dal modello diffusionale. Si ritiene pertanto non ragionevole che gli stessi fattori di rischio rappresentino una valida ipotesi alternativa per spiegare gli eccessi di mortalità e di ospedalizzazione osservati.

Lo studio di coorte ha mostrato che all’aumentare dell’esposizione alle emissioni del COVA (dalla classe 1 alla 3) aumenta il rischio di morte e/o di ricovero per diverse cause di morte o ospedalizzazione prese in esame. I risultati mostrano che le cause di decesso e di ricovero per le malattie cardiovascolari e respiratorie sono significativamente associate all’esposizione definita dallo studio modellistico. Questi risultati confermano quanto emerge dalla letteratura scientifica che riporta prove sufficienti per attribuire un ruolo eziologico degli inquinanti atmosferici, tra cui anche quelli considerati nello studio VIS. Inoltre, la concentrazione degli eccessi significativi soprattutto nelle donne depone a favore di un ruolo delle esposizioni ambientali rispetto a quelle di tipo professionale, che risultano maggiormente a carico degli uomini.

Indagine campionaria

Sintomi respiratori

Dall’elenco delle anagrafi comunali sono stati selezionati 3.641 residenti in un range di età 18-74 anni, suddivisi per sesso, classi di età e comune di residenza. I soggetti sono stati georeferenziati. Considerando l’orografia del territorio e la densità abitativa, è stata definita un’area prossimale al COVA. Un campione di 200 soggetti è stato sottoposto a test spirometrico e somministrazione del questionario. Il questionario prevede 95 domande articolate in 10 sezioni relative ad anagrafica e stili di vita, storia medica e condizioni cliniche, condizioni ambientali e socio-economiche, attività lavorativa ed esposizione ad agenti chimico-fisici, storia riproduttiva. L’esposizione è stata attribuita ai singoli soggetti sulla base della residenza, al fine di confrontare gli esiti nel gruppo dei residenti nell’area prossimale al COVA rispetto al gruppo dei residenti all’esterno dell’area prossimale. I dati raccolti sono stati elaborati per fornire diversi tipi di informazione: i) analisi descrittiva su fattori di rischio verso esposizione; ii) analisi descrittiva su fattori di rischio verso esiti di salute; iii) analisi multivariata con regressione logistica.

Nei modelli multivariati sono stati inclusi alcuni confondenti noti, quali: sesso, età, BMI, fumo, esposizione professionale ad agenti chimico-fisici e comorbidità cardio-vascolari. Altri potenziali confondenti sono stati di volta in volta inclusi nel modello (disturbi respiratori dell’infanzia, familiarità per malattie respiratorie, comorbidità metaboliche, tipo di riscaldamento nell’abitazione) nei casi in cui questi fossero associati significativamente sia all’esposizione sia agli esiti. Il rischio associato alla residenza in area

prossimale rispetto a quella esterna è stato valutato al netto della vicinanza alla strada di fondo valle SS 598.

Il test di funzionalità respiratoria ha prodotto i dati relativi agli esiti: bronco-ostruzione e capacità vitale forzata (FVC). Altri esiti sono stati derivati dal questionario per autodichiarazione: tosse ed espettorato, da soli o in associazione, fuori dai comuni raffreddori, per alcuni periodi dell'anno ed eventualmente da almeno due anni; dispnea; bronchite cronica; asma bronchiale o bronchite asmatica (presente o passata); sintomatologie allergiche: respiratorie e respiratorie in associazione con sintomatologia a carico degli occhi (prurito/rossore/bruciore). I risultati conseguiti sono indicativi di un rischio di sintomatologia respiratoria più pronunciato nell'area prossimale al COVA. Tale segnale è suggestivo per l'attivazione di un sistema di sorveglianza spazio-temporale. In via preliminare alla definizione e taratura del sistema di sorveglianza è auspicabile una ripetizione dello studio sullo stesso campione o su un campione di dimensioni superiori.

Indagine sulla percezione del rischio

Il questionario somministrato al campione reclutato per lo studio di funzionalità respiratoria, è stato concepito per raccogliere informazioni relative anche a percezione del rischio e dei pericoli ambientali, accesso all'informazione ambientale e fiducia nelle fonti di informazione. I dati raccolti sono stati elaborati per fornire diversi tipi di informazione: i) analisi descrittiva sul campione; ii) valutazione della percezione del rischio e dei pericoli ambientali; iii) valutazione della differenza in percezione del rischio tra Viggiano e Grumento Nova. Le ultime due analisi sono state effettuate utilizzando modelli multivariati di regressione logistica, per considerare l'effetto di fattori confondenti, quali: sesso, età, titolo di studio ed esposizione professionale ad agenti chimico-fisici. I risultati conseguiti suggeriscono la necessità di approfondimenti e di azioni di comunicazioni strutturate. Ulteriori approfondimenti dovrebbero valutare le differenze tra percezione della presenza di pericoli ambientali e percezione ad esposizione personale ad inquinamento ed inoltre le differenze tra percezione del rischio di occorrenza di malattie respiratorie e infertilità in un'area inquinata rispetto alla specifica area di residenza. La costruzione di un piano di comunicazione e di partecipazione dovrebbe coinvolgere media, associazioni, pubblica amministrazione ed includere attività di formazione volte a migliorare l'informazione su pericoli e rischi misurati e percepiti.

Principali risultati

In conclusione, i risultati conseguiti permettono di rispondere a molti interrogativi aperti da tempo nell'area dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova. I risultati rispondono all'obiettivo generale di colmare la carenza conoscitiva sullo stato dell'ambiente e della salute e di valutare associazioni tra inquinamento e salute nell'area in studio. In sintesi i risultati delle valutazioni epidemiologiche e degli studi su aria, acqua e suolo sono:

- gli indici di mortalità e di ricovero in ospedale dei residenti nei due comuni nel periodo 2000-2014 hanno mostrato diversi eccessi rispetto ai dati medi sia della Regione Basilicata sia del complesso di 20 comuni dell'alta Val d'Agri;
- per Viggiano è emerso un maggior numero di eccessi statisticamente significativi di mortalità e di ricovero rispetto a Grumento Nova;

- le cause di decesso e di ricovero che risultano significativamente associate all'esposizione stimata ad inquinamento di origine industriale riguardano le malattie cardiovascolari e respiratorie; la concentrazione degli eccessi soprattutto nelle donne depone a favore di un ruolo causale di esposizioni ambientali residenziali;
- in considerazione del disegno di studio evoluto adottato, per fattori di rischio non considerati, come fumo e cibo, è verosimile assumere un loro ruolo marginale nella spiegazione delle associazioni di rischio tra inquinamento e salute, essendo poco verosimile l'esistenza di differenziali significativi di stili di vita tra aree diverse all'interno dei due comuni e si ritiene pertanto non ragionevole che gli stessi fattori di rischio rappresentino una valida ipotesi alternativa per spiegare gli eccessi di mortalità e di ospedalizzazione osservati:
- i risultati dello studio campionario sulla funzionalità respiratoria mostrano un eccesso di alcuni sintomi predittivi di rischio di malattie respiratorie croniche nei soggetti residenti vicino al COVA;
- i risultati dello studio campionario con questionario indicano un'elevata percezione del rischio per ambiente e salute in tutta l'area e una scarsa fiducia nel ruolo informativo dei media, associazioni e autorità;
- i risultati delle campagne di monitoraggio hanno confermato una presenza rilevante di composti organici volatili che interessano la popolazione esposta e hanno permesso di determinarne una provenienza prevalente di tipo industriale;
- il suolo, nella sua parte superficiale, non appare contaminato in prossimità dell'impianto ed in aree limitrofe;
- per quanto riguarda le acque, solo nelle acque del torrente Casale è stata riscontrata la presenza di Idrocarburi, seppure in concentrazioni modeste.

I risultati della VIS indicano la necessità, da una parte di attuare standard di protezione della salute basati sulle conoscenze scientifiche più avanzate, che spesso suggeriscono un approccio di precauzione più severo rispetto a quello basato semplicemente su limiti di legge, peraltro non esistenti per tutte le sostanze emesse, dall'altra di proseguire ad approfondire lo studio della situazione ambientale e sanitaria della popolazione nell'area.

Premessa

Lo studio degli effetti sulla salute dell'inquinamento prodotto dal Centro Olio Val d'Agri è scaturito a seguito delle preoccupazioni espresse dalle amministrazioni comunali e dalle comunità locali e dalla volontà di conoscere e informare sui rischi, sia ambientali, sia sanitari.

Nel 2014 i Comuni di Viggiano e Grumento Nova incaricavano l'Istituto di fisiologia clinica del Consiglio nazionale delle ricerche, di svolgere una Valutazione di impatto sulla salute nel proprio territorio per studiare gli effetti sulla salute e sull'ambiente prodotto dal Centro Olio. Lo studio si è svolto in coordinamento con la commissione VIS dei due comuni, presieduta prima dal Dott Giambattista Mele e poi dall'Assessore Michele Montone, ed è stato cofinanziato per il 60% dai comuni e per il 40% da parte degli enti conduttori, per un totale di 1.170.000 euro.

Il presente documento si propone di offrire una visione d'insieme delle componenti dello studio relative alla caratterizzazione ambientale, alla modellistica di dispersione degli inquinanti e agli studi sulla salute.

Le diverse indagini sono il frutto della collaborazione tra istituti di ricerca con competenze diverse nei settori ambiente e salute. L'integrazione del lavoro di ciascuna Unità Operativa si è attuata su piani diversi, dal coordinamento e suddivisione del lavoro alla definizione congiunta dei protocolli metodologici e del dominio di analisi.

La sua realizzazione ha visto il coinvolgimento di 29 ricercatori e tecnici di tre istituti del CNR, (l'Istituto di fisiologia clinica, l'Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima, l'Istituto per lo studio degli ecosistemi), del Dipartimento di biologia dell'Università di Bari e del Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario della Regione Lazio.

COMMISSIONE VIS DEI COMUNI DI VIGGIANO E GRUMENTO NOVA

Michele Montone, Presidente Commissione VIS

Giambattista Mele, ex Presidente Commissione VIS

Vincenzo De Cunto, Ettore Corona, Giovanni Damiano, Carlo Toscano, consiglieri comunali di maggioranza

Natalino Tramontano, Marco Berteramo, consiglieri comunali di minoranza

Giuseppe Guarino, Lorenzo Nigro, esperti in materia ambientale

Antonio Imperatrice, Sindaco del Comune di Grumento Nova

Rocco Galazzo, CROB Rionero

Ferdinando Laghi, Associazione Medici per l'Ambiente, ISDE

Gabriella Cauzillo, Egidio Giordano, rappresentanti della Regione Basilicata

Simone Mortara, rappresentante Eni S.p.A

Maria Vincenza Liguori, rappresentante di ARPA Basilicata

1

Contestualizzazione conoscenze preliminari

Rassegna da impianti di primo trattamento di greggio ⁴

Lo studio della letteratura scientifica in materia di inquinamento atmosferico ha permesso di definire un sufficiente quadro conoscitivo sulle caratteristiche emissive degli impianti di estrazione e trattamento del petrolio, sebbene siano ancora necessari consolidamento e approfondimento. Numerosi lavori scientifici evidenziano l'importanza di effettuare monitoraggi della qualità dell'aria in zone caratterizzate dalla presenza di tali impianti, prestando attenzione ad inquinanti organici prioritari quali i composti organici volatili (COV) [1,2]. Tuttavia, la maggior parte degli articoli pubblicati verte sulla caratterizzazione chimica delle emissioni prodotte da impianti petrolchimici e da raffinerie del petrolio, [3-23] mentre ad oggi sono ancora limitate le informazioni riguardanti le emissioni da impianti di sola estrazione e desolforazione del greggio come il Centro Olio di Viggiano.

Tra i COV gli inquinanti di maggior interesse relativamente alle emissioni da impianti di estrazione del greggio, risultano essere:

- Idrocarburi aromatici quali Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni (BTEX);
- Idrocarburi alifatici saturi a catena lineare e ramificata quali Propano, Esano, Eptano, Pentano, Butano, Ottano, iso-Pentano;
- Idrocarburi alifatici insaturi quali Etilene, 1-Butene, Propene, 1-Pentene, trans-2-Pentene, 2-Metil-1,3-Butadiene, 2-Metil-Dicloroetilene e 1-Ottene;
- Acetilene;
- Acetone;
- Etanolo.

Diversi studi mostrano che gli Idrocarburi non metanici (Non Methane Hydrocarbons, NMHC) rappresentano gli inquinanti maggiormente emessi in corrispondenza di pozzi petroliferi [24-26] e nell'ambito di questa ampia classe di sostanze, gli Idrocarburi aromatici, BTEX, sono tipici prodotti di combustione di gas naturale emesso durante il processo di perforazione, mentre gli idrocarburi saturi derivano principalmente dall'evaporazione di prodotti oleosi e di solventi organici [27]. A tali emissioni puntuali si aggiungono emissioni fuggitive legate all'evaporazione di Idrocarburi da serbatoi di stoccaggio e da apparecchiature di estrazione del greggio non perfettamente a tenuta. Le operazioni più critiche responsabili delle emissioni diffuse sono la movimentazione dei prodotti, il riempimento e lo svuotamento di serbatoi e il trattamento delle acque di scarico industriali. In particolare l'emissione di Benzene, Toluene, n-Esano, Propene e m,p-Xileni è stata maggiormente correlata al trattamento delle acque reflue; mentre emissioni di Propano, n-Butano, Etano, iso-Butano, n-Pentano, iso-Pentano e n-Esano a perdite dai serbatoi. Anche il sistema di blow down (torce) contribuisce alle emissioni di CO₂, CO, NO_x, SO_x e in maniera significativa alle emissioni dei COV [29]. La composizione di tali emissioni dipende principalmente dalla composizione del gas inviato in torcia e dall'efficienza di combustione che si realizza nel bruciatore pilota, collocato sulla sommità della torcia, e che è fortemente influenzata dalla presenza di vento. Le torce sono, infatti, sistemi di sicurezza che possono essere utilizzati quando si verificano blocchi di impianti per

⁴ Bustaffa E, De Marinis Loiotile A, Farella G, Petraccone S, De Gennaro G, Bianchi F. Atmospheric non-methane hydrocarbons near plants of crude oil first treatment. *Epidemiol Prev.* 2016 Sep-Oct;40(5):290-306. [Italiano].

mancanza di energia elettrica, di aria, di acqua di raffreddamento, o a seguito di altre disfunzioni che possono determinare un aumento della pressione oltre i limiti consentiti dalle norme di sicurezza. In questi casi i composti gassosi presenti nei vari impianti, previa separazione delle specie solide e liquide, fluiscono alle torce dove sono combuste utilizzando l'ossigeno atmosferico [29]. La ricerca bibliografica ha inoltre consentito di individuare marker e rapporti diagnostici specifici per le emissioni indagate [30-34].

Bibliografia

1. Atmospheric concentrations of saturated and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery. Kalabokas P.D., Hatzaiantestis J., Bartzis J.G., Papagiannakopoulos P. *Atmospheric Environment*, 35: 2545–2555 (2001).
2. Volatile organic compound concentrations in ambient air of Kaohsiung petroleum refinery in Taiwan. Lin T.-Y., Sree U., Tseng S.-H., Chiu K.H., Wu C.-H., Lo J.-G. *Atmospheric Environment*, 38: 4011–4122 (2004).
3. Air concentrations of volatile compounds near oil and gas production: a community-based exploratory study. Macey G.P., Breech R., Chernaik M., Cox C., Larson D., Thomas D., Carpenter D.O. *Environmental Health*, 13:82 (2014).
4. Impacts of gas drilling on human and animal health. Bamberger M., Oswald R.E. *New Solutions: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 22(1): 51-77 (2012).
5. Long-term impacts of unconventional drilling operations on human and animal health. Bamberger M., Oswald R.E. *Journal of Environmental Science and Health. Part A Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 50(5): 447-459 (2015).
6. *Reactive Hydrocarbons in the Atmosphere*. Hewitt C.N. Academic Press, p. 322 (1999).
7. Review of volatile organic compound source apportionment by chemical mass balance. Watson J.G., Chow J.C., Fujita E.M. *Atmospheric Environment*, 35: 1567–1584 (2001).
8. Modeling study of photochemical ozone creation potential of non-methane hydrocarbon. Xiao H., Zhu B. *Water Air and Soil Pollution*. 145:3 (2003).
9. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. Cetin E., Odabasi M., Seyfioglu R. *Science of the Total Environment*, 312:103-12 (2003).
10. Concentrations of volatile organic compounds in an industrial area of Korea. Na K., Kim Y.P., Moon K.C., Moon I., Fung K. *Atmospheric Environment*, 35:2747–2756 (2001).
11. Volatile organic compounds in the air of Izmir, Turkey. Muezzinoglu A., Odabasi M., Onat L. *Atmospheric Environment*. 35:753–60, (2001).
12. Ambient levels of volatile organic compounds in the vicinity of petrochemical industrial area of Yokohama, Japan. Tiwari V., Hanai Y., Masunaga S. *Air Quality Atmosphere and Health*. 3(2):65-75, (2010).
13. Profile of the petroleum refining industry, Enforcement and Compliance Assurance. US Environmental Protection Agency (EPA) EPA 310-R-95-013, (1995).
14. Monitoring and analysis of volatile organic compounds around an oil refinery. Gariazzo C., Pelliccioni A., Di filippo P., Sallusti F., Cecinato A. *Water, Air, and Soil Pollution*. 167:17-38, (2005).
15. Concentrations of volatile organic compounds (VOCs) at an oil refinery. Pandya G.H., Gavane A.G., Bhanarkar A.D., Kondawar V.K. *International Journal of Environmental Studies*. 63(3): 337–351, (2006).
16. Mixing ratios of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Karachi, Pakistan. Barletta B., Meinardi S., Simpson I.J., Khwaja H.A., Blake D.R., Sherwood Rowland F. *Atmospheric Environment*. 36: 3429–3443, (2002).
17. Volatile organic compounds in air at urban and industrial areas in the Tarragona region by thermal desorption and gas chromatography–mass spectrometry. Ras M.R., Marcé R.M., Borrull F. *Environmental Monitoring and Assessment* 161: 389–402, (2010).
18. Air quality assessment in a highly industrialized area of Mexico: Concentrations and sources of volatile organic compounds. Vega E., Sánchez-Reyna G., Mora-Perdomo V., Iglesias G.S., Arriaga J.L., Limón-Sánchez T., Escalona-Segura S., Gonzalez-Avalos E. *Fuel*. 90: 3509–3520, (2011).

19. Hydrocarbon source apportionment for the 1996 Paso del Norte Ozone Study. Fujita E.M. *Science of the Total Environment*. 276:171–84, (2001).
20. Investigation of volatile organic compound (VOC) emission in oil terminal storage tank parks. Paulauskienė T., Zabukas V., Vaitiekūnas P. *Journal of environmental engineering and landscape management*. 17(2): 81–88, (2009).
21. Characteristics of volatile organic compounds (VOCs) emitted from a petroleum refinery in Beijing, China. Wei W., Cheng S., Li G., Wang G., Wang H. *Journal of Environmental Sciences*. (2014)
22. Source signature of volatile organic compounds from oil and natural gas operations in Northeastern Colorado. Gilman J., Lerner B., Kuster W., de Gouw J. *Environmental Science & Technology*. 47: 1297–1305, (2013).
23. Effect of petrochemical industrial emissions of reactive alkenes and NO_x on tropospheric ozone formation in Houston, Texas. Ryerson T., Trainer M., Angevine W., Brock C., Dissly R., Fehsenfeld F., Frost G., Goldan P., Holloway J., Hübler G., Jakoubek R., Kuster W., Neuman J., Nicks D., Parrish D., Roberts J., Sueper D., Atlas E.L., Donnelly S.G., Flocke F.M., Fried A., Potter W., Schauffler S.M., Stroud V.F., Weinheimer A.J., Wert B., Wiedinmyer C., Alvarez R., Banta R., Darby L., Senff C. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 108 p. 24, (2003).
24. Volatile organic compound concentrations in ambient air of Kaohsiung petroleum refinery in Taiwan. Lin T.Y., Sree U., Tseng S.H., Chiu K.H., Wu C.H., Lo J.G. *Atmospheric Environment*. 38: 4011–4022, (2004).
25. FTIR remote sensor measurements of air pollutants in the petrochemical industrial park. Wu R.T., Chang S.Y., Chung Y.W., Tzou H.C., Tso T.L. *Proc. SPIE* 2552, *Infrared Technology XXI*, (1995).
26. Source signature of volatile organic compounds from oil and natural gas operations in Northeastern Colorado. Gilman J., Lerner B., Kuster W., de Gouw J. *Environmental Science & Technology* 47: 1297–1305, (2013).
27. Volatile organic compound distributions during the NACHTT campaign at the Boulder Atmospheric Observatory: Influence of urban and natural gas sources. Swarthout R.F., Russo R.S., Zhou Y., Hart A.H., Sive B.C. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 118(10): 614–610, 637, (2013).
28. Characteristics of volatile organic compounds (VOCs) emitted from a petroleum refinery in Beijing, China. Wei Wei S., Cheng G., Li G., Wang H. *Journal of Environmental Sciences* 26:332–342, (2014).
29. Atmospheric BTEX concentrations in the vicinity of the crude oil refinery of the Baltic region. Baltrenas P., Baltrenait E., Šerevi V., Pereira P. *Environmental Monitoring and Assessment* 182: 115–127, (2011).
30. The vertical distribution of VOCs in the atmosphere of Beijing in autumn. Ting M., Yue-si W., Jie J., Fanh-kun W., Mingxing W. *Science of the Total Environment*, 390, 97–108, (2008).
31. Emission factors from road traffic from a tunnel study (Gubrist tunnel, Switzerland). Part III. Results of organic compounds, SO₂ and speciation of organic exhaust emissions. Staehelin J., Keller C., Stahel W., Schläpfer K., Wunderli S. *Atmospheric Environment* 32: 999–1009, (1998).
32. Transportation-related volatile hydrocarbon source profiles measured in Atlanta. Conner T.L., Lonnemann W.A., Seila R.L. *Journal of the Air & Waste Management Association* 45: 383–394, (1995).
33. Source impacts by volatile organic compounds in an industrial city of southern Taiwan. Liu P. W.G., Yao Y. Ch., Tsai J. H., Hsu Y. Ch., Chang L. P., Chang, K. H. *Science of The Total Environment*, 398 (1–3), 154–163, (2008).

Distribuzione della concentrazione degli inquinanti al suolo emessi dal COVA

Per tenere conto della complessità dell'impianto e delle diverse tipologie di emissioni, preliminarmente è stata fatta un'analisi delle emissioni e, parallelamente è stata effettuata un'analisi dei dati di meteorologia e di qualità dell'aria presenti sul territorio, finalizzata ad una caratterizzazione dell'area in esame. Successivamente, è stato messo a punto un sistema modellistico avanzato in grado di riprodurre la meteorologia della valle e di simulare la dispersione degli inquinanti emessi dal COVA, integrando tra loro i dati sperimentali e la modellistica della dispersione.

Dati di emissione

Nel COVA non vengono effettuate lavorazioni di raffinazione, ma solo una separazione della miscela di Idrocarburi, gas naturale e acque di strato proveniente dalle aree pozzo. Il greggio in ingresso all'impianto subisce trattamenti che consistono essenzialmente nella separazione e conseguente lavorazione delle tre fasi presenti nel fluido estratto (olio greggio, gas, acqua). I processi descritti sono responsabili di emissioni essenzialmente dei seguenti tipi: emissioni legate alla: i) combustione stazionaria (punti di emissione E03, E04, E11A E11B, E11C, E12B, E12C, E20) ed emissioni associate a processi di emergenza, quali ii) gas flaring e iii) gas venting, (Figura 1.1); inoltre, iv) emissioni fuggitive da serbatoi di stoccaggio olio, valvole, sfiati, ecc. (Figura 1.2).

La Figura 1.3 mostra la distribuzione spaziale dei diversi punti emissivi all'interno dell'impianto. Maggiore dettaglio sul processo e sui dati preliminari sono consultabili in appendice (APPENDICE A - Emissioni del COVA).

E' stato utilizzato un archivio elettronico di files (ndr. messi a disposizione da Eni) contenente dati di emissione dai punti da E03 a E20 per il periodo novembre 2011 agosto 2014 e riguardanti:

- i) le registrazioni in continuo misurate ai punti di emissione convogliata (camini), già elaborate da Eni in medie orarie;
- ii) i rapporti di prova per autocontrolli periodici (trimestrali), oltre alla documentazione relativa agli iter autorizzativi, ai quali si farà di volta in volta esplicito riferimento.

Tali punti di emissione sono soggetti a prescrizione dalla procedura di autorizzazione alle emissioni in atmosfera, come risulta dal Rapporto Istruttoria dell'Aggiornamento dell'AIA (Regione Basilicata, 2011) relativa all'impianto, per il progetto di ammodernamento e miglioramento performance produttive del Centro Olio Val d'Agri. Ci si riferisce, essendo il periodo in esame il 2013, alla c.d. Fase 1 (transitorio) nella quale il nuovo termodistruttore (punto di emissione EXX) non è ancora entrato in funzione (cfr. Regione Basilicata 2011, AIA *pgg* 129-130, Quadro delle emissioni in atmosfera assetto impiantistico).

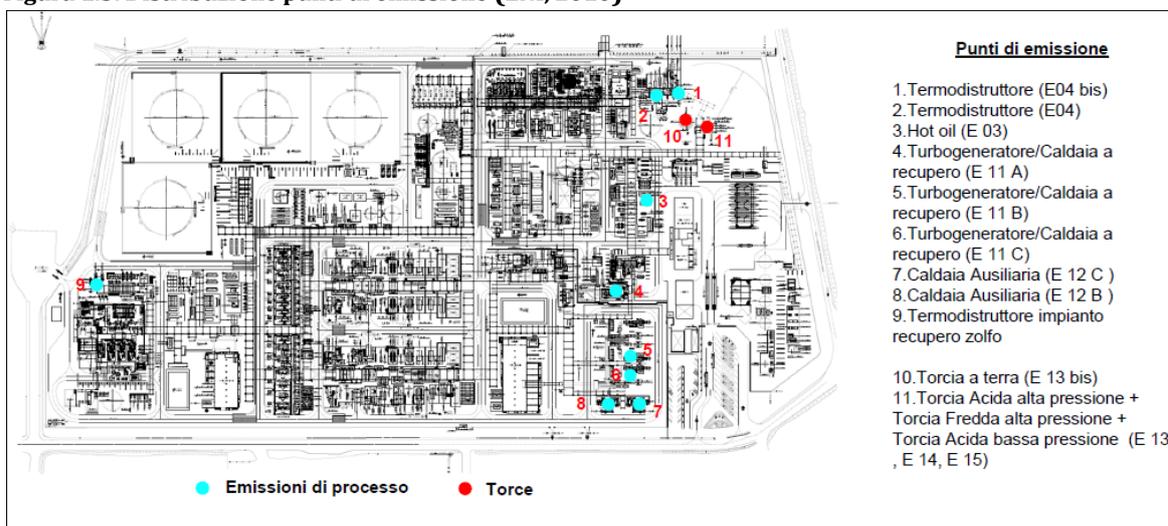
Figura 1.1. Punti di emissione (Fonte AIA - Regione Basilicata 2011)

| | Punti di emissione | n. macchine | Codice emissione | Alimentazione | Tipologia di emissione | Condizioni di esercizio |
|-------------------------|--|-------------|-------------------------|---|---|--|
| Combustione stazionaria | Turbogeneratori | 3 | E11 A E11 B E11 C | Fuel Gas AP Val d'Agri | Fumi di combustione | Normale funzionamento |
| | Caldaie a recupero | 3 | | Fuel Gas BP Val d'Agri | Fumi di combustione | Recupero con post combustione |
| | Caldaie ausiliarie | 3 | E12 A E12 B E12 C | Fuel Gas BP Val d'Agri | Fumi di combustione | Normale funzionamento |
| | Forno ad olio diatermico | 1 | E03 | Fuel Gas BP Monte Alpi | Fumi di combustione | Normale funzionamento |
| | Motogeneratore di emergenza | 3 | E16 A/B E 08 | Gasolio | Fumi di combustione | Emergenza |
| | Motopompa antincendio | 4 | E 09 A/B/C E 17 | Gasolio | Fumi di combustione | Emergenza |
| | Termodistruttore | 2 | E04 E04 bis | Effluenti + Fuel Gas BP Monte Alpi | Fumi di combustione | Normale funzionamento |
| | Termodistruttore impianto zolfo | 1 | E20 | Effluenti + gas acido Monte Alpi | Fumi di combustione | Normale funzionamento |
| Flaring | Torcia acida Alta Pressione + Torcia a terra | 2 | E13 E13 bis | funzionamento fuel gas BP Monte Alpi + in emergenza gas processato | Fumi di combustione | Continuo piloti e flussaggio + emergenza |
| | Torcia Fredda Alta Pressione | 1 | E14 | In normale funzionamento fuel gas BP Monte Alpi + in emergenza gas processato | Fumi di combustione | Continuo piloti e flussaggio + emergenza |
| | Torcia Acida Bassa Pressione | 1 | E15 | In normale funzionamento fuel gas BP Monte Alpi + in emergenza gas processato | Fumi di combustione | Continuo piloti e flussaggio + emergenza |
| Venting | Sfiato caldo | 1 | E19 | In emergenza effluenti impianto zolfo | SO ₂ , NO ₂ , CO, polveri | Avviamento / emergenza |
| | Sfiati serbatoi di gasolio | 3 | E10 E18 E18 bis | Gasolio | Vapori di gasolio | Carico / Scarico |

Figura 1.2. Emissioni fuggitive (AIA - Regione Basilicata 2011)

| Descrizione | Origine (punto di emissione) | Modalità di prevenzione | Frequenza autocontrollo | Modalità di registrazione controlli | Reporting |
|---------------------------------|--|------------------------------------|---|---|---|
| EMISSIONE CH ₄ E VOC | Valvole, flange, valvole di sicurezza, strumentazione, pompe, compressori, livelli, sfiati dreni, prese campioni | Detector a ionizzazione di fiamma | Come previsto nel manuale di manutenzione Centrali | Su sistema informativo della manutenzione | Biennale Relazione Tecnica Ottobre 2007(*) |
| EMISSIONE VOC | Serbatoi di stoccaggio olio | Installazione Impianto VOC Control | In fase di test per definizione modalità di controllo e reporting | In fase di test per definizione modalità di controllo e reporting | In fase di test per definizione modalità di controllo e reporting |

Figura 1.3. Distribuzione punti di emissione (ENI, 2010)



Per ciascun punto di emissione stazionaria convogliata, sono state inizialmente prese in esame i valori registrati in media oraria.

Ciascun valore orario è caratterizzato da un flag di validità il cui significato è riportato di seguito.⁵

- F = fermo impianto
- A = strumento fuori scansione
- T = calibrazione/manutenzione in corso
- N = dato non valido
- S = dato non valido per misura oltre range massimo
- K = dato valido (in assenza delle cause di invalidazione precedenti)

Sono stati esaminati i dati validi (flag = “K”) sul totale delle misurazioni annotate, e valutato il minimo, il massimo, la media e i quartili della distribuzione dei seguenti parametri:

- Portata fumi secca normalizzata (0° C e 1013 mb, PSN);
- Portata secca normalizzata e corretta per il tenore di ossigeno (PSNC);
- Portata umida normalizzata (PUN);
- Concentrazione degli inquinanti nei fumi (sostanza) corretta per il tenore di ossigeno;
- Temperatura fumi (Tf).

⁵ Cfr.: Manuale del sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (file REVISIONE 3 di manuale SMCE COVA_Rev03_maggio2014.pdf).

Sono state anche valutate le velocità di uscita fumi e i flussi massici degli inquinanti, valori da noi derivati dai campi precedenti.

Per tutte le serie di inquinanti sono state determinate:

- percentuale di dati medi orari validi;
- anomalie rispetto ai limiti orari autorizzati (Valore Limite * 1.25, punto 40 delle prescrizioni del rapporto istruttorio citato);
- Altre anomalie.

In Tabella 1.1 sono indicate la posizione e le caratteristiche geometriche dei camini.

Tabella 1.1. Sorgenti di emissione nell'area in studio, codice identificativo e coordinate

| ID Camino | UTM-X (km) | UTM-Y (km) | Altezza (m) | Diametro (m) |
|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| E03 | 576.487 | 4462.960 | 12.0 | 0.93 |
| E04bis | 576.537 | 4462.861 | 27.5 | 2.1 |
| E11A E11B | 576.453 | 4462.861 | 17.0 | 2.0 |
| E11C | 576.431 | 4462.826 | 17.0 | 2.0 |
| E12B | 576.381 | 4462.810 | 15.0 | 1.2 |
| E12C | 576.414 | 4462.794 | 15.0 | 1.2 |
| E20 | 576.045 | 4463.085 | 33.0 | 2.5 |

Per quanto riguarda le emissioni delle torce, i file archiviati contenevano solo la portata massica delle sostanze convogliate per la combustione innescata dalla fiamma pilota, ma non la caratterizzazione dei fumi. Non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche geometriche delle torce.

Dati meteo

Al fine di descrivere la dispersione degli inquinanti in aria è stata effettuata la caratterizzazione della meteorologia dell'aria in valle. A tale proposito sono stati analizzati i dati di 9 stazioni meteorologiche presenti nel dominio: 5 stazioni della rete di monitoraggio di qualità dell'aria, 1 stazione del servizio agrometeorologico ubicata in Villa d'Agri, 1 stazione della Protezione Civile ubicata nel Comune di Viggiano e due stazioni dell'Aeronautica Militare (Figura 1.4). In Tabella 3.2 sono sintetizzate le caratteristiche principali delle stazioni. In seguito le stazioni saranno indicate con il loro numero identificativo o con il loro acronimo. Sono stati analizzati: validità delle serie, trend temporali e andamenti giornalieri dei principali parametri meteorologici misurati per gli anni 2013, 2014 e 2015, al fine di individuare le caratteristiche meteorologiche e dispersive dell'area (Appendice B – Dati meteorologici).

Figura 1.4. Ubicazione delle stazioni meteorologiche. A Sx il dominio comprendente anche le stazioni dell'Aeronautica Militare

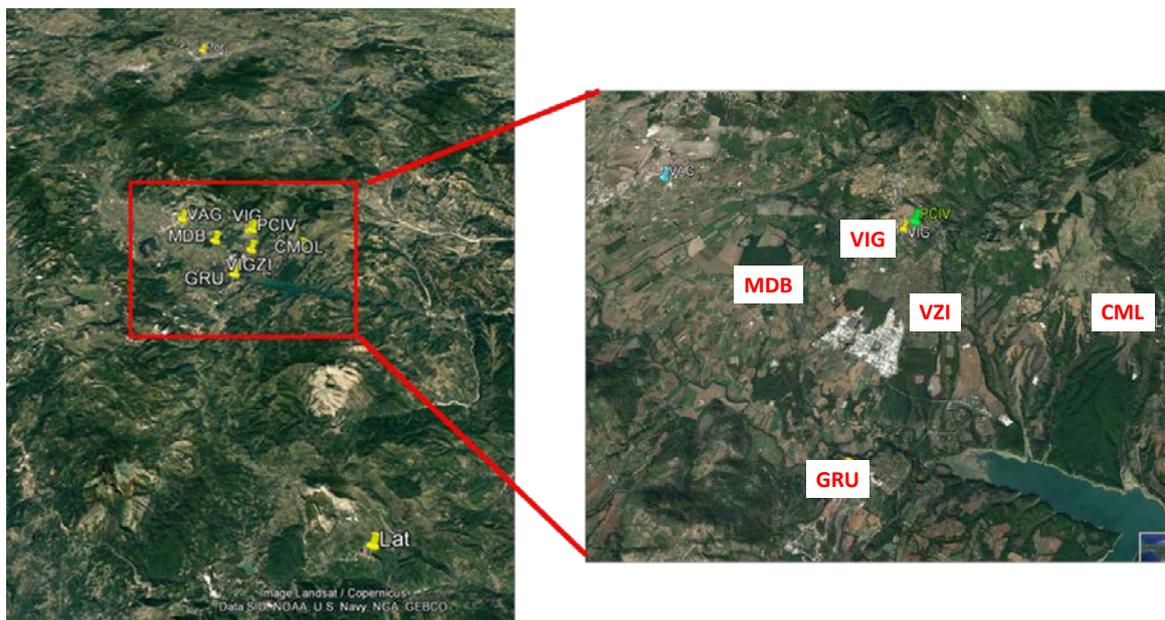


Tabella 1.2. Stazioni meteorologiche

| nr | Stazione | Acronimo | xutm (m) | yutm(m) | zslm (m) | h_anem (m) | Ente | forniti da |
|----|---------------------|----------|----------|---------|----------|------------|--------------|----------------|
| 1 | Masseria De Blasiis | 1-MDB | 573690 | 4464104 | 603 | 10 | ARPAB | sito open data |
| 2 | Costa Molina | 2-CML | 581123 | 4463218 | 690 | 10 | ARPAB | sito open data |
| 3 | Grumento Nova | 3-GRU | 575776 | 4460149 | 737 | 10 | ARPAB | sito open data |
| 4 | Viggiano 1 | 4-VIG | 576516 | 4465300 | 820 | 10 | ARPAB | sito open data |
| 5 | Viggian Zi | 5-VZI | 576870 | 4463010 | 602 | 10 | ARPAB | sito open data |
| 6 | Villa d'Agri | 6-VDA | 570372 | 4466950 | 592 | 5 | Agrom lucano | Scalcione |
| 7 | Viggiano | 7-PCIV | 576746 | 4465427 | 848 | | Prot.civile | Pcgl |
| 8 | Latronico | 8-LAT | 586409 | 4437965 | 896 | 10 | AM | NOAA |
| 9 | Potenza | 9-POT | 567656 | 4497992 | 845 | 10 | AM | NOAA |

In Val d'Agri il monitoraggio della qualità dell'aria viene effettuato mediante l'impiego di 5 centraline fisse, di cui una, Viggiano - Zona Industriale, in funzione dal 2006 e altre 4, Viggiano 1, Grumento Nova, Masseria De Blasiis, Costa Molina Sud 1, installate il 16 novembre 2011 e trasferite in proprietà all'ARPA Basilicata in data 4 settembre 2012 e disposte nell'intorno del COVA (Figura 1.4 Dx, Tabella 1.3).

Per ciascuna serie di dati sono state effettuate diverse analisi mirate a descrivere:

- la disponibilità di dati validi (medie orarie);
- le statistiche salienti, ovvero i valori minimo, massimo, medio e i tre valori quartili, assieme alla percentuale di dati validi sul numero di ore di misura nel mese.

Sono stati poi visionati gli andamenti per decidere sulla utilizzabilità ulteriore dei dati. L'analisi è stata effettuata mese per mese ed è stata considerata valida la serie mensile con almeno il 75% dei dati validi. Per le serie valide sono state effettuate analisi di variazione spaziale, variazione giornaliera, mensile ed annuale e in funzione della direzione del vento (Appendice C – Monitoraggio qualità dell'aria).

Tabella 1.3. Stazioni di monitoraggio in Val d'Agri e periodo di analisi

| Stazione | Inquinanti misurati | Dati meteo | Periodo |
|--------------|--|--|---------------------|
| 1-MDB | Benzene, CO, Etilbenzene, H2S, m,p-xileni, Metano, NMHC, NO, NO2, NOx, O3, O-Xilene, PM2.5, PM10, SO2, Toluene | wdir,ws, Prec,press,rad_glob, rad_netta,temp,Ur,ws | 1/3/2013-31/12/2015 |
| 2-CML | Benzene, CO, Etilbenzene, H2S, m,p-xileni, Metano, NMHC, NO, NO2, NOx, O3, O-Xilene, PM2.5, PM10, SO2, Toluene | wdir,Prec,press,rad_glob, rad_netta,temp,Ur,ws | 1/3/2013-31/12/2015 |
| 3-GRU | Benzene, CO, Etilbenzene, H2S, m,p-xileni, Metano, NMHC, NO, NO2, NOx, O3, O-Xilene, PM2.5, PM10, SO2, Toluene | wdir,Prec,press,rad_glob, rad_netta,temp,Ur,ws | 1/3/2013-31/12/2015 |
| 4-VIG | Benzene, CO, Etilbenzene, H2S, m,p-xileni, Metano, NMHC, NO, NO2, NOx, O3, O-Xilene, PM2.5, PM10, SO2, Toluene | wdir,Prec,press,rad_glob, rad_netta,temp,Ur,ws | 1/3/2013-31/12/2015 |
| 5-VZI | Benzene, CH4, CO, CS, etilbenzene, H2S, m, xileni, Metano, NMHC, NO, NO2, NOx, O3, O-Xilene,p-xylene, PM10, SO2, Toluene | wdir,Prec,press,rad_glob, rad_netta,temp,Ur,ws | 1/1/2013-31/12/2015 |

Bibliografia

Regione Basilicata, 2011. D.G.R. n. 313/2011. Aggiornamento dell'Autorizzazione Integrata Ambientale relativamente alla costruzione e all'esercizio del Progetto di ammodernamento e miglioramento performance produttive del Centro Olio Val D'Agri sito in C.da Cembrina Zona Industriale nel Comune di Viggiano (PZ)

Eni, 2010. Studio di Impatto Ambientale, Progetto di Ammodernamento e Miglioramento Performance Produttive Centro Olio Val D'Agri. Divisione Exploration&Production Distretto Meridionale

Evidenze sugli esiti di salute

Tassi di mortalità nell'area di studio rispetto a riferimenti esterni

Con lo scopo di descrivere il profilo di salute, i tassi di mortalità della popolazione residente nell'area di studio sono stati confrontati con quelli di aree di riferimento esterne. I confronti sono stati effettuati per:

- i) singolo comune;
- ii) l'insieme dei due comuni.

Utilizzando dati di fonte ISTAT è stato calcolato il rapporto standardizzato di mortalità (Standardized Mortality Ratio – SMR), utilizzando come riferimenti esterni:

- a) il dato regionale per il periodo 2000-2013,
- b) il dato medio dell'insieme dei 20 comuni della concessione Val d'Agri per il periodo 2003-2010. Le cause di morte considerate sono quelle con evidenze sufficienti di associazione con l'inquinamento atmosferico (Tabella 1.4).

Tabella 1.4. Cause di morte in studio e relativa classificazione ICD9-CM

| |
|--|
| Tutte le cause (Codice ICD-9 – 0-999) |
| Malattie apparato respiratorio (Codice ICD-9 – 460-519) |
| Malattie del sistema circolatorio (Codice ICD-9 – 390-419) |
| Tutti i tumori (Codice ICD-9 – 140-239) |
| Leucemie (Codice ICD-9 – 204-208) |
| Tumore del fegato e dei dotti biliari (Codice ICD-9 – 155-156) |
| Tumore del colon-retto (Codice ICD-9 – 153-154) |
| Tumore dello stomaco (Codice ICD-9 – 151) |
| Tumore del polmone (Codice ICD-9 – 162) |

Considerando i due comuni nel loro complesso, si osserva un aumento della mortalità rispetto alla Regione Basilicata per tutte le cause dell'11% (N 632; SMR 111,0; IC 95% 103-120), ed in particolare per gli uomini del 14% (N 340; SMR 114,0; IC95% 102-127). L'eccesso per gli uomini non è confermato in modo statisticamente significativo per nessuna delle cause analizzate. Osservando le singole cause, si osserva un aumento statisticamente significativo della mortalità di circa il 19% per entrambi i generi per le malattie del sistema circolatorio, in particolare per le donne (N 147; SMR 118,8; IC95% 100-140). Eccessi non statisticamente significativi si osservano per entrambi i generi per il tumore dello stomaco e per le donne per il tumore del polmone (Tabella 2, Allegato A – Evidenze sugli esiti di salute).

L'ulteriore confronto a cura del gruppo di lavoro VIS, della mortalità nei due comuni rispetto ai 20 comuni della Val d'Agri nel periodo 2003-2010, ha messo in evidenza eccessi per il totale delle cause per le donne (N 155; SMR 119; IC95% 101-140) e per donne + uomini (N 335; SMR 114,5; IC95% 103-127), per le malattie del sistema circolatorio tra le donne (N 78; SMR 132; IC95% 104-165), in particolare per malattie ischemiche del cuore in donne+uomini (N 54; SMR 145; IC95% 109-159), (Tabella 4, Allegato A – Evidenze sugli esiti di salute).

Nel loro complesso, i risultati del confronto della mortalità tra i Comuni di Viggiano e Grumento Nova con il pool di venti comuni della Val d'Agri, seppure limitati da una ridotta dimensione delle popolazioni poste a confronto, e tenendo in debita considerazione il fatto che i periodi di tempo non sono completamente sovrapponibili, mostrano alcuni segnali di maggiore criticità nei due comuni. Tra i due comuni è Viggiano che fa registrare gli eccessi statisticamente significativi, mentre a Grumento Nova i segnali pure essendo concordanti non raggiungono la significatività statistica.

Il confronto con i risultati ottenuti dalla precedente analisi effettuata dall'Istituto Superiore di Sanità per un periodo più breve (2003-2010) (Tabella 1.5), consente di "posizionare" i due comuni rispetto a quelli dell'intera Val d'Agri, in entrambe le analisi confrontati col riferimento regionale (ISS, 2015). I risultati sono sostanzialmente allineati, ad eccezione del sistema circolatorio per le donne che risulta più critico nei due comuni rispetto ai 20 comuni.

Tabella 1.5. Confronto degli SMR relativi all'insieme dei Comuni Viggiano e Grumento Nova con gli SMR relativi alla Val D'Agri

| Patologia | Sesso | Viggiano-Grumento verso Regione Basilicata 2000-2013 ¹ | 20 comuni Val D'Agri verso Regione Basilicata 2003-2010 ² |
|-------------------------------------|--------|---|--|
| Mortalità generale | uomini | SMR 114 IC95% 102-127 * | SMR 114 IC90% 110-119 * |
| Mortalità generale | donne | SMR 108 IC95% 96-121 * | SMR 103 IC90% 99-107 |
| Malattie dell'apparato respiratorio | uomini | SMR 135 IC95% 93-190 | SMR 126 IC90% 110-143 |
| Malattie del sistema circolatorio | donne | SMR 119 IC95% 100-140 * | SMR 102 IC90% 96-109 |
| Tumore dello stomaco | uomini | SMR 153 IC95% 70-291 | SMR 183 IC90% 143-231 * |
| Tumore dello stomaco | donne | SMR 158 IC95% 64-326 | SMR 145 IC90% 107-192 * |
| Tumore del polmone | donne | SMR 214 IC95% 86-440 | SMR 127 IC90% 84-184 |

¹ Studio VIS_VG_VdA

² Studio ISS

Analisi di clustering per tassi di ricovero nell'area di studio

In aggiunta, è stata effettuata un'analisi esplorativa per la valutazione dell'omogeneità o eterogeneità della distribuzione degli eventi per sub-aree geografiche (clustering) (Allegato - Metodi per l'analisi di clustering e stima dei rischi). L'analisi di clustering permette di verificare la presenza eventuale di aggregati di sub-aree comunali con ricoverati statisticamente in eccesso rispetto al numero di casi che sarebbero attesi se nel cluster ci fosse un tasso di ricoverati pari a quello osservato. Sono stati analizzati i territori dei due comuni suddivisi in 60 sezioni di censimento, individuate al 2001 per le patologie selezionate. In base alle evidenze di letteratura, l'analisi esplorativa di cluster ha riguardato il sistema circolatorio e il sistema respiratorio utilizzando i dati delle SDO. Prendendo come riferimento territoriale minimo la sezione di censimento, aggregati di sezioni (area sub-comunale) sono stati confrontati con la totalità delle due aree comunali ed il rischio è stimato attraverso un rapporto di incidenza standardizzato (SIR) per età per gli anni 2000-2014. Un cluster di ricoverati ai limiti della significatività statistica è stato osservato per il gruppo delle malattie del sistema circolatorio nelle donne, orientato da sud a nord e comprendente l'abitato principale di Viggiano, e per il gruppo delle malattie dell'apparato respiratorio nelle donne, all'incirca sovrapponibile alla precedente area, limitrofa al COVA. Tra i ricoverati per malattie respiratorie sono significative quelle croniche negli uomini, in un'area ad ovest rispetto ai due comuni ed al COVA, includente l'abitato principale di Viggiano. Le mappe ottenute illustrano come si distribuiscono nei territori i cluster relativi a: malattie respiratorie croniche tra gli uomini; malattie sistema circolatorio tra le donne; malattie del sistema respiratorio tra le donne (Allegato - Evidenze sugli esiti di salute)

Bibliografia

1. Istituto Superiore di Sanità, Ufficio di Statistica, 2015. La descrizione del profilo di salute delle popolazioni della Val d'Agri attraverso lo studio dei dati sanitari correnti. In: Accordo di collaborazione ISS-Regione Basilicata.

2

Attività di studio
metodi e risultati

Monitoraggio ad alta definizione spaziale e temporale di inquinanti in relazione al COVA

Introduzione

Il quadro conoscitivo sulla qualità dell'aria in Val d'Agri necessita di essere ampliato ed approfondito in ragione della complessità ed estensione dell'impianto petrolifero Centro Olio Val d'Agri e della sua vicinanza ai centri abitati. Gli approcci convenzionali per il monitoraggio ambientale spesso non permettono di identificare specifiche criticità e di valutarne i potenziali impatti, in quanto tali approcci sono focalizzati solo sugli inquinanti normati e/o sulle emissioni puntuali. Tuttavia, in corrispondenza di impianti di estrazione e trattamento del greggio come quello oggetto di studio, le emissioni fuggitive, dovute alle perdite dai serbatoi e/o dalle apparecchiature di estrazione del greggio e all'eventuale over-charging del sistema, sono rilevanti e necessitano di essere indagate e caratterizzate al fine di determinare il loro impatto odorigeno e di fornire elementi per la valutazione dei potenziali effetti sulla salute della popolazione esposta.

Pertanto, risulta strategico un approccio metodologico innovativo per il monitoraggio della qualità dell'aria che valuti ad alta risoluzione spaziale e temporale le concentrazioni al suolo degli inquinanti ritenuti di maggiore interesse come i Composti Organici Volatili (COV), inquinanti tipicamente emessi dai processi di estrazione e trattamento del petrolio.

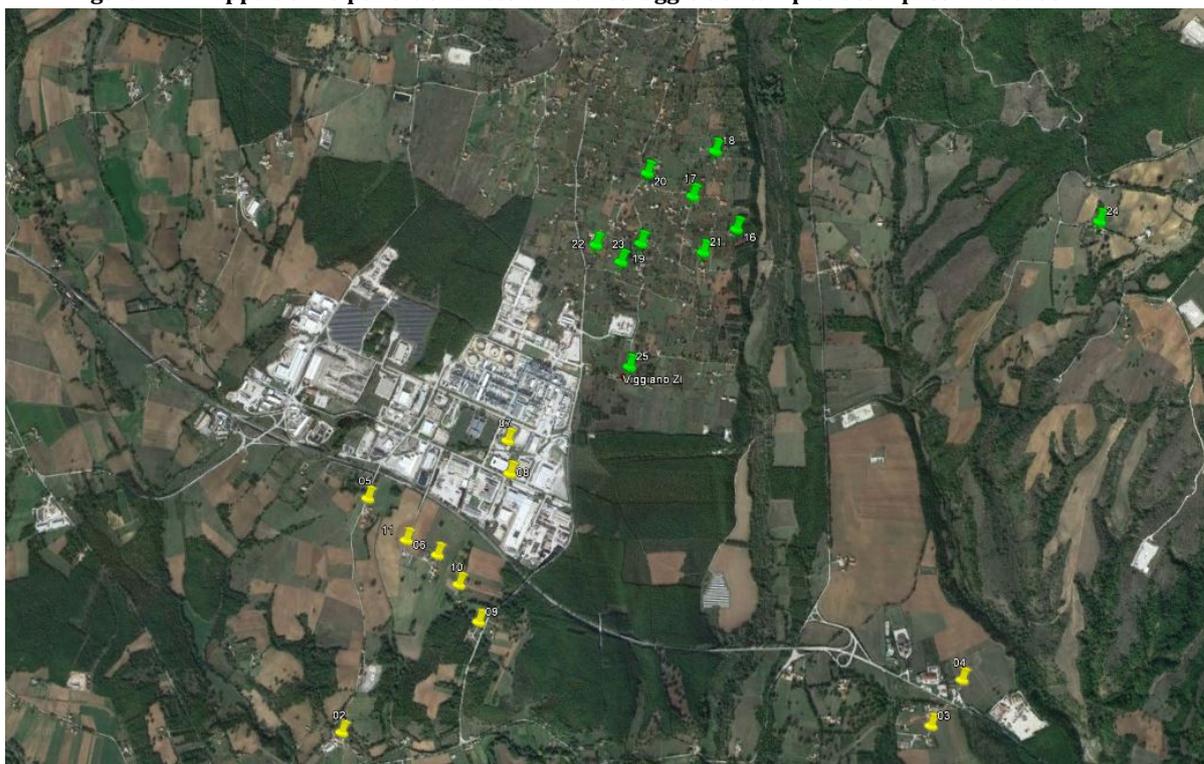
Distribuzione spaziale ed esposizione a composti organici volatili

La definizione della concentrazione e distribuzione spaziale di COV nell'area circostante il COVA (denominata attività "VOC1") è stata realizzata mediante la raccolta di dati nell'ambito delle tre campagne di campionamento tri-giornaliero di COV utilizzando campionatori passivi outdoor. La caratterizzazione dell'esposizione personale della popolazione ivi residente ("VOC2") è stata realizzata tramite l'utilizzo di dosimetri personali. La stretta relazione tra le attività di caratterizzazione ambientale e della relativa esposizione individuale consente di discutere contestualmente i dati raccolti.

Materiali e Metodi

Nell'ambito dell'attività VOC1, sono state condotte tre campagne di campionamento tri-giornaliero ad alta risoluzione spaziale e a cadenza stagionale dei COV al fine di evidenziare possibili variazioni delle distribuzioni spaziali e stagionali delle concentrazioni di tali inquinanti. A tal fine, il territorio circostante il COVA, comprendente i Comuni di Viggiano e Grumento Nova (PZ), è stato suddiviso in settori mediante una griglia centrata sulla sorgente con maglia più fitta nelle immediate vicinanze della stessa. Un sopralluogo preliminare ha permesso d'individuare 20 siti di campionamento presso i quali sono stati posizionati i campionatori passivi (Figura 2.1) allo scopo di determinare la concentrazione in atmosfera dei COV di maggiore interesse con elevata rappresentatività spaziale. In ciascuno dei siti individuati è stato pertanto eseguito un campionamento tri-giornaliero a cadenza stagionale: la prima campagna di campionamento è stata effettuata nell'inverno 2016 (14-17 Dicembre 2016), la seconda nella primavera 2017 (18-21 Aprile), la terza nell'estate dello stesso anno (20-23 Giugno 2017). Le ultime due campagne si sono svolte in concomitanza con la chiusura del COVA.

Figura 2.1. Mappa dei 20 punti della rete di monitoraggio dei campionatori passivi outdoor



I 20 campionatori outdoor dislocati nei punti della maglia sono stati indicizzati mediante un codice alfanumerico che, oltre all'indicazione numerica, teneva conto delle seguenti sigle: GV e VV per indicare, rispettivamente, le aree del Comune di Grumento Nova e del Comune di Viggiano a ridosso dell'impianto COVA (Tabella 2.1 e Figure 2.2-2.3).

Tabella 2.1. Codici identificativi dei Campionatori Passivi Outdoor

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Grumento | 02GV | 03GV | 04GV | 05GV | 06GV | 07GV | 08GV | 09GV | 10GV | 11GV |
| Viggiano | 16VV | 17VV | 18VV | 19VV | 20VV | 21VV | 22VV | 23VV | 24VV | 25VV |

Figura 2.2. Campionatori passivi dislocati nell'area del Comune di Grumento Nova

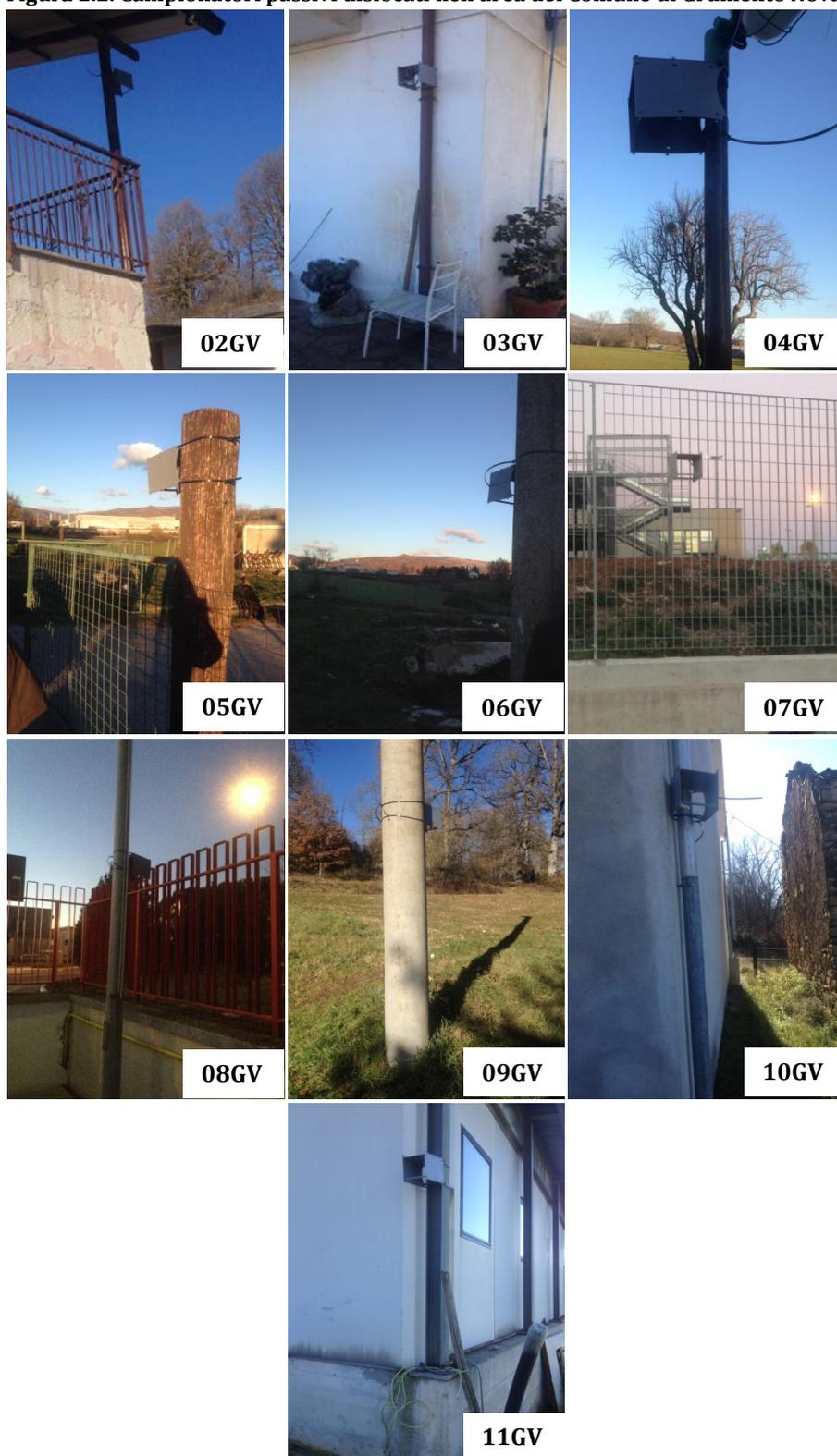


Figura 2.3. Campionatori passivi dislocati nell'area del Comune di Viggiano



In concomitanza con l'attività VOC1 è stata realizzata l'attività VOC2 che ha previsto un campionamento tri-giornaliero con dosimetri personali indossati da 30 volontari selezionati. La selezione dei volontari è stata fatta tenendo conto sia del domicilio sia della

posizione del luogo di lavoro nell'area di interesse afferente ai Comuni di Grumento Nova e Viggiano. Dei 30 volontari partecipanti, 20 risiedono o lavorano nelle immediate vicinanze dell'impianto, pertanto sono potenzialmente più esposti al carico emissivo della sorgente, mentre i rimanenti 10 che risiedono in zone più lontane rispetto alla zona industriale, sono stati presi come "bianco", al fine di verificare eventuali variazioni spaziali dell'esposizione ai COV. In dettaglio, dei 20 partecipanti più esposti, 10 risiedono o lavorano nel Comune di Viggiano e 10 nel Comune di Grumento Nova mentre, dei 10 partecipanti meno esposti 5 risiedono nel Comune di Viggiano e 5 in quello di Grumento Nova, in aree più lontane dalla zona industriale. I volontari hanno indossato il dosimetro per 72 ore e hanno fornito informazioni circa le attività, le abitudini giornaliere e le condizioni climatiche degli ambienti frequentati compilando un apposito "diario" (Allegato – Diario Radiello). Tali informazioni risultano infatti di fondamentale importanza per poter distinguere i contributi alle concentrazioni di esposizione da COV associati ad attività quotidiane e/o abitudini personali da potenziali contributi della sorgente emissiva. L'identificazione dei 30 dosimetri personali ha previsto, oltre all'indicazione numerica, l'utilizzo dei seguenti codici: PGL e PGL; PVV e PVL per indicare, rispettivamente, dosimetro Personale Grumento Nova Vicino e Lontano e dosimetro Personale Viggiano Vicino e Lontano (Tabella 2.2).

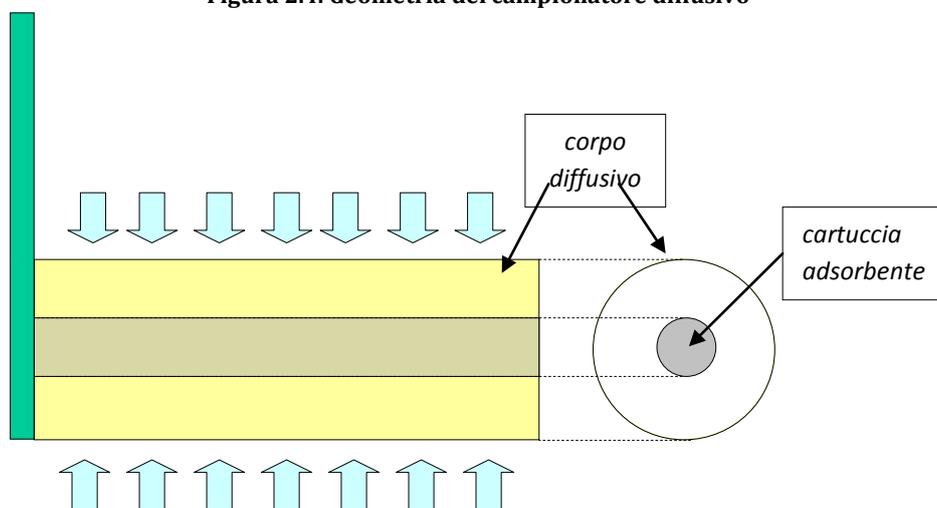
Tabella 2.2. Codici identificativi dosimetri personali

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Grumento | P01 GL | P09 GL | P10 GL | P13 GL | P17 GL | P03 GV | P04 GV | P06 GV | P11 GV | P12 GV | P14 GV | P15 GV | P16 GV | P18 GV | P19 GV |
| Viggiano | P20 VL | P21 VL | P26 VL | P27 VL | P29 VL | P19 VV | P22 VV | P24 VV | P25 VV | P28 VV | P30 VV | P31 VV | P32 VV | P33 VV | P34 VV |

Campionamento dell'aria ambiente mediante campionatori passivi e dosimetri personali

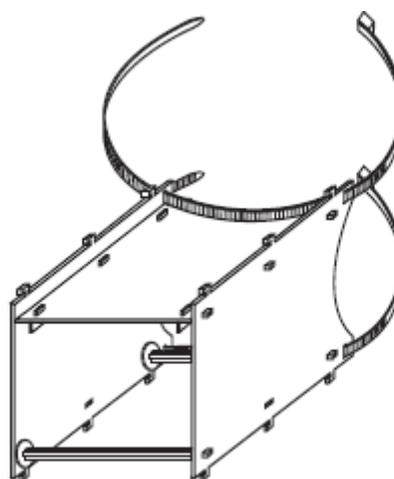
Il campionamento dei COV è stato effettuato mediante campionatori passivi a simmetria radiale Radiello® (Figura 2.4).

Figura 2.4. Geometria del campionatore diffusivo



I campionatori sono costituiti da una cartuccia adsorbente cilindrica in rete di acciaio inossidabile 100 mesh, avente diametro pari a 4.8 mm, contenente 350 ± 10 mg di carbone grafitato (Carbograph-4) 35-50 mesh. Il materiale adsorbente selezionato trova largo impiego nel campionamento sia passivo che attivo dei COV in fase gassosa per l'efficienza di captazione e il rendimento di recupero. La cartuccia di Carbograph-4 è stata inserita in un corpo diffusivo in policarbonato e polietilene microporoso a diffusione controllata e quest'ultimo, a sua volta, avvitato alla rispettiva piastra di supporto. Il dispositivo è stato posizionato per ogni sito di campionamento ad un'altezza di circa 2 metri all'interno di opportune cassetture di protezione, come mostrato in Figura 2.5.

Figura 2.5. Campionatore e relativa cassetta di protezione



L'analisi dei COV adsorbiti sulla cartuccia è stata effettuata attraverso un primo step di desorbimento termico che permette il rilascio completo dei composti adsorbiti e successiva analisi mediante Gas Cromatografia/Spettrometria di Massa (GC/MS) che consente la separazione, identificazione e quantificazione di ogni singolo composto indagato.

Preliminarmente alla fase di campionamento, due cartucce appartenenti al lotto utilizzato sono state analizzate al fine di determinare un valore di fondo medio e di poter escludere possibili contributi alle concentrazioni dei COV di interesse attribuibili ad eventuali impurezze presenti. È stato, inoltre, valutato il valore di fondo di un "bianco di campo" sottoposto alla medesima procedura di trasporto e manipolazione di un campione reale. Alla fine di ciascuna campagna di campionamento (quindi delle 72h) le 50 cartucce (20 relative all'attività VOC1 e 30 relative all'attività VOC2) sono state prelevate, riposte nella loro custodia, accuratamente sistemate in una borsa frigo e riportate in serata presso il laboratorio di Sostenibilità ambientale del Dipartimento di Biologia. Successivamente, dopo costruzione delle relative rette di taratura per ciascuno standard, si è proceduto alla loro analisi.

Desorbimento e analisi

Il desorbimento e la successiva analisi sono stati condotti utilizzando il desorbitore termico Markers UNITY2 accoppiato a un gas cromatografo GC-7890 provvisto di una

colonna capillare HP-5MS 5% fenil-metilpolisilossanica e ad uno spettrometro di massa a singolo quadrupolo MS-5975. Il desorbimento termico prevede un meccanismo a due stadi. Nel primo step gli analiti vengono desorbiti dalla cartuccia di campionamento e focalizzati in un piccolo volume su una trappola fredda (desorbimento primario). Nel secondo step gli analiti vengono desorbiti dalla trappola e veicolati in testa alla colonna cromatografica (desorbimento secondario). L'analisi gas-cromatografica e la successiva rivelazione spettrometrica consente l'identificazione dei composti e la quantificazione delle rispettive masse presenti nei campioni raccolti.

La metodica di desorbimento e analisi è stata ottimizzata e validata per tutti i COV d'interesse per i quali si conosce il valore della portata di campionamento. Ai fini dell'analisi quantitativa, per ciascun COV è stata costruita la retta di taratura nel range di concentrazione 10-800 ppm e determinati i Limiti di Rivelazione (LOD) e Quantificazione (LOQ), così come riportato in Tabella 2.3.

Tabella 2.3. LOD ed LOQ di ciascun analita

| COV | LOD (µg) | LOQ (µg) |
|-----------------------|----------|----------|
| Benzene | 0.01 | 0.05 |
| Cicloesano | 0.02 | 0.05 |
| n-eptano | 0.01 | 0.03 |
| Toluene | 0.01 | 0.03 |
| n-ottano | 0.01 | 0.04 |
| Tetracloroetilene | 0.01 | 0.05 |
| Etilbenzene | 0.01 | 0.04 |
| m,p-xileni | 0.01 | 0.03 |
| Stirene | 0.01 | 0.04 |
| o-xilene | 0.01 | 0.03 |
| n-nonano | 0.01 | 0.03 |
| 1,2,4-trimetilbenzene | 0.01 | 0.04 |
| n-decano | 0.02* | 0.02* |
| n-undecano | 0.01* | 0.01* |
| MTBE | 0.01 | 0.03 |
| ETBE | 0.01 | 0.02 |
| 1,1,1-tricloroetano | 0.01* | 0.01* |
| Tricloroetene | 0.01* | 0.01* |
| α-pinene | 0.01 | 0.03 |
| Camfene | 0.01 | 0.04 |
| 1,4-diclorobenzene | 0.01 | 0.03 |
| Limonene | 0.01 | 0.02 |

Nota - * per questi composti vi è una dipendenza quadratica.

Una volta determinata la massa (m) di ciascun analita, la concentrazione in aria ambiente C (espressa in µg/m³) è stata calcolata applicando la seguente espressione:

$$C_{\left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}\right]} = \frac{m_{[\mu\text{g}]}}{Q_{\left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}}\right]} \cdot t_{[\text{min}]}} \cdot 1000000$$

Dove Q rappresenta la portata di campionamento (cm^3/min) corretta per la temperatura media a cui è stato esposto il campionatore e t è il tempo di campionamento (min).
I COV campionati, di cui si conosce la rispettiva portata di campionamento alla temperatura di riferimento di 25°C (298K) fornita dalla ditta Radiello ®, sono riportati in Tabella 2.4.

Tabella 2.4. Standard analizzati per attività VOC1 e VOC2

| VOCs | Q (298K) |
|-----------------------|----------|
| Benzene | 27.8 |
| Cicloesano | 27.6 |
| n-eptano | 25.3 |
| Toluene | 30 |
| n-ottano | 24.1 |
| Tetracloroetilene | 25.4 |
| Etilbenzene | 25.7 |
| m,p-xileni | 26.6 |
| Stirene | 27.1 |
| o-xilene | 24.6 |
| n-nonano | 21.0 |
| 1,2,4-trimetilbenzene | 21.9 |
| n-decano | 22.3 |
| n-undecano | 12.0 |
| MTBE | 30.0 |
| ETBE | 30.0 |
| 1,1,1-tricloroetano | 20.0 |
| Tricloroetene | 27.1 |
| α -pinene | 6.4 |
| 1,4-diclorobenzene | 22.0 |
| Limonene | 12.8 |

Per la quantificazione del canfene, in assenza di valori certificati di portata, si è assunto un valore di Q uguale a quello dell' α -pinene in quanto i due composti presentano strutture simili.

Risultati

In riferimento alle attività "VOC1" e "VOC2" precedentemente descritte, nella presente sezione sono riportati i dati analitici relativi alle concentrazioni atmosferiche in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dei COV determinati sui campioni outdoor e sui dosimetri personali raccolti nelle tre campagne di campionamento effettuate (Tabelle 2.5-2.10).

Nelle Tabelle 2.6, 2.8, 2.10 non sono stati riportati i risultati relativi a tutti i campioni previsti dal disegno sperimentale a causa di danneggiamento dei campionatori e/o mancata disponibilità dei volontari. Nella Tabella 2.10 relativa ai campionatori outdoor della terza campagna non è riportato il campione con codice identificativo 16VV in quanto in fase di analisi si è avuta la rottura della cartuccia che ha portato all'annullamento dello stesso.

Tabella 2.5. Concentrazione dei COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuti dalla prima campagna di campionamento relativi ai campionatori outdoor

| | CAMPIONATORI ESTERNI - 14/17 Dicembre 2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 02GV | 03GV | 04GV | 05GV | 06GV | 07GV | 08GV | 09GV | 10GV | 11GV | 16VV | 17VV | 18VV | 19VV | 20VV | 21VV | 22VV | 23VV | 24VV | 25VV |
| Benzene | 2.0 | 2.9 | 1.7 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 8.8 | 2.1 | 1.9 | 2.1 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 3.0 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.7 | 2.2 |
| Cicloesano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.41 | <LOQ | 0.50 | 8.0 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.45 | <LOQ | - | <LOQ | 0.43 | 1.4 | <LOQ | 0.42 |
| n-eptano | 0.31 | 0.36 | 0.35 | 0.42 | 0.35 | 0.38 | 15 | 0.30 | 0.29 | 0.39 | 0.33 | 0.34 | 0.43 | 0.36 | 0.90 | 0.39 | 0.45 | 0.64 | 0.34 | 0.42 |
| Toluene | 0.90 | 1.1 | 0.94 | 0.95 | 0.92 | 1.1 | 3.5 | 0.91 | 0.86 | 0.89 | 0.64 | 0.90 | 1.5 | 0.89 | 5.6 | 1.7 | 2.3 | 5.5 | 1.5 | 1.7 |
| n-ottano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 3.1 | <LOQ | 0.97 | <LOQ | <LOQ | 0.71 | <LOQ | <LOQ |
| Tetracloroetilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Etilbenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.37 | <LOQ | 0.67 | 0.52 | 0.71 | 1.6 | 0.48 | 0.48 |
| m,p-xileni | 0.31 | 0.30 | 0.32 | 0.32 | 0.28 | 0.37 | 0.61 | 0.28 | 0.29 | 0.27 | <LOQ | 0.30 | 0.46 | 0.33 | 0.62 | 0.44 | 0.65 | 1.3 | 0.40 | 0.43 |
| Stirene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 1.4 | <LOQ | <LOQ | 1.1 | <LOQ | <LOQ |
| o-xilene | 0.28 | 0.27 | 0.29 | 0.28 | 0.26 | 0.32 | 0.55 | 0.26 | 0.27 | <LOQ | <LOQ | 0.27 | 0.39 | 0.29 | 0.58 | 0.28 | 0.37 | 0.64 | <LOQ | 0.27 |
| n-nonano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.64 | <LOQ | 0.35 | <LOQ | <LOQ |
| 1,2,4-trimetilbenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.57 | <LOQ | <LOQ | 0.66 | <LOQ | <LOQ |
| n-decano | 0.20 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.22 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.33 | 0.20 | 0.21 | 0.50 | 0.20 | 0.19 |
| n-undecano | - | - | - | - | - | 0.24 | - | - | - | - | - | - | 0.23 | 0.22 | 0.43 | - | 0.27 | 0.57 | 0.23 | - |
| MTBE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ETBE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.23 | - | - | - |
| 1,1,1-tricloroetano | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tricloroetene | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 0.24 | <LOQ | <LOQ |
| α -pinene | - | - | <LOQ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | <LOQ | - | - | 2.1 | - | - |
| Camfene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 1.7 | <LOQ | <LOQ | 1.6 | <LOQ | <LOQ |
| 1,4-diclorobenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.33 | <LOQ | <LOQ | 0.29 | <LOQ | <LOQ |
| Limonene | 2.2 | 0.93 | 1.4 | 2.0 | 1.5 | 2.5 | 1.4 | 1.2 | 1.5 | 0.97 | 0.62 | 1.6 | 2.0 | 3.2 | 3.0 | 0.58 | 1.4 | 7.4 | 2.7 | 1.4 |

Tabella 2.6. Concentrazione dei COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuti dalla prima campagna di campionamento relativi ai dosimetri personali

| | DOSIMETRI PERSONALI - 14/17 Dicembre 2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | P01G L | P10G L | P17G L | P14G V | P15G V | P18G V | P19G V | P06G V | P04G V | P20V L | P21V L | P26V L | P27V L | P29V L | P22V V | P25V V | P28V V | P30V V | P31V V | P33V V |
| Benzene | 2.8 | 5.4 | 2.9 | 4.8 | 3.9 | 6.0 | 4.1 | 5.8 | 1.9 | 3.7 | 2.4 | 5.1 | 4.1 | 2.4 | 4.7 | 2.3 | 4.7 | 2.8 | 3.0 | 3.0 |
| Cicloesano | 2.5 | 1.2 | 0.53 | 3.4 | 4.2 | 1.6 | 0.58 | 0.47 | 1.3 | 2.0 | 6.6 | 10 | 5.8 | 0.97 | 0.57 | 0.86 | 1.2 | 1.7 | 1.5 | 1.7 |
| n-eptano | 0.59 | 0.51 | 0.47 | 3.7 | 4.0 | 1.3 | 0.70 | 0.69 | 0.87 | 1.2 | 0.96 | 11 | 2.5 | 0.84 | 0.50 | 0.45 | 0.66 | 1.3 | 1.1 | 1.1 |
| Toluene | 4.7 | 5.4 | 2.8 | 13 | 11 | 7.7 | 3.4 | 5.9 | 6.9 | 5.0 | 5.4 | 16 | 10 | 5.2 | 4.1 | 2.6 | 3.4 | 8.8 | 8.1 | 6.0 |
| n-ottano | 0.59 | 0.72 | <LOQ | 1.3 | 0.65 | 1.5 | <LOQ | 0.48 | 0.41 | 0.68 | 2.9 | 2.9 | 0.82 | 1.3 | <LOQ | 0.38 | 0.45 | 2.7 | 2.2 | 1.9 |
| Tetracloroetilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 2.5 | <LOQ | 0.50 | <LOQ | <LOQ | 1.6 | 0.90 | 13 | 2.5 | 0.58 | <LOQ | <LOQ | 7.7 | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Etilbenzene | 0.88 | 1.1 | <LOQ | 5.2 | 14 | 2.4 | 0.40 | 1.2 | 0.70 | 0.75 | 1.4 | 9.1 | 3.1 | 1.1 | 0.43 | 0.45 | 1.9 | 1.4 | 1.3 | 0.99 |
| m,p-xileni | 1.0 | 1.1 | 0.44 | 6.1 | 9.5 | 3.3 | 0.53 | 2.0 | 0.85 | 1.1 | 2.6 | 7.2 | 4.9 | 1.8 | 0.48 | 0.59 | 1.1 | 2.5 | 2.4 | 1.7 |
| Stirene | 0.82 | 1.7 | 0.31 | 0.56 | 1.3 | 1.4 | 0.39 | 0.74 | 0.44 | 1.0 | 0.70 | 0.82 | 1.3 | 0.51 | 0.56 | 0.53 | 0.51 | 0.66 | 0.65 | 0.55 |
| o-xilene | 0.67 | 0.96 | 0.36 | 5.4 | 7.6 | 2.7 | 0.44 | 1.7 | 0.71 | 0.82 | 2.4 | 7.0 | 4.1 | 1.5 | 0.38 | 0.55 | 0.79 | 2.0 | 1.9 | 1.4 |
| n-nonano | 2.3 | 1.0 | <LOQ | 0.85 | 0.94 | 1.5 | 0.26 | 0.26 | 0.47 | 0.64 | 3.0 | 2.2 | 0.66 | 1.3 | 0.26 | 1.3 | 0.69 | 6.9 | 5.0 | 4.4 |
| 1,2,4-trimetilbenzene | 1.0 | 1.3 | 0.45 | 6.4 | 8.4 | 2.6 | 0.45 | 1.2 | 1.1 | 0.87 | 1.3 | 8.3 | 2.6 | 1.2 | 0.42 | 0.72 | 0.62 | 2.2 | 2.0 | 1.5 |
| n-decano | 2.6 | 1.0 | 0.39 | 0.77 | 0.88 | 0.80 | 0.22 | 0.21 | 1.1 | 0.67 | 1.0 | 2.8 | 1.1 | 0.59 | 0.26 | 0.57 | 0.40 | 1.9 | 1.5 | 2.9 |
| n-undecano | 1.1 | 0.76 | 0.41 | 0.69 | 0.83 | 0.84 | - | - | 1.1 | 0.55 | 0.59 | 1.7 | 0.38 | 0.47 | 0.25 | 0.24 | 0.38 | 0.62 | 0.50 | 2.3 |
| MTBE | - | - | - | - | - | 5.1 | - | - | - | - | - | - | - | 0.82 | - | - | - | - | - | - |
| ETBE | - | - | - | 7.4 | 4.0 | 2.2 | - | - | 0.30 | - | - | - | 4.4 | 0.35 | - | - | - | - | 1.5 | - |
| 1,1,1-tricloroetano | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Tricloroetene | 0.05 | 0.06 | - | 0.06 | 0.08 | - | - | 0.06 | - | 0.11 | - | 0.27 | 0.11 | 0.05 | - | 0.09 | 0.74 | 0.07 | 0.07 | 0.05 |
| α -pinene | 4.1 | 1.5 | <LOQ | 6.0 | 12 | 3.0 | <LOQ | 1.3 | 3.6 | 3.4 | 1.5 | 3.8 | 2.0 | 3.9 | 3.5 | 2.7 | 4.2 | 4.1 | 2.8 | 4.4 |
| Camfene | 5.1 | 3.5 | <LOQ | 3.5 | 3.1 | 2.9 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 8.8 | 3.5 | 5.6 | 2.7 | 4.4 | 2.0 | 2.4 | 2.7 | 2.9 | 2.5 | 2.6 |
| 1,4-diclorobenzene | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.65 | 2.3 | 0.41 | - | - | 0.40 | - | - | - |
| Limonene | 55 | 16 | 3.6 | 19 | 69 | 39 | 3.9 | 0.95 | 30 | 45 | 21 | 29 | 32 | 35 | 38 | 26 | 22 | 42 | 33 | 59 |

Tabella 2.7. Concentrazione dei COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuti dalla seconda campagna di campionamento relativi ai campionatori outdoor

| | CAMPIONATORI ESTERNI – 18/21 Aprile | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 02GV | 03GV | 04GV | 05GV | 06GV | 07GV | 08GV | 09GV | 10GV | 11GV | 16VV | 17VV | 18VV | 19VV | 20VV | 21VV | 22VV | 23VV | 24VV | 25VV |
| Benzene | 1.2 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 1.6 | 7.3 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | 2.9 | 1.1 | 1.9 | 1.6 | 1.2 | 1.4 | 1.3 | 1.6 | 1.4 |
| Cicloesano | - | - | - | - | - | 4.0 | 1.2 | - | - | - | - | - | - | 1.0 | - | - | 0.52 | 0.65 | - | - |
| n-eptano | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.29 | 0.30 | 9.0 | 1.1 | 0.35 | 0.32 | 0.29 | 0.37 | 0.36 | 0.29 | 0.56 | 0.46 | 0.28 | 0.41 | 0.48 | 0.27 | 0.79 |
| Toluene | 0.28 | 0.42 | 0.29 | 0.30 | 0.40 | 2.2 | 0.71 | 0.34 | 0.26 | 0.28 | 0.49 | 0.69 | 0.33 | 1.6 | 2.2 | 0.30 | 0.35 | 0.44 | 0.35 | 0.43 |
| n-ottano | - | - | - | - | - | 1.7 | 0.47 | - | - | - | - | <LOQ | - | 0.38 | - | - | <LOQ | <LOQ | - | <LOQ |
| Tetracloroetilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Etilbenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.40 | 0.34 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| m,p-xileni | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.38 | 0.26 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.63 | 0.38 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Stirene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.53 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| o-xilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.30 | <LOQ | 0.52 | 0.30 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| n-nonano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.46 | 0.33 | <LOQ | 0.30 |
| 1,2,4-trimetilbenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.58 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| n-decano | 0.21 | <LOQ | <LOQ | 0.19 | 0.19 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.18 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.22 | 0.21 | 0.24 | 0.20 | 0.24 | 0.22 | 0.20 | 0.18 |
| n-undecano | 0.37 | - | - | - | - | 0.41 | - | - | - | - | - | - | 0.38 | 0.40 | - | - | 0.38 | 0.40 | - | - |
| MTBE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ETBE | - | - | - | - | - | 0.18 | 0.15 | - | - | - | - | - | - | 1.1 | - | - | - | - | - | - |
| 1,1,1-tricloroetano | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.11 | - | - | - | - | - |
| Tricloroetene | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.05 | - | - | - | - | - |
| α -pinene | <LOQ | <LOQ | - | - | - | <LOQ | - | - | - | - | - | - | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | - | <LOQ | - |
| Camfene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| 1,4-diclorobenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Limonene | 0.87 | 0.74 | 0.76 | 0.82 | 0.84 | 0.77 | 0.76 | 0.77 | 0.78 | 0.78 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 1.0 | 1.4 | 0.87 | 0.88 | 0.82 | 0.87 | 0.79 |

Tabella 2.8. Concentrazione dei COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuti dalla seconda campagna di campionamento relativi ai dosimetri personali

| | DOSIMETRI PERSONALI - 18/21 Aprile | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | P01GL | P10GL | P17GL | P13GL | P14GV | P15GV | P18GV | P20GV | P06GV | P04GV | P11GV | P16GV | P03GV | P20VL | P21VL | P26VL | P27VL | P19VV | P22VV | P24VV | P25VV | P28VV | P30VV | P31VV | P33VV | P32VV | P34VV | |
| Benzene | 5.3 | 2.6 | 1.3 | 4.9 | 6.0 | 3.8 | 3.2 | 1.4 | 5.6 | 1.5 | 3.2 | 2.0 | 3.5 | 2.1 | 2.7 | 5.3 | 3.1 | 9.4 | 3.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 3.3 | 3.2 | 3.8 | 4.0 | 2.9 | |
| Cicloesano | 3.6 | 2.9 | - | 3.3 | 4.0 | 2.8 | 1.3 | 1.9 | <LOQ | 1.8 | 2.7 | 5.5 | 2.2 | 2.3 | 2.1 | 3.1 | 3.5 | 4.5 | 1.8 | 1.6 | 3.2 | 2.5 | 2.8 | 2.8 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | |
| n-eptano | 1.9 | 1.1 | - | - | 5.4 | 2.6 | 0.47 | 0.87 | 0.53 | 6.3 | 3.1 | 12 | 0.76 | 0.75 | 1.1 | 1.4 | 3.9 | 3.7 | 0.42 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 3.1 | 2.9 | 0.49 | 0.50 | - | |
| Toluene | 4.4 | 4.3 | 0.64 | 5.1 | 11 | 6.0 | 1.8 | 1.5 | 2.2 | 6.7 | 4.3 | 2.8 | 4.1 | 5.0 | 2.0 | 5.4 | 6.3 | 6.6 | 1.5 | 1.4 | 2.9 | 3.2 | 8.2 | 8.0 | 1.9 | 1.4 | 4.5 | |
| n-ottano | 7.2 | - | - | - | 1.2 | - | <LOQ | 0.47 | 0.44 | 2.9 | - | - | 0.55 | - | 0.79 | 1.1 | - | 4.0 | 0.37 | - | 2.3 | 0.41 | - | - | - | <LOQ | - | |
| Tetracloroetilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 9.1 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 18 | 1.0 | 2.1 | <LOQ | 5.1 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.50 | 1.2 | 2.0 | 1.4 | 1.5 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | |
| Etilbenzene | 1.5 | 1.1 | <LOQ | 1.3 | 6.1 | 5.4 | 0.42 | 0.46 | 0.36 | 0.74 | 0.89 | 2.5 | 1.6 | 0.88 | 0.37 | 2.1 | 2.2 | 2.5 | 0.35 | 0.33 | 1.3 | 1.5 | 3.2 | 2.8 | 0.62 | <LOQ | 0.54 | |
| m,p-xileni | 1.6 | 1.1 | <LOQ | 1.8 | 7.4 | 3.8 | 0.48 | 0.49 | 0.38 | 0.78 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.7 | 0.51 | 3.4 | 3.2 | 2.7 | 0.31 | 0.41 | 2.1 | 1.5 | 5.7 | 5.3 | 1.0 | 0.34 | 0.75 | |
| Stirene | 2.5 | 0.73 | 0.28 | 1.1 | 0.49 | 0.83 | 0.52 | 0.79 | 0.68 | 0.66 | 1.3 | 1.7 | 0.49 | 0.81 | 1.4 | 0.71 | 1.8 | 2.1 | 0.89 | 0.50 | 0.77 | 0.53 | 1.1 | 1.3 | 0.65 | 0.40 | 0.53 | |
| o-xilene | 1.2 | 0.89 | <LOQ | 1.3 | 6.4 | 2.6 | 0.37 | 0.42 | 0.31 | 0.63 | 0.79 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 0.39 | 1.9 | 2.3 | 1.9 | <LOQ | 0.31 | 1.7 | 1.1 | 4.0 | 3.6 | 1.0 | 0.27 | 0.48 | |
| n-nonano | 3.5 | 0.39 | <LOQ | 0.48 | 0.56 | 0.47 | 0.29 | 1.3 | <LOQ | 1.1 | 0.38 | 0.58 | 3.4 | 0.57 | 0.79 | 2.0 | 0.76 | 1.1 | 0.28 | 0.25 | 2.1 | 0.34 | 0.91 | 0.76 | 3.1 | <LOQ | 0.50 | |
| 1,2,4-trimetilbenzene | 2.3 | 0.54 | <LOQ | 1.4 | 4.0 | 1.9 | 0.54 | 1.1 | <LOQ | 1.8 | 0.90 | 0.63 | 1.9 | 0.94 | 1.3 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | <LOQ | 0.41 | 1.4 | 1.2 | 3.7 | 3.3 | 2.0 | <LOQ | 0.59 | |
| n-decano | 5.5 | 0.37 | 0.20 | 0.53 | 0.49 | 0.44 | 0.59 | 0.79 | 0.25 | 1.1 | 0.38 | 0.45 | 1.0 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 0.69 | 0.97 | 0.38 | 0.22 | 1.4 | 0.52 | 0.59 | 0.63 | 2.6 | 0.21 | 1.4 | |
| n-undecano | 3.0 | 0.53 | - | 2.3 | 0.84 | - | 0.65 | - | 0.42 | 1.3 | 0.78 | - | 0.49 | 0.88 | 0.73 | 0.76 | 0.54 | 0.88 | 0.47 | - | 0.55 | 0.66 | - | - | 1.3 | - | 0.70 | |
| MTBE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.6 | - | - | 0.87 | - | 2.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ETBE | - | - | - | 1.0 | 9.1 | 4.9 | 0.28 | 0.14 | - | 0.91 | 0.56 | 0.49 | 0.82 | 0.36 | 0.25 | 1.3 | 3.1 | 0.98 | - | 0.23 | 1.4 | 0.50 | 8.4 | 7.0 | - | - | 0.27 | |
| 1,1,1-tricloroetano | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.11 | - | - | - | 0.17 | 0.15 | - | - | - | |
| Tricloroetene | - | - | - | - | 0.06 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.11 | - | - | - | - | 0.09 | - | - | - | - | - | - | |
| α -pinene | 1.9 | 3.1 | - | 2.5 | 3.4 | 17 | 1.5 | 3.6 | 2.0 | 5.3 | 7.0 | 5.5 | 2.1 | 1.8 | 1.1 | 4.9 | 2.5 | 12 | 2.7 | 2.3 | 7.1 | 4.8 | 6.3 | 5.7 | - | 1.6 | 1.9 | |
| Camfene | 3.6 | 3.5 | <LOQ | 4.1 | 1.9 | 2.5 | 1.4 | 2.2 | 1.9 | 2.6 | 4.3 | 2.3 | 1.4 | 4.3 | 2.0 | 4.3 | 6.0 | 2.8 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 2.4 | 7.7 | 7.1 | 2.0 | <LOQ | <LOQ | |
| 1,4-diclorobenzene | <LOQ | 0.29 | <LOQ | 0.31 | 2.3 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.32 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | |
| Limone | 12 | 15 | <LOQ | 15 | 13 | 47 | 7.0 | 11 | 8.7 | 41 | 15 | 39 | 3.3 | 8.5 | 9.1 | 8.5 | 22 | 26 | 6.9 | 11 | 13 | 13 | 27 | 23 | 1.3 | 2.4 | 17 | |

Tabella 2.9. Concentrazione dei COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuti dalla terza campagna di campionamento relativi ai campionatori outdoor

| | CAMPIONATORI ESTERNI - 20/23 Giugno 2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 02GV | 03GV | 04GV | 05GV | 06GV | 07GV | 08GV | 09GV | 10GV | 11GV | 17VV | 18VV | 19VV | 20VV | 21VV | 22VV | 23VV | 24VV | 25VV | P.Med |
| Benzene | 0.85 | 1.1 | 0.89 | 0.80 | 0.94 | 7.9 | 0.88 | 1.0 | 0.88 | 0.88 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.0 | 0.83 | 1.0 |
| Cicloesano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.45 | <LOQ | 4.5 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.45 | <LOQ | 0.47 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.61 | <LOQ | <LOQ | 0.71 |
| n-eptano | - | 0.25 | - | - | - | 6.2 | - | - | - | - | - | - | 0.55 | - | - | 0.40 | 0.69 | - | 0.46 | 0.57 |
| Toluene | 0.67 | 0.69 | 0.53 | 1.1 | 0.57 | 2.5 | 1.3 | 0.59 | 0.54 | 0.56 | 0.81 | 0.65 | 1.8 | 2.0 | 0.59 | 0.80 | 1.9 | 0.41 | 0.75 | 2.2 |
| n-ottano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | - | 1.3 | 0.40 | - | - | <LOQ | - | - | <LOQ | 0.39 | - | - | 0.36 | - | - | <LOQ |
| Tetracloroetilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Etilbenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.37 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.64 | <LOQ | 0.34 | <LOQ | 0.73 | <LOQ | <LOQ | 0.62 |
| m,p-xileni | 0.24 | <LOQ | <LOQ | 0.50 | <LOQ | 0.61 | 0.41 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.45 | 0.25 | 1.2 | 0.31 | 0.52 | 0.47 | 1.3 | <LOQ | 0.34 | 1.1 |
| Stirene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.45 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| o-xilene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.38 | <LOQ | 0.48 | 0.32 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.35 | <LOQ | 0.89 | 0.26 | 0.40 | 0.36 | 0.95 | <LOQ | 0.26 | 0.76 |
| n-nonano | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.42 | 0.32 | <LOQ |
| 1,2,4-trimetilbenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.48 | 0.46 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.45 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 0.43 | <LOQ | <LOQ | 0.79 |
| n-decano | 0.24 | 0.21 | 0.25 | 0.35 | 0.28 | 0.29 | 0.27 | 0.20 | 0.26 | 0.24 | 0.27 | 0.26 | 0.29 | 0.26 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.60 |
| n-undecano | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.53 | 0.43 | 0.41 | 0.39 | 0.37 | 0.41 | 0.41 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.42 | 0.44 | 0.41 | 0.86 |
| MTBE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ETBE | - | - | - | 0.15 | <LOQ | - | - | <LOQ | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.21 | - | - | 1.2 |
| 1,1,1-tricloroetano | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | - | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | - | - | - | - | - | - | - | 0.08 | 0.07 | - |
| Tricloroetene | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.08 | - | - | - | - | - | - |
| α -pinene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Camfene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| 1,4-diclorobenzene | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Limonene | 0.95 | 0.54 | 0.77 | 0.95 | 0.67 | 0.68 | 0.88 | 0.47 | 0.74 | 0.58 | 0.64 | 0.69 | 0.83 | 1.4 | 0.56 | 0.79 | 0.83 | 0.61 | 0.65 | 1.5 |

Tabella 2.10. Concentrazione dei COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ottenuti dalla terza campagna di campionamento relativi ai dosimetri personali

| DOSIMETRI PERSONALI - 20/23 Giugno 2017 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VOCs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | P01GL | P17GL | P18GV | P06GV | P04GV | P11GV | P19GV | P03GV | P26VL | P19VV | P22VV | P24VV | P25VV | P28VV | P30VV | P31VV | P33VV | P32VV |
| Benzene | 1.1 | 1.4 | 1.1 | 3.8 | 0.80 | 1.8 | 0.88 | 1.3 | 1.7 | 1.9 | 0.92 | 0.80 | 1.5 | 1.1 | 0.85 | 1.1 | 0.97 | 0.84 |
| Cicloesano | 2.9 | 7.5 | 2.1 | 1.7 | 2.1 | 6.5 | 0.51 | 2.6 | 2.9 | 8.1 | 2.3 | 1.8 | 2.0 | 3.2 | 3.8 | 3.5 | 2.8 | 0.81 |
| n-eptano | 0.40 | 5.4 | 0.83 | - | 2.8 | 2.1 | - | 1.5 | - | 2.8 | - | - | - | - | - | - | 0.70 | 0.42 |
| Toluene | 3.0 | 2.5 | 4.4 | 1.5 | 5.0 | 5.7 | 0.60 | 4.6 | 3.4 | 5.3 | 1.0 | 1.2 | 2.6 | 3.5 | 4.9 | 5.1 | 2.3 | 1.4 |
| n-ottano | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.93 | 4.1 | - | - | - | - | - | - | - | <LOQ |
| Tetracloroetilene | <LOQ | 0.86 | 2.9 | 0.60 | 0.43 | <LOQ | 0.70 | 1.3 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Etilbenzene | 0.65 | 0.84 | 0.75 | <LOQ | 2.5 | 1.5 | <LOQ | 1.4 | 0.98 | 1.8 | <LOQ | 0.38 | 0.84 | 5.0 | 0.72 | 0.75 | 0.95 | 0.33 |
| m,p-xileni | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 0.35 | 0.98 | 1.8 | 0.33 | 2.1 | 1.6 | 1.8 | <LOQ | 0.64 | 1.6 | 3.3 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 0.54 |
| Stirene | 0.94 | 0.77 | 0.51 | 0.57 | 0.42 | 1.8 | <LOQ | 0.55 | 1.2 | 1.4 | 0.78 | <LOQ | 0.91 | 0.67 | 1.0 | 1.1 | 0.69 | <LOQ |
| o-xilene | 0.78 | 1.2 | 0.99 | 0.26 | 0.65 | 1.3 | 0.31 | 1.6 | 1.1 | 1.3 | <LOQ | 0.49 | 1.3 | 2.5 | 0.84 | 0.88 | 1.2 | 0.40 |
| n-nonano | 0.34 | 3.6 | 0.32 | <LOQ | 1.4 | 0.28 | <LOQ | 0.41 | 1.7 | 1.5 | <LOQ | <LOQ | 2.8 | 1.1 | 0.41 | 0.45 | 0.29 | <LOQ |
| 1,2,4-trimetilbenzene | 0.59 | 2.6 | 0.84 | <LOQ | 0.67 | 1.3 | <LOQ | 1.3 | 1.3 | 0.99 | <LOQ | 0.48 | 1.3 | 1.3 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | <LOQ |
| n-decano | 0.51 | 1.7 | 0.69 | 0.29 | 1.6 | 0.48 | 0.22 | 0.42 | 1.3 | 1.0 | 0.35 | 0.28 | 0.73 | 0.56 | 0.39 | 0.40 | 0.67 | 0.29 |
| n-undecano | 1.7 | 0.69 | 0.80 | 0.51 | 1.7 | 0.83 | 0.46 | 0.53 | 0.85 | 1.2 | 0.51 | 0.54 | 0.70 | 0.76 | - | 0.63 | 1.5 | 0.47 |
| MTBE | - | - | - | - | - | - | - | 2.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ETBE | 0.56 | 0.17 | 1.1 | <LOQ | 0.16 | 4.2 | <LOQ | 1.2 | 0.29 | 0.89 | - | 0.28 | 0.32 | 0.31 | 0.29 | 0.24 | <LOQ | 0.19 |
| 1,1,1-tricloroetano | - | - | - | - | - | - | 0.06 | - | - | - | 0.13 | 0.07 | - | - | 1.0 | 0.94 | - | 0.07 |
| Tricloroetene | 0.05 | - | - | 0.05 | - | 0.06 | - | 0.05 | 0.08 | 0.05 | 0.05 | - | 0.13 | - | 0.05 | 0.05 | - | - |
| α -pinene | 2.5 | <LOQ | 6.9 | 8.4 | 4.3 | 8.0 | - | 3.2 | 5.2 | 28 | 3.9 | 3.4 | 1.9 | 8.9 | 2.3 | 2.3 | <LOQ | 1.1 |
| Camfene | 2.7 | 2.1 | 3.0 | 4.2 | 8.1 | 3.2 | <LOQ | 1.6 | 3.2 | 2.9 | 2.2 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 3.4 | 4.2 | 3.6 | <LOQ |
| 1,4-diclorobenzene | <LOQ |
| Limonene | 15 | 4.5 | 28 | 13 | 23 | 19 | 0.40 | 24 | 3.8 | 20 | 7.2 | 7.3 | 7.1 | 11 | 8.9 | 8.7 | 3.1 | 2.9 |

Discussione

Distribuzione spaziale di COV mediante campionatori passivi outdoor

In base ai risultati ottenuti dai campionatori passivi outdoor nelle tre campagne di campionamento (attività VOC1), gli inquinanti di maggior interesse per i livelli di concentrazione riscontrati (espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) risultano essere Benzene e Toluene (Tabelle 2.5, 2.7, 2.9) [1]. È possibile osservare che in tutte le campagne condotte e in tutti i punti di campionamento scelti, le concentrazioni di Benzene sono mediamente superiori a quelle di Toluene (Figure 2.5-2.6). Al fine di confermare i risultati ottenuti, le concentrazioni riscontrate sono state confrontate con quelle registrate dalla centralina di monitoraggio gestita da ARPAB posizionata nella zona industriale di Viggiano e denominata Viggiano Z.I. (www.osservatoriovaldagri.it). Per le prime due campagne di campionamento, per le quali si hanno a disposizione i dati ARPAB, i valori di concentrazione determinati su cartuccia risultano coerenti alle concentrazioni monitorate presso la centralina Viggiano Z.I. e mediate nei tre giorni di campionamento (Figure 2.6-2.7).

Figura 2.6. Concentrazioni di Benzene nei vari punti di campionamento per le tre campagne

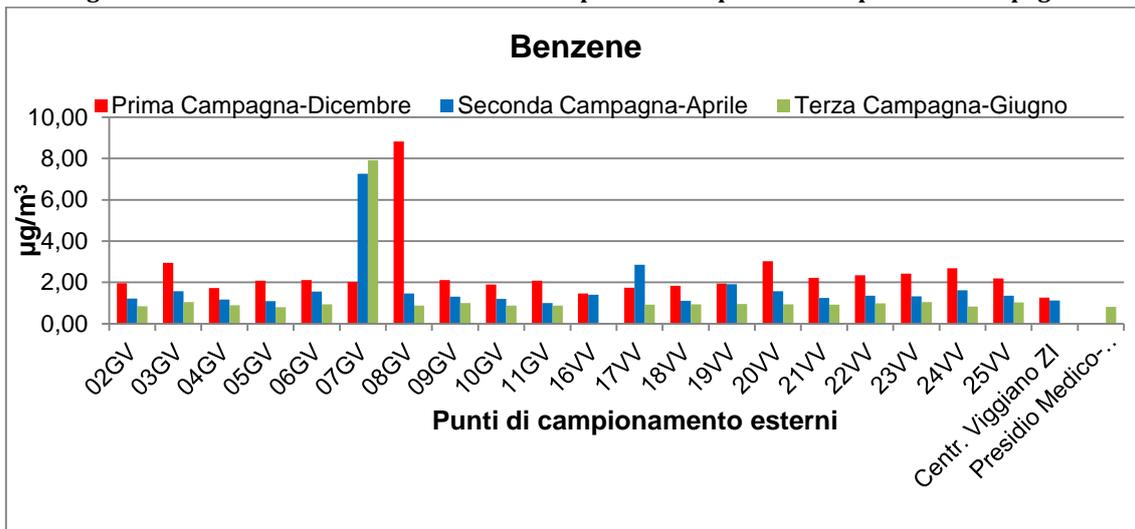
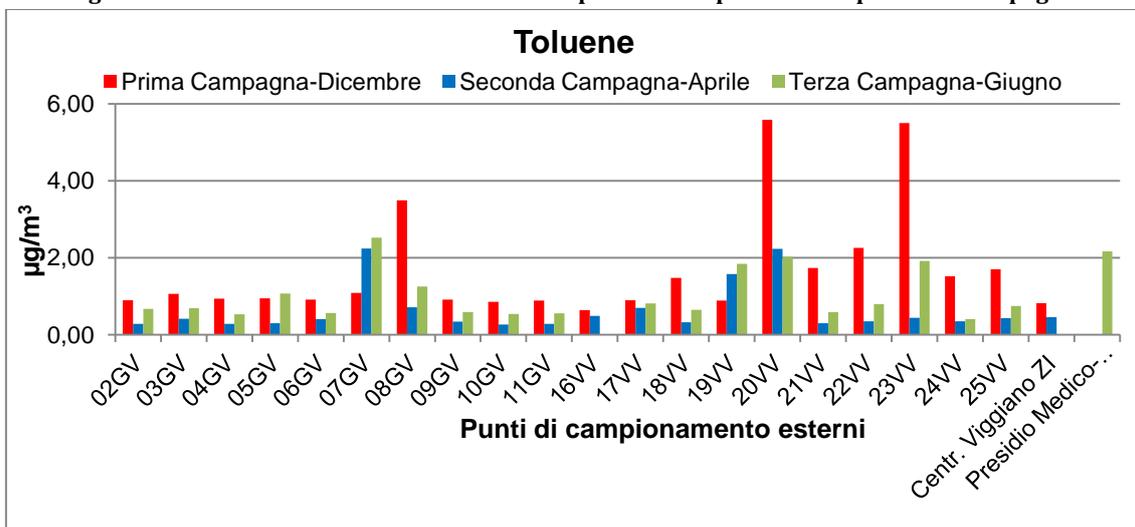


Figura 2.7. Concentrazioni di Toluene nei vari punti di campionamento per le tre campagne



Inoltre, sulla base dei risultati ottenuti dalle prime due campagne e al fine di evidenziare l'eventuale differenza in termini di concentrazione di Benzene e Toluene tra la zona industriale ed un sito urbano, durante la terza campagna si è ritenuto opportuno posizionare un ulteriore campionatore outdoor nel centro del Comune di Viggiano nei pressi del Presidio Medico (Figure 2.6-2.7). Tale confronto ha permesso di evidenziare che, contrariamente a quanto riscontrato per la zona industriale di Viggiano, la concentrazione di Benzene per il sito urbano è inferiore a quella di Toluene.

Al fine di comprendere se quanto osservato in ciascuna campagna di campionamento fosse attribuibile ad eventi spot o ad una sorgente emissiva diffusa, è stato fatto uno studio sull'andamento temporale delle concentrazioni di Benzene e Toluene relativamente ad un periodo più esteso compreso tra il 1° Novembre 2016 e il 31 Maggio 2017 (Figura 2.8).

Figura 2.8. Concentrazioni di Toluene e Benzene registrati dalla centralina Viggiano Z.I.

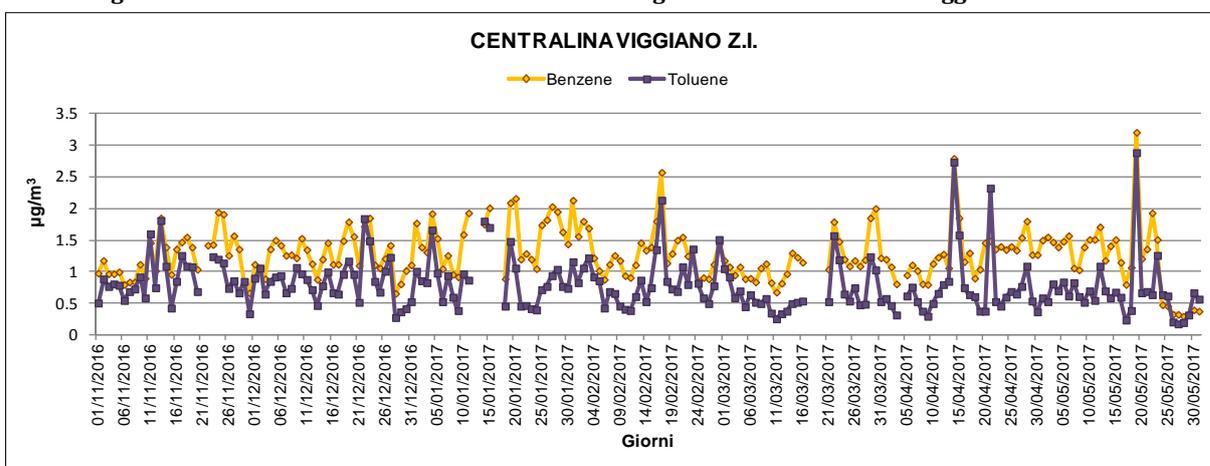


Tabella 2.11. Medie, Massimi e Minimi delle concentrazioni di Benzene e Toluene e di T/B - centralina Viggiano Z.I.

| | BENZENE | | | TOLUENE | | | T/B | | |
|--------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-----|------|-------|
| | MAX µg/m ³ | MIN µg/m ³ | MEDIA µg/m ³ | MAX µg/m ³ | MIN µg/m ³ | MEDIA µg/m ³ | MAX | MIN | MEDIA |
| Viggiano Z.I | 7.9 | 0.31 | 2.4 | 2.1 | 0.20 | 0.90 | 1.7 | 0.26 | 0.63 |

Lo studio dei profili temporali e le concentrazioni medie calcolate a partire dai dati raccolti presso la centralina Viggiano Z.I. hanno messo in evidenza concentrazioni di Benzene mediamente più alte rispetto a quelle di Toluene anche se sempre al di sotto del valore limite pari a 5 µg/m³ previsto dal D.lgs 155/10 (Tabella 2.11). Le concentrazioni di tali inquinanti risultano, inoltre, pressoché costanti nei periodi considerati avvalorando l'ipotesi che i dati determinati su cartuccia non fossero la risultante di eventi occasionali verificatisi nei soli tre giorni di campionamento per ciascuna campagna ma fossero indice della presenza di una sorgente industriale.

Secondo studi presenti in letteratura, il rapporto Toluene/Benzene (T/B) rappresenta un utile strumento diagnostico per il riconoscimento delle sorgenti emmissive (*source*

apportionment). In particolare, valori di T/B compresi tra 1.5 e 4.3 vengono considerati indicativi di emissioni da traffico veicolare, mentre valori superiori a 4.3 e inferiori a 1.5 possono indicare, rispettivamente, la presenza di sorgenti di Toluene e di Benzene [2-3]. A tal proposito, si sono messi a confronto per i periodi PRE-chiusura COVA (1° Novembre - 18 Aprile 2017) e POST-chiusura COVA (19 Aprile - 31 Maggio 2017), i dati di Toluene, Benzene e T/B della centralina ARPA Basilicata con quelli di due centraline ARPA Puglia di Taranto denominate Machiavelli e Alto Adige (www.arpa.puglia.it), rappresentative rispettivamente di un sito industriale e di un sito da traffico. Come si evince dalle Figure 2.9-2.12, presso la centralina Viggiano Z.I. sono state osservate concentrazioni più alte di Benzene e concentrazioni più basse di Toluene rispetto a quelle riscontrate per le due centraline site in Taranto.

I valori del rapporto diagnostico T/B nella zona industriale di Viggiano, calcolati a partire dai dati misurati dalla centralina ARPAB, sono costantemente inferiori ad 1.5. È pertanto possibile verificare che nell'area investigata la più rilevante sorgente di COV non sia il traffico autoveicolare, ma una sorgente industriale che presenta un rapporto T/B compatibile con un impianto che tratta petrolio e che determina concentrazioni di Benzene in atmosfera superiori a quelle rilevate nell'area urbana ed industriale di Taranto.

Figure 2.9-2.10. Concentrazioni di Benzene PRE-chiusura COVA e POST-chiusura COVA - Centralina ARPAB-Viggiano Z.I. e centraline ARPAP -Taranto Machiavelli/Alto Adige

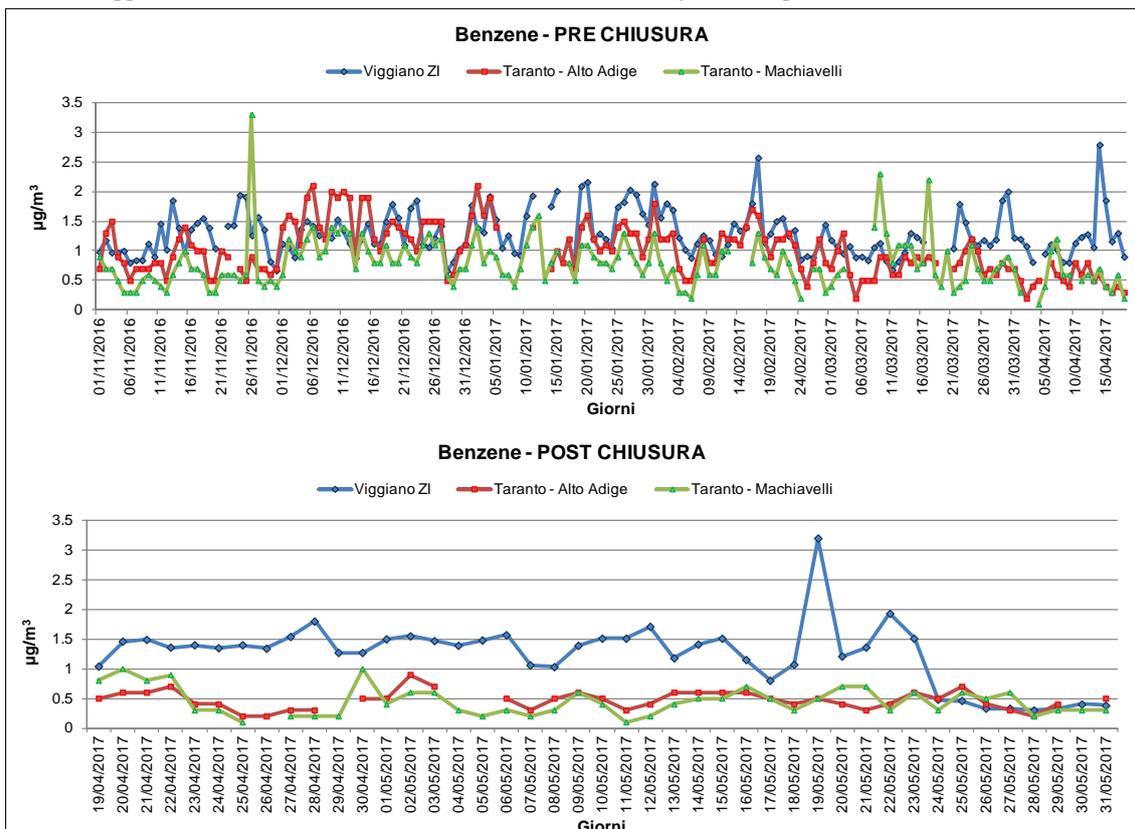
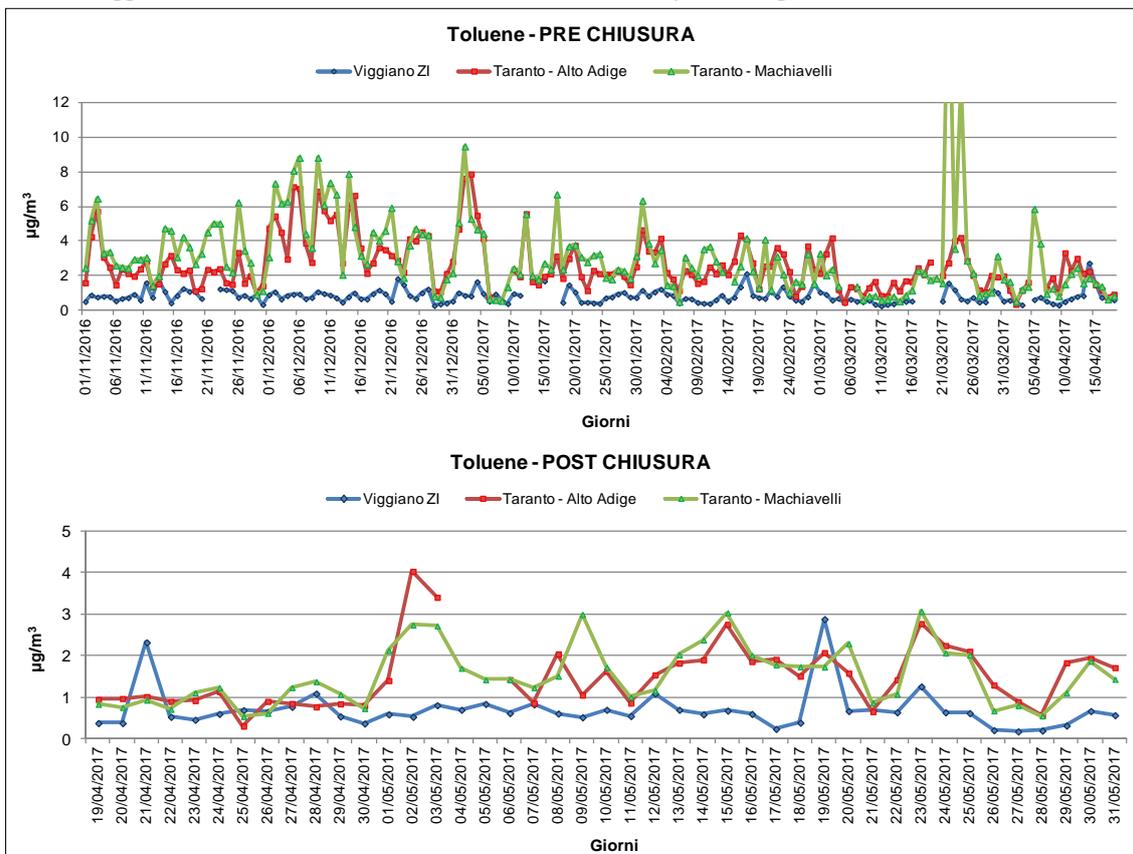


Figure 2.11-2.12. Concentrazioni di Toluene PRE-chiusura COVA e POST-chiusura COVA-Centralina ARPAB-Viggiano Z.I. e centraline ARPAP-Taranto Machiavelli/Alto Adige



Inoltre, come si evince dalla Figura 2.15, la media mensile del rapporto diagnostico T/B per la zona industriale di Viggiano nel periodo che intercorre tra Novembre e Maggio, è costantemente inferiore ad 1.5 e risulta non influenzato dalla variabilità stagionale sia in termini meteorologici sia in relazione alla potenziale concomitanza di altre sorgenti legate alle attività umane (ad es. combustione di biomassa per riscaldamento domestico nel periodo invernale e combustione delle stoppie nel periodo estivo). Di contro, i valori T/B per il sito Alto Adige a Taranto sono compresi tra 1.5 e 4.3 (intervallo di riferimento per la sorgente traffico) mentre per il sito Machiavelli tale rapporto è soggetto a maggiore variabilità ed è compreso tra 2.6 e 5.4, identificando un profilo emissivo plurisorgente tipico dell'area industriale tarantina [4-6].

Premessa la coerenza tra i dati ottenuti dall'analisi dei campionatori passivi e le concentrazioni di Benzene e Toluene registrate dalla centralina di qualità dell'aria situata nella zona industriale di Viggiano, l'analisi dei dati delle tre campagne di campionamento ad alta risoluzione spaziale previste per l'attività VOC1 ha evidenziato omogeneità delle concentrazioni dei principali COV (Benzene e Toluene) nell'intera area di interesse (Figure 2.16-2.21). L'omogeneità osservata è attribuibile non solo alla relativamente limitata estensione dell'area di studio prossima al COVA ma anche alla bassa risoluzione temporale del campionamento che non permette di apprezzare eventi spot di alte concentrazioni per piccoli intervalli temporali. Si conferma inoltre la maggiore concentrazione di Benzene nell'area indagata rispetto all'area industriale di Taranto.

Figure 2.13-2.14. Rapporti diagnostici T/B Pre e Post chiusura COVA - Centralina ARPAB-Viggiano Z.I. e centraline ARPAP-Taranto Machiavelli/Alto Adige

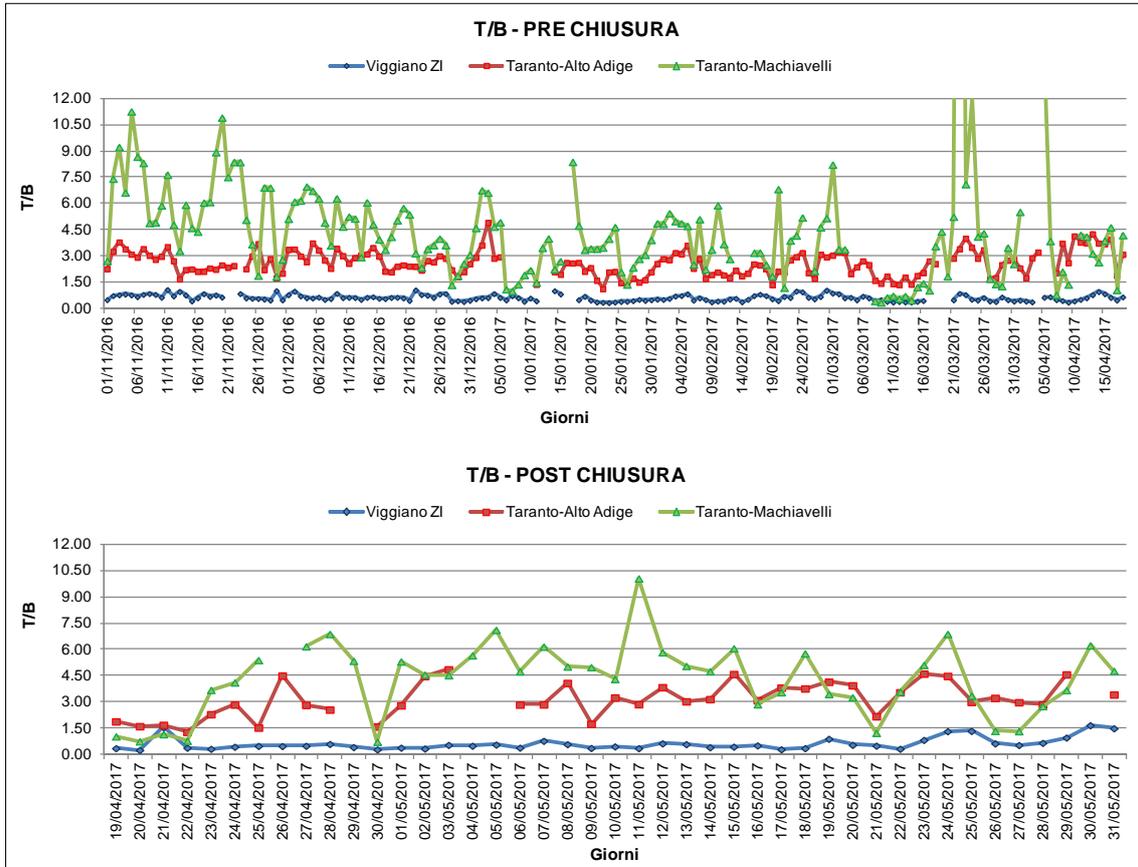


Figura 2.15. Confronto rapporti diagnostici T/B (medie mensili) per le centraline Viggiano Z.I. e Taranto Machiavelli/ Alto Adige - variabilità stagionale

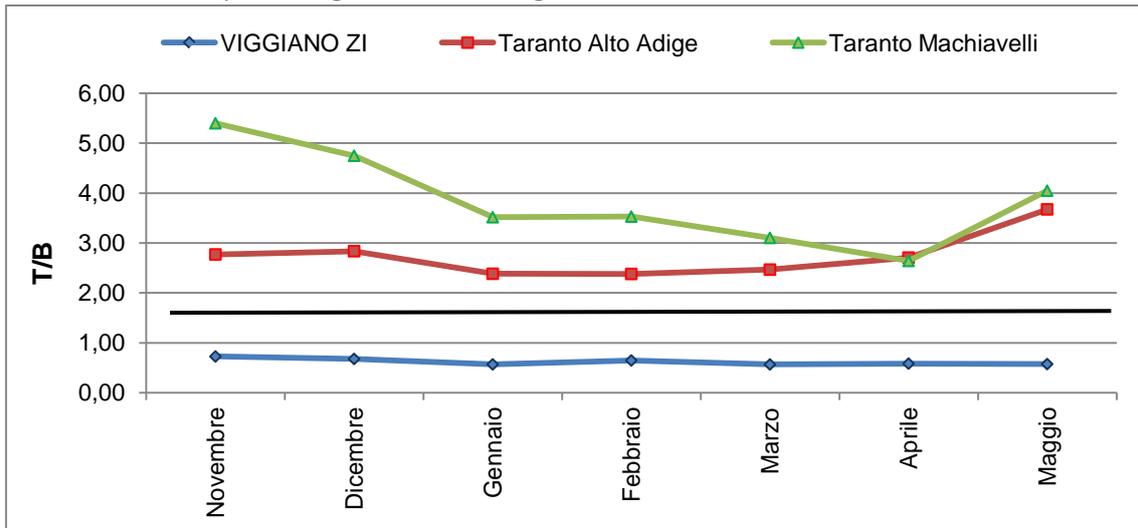


Figura 2.16. Mappa delle concentrazioni outdoor di Benzene nei vari punti di campionamento - Prima campagna

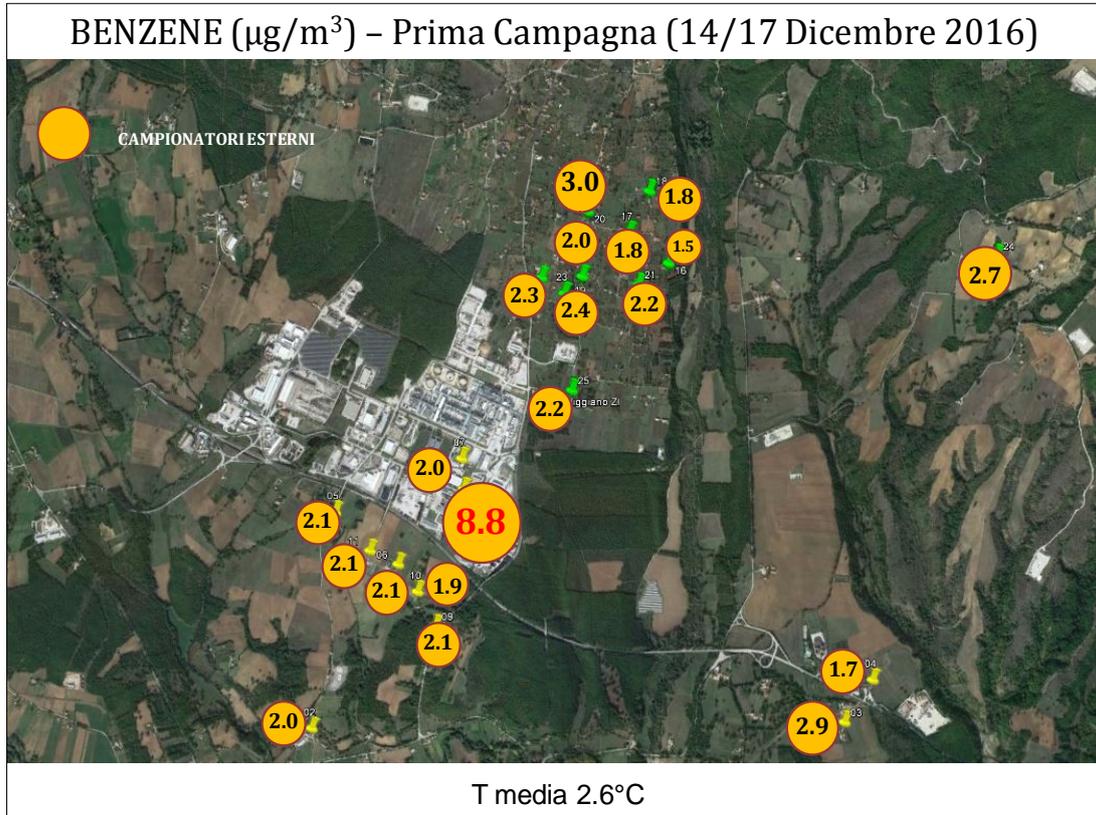


Figura 2.18. Mappa delle concentrazioni outdoor di Benzene nei vari punti di campionamento - Terza Campagna

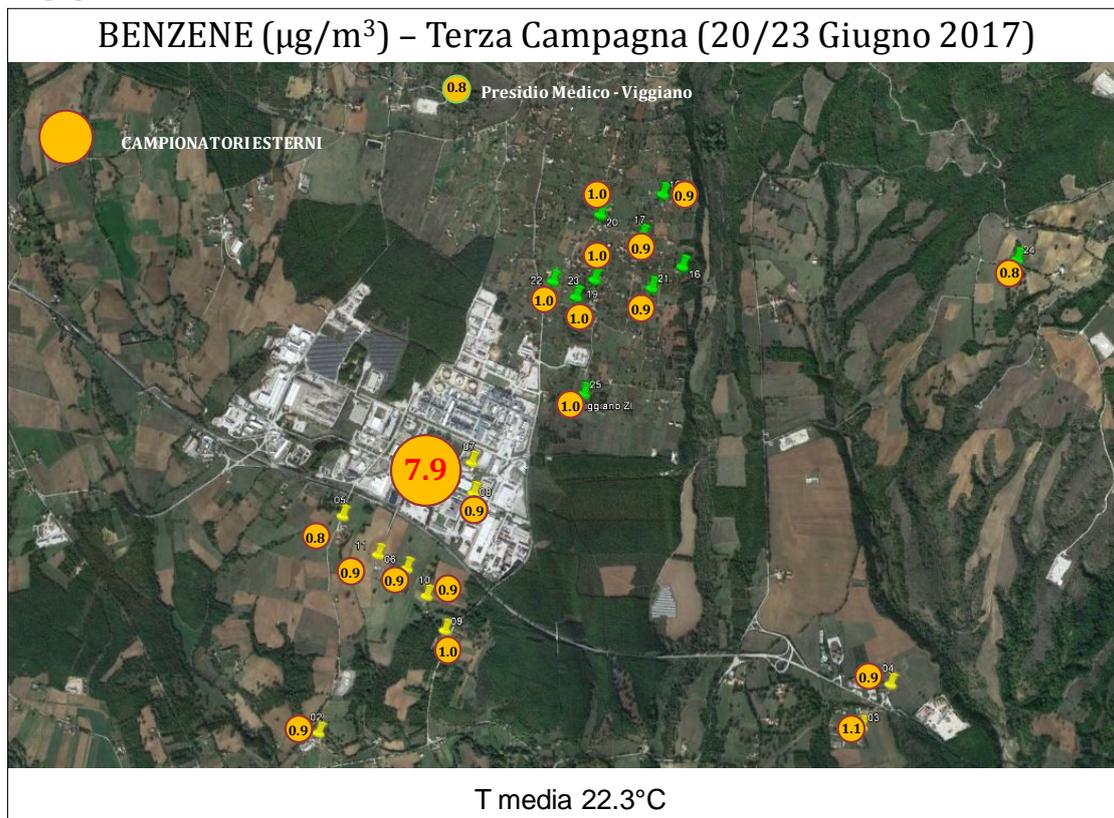


Figura 2.19. Mappa delle concentrazioni outdoor di Toluene nei vari punti di campionamento - Prima Campagna

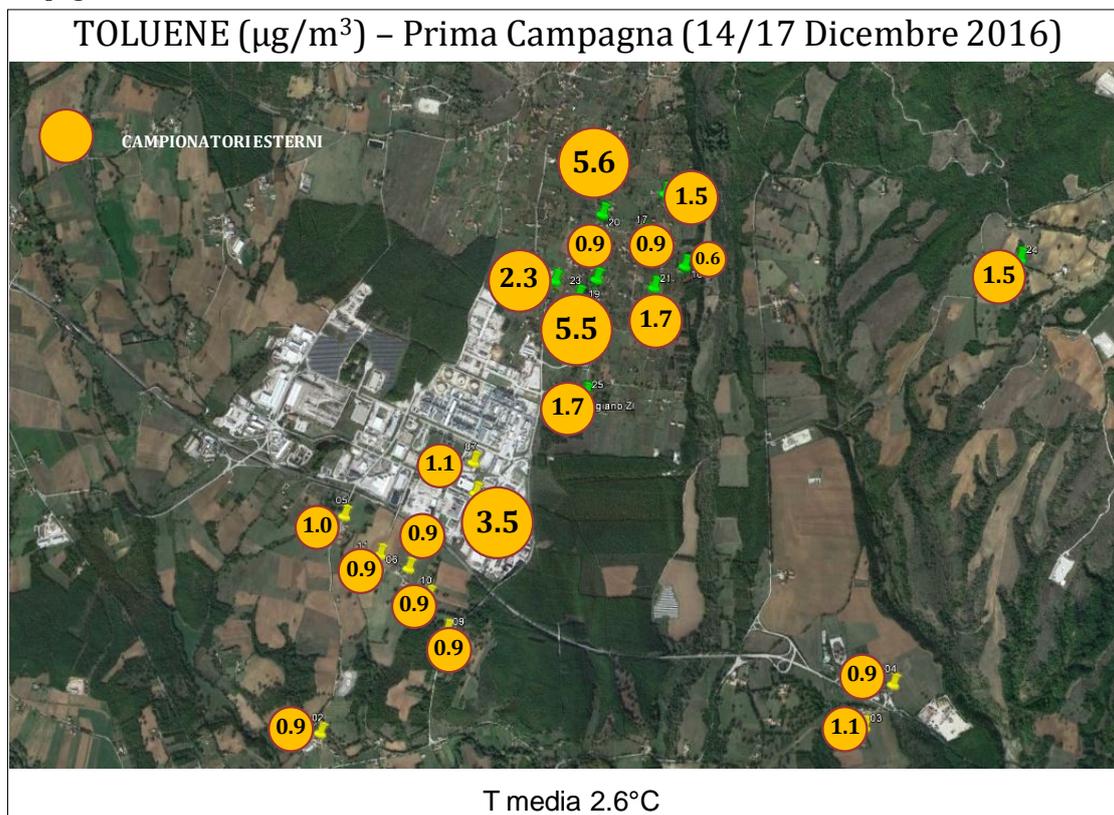


Figura 2.20. Mappa delle concentrazioni outdoor di Toluene nei vari punti di campionamento - Seconda Campagna

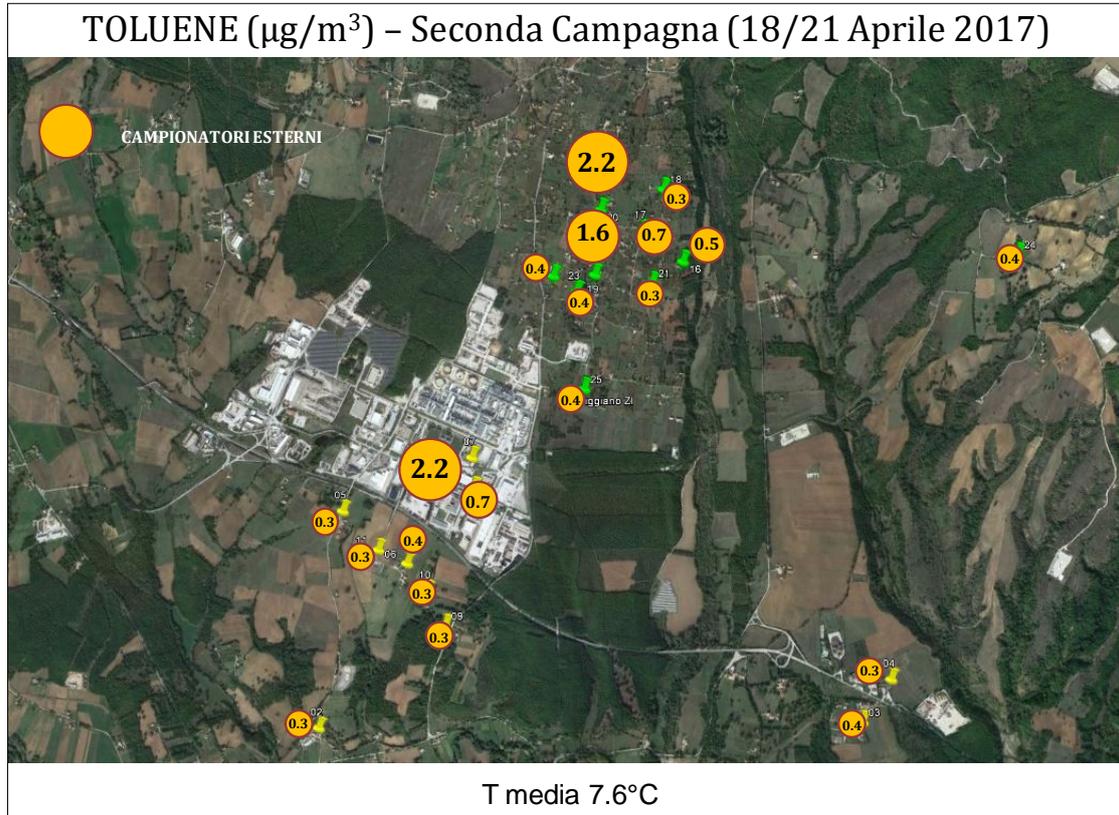
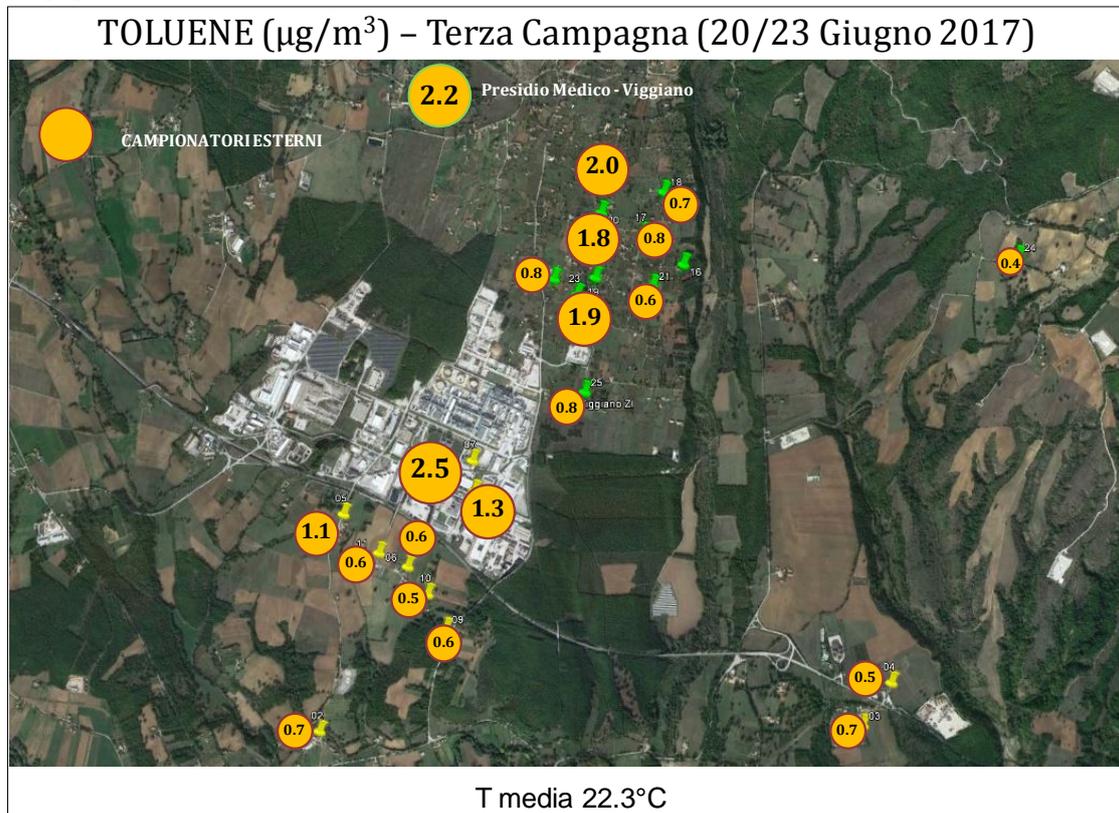
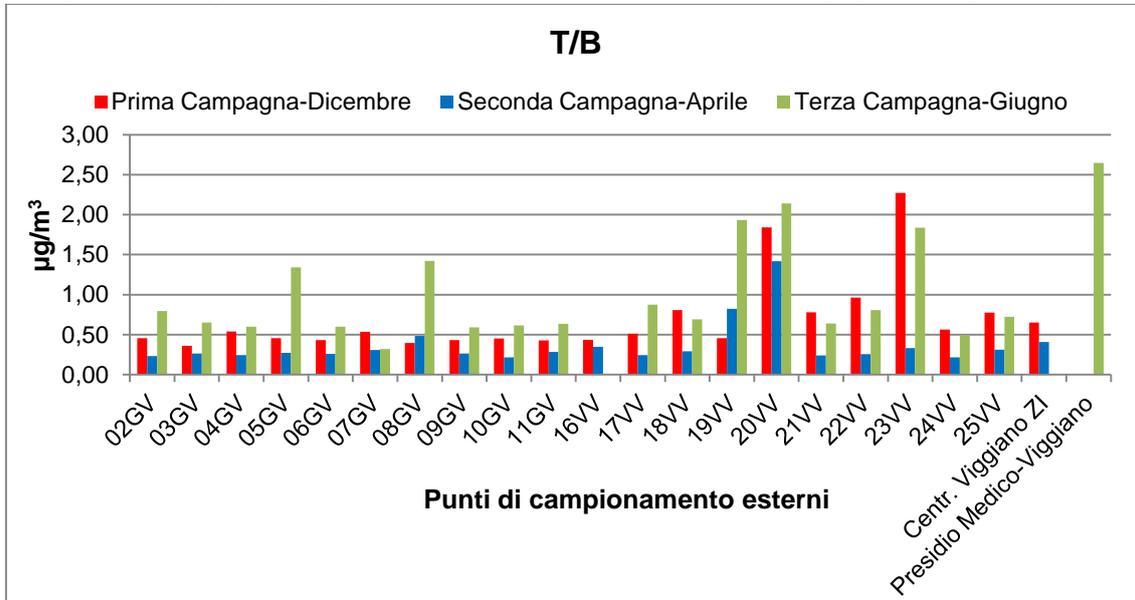


Figura 2.21. Mappa delle concentrazioni outdoor di Toluene nei vari punti di campionamento - Terza Campagna



In Figura 2.22 sono riportati i valori dei rapporti diagnostici T/B per le tre campagne di campionamento ed il confronto di questi con il valore T/B di riferimento urbano (Presidio Medico di Viggiano) e quelli calcolati per la centralina di monitoraggio Viggiano Z.I durante le prime due campagne.

Figura 2.22. Rapporti diagnostici Toluene/Benzene (T/B) nelle tre campagne di campionamento



Inoltre, come si evince dalle mappe (Figure 2.23-2.25), i valori dei rapporti diagnostici risultano omogeneamente distribuiti e sempre inferiori a 1.5, a meno di alcune eccezioni nella zona Vigne a Nord-Est rispetto all'impianto e durante la prima e terza campagna. Come aspettato il valore del rapporto T/B nel Comune di Viggiano risulta pari a 2.8 e determinato principalmente dalla maggiore concentrazione di Toluene rispetto al Benzene in virtù della presenza di altre sorgenti.

Figura 2.23. Mappa dei rapporti diagnostici T/B nei vari punti di campionamento – Prima Campagna

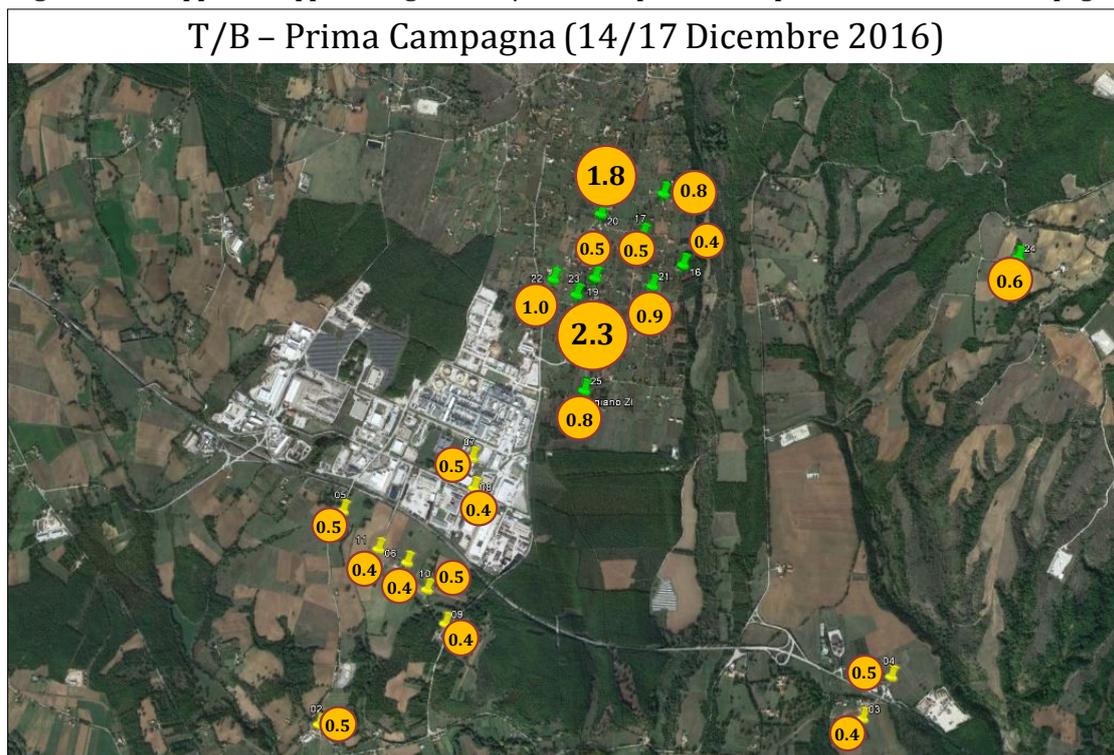


Figura 2.24. Mappa dei rapporti diagnostici T/B nei vari punti di campionamento – Seconda Campagna

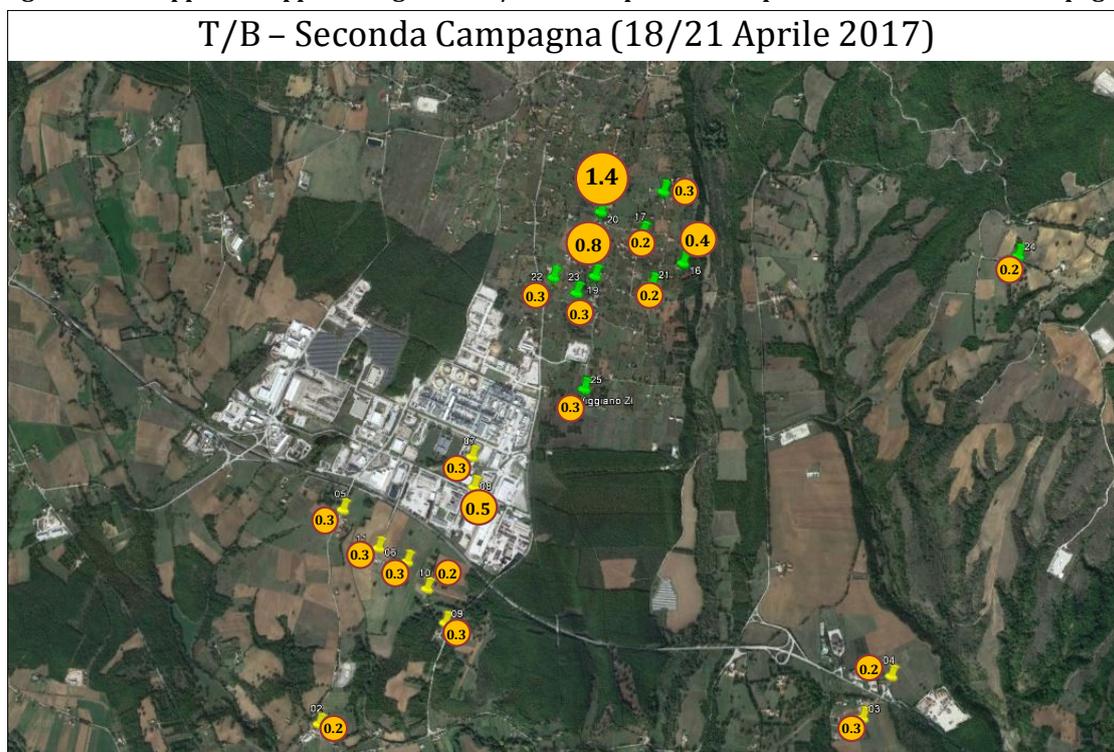
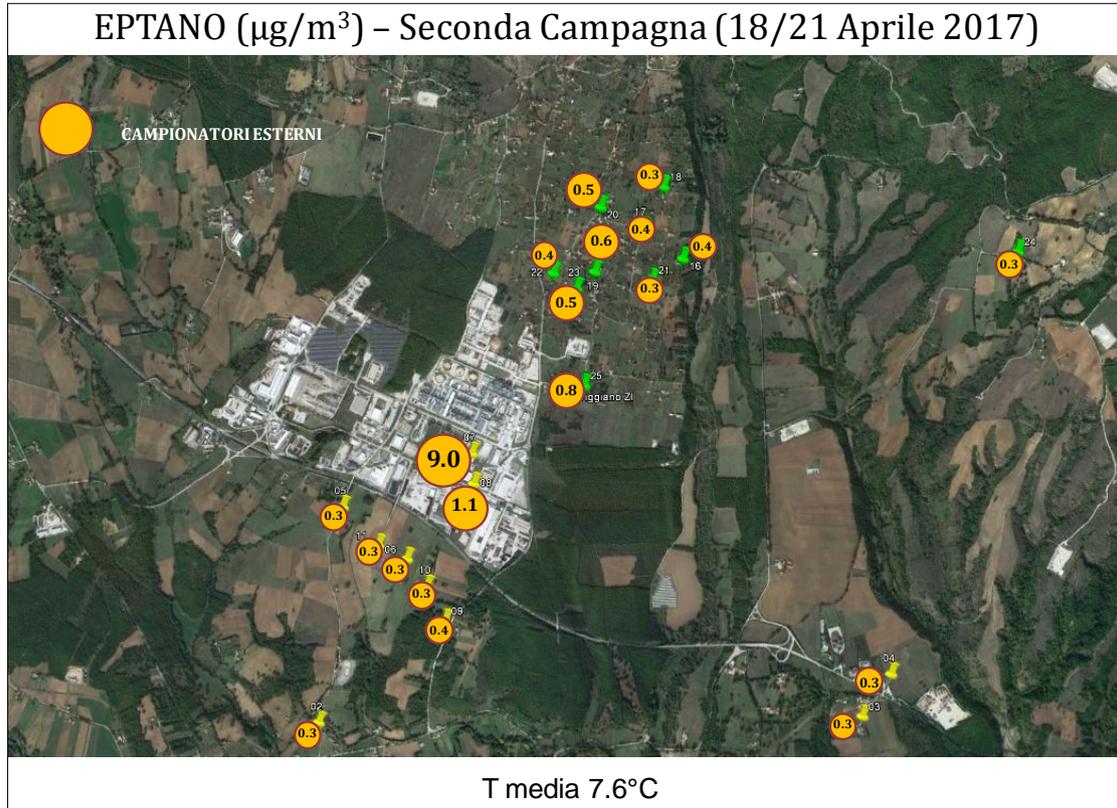


Figura 2.27. Mappa delle concentrazioni outdoor di Eptano nei vari punti di campionamento – Seconda Campagna



Esposizione tramite dosimetri personali

Le concentrazioni di COV determinati sui dosimetri personali (attività "VOC2"), come per l'attività VOC1, non mostrano evidenti differenze all'aumentare della distanza dalla sorgente emissiva, tanto che risultano simili a quelle determinate sui 'bianchi' nelle zone di Viggiano e Grumento Nova 'Lontani'(Figura 2.29-2.37). Anche in questa attività si riscontrano valori dei rapporti T/B molto inferiori a quelli riscontrati in letteratura. Si precisa che nelle mappe dei rapporti T/B sono stati eliminati i valori relativi ai dosimetri personali indossati da volontari che lavorano nella zona industriale e/o fumatori al fine di valutare i dati al netto di variabili confondenti.

Figura 2.29. Mappa delle concentrazioni di Benzene nei punti di campionamento per i dosimetri - Prima Campagna

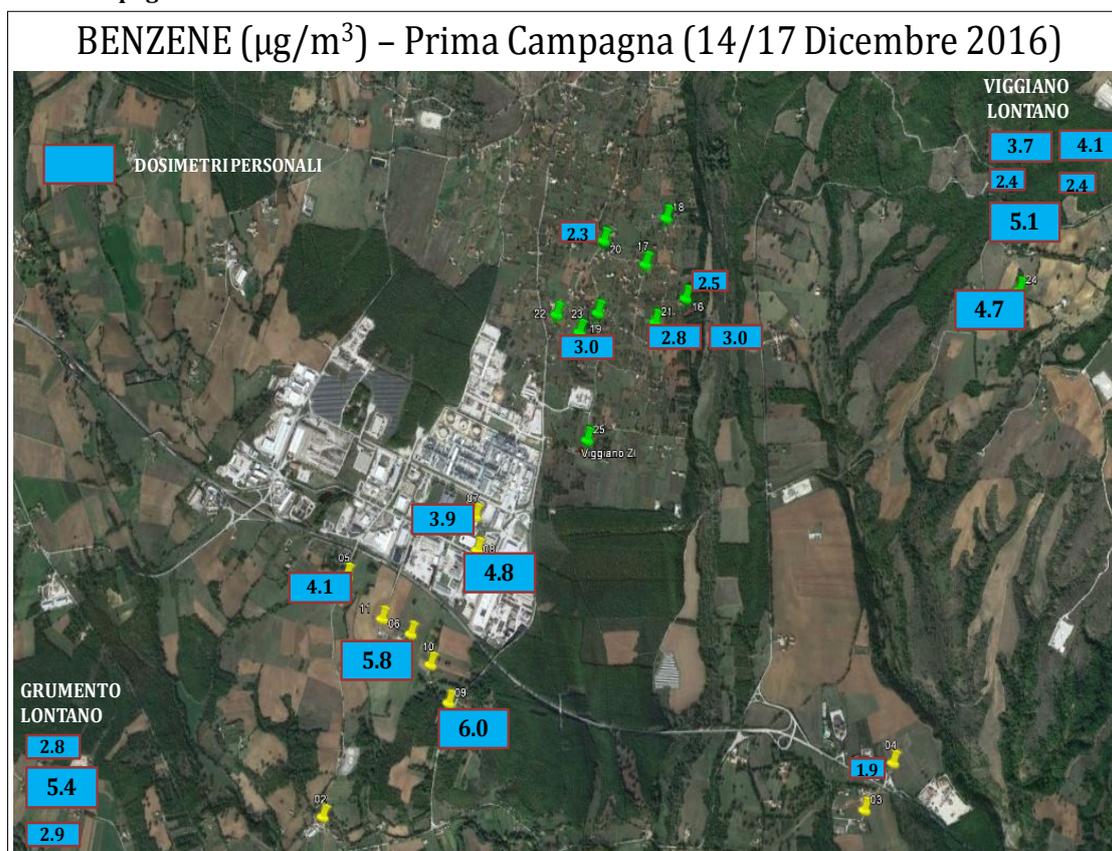


Figura 2.32. Mappa delle concentrazioni di Toluene nei punti di campionamento per i dosimetri - Prima Campagna

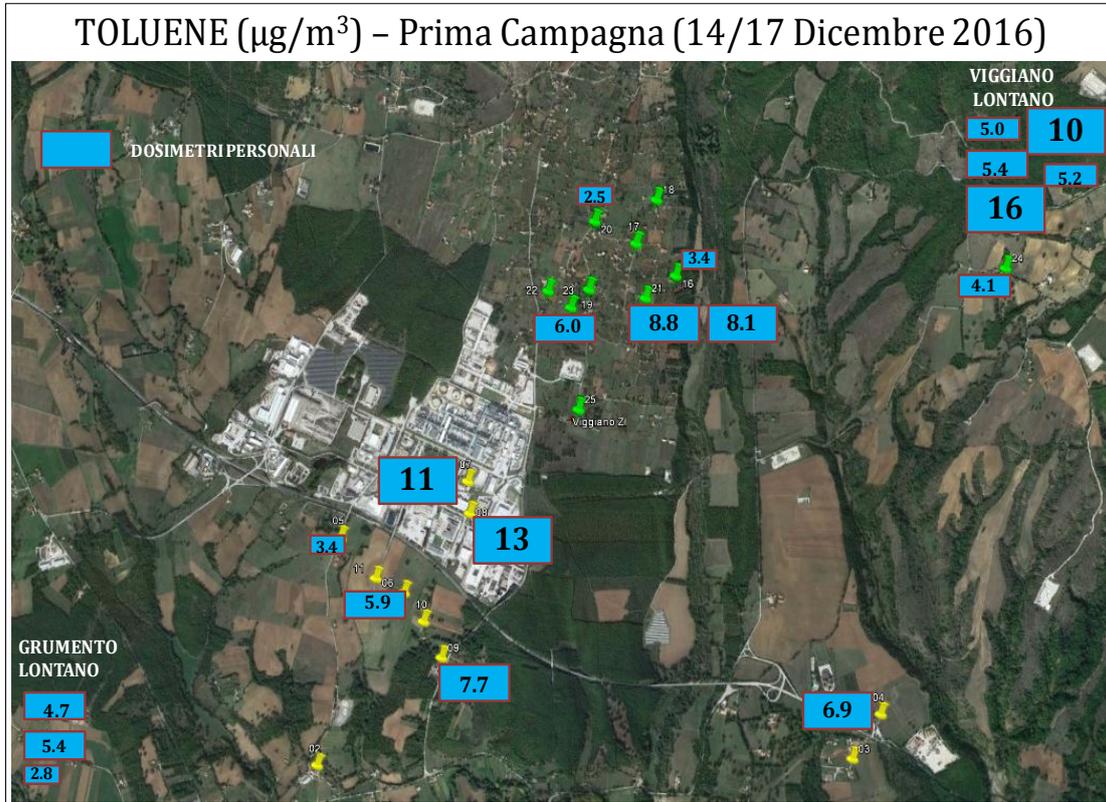


Figura 2.33. Mappa delle concentrazioni di Toluene nei vari punti di campionamento per i dosimetri - Seconda Campagna

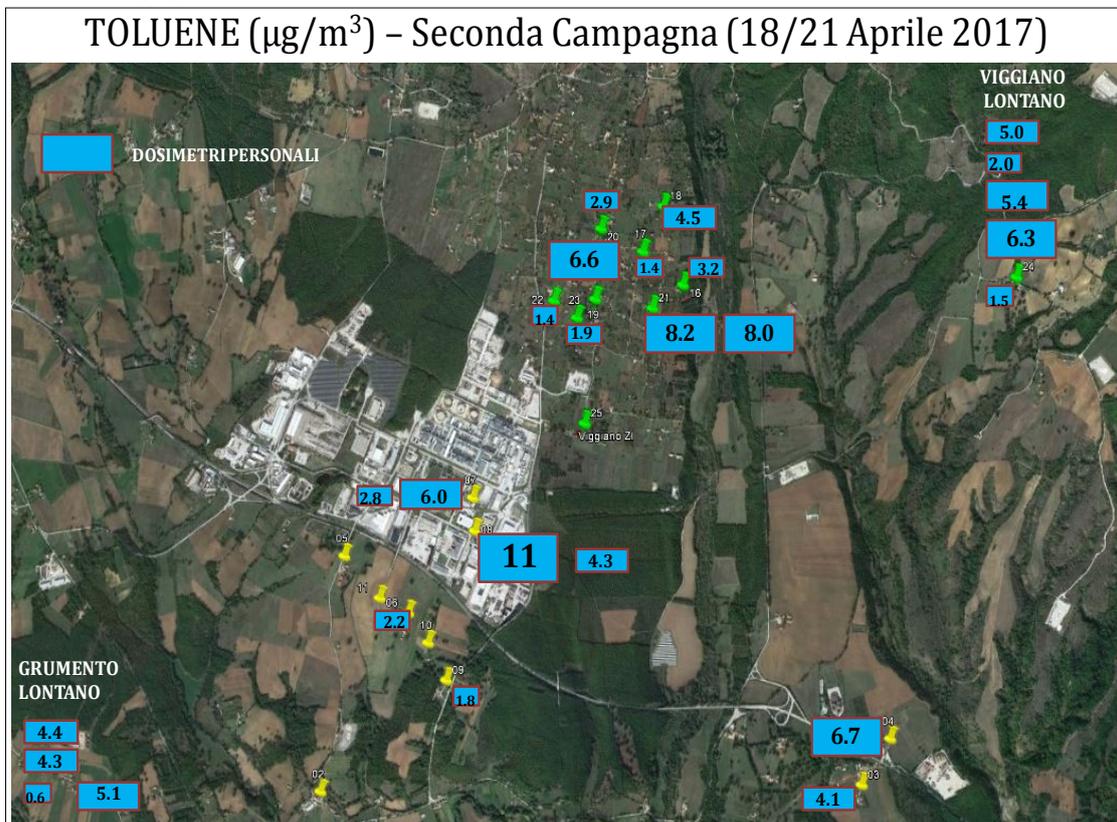


Figura 2.34. Mappa delle concentrazioni di Toluene nei punti di campionamento per i dosimetri - Terza Campagna

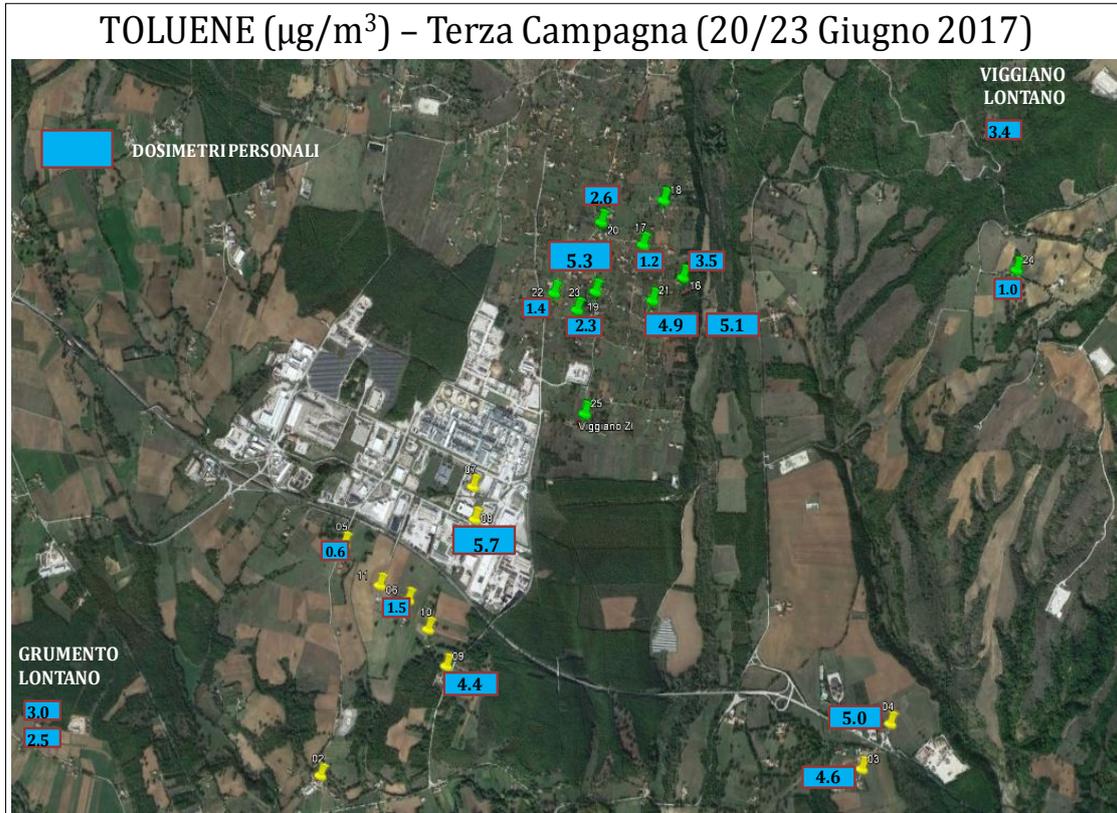


Figura 2.35. Mappa dei rapporti T/B nei vari punti di campionamento per i dosimetri - Prima Campagna

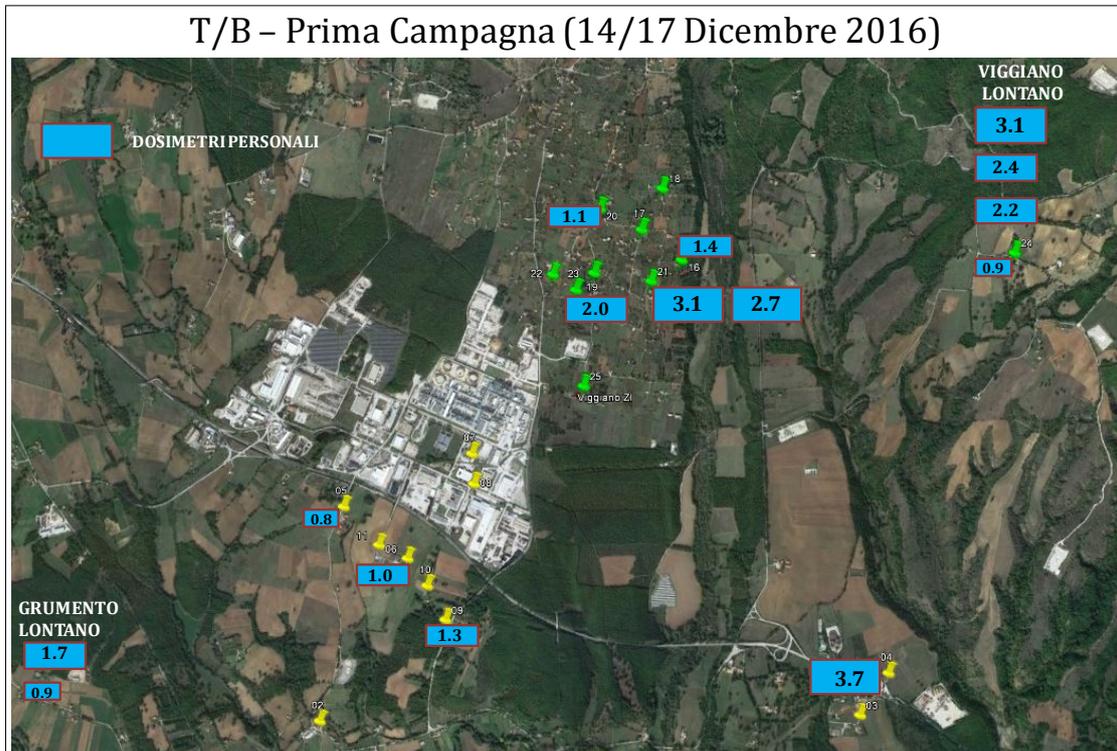


Figura 2.36. Mappa dei rapporti T/B nei vari punti di campionamento per i dosimetri - Seconda Campagna

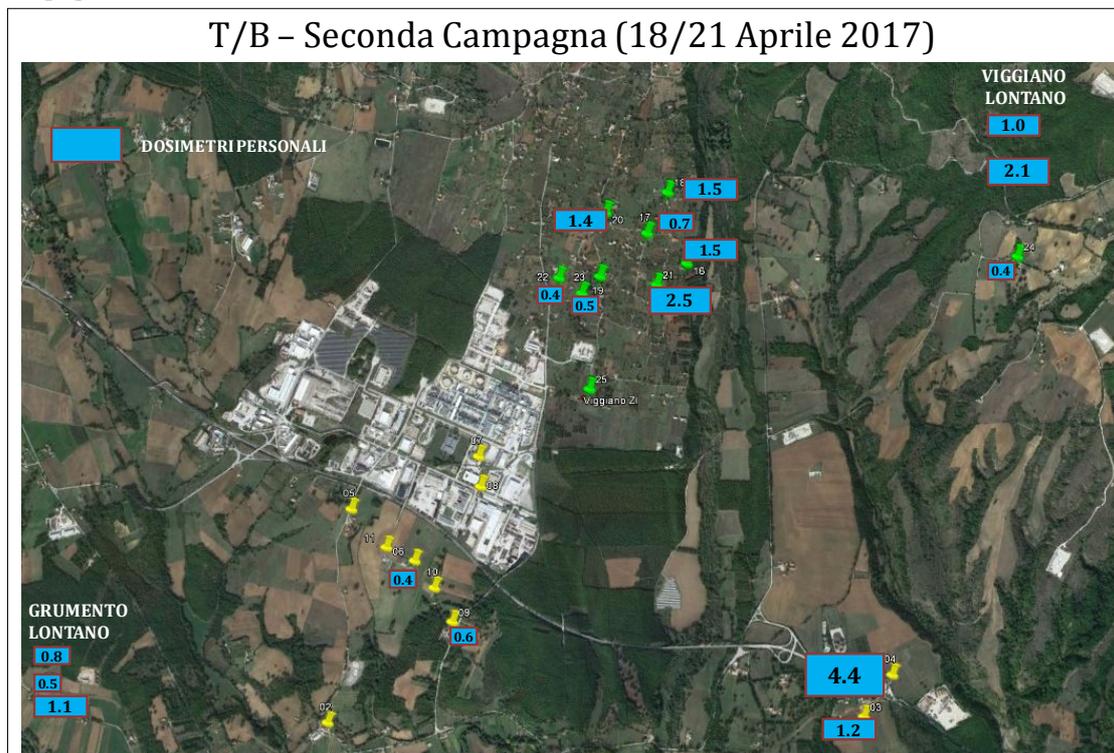
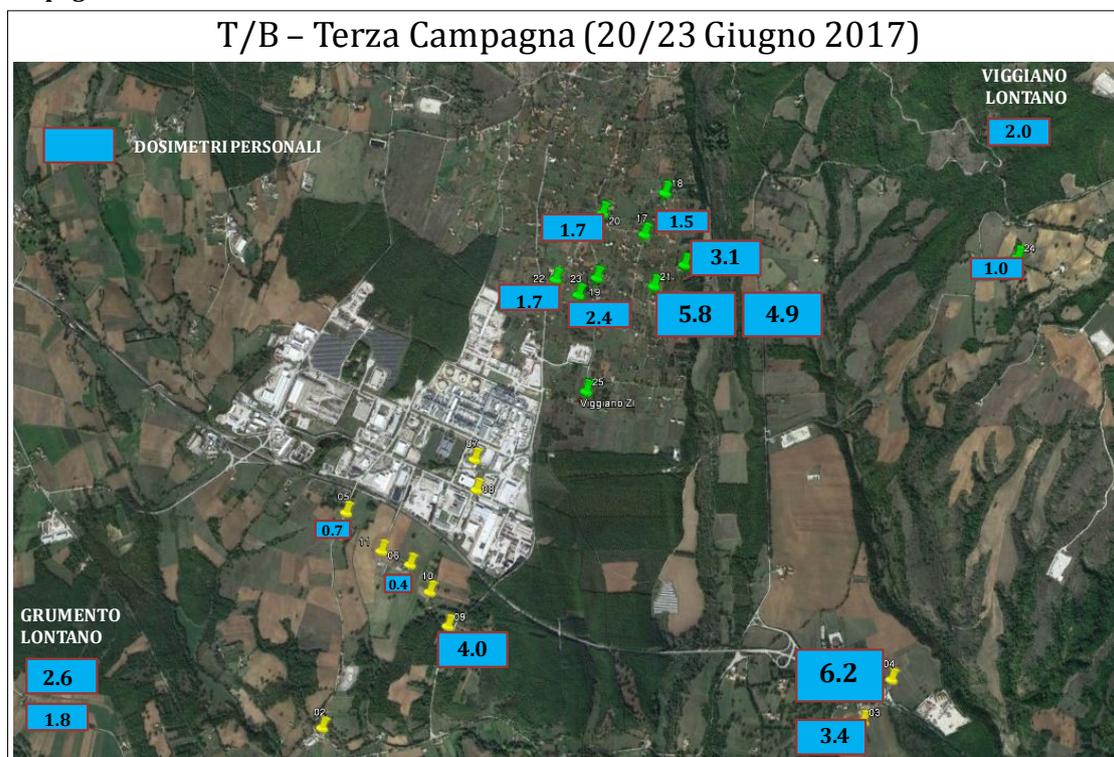


Figura 2.37. Mappa dei rapporti T/B nei vari punti di campionamento per i dosimetri - Terza Campagna



Tali concentrazioni di COV ed i valori dei rapporti T/B generalmente diminuiscono passando dalla prima alla terza campagna (Figure 2.38-2.40).

Figura 2.38. Istogramma del Benzene dei dosimetri personali per le tre campagne di campionamento

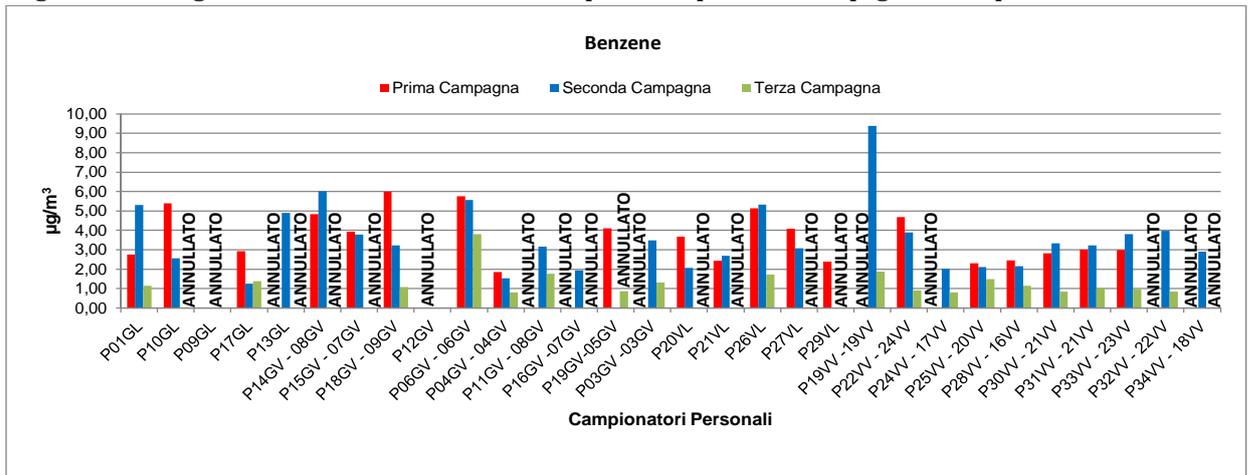


Figura 2.39. Istogramma Toluene dei dosimetri personali per le tre campagne di campionamento

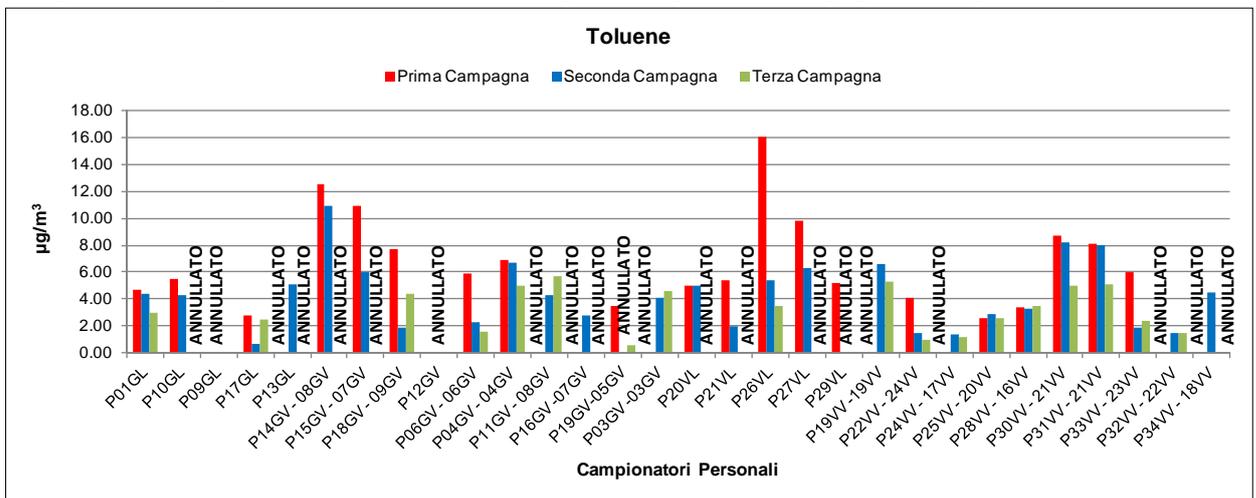
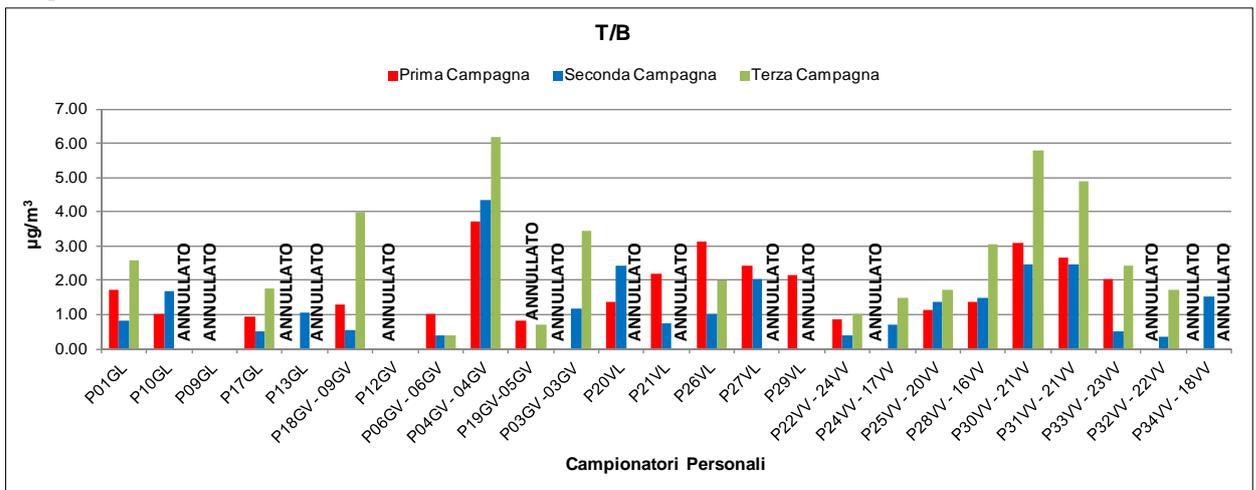


Figura 2.40. Istogramma dei rapporti T/B dei dosimetri personali per le tre campagne di campionamento



Si conferma, come da letteratura, che le concentrazioni di Benzene, Toluene e altri Composti Organici Volatili determinate sui dosimetri personali risultano mediamente maggiori rispetto alle concentrazioni outdoor (Figure 2.41-2.46) [7-9].

Figura 2.41. Mappa delle concentrazioni di Benzene nei vari punti di campionamento - Prima Campagna

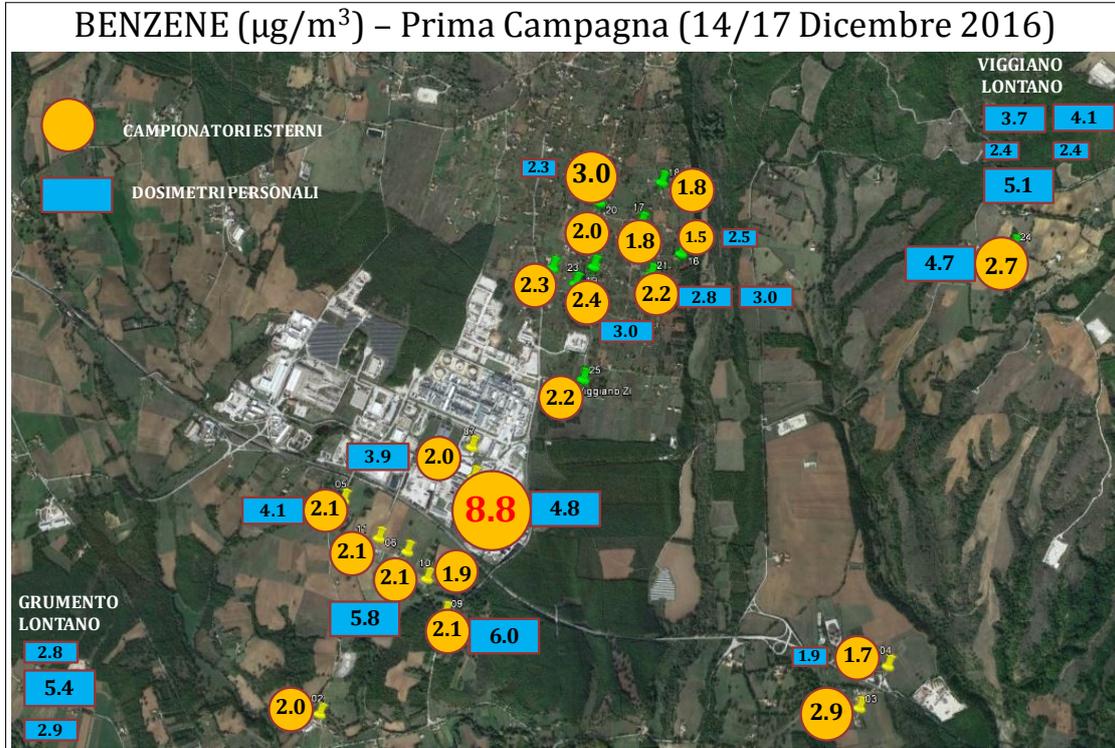
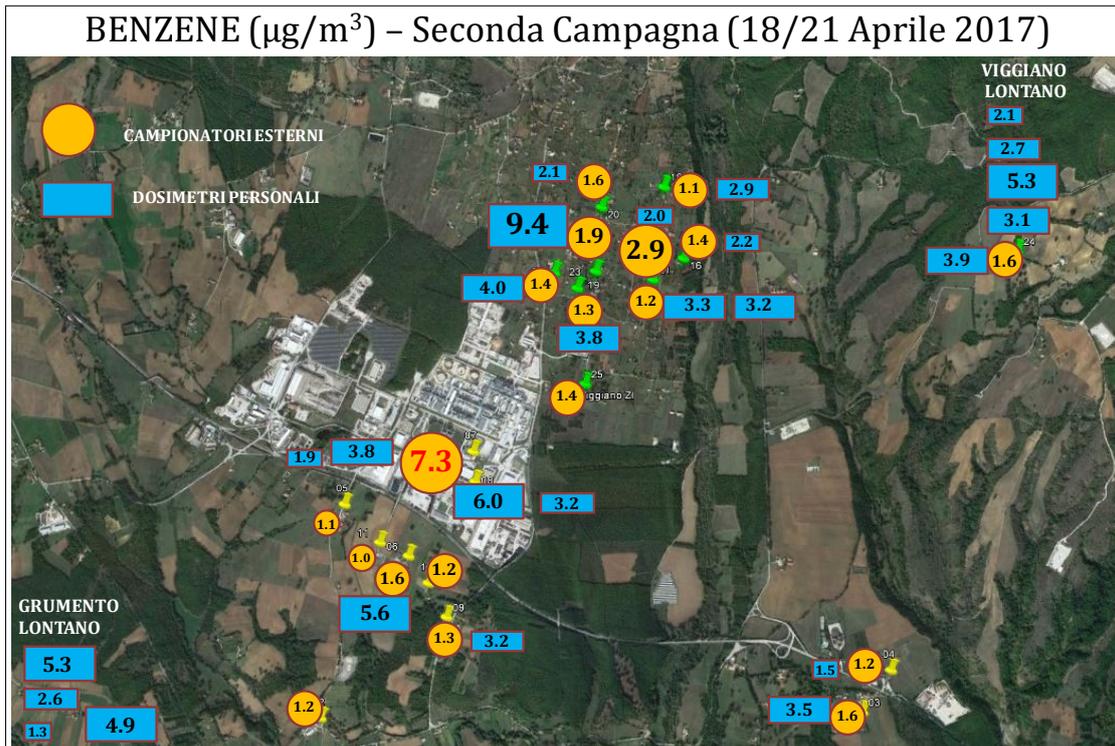


Figura 2.42. Mappa delle concentrazioni di Benzene nei vari punti di campionamento - Seconda Campagna



Questo è notoriamente l'effetto di più fattori: a) la presenza di sorgenti emissive indoor, b) gli equilibri di condensazione riemissione in ambienti confinati dei COV altobollenti, c) la minore dispersione degli inquinanti negli ambienti indoor, e la maggiore capacità disperdente dell'atmosfera che determina la diluizione degli inquinanti outdoor.

Rilevante l'evidenza rappresentata dai bassi valori T/B legati all'influenza della sorgente industriale esterna.

E' possibile inoltre notare dall'istogramma in Figura 2.47, che il valore medio dei rapporti T/B determinati per le donne nelle tre le campagne di campionamento risulta pari a 1.5 ed inferiore al valore medio determinato per gli uomini. In Figura 2.48 è riportato come esempio il confronto tra il valore del rapporto T/B per il campione (P33VV) relativo ad un volontario tipo non lavoratore e residente nell'area industriale di Viggiano per un tempo giornaliero medio di 20h e il campione (P26VL) relativo ad un volontario residente nel Comune di Viggiano, lontano dal Centro Olio.

Figura 2.47. Iistogramma dei rapporti T/B relativo ai dosimetri personali suddivisi tra uomini e donne per le tre campagne di campionamento

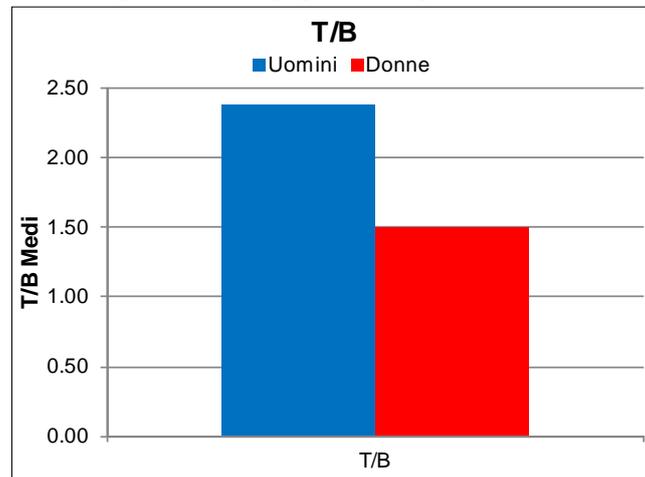
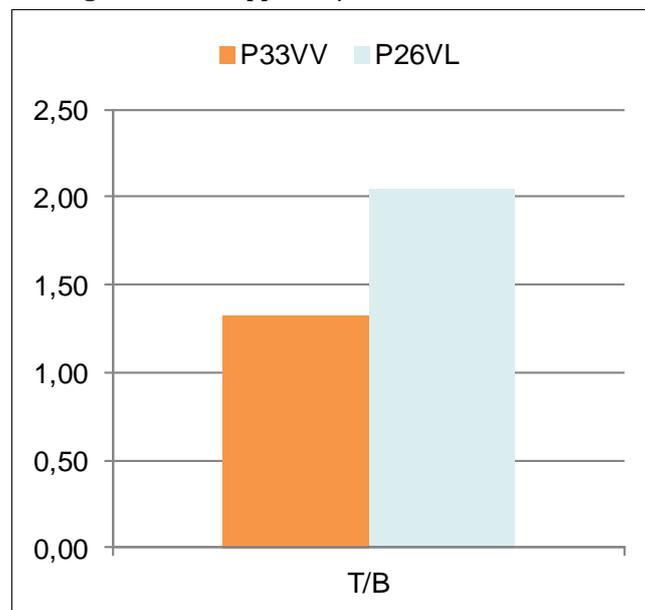


Figura 2.48. Iistogramma dei rapporti T/B relativi ai dosimetri P33VV e P26VL



Conclusioni

L'attività di mappatura ad alta risoluzione spaziale condotta con i campionatori diffusivi ed il correlato monitoraggio con dosimetri dell'esposizione personale hanno evidenziato valori di concentrazione di Benzene e Toluene coerenti con quelli rilevati dalla centralina di qualità dell'aria dell'ARPAB denominata Viggiano Z.I. e le concentrazioni di Benzene risultano costantemente superiori a quelle di Toluene. I rapporti diagnostici T/B calcolati sia dai dati raccolti dalla centralina Viggiano Z.I. sia dai valori di B e T determinati sui campionatori diffusivi sono caratteristici di emissioni industriali e non attribuibili al traffico autoveicolare in quanto sempre inferiori a 1.5. Dall'elaborazione dei dati infatti è stato possibile individuare il Benzene e il rapporto T/B come marker affidabili dell'area industriale investigata, escludendo pertanto che la variabilità osservata fosse attribuibile a sorgenti emissive a carattere stagionale come il riscaldamento domestico e la combustione di biomassa. Le concentrazioni di Benzene risultano inferiori ai valori limiti previsti dalla normativa, ma superiori a quelli rilevati nello stesso periodo nell'area industriale di Taranto. Anche nei dosimetri personali si riscontrano bassi rapporti dei livelli T/B rispetto a quanto riportato in letteratura in virtù dell'influenza sull'aria indoor della sorgente industriale.

Bibliografia

1. Concentrations of volatile organic compounds (VOCs) at an oil refinery. Pandya G.h., Gavane A.G., Bhanarkar A.D Kondawar V.K. *International Journal of Environmental Studies* 63 (3): 337–351, (2006).
2. Multi-season, multi-year concentrations and correlations amongst the BTEX group of VOCs in an urbanized industrial city. Miller L., Xu X., Grgicak-Mannion A., Brook J., Wheeler A. *Atmospheric Environment* 61:305–315, (2012).
3. Toluene–Benzene Concentration Ratio as a Tool for Characterizing the Distance from Vehicular Emission Sources. Gelencsér A., Siszler K., Hlavay J. *Environmental Science & Technology* 31: 2869–72, (1997).
4. Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler - Part II: polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). Lehndorff E., Schwark L. *Atmospheric Environment* 38: 3793-3808, (2004).
5. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. Yunker M.B., Macdonald R.W., Vingarzan R., Mitchell R.H., Goyette D., Sylvestre S. *Organic Geochemistry* 33:489-515, (2002).
6. An intensive monitoring campaign of PAHs for assessing the impact of a steel plant. Di Gilio A., Ventrella G., Giungato P., Tutino M., R. Giua, Assennato G., de Gennaro. *Chemosphere* 168: 171–182, (2017).
7. Indoor/Outdoor Air Quality Assessment at School near the Steel Plant in Taranto (Italy). Di Gilio A., Farella G., Marzocca A., Giua R., Assennato G., Tutino M., G. de Gennaro. *Hindawi Advances in Meteorology* 1-7, (2017).
8. Indoor And Outdoor Volatile Organic Compounds Monitoring In A Multi-Storey Car Park. de Gennaro G., Dambruoso P.R., Di Gilio A., Marzocca A., Tutino M. *Environmental Engineering and Management Journal* 14 (7): 1563-1570, (2015).
9. Background Indoor Air Concentrations of Volatile Organic Compounds in North American Residences (1990–2005): A Compilation of Statistics for Assessing Vapor Intrusion. Office of Solid Waste and Emergency Response U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC 20460, EPA 530-R-10-001, 1-67, (2011).

Sorveglianza sanitaria mediante misura di COV nell'espriato

Sulla popolazione esposta alle emissioni industriali del Centro Olio è stata condotta un'attività altamente sperimentale per la sorveglianza dello stato di salute (denominata "VOC2bis"). Tale attività si è esplicitata attraverso due campagne di misura dei COV nell'espriato umano di circa 30 volontari dislocati tra l'area industriale ed i centri abitati di Grumento Nova e Viggiano.

Le prime pubblicazioni relative all'analisi dell'espriato risalgono al periodo 1960-1970 circa, quando ricercatori come Pauling, Larsson, Chen, Cohen, and Phillips, utilizzando la cromatografia di ripartizione gas-liquido, eseguirono studi pionieristici che consentirono l'identificazione, all'interno dell'espriato umano, di più di duecentocinquanta composti chimici oltre a gas elementari quali azoto, ossigeno, anidride carbonica e vapore acqueo [1-3]. Questi composti rappresentano i metaboliti finali prodotti dalle reazioni anaboliche e cataboliche cellulari e anche se non direttamente generati nei polmoni, raggiungono gli stessi mediante il sangue e da qui l'espriato attraverso processi diffusivi a livello della membrana capillare alveolare [4-6]. La loro presenza e concentrazione nell'espriato umano anche detto "breathprint" è influenzata dalle disfunzioni dell'organismo, da aspetti genetici, dallo stress, dall'esposizione ad inquinanti, dall'alimentazione, dall'assunzione di farmaci e dall'inquinamento degli ambienti frequentati [2,7]. Pertanto, dal 1971 ad oggi, la Breath Analysis è stata oggetto di numerosi studi di settore finalizzati a decretare la validità di questa tecnica per la prevenzione e la diagnosi di molteplici patologie e/o per monitorare alterazioni metaboliche derivanti dall'esposizione a sostanze inquinanti [8-10]. Anche se ancora altamente sperimentale, questo tipo di analisi mostra numerose potenzialità tra cui: non è invasiva, è semplice e veloce, è sicura per i pazienti e per gli operatori, è poco costosa e può essere ripetuta senza vincoli temporali. Per tutti questi motivi, ad oggi già esistono procedure di analisi dell'espriato standardizzate e impiegate a fini diagnostici, tra cui ad esempio il ¹³C-urea breath test per il monitoraggio di infezioni da *Helicobacter pylori*, l'alcol test per il monitoraggio dei livelli di etanolo e acetaldeide nel sangue e il test dell'ossido nitrico esalato (FENO) per la diagnosi dell'asma. Tuttavia, solo recentemente la comunità scientifica si sta focalizzando sullo studio dei composti organici volatili presenti nell'espriato umano come nuova possibile tecnica diagnostica. L'analisi dei COV nell'espriato umano, infatti, permette di eseguire analisi di screening volte a diagnosticare precocemente patologie di varia natura e di monitorare alterazioni metaboliche indotte dall'esposizione cronica o acuta ad atmosfere non salubri. In letteratura sono presenti alcuni lavori che evidenziano la possibilità che l'esposizione inalatoria di soggetti a particolari molecole possa determinare variazioni nelle concentrazioni di COV presenti nel loro espriato [11,12].

Nell'ambito dell'attività VOC2bis, quindi, l'analisi dell'espriato umano è stata volta a valutare possibili relazioni tra le concentrazioni dei COV rilevati nell'espriato di volontari direttamente e non direttamente (controlli di riferimento) esposti alle emissioni industriali del Centro Olio di Viggiano.

Materiali e Metodi

Nello studio sono stati coinvolti due gruppi di individui: uno costituito da soggetti esposti direttamente agli inquinanti d'interesse poiché residenti o lavoratori in prossimità della zona industriale e l'altro costituito da individui non esposti in ragione di una maggiore distanza dalla sorgente investigata. Tra tutte le persone coinvolte, sono state reclutate solo i maggiorenni che, opportunamente informate circa lo scopo e le modalità operative, hanno deciso volontariamente di aderire allo studio. Per ciascuno di essi è stata inoltre valutata la possibilità che essi potessero realmente partecipare alla sperimentazione considerando come criteri di esclusione il tabagismo (anche per chi aveva smesso di fumare da meno di un anno) e le comorbidity quali malattie respiratorie (asma o malattie polmonari croniche) e patologie in corso di qualunque natura ed entità.

Considerati i suddetti fattori solo 17 volontari esposti ed 8 volontari non esposti (di riferimento) sono stati reclutati. A ciascuno di essi è stato quindi chiesto di presentarsi presso il presidio medico in viale Marconi a Viggiano e di compilare una scheda al fine di registrare informazioni sia personali (età, residenza, domicilio ed attività lavorativa) sia relative al proprio stato di salute (malattie pregresse e farmaci assunti quotidianamente). Tali informazioni sono state necessarie al fine dell'elaborazione dei dati e per tener conto di eventuali altre esposizioni e/o di patologie o terapie farmacologiche che potrebbero aver alterato il metabolismo e dunque la presenza di COV nell'espriato umano.

Infine a ciascuno dei soggetti reclutati per lo studio è stato richiesto di presentarsi nel luogo prestabilito per la raccolta dei campioni, a digiuno da almeno 3 ore e 15 minuti prima dell'orario prestabilito, al fine di permettere al soggetto di entrare in equilibrio con l'ambiente confinato.

Campionamento dell'espriato umano

L'espriato dei volontari reclutati è stato raccolto mediante un campionatore collegato ad una sacca di raccolta (Figura 2.49). Questo tipo di campionatore in grado di raccogliere espriato misto ovvero sia l'aria contenuta nel volume morto anatomico che la porzione alveolare, è un sistema a tre vie dotato di valvole di non ritorno a cui sono collegati: un filtro antibatterico monouso Medguard 1420/01 (Air Safety Limited), un filtro per COV (A2, North Safety, NL) e un contenitore contenente silice disidratante collegato in linea con la sacca per la raccolta del campione.

Le sacche utilizzate per la raccolta sono in materiale polimerico Tedlar® (Figura 2.50), specifiche per il campionamento dell'espriato perché garantiscono un rilascio trascurabile di composti organici volatili ed una maggiore stabilità dei campioni [13].

Figura 2.49. Campionatore collegato a sacca di raccolta



Figura 2.50. Sacche in Tedlar®



Analisi dei COV nell'espriato umano

I campioni di espirato umano raccolti durante la prima (27 campioni) e la seconda (22 campioni) campagna di studio sono stati analizzati mediante sensori innovativi e smart in grado di determinare la concentrazione di composti odorigeni, composti aromatici totali, Benzene e Formaldeide.

Misura dei composti odorigeni mediante Naso Elettronico PEN3

Il naso elettronico impiegato in questo studio è il PEN 3 (Airsense), il quale è dotato di 10 sensori elettrochimici MOS (metal oxide sensor) termoregolati singolarmente nel range tra 150 e 500°C che rispondono specificatamente a classi di molecole (Tabella 2.12) e mimano il processo mentale di classificazione e riconoscimento umano dell'odore (Figura 2.51).

Figura 2.51. PEN3 Airsense



Tabella 2.12. Sensori PEN 3

| | | |
|------------|-----------------|---|
| Sensore 1 | aromatic | Selettivo per i composti aromatici |
| Sensore 2 | broadrange | Non selettivo |
| Sensore 3 | aromatic | Selettivo per i composti aromatici |
| Sensore 4 | hydrogen | Selettivo per i composti idrogenati |
| Sensore 5 | arom-aliph | Selettivo per i composti arom-alifatici |
| Sensore 6 | broad-methane | Poco selettivo per il metano |
| Sensore 7 | sulphur-organic | Selettivo per i composti organici solforati |
| Sensore 8 | broad-alcohol | Poco selettivo per alcol |
| Sensore 9 | sulph-chlor | Selettivo per i composti contenenti S e Cl |
| Sensore 10 | methane-aliph | Selettivo per composti metan-alifatici |

Il PEN3 Airsense dispone di una pompa di aspirazione anteriore del campione a volume di aspirazione regolabile (da 10ml/min a 400ml/min) e di una pompa di aspirazione posteriore mediante la quale l'aria esterna, attraverso un filtro a carboni attivi, genera aria zero *on site* che permette la calibrazione e pulizia dei sensori. Durante l'analisi il campione viene aspirato dalla pompa anteriore ed inviato alla cella di misura dove i sensori, entrando in contatto con le classi di analiti a cui sono sensibili, fanno registrare una variazione della resistenza che permette di ottenere un segnale elettrico correlabile alla concentrazione di ciascuna classe di composti odoriferi.

Misura della Formaldeide

L'analizzatore di Formaldeide impiegato nella sperimentazione Formaldemeter Htv-M (PPM Technologies) è un dispositivo di ultima generazione in grado di fornire una immediata indicazione dei livelli di Formaldeide (in ppm e mg/m³). L'analizzatore è dotato di un sensore elettrochimico costituito da due elettrodi metallici ed un elettrolita. Quando un campione noto di aria (10 cm³) viene convogliato all'interno del sensore, viene sottoposto ad un processo di ossidazione catalitica su di una superficie platinata. L'elettroossidazione della Formaldeide genera una differenza di potenziale elettrico direttamente

proporzionale alla concentrazione. La cella elettrochimica è altamente selettiva, sebbene alcuni composti organici possano determinare delle interferenze (es. Fenoli e Alcoli alifatici). L'eventuale interferenza può essere ridotta applicando all'ingresso della via di campionamento un apposito filtro anti interferenziale. Il corretto funzionamento del dispositivo è garantito, inoltre, effettuando una procedura di calibrazione periodica per mezzo di uno standard di Formaldeide in dotazione.

Misura dei composti aromatici totali e del Benzene

La concentrazione di composti aromatici totali nell'esperto umano è stata determinata mediante il Tiger Select (Ion Science) un detector portatile ad alta risoluzione temporale basato sul principio della fotoionizzazione. Esso è un dispositivo di ultima generazione prodotto in conformità con la norma per la certificazione del sistema di gestione per la qualità (ISO 9001, 2008). È stato specificamente progettato per fornire una misura accurata e ripetibile della concentrazione di composti aromatici totali TAC (Total Aromatic Compounds) e Benzene a livelli di ppb. Tiger Select presenta due modalità di funzionamento: la modalità TAC che rileva la presenza di composti aromatici totali e la modalità Select che determina selettivamente il Benzene. La selettività della misura al Benzene è assicurata dalla presenza di una fiala pre-filtro che funge da "scrubber" per tutti i composti aromatici interferenti e dall'utilizzo di una lampada UV settata a 10.0W che consente di escludere dal processo di fotoionizzazione gran parte dei potenziali gas interferenti. In modalità Select (per la determinazione del solo Benzene) il sensore presenta elevata accuratezza ($\pm 10\%$ sulla misura visualizzata sul display) e linearità di risposta ($\pm 5\%$) nel range di misura 0 – 40 ppm, con una risoluzione di 10 ppb.

Inoltre per la determinazione del solo Benzene è stato utilizzato anche il sensore Sens-it (Unitec) è un sensore gas selettivo basato sulla tecnologia TF-MOS (Thick Film Metal Oxide Semiconductor). La superficie attiva del sensore è costituita da un film semiconduttore dopato e nano strutturato di un ossido metallico. L'utilizzo di un film semiconduttore dopato di un ossido metallico assicura selettività e sensibilità nella misura dello specifico analita di interesse. Una volta campionato l'esperto, la prima reazione che si verifica sulla superficie attiva del sensore è l'adsorbimento dell'ossigeno con conseguente trasferimento di carica dal semiconduttore alle molecole di ossigeno. Segue una reazione redox tra il gas di interesse (nel nostro caso il Benzene) e l'ossigeno adsorbito sulla superficie attiva che determina un rilascio di elettroni nella banda di conduzione del semiconduttore. La corrente elettrica generata produce un segnale direttamente proporzionale alla concentrazione del Benzene.

Risultati

Nella presente sezione sono riportati i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni di Composti Aromatici Totali (TAC), Formaldeide e Benzene determinati durante la prima e seconda campagna di studio condotte rispettivamente tra il 18 ed il 22 Maggio ed tra il 20 e il 23 Giugno 2017 (Tabella 2.13-2.20).

Tabelle 2.13-2.14. Concentrazioni medie, massime e minime di TAC nella prima e seconda campagna di studio

| 1° CAMPAGNA TAC (ppb) | Media | Max | Min | 2° CAMPAGNA TAC (ppb) | Media | Max | Min |
|-----------------------|-------|-----|-----|-----------------------|-------|-----|-----|
| VV | 30 | 70 | 7 | VV | 50 | 70 | 20 |
| GV | 40 | 70 | 9 | GV | 30 | 80 | 20 |
| VL | 80 | 180 | 7 | VL | 40 | 80 | 10 |
| GL | 30 | 50 | 10 | GL | 30 | 60 | 10 |

Tabelle 2.15-2.16. Concentrazioni medie, massime e minime di Formaldeide nella prima e seconda campagna di studio

| 1° CAMPAGNA Formaldeide (ppb) | Media | Max | Min | 2° CAMPAGNA Formaldeide (ppb) | Media | Max | Min |
|-------------------------------|-------|-----|-----|-------------------------------|-------|-----|-----|
| VV | 40 | 80 | 10 | VV | 30 | 50 | 10 |
| GV | 30 | 50 | 20 | GV | 20 | 40 | 10 |
| VL | 20 | 40 | 10 | VL | 20 | 30 | 10 |
| GL | 20 | 50 | 10 | GL | 10 | 20 | 10 |

Tabelle 2.17-2.18. Concentrazioni medie, massime e minime di Benzene (Sens-IT) nella prima e seconda campagna

| 1° CAMPAGNA Benzene SensIT (ppb) | Media | Max | Min | 2° CAMPAGNA Benzene SensIT (ppb) | Media | Max | Min |
|----------------------------------|-------|-----|-----|----------------------------------|-------|-----|-----|
| VV | 5.1 | 13 | 1.2 | VV | 5.6 | 9.8 | 3.6 |
| GV | 11 | 22 | 5.7 | GV | 5.8 | 12 | 2.4 |
| VL | 15 | 35 | 2.2 | VL | 6.1 | 11 | 1.9 |
| GL | 8.4 | 15 | 2.3 | GL | 9.1 | 9.1 | 1.5 |

Tabelle 2.19-2.20. Concentrazioni medie, massime e minime di Benzene (Select) nella prima e seconda campagna

| 1° CAMPAGNA Benzene Select Fiala (ppb) | Media | Max | Min | 2° CAMPAGNA Benzene Select Fiala (ppb) | Media | Max | Min |
|--|-------|-----|-----|--|-------|-----|-----|
| VV | 23 | 39 | 7 | VV | 16 | 24 | 9 |
| GV | 25 | 34 | 12 | GV | 14 | 30 | 6 |
| VL | 39 | 98 | 6 | VL | 18 | 23 | 14 |
| GL | 15 | 22 | 8 | GL | 17 | 21 | 12 |

Le concentrazioni medie di composti aromatici totali, Benzene e Formaldeide determinate nell'espirato umano di volontari residenti nell'area industriale di Viggiano e Grumento Nova (VV e GV) non mostrano differenze significative rispetto a quelle determinate per i volontari residenti nei centri abitati dei due comuni (VL e GL). Inoltre durante la prima campagna ed in particolare per TAC e Benzene emerge un risultato opposto rispetto a quello aspettato con concentrazioni medie nell'espirato di volontari VL più alti rispetto a quelle relative a VV e GV. Ciò potrebbe essere dovuto all'effetto delle alte concentrazioni di TAC, Benzene e Formaldeide, determinate in alcuni campioni di espirato di volontari residenti lontano dalla zona industriale (come ad esempio VL2 nella prima campagna e VL1, VL4 e GL1 nella seconda) e risultate significativamente superiori rispetto al valore medio calcolato per tutti gli altri volontari (Figure 2.52-2.57). Inoltre, dai grafici è più evidente, a meno di poche eccezioni, la differenza tra le concentrazioni degli analiti d'interesse determinate nell'espirato dei volontari residenti in prossimità del Centro Olio (VG e GV) e dei lavoratori nell'area industriale (GV*) e quelle determinate nell'espirato dei volontari dei residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova.

Figura 2.52. Boxplot delle concentrazioni di TAC misurate nell'espirato - prima campagna

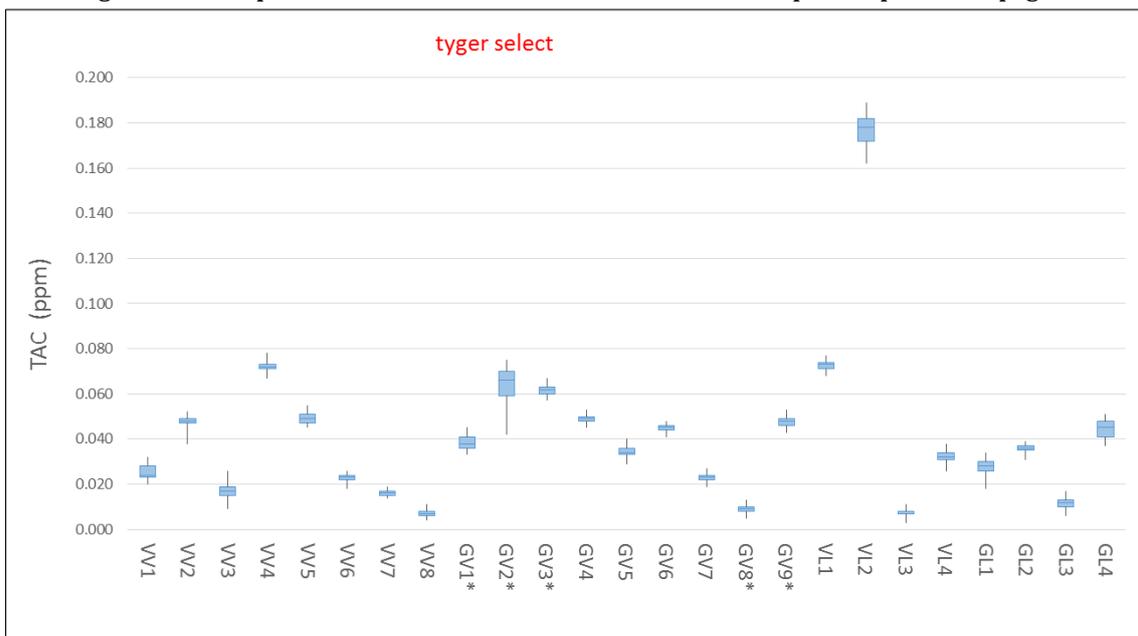


Figura 2.53. Boxplot delle concentrazioni di TAC misurate nell'espriato - seconda campagna

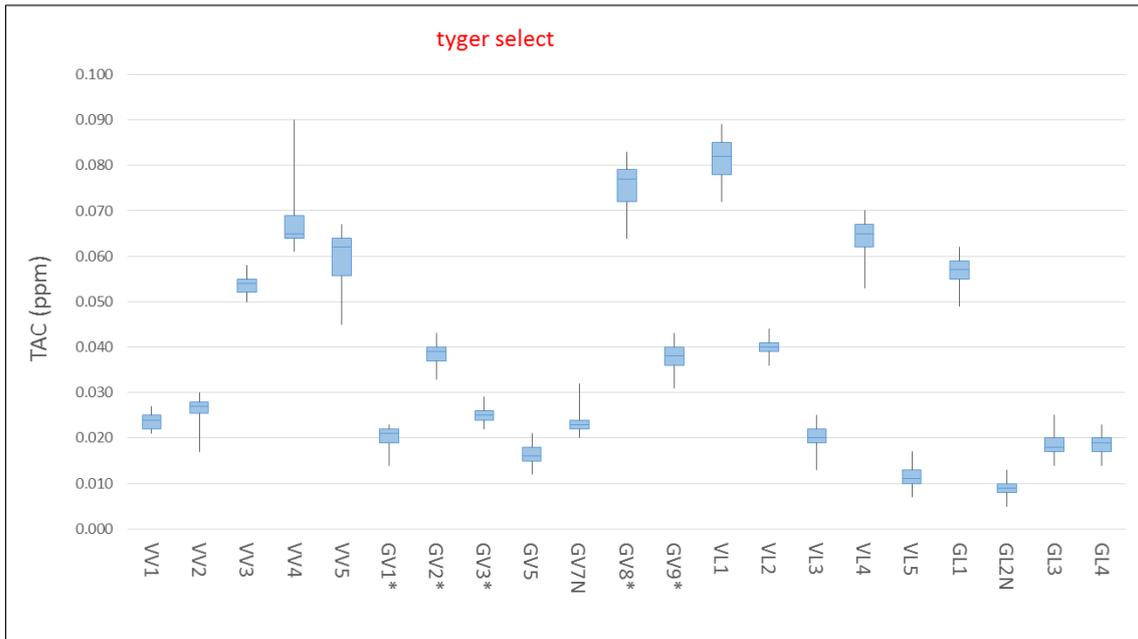


Figura 2.54. Istogramma delle concentrazioni di Benzene (Select vs Sens-IT) misurate nell'espriato - prima campagna

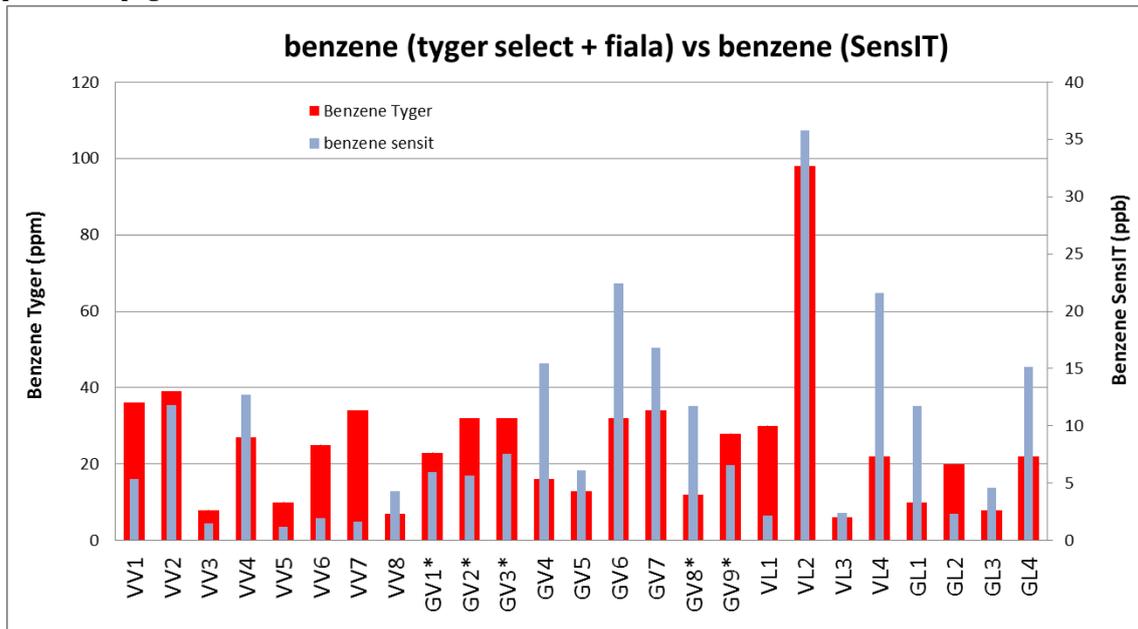


Figura 2.55. Istogramma delle concentrazioni di Benzene (Select vs Sens-IT) misurate nell'espirato - seconda campagna

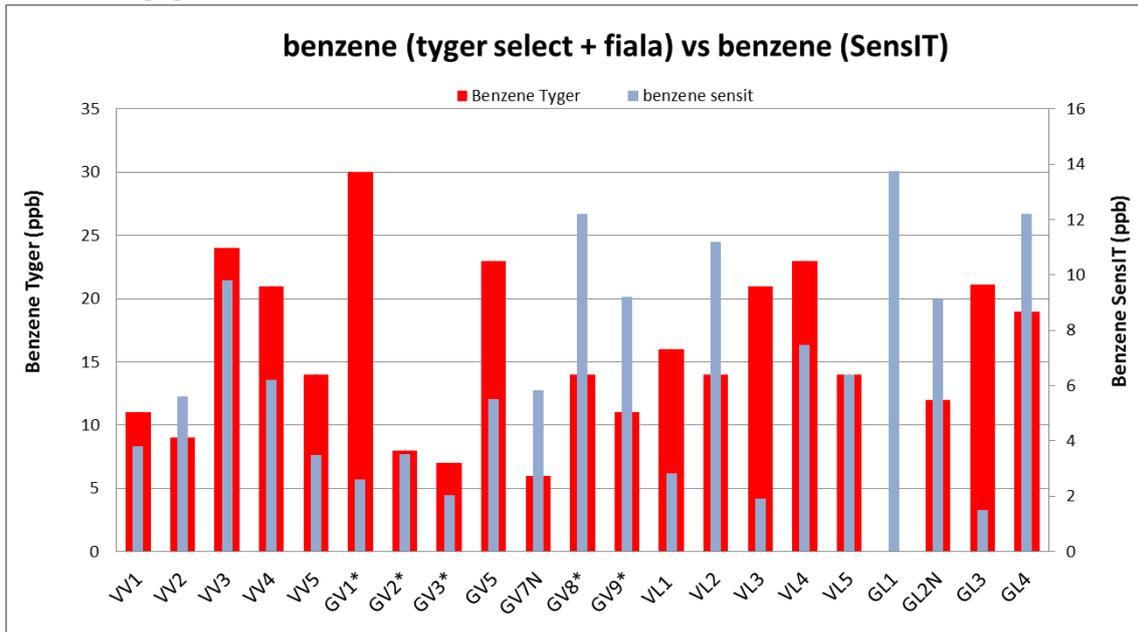


Figura 2.56. Istogramma delle concentrazioni di Formaldeide misurate nell'espirato - prima campagna

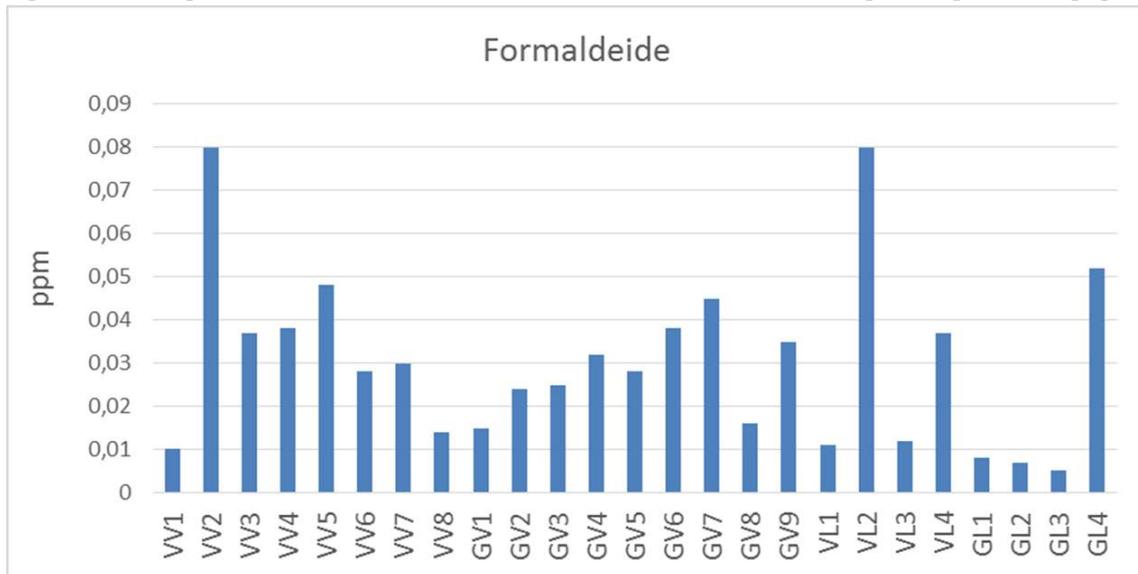
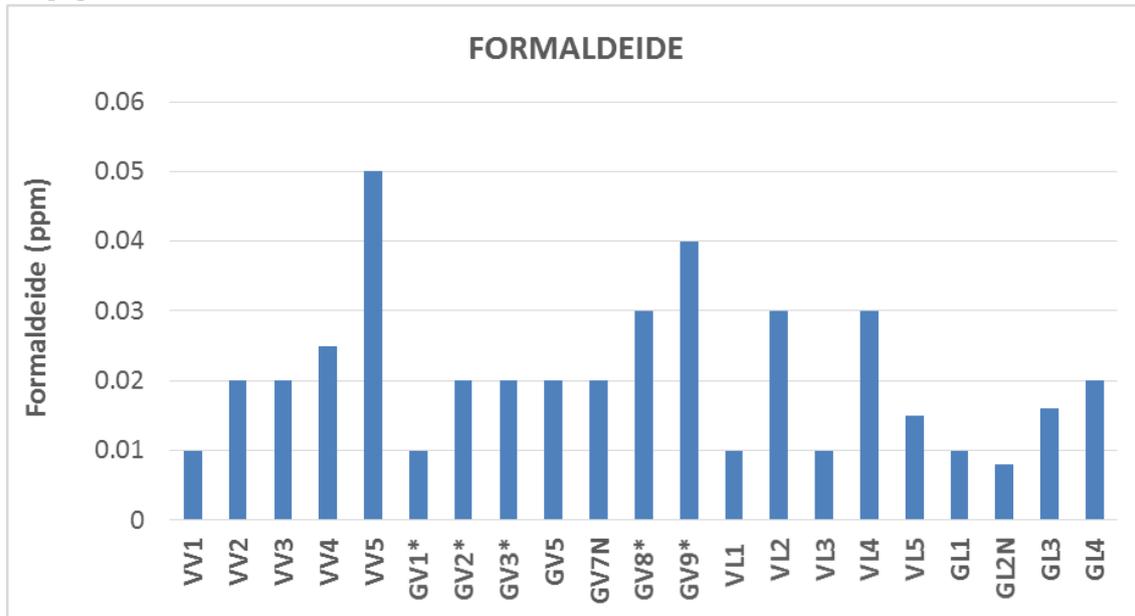
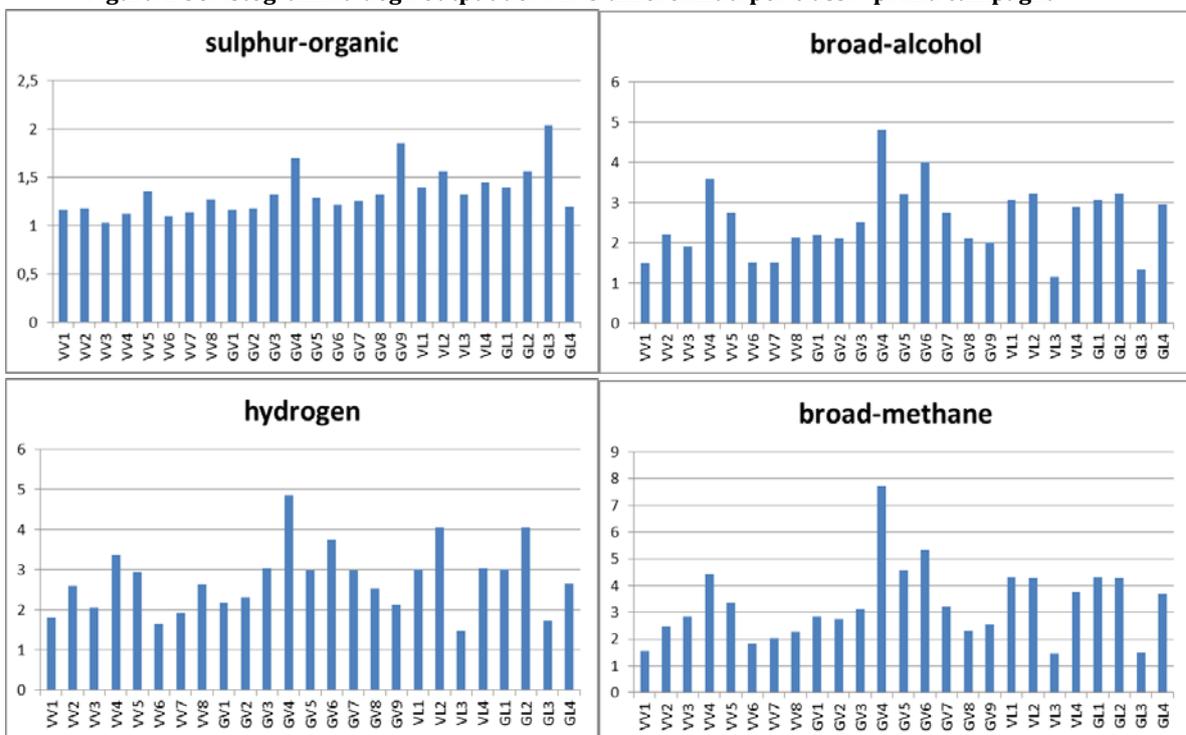


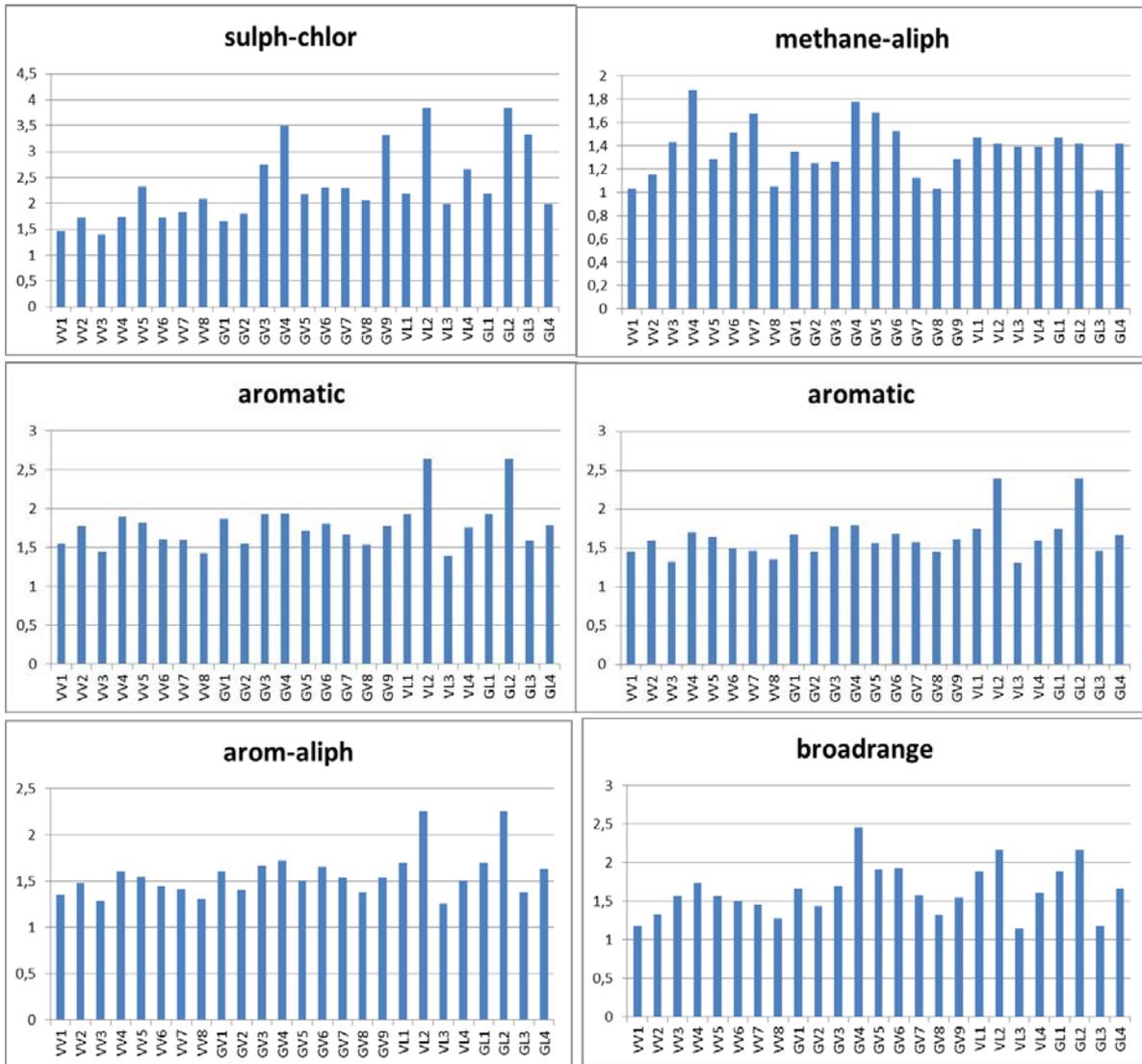
Figura 2.57. Istogramma delle concentrazioni di Formaldeide misurate nell'espirato - seconda campagna



Come si evince dalle Figura 2.58, i dati di output del naso elettronico differenziati per classi di composti e determinati durante la prima campagna di studio, non mostrano significative variazioni tra i volontari più e meno esposti, pertanto i campioni raccolti durante la seconda campagna non sono stati analizzati mediante questa tecnica.

Figura 2.58. Istogramma degli output del PEN3 differenziati per classi - prima campagna





Discussione

L'attività sperimentale di sorveglianza dello stato di salute della popolazione esposta non ha permesso di estrapolare evidenze statisticamente affidabili per l'esigua numerosità dei campioni di espirato raccolto. Tenendo conto dell'elevato numero di variabili che entrano in gioco in uno studio sperimentale di questo tipo e del numero esiguo di campioni, non è stato possibile estrapolare informazioni sulla possibile esposizione ambientale. Ciononostante, considerato la non invasività dell'approccio utilizzato e la partecipazione allo studio da parte della popolazione, i risultati ottenuti aprono scenari promettenti per una più frequente valutazione di questi parametri come per garantire una continua sorveglianza sanitaria della popolazione esposta. Ulteriori campagne condotte sugli stessi volontari potrebbero, infatti, garantire un numero di dati sufficiente per valutare il potenziale effetto dell'esposizione ambientale sul metabolismo umano nel tempo.

Bibliografia

1. Human breath odors and their use in diagnosis. Whittle C.L. et al. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1098(1): 252-266, (2007).
2. Exhaled breath analysis: the new interface between medicine and engineering. Mashir A., Dweik R.A. *Advanced powder technology: the international journal of the Society of Powder Technology* 20(5): 420, (2009).
3. An off-line breath sampling and analysis method suitable for large screening studies. Steeghs M. et al. *Physiological measurement* 28(5): 503, (2007).
4. Pathologies currently identified by exhaled biomarkers. Mazzatenta A., Di Giulio C., Pokorski M., *Respiratory physiology & neurobiology* 187(1): 128-134, (2013).
5. Release of volatile organic compounds from the lung cancer cell line NCI-H2087 in vitro. Sponring A. et al. *Anticancer research* 29(1): 419-426, (2009).
6. CO₂-controlled sampling of alveolar gas in mechanically ventilated patients. Schubert J.K. et al. *Journal of Applied Physiology* 90(2): 486-492, (2001).
7. Current status of clinical breath analysis. Risby T.H., S. Solga. *Applied Physics B*. 85(2-3): 421-426, (2006).
8. Metabolomics and surgical oncology: Potential role for small molecule biomarkers. Davis V.W. et al. *Journal of surgical oncology* 103(5): 451-459, (2011).
9. A review of breath analysis for diagnosis of human health. Kim K.-H., Jahan S.A., Kabir E. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 33: 1-8, (2012).
10. Liu, J., et al., Metabolomics of oxidative stress in recent studies of endogenous and exogenously administered intermediate metabolites. *International journal of molecular sciences*, 2011. 12(10): p. 6469-6501.
11. Breath analysis to detect recent exposure to carbon Monoxide. Cunnington A.J., Hormbrey P. *Postgrad Med J* 2002;78:233-238
12. Associations between environmental exposures and asthma control and exacerbations in young children: a systematic review. Dick S., Doust E., Cowie H., Ayres J.G., Turner S. *BMJ Open* 4:e003827, (2014).
13. Breath analysis: trends in techniques and clinical applications. Di Francesco F., et al. *Microchemical Journal*, 79(1): 405-410, (2005).

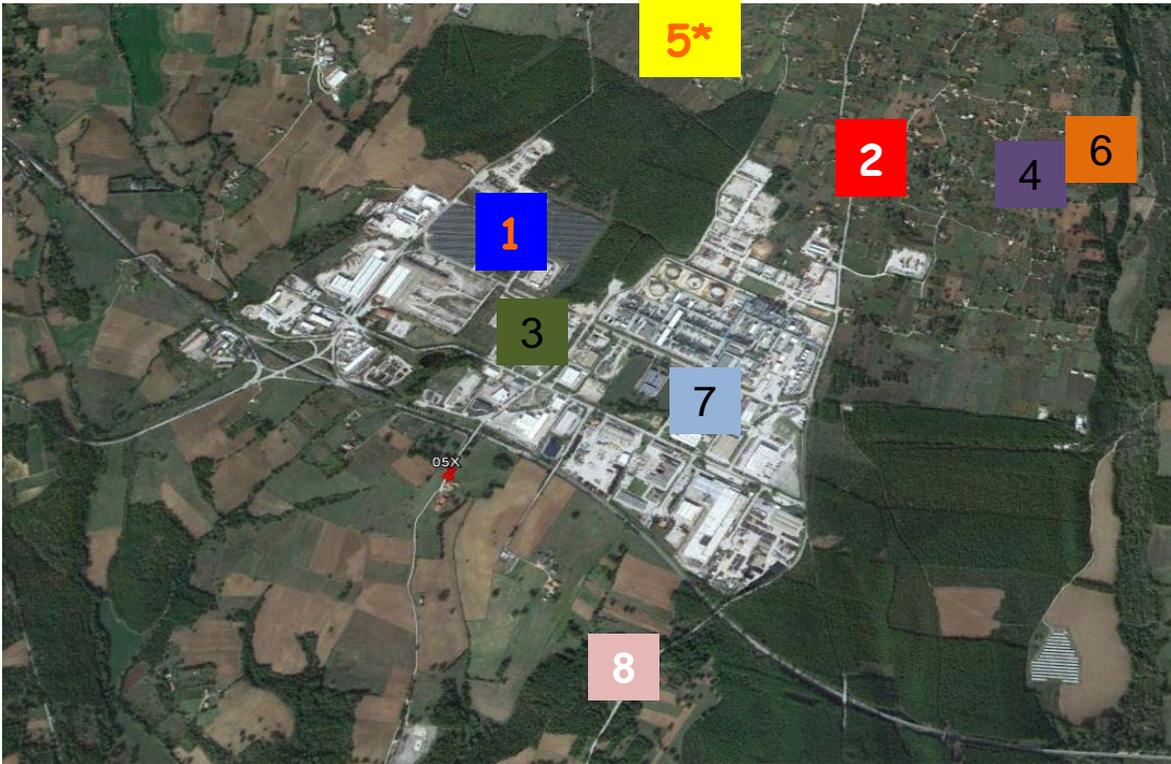
Monitoraggio olfattivo di COV: sistema di sorveglianza a rete

Tra gli obiettivi di caratterizzazione della distribuzione e della situazione espositiva a COV vi è quello di fornire un quadro conoscitivo dettagliato dei fenomeni e degli eventi occasionali di inquinamento nell'area di studio. Pertanto diversi sistemi di monitoraggio e rilevamento sono stati tra loro integrati (attività "VOC3", "OLF1", "OLF2").

Materiali e Metodi

Una rete smart innovativa costituita da 8 sensori di ultima generazione è stata progettata ed installata per una mappatura del territorio e per la determinazione dei profili temporali real time della concentrazione dei COV totali (attività "VOC3"). Tali sensori a fotoionizzazione PID (Corvus IAQ monitor, Ion Science) sono stati dislocati nelle aree immediatamente circostanti la sorgente industriale secondo un disegno sperimentale sviluppato ad hoc in relazione alle finalità dello studio (Figura 2.59).

Figura 2.59. Mappa della dislocazione dei sensori



La tecnologia alla base del funzionamento dei suddetti dispositivi è la fotoionizzazione con radiazione UV, realizzata ad un potenziale di ionizzazione pari a 10.6 eV, che permette di misurare le concentrazioni di Composti Organici Volatili Totali con elevata accuratezza ed affidabilità.

A seguito delle attività di installazione e dopo il successivo periodo di taratura della rete di sensori PID, è stata condotta una campagna di monitoraggio dei COV (dal 17 Febbraio al 30 Giugno 2017) ad alta risoluzione temporale integrando la rete con un naso elettronico (attività "OLF2"), una centralina meteo-climatica ed una telecamera (Figura 2.60).

Figura 2.60. Sensore PID, Naso Elettronico (PEN3) e centralina meteo



Inoltre, un sistema integrato di raccolta e registrazione delle segnalazioni dei recettori attivi sul territorio (attività "OLF1") è stato affiancato alla rete di sensori al fine di valutare la molestia olfattiva generata dall'impianto COVA e di accreditare le segnalazioni della popolazione residente in Val D'Agri. Il sistema prototipale in grado di registrare la percezione odorigena dei recettori e attraverso un sistema di comunicazione/ricezione "telefonica" in tempo reale consente di attivare da remoto il campionamento dell'aria ambiente solo in corrispondenza di un evento odorigeno. In particolare, la valutazione dell'impatto odorigeno è stata effettuata coinvolgendo direttamente i cittadini georeferenziati su mappa che, attraverso un sistema telefonico chiamato OdorLab, segnalavano in tempo reale la molestia olfattiva (Figura 2.61). Il numero e la tipologia di segnalazione insieme ai valori delle concentrazioni di COV misurate dalla rete PID hanno consentito di evidenziare che la molestia olfattiva percepita dai recettori esposti fosse legata ai fenomeni emissivi di COV osservati, accreditando le segnalazioni. Altro obiettivo di un siffatto sistema integrato è stato quello di campionare l'aria ambiente solo in corrispondenza di un certo numero di segnalazioni e di eventi emissivi significativi. Infatti, sono state definiti i criteri di attivazione da remoto del sistema di campionamento secondo combinazione di due parametri: il numero e la tipologia delle segnalazioni e la concentrazione dei COV in atmosfera misurata dal PID (PID4) più vicino al sistema di campionamento (OdorPrep – Figura 2.62). Nello specifico, il sistema era progettato per attivare il campionamento, in conformità alla norma tecnica EN 13725/2003 [1], in corrispondenza di:

- concentrazione di COV > 1ppm
- concentrazione di COV > 0.5 ppm e 1 segnalazione odore intenso (intensità 3) o combinazioni di più segnalazioni minori (intensità 1 e 2)
- concentrazione di COV > 0.25 ppm e 2 segnalazione odore intenso (intensità 3) o combinazioni di più segnalazioni minori (intensità 1 e 2)

Tuttavia, nel corso della campagna di monitoraggio non si sono verificate condizioni tecnico-operative ottimali per il funzionamento del dispositivo di campionamento. Infatti, l'utilizzo di reti elettriche domestiche per il sostentamento di tutta la tecnologia in campo ha comportato un funzionamento non continuo della stessa.

Figura 2.61. Sistema prototipale di georeferenziazione dei recettori attivi per la registrazione e raccolta informatizzata delle segnalazioni

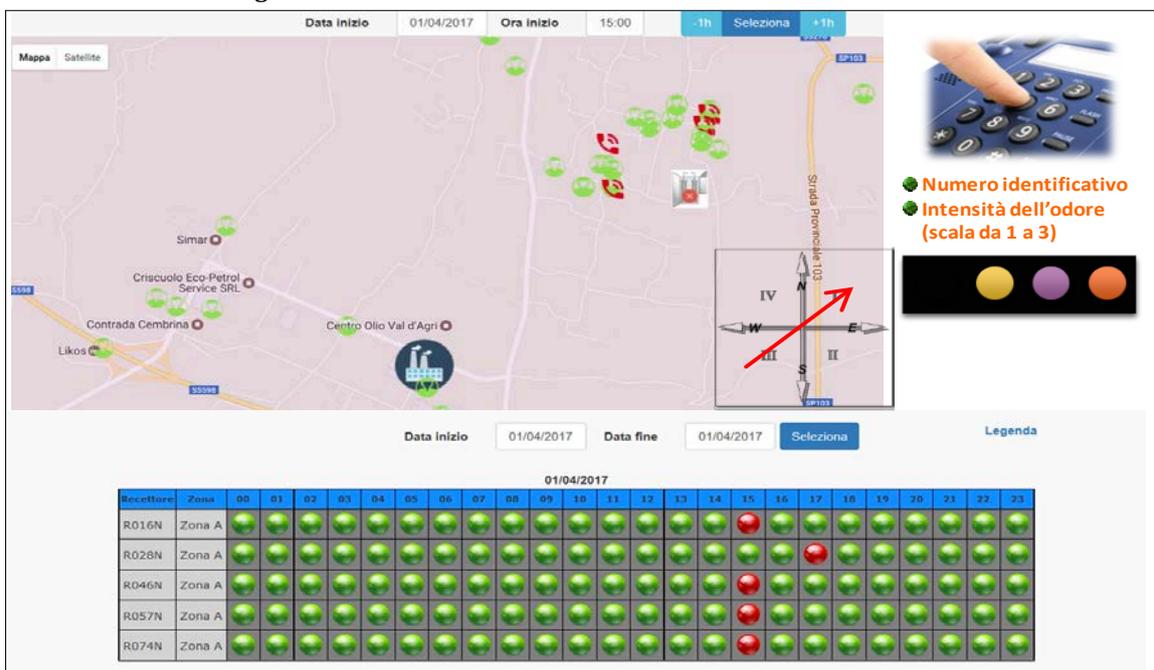


Figura 2.62. Sistema di campionamento dell'aria OdorPrep



Risultati e Discussione

A seguito della validazione dei dati raccolti dalla rete PID dal 19 Febbraio al 30 Giugno 2017 sono state calcolate le concentrazioni medie di COV registrate per ciascun sensore della rete, escludendo dal calcolo i PID 7 e PID8 in quanto, a causa delle sopracitate criticità elettriche, la percentuale di dati validati per questi due sensori era inferiore all' 85%. Inoltre, poiché durante il primo periodo di monitoraggio era emersa la necessità di raccogliere informazioni sulle concentrazioni di COV in un sito di background da confrontare con quelle relative all'area industriale, i dati registrati dal PID 5 sono disponibili solo a partire dall'8 Aprile 2017. Come emerge dalla Figura 2.63, le

concentrazioni medie dei COV calcolate per i PID dislocati attorno all'area industriale (PID 1,2,3,4 e 6) risultano decrescenti all'aumentare della distanza dalla sorgente. Le medie calcolate per ciascun sensore a partire dall' 8 Aprile 2017 sono, inoltre, da 2 a 5 volte superiori al valore calcolato per PID 5, posizionato nel centro del Comune di Viggiano (Figura 2.64).

Figura 2.63. Mappa dei valori medi di COV registrati nell'area industriale dal 19 Febbraio al 30 Giugno 2017

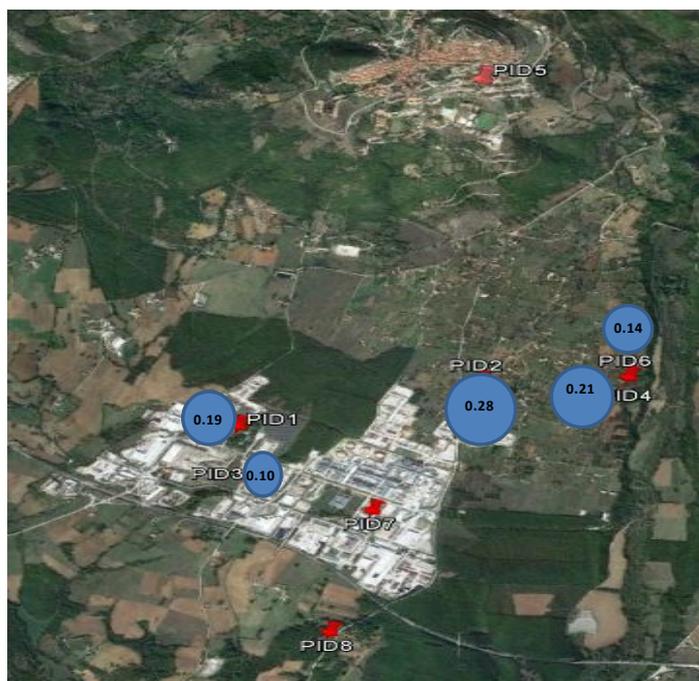
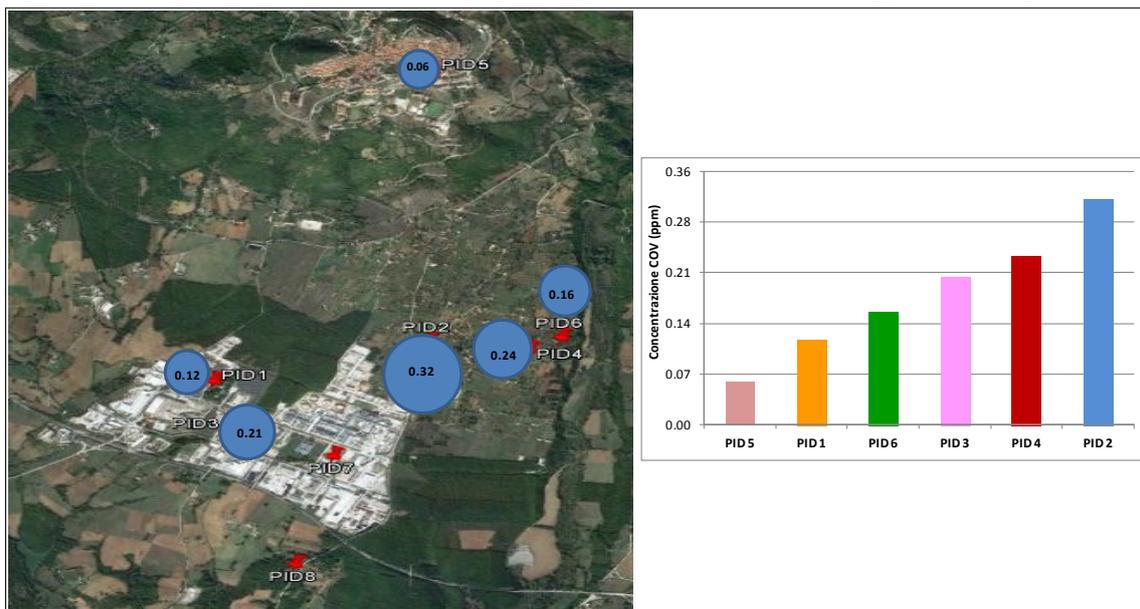
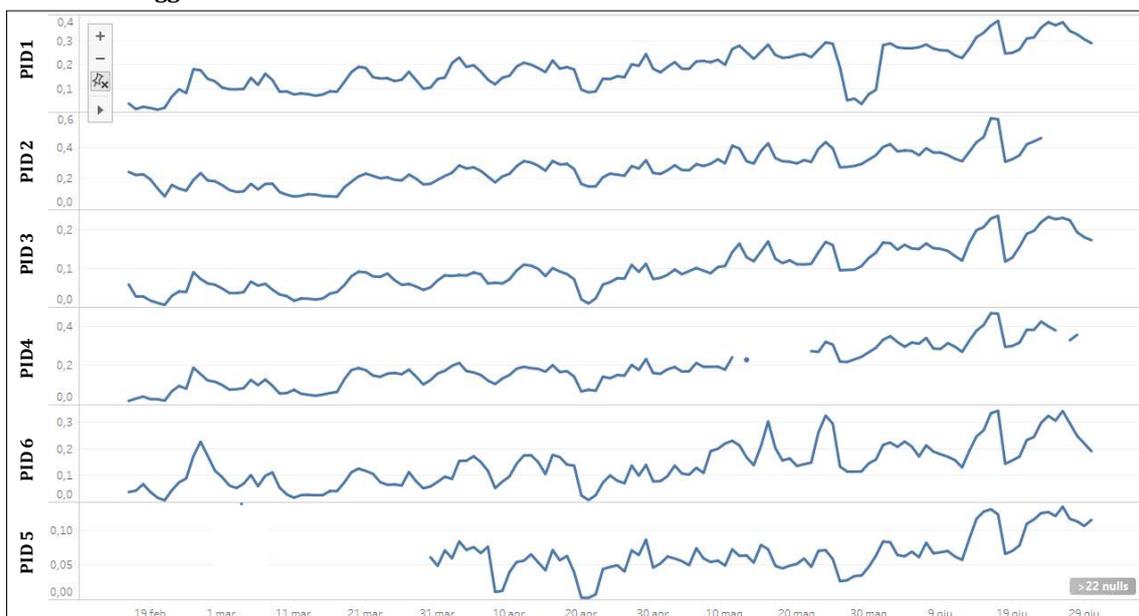


Figura 2.64. Mappa dei valori medi di COV registrati nell'area industriale e a Viggiano dal 8 Aprile 2017



Gli andamenti delle concentrazioni dei COV registrate dai PID posizionati sia nell'area industriale sia nel Comune di Viggiano risultano altamente correlati (Figura 2.65). Ciò suggerisce l'autoconsistenza temporale della rete di monitoraggio dei COV nonché l'affidabilità della tecnologia impiegata.

Figura 2.65. Andamento delle concentrazioni medie orarie di COV registrate nell'area industriale e nel Comune di Viggiano dal 19 Febbraio 2017



Tuttavia, considerando i dati real time delle concentrazioni di COV, in periodi caratterizzati da specifici regimi anemometrici ed elevata velocità del vento è stato possibile individuare una relazione tra la direzione del vento e le concentrazioni di COV registrate dai PID sottovento rispetto alla sorgente indagata.

Confrontando gli eventi ritenuti rilevanti e segnalati dalla popolazione esposta (attività OLF1) e le misure provenienti dalla rete di sensori PID (attività VOC3) nell'intero periodo della campagna di monitoraggio (1 Febbraio – 30 Giugno 2017), è stato possibile riscontrare una forte correlazione tra concentrazioni di COV, segnalazioni della popolazione e direzione del vento.

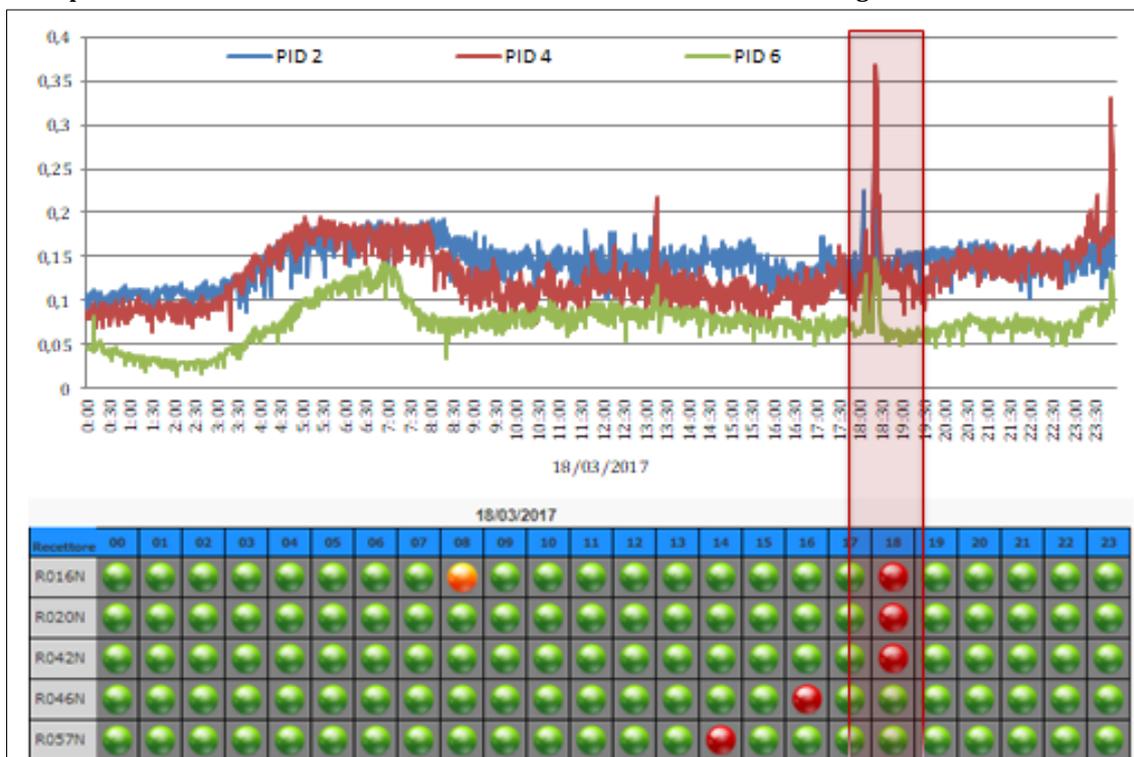
Si riporta qui di seguito il dettaglio degli eventi più rilevanti verificatisi nel suddetto periodo.

Evento 1: giorno 18 Marzo 2017

Nel tardo pomeriggio del giorno 18 Marzo sono state registrate da OdorLab 3 segnalazioni di odore intenso (intensità 3) nella zona 'Vigne' (Figura 2.66). La molestia olfattiva segnalata è stata immediatamente confermata dai PID situati nelle immediate vicinanze delle segnalazioni. Nello specifico, tra le ore 18.15 e le 18.23, i PID 2-4-6 hanno registrato rispettivamente valori di concentrazioni di COV superiori a 100, 250 e 350 ppb. L'elaborazione delle informazioni meteo raccolte dalla protezione civile "gruppo Lucano" ha evidenziato, inoltre, la presenza di venti con direzione prevalente Nord e velocità

sostenuta, confermando l'ipotesi di un apporto degli inquinanti dall'area industriale sui siti recettori.

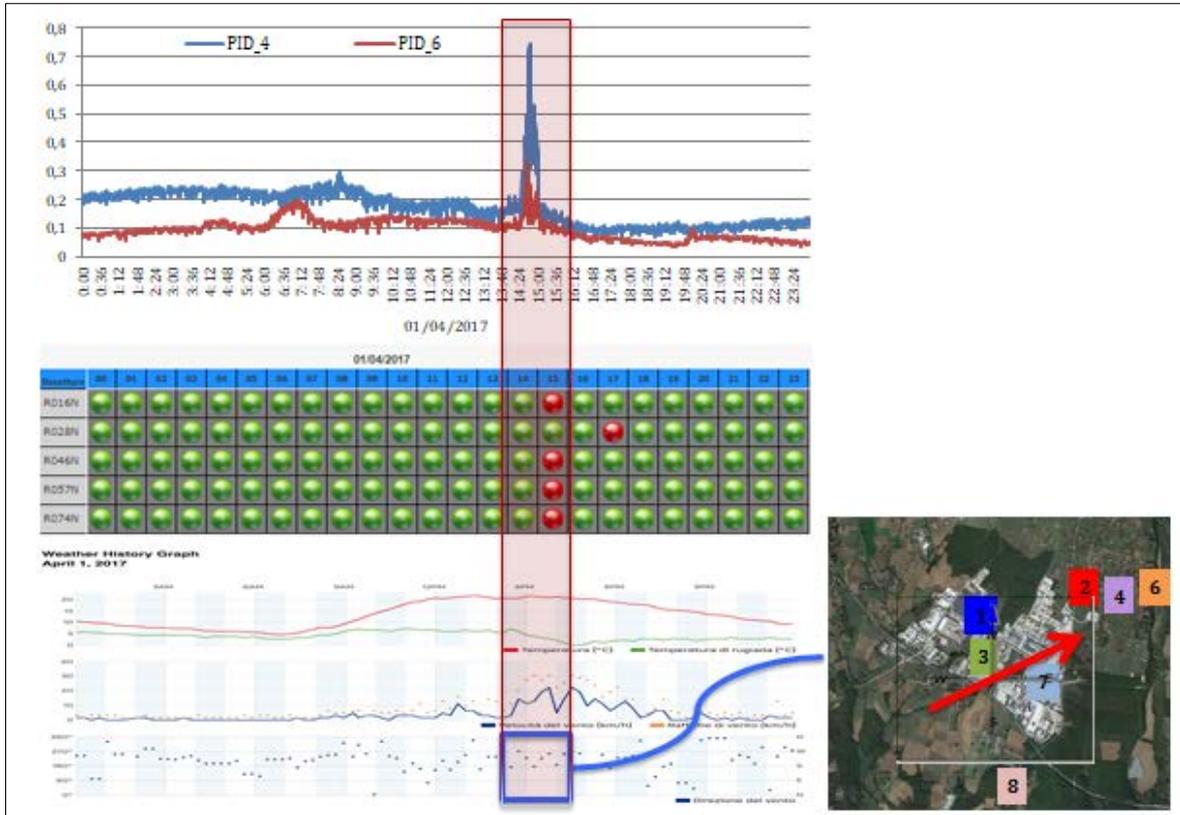
Figura 2.66. Grafico dei valori registrati dai PID 2-4-6 dalle ore 00:00 alle 23:59 del 18 Marzo- corrispondenza con le telefonate effettuate dai recettori situati nella zona "Vigne"



Evento 2: giorno 1 Aprile 2017

Alle ore 15 del giorno 1 Aprile sono state registrate da OdorLab 4 segnalazioni di odore intenso (intensità 3) nella zona 'Vigne' (Figura 2.67). Tale molestia olfattiva è stata confermata dai PID 2-4-6 che, tra le ore 14:30 e le ore 15:04, hanno registrato valori di concentrazioni di COV superiori a 100 ppb. In particolare le concentrazioni maggiori sono state registrate dal PID 4 che, sebbene più distante dalla sorgente rispetto al PID 2, è risultato essere maggiormente sottovento all'area industriale. In tale periodo infatti, i venti hanno soffiato prevalentemente da Sud-Ovest ad una velocità sostenuta, anche superiori a 30 Km/h.

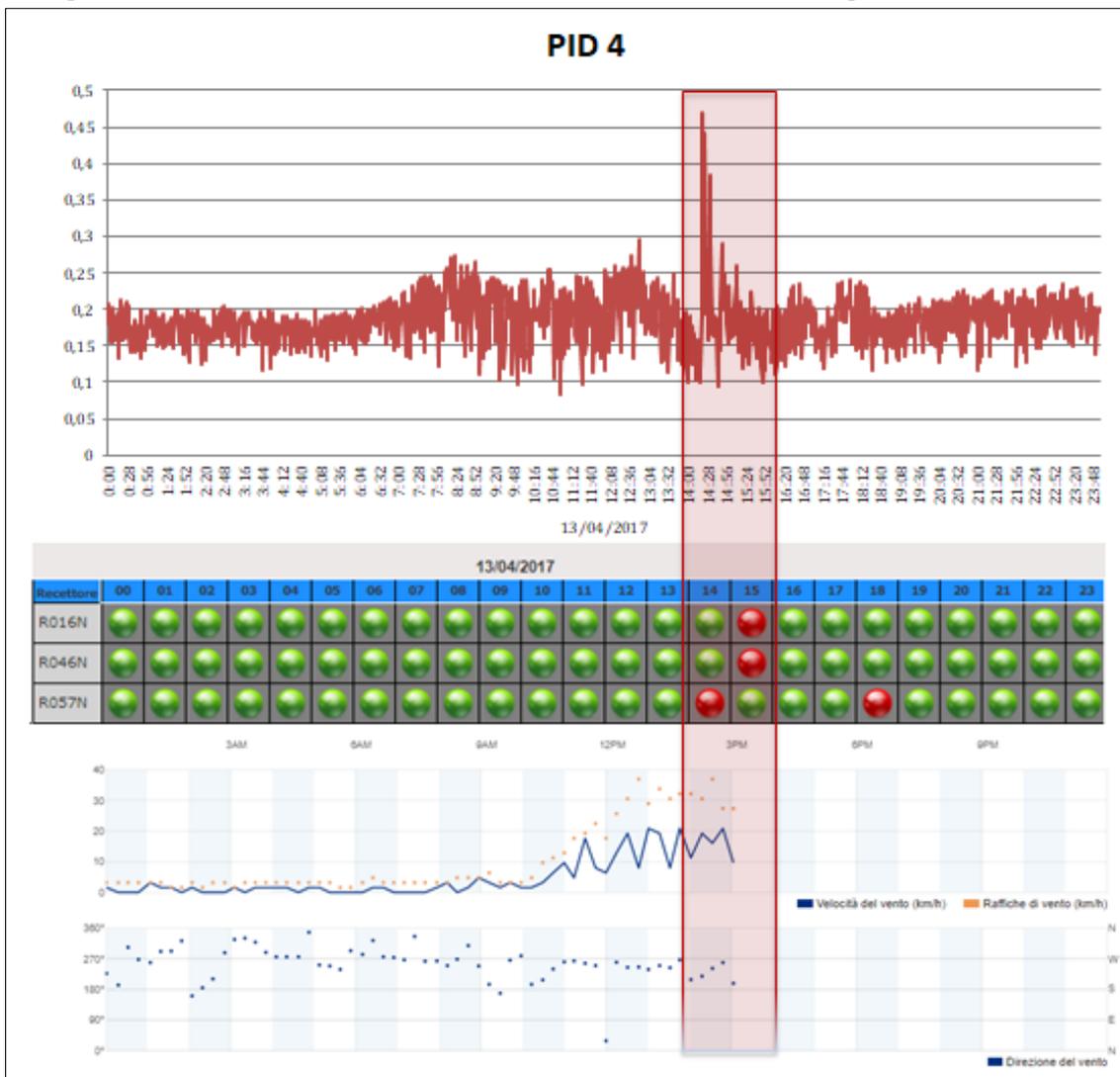
Figura 2.67. Grafico dei valori registrati dai PID 4-6 dalle ore 00:00 alle 23:59 del 1 Aprile - corrispondenza con le telefonate effettuate dai recettori situati nella zona "Vigne"



Evento 3: giorno 13 Aprile 2017

Tra le ore 14 e le 15 del giorno 13 Aprile sono state registrate da OdorLab 3 segnalazioni di odore intenso (intensità 3) nella zona 'Vigne' (Figura 2.68). Nelle stesse ore ed in particolare tra le ore 14:30 e le ore 15:00 i PID 2-4-6 hanno registrato valori di concentrazione di COV superiori a 200 ppb con picchi di 450 ppb misurati dal PID 4. In tale periodo, i venti hanno soffiato prevalentemente da Sud-Ovest a velocità sostenuta, anche superiori a 30 Km/h, trasportando gli inquinanti dall'area industriale sui siti recettori.

Figura 2.68. Grafico dei valori registrati dai PID4 dalle ore 00:00 alle 23:59 del 13 Aprile - corrispondenza con le telefonate effettuate dai recettori situati nella zona "Vigne"



Evento 4: giorno 14 Aprile 2017

Tra le ore 15 e le ore 18 del 14 Aprile sono state registrate da OdorLab 9 segnalazioni di odore intenso (intensità 3) e 2 segnalazioni di odore intermedia (intensità 2). Nelle stesse ore ed in particolare tra le ore 13:30 e le ore 19:04, i PID 2-4-6 sottovento all'area industriale hanno registrato i valori di concentrazioni di COV più elevati del periodo con picchi massimi rispettivamente di 1.4 ppm, 1.3 ppm e 600 ppb. Le concentrazioni più elevate sono state registrate dal PID 2 più vicino rispetto al PID 4 e 6 alla zona industriale (Figura 2.69).

Evento 5: giorno 15 Aprile 2017

Tra le ore 11 e le ore 15 del 15 Aprile sono state registrate dal sistema OdorLab 11 segnalazioni di odore intenso (intensità 3) nella zona 'Vigne' (Figura 2.70). Nelle stesse ore i PID 2-4-6 sottovento all'area industriale hanno registrato valori di concentrazioni di COV superiori alla media del periodo. Le concentrazioni di COV registrate dal PID 2 nel corso

della giornata sono risultate mediamente superiori rispetto ai valori registrati dagli altri due PID in relazione alla sua vicinanza all'area industriale. Inoltre in corrispondenza di venti provenienti prevalentemente da Sud il PID 2 ha registrato alle ore 11:13 il valore massimo di concentrazione, pari a 1.02 ppm. I PID 4 e 6 invece hanno registrato 3 eventi di picco il più significativo dei quali si è verificato alle 16:15 con valori massimi di concentrazione pari a 845 e 335 ppb, rispettivamente. Tali eventi sono coerenti con la direzione prevalente (Ovest-Sud-Ovest) e la velocità (maggiore di 25 Km/h) dei venti registrate negli stessi lassi temporali.

Infine, nell'ambito dell'attività OLF2, i dati relativi alle concentrazioni di COV registrate dal PID 3 sono state confrontate con i profili temporali dei canali analitici del naso elettronico, posizionati nella stessa postazione (Figura 2.60). Come esempio della coerenza tra i profili riscontrata, si riportano gli andamenti temporali dei dati relativi all'8 Aprile (Figura 2.71).

Figura 2.69. Grafico dei valori registrati dai PID 2-4-6 dalle ore 00:00 alle 23:59 del 14 Aprile - corrispondenza con le telefonate effettuate dai recettori situati nella zona "Vigne"

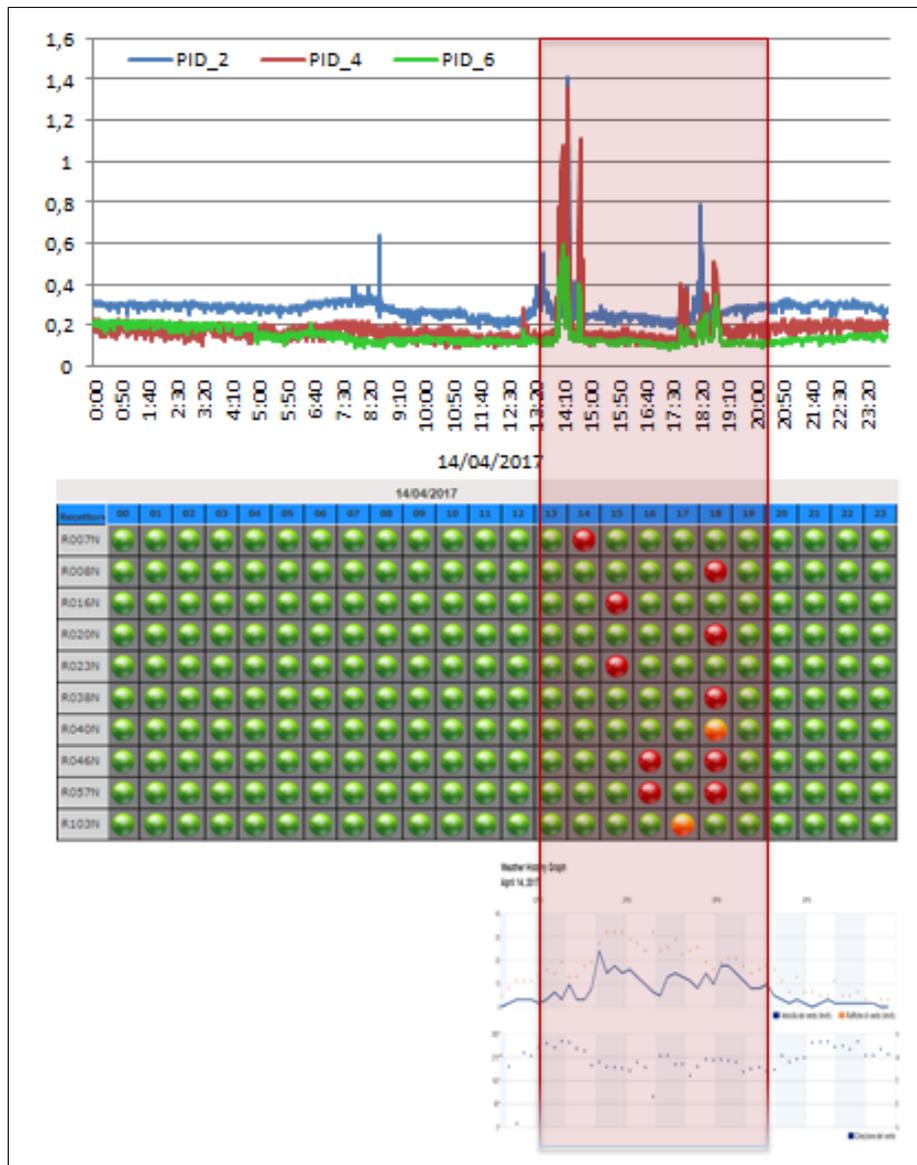


Figura 2.70. Grafico dei valori registrati dai PID 2-4-6 dalle ore 00:00 alle 23:59 del 15 Aprile - corrispondenza con le telefonate effettuate dai recettori situati nella zona "Vigne"

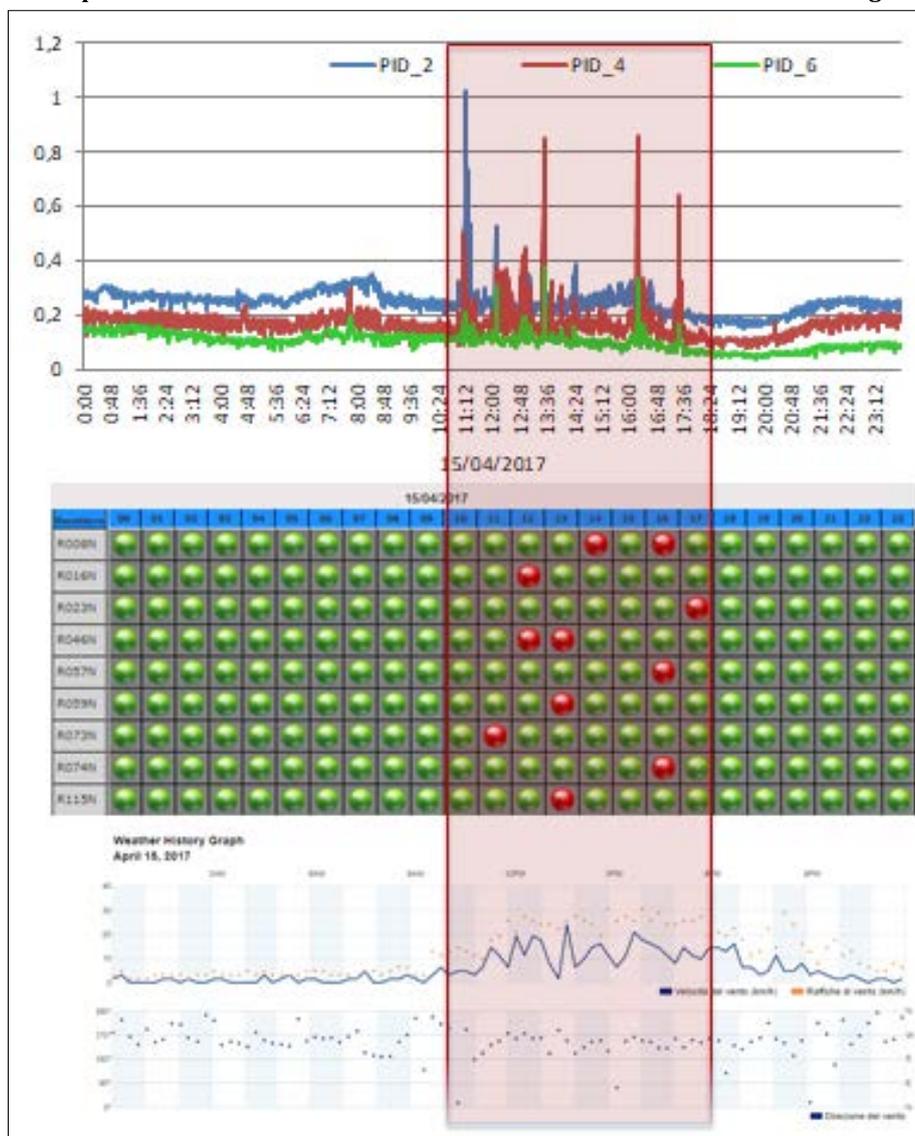
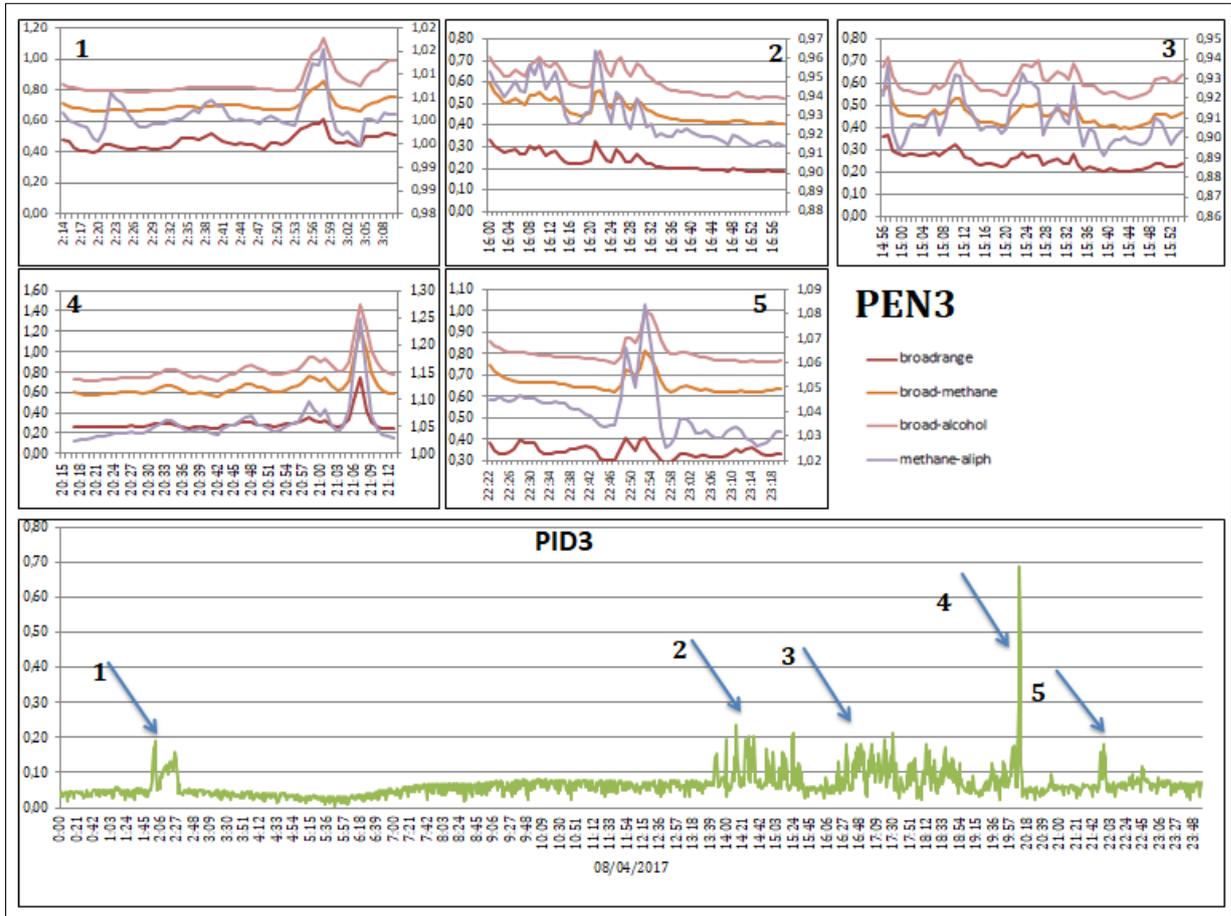


Figura 2.71. Confronto tra le concentrazioni di COV e delle classi di composti odorigeni registrate l'8 aprile 2017 rispettivamente dal PID3 e dal naso elettronico vicini.



Bibliografia

1. EN 13725: Air Quality—Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry; Committee for European Normalization (CEN), Brussels, Belgium, 2003.

Conclusioni

L'integrazione di una rete PID con il sistema OdorLab e la centralina meteo ha permesso di valutare la rispondenza tra i valori registrati dai PID e le segnalazioni di molestia effettuate dalla popolazione più direttamente esposta.

E' stata inoltre dimostrata l'autoconsistenza temporale della rete di monitoraggio e l'affidabilità della tecnologia utilizzata nonostante i black out elettrici determinati dall'utilizzo di utenze domestiche.

Detta autoconsistenza e la rispondenza delle informazioni fornite dai diversi sistemi impiegati dimostrano l'efficacia del sistema integrato rete PID/OdorLab/CENTRALINA METEO nel fornire tempestive indicazioni quantitative circa gli eventi di inquinamento da COV determinati dalla sorgente industriale e le loro ricadute sulla popolazione esposta.

Laboratorio mobile: monitoraggio sperimentale ad alta definizione temporale di COV

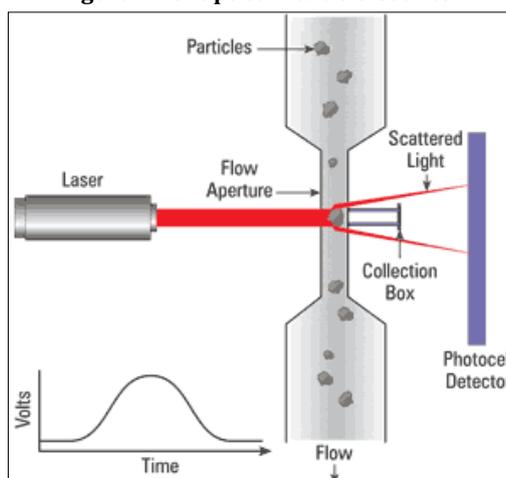
A seguito di un opportuno sopralluogo nell'area oggetto di studio è stato individuato un sito idoneo (denominato 'supersito') per l'installazione del laboratorio mobile VOC&ODOR, equipaggiato di strumentazione analitica altamente performante (Figura 2.72). Tramite il laboratorio è stata effettuata la determinazione della concentrazione numerica e della distribuzione dimensionale delle particelle aerodisperse (attività "VOC4").

Figura 2.72. Laboratorio mobile VOC&ODOR



A tal fine è stato impiegato un analizzatore ottico automatico detto Optical Particle Counter (OPC). Questa strumentazione sfrutta il fenomeno dello scattering della luce (interazione tra una luce laser e le particelle) ed è in grado di determinarne il numero e la dimensione. Strumentazione ottica di questo tipo è provvista, inoltre, di un algoritmo matematico in grado di convertire il conteggio di particelle in una concentrazione di massa, usando una serie di assunzioni la cui validità varia a seconda della natura delle particelle campionate. Un flusso d'aria laminare è diretto verso una zona di rilevamento, dove è illuminato da un intenso raggio di luce, comunemente un raggio di luce visibile collimato, in grado di investire un volume ben definito di aerosol che fuoriesce da un orifizio. Fuori asse rispetto al raggio di luce è presente un fotorivelatore, che misura la quantità di luce scatterata da ogni particella (Figura 73). Un impulso elettrico corrisponde alla luce scatterata da ogni particella: la dimensione della particella è determinata dall'ampiezza dell'impulso, mentre il numero di particelle dal numero degli impulsi. La classe dimensionale di particelle che può essere analizzata con questo strumento è nel range tra 0.2 e 10 μm . Dimensione e numero di particelle sono convertite in un dato di massa facendo assunzioni sulla densità e sulla forma sferica delle particelle.

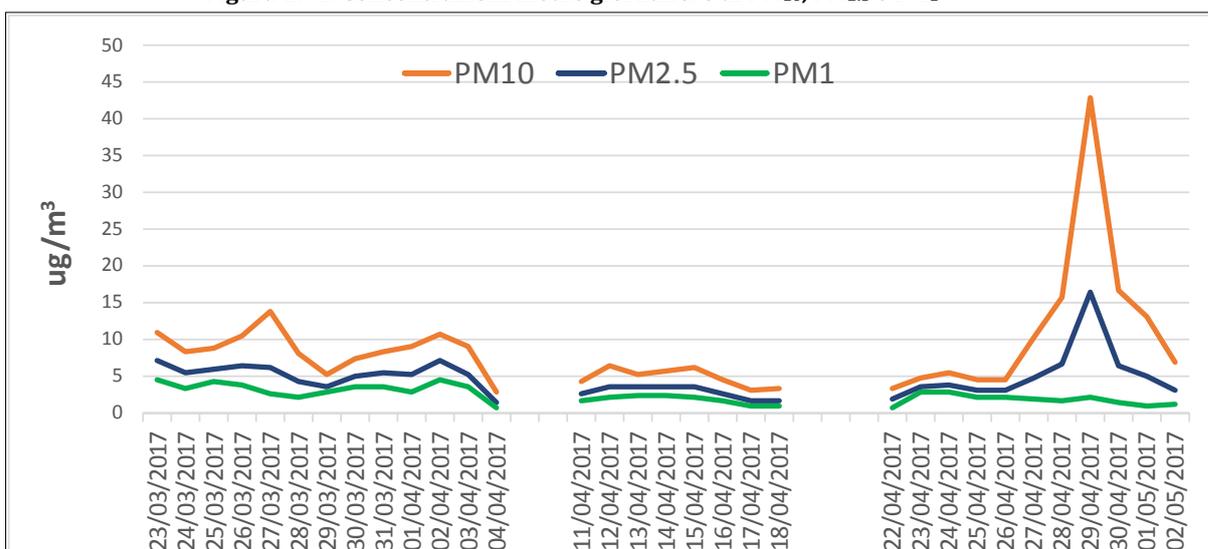
Figura 2.73. Optical Particle Counter



Risultati

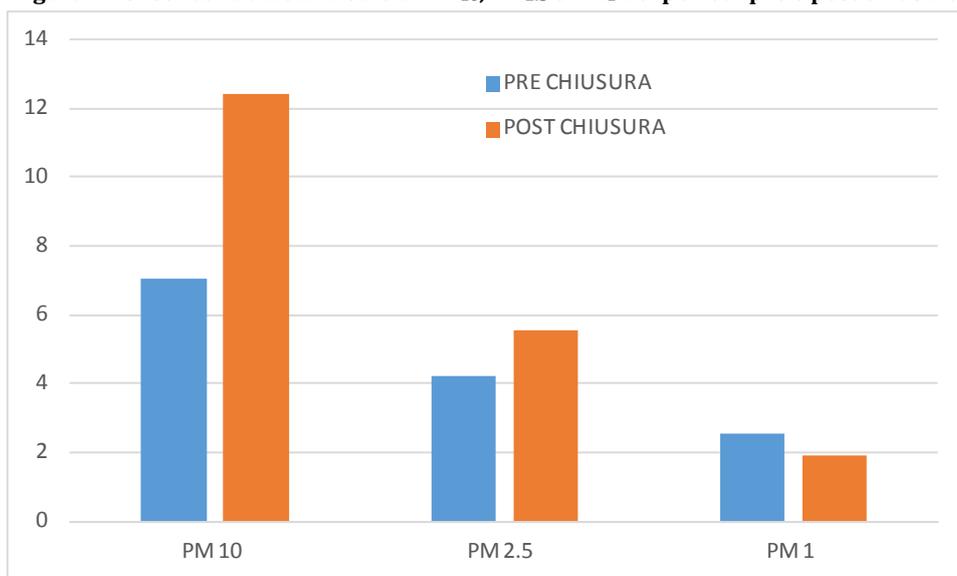
In Figura 2.74 sono riportati i dati mediati giornalmente delle concentrazioni espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ delle diverse frazioni granulometriche del particolato atmosferico: PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e PM_1 . Gli andamenti relativi alle diverse frazioni granulometriche risultano coerenti e correlati per tutto il periodo di campionamento. Si evidenzia, inoltre, la presenza di un evento significativo caratterizzato dall'incremento della concentrazione delle particelle relative alle frazioni PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ a partire dal giorno 26 Aprile fino al 2 Maggio 2017 con raggiungimento del valore di picco il giorno 29 Aprile ($42.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sebbene i valori registrati mediante OPC non permettano di valutare l'ottemperanza al limite di legge della concentrazione di PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), le concentrazioni medie giornaliere di tale inquinante registrate nell'intero periodo di monitoraggio, non risultano mai superiori a tale limite.

Figura 2.74. Concentrazioni medie giornaliere di PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ e PM_1



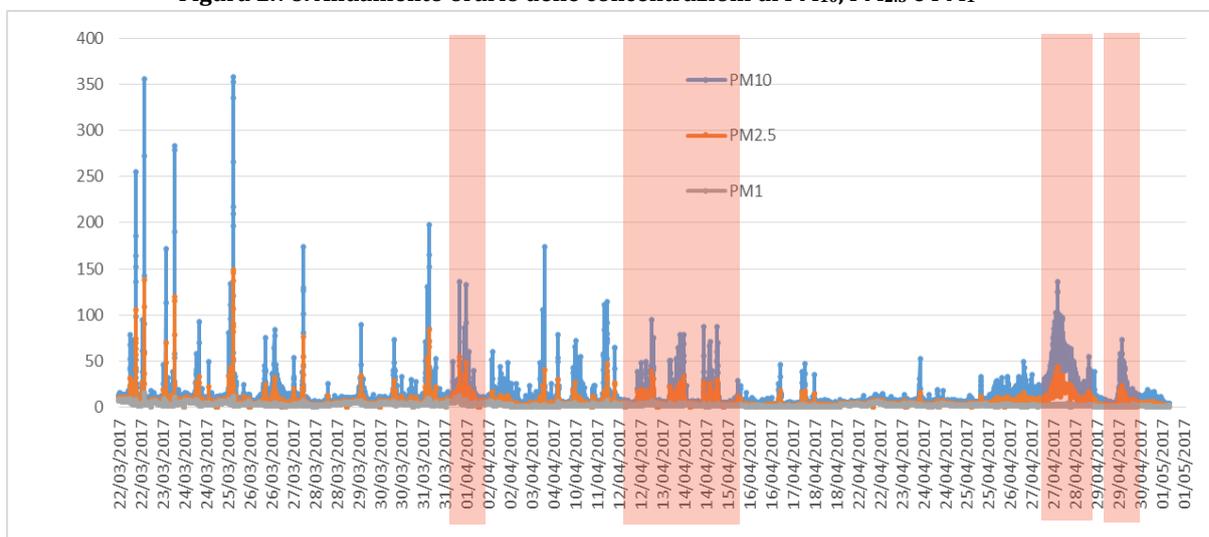
Inoltre, mettendo a confronto le concentrazioni medie delle diverse frazioni granulometriche calcolate nel periodo di monitoraggio precedente e successivo alla sospensione delle attività del Centro Olio, emerge che solo per le particelle ultrafini la concentrazione risulta leggermente diminuita (Figura 2.75).

Figura 2.75. Concentrazioni medie di PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁ nei periodi pre e post chiusura



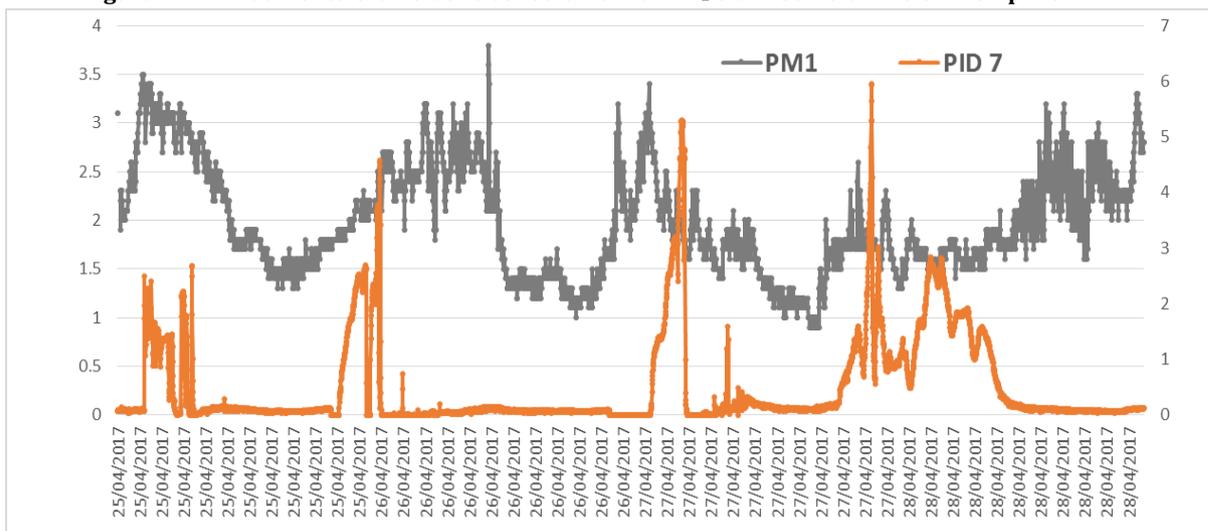
Infine, aumentando la risoluzione temporale delle concentrazioni di PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁ (i cui andamenti sono messi a confronto in Figura 2.76), emerge che in corrispondenza degli eventi segnalati dalla popolazione mediante OdorLab (cfr. paragrafo “Monitoraggio olfattivo di COV: sistema di sorveglianza a rete”) si verifica l’incremento delle concentrazioni di particelle fini ed ultrafini.

Figura 2.76. Andamento orario delle concentrazioni di PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁



Confrontando gli andamenti temporali delle particelle ultrafini e dei COV registrati dal PID7 (Figura 2.77), posizionato nelle immediate vicinanze del Laboratorio Mobile, nel periodo intercorso tra il 25 e il 28 Aprile 2017, è possibile evidenziare una concomitanza tra gli eventi registrati che potrà essere oggetto di approfondimento per lo studio delle singole sorgenti all’interno dell’impianto industriale e delle trasformazioni in atmosfera delle sostanze emesse .

Figura 2.77. Andamento orario delle concentrazioni di PM₁ e di TCOV tra il 25 e il 28 Aprile



Discussione

Le attività svolte con il laboratorio mobile della qualità dell'aria VOC&ODOR non hanno evidenziato particolari impatti delle concentrazioni di polveri sull'area investigata ed adiacente al COVA, sebbene sia emersa una lieve riduzione delle polveri ultrafini a seguito della chiusura dell'impianto. Ciononostante è stato possibile riscontrare coerenza tra le segnalazioni di molestia della popolazione esposta ed incrementi delle concentrazioni di particelle aerodisperse.

Conclusioni complessive

Le attività di monitoraggio della qualità dell'aria sono state realizzate attraverso tre campagne di monitoraggio condotte in differenti periodi dell'anno al fine di produrre una mappa delle concentrazioni in atmosfera dei composti organici volatili (COV) nell'area indagata attorno al COVA. Le suddette attività hanno accertato che l'area oggetto d'indagine è caratterizzata da livelli di concentrazione di Benzene in atmosfera che, sebbene inferiori ai limiti previsti dalla normativa vigente, risultano superiori a quelli riscontrati in altre aree industriali (il confronto è stato effettuato con l'area industriale di Taranto). Questo dato conferma quanto sistematicamente viene rilevato dalla centralina di monitoraggio gestita da ARPA Basilicata posizionata nella zona industriale di Viggiano e denominata Viggiano Z.I. Inoltre attraverso lo studio del rapporto delle concentrazioni di Toluene/Benzene (che rappresenta un utile strumento diagnostico per il riconoscimento delle sorgenti emissive) è stato possibile escludere che dette concentrazioni di Benzene potessero essere prodotte dal traffico autoveicolare o attribuibili a sorgenti emissive a carattere stagionale come il riscaldamento domestico e la combustione di biomassa.

Indicazioni quantitative in tempo reale degli eventi di inquinamento da COV determinati dalla sorgente industriale sono state ottenute mediante un sistema integrato costituito da una rete PID/OdorLab/CENTRALINA METEO che ha evidenziato una diretta correlazione tra le concentrazioni di COV e le segnalazioni della popolazione.

L'impatto della sorgente industriale è stata messa in evidenza anche dai sistemi di misura presenti sul laboratorio mobile che ha stazionato presso la zona industriale per circa tre mesi e che, nonostante non abbia rilevato nell'area investigata valori particolarmente elevati di concentrazioni di polveri ed alcun superamento dei limiti previsti dalla normativa vigente, ha riscontrato una coerenza tra le segnalazioni dei recettori con il sistema OdorLab, l'incremento delle concentrazioni di PM e una riduzione delle polveri ultrafini nel periodo di chiusura del COVA.

I risultati ottenuti aprono scenari promettenti per una più frequente valutazione dello stato di salute dell'ambiente e della popolazione. L'upgrade del sistema di monitoraggio sopra citato rete PID/OdorLab/CENTRALINA METEO con telecamere e strumenti modellistici potrebbe garantire un controllo continuo delle potenziali ricadute al suolo delle emissioni industriali. Allo stesso modo, considerata la non invasività dell'approccio utilizzato e la partecipazione allo studio da parte della popolazione, la sorveglianza sanitaria effettuata misurando nel tempo le concentrazioni di COV nell'esperto umano di selezionati volontari può rappresentare un utile strumento per valutare nel tempo il potenziale effetto dell'esposizione ambientale sul metabolismo umano.

Caratterizzazione del suolo

Introduzione

Lo scopo di questo studio è quello di fornire delle informazioni utili per la valutazione della qualità del suolo attraverso la determinazione dei valori di concentrazione di potenziali contaminanti inorganici nell'area nella quale si collocano Comuni di Viggiano e Grumento Nova in Val d'Agri.

Questo progetto deriva dalla necessità di valutare se esistono zone del territorio nelle quali la qualità del suolo, per quanto concerne le concentrazioni in metalli derivanti da processi antropici, può portare alla modifica delle condizioni naturali dell'ecosistema (Appendice F - Il suolo come matrice ambientale).

Lo strato più superficiale del suolo è quello che più direttamente interagisce con la popolazione. Sono le particelle del suolo superficiale che normalmente vengono a contatto con l'epidermide, possono persino essere ingerite qualora non si rispettino adeguati standard di comportamento e di sicurezza alimentare, possono essere inalate se aerodisperse. Lo strato superficiale è inoltre quello più interessato alla coltivazione, in particolar modo delle specie erbacee. Eventuali contaminanti presenti possono quindi costituire un rischio sia per la salute umana, per contatto dermico o per trasferimento attraverso la catena alimentare, sia per la qualità della produzione vegetale. Questa porzione di suolo, è inoltre la più esposta a fenomeni di contaminazione dovuti alle deposizioni atmosferiche.

Le cause di potenziale contaminazione dei suoli e della vegetazione della zona sono fondamentalmente riconducibili a ricadute di inquinanti aerodispersi emessi in particolare dalle possibili sorgenti quali gli insediamenti industriali dell'area.

Questa indagine potrà, essere propedeutica ad un'eventuale piano di monitoraggio dell'area, da predisporre nell'ottica della tutela ambientale del territorio interessato dalle ricadute delle attività industriali e di altre possibili sorgenti di inquinamento.

Il terreno, pur possedendo un elevato potere di auto depurazione, può restare contaminato per tempi assai più lunghi rispetto alle altre matrici ambientali e può divenire una fonte di rilascio nel tempo di sostanze potenzialmente contaminanti. L'indagine è stata focalizzata su due tipologie di inquinanti, gli Idrocarburi e i metalli pesanti. Gli Idrocarburi possono essere considerati l'indicatore principale della contaminazione di origine petrolifera legata alle attività di estrazione, raffinazione e distribuzione del greggio. Ciascuna miscela di Idrocarburi è composta da un numero variabile di sostanze che possono avere caratteristiche chimico-fisiche diverse. Gli Idrocarburi più leggeri sono molto volatili e facilmente biodegradati, quindi è più difficile ritrovarli nei suoli, mentre altri componenti più pesanti possono persistere con tempi diversi e possono essere ritrovati nel suolo. I metalli pesanti sono invece gli inquinanti più persistenti. Questa loro ben nota caratteristica di persistenza consente una buona possibilità di controllare le loro variazioni nel tempo.

Nel suolo i metalli pesanti, presenti in numerose forme chimiche, non sono degradabili e si presentano quindi come interessanti traccianti ed indicatori ambientali. I metalli pesanti si associano con il particolato atmosferico e raggiungono il suolo sia con le deposizioni

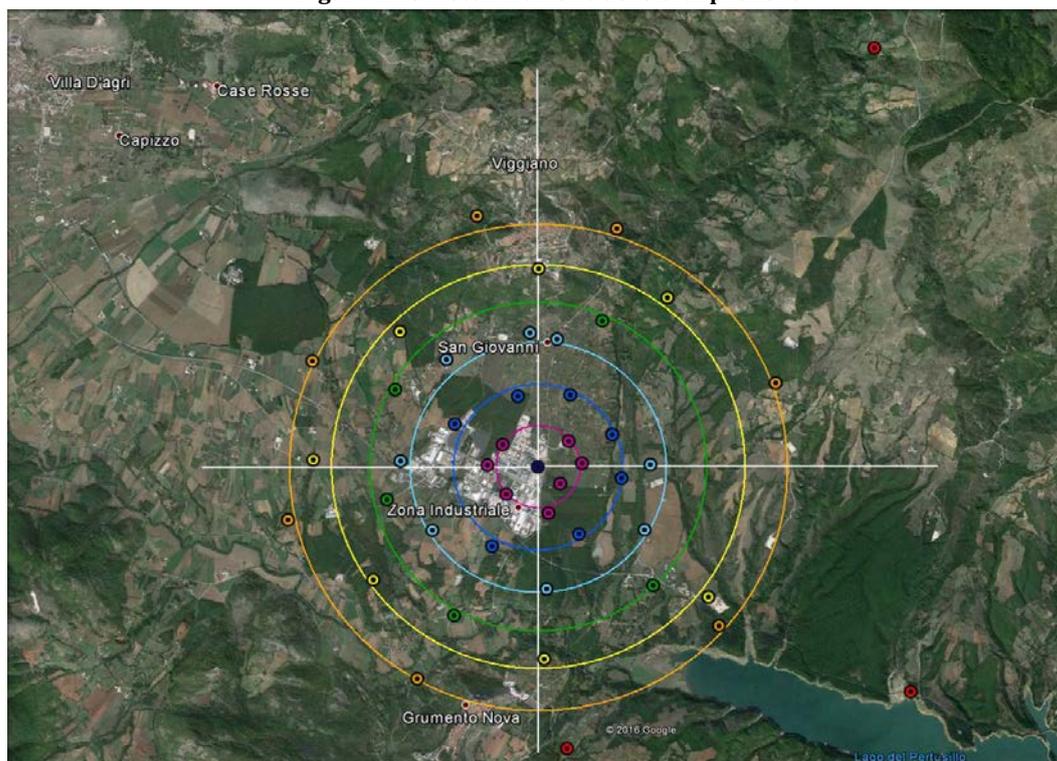
secche e umide che con le acque piovane che dilavano le deposizioni di questi inquinanti dalla vegetazione.

Le informazioni deducibili da una stima dei metalli pesanti che sono presenti nel suolo possono quindi essere cruciali per la valutazione della qualità di un ambiente di elevato valore paesaggistico e naturale, evidenziando gli eventuali apporti derivanti da specifiche attività industriali e fornendo la base di partenza per successive valutazioni ambientali nel corso del tempo.

Materiali e metodi

La strategia di campionamento del suolo è del tipo a cerchi concentrici, che consente di valutare la presenza o meno di gradienti di concentrazione di eventuali contaminanti in relazione sia alla distanza che alla direzione dal COVA. I siti di prelievo sono stati individuati su 6 cerchi concentrici all'intorno del COVA, con centro la "fiaccola" dell'impianto e raggio crescente di 500 metri circa, fino a coprire una distanza di circa 3 km dall'impianto per un'area complessiva di circa 27 km². Per ogni cerchio sono stati definiti almeno 5 siti di prelievo, per un totale di 41. Sono stati inoltre individuati tre siti al di fuori del cerchio più ampio (identificati nelle tabelle successive con la sigla FC), a distanza di circa 3.5, 5.2 e 6.5 km dall'impianto. Il numero totale dei siti di prelievo è 44 (Figura 2.78).

Figura 2.78. Localizzazione dei siti di prelievo



Sono stati definiti 4 gruppi di direzione dal COVA, con orientazione 0-90° (Gruppo I), 90-180° (Gruppo II), 180-270° (Gruppo III) e 270-360° (Gruppo IV).

Il campionamento è avvenuto nei giorni 18 e 19 aprile 2016. Per ogni punto di prelievo, georeferenziato, è stato campionato il suolo nello strato 0-2 cm e nello strato 2-20 cm. La scelta di distinguere lo strato più superficiale consente di valutare l'eventuale apporto recente di contaminanti di origine atmosferica.

Il campionamento delle acque è avvenuto negli stessi giorni di quello del suolo. I siti di prelievo, indicati dagli amministratori locali per un totale di 21, sono i seguenti:

| ID | descrizione |
|-----|--|
| 001 | Lavatoio |
| 002 | Serbatoio carpineta |
| 003 | Centro Urbano Grumento Nova Fontanella P.zza Umberto I |
| 004 | Spinita sorgente Arsieni Molitello acqua potabile (Parco archeologico) |
| 005 | Fiume Sciaura |
| 006 | Fiume Agri |
| 007 | Torrente Casale (ponte grumentino) |
| 008 | Lago Pertusillo (presso masseria Crisci) |
| 009 | SpartiFave |
| 010 | Masseria Foresina |
| 011 | Fonte Marsicano |
| 012 | Deposito Alli |
| 013 | Acquedotto Paterno |
| 014 | Torrente Alli |
| 015 | Fontanella Lavatoio |
| 016 | Fontana dei salici |
| 017 | San Giuliano |
| 018 | Sorgente Casorello |
| 019 | Fiume Maglie |
| 020 | Fontana del Pisciole Viggiano |
| 021 | Pozzo Rosciano Viggiano "Caseificio" (acqua non potabile) |

Metodi analitici

Tessitura del suolo

Le determinazioni sono state eseguite mediante granulometria laser, previa disgregazione dei campioni con ultrasuoni. Lo strumento utilizzato è un Malvern Mastersizer 2000.

pH, capacità di scambio cationico del suolo (CEC), carbonio organico (Corg) del suolo

Le determinazioni sono state effettuate secondo i metodi ufficiali della Società Italiana di Scienza del Suolo, riportati nella Gazzetta Ufficiale N 185 del 13/9/1999.

Metalli pesanti

La determinazione della concentrazione totale di arsenico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), rame (Cu), nichel (Ni), piombo (Pb), zinco (Zn), vanadio (V) è stata eseguita mediante spettroscopia di emissione al plasma (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry -ICP-OES) secondo il metodo ufficiale EPA 3051A.

Idrocarburi con un numero di atomi di carbonio inferiore a 40 (C<40)

Le determinazioni sono state eseguite secondo il metodo EPA 5021A 2003 + EPA 8015C 2007 e UNI EN ISO 9377-2:2002.

Risultati e discussione

Descrizione pedologica dell'area di studio

L'area oggetto di studio si trova al confine di due differenti regioni pedologiche (59.7 e 61.1), così come definite in ISSDS, 2001 sulla base della Soil Regions Map della Commissione Europea, 1998 (Tabella 2.21).

Tabella 2.21. Classificazione dei suoli dell'area oggetto di studio

| Codifica | Nome | Geologia | Descrizione locale |
|-----------------|---|---|---|
| 59.7 | Cambisol-Leptosol region with Luvisols of the southern Appennine | Mesozoic and Terziary calcareous rocks (limestone, marl dolomite) | Aree collinari montane con rocce calcaree mesozoiche e terziarie (calcari, dolomie, marne) dell'Appennino meridionale |
| 61.1 | Cambisol-Regosol region, with Luvisols of eastern Italy (east and south-east part of the Appennine) | Tertiary sedimentary rocks: marly, clayey and sandy flysch | Rilievi appenninici e antiappenninici con rocce sedimentarie terziarie (flysch arenacei, marnosi e argillosi) dell'Italia centrale e meridionale. |

Conseguentemente, i suoli della regione 59.7 sono attribuibili alla provincia pedologica 2 - Suoli dei rilievi interni montani), mentre i suoli della regione 61.1 sono attribuibili alla provincia pedologica 8 - Suoli delle conche lacustri e piane alluvionali interne (Figura 2.79).

Per una più dettagliata descrizione si veda la pubblicazione "I suoli della Basilicata", edita dalla Regione Basilicata nel 2006 e contenente la carta pedologica della regione. Lo studio della cartografia geo-pedologica della Val d'Agri evidenzia come la tipologia di rocce dell'area non sia suggestiva di elevate concentrazioni di elementi in traccia nei suoli a seguito dei processi pedogenetici.

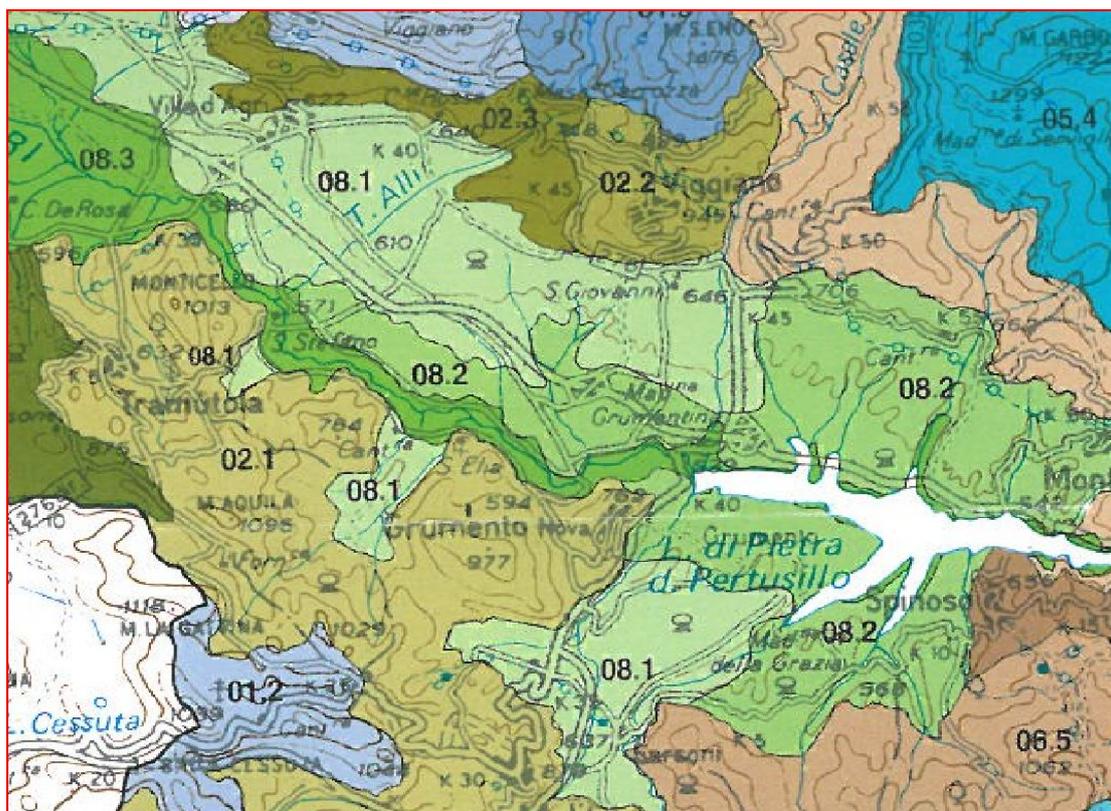
Suolo

I punti di prelievo sono ricaduti in diverse tipologie di uso del suolo (seminativo, vigneto, oliveto, prato, bosco, incolto, suolo urbano, terra di riporto).

Tessitura, pH, capacità di scambio cationico (CEC), Carbonio organico (C_{org}), concentrazione di Arsenico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Rame (Cu), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Zinco (Zn), Vanadio (V) sono state misurate sui campioni di tutti i 44 punti di prelievo. Il contenuto in Idrocarburi è stato misurato su 21 campioni, a causa delle limitazioni del budget e della richiesta di procedere alle analisi di acque, inizialmente non previste dal progetto.

Le caratteristiche fisiche e chimiche del suolo sono riportate in sintesi (min, max, media, mediana) in Tabella 2.22.

Figura 2.79. Carta pedologica dell'area oggetto di studio



I suoli indagati presentano una tessitura da franco sabbiosa a franco limosa, un pH compreso tra 6.3 e 7.9 e generalmente una buona CEC, che quasi sempre si attesta sopra a 20 meq/100g. L'alta variabilità del contenuto in C organico, tra 0.7 e 5.4 %, testimonia i diversi usi del suolo riscontrati nell'area.

Il contenuto in metalli pesanti del suolo in ciascun punto di prelievo, nonché i dati di sintesi (min, max, media, mediana) per l'intera area sono riportati nelle Tabelle 2.23 e 2.24. I valori esposti sono ricompresi nei range di concentrazione normalmente riscontrati in bibliografia per i suoli italiani; si vedano, ad esempio, i range riportati da APAT (2003) per i suoli agrari di varie regioni italiane. Tali modeste concentrazioni rendono superflua la valutazione della frazione biodisponibile dei metalli indagati. Inoltre, a puro scopo indicativo, si può rilevare come i valori misurati nell'area di studio siano ampiamente al di sotto della concentrazione considerata come soglia di contaminazione (CSC) per suoli a destinazione verde e residenziale dal D.L. 152/2006 (che comunque riguarda esclusivamente la bonifica di siti contaminati) presentando puntuali e modesti superamenti di tali soglie solo in due casi (il punto P5.7 per il rame, e il punto Parcheo per rame e piombo).

Le modeste differenze, tra le concentrazioni dei metalli pesanti nello strato più superficiale (0-2 cm) e quello sottostante (2-20 cm), di segno diverso, non sono indicative né di deposizioni recenti né di eventuali traslocazioni di metalli.

In Tabella 2.23 sono riportate anche le medie delle concentrazioni dei metalli pesanti nei punti di prelievo raggruppati a seconda della loro appartenenza o meno ai diversi cerchi

definiti in sede di campionamento, e quindi a crescente distanza dal COVA. Non si rilevano variazioni significative tra i vari gruppi.

Ancora in Tabella 2.23 sono riportate le medie delle concentrazioni dei metalli pesanti nei punti di prelievo raggruppati a seconda della loro posizione rispetto al centro della griglia di prelievo. Anche in questo caso non si rilevano variazioni significative tra i gruppi.

Tabella 2.22. Caratteristiche chimiche dei suoli

| | pH | CEC | C org % |
|-----------------------------------|-----|------|---------|
| <u>Intera area</u> | | | |
| media | 7.1 | 23.3 | 2.17 |
| mediana | 7.1 | 23.7 | 2.11 |
| max | 7.9 | 32.4 | 5.38 |
| min | 6.3 | 13.7 | 0.74 |
| <u>Medie a distanza crescente</u> | | | |
| cerchio 1 | 6.9 | 23.1 | 2.20 |
| cerchio 2 | 7.1 | 23.3 | 2.10 |
| cerchio 3 | 7.2 | 21.9 | 1.94 |
| cerchio 4 | 7.2 | 24.2 | 2.20 |
| cerchio 5 | 7.0 | 22.3 | 2.26 |
| cerchio 6 | 7.4 | 25.2 | 2.14 |
| Fuori cerchi | 7.1 | 24.1 | 2.72 |
| <u>Medie a direzione diversa</u> | | | |
| I (0-90°) | 7.1 | 23.1 | 2.44 |
| II (90-180°) | 6.9 | 21.6 | 2.23 |
| III (180-270°) | 7.3 | 21.3 | 2.08 |
| IV (270-360°) | 7.2 | 26.6 | 1.91 |
| <u>Medie per uso di suolo</u> | | | |
| coltivato | 7.1 | 23.4 | 1.8 |
| bosco | 7.0 | 23.7 | 2.7 |
| altro | 7.1 | 23.2 | 2.7 |

Tabella 2.23. Concentrazione dei metalli pesanti nel suolo (mg/kg) alle due profondità indagate (0-2 e 2-20 cm) nei diversi punti di prelievo ordinati per distanza crescente dal COVA

| ID | Dist. | Dir. | Cd 0-2 | Cd 2-20 | V 0-2 | V 2-20 | Cr 0-2 | Cr 2-20 | Cu 0-2 | Cu 2-20 | Ni 0-2 | Ni 2-20 | Pb 0-2 | Pb 2-20 | Zn 0-2 | Zn 2-20 | As 0-2 | As 2-20 |
|-----------------------------------|-------|------|------------------|------------|------------------|-----------|-------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|--------------------|------------|-------------------|------------|-----------------|------------|
| CSC col. A - D.L.152/06 | | | 2 | | 90 | | 150 | | 120 | | 120 | | 100 | | 150 | | 20 | |
| Suoli agricoli (APAT 2003) | | | 0.1 - 2.6 | | non disp. | | 12.7 - 107 | | 6.3 - 79 | | 9.0 - 92 | | 14.0 - 83.0 | | 30.1 - 167 | | 0.6 - 18 | |
| P1.8 | 1 | II | <0.1 | <0.1 | 34.7 | 33.3 | 16.0 | 15.2 | 24.9 | 16.9 | 24.3 | 23.0 | 19.6 | 19.6 | 55.8 | 47.4 | 17.4 | 6.67 |
| P1.2 | 1 | I | <0.1 | <0.1 | 31.2 | 34.4 | 13.3 | 14.6 | 25.9 | 26.5 | 19.9 | 20.4 | 19.4 | 21.6 | 43.6 | 44.4 | 14.7 | 12.8 |
| P1.4 | 1 | IV | <0.1 | <0.1 | 24.5 | 26.4 | 15.8 | 15.0 | 42.7 | 21.9 | 22.6 | 23.1 | 14.9 | 16.1 | 59.9 | 48.3 | 5.65 | 16.6 |
| P1.6 | 1 | III | <0.1 | <0.1 | 22.1 | 24.7 | 17.1 | 14.8 | 21.2 | 18.7 | 22.9 | 20.0 | 15.6 | 18.3 | 61.2 | 57.9 | 5.55 | 5.69 |
| P1.1 | 1 | I | <0.1 | <0.1 | 25.4 | 26.9 | 13.3 | 14.1 | 71.8 | 56.3 | 20.8 | 21.5 | 16.7 | 18.9 | 55.0 | 44.8 | <0.05 | <0.05 |
| P1.7 | 1 | II | <0.1 | <0.1 | 34.7 | 35.4 | 16.6 | 15.5 | 25.4 | 13.9 | 22.2 | 21.3 | 24.6 | 23.5 | 76.1 | 72.1 | 10.4 | 7.96 |
| P1.5 | 1 | IV | <0.1 | <0.1 | 30.6 | 34.8 | 16.4 | 17.0 | 41.2 | 18.4 | 24.8 | 24.8 | 18.2 | 19.5 | 64.1 | 51.3 | 7.16 | 15.4 |
| P2.3 | 2 | IV | <0.1 | <0.1 | 26.5 | 27.3 | 9.48 | 10.0 | 45.2 | 48.9 | 11.8 | 12.2 | 23.2 | 23.2 | 62.5 | 68.2 | 10.0 | 11.1 |
| P2.7 | 2 | II | <0.1 | <0.1 | 27.5 | 27.8 | 7.81 | 8.21 | 14.8 | 19.3 | 10.4 | 11.0 | 16.2 | 15.6 | 49.6 | 44.9 | 17.2 | 18.5 |
| P2.2 | 2 | I | <0.1 | <0.1 | 22.3 | 20.8 | 8.46 | 7.72 | 94.1 | 77.5 | 7.5 | 7.2 | 12.9 | 11.5 | 50.0 | 43.5 | 4.55 | 3.79 |
| P2.1 | 2 | I | <0.1 | <0.1 | 22.0 | 24.1 | 7.37 | 8.02 | 15.1 | 24.8 | 10.3 | 11.1 | 12.9 | 13.4 | 39.1 | 45.5 | 2.24 | 9.93 |
| P2.8 | 2 | II | <0.1 | <0.1 | 15.9 | 14.1 | 19.4 | 15.1 | 25.2 | 21.3 | 27.5 | 21.1 | 11.4 | 7.6 | 68.0 | 55.4 | <0.05 | 5.66 |
| P2.6 | 2 | III | <0.1 | <0.1 | 18.9 | 18.0 | 7.09 | 6.96 | 22.5 | 20.8 | 8.94 | 8.33 | 12.1 | 10.2 | 45.0 | 43.7 | <0.05 | <0.05 |
| P2.4 | 2 | IV | <0.1 | <0.1 | 28.9 | 31.0 | 9.37 | 9.89 | 42.0 | 21.4 | 12.7 | 12.4 | 16.4 | 18.5 | 59.6 | 57.5 | 8.77 | 8.99 |
| P3.1 | 3 | I | <0.1 | <0.1 | 33.2 | 34.9 | 11.4 | 12.8 | 13.9 | 16.2 | 15.3 | 16.7 | 21.3 | 24.1 | 47.5 | 48.7 | 4.36 | 14.5 |
| P3.6 | 3 | III | <0.1 | <0.1 | 32.1 | 32.1 | 12.9 | 6.42 | 39.1 | 38.0 | 22.3 | 20.8 | 27.2 | 27.7 | 61.3 | 64.7 | 10.0 | 11.4 |
| P3.7 | 3 | II | <0.1 | <0.1 | 33.8 | 33.8 | 7.46 | 8.44 | 16.9 | 18.9 | 15.4 | 15.4 | 13.9 | 15.4 | 45.3 | 42.7 | 11.3 | 7.45 |
| P3.8 | 3 | II | <0.1 | <0.1 | 17.7 | 16.3 | 7.38 | 6.93 | 27.6 | 19.3 | 13.8 | 10.4 | 22.2 | 21.8 | 47.8 | 40.1 | 10.5 | 10.0 |
| P3.3 | 3 | I | <0.1 | <0.1 | 30.4 | 30.3 | 13.5 | 12.9 | 42.4 | 31.3 | 20.4 | 20.4 | 23.9 | 25.8 | 59.3 | 50.6 | 2.12 | 1.30 |
| P3.5 | 3 | IV | <0.1 | <0.1 | 18.2 | 16.4 | 17.2 | 15.9 | 24.1 | 28.8 | 30.5 | 30.8 | 25.6 | 27.8 | 53.1 | 55.2 | 12.4 | 5.76 |
| P3.3 bis | 3 | IV | <0.1 | <0.1 | 35.3 | 37.8 | 13.7 | 13.9 | 39.8 | 44.8 | 18.2 | 18.9 | 26.5 | 24.9 | 54.0 | 55.7 | 8.34 | 3.22 |
| P3.4 | 3 | IV | <0.1 | <0.1 | 30.1 | 31.4 | 13.3 | 10.8 | 32.6 | 30.9 | 21.2 | 20.1 | 22.2 | 26.5 | 43.4 | 58.4 | 10.9 | 13.3 |

Tabella 2.23. continuazione

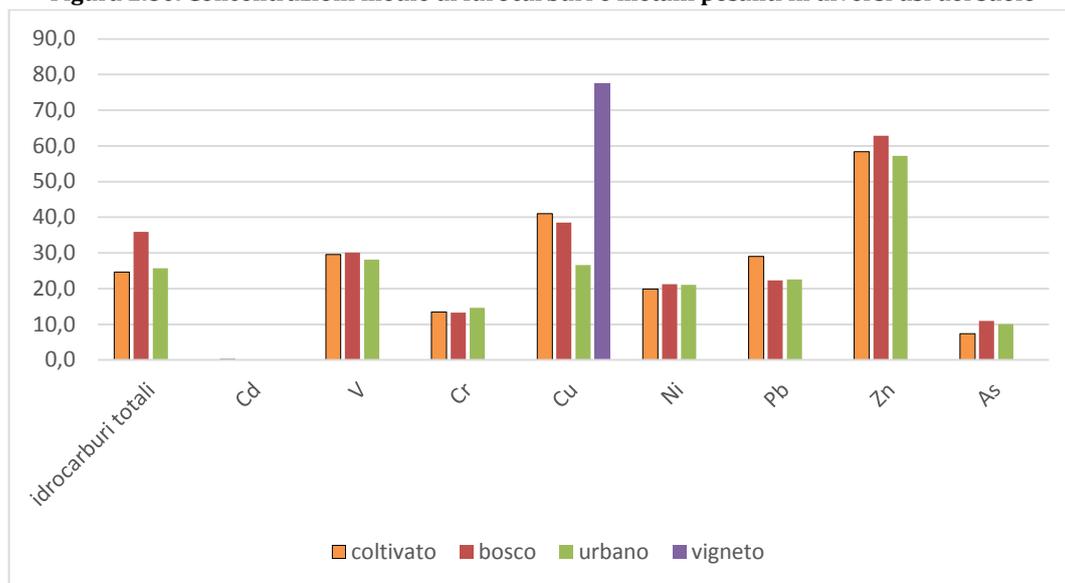
| Dist. | Dir. | Cd 0-2 | Cd 2-20 | V 0-2 | V 2-20 | Cr 0-2 | Cr 2-20 | Cu 0-2 | Cu 2-20 | Ni 0-2 | Ni 2-20 | Pb 0-2 | Pb 2-20 | Zn 0-2 | Zn 2-20 | As 0-2 | As 2-20 | |
|----------------------------|------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------|
| CSC col. A - D.L.152/06 | | 2 | | 90 | | 150 | | 120 | | 120 | | 100 | | 150 | | 20 | | |
| Suoli agricoli (APAT 2003) | | 0.1 - 2.6 | | non disp. | | 12.7 - 107 | | 6.3 - 79 | | 9.0 - 92 | | 14.0 - 83.0 | | 30.1 - 167 | | 0.6 - 18 | | |
| P4.5 | 4 | III | <0.1 | <0.1 | 25.7 | 25.6 | 15.8 | 15.3 | 42.6 | 37.4 | 20.4 | 19.9 | 13.2 | 13.0 | 70.1 | 64.6 | <0.05 | <0.05 |
| P4.2 | 4 | I | <0.1 | <0.1 | 35.4 | 32.5 | 16.9 | 15.3 | 46.8 | 44.6 | 16.2 | 15.1 | 26.4 | 20.7 | 60.1 | 55.7 | 8.46 | 11.9 |
| P4.4 | 4 | IV | <0.1 | <0.1 | 28.5 | 26.1 | 15.4 | 12.8 | 56.7 | 74.8 | 20.0 | 17.7 | 19.1 | 18.3 | 90.9 | 87.5 | 10.0 | 7.34 |
| P4.7 | 4 | II | <0.1 | <0.1 | 22.9 | 24.1 | 7.37 | 7.82 | 54.9 | 55.6 | 9.23 | 9.29 | 11.3 | 12.6 | 46.3 | 45.7 | 5.83 | 7.09 |
| P4.6 | 4 | III | <0.1 | <0.1 | 21.0 | 20.8 | 11.6 | 11.5 | 42.4 | 32.6 | 14.7 | 14.7 | 12.9 | 12.7 | 74.2 | 61.0 | 5.72 | 13.4 |
| P5.4 | 5 | IV | <0.1 | <0.1 | 38.8 | 38.9 | 16.4 | 18.0 | 21.9 | 23.9 | 25.9 | 29.4 | 33.4 | 34.9 | 57.8 | 59.3 | 6.50 | 5.63 |
| P5.7 | 5 | II | <0.1 | <0.1 | 37.6 | 41.1 | 13.9 | 11.4 | 188 | 177 | 19.8 | 21.8 | 39.6 | 42.1 | 95.1 | 99.9 | 13.9 | 6.52 |
| P5.6 | 5 | III | <0.1 | <0.1 | 36.3 | 36.9 | 14.4 | 13.3 | 18.4 | 17.7 | 17.9 | 17.2 | 25.4 | 24.6 | 11.4 | 41.8 | 4.12 | 4.84 |
| P5.3 | 5 | I | <0.1 | <0.1 | 34.4 | 37.7 | 16.7 | 17.9 | 22.6 | 34.8 | 21.2 | 22.8 | 40.8 | 42.2 | 73.3 | 73.0 | 7.74 | 12.1 |
| P5.2 | 5 | I | <0.1 | <0.1 | 23.8 | 26.0 | 16.9 | 19.0 | 33.7 | 38.5 | 31.8 | 35.5 | 38.2 | 40.0 | 91.3 | 90.0 | 7.20 | 5.96 |
| P5.8 | 5 | II | <0.1 | <0.1 | 28.4 | 29.7 | 12.0 | 9.90 | 13.0 | 31.7 | 13.5 | 14.9 | 22.4 | 23.8 | 38.4 | 52.0 | 7.45 | 2.86 |
| P5.5 | 5 | IV | <0.1 | <0.1 | 39.4 | 40.3 | 14.3 | 14.4 | 52.7 | 41.3 | 17.7 | 18.4 | 26.1 | 91.1 | 61.6 | 53.8 | 3.15 | 3.40 |
| P6.7 | 6 | II | <0.1 | <0.1 | 45.3 | 45.3 | 20.7 | 19.9 | 17.7 | 16.4 | 17.7 | 15.9 | 17.2 | 26.9 | 67.9 | 54.3 | 11.1 | 19.9 |
| P6.6 | 6 | III | <0.1 | <0.1 | 37.9 | 34.9 | 15.5 | 15.0 | 22.5 | 28.9 | 24.5 | 29.4 | 30.4 | 23.0 | 56.9 | 59.4 | 14.0 | 13.5 |
| P6.4 | 6 | IV | <0.1 | <0.1 | 21.9 | 22.4 | 15.4 | 14.9 | 42.2 | 41.8 | 29.8 | 29.9 | 22.9 | 23.4 | 50.7 | 50.8 | 19.9 | 16.2 |
| P6.1 | 6 | I | <0.1 | <0.1 | 24.3 | 24.5 | 22.3 | 25.9 | 36.1 | 59.9 | 23.8 | 22.0 | 16.3 | 24.5 | 72.8 | 91.8 | 12.4 | <0.05 |
| P6.2 | 6 | I | <0.1 | <0.1 | 40.4 | 42.8 | 7.97 | 10.4 | 31.9 | 48.2 | 30.9 | 34.8 | 24.9 | 26.4 | 71.8 | 86.5 | 1.26 | 2.00 |
| P6.5 | 6 | III | <0.1 | <0.1 | 44.7 | 45.0 | 13.9 | 16.3 | 27.3 | 43.6 | 29.8 | 29.2 | 35.2 | 28.2 | 57.1 | 49.5 | 12.9 | 16.2 |
| P6.3 | 6 | IV | <0.1 | <0.1 | 13.9 | 13.9 | 12.9 | 14.9 | 20.4 | 23.3 | 11.4 | 22.3 | 41.7 | 18.4 | 54.1 | 51.6 | 6.46 | 19.5 |
| Parcheo | FC | II | <0.1 | <0.1 | 23.6 | 24.3 | 16.9 | 17.4 | 118 | 141 | 25.0 | 26.1 | 123 | 124 | 105 | 111 | 15.9 | 17.0 |
| Plago | FC | II | <0.1 | <0.1 | 21.4 | 25.4 | 13.8 | 15.1 | 15.9 | 31.4 | 20.4 | 22.4 | 16.9 | 19.9 | 52.5 | 57.0 | 6.34 | 6.67 |
| Psorgente | FC | I | <0.1 | <0.1 | 17.4 | 16.0 | 18.4 | 16.3 | 16.9 | 19.0 | 28.2 | 25.9 | 12.6 | 11.6 | 58.7 | 55.0 | <0.05 | <0.05 |

Tabella 2.24. Dati di sintesi della concentrazione dei metalli pesanti nel suolo (mg/kg) alle due profondità indagate (0-2 e 2-20 cm)

| | Cd 0-2 | Cd 2-20 | V 0-2 | V 2-20 | Cr 0-2 | Cr 2-20 | Cu 0-2 | Cu 2-20 | Ni 0-2 | Ni 2-20 | Pb 0-2 | Pb 2-20 | Zn 0-2 | Zn 2-20 | As 0-2 | As 2-20 |
|-----------------------------------|------------------|------------|------------------|-----------|-------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|--------------------|------------|-------------------|------------|-----------------|------------|
| CSC col. A | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D.L.152/06 | 2 | | 90 | | 150 | | 120 | | 120 | | 100 | | 150 | | 20 | |
| Suoli agricoli (APAT 2003) | 0.1 - 2.6 | | non disp. | | 12.7 - 107 | | 6.3 - 79 | | 9.0 - 92 | | 14.0 - 83.0 | | 30.1 - 167 | | 0.6 - 18 | |
| <u>Intera area</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| media | <0.1 | <0.1 | 28.6 | 29.2 | 13.7 | 13.5 | 38.4 | 38.6 | 19.8 | 20.1 | 24.2 | 25.8 | 59.5 | 58.9 | 8.04 | 8.68 |
| mediana | <0.1 | <0.1 | 28.5 | 28.7 | 13.9 | 14.5 | 29.7 | 31.1 | 20.4 | 20.4 | 21.7 | 22.4 | 58.2 | 55.1 | 7.60 | 7.40 |
| max | <0.1 | <0.1 | 45.3 | 45.3 | 22.3 | 25.9 | 187 | 176 | 31.8 | 35.5 | 122 | 123 | 105 | 111 | 19.9 | 19.9 |
| min | <0.1 | <0.1 | 13.9 | 13.9 | 7.09 | 6.42 | 13.0 | 13.9 | 7.47 | 7.17 | 11.3 | 7.63 | 11.4 | 40.1 | <0.05 | <0.05 |
| <u>Medie a distanza crescente</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| cerchio 1 | <0.1 | <0.1 | 29.0 | 30.8 | 15.5 | 15.2 | 36.1 | 24.6 | 22.5 | 22.0 | 18.4 | 19.6 | 59.4 | 52.3 | 8.69 | 9.30 |
| cerchio 2 | <0.1 | <0.1 | 23.1 | 23.3 | 9.85 | 9.42 | 37.0 | 33.4 | 12.7 | 11.9 | 15.0 | 14.3 | 53.4 | 51.2 | 6.11 | 8.27 |
| cerchio 3 | <0.1 | <0.1 | 28.9 | 29.1 | 12.1 | 11.0 | 29.5 | 28.5 | 19.6 | 19.2 | 22.9 | 24.2 | 51.5 | 52.0 | 8.74 | 8.37 |
| cerchio 4 | <0.1 | <0.1 | 26.7 | 25.8 | 13.4 | 12.5 | 48.7 | 49.0 | 16.1 | 15.3 | 16.6 | 15.5 | 68.3 | 62.9 | 6.00 | 7.95 |
| cerchio 5 | <0.1 | <0.1 | 34.1 | 35.8 | 14.9 | 14.8 | 50.0 | 52.1 | 21.1 | 22.9 | 32.3 | 42.7 | 61.3 | 67.1 | 7.16 | 5.90 |
| cerchio 6 | <0.1 | <0.1 | 32.6 | 32.7 | 15.5 | 16.8 | 28.3 | 37.5 | 24.0 | 26.2 | 27.0 | 24.4 | 61.6 | 63.4 | 11.1 | 12.5 |
| Fuori cerchi | <0.1 | <0.1 | 20.8 | 21.9 | 16.4 | 16.2 | 50.2 | 63.8 | 24.5 | 24.8 | 50.7 | 51.8 | 72.1 | 74.5 | 7.40 | 7.90 |
| <u>Medie a direzione diversa</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I (0-90°) | <0.1 | <0.1 | 28.3 | 29.2 | 13.9 | 14.6 | 37.6 | 39.8 | 20.5 | 21.1 | 22.2 | 23.4 | 60.2 | 60.8 | 5.42 | 6.19 |
| II (90-180°) | <0.1 | <0.1 | 28.6 | 29.2 | 13.3 | 12.6 | 45.1 | 46.9 | 18.3 | 17.7 | 28.2 | 29.4 | 62.3 | 60.2 | 10.6 | 9.69 |
| III (180-270°) | <0.1 | <0.1 | 29.8 | 29.7 | 13.5 | 12.4 | 29.5 | 29.7 | 20.2 | 19.9 | 21.5 | 19.7 | 54.7 | 55.3 | 6.54 | 8.13 |
| IV (270-360°) | <0.1 | <0.1 | 28.1 | 28.9 | 14.1 | 14.0 | 38.5 | 35.0 | 20.5 | 21.7 | 24.2 | 28.6 | 59.3 | 58.1 | 9.10 | 10.5 |

I diversi punti di prelievo sono anche stati raggruppati per tipologia di uso di suolo, individuando tre categorie: suoli coltivati, suoli a bosco o macchia, suoli urbani o di riporto (Figura 2.80). Le medie delle concentrazioni nei diversi uso del suolo non mostrano differenze significative. Nel caso del rame abbiamo aggiunto un'ulteriore categoria di uso del suolo, quella del vigneto; qui la concentrazione del rame, pur in un quadro di non significatività statistica, si mostra più alta delle medie relative agli altri usi del suolo. Ciò a riprova di come l'indagine ambientale si mostri in grado di rivelare una storia, in questo caso quella dei trattamenti al vigneto con fitofarmaci a base di rame.

Figura 2.80. Concentrazioni medie di Idrocarburi e metalli pesanti in diversi usi del suolo



Le Figure 2.81-2.87 mostrano la distribuzione spaziale delle diverse concentrazioni dei metalli nel suolo. Per favorire la confrontabilità dei dati, i siti di prelievo sono caratterizzati da una colorazione graduale dal bianco al rosso in funzione dell'approssimarsi alla CSC stabilita dal D.L. 152/2006 – colonna A. Nelle stesse figure, per ogni elemento considerato viene riportato il grafico box-plot della distribuzione delle concentrazioni nell'insieme dei siti di prelievo.

Figura 2.81. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Arsenico in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006

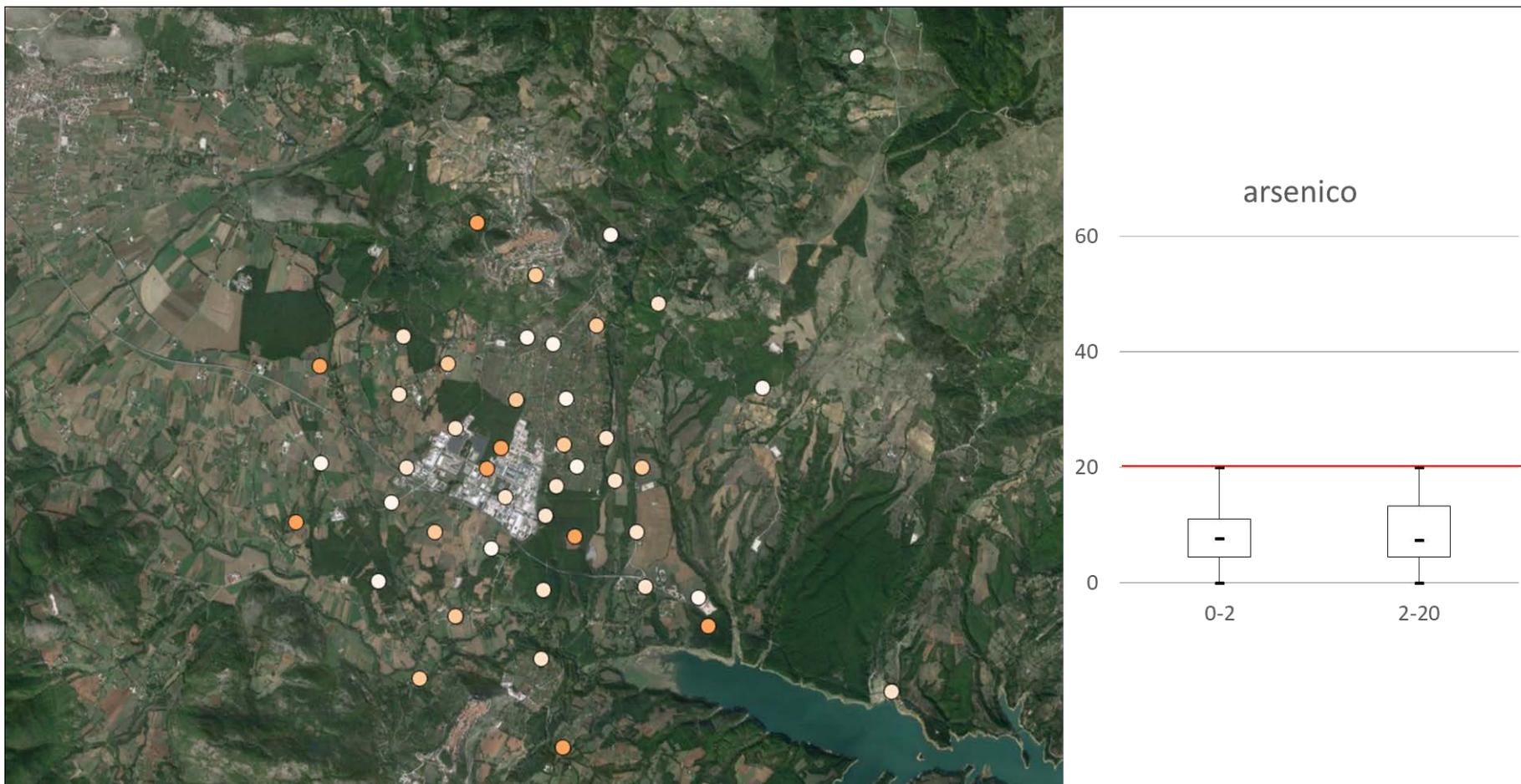


Figura 2.82. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Cromo in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006

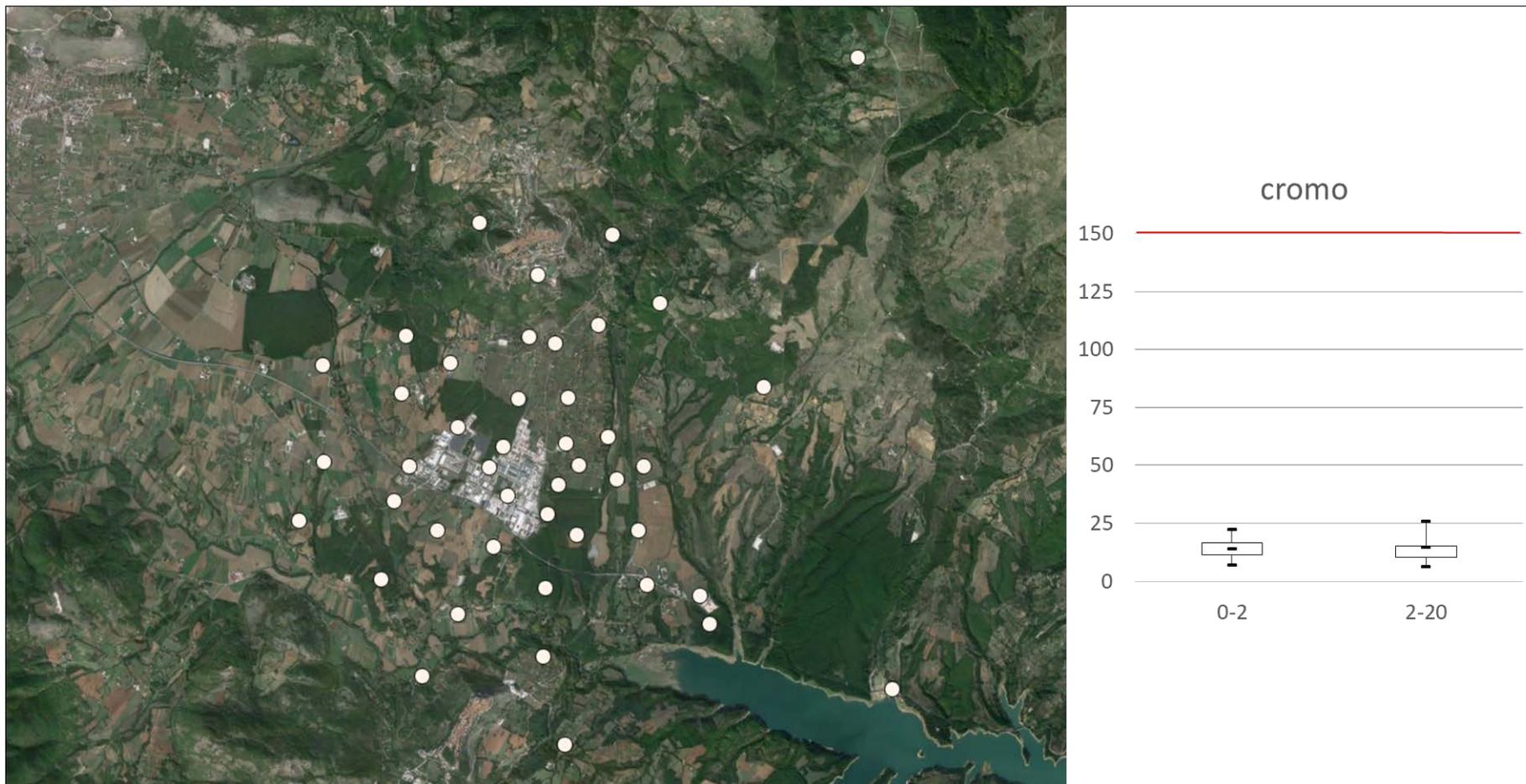


Figura 2.83. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Nichel in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006

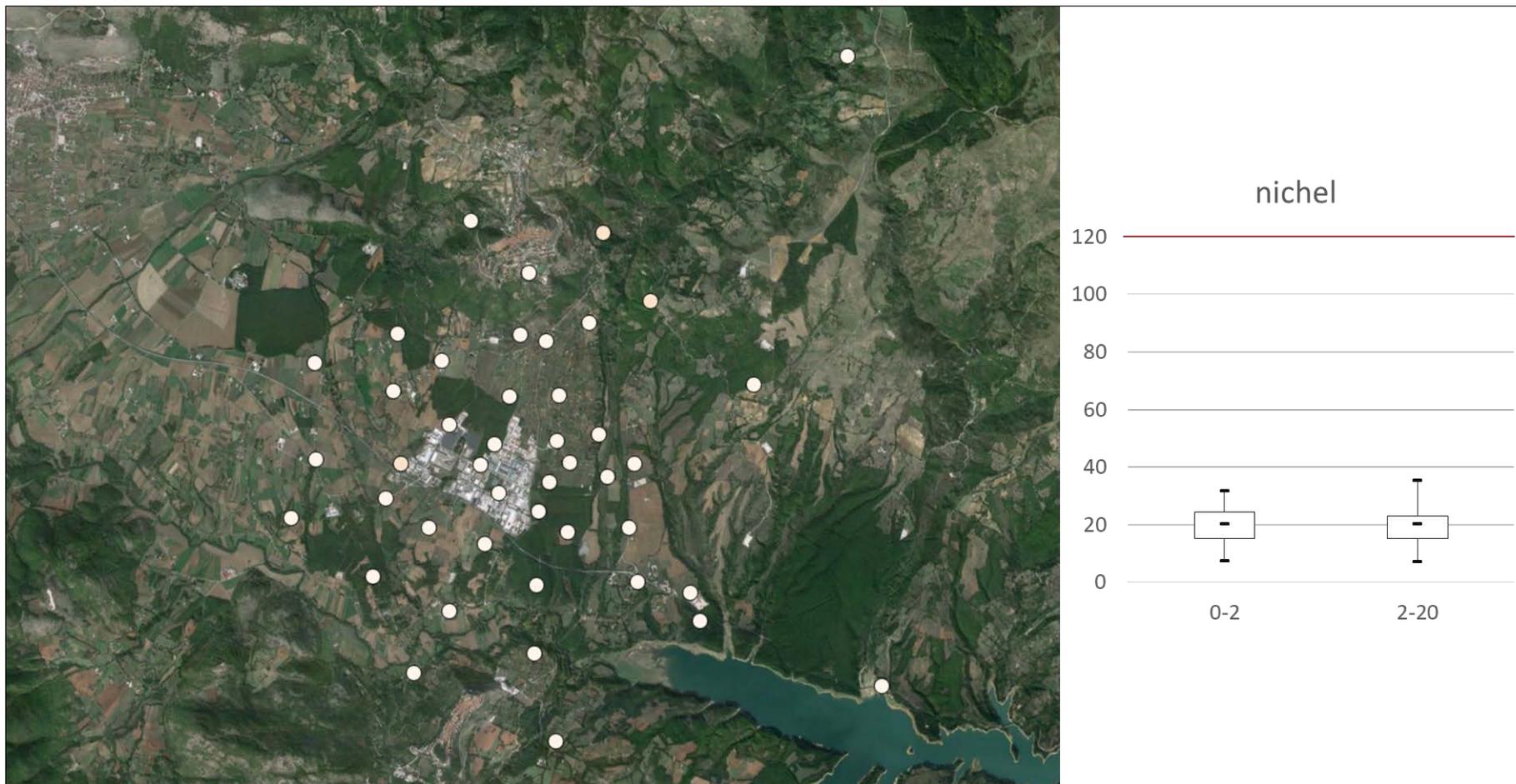


Figura 2.84. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Piombo in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006

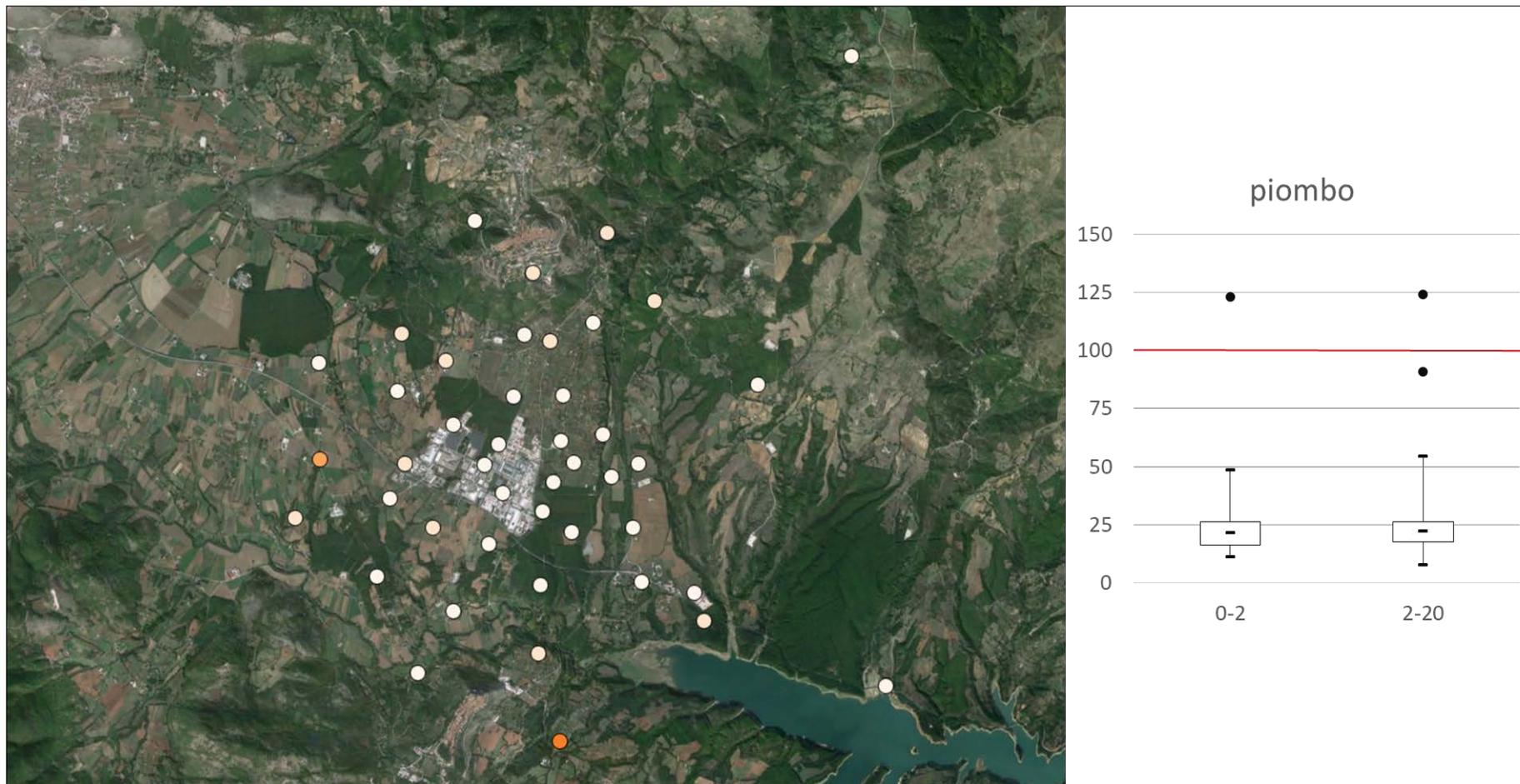


Figura 2.85. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Rame in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006

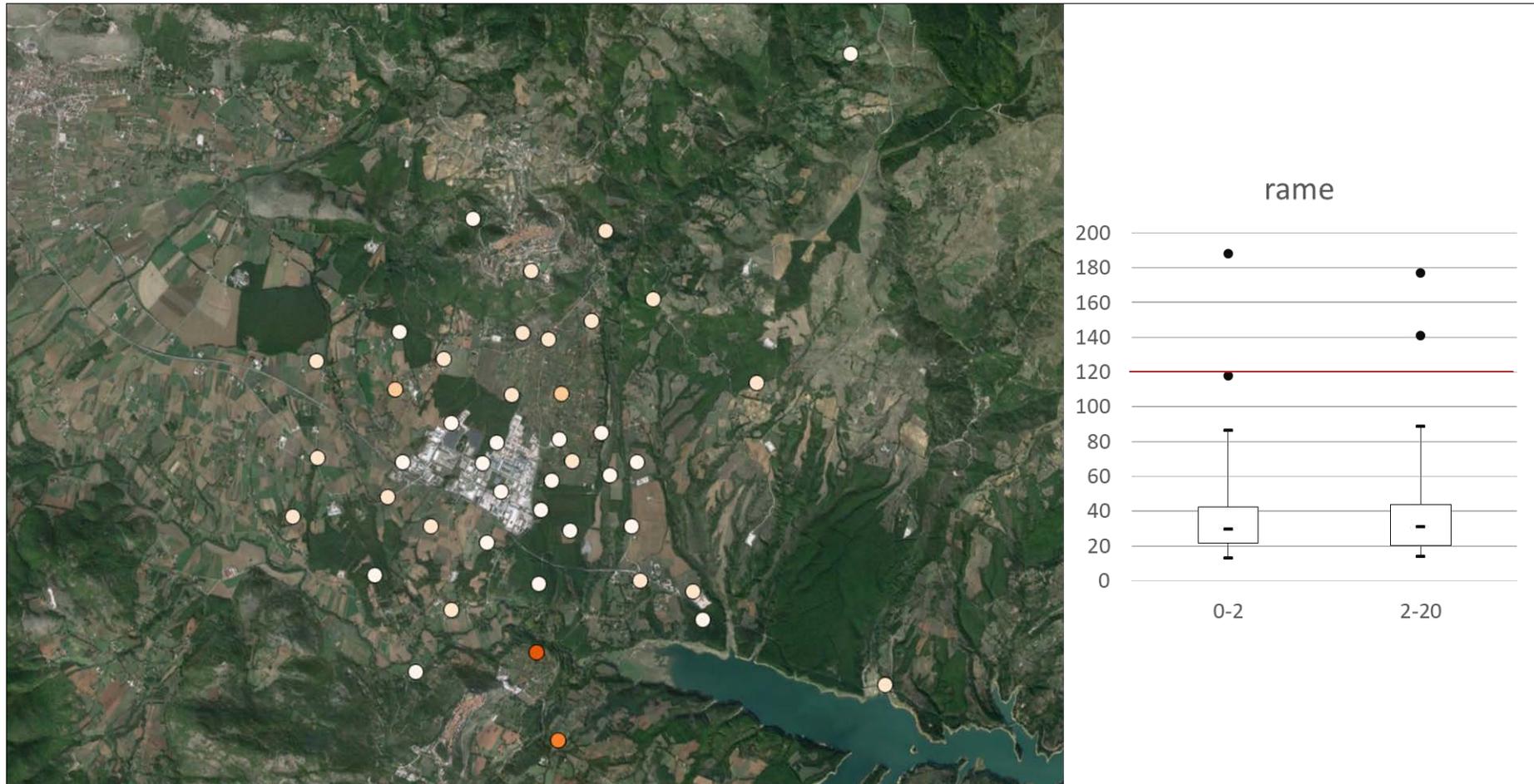


Figura 2.86. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Vanadio in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006

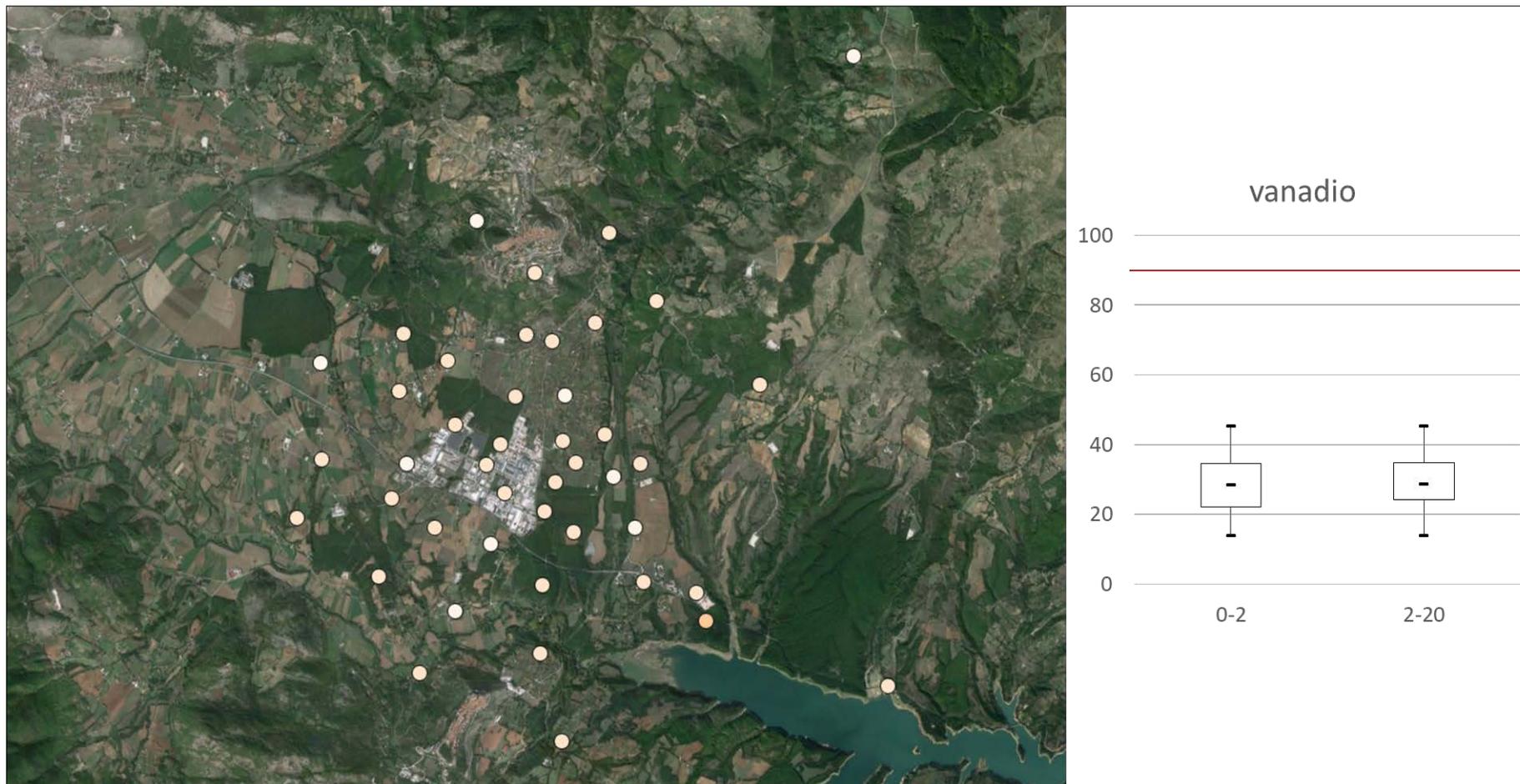
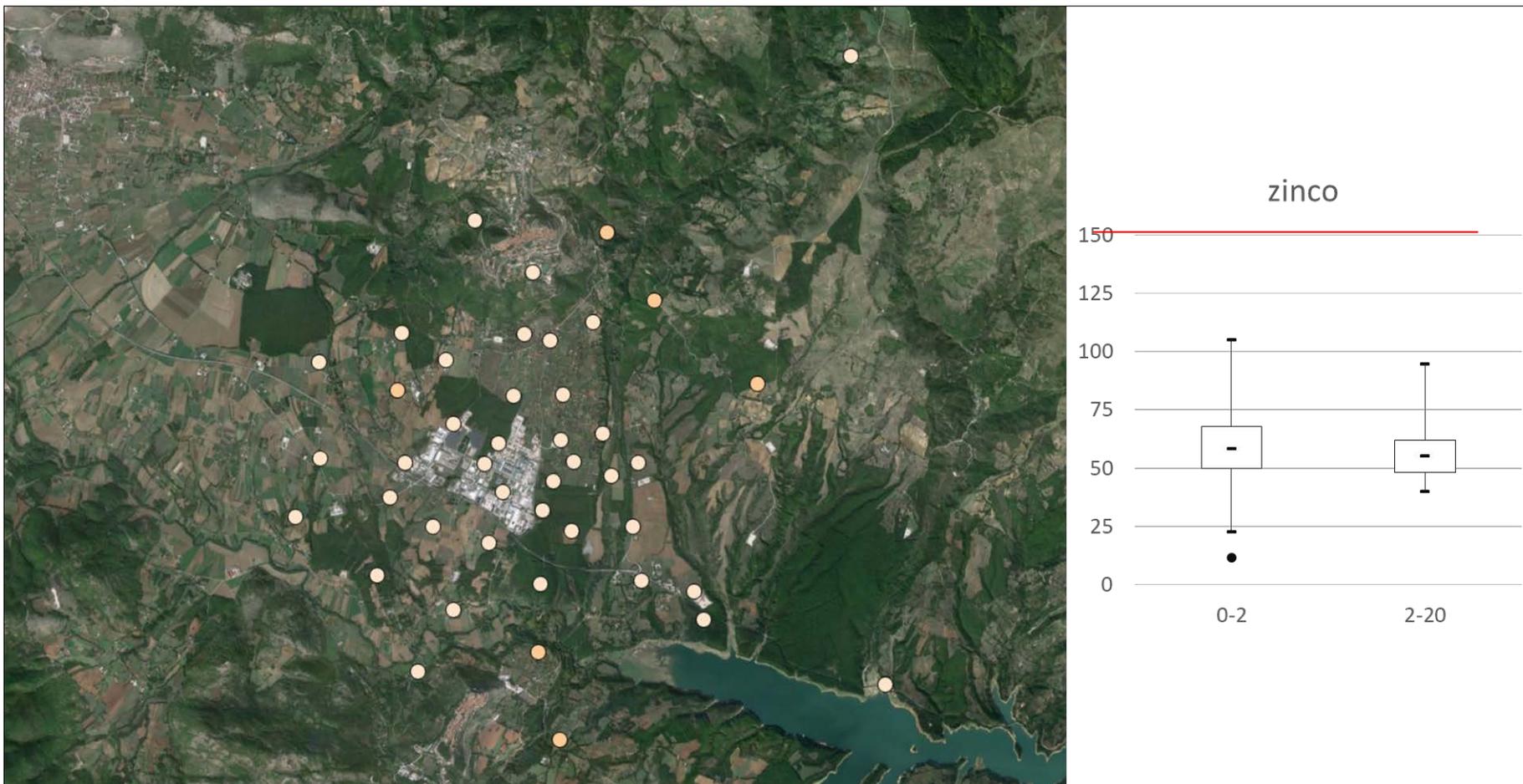


Figura 2.87. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Zinco in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006



La concentrazione medie degli Idrocarburi nei punti di prelievo raggruppati per distanza e per direzione sono riportate in Tabella 2.25. I valori di concentrazione sono per tutti i punti ben al di sotto della CSC stabilita dal D.L. 152/2006.

Tabella 2.25. Dati di sintesi della concentrazione degli Idrocarburi nel suolo

| Idrocarburi (N. atomi di Carbonio) | C<12 | C12-C40 |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| CSC - col. A D.L. 152/2006 | 10 | 50 |
| <u>Intera area</u> | | |
| media | 0.09 | 27.13 |
| mediana | 0.07 | 25.30 |
| max | 0.20 | 48.46 |
| min | <0.01 | 11.92 |
| <u>Medie a distanza crescente</u> | | |
| cerchio 1 | 0.11 | 31.34 |
| cerchio 2 | 0.05 | 30.32 |
| cerchio 3 | 0.04 | 24.68 |
| cerchio 4 | 0.08 | 28.71 |
| cerchio 5 | 0.17 | 21.65 |
| cerchio 6 | 0.11 | 23.83 |
| Fuori cerchi | <0.01 | 26.52 |
| <u>Medie a direzione diversa</u> | | |
| I (0-90°) | 0.09 | 31.24 |
| II (90-180°) | 0.17 | 27.50 |
| III (180-270°) | 0.07 | 25.12 |
| IV (270-360°) | 0.08 | 24.06 |

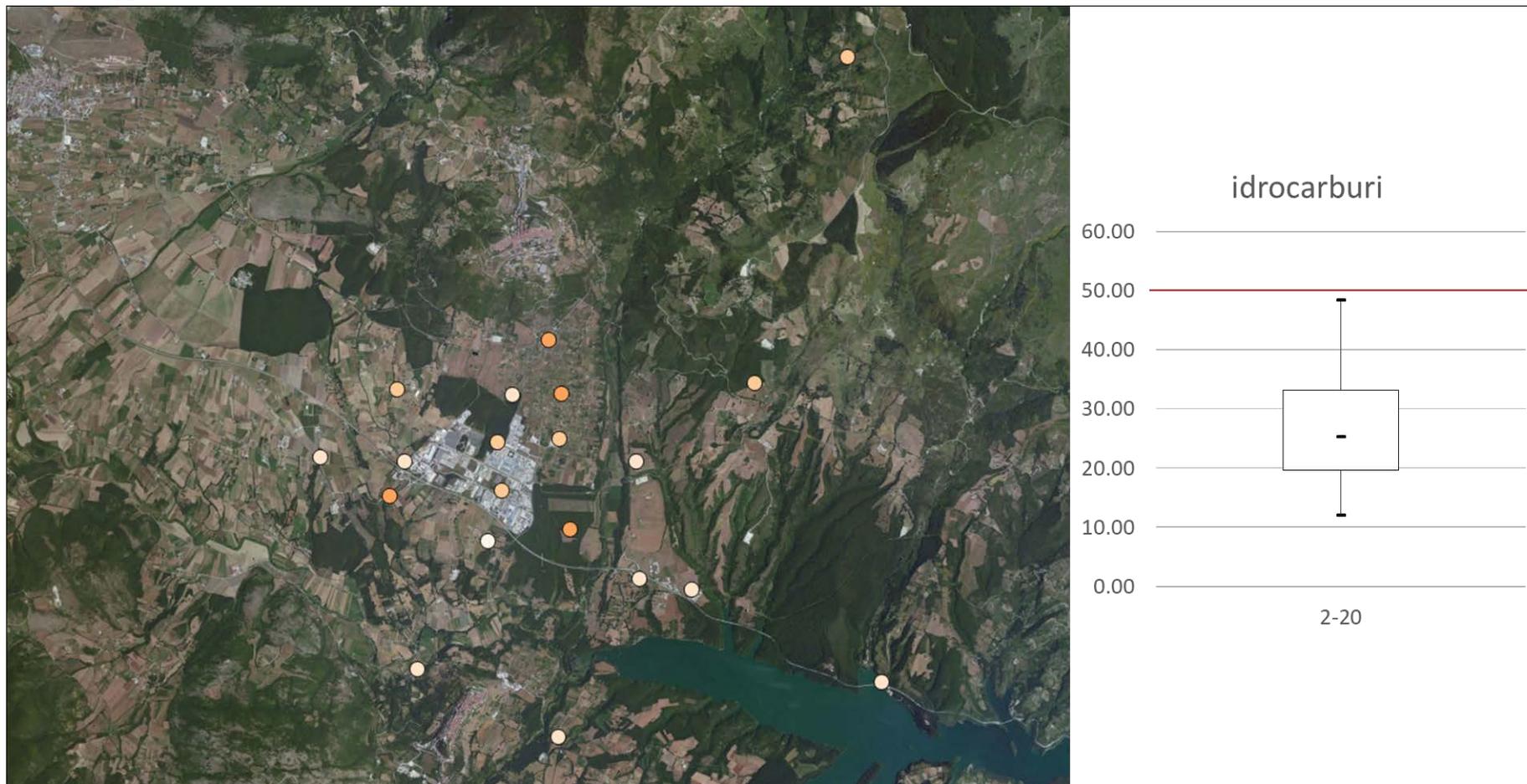
Nella Figura 2.88 sono riportati distribuzione spaziale e grafico box-plot degli Idrocarburi, con gli stessi criteri utilizzati per i metalli.

Acque

Su tutti i campioni di acque sono state effettuate le determinazioni dei metalli pesanti, del Ferro e dell'Alluminio.

Tutti gli elementi sono risultati al di sotto del limite di quantificazione, ad eccezione del campione 021 che presenta Al (0.05 mg/l) e Fe (0.49 mg/l). Tale campione al prelievo presentava un aspetto torbido, con molte particelle in sospensione di aspetto "terroso". Ciò potrebbe spiegare la presenza di Fe e Al, due elementi tipici della composizione dei minerali del suolo.

Figura 2.88. Distribuzione spaziale dei livelli di concentrazione di Idrocarburi in percento della CSC e grafico box-plot della distribuzione di tale elemento. La linea rossa rappresenta la CSC - col. A D.L. 152/2006



Le acque sono state anche analizzate per gli Idrocarburi, ad eccezione dei campioni dal 17 al 20, per i quali le modalità di prelievo e la quantità raccolta non erano idonee alle successive analisi. Occorre infatti ricordare che il numero dei campioni che durante la campagna di prelievo è stato chiesto di acquisire era nettamente superiore al preventivato. Tutte le acque analizzate presentavano concentrazioni di Idrocarburi al di sotto del limite di quantificazione, ad eccezione del campione 007 (torrente Casale-ponte grumentino), per il quale si registravano 134 µg/l.

Conclusioni

La considerazione della qualità del suolo è una questione centrale per ogni attività di valutazione ambientale; infatti, il suolo svolge un ruolo di primaria importanza in molti equilibri ambientali svolgendo un'insostituibile azione di filtro e di protezione degli altri comparti.

I criteri operativi generali con i quali si è svolta la presente ricerca derivano dalla esigenza di fornire una valutazione di eventuali valori elevati di concentrazione di alcuni metalli e composti organici nei suoli e nelle acque dell'area in esame, in relazione alla presenza del COVA e relativa area industriale. Di conseguenza sono stati definiti 44 siti di prelievo su una griglia di campionamento a cerchi concentrici, in un'area di circa 2.7 km² all'intorno del COVA, ricompresa tra i Comuni di Viggiano e Grumento Nuova. Sono stati inoltre analizzati 21 campioni di acque prelevati su indicazione degli Amministratori locali in corpi d'acqua naturali e in acquedotto.

I risultati ottenuti forniscono un quadro della situazione ambientale del suolo e delle acque al momento attuale e rappresentano un'indispensabile base di partenza per successivi monitoraggi nel tempo.

Relativamente ai parametri indagati nel suolo si riscontrano valori non dissimili da quelli noti per molti suoli italiani, tali da escludere una contaminazione della matrice suolo derivante da questi stessi parametri. I dati raccolti non evidenziano pattern di distribuzione spaziale delle concentrazioni sia dei metalli pesanti che degli Idrocarburi analizzati.

I livelli di contaminanti nelle acque sono risultati inferiori ai livelli di quantificazione; il caso riscontrato di presenza di Idrocarburi nelle acque del torrente Casale, seppure unico e in quantità modeste, consiglia la necessità del proseguimento del monitoraggio.

La prevista integrazione di questi risultati con quelli provenienti dalle altre unità operative, potrà fornire un quadro approfondito della situazione ambientale del territorio e dare indicazioni per la predisposizione di un eventuale piano di monitoraggio nel tempo.

Modelli di diffusione e mappatura degli inquinanti

Sistema modellistico

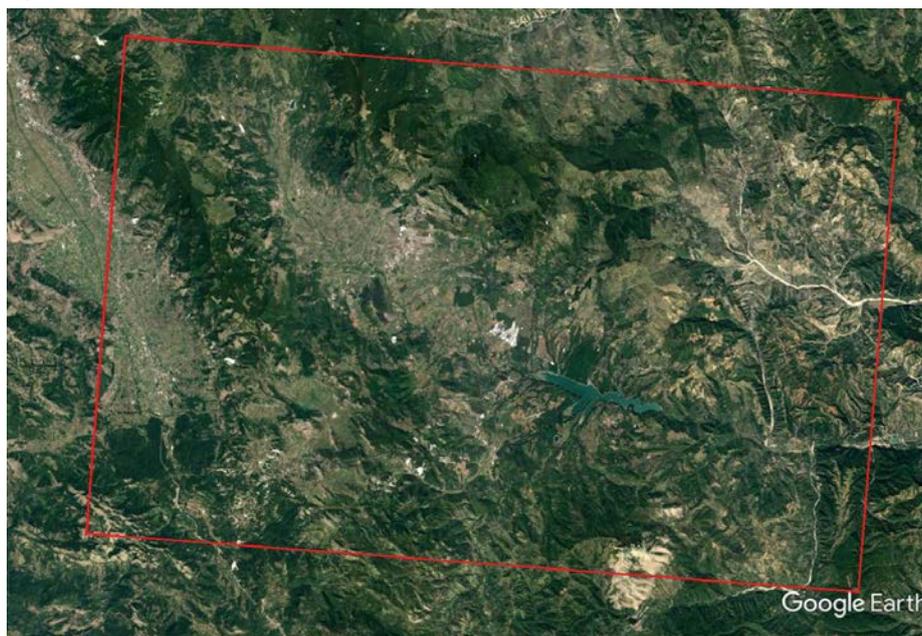
Periodo di simulazione e area di studio

Per la realizzazione delle simulazioni modellistiche atte a riprodurre gli scenari dispersivi relativi alle emissioni dei camini del COVA, è stata fatta la scelta di considerare un periodo temporale pari ad un intero anno meteorologico. Come anno di riferimento è stato scelto il 2013, in quanto gli anni successivi, 2014 e 2015, sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche meno rappresentative della climatologia media su tutto il territorio italiano. L'esecuzione di simulazioni relative ad un periodo di un anno completo consente di:

- raccogliere una statistica significativa e rappresentativa di tutti i cicli stagionali per la determinazione delle aree di impatto, che possono rappresentare condizioni realistiche con maggiore probabilità;
- procedere con un confronto più sistematico con l'insieme di dati eventualmente raccolti sul territorio;
- mettere a disposizione in modo sistematico tutti gli eventuali episodi che si rilevano durante il periodo in esame per un confronto diretto con eventuali segnalazioni di disturbo da parte della popolazione o degli Enti competenti alla protezione ambientale;
- effettuare un confronto più diretto con i limiti della normativa vigente (medie, percentili) che sono previsti attraverso statistiche su un periodo di questa durata.

L'area di studio per la dispersione degli inquinanti include la Val d'Agri e l'area circostante, per un dominio finale pari a 45 km in longitudine e 30 km in latitudine (Figura 3.5).

Figura 2.89. Area di studio per le simulazioni meteo-dispersive con segnato in rosso il dominio di simulazione

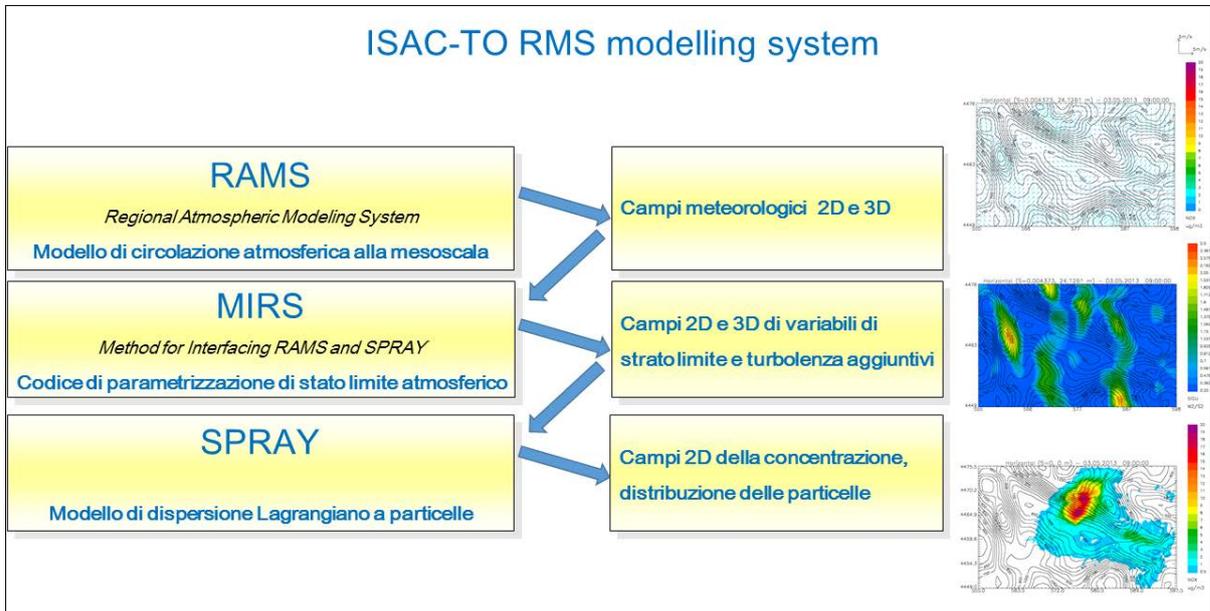


Modellistica meteo-dispersiva

Le simulazioni prevedono tre fasi principali: la ricostruzione della meteorologia, l'elaborazione del database emissivo e la simulazione della dispersione (Appendice D - Simulazioni modellistiche meteo-dispersive).

Per quanto riguarda la simulazione della meteorologia, è stato adottato il modello RAMS [1-5]. La ricostruzione meteorologica viene integrata mediante un opportuno codice di post-processing MIRS (Method for Interfacing RAMS and SPRAY) [6]. Questo calcola i parametri orari di turbolenza necessari in input al codice di dispersione. Il modello di dispersione applicato allo studio è il modello Lagrangiano a particelle SPRAY [7,8]. La Figura 2.90 mostra lo schema dei modelli utilizzati.

Figura 2.90. Schema del sistema modellistico



Simulazione della meteorologia

RAMS è un modello prognostico di circolazione atmosferica. Attraverso un sistema di griglie innestate consente di tener conto, anche alla piccola scala, degli effetti della circolazione alla scala più grande e della sua evoluzione temporale, e garantisce il rigore fisico-matematico della ricostruzione dei campi 3D delle variabili grazie alla risoluzione numerica delle equazioni dinamiche. La ricostruzione meteorologica fornisce i campi 3D ora per ora per il periodo considerato. La configurazione ottimale prevede la simulazione di un periodo complessivo di un anno, per tenere conto dei cicli stagionali. La simulazione annuale è chiaramente molto pesante e costosa dal punto di vista computazionale e di tempi di esecuzione.

Considerata l'importanza di produrre simulazioni che riproducano con un approccio scientifico rigoroso la circolazione atmosferica locale, ed allo stesso tempo la necessità di operare in tempi ristretti, in questo studio è stato adottato un approccio di tipo 'modulare'. Sono stati acquisiti ed elaborati i dati di output di simulazioni effettuate in precedenza per il 2013 con il modello RAMS su 2 domini a grande scala, con risoluzioni di 48 e 12 km, che coprono rispettivamente tutta l'Europa ed il nord-Africa e tutta la penisola italiana. I campi

meteorologici a bassa risoluzione sono quindi stati utilizzati in input per effettuare nuove simulazioni alla scala locale, su due domini innestati a 4 e 1 km di risoluzione, centrati sull'area di interesse. In Tabella 2.26 sono riportati i dati principali dei domini di simulazione ed in Figura 2.89 è riportato il dominio più interno, a 1 km di risoluzione. Questo approccio innovativo, non utilizzato in precedenza, è stato messo a punto in modo da ridurre ed ottimizzare i tempi di simulazione. A questo scopo è stato necessario sviluppare un sistema ad-hoc di gestione delle simulazioni e produrre simulazioni preliminari di test e verifica del metodo adottato. Nei test preliminari gli output del modello hanno riprodotto in modo soddisfacente i dati osservati, considerate anche le incertezze che caratterizzano questi ultimi e per i periodi in cui questi sono affidabili.

Tabella 2.26. Configurazione 3D dei Quattro grigliati numerici usati nelle simulazioni con il modello RAMS/ISAN

| | <i>grid1</i> | <i>grid2</i> | <i>grid3</i> | <i>grid4</i> |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Dominio orizzontale lon x lat (km) | 4272 x 3696 | 1452 x 1596 | 136x136 | 45x30 |
| Risoluzione orizzontale (km) | 48 x 48 | 12 x 12 | 4 x 4 | 1 x 1 |
| Numero punti griglia, longitudine | 90 | 122 | 35 | 46 |
| Numero punti griglia, latitudine | 78 | 134 | 35 | 30 |
| Numero di livelli in verticale | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Quota primo livello verticale (m) | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Quota superiore dominio verticale (m) | 22640 | 22640 | 22640 | 22640 |

Il codice di interfaccia MIRS elabora i campi meteorologici prodotti da RAMS per calcolare i parametri di turbolenza atmosferica necessari input per SPRAY. Nell'ambito di questo studio è stata elaborata una versione semplificata e ad-hoc del codice MIRS.

Simulazione della dispersione

Analisi ed elaborazione delle emissioni

Sono stati acquisiti ed analizzati i dati di emissione SME dei camini di interesse forniti da Eni (cfr. paragrafo "Dati di emissione" In: cap. Contestualizzazione). In particolare, è stata verificata la disponibilità delle informazioni necessarie per provvedere alle simulazioni della dispersione e sono stati formulati gli algoritmi di calcolo per:

- i. determinare la velocità di uscita dei fumi da utilizzare nella stima del plume rise;
- ii. determinare il rateo di emissione (g s⁻¹) a partire dai dati di portata e di concentrazione disponibili.

Allo scopo di elaborare i dati di emissione nel formato utile a SPRAY, è stato acquisito il software EMMA (arianet), poi rielaborato ed adattato per il caso in studio. Dai dati orari SME del Cento Olio vengono letti la portata secca normalizzata corretta, la portata umida normalizzata, la temperatura di uscita dei fumi, la concentrazione sui fumi secchi, corretta per il tenore di ossigeno di riferimento per NO_x, CO e SO₂ e i rispettivi codici di validazione del dato. I dati di concentrazione mancanti o non affidabili sono stati sostituiti nelle serie temporali da una interpolazione lineare tra il dato precedente e il dato successivo rispetto a quello mancante o non affidabile. Si nota che per il camino E11C mancava il dato di concentrazione di CO per tutto l'anno; in questo caso è stata fatta la scelta conservativa di assumere il valore di 40 mg/Nm³ suggerito dal manuale in tutti i giorni in cui l'impianto era funzionante.

A partire dai dati misurati, è stata calcolata la velocità di uscita dei fumi secondo la formula 3.1:

velocità di uscita = portata umida normalizzata(1+temperatura/273.15)/sezione del camino/3600 Eq.3.1*

Configurazione del modello e della simulazione

SPRAY è un modello numerico tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica nello spazio (*condizioni eterogenee*) e nel tempo (*condizioni non stazionarie*). SPRAY ricostruisce i campi di concentrazione determinati da rilasci di sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. Le “particelle virtuali” corrispondono ad una massa di inquinante il cui trasporto è determinato dal vento medio locale e la cui diffusione è determinata da velocità stocastiche che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. Questo consente alle differenti parti del pennacchio di seguire le differenti e variabili condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni che risultano invece complesse da riprodurre con i modelli tradizionalmente usati negli studi di impatto, quali i modelli Gaussiani.

SPRAY è in grado di trattare condizioni quali inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna, deposizione secca e umida, condizioni di vento debole e calma di vento.

Le concentrazioni vengono quindi calcolate per le specie NO_x, SO₂, CO, COT considerando sia il contributo separato dei diversi camini sia il contributo totale. Vengono calcolati campi di concentrazione media oraria campionando le particelle ogni 30 s all'interno di celle in prossimità del suolo della dimensione orizzontale di 500x500 m² e verticale di 15 m.

Dai campi di concentrazione media oraria ottenuti si possono ricostruire le statistiche in ogni punto del dominio di calcolo (medie, percentili, massimi), per condurre un'analisi statistica generale e per effettuare un confronto con i limiti legislativi applicati alle specie considerate e relativi alla normativa vigente sulla qualità dell'aria.

Risultati

Emissioni in atmosfera

La Tabella 2.27 riporta le osservazioni per punto di emissione e per anno emerse in merito a:

- Percentuale di dati medi orari validi; tenendo conto che per il 2011 sono presenti dati per i soli mesi di novembre e dicembre, e per il 2014 i dati si fermano al 4 agosto, non sono presenti evidenti lacune di dati validi, eccezion fatta per alcune anomalie di registrazione annotate nei punti successivi. Va sottolineato che alcuni impianti sono stati soggetti a funzionamento alternativo o complementare (i termodistruttori E04, E04bis e E20; le centrali elettriche 11A, 11B e 11C; le caldaie 12B e 12C) e perciò il numero di dati validi in un anno non raggiunge le potenziali ore di funzionamento.

- Anomalie rispetto ai limiti orari autorizzati (Valore Limite * 1.25, punto 40 delle prescrizioni del rapporto istruttorio citato); per alcune sostanze e per alcuni camini si contano in determinati anni superamenti del Valore Limite nella concentrazione dei fumi, aumentato del 25%. La soglia in questione è stata confrontata con i quartili della distribuzione dei valori misurati, dal primo al quarto (valore massimo). Degno di nota appare il caso del Biossido di zolfo, relativo ai camini E04bis e E20, per numero di superamenti.
- Altre anomalie; sei tabelle (anno, punto di emissione, parametro) risultano evidentemente errate, in quanto presentano valori nulli e unità di misura sbagliate. Una tabella risulta mancante del tutto. Per alcuni punti di emissione, risulta superata la PSNC indicata nel rapporto istruttorio citato.

Tabella 2.27. RegISTRAZIONI ai camini delle emissioni orarie, novembre 2011- agosto 2014. Dati validi e anomalie

| Punti di emissione | Elemento | Osservazione |
|---------------------------|-----------------|---|
| E03 | CO | Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 in tutti e quattro gli anni. |
| E04 | PSNC | 2012: la tabella dei valori è errata (tutti zero) |
| | COT | 2011 e 2012: il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | T | 2014: la tabella dei valori è errata (tutti zero) |
| E04bis | PSNC | 2012 e 2013: il valore massimo supera indicazione di portata in AIA |
| | CO | Dal 2012 al 2014: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | COT | Dal 2011 al 2013: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | NOx | 2012 e 2013: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | SO ₂ | Nella fase transitoria non è stato prescritto un limite orario; si riporta il superamento del valore di riferimento di 250 mg/Nm ³ . |
| E11A | PSNC | Dal 2011 al 2014: il primo quartile supera indicazione di portata in AIA. |
| | CO | 2012: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | NOx | 2012 e 2013: il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| E11B | PSNC | 2012: la media supera indicazione di portata in AIA. 2013 e 2014: : il primo quartile supera indicazione di portata in AIA. |
| | NOx | Dal 2012 al 2014: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| E11C | PSNC | 2012: il terzo quartile supera indicazione di portata in AIA. 2013 e 2014: : il primo quartile supera indicazione di portata in AIA. |
| | CO | 2011 e 2013: le tabelle dei valori sono errate (tutti zero) |
| | NOx | 2013 e 2014: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| E12B | PSNC | Dal 2011 al 2013: il valore massimo supera indicazione di portata in AIA. |
| | PUN | 2011 scheda valori mancante |
| E12C | PSNC | 2012 e 2014: il valore massimo supera indicazione di portata in AIA. |
| E20 | PSNC | Dal 2012 al 2014: il valore massimo supera indicazione di portata in AIA. |
| | T | 2012: la tabella dei valori è errata (tutti zero) |
| | CO | 2013: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | COT | 2014: la tabella dei valori è errata (tutti zero) |
| | NOx | Dal 2012 al 2014: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |
| | SO ₂ | Dal 2012 al 2014: Il valore massimo annuo supera il Valore Limite * 1.25 |

Focus sui dati del 2013

Dal momento che il 2013 è stato selezionato per realizzare le analisi modellistiche, di seguito viene riportato il dettaglio delle analisi dei dati a disposizione per quell'anno. Oltre alle emissioni registrate in media oraria, sono stati estratti i valori di concentrazione desumibili dai quattro rapporti di prova trimestrali per l'anno in esame (2013) per i camini ove ciò sia prescritto (punti di emissione E03, E04bis, E12B,C, E20). Per i punti di emissione 11A,B e C sono presenti rapporti di prova trimestrali non prescritti su SO₂ e IPA. In Tabella 2.28 sono indicate la disponibilità e la natura dei dati ricevuti, mentre in Tabella 2.29 è riportata una sintesi delle anomalie riscontrate.

Tabella 2.28. Disponibilità e natura dei dati ricevuti per il 2013

| Punti di emissione | Frequenza | Valori |
|---------------------------|-----------------------------|---|
| E03 | Media oraria | Portata e temperatura Fumi, NO _x , CO |
| E03 | Trimestrale | Portata e temperatura Fumi, Polveri, COT |
| E04 | Media oraria | Camino non in funzione |
| E04 | Trimestrale | Camino non in funzione |
| E04bis | Media oraria | Portata e temperatura Fumi, NO _x , CO, SO ₂ , COT |
| E04bis | Trimestrale | Portata e temperatura Fumi, Polveri, IPA |
| E11,E11B,E11C | Media oraria | Portata e temperatura Fumi, NO _x , CO Nota: portata oltre limite. Presenti rapporti trimestrali. 11C CO a 0 |
| E12A | Media oraria | Dati non disponibili (dal gestore) |
| E12A | Trimestrale | Dati non disponibili (dal gestore) |
| E12B,E12C | Media oraria | Portata e temperatura Fumi, NO _x , CO |
| E12B,E12C | Trimestrale | Portata e temperatura Fumi, Polveri, COT |
| E12D | Media oraria | Dati non disponibili (dal gestore) |
| E12D | Trimestrale | Dati non disponibili (dal gestore) |
| E20 | Media oraria | Portata e temperatura Fumi, NO _x , CO, SO ₂ , COT |
| E20 | Trimestrale | Portata e temperatura Fumi, Polveri, IPA |
| EXX | Media oraria | Dati non disponibili (dal gestore) |
| EXX | Trimestrale | Dati non disponibili (dal gestore) |
| E13, E13bis,E14, E15 | Per ogni invio in torcia | gas inviato in torcia come flusso massico (kg/h) o volumetrico (Smc/h) |
| E10, E18,E18 bis | | Dati non disponibili (dal gestore) |
| E19 | Per ogni evento | Dati non disponibili (dal gestore) |

Tabella 2.29. Dati relativi alle registrazioni ai camini delle emissioni puntuali, relativi al 2013. Dati validi e anomalie

| Punti d'emissione | Frequenza | Valori |
|-------------------|--------------|--|
| E03 | Media oraria | Dati validi Portata 99% temperatura 100%, NOx 99%, CO 99% |
| | trimestrale | CO 2 superamenti orari I prescritti valori di COT non sono presenti nei 4 rapp. di prova trim. |
| E04bis | Media oraria | Dati validi Portata 99% , temperatura 100%, NOx 98% CO 98%, SO2 98%, COT 98% Portata 30 superamenti orari indicazione di portata NOx 1 superamento orario CO 14 superamenti orari COT 5 superamenti orari SO2 1546 valori oltre il limite di 250 mg/Nm3 (nella fase transitoria non è stato prescritto un limite orario, la prescrizione di flusso di massa annuo è rispettato) |
| E04bis | trimestrale | -- |
| E11A | Media oraria | Dati validi Portata 86% , temperatura 86%, NOx 86% CO 86% |
| E11B | Media oraria | Portata 7484 superamenti orari indicazione di portata. NOx 1 superamento orario Sono presenti 4 rapporti trimestrali per SO2 e IPA Dati validi Portata 43% , temperatura 43%, NOx 86% CO 43% |
| E11C | Media oraria | Portata 3597 superamenti orari indicazione di portata. NOx 6 superamenti orari Sono presenti 2 rapporti trimestrali per SO2 e IPA (gennaio, ottobre). Negli altri due trimestri, impianto dichiarato inattivo. Dati validi Portata 71% , temperatura 71%, NOx 71% CO 71% |
| | | Portata 6211 superamenti orari indicazione di portata. NOx 12 superamenti orari CO tutti i valori validi sono 0 Sono presenti 2 rapporti trimestrali per SO2 e IPA (aprile, luglio). Ottobre: impianto dichiarato inattivo. Gennaio: rapporto assente. 11C CO a 0 |
| E12B | Media oraria | Dati validi Portata 99% , temperatura 100%, NOx 99% CO 99% |
| | | Portata 105 superamenti orari indicazione di portata. |
| E12B | trimestrale | -- |
| E12C | Media oraria | Dati validi Portata 99% , temperatura 100%, NOx 99% CO 99% |
| E12C | trimestrale | -- |
| E20 | Media oraria | Dati validi Portata 97% , temperatura 99%, NOx 98% CO 98%, SO2 98%, COT 97% |
| | | Portata 498 superamenti orari indicazione di portata NOx 6 superamenti orari CO 1 superamento orario SO2 47 superamenti orari |
| E20 | trimestrale | -- |

In Tabella 2.30 è riassunta l'emissione massica complessiva per il 2013 per i singoli camini. Si evince come le emissioni di SO₂ siano associate ai 2 termodistruttori, mentre gli NOx sono emessi da tutti i camini. In Tabella 2.31 vengono riportate le temperature e le velocità dei fumi (Eq.3.1), parametri fondamentali per la risalita dei pennacchi emessi dai

camini. Si vede come le temperature medie dei fumi siano alquanto elevate così come le velocità dei fumi

Tabella 2.30. Portate massiche per camino (t/anno)

| Camino | SO ₂ | NO _x | CO | COT |
|--------|-----------------|-----------------|-------|------|
| E03 | | 4.90 | 0.23 | |
| E04bis | 5.63 | 4.44 | 0.17 | 0.06 |
| E11a | | 47.32 | 4.25 | |
| E11b | | 23.51 | 2.57 | |
| E11c | | 34.46 | N.V. | |
| E12b | | 52.84 | 1.28 | |
| E12c | | 44.75 | 1.31 | |
| E20 | 30.67 | 47.69 | 2.67 | 0.08 |
| totale | 36.29 | 259.91 | 12.49 | 0.14 |

Tabella 2.31. Parametri di emissione per camino

| Camino | Tf(K) media | Tf(K) min | Tf(K) max | Vf (m/s) media | Vf (m/s) min | Vf (m/s) max |
|------------|----------------|--------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| e03 | 658 | 385 | 408 | 4.5 | 3.0 | 6.1 |
| e04bis/e04 | 655 | 382 | 1178 | 3.1 | 0.4 | 13.9 |
| E11-B* | 615 | 342 | 461 | 20.5 | 0.5 | 23.4 |
| E-11C* | 613 | 340 | 464 | 21.4 | 2.0 | 22.8 |
| E12B | 680 | 407 | 423 | 19.3 | 9.2 | 25.5 |
| E12C | 694 | 420 | 472 | 16.3 | 10.3 | 22.9 |
| E20 | 1204 | 931 | 1264 | 7.2 | 1.9 | 17.9 |

Emissioni torce

Come detto precedentemente per quanto riguarda le emissioni delle torce sono disponibili solo dati di portata espressi in Kg/h. In Tabella 2.32 sono sintetizzati i dati relativi alle portate nei diversi anni, mentre in Figura 2.91 è mostrata una sintesi dei valori medi e massimi di portata nei 3 anni. Il massimo orario della somma delle portate giorno per giorno per l'anno 2013 (Figura 2.92) mette in evidenza l'andamento irregolare del fenomeno con valori che superano i 20000 kg/ora.

Tabella 2.32. Gas flaring (Per il 2011 sono disponibili solo 768 ore disponibili e per il 2014 5164 ore)

| Anno | Point | Param | Min. | 1Quart | Median | Mean | 3Quart | Max. | nvalid(K) | ntntot |
|------|------------|--------------------|------|--------|--------|-------|--------|-------|-----------|--------|
| 2011 | E13+E13bis | Portata Massica Kg | 774 | 953.8 | 1012 | 1144 | 1181 | 4385 | 764 | 768 |
| 2011 | E14 | Portata Massica Kg | 0 | 0 | 0 | 7.186 | 2 | 434 | 740 | 744 |
| 2011 | E15 | Portata Massica Kg | 58 | 83 | 92 | 162.8 | 113.2 | 3248 | 740 | 744 |
| 2012 | E13+E13bis | Portata Massica Kg | 0 | 168 | 777 | 785.3 | 1179 | 42470 | 8778 | 8784 |
| 2012 | E14 | Portata Massica Kg | 0 | 0 | 0 | 16.21 | 2 | 23320 | 8781 | 8784 |
| 2012 | E15 | Portata Massica Kg | 55 | 201 | 215 | 270.1 | 230 | 5952 | 8781 | 8784 |
| 2013 | E13+E13bis | Portata Massica Kg | 0 | 29 | 91 | 564.7 | 327 | 21840 | 8754 | 8760 |
| 2013 | E14 | Portata Massica Kg | 0 | 0 | 0 | 29.66 | 42 | 7485 | 8754 | 8760 |
| 2013 | E15 | Portata Massica Kg | 0 | 45 | 165 | 158.2 | 191 | 7512 | 8757 | 8760 |
| 2014 | E13+E13bis | Portata Massica Kg | 0 | 128 | 282 | 700.4 | 444.2 | 32140 | 5148 | 5160 |
| 2014 | E14 | Portata Massica Kg | 0 | 31 | 62 | 79.73 | 106 | 16020 | 5147 | 5160 |
| 2014 | E15 | Portata Massica Kg | 14 | 89 | 109 | 124.7 | 130 | 3615 | 5143 | 5160 |

Figura 2.91. Portata media e massima negli anni 2011-2014. (Per il 2011 sono disponibili solo 768 ore disponibili e per il 2014 5164 ore)

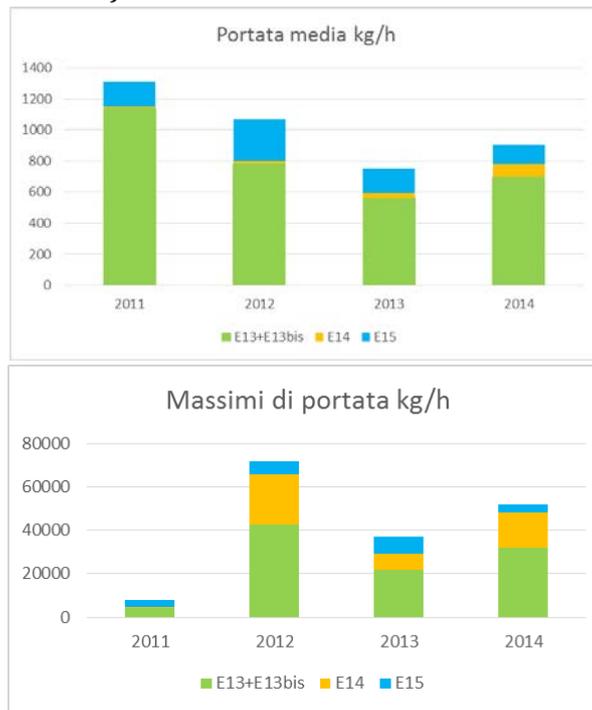
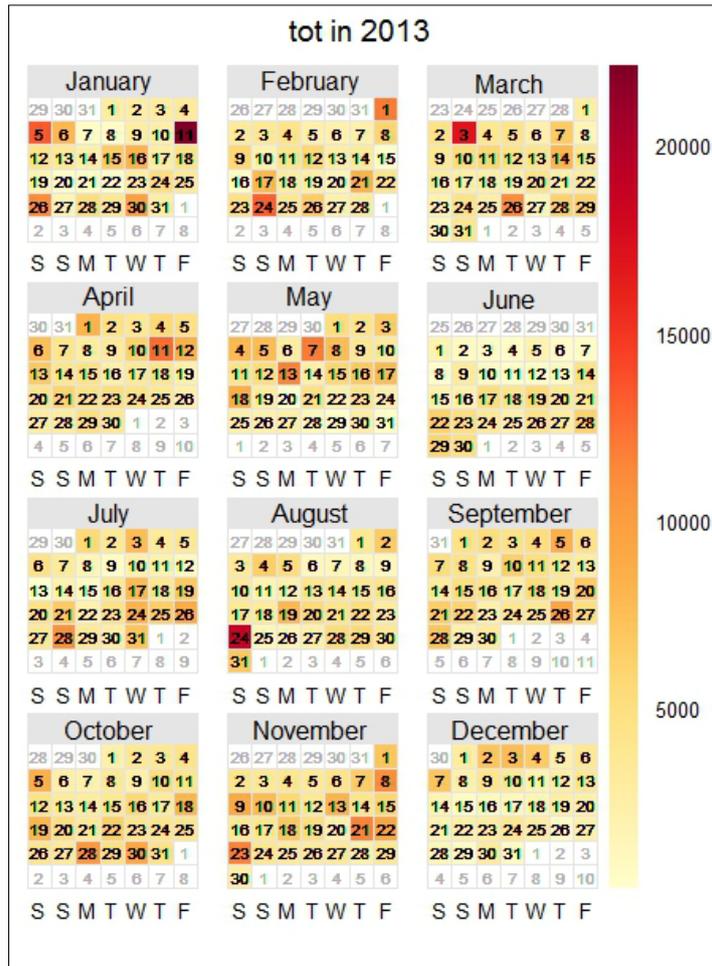


Figura 2.92. Portata massima giornaliera (kg/ora) anno 2013



Caratterizzazione meteorologica

Di seguito sono presentati i risultati principali relativi all’analisi dei dati meteorologici, in particolare quelli concernenti i dati di intensità e direzione dei venti (Appendice B - Dati meteorologici). L’analisi delle serie dei dati meteorologici nelle stazioni della rete di monitoraggio ha messo in evidenza alcune criticità per quanto riguarda l’intensità del vento per l’anno 2013: nelle stazioni MDB, CML, GRU, VIG si è registrato un incremento anomalo, probabile artefatto strumentale, di circa 3m/s. pertanto i dati di intensità del vento per l’anno 2013 non sono attendibili. Il confronto delle rose dei venti per l’anno 2014 registrate nelle stazioni 1-7 (Figura 2.93) mette in evidenza come siano prevalenti i venti dai settori occidentali, con alcune differenze nelle intensità legate all’ubicazione della singola stazione. Fa eccezione la stazione 7 della Protezione Civile che invece presenta una prevalenza dai settori settentrionali. I venti meno intensi si registrano nella stazione 5-VZI e nella stazione 6-VDA. Per quest’ultima è necessario notare che l’anemometro è posto ad una quota di 5m, mentre nelle altre è posto all’altezza di 10m. Per la stazione 5-VZI è anche importante sottolineare l’assenza di una componente 270° del vento, assenza probabilmente legata ad una qualche schermatura dell’anemometro rispetto a questa componente.

Nel periodo di disponibilità dei dati, 2013-2015, non sembrano esserci sostanziali differenze nelle rose dei venti (Figura 2.94) da un anno all’altro. Pertanto la scelta

dell'anno 2013 per le simulazioni modellistiche può considerarsi abbastanza rappresentativa del periodo.

Figura 2.93. Rose dei venti per le 7 stazioni del dominio. Anno 2014

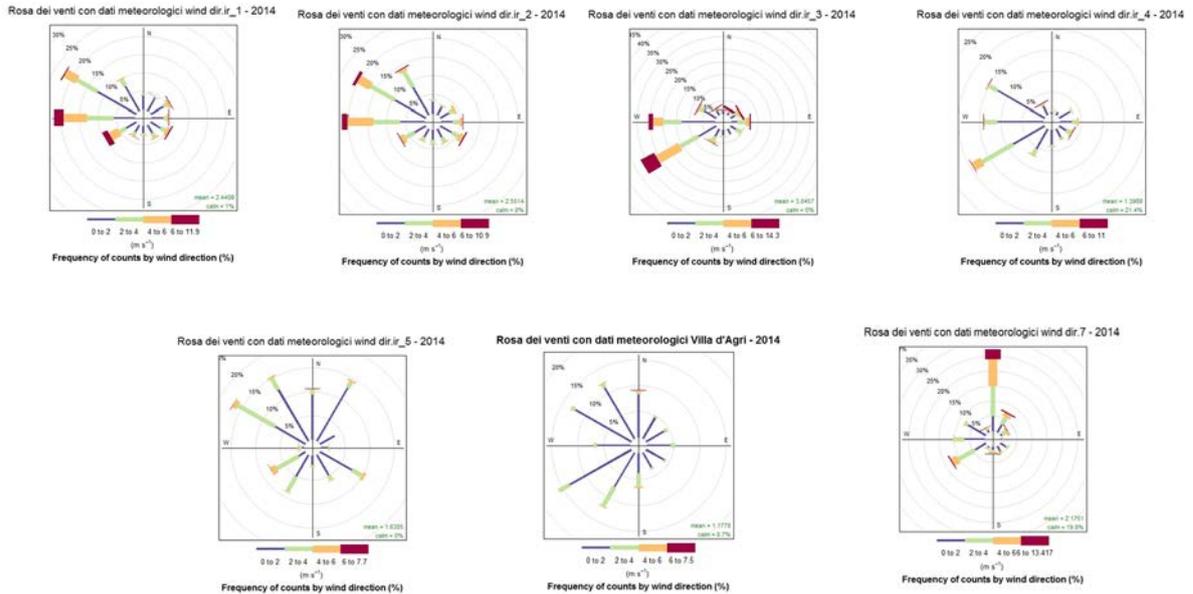
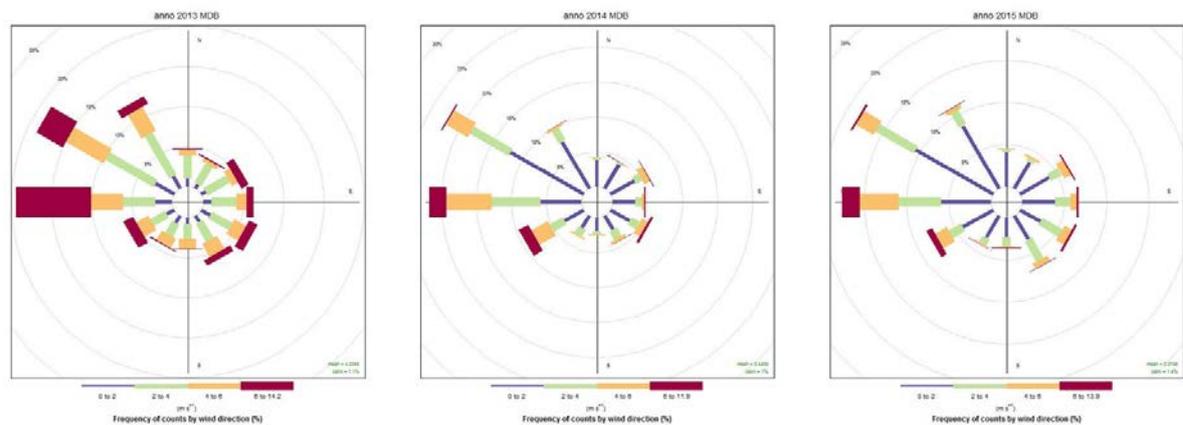


Figura 2.94. Rose dei venti per la stazione Masseria De Blasiis 1-MDB (*Per l'anno 2013 l'intensità del vento non attendibile)



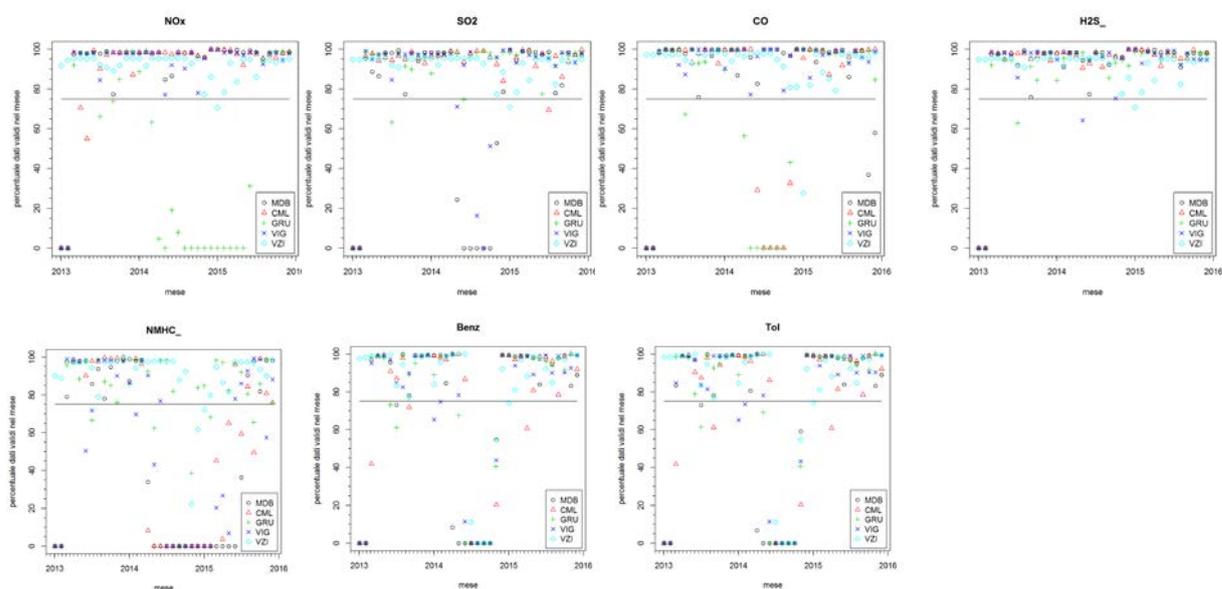
Qualità dell'aria

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati salienti dell'analisi dei dati di qualità dell'aria (Appendice C - Monitoraggio qualità dell'aria).

Come accennato precedentemente preliminarmente ad ogni analisi è stata effettuata una valutazione di validità delle serie dei dati.

La Figura 2.95 mostra i risultati percentuale di dati validi per ogni mese nel periodo 2013-2015, nelle cinque centraline, per alcune sostanze di interesse: NO_x (Ossidi di azoto), SO₂ (Biossido di zolfo), CO (Monossido di carbonio), NMHC (Idrocarburi non metanici), H₂S, (Idrogeno solforato), Benz (Benzene), Benz, e Tol (Toluene). Questi ultimi 4 sono maggiormente associabili alle attività estrattive ed industriali del Centro Olio [9].

Figura 2.95. Percentuale di dati validi per gli inquinanti NO_x, SO₂, CO, H₂S, NMHC, Benzene e Toluene



Per le sostanze NO_x, SO₂, CO, in alcune centraline e soprattutto durante il 2014, la percentuale di dati validi scende al di sotto del 75%. Le serie del Benz, Tol e degli NMHC nella maggior parte delle centraline presentano molte lacune. Gli NMHC appaiono misurati adeguatamente solo nella centralina 5-VZI. L'H₂S presenta invece una soddisfacente percentuale di dati validi ovunque e per l'intero periodo.

L'ispezione dei parametri statistici mensili (36 valori sui tre anni per 5-VZI, 34 a partire da marzo 2013 per le altre 4 stazioni) ha permesso di valutare, per ogni sostanza monitorata per almeno il 75% delle ore, se ci siano andamenti problematici o interessanti nei valori minimo, massimo, medio e quartili. Per esemplificare, si veda di seguito l'andamento degli NO_x nella centralina 4-VIG per l'anno 2013 (Tabella 2.33a) e degli NMHC per 1-MDB (Tabella 2.33b). Per entrambe le serie in tutti i 10 mesi del 2013, la percentuale di dati validi supera il 75% (non così negli anni successivi). Ma mentre per la serie degli NO_x nella stazione 4-VIG non ci sono rilevanti scostamenti nella statistica descrittiva da un mese all'altro, per gli NMHC della stazione 1-MDB si registra una notevole variabilità dei parametri statistici da un mese all'altro (il valore minimo ad esempio oscilla tra 0 e 250 µg/m³). Variabilità che si riscontra anche in altre centraline (Figura 2.96). Oltre alle attese lacune di dati validi, sono evidenti in almeno alcune centraline una modifica sistematica del valore minimo, indicatore di un probabile problema al sensore di misura.

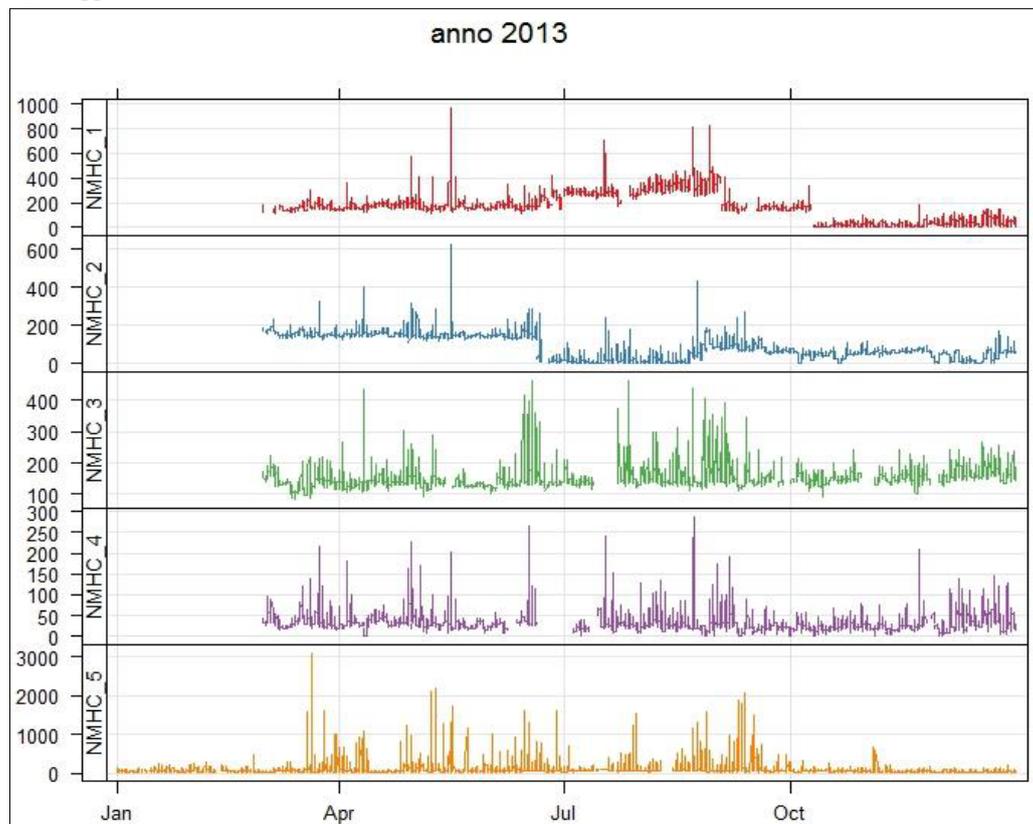
Tabella 2.33a. Statistica riassuntiva, mese per mese, delle misure (medie orarie) di NOx nella centralina di Viggiano, VIG, anno 2013

| anno | mese | min µg/m ³ | 1 quartile µg/m ³ | 2 quartile µg/m ³ | media µg/m ³ | 3 quartile µg/m ³ | max µg/m ³ | dati validi % |
|------|------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------|
| 2013 | 1 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 0 |
| 2013 | 2 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 0 |
| 2013 | 3 | 1.3 | 3.0 | 3.3 | 4.0 | 4.1 | 22.3 | 99 |
| 2013 | 4 | 0.6 | 3.2 | 4 | 5.0 | 5.7 | 30.6 | 98 |
| 2013 | 5 | 0.8 | 2.8 | 3.5 | 4.2 | 4.9 | 15.5 | 98 |
| 2013 | 6 | 1.4 | 3.7 | 4.4 | 5.0 | 5.8 | 17.6 | 98 |
| 2013 | 7 | 1.8 | 3.8 | 4.7 | 5.2 | 5.9 | 20.9 | 85 |
| 2013 | 8 | 1.4 | 3.5 | 4.9 | 5.4 | 6.4 | 23.5 | 98 |
| 2013 | 9 | 1.2 | 3.2 | 4.1 | 5.2 | 5.7 | 37.3 | 98 |
| 2013 | 10 | 1.5 | 3.9 | 5.4 | 6.6 | 8.1 | 29.5 | 98 |
| 2013 | 11 | 0.6 | 2.6 | 3.9 | 4.6 | 5.6 | 23.2 | 98 |
| 2013 | 12 | 0.1 | 3.1 | 5.4 | 6.9 | 9.1 | 29.3 | 98 |

Tabella 2.33b. Statistica riassuntiva, mese per mese, delle misure (medie orarie) di NMHC nella centralina di Masseria De Blasiis, MDB, anno 2013

| anno | mese | min µg/m ³ | 1 quartile µg/m ³ | 2 quartile µg/m ³ | media µg/m ³ | 3 quartile µg/m ³ | max µg/m ³ | dati validi % |
|------|------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|------------------|
| 2013 | 1 | NA | NA | NA | NaN | NA | NA | 0 |
| 2013 | 2 | NA | NA | NA | NaN | NA | NA | 0 |
| 2013 | 3 | 27.24 | 142.6 | 154.3 | 160.8 | 170.1 | 1029 | 79 |
| 2013 | 4 | 128.3 | 155.4 | 166.4 | 172.4 | 183.8 | 579.9 | 98 |
| 2013 | 5 | 103.8 | 150.1 | 160.8 | 174.6 | 178.7 | 1279 | 98 |
| 2013 | 6 | 111.9 | 159.1 | 169.8 | 186 | 207.9 | 418.8 | 98 |
| 2013 | 7 | 174.6 | 264 | 273.2 | 278.3 | 287.6 | 704.6 | 86 |
| 2013 | 8 | 250.1 | 297.6 | 318.6 | 328.5 | 348.1 | 823.6 | 94 |
| 2013 | 9 | 116.1 | 143.2 | 153.2 | 170.1 | 170.2 | 1521 | 78 |
| 2013 | 10 | 0 | 5.585 | 18.53 | 57.09 | 140.8 | 343 | 95 |
| 2013 | 11 | 0 | 5.72 | 15.86 | 20.16 | 31.22 | 186.7 | 98 |
| 2013 | 12 | 4.01 | 19.21 | 38.03 | 43.24 | 60.6 | 152.6 | 98 |

Figura 2.96. Misure di medie orarie di NMHC nelle cinque centraline anno 2013. Dall'alto verso il basso NMHC_1 Masseria De Blasiis, NMHC_2 Costa Molina, NMHC_3 Grumento Nova, NMHC_4 Viggiano 1, NMHC_5 Viggiano ZI



Sebbene le serie delle medie orarie degli NMHC in alcune stazioni presentino dei gradini probabilmente legati a problemi strumentali e delle anomalie che ne inficiano il valore assoluto, è possibile osservare nell'andamento temporale il verificarsi di numerosi picchi di concentrazione, che nella stazione 5-VZI raggiungono i $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Una lettura complessiva sugli inquinanti selezionati nel periodo 2013-2015 è presentata nella Tabella 2.34 che oltre a dare un'idea di massima sull'ordine di grandezza degli inquinanti misurati nell'area, fornisce un'indicazione sulla variabilità tra le diverse centraline. È bene sottolineare che alle concentrazioni misurate nelle diverse centraline in particolare per NO_x , CO , SO_2 possono contribuire diverse fonti emissive. L'Idrogeno solforato (H_2S) è un gas monitorato in ambiente poiché legato ad emissioni prevalentemente fuggitive e intermittenti nel ciclo di produzione del Centro Olio.

Osservando i valori medi, e il primo e terzo quartile come indicazione della distribuzione dei valori attorno alla media, si rileva come per gli NO_x , la centralina 5-VZI misuri valori più alti (media: $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) rispetto alle altre quattro, che presentano valori confrontabili fra loro ($6-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$); per SO_2 i valori più alti sono misurati nella centralina 4-VIG, mentre per il CO è la stazione 3 di Grumento Nova (3-GRU) a registrare i valori medi più alti ($0.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sono presentati anche i risultati per alcuni inquinanti rappresentativi di potenziali emissioni fuggitive e non convogliate: H₂S, Benzene e Toluene. La percentuale di dati validi di Benzene e Toluene è critica (tra 70 e 75%) per tutte le centraline con l'esclusione della stazione 5-VZI. Il risultato più evidente è che i valori medi misurati di Benzene e Toluene e i valori massimi di H₂S sono più elevati (2-3 volte) che nelle altre stazioni di misura.

L'analisi della distribuzione delle serie di concentrazioni per intensità e direzione di vento può contribuire ad individuare rispetto a quale direzione del vento è possibile associare una maggiore presenza dell'inquinante e quindi la localizzazione di una possibile sorgente. A tal fine vengono utilizzati i grafici di concentrazione polare, ovvero concentrazione media oraria sull'intero periodo di misura in funzione della direzione di provenienza del vento (angolo) e intensità del vento (raggio). L'obiettivo è individuare il manifestarsi ad esempio di una o più sorgenti locali superficiali (valori elevati indipendenti dalla direzione del vento e decrescenti con l'intensità del medesimo) o ubicate ad una certa distanza (valori elevati associati ad una particolare direzione del vento).

Così ad esempio, l'analisi per direzione di vento della serie delle medie orarie degli NMHC per la stazione VZI sui 3 anni (Figura 2.97) mostra come i valori più alti (colori dal giallo al rosso nella figura) siano associati a direzioni da Ovest per tutte le intensità di vento, ad indicare la presenza di una sorgente notevole di NMHC ad Ovest della centralina (Figura 1.4). Analogamente i grafici polari delle concentrazioni di H₂S nelle diverse stazioni di monitoraggio (Figura 2.98) mettono in evidenza come i valori più elevati registrati nella stazione 2-CML e stazione 5-VZI siano associati alla direzione Ovest. La figura relativa alla stazione 2-CML presenta concentrazioni relativamente elevate per basse intensità del vento e quasi tutte le direzioni, possibilmente in relazione ad attività locali.

Tabella 2.34. Statistica riassuntiva delle misure disponibili nel periodo 2013-15 di ossidi di azoto (NOx), Biossido di zolfo (SO2), Monossido di carbonio (CO), acido solfidrico (H2S), Benzene (Benz) e Toluene (Tol) nelle cinque centraline. 1-MDB, 2- CML, 3- GRU, 4-VIG1, 5- VIGZI

| Inquinante | MIN µg/m ³ | 1 quartile µg/m ³ | 2 quartile µg/m ³ | MEDIA µg/m ³ | 3 quartile µg/m ³ | MAX µg/m ³ | dati validi % |
|-------------------|---------------------------------|--|--|-----------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------|
| NOx_1 | 0.0 | 3.3 | 5.0 | 6.9 | 8.1 | 159.2 | 92 |
| NOx_2 | 0.0 | 3.7 | 4.8 | 5.7 | 6.6 | 48.0 | 90 |
| NOx_3 | 0.0 | 3.6 | 5.8 | 6.6 | 8.3 | 87.4 | 50 |
| NOx_4 | 0.0 | 3.4 | 4.6 | 5.7 | 6.5 | 56.0 | 91 |
| NOx_5 | 0.0 | 4.5 | 6.6 | 9.8 | 11.3 | 99.1 | 92 |
| SO2_1 | 0.0 | 2.4 | 5.2 | 5.7 | 7.4 | 171.0 | 73 |
| SO2_2 | 0.0 | 2.4 | 3.8 | 5.0 | 5.8 | 192.9 | 90 |
| SO2_3 | 0.0 | 3.4 | 5.2 | 5.2 | 6.3 | 266.4 | 89 |
| SO2_4 | 0.0 | 5.3 | 6.4 | 6.5 | 7.4 | 205.4 | 84 |
| SO2_5 | 0.0 | 2.1 | 3.8 | 5.3 | 6.7 | 350.9 | 92 |
| CO_1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 1.4 | 89 |
| CO_2 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.7 | 78 |
| CO_3 | 0.0 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 1.5 | 72 |
| CO_4 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 6.8 | 91 |
| CO_5 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 1.9 | 93 |
| H2S_1 | 0.0 | 1.0 | 1.8 | 1.6 | 2.1 | 64.1 | 91 |
| H2S_2 | 0.0 | 2.6 | 3.3 | 3.2 | 3.8 | 75.0 | 92 |
| H2S_3 | 0.0 | 1.2 | 1.6 | 1.7 | 2.1 | 11.9 | 89 |
| H2S_4 | 0.0 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 2.2 | 9.9 | 90 |
| H2S_5 | 0.28 | 1.8 | 2.6 | 2.9 | 3.6 | 241.9 | 92 |
| Benz_1 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 3.9 | 70 |
| Benz_2 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 3.5 | 75 |
| Benz_3 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 9.8 | 74 |
| Benz_4 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 7.0 | 74 |
| Benz_5 | 0.0 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 16.7 | 83 |
| Tol_1 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 35.0 | 70 |
| Tol_2 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 4.2 | 74 |
| Tol_3 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 14.1 | 75 |
| Tol_4 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 46.9 | 74 |
| Tol_5 | 0.0 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 34.3 | 83 |

Figura 2.97. Grafici polari della serie NMHC per la stazione di Viggiano ZI. Anni 2013, 2014 e 2015.

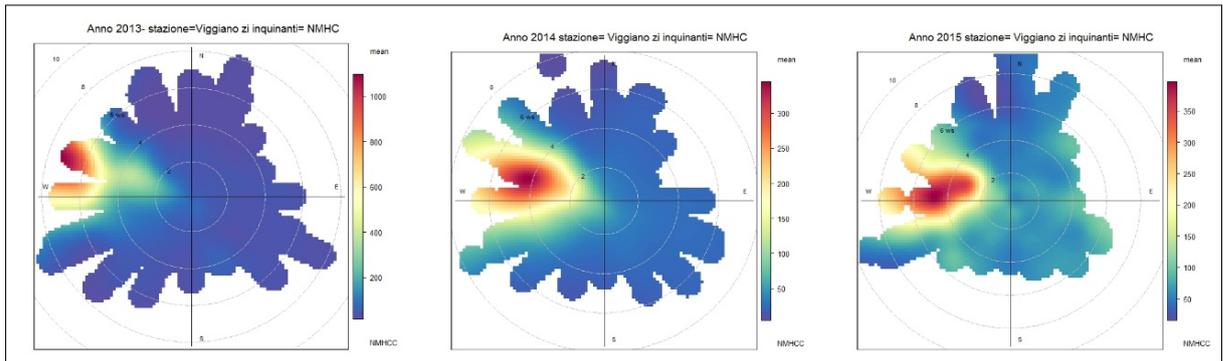
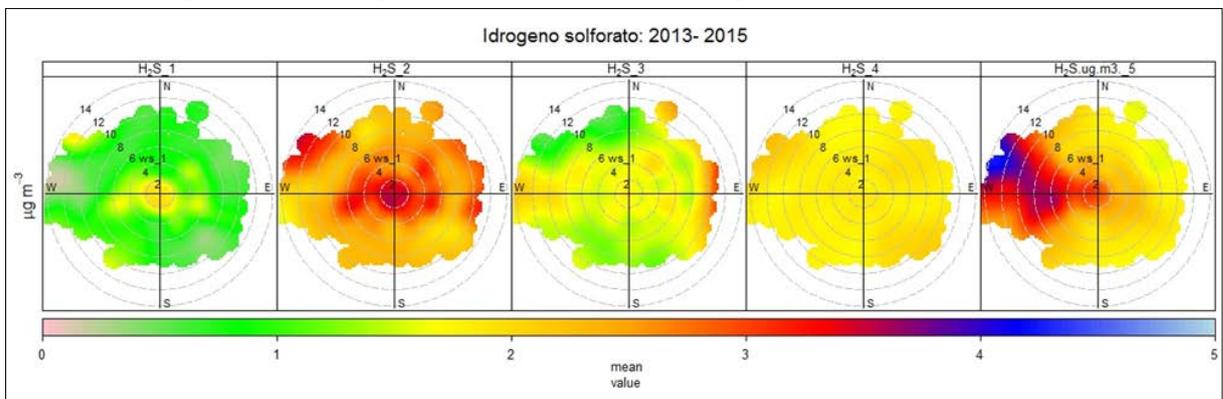
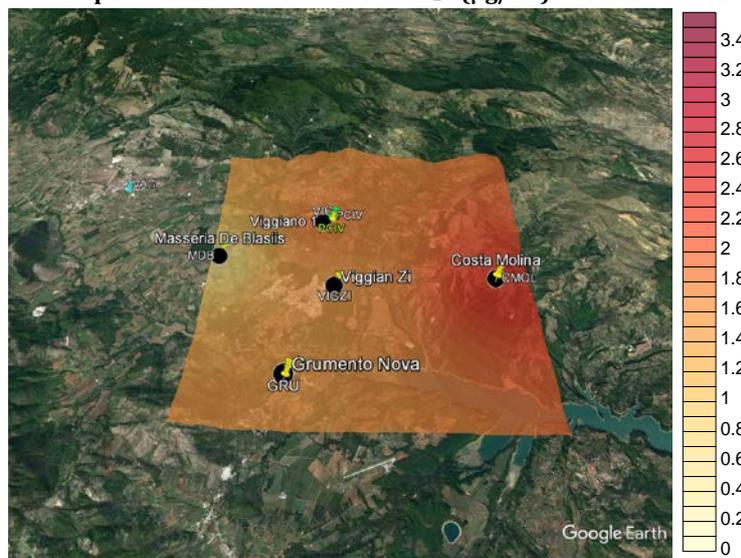


Figura 2.98. Grafici polari della serie H₂S (2013-15) per le tutte le stazioni.



La disponibilità di serie valide per i 3 anni in tutte le centraline dell'inquinante H₂S ha consentito inoltre una spazializzazione di tali dati sul dominio comprendente le 5 centraline (Figura 2.99) dalla quale emerge un asse di concentrazioni più elevati nella direzione Ovest –Est.

Figura 2.99. Interpolazione dati medi annui di H₂S (µg/m³) misurati nelle 5 centraline

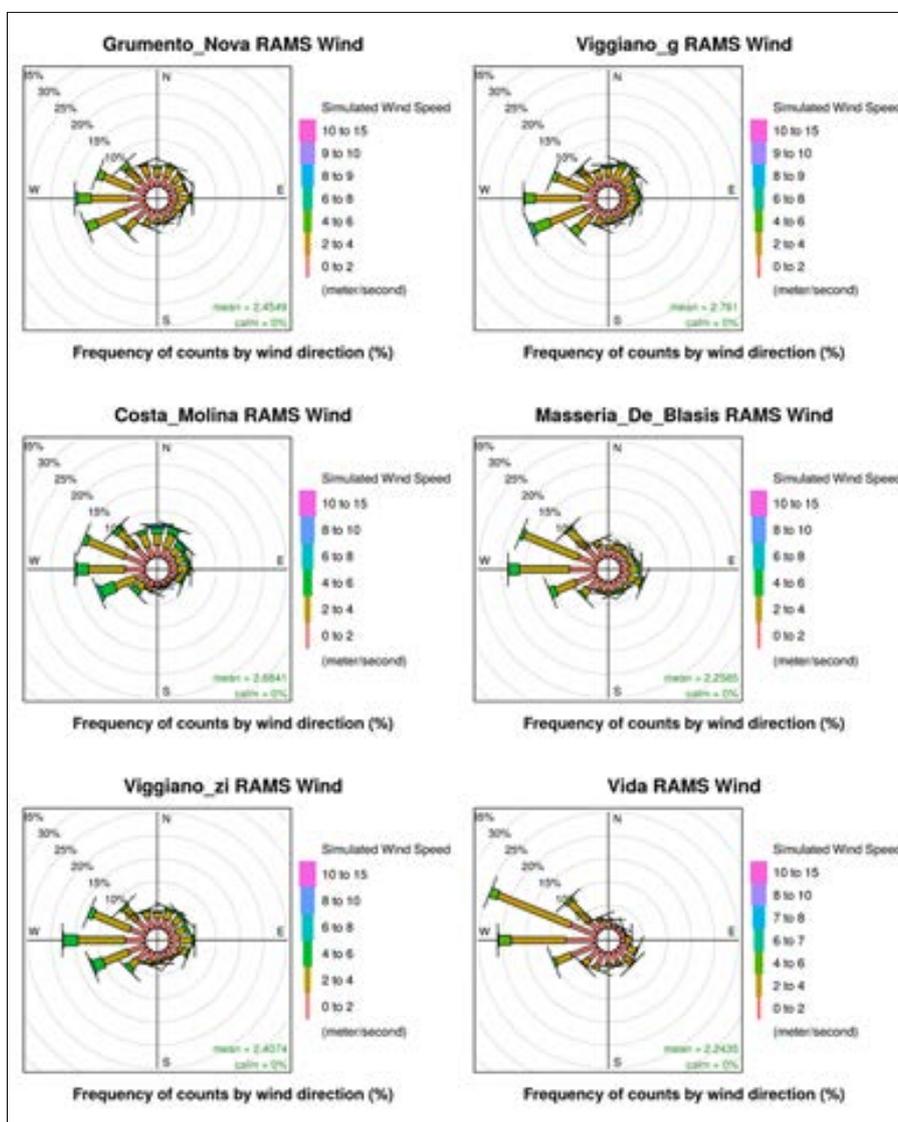


Simulazioni

In questa sezione viene presentato un sommario dei risultati delle simulazioni modellistiche, si rimanda all'allegato 3.D per un'analisi dettagliata e specifica dell'attività svolta.

Come anticipato l'anno scelto per le simulazioni è il 2013. La Figura 2.100 mostra le rose dei venti simulate nei punti delle stazioni meteorologiche 1-6 per l'anno 2013. Si vede come le direzioni prevalenti con anche intensità maggiore sono quelle provenienti dai settori occidentali in buon accordo con quanto riscontrato dall'analisi dei dati sperimentali (Figura 2.93). Non è possibile procedere con un confronto scientificamente significativo tra dati osservati e simulati per tutto l'anno 2013, dal momento che le serie misurate dell'intensità del vento per il 2013 presentano delle anomalie (cfr. paragrafo "Caratterizzazione meteorologica". In: cap. Attività di Studio).

Figura 2.100. Rose dei venti per l'anno 2013 simulate da RAMS in corrispondenza delle stazioni di misura



Le Figure 2.101(a-c) mostrano le mappe della concentrazione media annuale rispettivamente per CO, NO_x e SO₂. Dalle mappe delle concentrazioni medie si nota che in

generale l'impatto più elevato si ha nel quadrante Nord-Est, oltre l'area dei due Comuni di Grumento Nova e Viggiano (Zoom in Figura 2.102) E questo è intuibile tenendo conto che la direzione di provenienza prevalente del vento riprodotta dal modello ricopre il settore da Sud-Ovest a Nord-Ovest, caratterizzando quindi il trasporto verso Est-Nord-Est. Nell'area in studio, è evidente l'effetto di impatto dei pennacchi sui rilievi collinari e montuosi circostanti la valle. L'analisi delle emissioni ha evidenziato che le portate e le temperature dei fumi sono elevate, dando origine a corrispondenti velocità di uscita alte (Tabella 2.31). Ciò genera un consistente innalzamento del pennacchio in uscita (plume rise) e quindi ricadute al suolo mediamente lontane dai punti di emissione. I pennacchi vengono trasportati in quota e con più frequenza spinte dai venti verso i rilievi circostanti dando origine in quei siti ai valori medi di concentrazione più elevati dell'ordine di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per SO_2 e CO e di 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per gli NO_x .

Figura 2.101a. Mappa delle concentrazioni medie annue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel 2013 per il CO

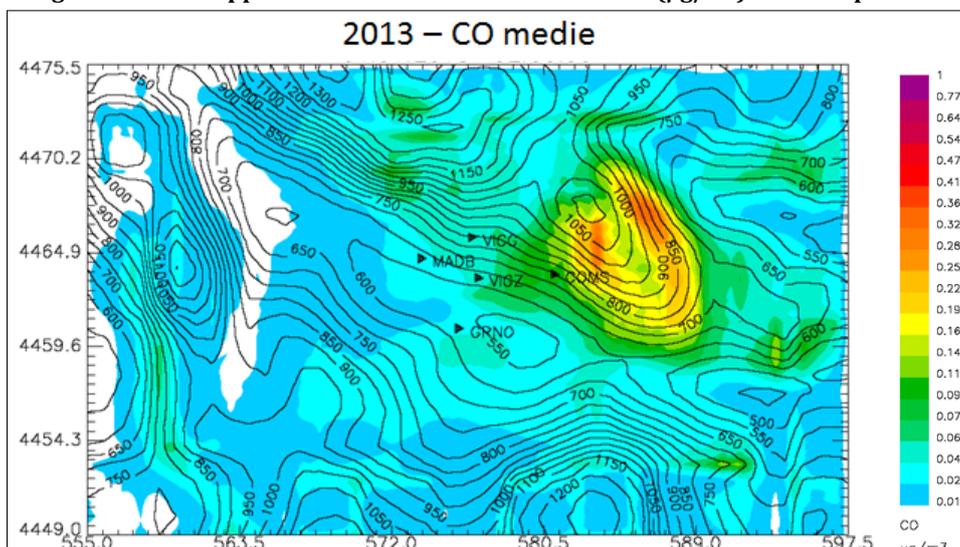


Figura 2.101b. Mappa delle concentrazioni medie annue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel 2013 per l'NOx

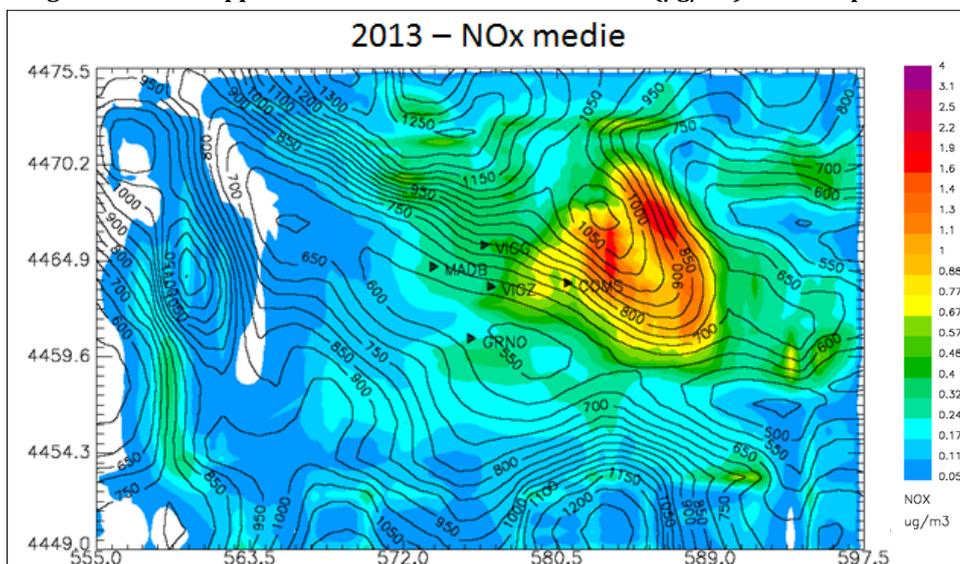


Figura 2.101c. Mappa delle concentrazioni medie annue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel 2013 per l'SO₂

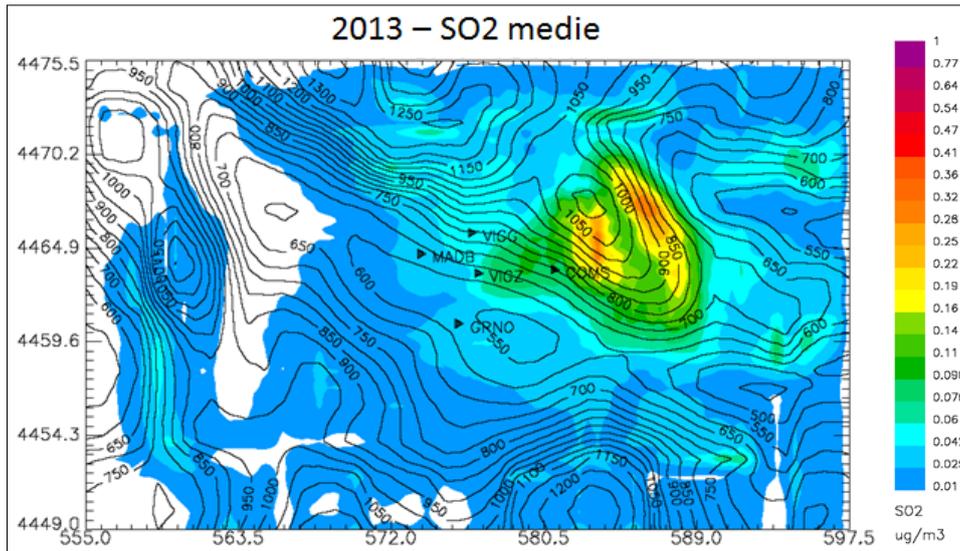
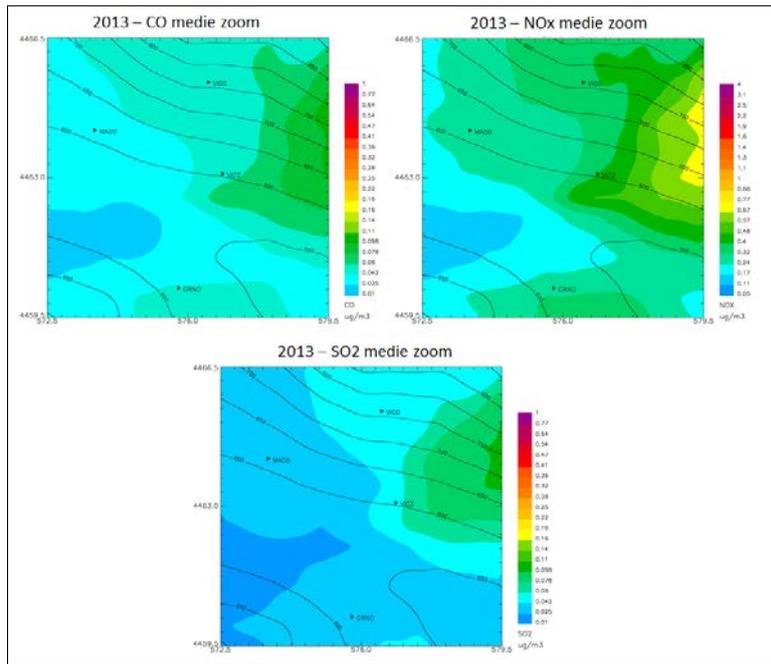
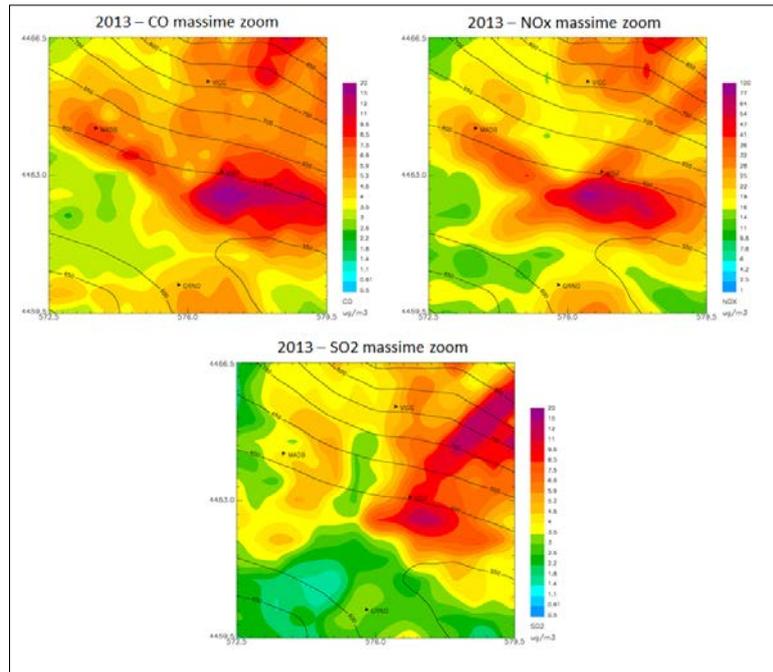


Figura 2.102. Zoom sull'area delle stazioni di misura delle mappe di concentrazione media annua ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nel 2013



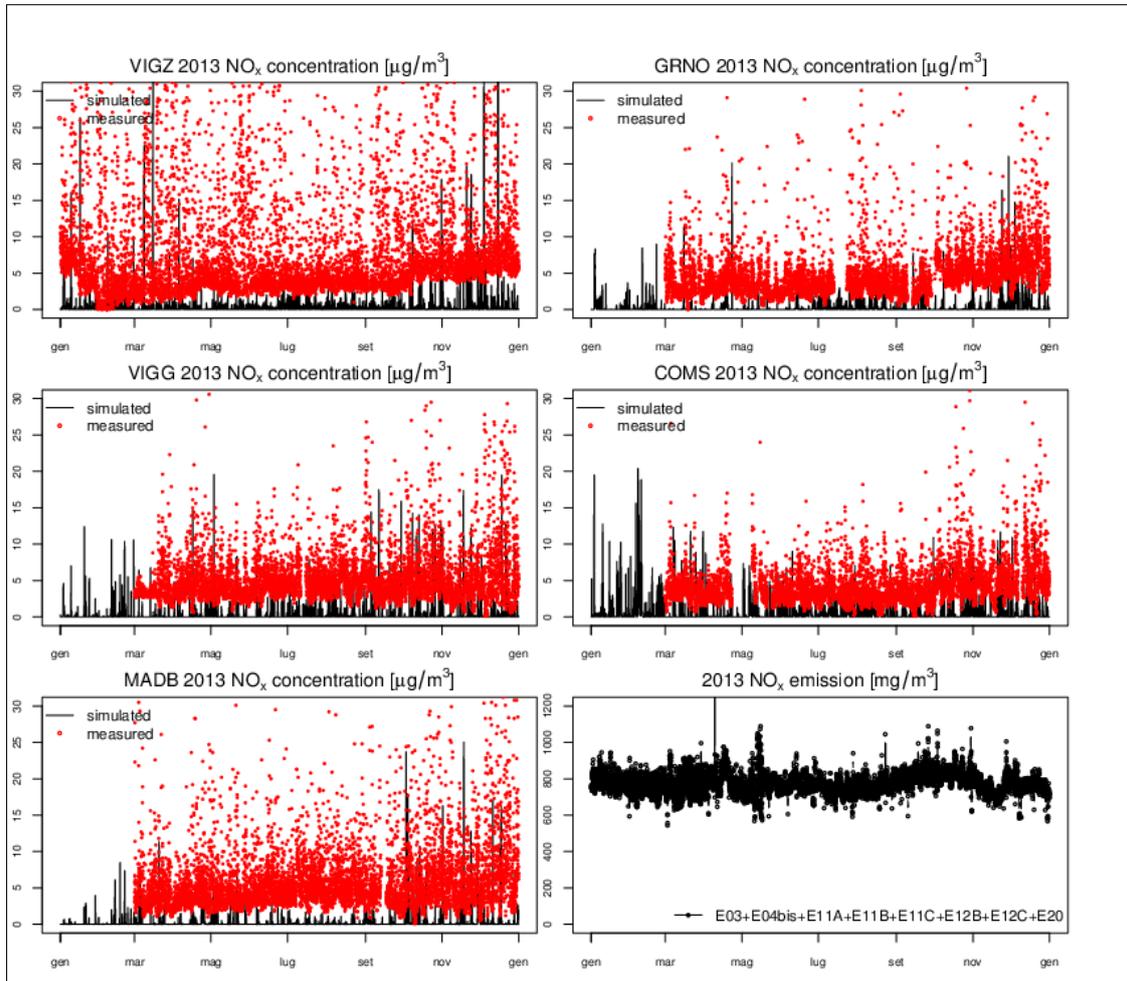
Per quanto riguarda invece la distribuzione delle concentrazioni massime nel dominio di interesse (Figura 2.103) si vede come questi si distribuiscono lungo l'asse della valle, generalmente associabili a condizioni convettive diurne e calme di vento. L'area più interessata dai massimi di concentrazione è quella nei dintorni dell'impianto, entro un raggio di circa 2 km.

Figura 2.103. Zoom sull'area delle stazioni di misura delle mappe di concentrazione massima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



È stato inoltre effettuato un confronto qualitativo tra le concentrazioni simulate e le misure alle stazioni. La Figura 2.104 riporta esempio gli andamenti delle concentrazioni misurate e simulate per l'NOx nelle stazioni di misura. Il confronto è da ritenersi chiaramente qualitativo in quanto le simulazioni non tengono conto dei contributi di tutte le altre sorgenti presenti nell'area e del background di concentrazione, contributi che invece sono registrati nelle stazioni. Pur tuttavia, il confronto può dare tuttavia un'indicazione di quando vengono rilevati dalle simulazioni i picchi alle stazioni. In genere, i picchi di concentrazione rilevati dalle misure sono riprodotti anche nelle simulazioni.

Figura 2.104. Andamenti dei valori medi orari delle concentrazioni di NO_x misurate (punti rossi) e simulate (linea nera) alle stazioni per l'anno 2013. In basso a destra sono riportati i valori orari delle emissioni totali di NO_x



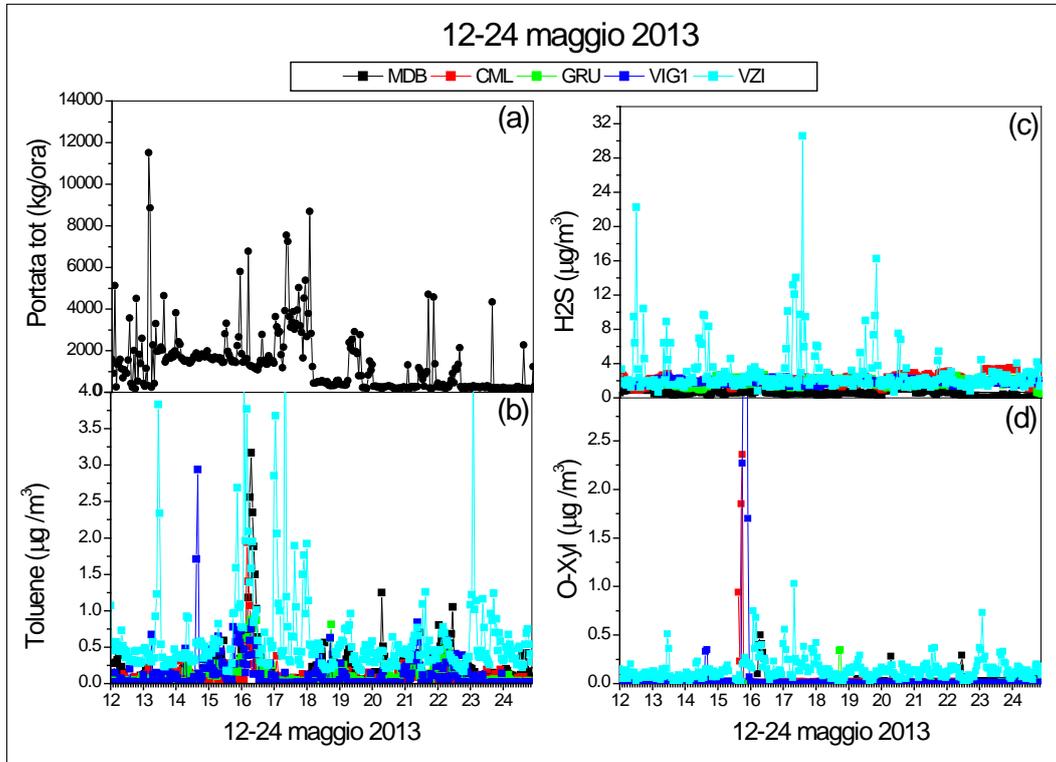
Casi di studio torce

Oltre alle emissioni convogliate da combustione stazionaria il cui impatto in termini di concentrazioni in aria è stato valutato attraverso la modellistica della dispersione, nell'area in studio sono presenti altre emissioni legate all'attività industriale, ovvero quelle legate alle emissioni fuggitive e le emissioni generate dalle combustioni in torce. Per queste ultime sono state fornite solo le portate, non la composizione del gas mandato in torcia né i parametri geometrici delle singole torce. Sulla base del calendario 2013 delle portate massime (Figura 2.91) sono stati selezionati alcuni eventi di elevata portata e si sono analizzati i dati di concentrazione al suolo di alcuni inquinanti registrati nelle centraline in corrispondenza di tali eventi. Di seguito si mostra una sintesi dei dati di 2 eventi segnalati.

La Figura 2.105 mostra nel periodo 12-24 maggio 2013 l'andamento della portata totale delle torce (a) e l'andamento di Toluene (b), H₂S (c) e O-xilene (d). Si veda come nel periodo si verificano diversi eventi di picchi di portata associati spesso a picchi di concentrazione nelle serie degli inquinanti. Si veda ad esempio come il Toluene registri picchi tra i 3 e i 4 μg/m³ nelle varie stazioni laddove le medie annue sono nell'intervallo 0.2-1 μg/m³. L'H₂S raggiunge il massimo di 32 μg/m³ nella stazione di VZI, laddove la

concentrazione media annua è di $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'O-xilene supera i $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il sito in cui si registra il picco di concentrazione dipende dalla meteorologia oraria e dalle caratteristiche fisico/chimiche delle emissioni dalle singole torce.

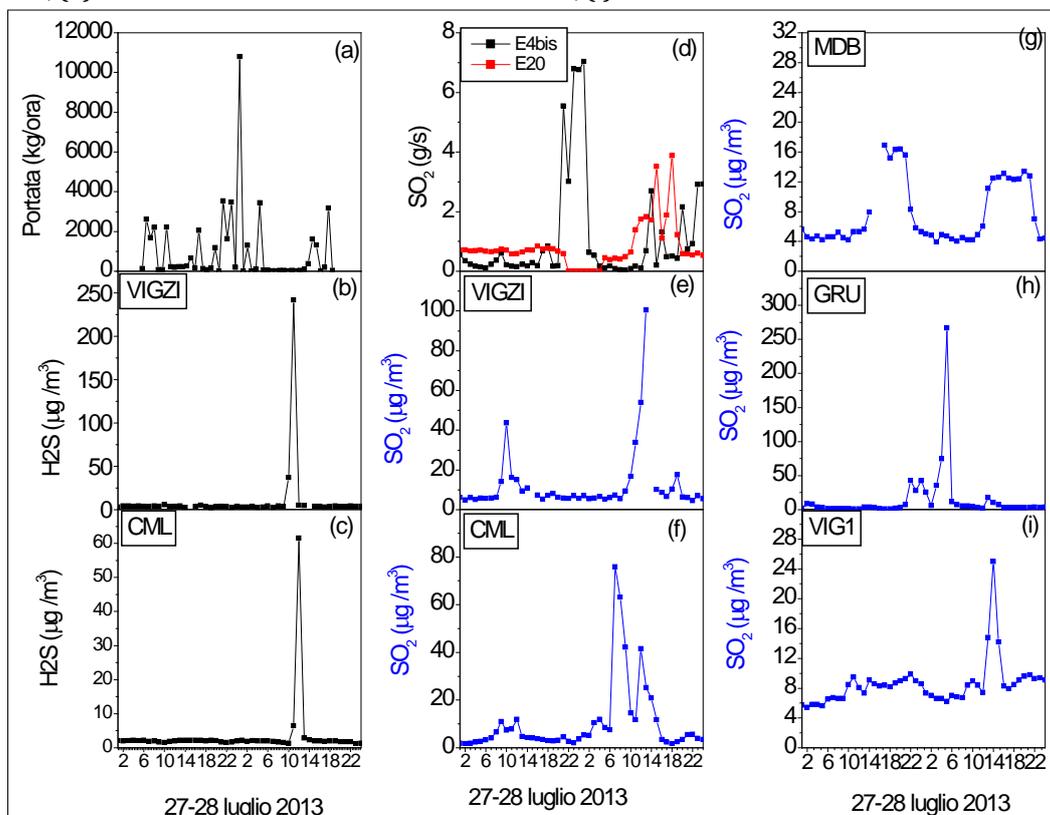
Figura 2.105. 12-24 maggio 2013 (a) andamento portata torce, (b) andamento Toluene nelle diverse stazioni, (c) andamento H₂S, (d) andamento Oxylene



La Figura 2.106 mostra gli andamenti di alcune emissioni e concentrazioni al suolo nel periodo 27-28 luglio 2013. Durante questo evento si verificano picchi di portata nelle torce (Figura 2.106a) e picchi di concentrazione di SO₂ dai 2 termodistruttori alternati a valori nulli (Figura 2.106d).

In corrispondenza a questo eventi si registrano picchi di concentrazione nelle varie stazioni che sembrano spostarsi di ora in ora con l'evoluzione meteorologica.

Figura 2.106. 27-28 luglio 2013 (a) andamento portata torce, (b) andamento H₂S a VZI, (c) andamento H₂S a CML, (d) andamento emissioni SO₂ nei camini E04bis e E20, (e) concentrazioni di SO₂ nella stazione di VZI, (f) concentrazioni di SO₂ nella stazione di CML, (g) concentrazioni di SO₂ nella stazione di MDB, (h) concentrazioni di SO₂ nella stazione di GRU, (i) concentrazioni di SO₂ nella stazione di VIG



Conclusioni

Al fine di ricostruire la diffusione degli inquinanti atmosferici emessi dal COVA è stato messo a punto un sistema modellistico costituito da un modello meteorologico, un modello di strato limite e un modello di diffusione lagrangiano a particelle. Le attività hanno previsto un'analisi delle emissioni del COVA, una caratterizzazione meteorologica e di qualità dell'aria attraverso dati provenienti da reti di monitoraggio.

- Le emissioni del COVA sono di diverso tipo. Emissioni convogliate ai camini da processi di combustione stazionaria, processi di gas flaring, gas venting ed emissioni fuggitive. I dati dei camini acquisiti da Eni riguardano il periodo 2011-2014 e solo alcuni inquinanti SO₂, NO_x, CO, COT tra quelli emessi. Tali dati sono stati analizzati identificando informazioni valide, anomalie e valori mancanti.
- Il confronto delle rose dei venti per l'anno 2014 registrate nelle varie stazioni (Figura 2.93) ha messo in evidenza come siano prevalenti i venti dai settori occidentali, con alcune differenze nelle intensità legate all'ubicazione della singola stazione.
- L'analisi dei dati di qualità dell'aria oltre a consentire di evidenziare alcune criticità e anomalie delle serie, ha permesso di ricostruire la distribuzione dei dati di concentrazione media dell'idrogeno solforato H₂S nell'area. Sebbene in determinate condizioni meteorologiche entrambi i Comuni di Grumento Nova e Viggiano registrino

valori elevati di H₂S, in media annuale i valori più alti sono lungo l'asse Ovest- Est, ovvero Viggiano ZI - Costa Molina.

- Le mappe della concentrazione media annuale ottenute tramite simulazioni modellistiche (Figure 2.101a-c) mostrano come sebbene in particolari condizioni meteorologiche i pennacchi investano i 2 Comuni di Grumento Nova e Viggiano, le aree in media annuale a maggiore impatto sono nella direzione Ovest- Est, in accordo alle condizioni meteorologiche prevalenti (Zoom Figura 2.102). Il consistente innalzamento dei pennacchi, legato agli elevati valori di temperatura e velocità di uscita dei fumi, porta a ricadute al suolo mediamente lontane dai punti di emissione. Per quanto riguarda invece la distribuzione delle concentrazioni massime nel dominio di interesse (Figura 2.103) si vede come questi si distribuiscono lungo l'asse della valle, generalmente associabili a condizioni convettive diurne e calme di vento. L'area più interessata dai massimi di concentrazione è quella nei dintorni dell'impianto, entro un raggio di circa 2 km.
- Oltre alle emissioni convogliate legate a processi di combustione stazionaria, nell'area in studio sono presenti altre emissioni legate all'attività industriale, ovvero quelle legate alle emissioni fuggitive e le emissioni legate al gas flaring e gas venting. Per quanto riguarda le torce sono disponibili solo le portate massiche orarie. L'analisi di alcuni di tali eventi ha messo in evidenza come all'aumentare delle portate in torcia, si registrino picchi significativi di inquinanti nelle diverse centraline, in dipendenza della meteorologia e delle caratteristiche chimico/fisiche delle emissioni.

Bibliografia

1. Pielke R.A., Cotton W.R., Walko R.L., Tremback C.J., Lyons W.A., Grasso L.D., Nicholls M.E., Moran M.D., Wesley D.A., Lee T.J. and Copeland J.H., 1992. A comprehensive meteorological modeling system - RAMS. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 49, 69
2. Cotton, W. R., R. A. Pielke, Sr., R. Walko, G. E. Liston, C. J. Tremback, H. Jiang, R. L. McAnelly, J. Y. Harrington, and M. E. Nicholls, 2003: RAMS 2001 - Current status and future directions. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 82, 5-29.
3. Walko R, Tremback C, (2002) The Adaptive Aperture (ADAP) coordinate. In: 5th RAMS workshop and related applications, Santorini, Greece.
4. Trini Castelli S., Hara T., Ohba R and Tremback C.J., 2006. Validation studies of turbulence closure schemes for high resolutions in mesoscale meteorological models. *Atmospheric Environment*, 40, 2510-2523.
5. Hara T., Trini Castelli S., Ohba R and Tremback C.J., 2009. Validation studies of turbulence closure schemes for high resolutions in mesoscale meteorological models - a case of gas dispersion at the local scale. *Atmospheric Environment*, 43, 3745-3753.
6. Trini Castelli S., 2000: MIRS: a turbulence parameterisation model interfacing RAMS and SPRAY in a transport and diffusion modelling system. Internal Report. ICGF/C.N.R. No 412/2000
7. Tinarelli G., Anfossi D., Bider M., Ferrero E. and Trini Castelli S., 2000. A new high performance version of the Lagrangian particle dispersion model SPRAY, some case studies. *Air Pollution Modelling and its Application XIII*, Gryning S.E. and Batchvarova E. Eds., Plenum Press, New York, 23, 499-506. ISBN: 0-306-46188-9
8. Anfossi D. and Trini Castelli S., 2010. An outline of Lagrangian stochastic dispersion models. In: *Air Pollution and Turbulence: Modeling and Applications*. Moreira D. Ed., Taylor and Francis Group LLC Publications, Chapter 8, 203-235. ISBN: 978-1-4398-1144-3
9. Bustaffa, E., Loiotile, A. D. M., Farella, G., Petraccone, S., De Gennaro, G., & Bianchi, F. (2016). Idrocarburi non metanici nell'atmosfera in prossimità di impianti di primo trattamento del greggio. *Epidemiol Prev*, 40(5), 290-306.

Altro materiale consultato

Caggiano, R., S. Trippetta, and S. Sabia. "Assessment of atmospheric trace element concentrations by lichen-bag near an oil/gas pre-treatment plant in the Agri Valley (southern Italy)." *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions* 2.10 (2014): 6531-6553.

Calvello, M., F. Esposito, and S. Trippetta. "An integrated approach for the evaluation of technological hazard impacts on air quality: the case of the Val d'Agri oil/gas plant." *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions* 2.4 (2014): 2345-2376.

Diantini, Alberto 2016 . "PETROLIO E BIODIVERSITÀ IN VAL D'AGRI." Edizioni Cleup ISBN 978 88 6787 588 7

Eni (2010). Studio di Impatto Ambientale, Progetto di Ammodernamento e Miglioramento Performance Produttive Centro Olio Val D'Agri. Divisione Exploration&Production Distretto Meridionale

Fawole, Olusegun G., X-M. Cai, and A. R. MacKenzie. "Gas flaring and resultant air pollution: A review focusing on black carbon." *Environmental Pollution* 216 (2016): 182-197.

Gianicolo, C. Mangia, and M. Cervino 2016. "Investigating mortality heterogeneity among neighbourhoods of a highly industrialised Italian city: a meta-regression approach". *International journal of public health* 61.7, 777-785 (2016)

Mangia C. Cervino M. Gallimbeni R "Modelling the air quality impact of industrial emissions over a valley in Southern Italy". *International Journal Environ and Pollution* Vol. 50, Nos. 1/2/3/4, pp 264-273 (2012)

Mangia C. Cervino M. Studio del trasporto, della dispersione e della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dal Nucleo industriale di Pianodardine di Avellino al fine di valutarne l'impatto in atmosfera C.Mangia, M. Cervino R01/2011 0002783

Margiotta, S., et al. "PM 1 geochemical and mineralogical characterization using SEM-EDX to identify particle origin–Agri Valley pilot area (Basilicata, Southern Italy)." *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions* 3.1 (2015): 291-318.

NPI Oil and Gas Extraction and Production. Emission Estimation Techniques for Oil & Gas Extraction & Production [Online]. [cited 2013 Jul]; Available from: URL: <http://www.npi.gov.au/system/files/>

Pavese, Giulia, Mariarosaria Calvello, and Francesco Esposito. "Black Carbon and Organic Components in the Atmosphere of Southern Italy: Comparing Emissions from Different Sources and Production Processes of Carbonaceous Particles." *Aerosol and Air Quality Research* 12.6 (2012): 1146-1156.

Regione Basilicata (2011) Aggiornamento dell'A.I.A. relativa all'impianto denominato "Centro Olio Val D'Agri" sito in Zona Industriale "Viggiano", C.da Cembrina s.n.c. 85059 Viggiano (PZ), per il progetto di ammodernamento e miglioramento performance produttive del Centro Olio Val d'Agri

Trozzi, C., et al. "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013: technical guidance to prepare national emission inventories." (2013).

Trini Castelli S., Falabino S., Anfossi D., 2014. Effect of the turbulence parameterizations on the simulation of pollutant dispersion with the RMS modelling system. *Air Pollution Modeling and its Application XXII*, D.G. Steyn and P. Builtjes Eds., Springer Publishers, 529-534.

Trini Castelli S., Reisin T. G. and Tinarelli G., 2012. Comparison of RAMS, RMS and MSS modelling systems for high resolution simulations in presence of obstacles for the MUST field experiment. *Air Pollution Modeling and its Application XXI*, D.G. Steyn and S. Trini Castelli Eds., Springer Publishers, 9-14.

Trippetta, Serena, Rosa Caggiano, and Luciano Telesca. "Analysis of particulate matter in anthropized areas characterized by the presence of crude oil pre-treatment plants: The case study of the Agri Valley (Southern Italy)." *Atmospheric Environment* 77 (2013): 105-116.

Trippetta, S., R. Caggiano, and S. Sabia. "PM 1 measurements at a site close to an oil/gas pre-treatment plant (Agri Valley–southern Italy): a preliminary study." *Natural Hazards and Earth System Science* 14.9 (2014): 2337-2346.

Studio sulla salute e livelli di indagine

Studio microgeografico di coorte residenziale

L'indagine descrittiva dello stato di salute della popolazione residente nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova nel periodo 2000-2013 ha evidenziato diversi eccessi negli indicatori di mortalità e di ricovero in ospedale rispetto ai dati medi sia della Regione Basilicata sia del complesso di 20 comuni che rientrano nella concessione Val d'Agri. Tale eccesso era superiore sia a quello osservato a livello regionale sia a quello del complesso dei 20 comuni che rientrano nella concessione Val D'Agri (Allegato – Evidenze sugli esiti di salute). In considerazione degli obiettivi della VIS e alla luce dei risultati dello studio descrittivo abbiamo proceduto per approfondire la relazione tra le esposizioni di tipo ambientale presenti nell'area e lo stato di salute della popolazione residente. È stato utilizzato il disegno di studio epidemiologico della coorte residenziale per studiare l'associazione tra le emissioni in atmosfera prodotte dal COVA e il rischio di ospedalizzazione e di mortalità della coorte dei residenti.

Lo studio di coorte è considerato il disegno epidemiologico più avanzato per analizzare gli effetti sulla salute determinati da una potenziale fonte di inquinamento. L'obiettivo principale di uno studio di coorte in riferimento alla relazione ambiente e salute è quello di valutare il rischio per la salute di una coorte di residenti in un definito periodo di follow-up rispetto all'inquinamento dovuto sia a singole fonti di inquinamento, sia a più sorgenti considerate complessivamente, tenendo conto di fattori di rischio sia individuali (l'età, il sesso, l'occupazione) sia di contesto (la deprivazione socio-economica di area di residenza).

L'approccio retrospettivo di coorte residenziale è basato sulla ricostruzione della storia residenziale utilizzando dati a livello individuale raccolti dai sistemi informativi correnti, relativi ai certificati di mortalità e alle SDO. La georeferenziazione dell'indirizzo di residenza di ciascun individuo della coorte e la disponibilità di mappe di diffusione di inquinanti atmosferici per la caratterizzazione ambientale del territorio consentono di ricostruire la storia dell'esposizione ambientale di ogni soggetto della coorte ad ogni sorgente di inquinamento atmosferico considerata.

Lo studio ha valutato gli effetti a medio-lungo termine associabili ad esposizioni di medio-lungo periodo. Tali effetti sono stati studiati utilizzando l'ospedalizzazione e la mortalità come indicatori di salute. Le stime di rischio associate alle emissioni stimate dal COVA, oltre ad essere depurate dall'effetto di sorgenti lineari rilevanti, tengono conto della struttura per età delle popolazioni e dei fattori socioeconomici.

L'approccio di coorte utilizzato consente di fornire stime di rischio valide e quindi potenzialmente utili nel processo decisionale.

Poiché in letteratura esistono evidenze robuste [1-5] a riguardo della associazione tra inquinamento atmosferico e le patologie a carico dell'apparato cardio-respiratorio e dei tumori dell'apparato respiratorio, queste sono state scelte come esiti da investigare nella coorte dei residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova. Per la valutazione di tali esiti sono state necessarie verifiche preliminari sulla disponibilità di informazioni nei flussi correnti di: i) anagrafi dei due comuni in studio; ii) registri di mortalità; iii) archivi

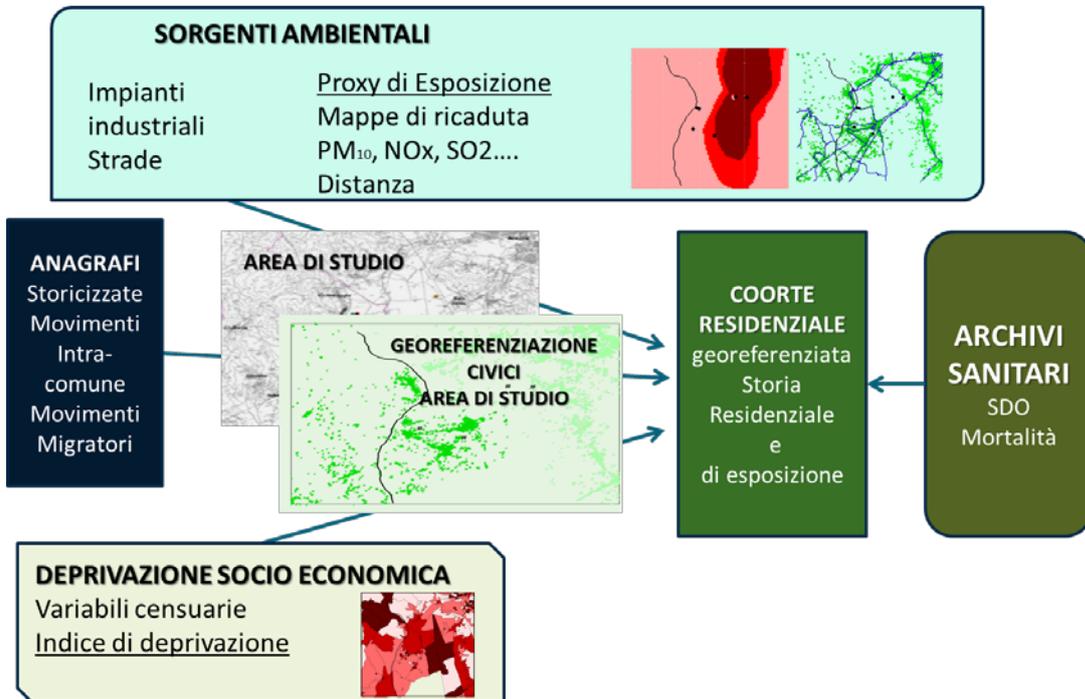
delle SDO per la valutazione della ospedalizzazione e la stima dell'incidenza. In base al disegno di studio è stato definito il dettaglio informativo da acquisire in ciascun archivio (Allegato – Flussi informativi). In particolare, verificata l'inesistenza di un archivio digitalizzato della mortalità regionale ne è stato creato uno in funzione degli obiettivi di studio relativo ai due Comuni di Viggiano e Grumento Nova per il periodo 2000-2014.

Le cause di morte sono state incluse valutando la plausibilità biologica, la coerenza del periodo di induzione-latenza con il periodo di funzionamento del COVA e la numerosità degli eventi. Per scopi descrittivi è stato studiato il tumore di trachea-bronchi-polmone tra quelli a lunga latenza.

Materiali e metodi

In Figura 2.107 è riportato lo schema del disegno di studio di coorte residenziale utilizzato. Tale disegno di studio è uguale ad altri di rilevanza nazionale [6-8].

Figura 2.107. Schema dello studio retrospettivo di una coorte residenziale



L'area di studio è il territorio dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova dove è localizzato il COVA (attivo dal 1996) e dove è presente la strada statale SS 598 di fondovalle (Figura 2.108).

A partire dalle anagrafi comunali è stata ricostruita la storia residenziale di 6.795 dei soggetti residenti, per un totale di 73.270 anni persona. Nel periodo di follow-up considerato (dal 2000 al 2014), il 14% dei soggetti ha cambiato residenza all'interno dell'area. La coorte residenziale ricostruita è aperta e dinamica, avendo considerato: i movimenti migratori in uscita ed in entrata nell'area, i movimenti migratori all'interno dell'area e le nascite e i decessi dei residenti nell'area, avvenuti durante l'intero periodo di follow-up.

Il 99% dei soggetti inclusi nella coorte è stato georeferenziato al proprio indirizzo di residenza e posizionato su mappa digitale attraverso un processo di normalizzazione e di attribuzione di coordinate geografiche degli indirizzi di residenza (Figura 2.109).

Figura 2.108. Dominio dello studio epidemiologico: confini amministrativi dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova

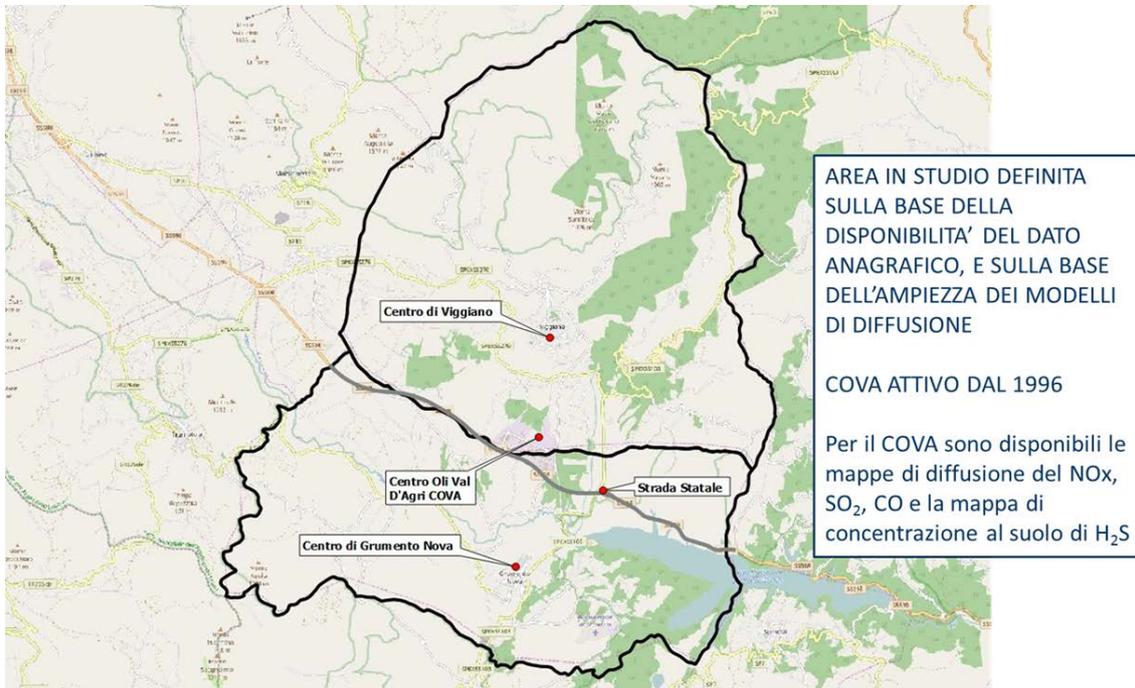
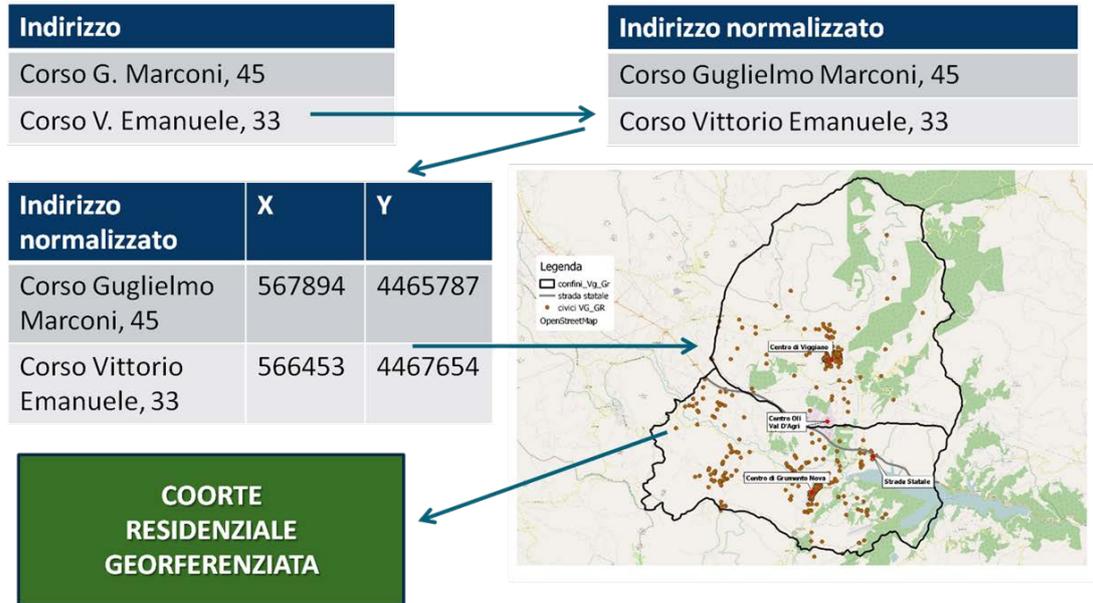
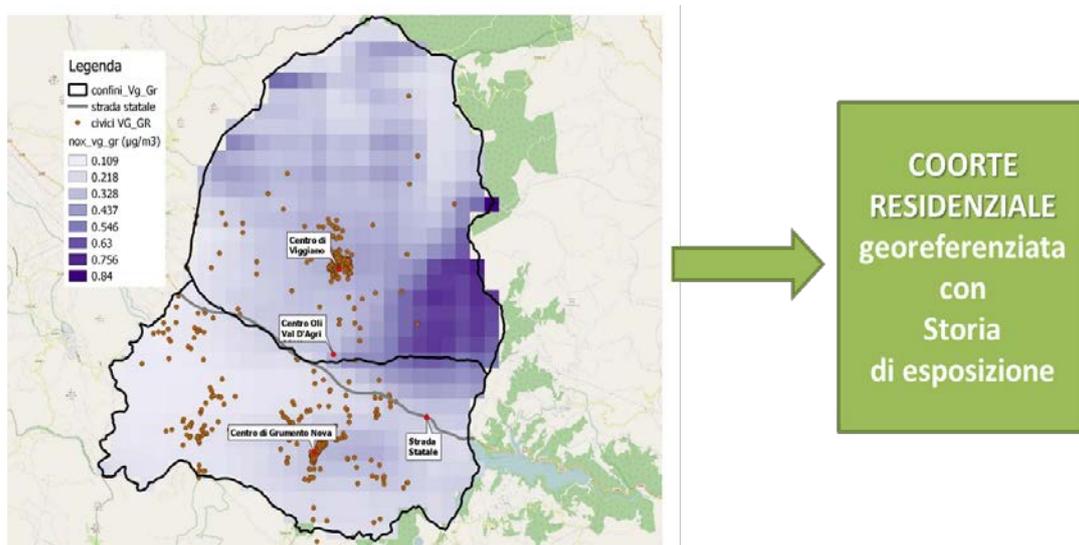


Figura 2.109. Processo di normalizzazione degli indirizzi di residenza e di georeferenziazione della coorte in studio



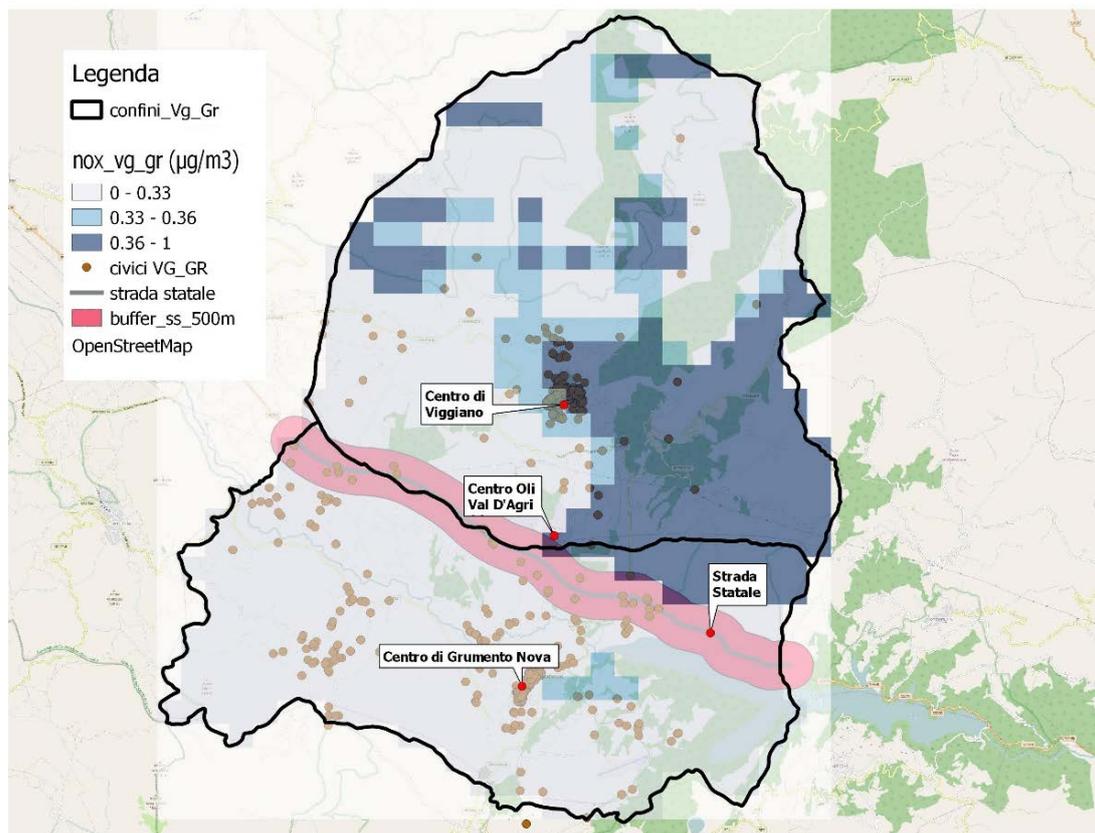
Partendo dalla mappe di diffusione dello studio modellistico, per ogni soggetto georeferenziato è stato possibile ricostruire la storia di esposizione a inquinanti atmosferici considerando i movimenti migratori all'interno dell'area durante il periodo di follow-up. Le distribuzioni delle concentrazioni dell'H₂S e delle diffusi di SO₂ e NO_x emessi dal COVA sono risultate fortemente correlate tra loro nel territorio di indagine della coorte residenziale (coefficienti di correlazione (ρ)>0,65 con probabilità di errore di I tipo (p)<0,001). Tale risultato ha consentito di utilizzare NO_x come parametro rappresentativo (*proxy*) dell'esposizione a inquinamento atmosferico industriale. Quindi, ad ogni soggetto appartenente alla coorte residenziale è stato attribuito un livello di concentrazione di esposizione alle emissioni di NO_x sovrapponendo la mappa dei civici georeferenziati con quella della diffusione di NO_x (Figura 2.110).

Figura 2.110. Esposizione dei soggetti della coorte residenziale a inquinamento atmosferico di fonte industriale secondo la distribuzione dell'NO_x



Tre livelli di esposizione sono stati definiti sulla base dei terziili calcolati sulla distribuzione delle concentrazioni di NO_x attribuite a tutti gli appartenenti alla coorte residenziale: in questo modo sono state definite tre classi di esposizione (Figura 2.111).

Figura 2.111. Rappresentazione delle tre classi di esposizione definite secondo i terziili della distribuzione dell'NO_x di origine industriale (da più chiaro, classe meno esposta, a più scuro, classe più esposta)



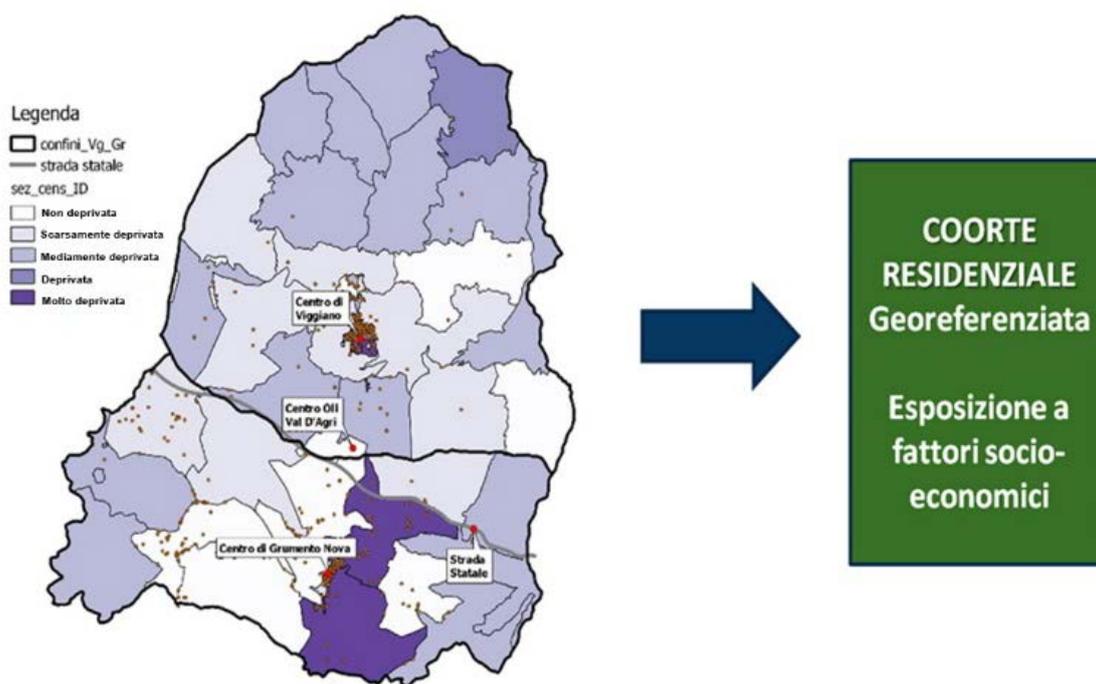
Lo stato socio economico è stato considerato come un fattore di potenziale confondimento della relazione in studio.

La misura indiretta dei fattori socio-economici è stata definita attraverso un indicatore di deprivazione socio-economica (ID) calcolato a livello di sezione di censimento utilizzando variabili del censimento della popolazione del 2001 di fonte ISTAT (Allegato – Definizione della condizione socio-economica). Per ogni sezione di censimento è stato calcolato l'ID sulla base della metodologia di Caranci et al. [9]. Ad ogni soggetto è stata attribuita la classe di deprivazione socio-economica (5 classi da non deprivata a molto deprivata secondo il criterio dei quintili della distribuzione dell'ID) della sezione di censimento di residenza (Figura 2. 112).

A ciascun soggetto della coorte residenziale è stato possibile associare (linkare) i propri esiti sanitari in studio, sia attinenti l'evento morte sia il profilo di ospedalizzazione, attraverso il codice fiscale anonimizzato, a fini di tutela della privacy.

I dati di ospedalizzazione (periodo 2000-2014) sono stati raccolti dalle SDO forniti dalla Regione Basilicata, mentre per quelli di mortalità (periodo 2000-2014) è stato costruito un registro elettronico di mortalità ad hoc (le schede cartacee di fonte ASL sono state codificate e digitalizzate).

Figura 2.112. ID per sezione di censimento sulla base dei quintili (da bianco, sezione di censimento non deprivata, a scuro, sezione molto deprivata). I punti rossi rappresentano i soggetti della coorte residenziale



Al fine di considerare solo nuovi ricoveri (casi incidenti), per ogni causa di ricovero in studio è stato selezionato solo il primo ricovero ordinario avvenuto durante il periodo di follow-up. Sempre per evitare di considerare ricoveri ripetuti per la stessa causa, per il 2000 e il 2001 sono stati esclusi i ricoverati con ricoveri avvenuti nei 2 anni precedenti. Le patologie in studio (Tabella 2.34) sono state scelte a priori sulla base delle evidenze epidemiologiche, sulla base della plausibilità biologica e sulla base della compatibilità del periodo di induzione-latenza della malattia con il periodo di attività del COVA. Per tale motivo le analisi non si sono concentrate su esiti con latenza lunga, fatta eccezione per il tumore di trachea-bronchi-polmone da noi studiato a solo scopo descrittivo.

Tabella 2.34. Cause di ricovero e di mortalità in studio

| Cause in studio | ICD9 | ICD10 |
|--|------------------|---------------------------|
| Tutte le cause naturali (solo mortalità) | 1-799 | A00-R99 |
| Tutti i tumori | 140-239 | C00-D48 |
| Tumore del polmone | 162 | C33-C34 |
| Malattie del sistema circolatorio | 390-459 | I00-I99 |
| Malattie ischemiche | 410-414 | I20-I25 |
| Disturbi circolatori dell'encefalo | 430-438 | I60-I69 |
| Malattie respiratorie | 460-519 | J00-J99 |
| Malattie respiratorie acute | 460-466; 480-487 | J00-J06; J10-J18; J20-J22 |
| Malattie respiratorie croniche | 491-492; 494-496 | J41-J44; J47 |

Le stime di associazione di rischio sanitario alle esposizioni del COVA vengono effettuate considerando riferimenti interni al dominio di studio: i rischi dell'area più esposta (classe 3) sono rapportati ai rischi dell'area meno esposta (classe 1). Le associazioni di rischio

sono state stimate attraverso Hazard Ratio (HR) stimato attraverso un modello di regressione di Cox tempo-dipendente. Ad esempio un HR pari a 1,2 indica che il rischio dei maggiormente esposti è del 20% in più rispetto a quelli con minore esposizione. Inoltre è stato calcolato il trend degli HR. Gli HR e i trend sono corredati di Intervallo di Confidenza al 95% di probabilità (IC95%).

Tutte le analisi sono state eseguite distintamente per sesso e sono aggiustate per i potenziali confondenti quali l'età, l'ID e l'esposizione alla strada statale di fondovalle.

Si commentano i risultati statisticamente significativi ($p < 0,05$) e vengono segnalati alcuni eccessi che, seppure non statisticamente significativi, sono ritenuti di interesse a fini descrittivi per l'adesione a tre criteri:

- emergono su sottogruppi di cause che sono parte di gruppi per i quali sono emersi eccessi statisticamente significativi;
- mostrano una moderata o elevata forza di associazione ($HR > 1,5$);
- mostrano una probabilità di errore ai limiti della significatività statistica e in presenza di un numero assoluto di eventi almeno pari a 5 (garanzia minima per avere una accettabile precisione della stima).

Risultati

Dalla Tabella 2.35 si nota che tutte le variabili di aggiustamento sono correlate con le classi di NO_x ($p < 0,05$). In particolare si è osservato che nella classe di esposizione minore ad NO_x si osserva un aumento della percentuale di soggetti meno deprivati, nella classe di esposizione maggiore ad NO_x si osserva un aumento della percentuale di soggetti più deprivati.

Tabella 2.35. Distribuzione degli anni persona (AP) nelle classi di esposizione ad NO_x per classi di età, indice di deprivazione socioeconomica (ID) e distanza di residenza dalla strada statale di fondovalle

| | NO_x terzi | 0-0.32 ($\mu g/m^3$) | | 0.33-0.36 ($\mu g/m^3$) | | >0.36 ($\mu g/m^3$) | | Totale | p |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------|---------------------------|-------|-----------------------|-------|--------|--------|
| | | AP | % | AP | % | AP | % | | |
| Sesso | F | 16751 | 49 | 8620 | 49 | 10687 | 50 | 36058 | 0,038 |
| | M | 17569 | 51 | 8920 | 51 | 10723 | 50 | 37213 | |
| Classi di età | 0-14 | 4252 | 12 | 2338 | 13 | 3272 | 15 | 9862 | <0.001 |
| | 15-34 | 8688 | 25 | 4330 | 25 | 6155 | 29 | 19172 | |
| | 35-64 | 14186 | 41 | 6834 | 39 | 8524 | 40 | 29544 | |
| | 65-84 | 6589 | 19 | 3742 | 21 | 3207 | 15 | 13539 | |
| | 85+ | 605 | 2 | 297 | 2 | 252 | 1 | 1153 | |
| ID | Non deprivato | 6605 | 19 | 125 | 1 | 301 | 1 | 7031 | <0.001 |
| | Scarsamente deprivato | 12074 | 35 | 3857 | 22 | 3306 | 15 | 19237 | |
| | Mediamente deprivato | 13034 | 38 | 1492 | 9 | 7085 | 33 | 21611 | |
| | Deprivato | 101 | 0 | 4177 | 24 | 7156 | 33 | 11434 | |
| | Molto deprivato | 2507 | 7 | 7888 | 45 | 3563 | 17 | 13958 | |
| Strada statale | >500m | 30483 | 89 | 17540 | 100 | 21382 | 100 | 69405 | <0.001 |
| | <=500 m | 3838 | 11 | 0 | 0 | 28 | 0 | 3865 | |
| Totale | | | 34320 | 100 | 17540 | 100 | 21410 | 100 | |

I risultati delle analisi dei ricoveri ospedalieri (Figura 2.113) segnalano tra i residenti nelle aree a maggior concentrazione stimata di NO_x, i seguenti eccessi di ospedalizzazione:

- per le malattie del sistema circolatorio nelle donne, un rischio del 41% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=97; HR=1,41; IC95% 1,05-1,89), e un trend del rischio del 19% passando da una classe di esposizione alla successiva (HR trend 1,19; IC95% 1,03-1,38);
- per le malattie ischemiche nelle donne, un rischio dell' 80% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=30; HR=1,80; IC95% 1,05-3,11), e un trend del rischio del 33% (HR trend 1,33; IC95% 1,02-1,74);
- per le malattie respiratorie nelle donne un rischio del 48% in più (n=73; HR=1,48; IC95% 1,04-2,10) con un trend degli HR del 22% (HR trend 1,22; IC95% 1,03-1,46), e nel complesso dei soggetti (uomini+donne) un rischio del 25% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=171; HR=1,25; IC95% 1,01-1,56), e un trend del rischio del 12% (HR trend 1,12; IC95% 1,01-1,25).

Figura 2.113. Analisi dei ricoveri nella coorte dei residenti per causa, genere e classi di esposizione a inquinanti industriali (follow-up 2000-2014)

| Causa | sezzo | classe esp | n | HR | p | IC 95% | HR trend | p | IC 95% | | |
|-----------------------------------|--------|------------|-----|-------|-------|--------|----------|-------|--------|-------|-------|
| Tutti i tumori | Uomini | Minore | 111 | 0.966 | 0.849 | 0.680 | 1.373 | 0.985 | 0.873 | 0.824 | 1.179 |
| | | Maggiore | 59 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 124 | 0.798 | 0.205 | 0.563 | 1.132 | 0.892 | 0.204 | 0.747 | 1.064 |
| | | Maggiore | 56 | | | | | | | | |
| Tumore al polmone | Uomini | Minore | 13 | 0.644 | 0.440 | 0.211 | 1.969 | 0.807 | 0.441 | 0.467 | 1.393 |
| | | Maggiore | 5 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | <3 | | | | | | | | |
| | | Maggiore | <3 | | | | | | | | |
| Malattie del sistema circolatorio | Uomini | Minore | 207 | 0.912 | 0.481 | 0.705 | 1.179 | 0.954 | 0.471 | 0.841 | 1.084 |
| | | Maggiore | 107 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 131 | 1.408 | 0.023 | 1.049 | 1.890 | 1.188 | 0.021 | 1.026 | 1.377 |
| | | Maggiore | 97 | | | | | | | | |
| Malattie cerebrovascolari | Uomini | Minore | 68 | 0.815 | 0.389 | 0.512 | 1.298 | 0.903 | 0.398 | 0.713 | 1.144 |
| | | Maggiore | 32 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 47 | 1.225 | 0.473 | 0.704 | 2.130 | 1.097 | 0.487 | 0.845 | 1.422 |
| | | Maggiore | 24 | | | | | | | | |
| Malattie ischemiche | Uomini | Minore | 98 | 0.854 | 0.425 | 0.578 | 1.259 | 0.927 | 0.426 | 0.768 | 1.118 |
| | | Maggiore | 44 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 40 | 1.805 | 0.033 | 1.048 | 3.107 | 1.331 | 0.035 | 1.020 | 1.736 |
| | | Maggiore | 30 | | | | | | | | |
| Malattie Apparato respiratorio | Uomini | Minore | 137 | 1.115 | 0.457 | 0.837 | 1.487 | 1.057 | 0.450 | 0.915 | 1.221 |
| | | Maggiore | 98 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 83 | 1.481 | 0.027 | 1.045 | 2.100 | 1.223 | 0.024 | 1.027 | 1.457 |
| | | Maggiore | 73 | | | | | | | | |
| Malattie respiratorie acute | Uomini | Minore | 62 | 1.008 | 0.973 | 0.658 | 1.543 | 1.005 | 0.966 | 0.812 | 1.244 |
| | | Maggiore | 44 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 28 | 1.187 | 0.567 | 0.660 | 2.136 | 1.093 | 0.555 | 0.814 | 1.467 |
| | | Maggiore | 25 | | | | | | | | |
| Malattie respiratorie croniche | Uomini | Minore | 12 | 2.036 | 0.129 | 0.813 | 5.096 | 1.409 | 0.128 | 0.907 | 2.189 |
| | | Maggiore | 14 | | | | | | | | |
| | Donne | Minore | 5 | 3.023 | 0.129 | 0.726 | 12.595 | 1.796 | 0.106 | 0.883 | 3.654 |
| | | Maggiore | 6 | | | | | | | | |

☹ Eccesso di Rischio del 41%
Trend del 19%

☹ Eccesso di Rischio del 80%
Trend del 33%

☹ Eccesso di Rischio del 48%
Trend del 22%

☹ Eccesso di Rischio del 104%
Trend del 41%
☹ Eccesso di Rischio del 202%
Trend del 80%

Note - Classe esp: minore (classe con minore esposizione), maggiore (classe a maggiore esposizione); n: numero di ricoverati; HR: Stima di associazione di rischio attraverso l'Hazard Ratio aggiustato per età, Indice di deprivazione socio-economica ed esposizione a strada Statale; p: probabilità di errore di I tipo; IC 95%: Intervallo di confidenza dell'HR al 95% di probabilità; HR Trend: Stima dell'incremento lineare dell'associazione di rischio all'aumentare della classe di esposizione (trend degli HR).

Emergono inoltre segnali di elevato rischio, seppure non statisticamente significativo:

- per le malattie respiratorie croniche negli uomini, un rischio del 104% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=14; HR=2,04; IC95% 0,81-5,10), e un trend del rischio del 41% (HR trend 1,41; IC95% 0,91-2,19);
- per le malattie respiratorie croniche nelle donne, un rischio del 202% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=6; HR=3,02; IC95% 0,73-12,60), e un trend del rischio dell'80% (HR trend 1,80; IC95% 0,88-3,65).

Per quest'ultima patologia si nota che, se si considerano uomini e donne insieme, emergono eccessi statisticamente significativi: un rischio del 118% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=20; HR=2,18; IC95% 1,02-4,69), e un trend del rischio dell'49% (HR trend 1,49; IC95% 1,02-2,17).

Dalle analisi di mortalità (Figura 2.114) si osserva un eccesso statisticamente significativo per le malattie del sistema circolatorio, sia nelle donne, con un rischio del 63% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (HR=1,63; IC95% 1,06-2,52) e un trend del rischio del 29% (HR trend 1,29; IC95% 1,03-1,60), sia sul totale dei soggetti, con un rischio del 41% in più (HR=1,41; IC95% 1,04-1,92) e un trend del rischio del 19% (HR trend 1,19; IC95% 1,02-1,39).

Emergono inoltre due eccessi non statisticamente significativi:

- per tutte le cause naturali nelle donne, un eccesso di rischio del 24% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=79; HR=1,24; IC95% 0,91-1,70), e un trend del rischio dell'11% passando da una classe di esposizione alla successiva (HR trend 1,11; IC95% 0,95-1,31);
- per le malattie cerebrovascolari nelle donne, un rischio del 64% in più nella classe di maggiore esposizione rispetto a quella di minore esposizione (n=46; HR=1,64; IC95% 0,78-3,45), e un trend del 30% (HR trend 1,30; IC95% 0,89-1,90).

Figura 2.114. Analisi della mortalità nella coorte dei residenti per causa, genere e classi di esposizione ad inquinanti industriali (follow-up 2000-2014)

| causa | sesto | classe esp | n | HR | p | IC 95% | HR trend | p | IC 95% |
|--------------------------------|--------|------------|-----|-------|-------|-------------|----------|-------|-------------|
| Naturali | Uomini | Minore | 166 | 1.004 | 0.976 | 0.755 1.336 | 1.000 | 1.000 | 0.868 1.152 |
| | | Maggiore | 90 | | | | | | |
| | Donne | Minore | 163 | 1.239 | 0.180 | 0.906 1.696 | 1.115 | 0.177 | 0.952 1.305 |
| | | Maggiore | 79 | | | | | | |
| Tutti i tumori | Uomini | Minore | 58 | 0.717 | 0.226 | 0.418 1.229 | 0.846 | 0.226 | 0.646 1.109 |
| | | Maggiore | 22 | | | | | | |
| | Donne | Minore | 43 | 0.662 | 0.248 | 0.329 1.332 | 0.796 | 0.223 | 0.552 1.149 |
| | | Maggiore | 13 | | | | | | |
| Tumore del polmone | Uomini | Minore | 16 | 0.418 | 0.190 | 0.113 1.541 | 0.713 | 0.230 | 0.411 1.239 |
| | | Maggiore | 3 | | | | | | |
| | Donne | Minore | <3 | | | | | | |
| | | Maggiore | <3 | | | | | | |
| Malattie sistema circolatorio | Uomini | Minore | 63 | 1.249 | 0.328 | 0.800 1.948 | 1.115 | 0.332 | 0.895 1.390 |
| | | Maggiore | 40 | | | | | | |
| | Donne | Minore | 83 | 1.631 | 0.027 | 1.057 2.516 | 1.286 | 0.024 | 1.034 1.600 |
| | | Maggiore | 46 | | | | | | |
| Malattie cerebrovascolari | Uomini | Minore | 19 | 0.632 | 0.321 | 0.256 1.562 | 0.794 | 0.332 | 0.497 1.266 |
| | | Maggiore | 8 | | | | | | |
| | Donne | Minore | 27 | 1.642 | 0.191 | 0.781 3.454 | 1.302 | 0.172 | 0.892 1.901 |
| | | Maggiore | 16 | | | | | | |
| Malattie ischemiche | Uomini | Minore | 31 | 0.740 | 0.420 | 0.356 1.538 | 0.861 | 0.409 | 0.603 1.228 |
| | | Maggiore | 12 | | | | | | |
| | Donne | Minore | 19 | 1.283 | 0.577 | 0.535 3.078 | 1.122 | 0.593 | 0.736 1.712 |
| | | Maggiore | 10 | | | | | | |
| Malattie respiratorie | Uomini | Minore | 22 | 0.467 | 0.088 | 0.194 1.120 | 0.683 | 0.087 | 0.441 1.057 |
| | | Maggiore | 8 | | | | | | |
| | Donne | Minore | 10 | 0.671 | 0.591 | 0.157 2.871 | 0.809 | 0.579 | 0.383 1.709 |
| | | Maggiore | 3 | | | | | | |
| Malattie respiratorie acute | Uomini | Minore | <3 | | | | | | |
| | | Maggiore | <3 | | | | | | |
| | Donne | Minore | <3 | | | | | | |
| | | Maggiore | <3 | | | | | | |
| Malattie respiratorie croniche | Uomini | Minore | 11 | 0.515 | 0.254 | 0.164 1.612 | 0.720 | 0.251 | 0.411 1.261 |
| | | Maggiore | 5 | | | | | | |
| | Donne | Minore | <3 | | | | | | |
| | | Maggiore | <3 | | | | | | |

☹ Eccesso di Rischio del 24%
Trend del 11%

☹ Eccesso di Rischio del 63%
Trend del 29%

☹ Eccesso di Rischio del 64%
Trend del 30%

Note - Classe esp: minore (classe con minore esposizione), maggiore (classe a maggiore esposizione); n: numero di morti; HR: Stima di associazione di rischio attraverso l'Hazard Ratio aggiustato per età, Indice di deprivazione socio-economica ed esposizione a strada Statale; p: probabilità di errore di I tipo; IC 95%: Intervallo di confidenza dell'HR al 95% di probabilità; HR Trend: Stima dell'incremento lineare dell'associazione di rischio all'aumentare della classe di esposizione (trend degli HR).

Discussione

L'approccio epidemiologico di coorte residenziale ha permesso la valutazione dell'associazione tra esposizione a inquinanti atmosferici prodotti dal COVA e il rischio di esiti di salute tra i residenti nell'area in studio. La tecnica analitica utilizzata ha consentito di superare i principali problemi degli studi ecologici che riguardano l'esatta valutazione del tempo persona a rischio di ciascun residente, la stima della esposizione individuale e il ruolo confondente di alcuni fattori quali il livello socio economico. A tale scopo è stata definita una coorte da studiare con approccio longitudinale avvalendosi di misure di esposizione individuale basate su modelli di ricaduta degli inquinanti e con stima di rischi sanitari nei diversi livelli di esposizione, corretti per altre esposizioni ambientali, per indice di deprivazione socio-economica e per età.

La scelta dell'NOx come *misura indiretta* dell'esposizione all'inquinamento atmosferico prodotto dal COVA è stata motivata dalla forte correlazione statisticamente significativa esistente tra i diversi inquinanti mappati. La distribuzione di tale inquinante è stata utilizzata per definire classi di esposizione (gradienti di esposizione: aree più esposte verso aree meno esposte) che discriminano le aree più o meno impattate in modo corretto

in quanto non sono influenzati dai valori assoluti della media annuale di NOx. La definizione di gradienti aiuta a limitare la misclassificazione dell'esposizione. Al proposito si sottolinea che la possibile misclassificazione di questi indicatori rispetto alla vera esposizione della popolazione può essere considerata non differenziale, ossia si presuppone che non ci sia differenza tra malati rispetto ai soggetti sani. In tal caso, i rischi relativi ottenuti dallo studio possono essere considerati conservativi, cioè affetti da sottostima. Si fa notare che la definizione dell'esposizione è stata basata sulla matrice aria principale via di esposizione in considerazione delle caratteristiche dell'area in oggetto, e non ha incluso altre vie di contaminazione (attraverso le matrici acqua, suolo e alimenti) che comporterebbero altri approcci investigativi.

L'indice di deprivazione socio-economica disponibile a livello di sezione di censimento è stato utilizzato come *proxy* della deprivazione individuale al fine di aggiustare le stime di rischio per la salute; tale scelta, in linea con quella di altri studi di rilevanza nazionale, è stata decisa con la consapevolezza che tale indice spesso è associato sia all'esposizione ambientale, sia a diverse cause di mortalità e di ospedalizzazione e pur sapendo che tale indice potrebbe essere affetto da bias ecologico.

A proposito dei dati mancanti su abitudini individuali, quali consumo di tabacco, alcol e dieta, è verosimile assumere un loro ruolo marginale nella spiegazione delle associazioni di rischio tra inquinamento e salute, perché è poco probabile l'esistenza di differenziali significativi di stili di vita tra sub-aree diverse all'interno dei due comuni e rispetto a comuni limitrofi e quindi anche tra aree designate come più esposte e meno esposte dal modello diffusionale degli inquinanti. E' inoltre da sottolineare che in letteratura scientifica sono riportati risultati persuasivi a favore del fatto che l'indice di deprivazione socio-economica sia anche in parte predittivo di abitudini di vita, quali il fumo.

Essendo la popolazione dei comuni di piccole dimensioni, anche se i dati sono studiati lungo 15 anni con un disegno di coorte retrospettiva, la potenza statistica dello studio è limitata e questo comporta che per alcuni eccessi di rischio anche marcati non si raggiunge la significatività statistica. La nostra impostazione è di dare conto anche degli eccessi forti ai limiti della significatività statistica, che se protratti nel tempo o verificati in popolazioni più grandi sarebbero significativi. Chiaramente per questi risultati l'affidabilità è inferiore sul piano del nesso di causalità ma rilevante per indicazioni di prevenzione e sorveglianza di sanità pubblica.

Lo studio è stato disegnato per valutare un numero limitato di associazioni tra esiti di salute e inquinanti ambientali presenti nell'area, per le quali esiste una evidenza scientifica persuasiva.

Il totale delle cause di decesso e ricovero è stato considerato in quanto indicatore generale di salute. In sintesi, le analisi dei ricoveri ospedalieri hanno mostrato:

- eccessi per malattie cardiovascolari tra le donne, in particolare quelle ischemiche del cuore;
- eccessi per il totale dei soggetti, più marcato nelle donne, per malattie respiratorie, in particolare per quelle croniche;
- segnale di eccesso di ricoverati per malattie respiratorie croniche negli uomini.

Le analisi di mortalità hanno mostrato eccessi per le donne per la mortalità generale, per la totalità dei soggetti per le malattie del sistema circolatorio (eccesso più marcato nelle donne), in particolare per quelle cerebrovascolari.

Per l'interpretazione dei risultati è da considerare che per cause di patologia per le quali i segnali di rischio emergono nelle sole donne, è ragionevole ritenere che una componente del rischio sia maggiormente ascrivibile ad inquinamento atmosferico, e meno ad attività lavorativa, dieta e stili di vita.

Gli eccessi evidenziati per le malattie cardiovascolari e respiratorie danno indicazioni di rilevanza eziologica, in virtù della qualità metodologica dello studio di coorte, e contribuiscono ad ampliare le conoscenze epidemiologiche rafforzando la plausibilità di un effetto dell'inquinamento atmosferico in aree con significative pressioni ambientali, indicazioni in accordo con le evidenze epidemiologiche disponibili sugli effetti cardiovascolari e respiratori indotti da inquinamento atmosferico [10-16].

Pur non potendo escludere che alcuni degli eccessi emersi possano essere dovuti al caso per effetto dei test multipli effettuati, di contro è da considerare che molti degli eccessi sono corredata da una probabilità di errore bassa.

In particolare, l'evidenza sugli effetti dell'inquinamento atmosferico sul sistema cardiovascolare si basa su associazioni osservate in numerosi studi epidemiologici [17-20], con plausibilità biologica supportata da numerose indagini sui meccanismi [21-23].

La relazione tra l'esposizione a lungo termine a PM2.5 e miscele e gli effetti sulla salute cardiovascolare è stata determinata come causale [24,25].

Il meccanismo con cui l'inquinamento atmosferico contribuisce alla fisiopatologia del CVD è complesso. L'inalazione di particolato fine e miscele provoca stress ossidativo e infiammazione, altera la funzione endoteliale e trombotica, e promuove la placca aterosclerotica. Oltre allo stress ossidativo, può essere implicata anche l'attivazione del sistema nervoso centrale, con ulteriori conseguenze per il controllo del ritmo. Molti di questi meccanismi sono importanti per la morbilità e la mortalità acuta della CVD nelle persone con CVD cronica, ma una questione critica sulla sanità pubblica è se l'esposizione all'inquinamento atmosferico è un fattore di rischio contributivo per lo sviluppo del CVD in una popolazione sana.

In rapido sviluppo sono le conoscenze sul meccanismo attraverso il quale l'esposizione a lungo termine a inquinanti gassosi può contribuire al CVD e ad altri esiti di salute, cardiometabolici, cerebrovascolari e neurologici.

Il concetto di invecchiamento vascolare precoce è stato proposto come quadro per studiare il passaggio tra lo stato sano e subclinico [26-28]. Alcuni studi tossicologici [29,30] e studi epidemiologici [31-33] hanno esaminato l'associazione tra inquinamento atmosferico e aterosclerosi, in particolare perché questa malattia progressiva è la causa principale della mortalità in tutto il mondo [34], una tendenza che si prevede di continuare [35].

Per comprendere appieno la relazione tra l'esposizione all'inquinamento atmosferico e lo sviluppo subclinico di CVD, è fondamentale la conoscenza della relazione di concentrazione-risposta a basse concentrazioni ambientali per gestire il rischio [36].

Alcune stime relative alle relazioni di concentrazione-risposta sono state formulate per valutare l'entità della morbilità e della mortalità del CVD attribuibile all'inquinamento atmosferico [37-40]. L'esplorazione delle relazioni non lineari è particolarmente

necessaria per valutare il rischio in scenari di esposizione realistici che implicano interazioni tra più inquinanti [41-42].

In conclusione, i risultati relativi all'eccesso di mortalità cardiovascolare così come quelli per malattie respiratorie, sono da ritenersi ben documentati dalla letteratura scientifica che ha considerato gli effetti dell'inquinamento atmosferico.

Conclusioni

Lo studio epidemiologico di coorte residenziale ha permesso di effettuare una valutazione degli effetti sulla salute associati alle emissioni in aria degli impianti presenti nell'area di Viggiano e Grumento Nova, ha fornito indicazioni quantitative sugli impatti sulla salute dei residenti e di conseguenza fornendo informazioni per supportare l'elaborazione di interventi per la prevenzione.

Gli studi effettuati nell'ambito della VIS portano alle seguenti considerazioni:

- in considerazione del disegno e all'ambito territoriale di studio, i fattori di rischio individuali riferiti all'occupazione e a stili di vita non sono ritenuti essere validi per formulare ipotesi alternative in grado di spiegare gli eccessi osservati;
- la ridotta dimensione dello studio, sebbene basato sull'osservazione di tutta la popolazione residente nei due comuni nell'arco di 15 anni, seppure conferisca una bassa potenza statistica allo studio non ha impedito l'emergere di diversi eccessi statisticamente significativi;
- eccessi di associazione tra esposizione e esiti di elevata entità sono stati segnalati a scopo descrittivo, così come alcuni segnali emersi sui tumori ;
- la mortalità e l'ospedalizzazione dei residenti nel periodo 2000-2014 mostrano alcune associazioni di rischio rispetto alla esposizione ad inquinamento, stimata sulla base di un appropriato modello di diffusione delle emissioni del COVA basato su NOx (risultato bene correlato con H₂S e SO₂), tenendo conto del sesso, dell'età, della deprivazione socioeconomica e della distanza della residenza dalla SS 598 di fondovalle;
- sono emerse associazioni significative tra esposizione ad inquinamento di origine industriale e mortalità e/o ricoveri per malattie cardiovascolari e respiratorie, cause per le quali la letteratura scientifica è persuasiva di una evidenza sufficiente a favore del ruolo causale degli stessi inquinanti atmosferici; la concentrazione degli eccessi significativi soprattutto nelle donne depone a favore di un ruolo eziologico di esposizioni ambientali.

Bibliografia

1. Pirastu R, Ancona C, Iavarone I et al. SENTIERI Project. Mortality study of residents in Italian polluted sites: evaluation of the epidemiological evidence. *Epidemiol Prev*. 2010 Sep-Dec; 34(5-6 Suppl 3):1-99.
2. Alessandrini ER, Faustini A, Chiusolo M et al. Air pollution and mortality in twentyfive Italian cities: results of the EpiAir2 Project. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):220-9.
3. Scarinzi C, Alessandrini ER, Chiusolo M et al. Air pollution and urgent hospital admissions in 25 Italian cities: results from the EpiAir2 project. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):230-41.

4. World Health Organization. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2006.
5. Pope CA 3rd. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA*. 2002 March 6; 287(9): 1132-1141.
6. Minichilli F, Santoro M, Linzalone N, Maurello MT, Sallese D, Bianchi F. Epidemiological population-based cohort study on mortality and hospitalization in the area near the waste incinerator plant of San Zeno, Arezzo (Tuscany Region, Central Italy). *Epidemiol Prev*. 2016 Jan-Feb;40(1):33-43.
7. Ancona C, Mataloni F, Badaloni C et al. Lo studio di coorte di popolazione in aree a forte pressione ambientale: il programma ERAS Lazio. *Epidemiol Prev* 2014;38(2) Suppl 1:158-61.
8. Ranzi A, Fano V, Erspamer L, Lauriola P, Perucci CA, Forastiere F. Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment. *Environ Health* 2011;10:22.
9. Caranci N, Biggeri A, Grisotto L, Pacelli B, Spadea T, Costa G. L'indice di deprivazione italiano a livello di sezione di censimento: definizione, descrizione e associazione con la mortalità. *Epidemiol Prev* 2010;34(4):167-76.
10. Lipfert FW. Long-Term Associations of Morbidity with Air Pollution: A Catalogue and Synthesis. *J Air Waste Manag Assoc*. 2017 Jul 5. doi: 10.1080/10962247.2017.1349010.
11. Hansell A, Ghosh RE, Blangiardo M, Perkins C, Vienneau D, Goffe K, Briggs D, Gulliver J. Historic air pollution exposure and long-term mortality risks in England and Wales: prospective longitudinal cohort study. *Thorax*. 2016 Apr;71(4):330-8. doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207111.
12. Guan WJ, Zheng XY, Chung KF, Zhong NS. Impact of air pollution on the burden of chronic respiratory diseases in China: time for urgent action. *Lancet*. 2016 Oct 15;388(10054):1939-1951. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31597-5.
13. Stockfelt L, Andersson EM, Molnár P, Gidhagen L, Segersson D, Rosengren A, Barregard L, Sallsten G. Long-term effects of total and source-specific particulate air pollution on incident cardiovascular disease in Gothenburg, Sweden. *Environ Res*. 2017 Jun 7;158:61-71. doi: 10.1016/j.envres.2017.05.036.
14. Dehbi HM, Blangiardo M, Gulliver J, Fecht D, de Hoogh K, Al-Kanaani Z, Tillin T, Hardy R, Chaturvedi N, Hansell AL. Air pollution and cardiovascular mortality with over 25years follow-up: A combined analysis of two British cohorts. *Environ Int*. 2017 Feb;99:275-281. doi: 10.1016/j.envint.2016.12.004.
15. Hoek G, Forastiere F et al. Updated exposure-response functions available for estimating mortality impacts, WHO Expert Meeting: report 2014;
16. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report [Online]. [cited 2017 Jul]. Available from: URL: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>.
17. Mustafić, H., Jabre, P., Caussin, C., Murad, M. H., Escolano, S., Tafflet, M., ... & Jouven, X. (2012). Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Jama*, 307(7), 713-721.
18. Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environ Health*, 12(1), 43.
19. Shah, A. S., Langrish, J. P., Nair, H., McAllister, D. A., Hunter, A. L., Donaldson, K., ... & Mills, N. L. (2013). Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 382(9897), 1039-1048.

20. Newby, D. E., Mannucci, P. M., Tell, G. S., Baccarelli, A. A., Brook, R. D., Donaldson, K., ... & Hoek, G. (2014). Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *European heart journal*, ehu458.
21. Mills, N. L., Donaldson, K., Hadoke, P. W., Boon, N. A., MacNee, W., Cassee, F. R., ... & Newby, D. E. (2009). Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nature clinical practice Cardiovascular medicine*, 6(1), 36-44.
22. Sun, Q., Hong, X., & Wold, L. E. (2010). Cardiovascular effects of ambient particulate air pollution exposure. *Circulation*, 121(25), 2755-2765.
23. Zanobetti, Antonella, Andrea Baccarelli, and Joel Schwartz. "Gene–Air Pollution Interaction and Cardiovascular Disease: A Review." *Progress in cardiovascular diseases* 53.5 (2011): 344-352.
24. U.S. EPA. 2009 Final Report: Integrated Science Assessment for Particulate Matter. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F, 2009.
25. Brook, Robert D., et al. "Particulate matter air pollution and cardiovascular disease an update to the scientific statement from the American Heart Association." *Circulation* 121.21 (2010): 2331-2378.
26. Adar, S. D., Klein, R., Klein, B. E., Szpiro, A. A., Cotch, M. F., Wong, T. Y., ... & Davignus, M. L. (2010). Air pollution and the microvasculature: a cross-sectional assessment of in vivo retinal images in the population-based Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *PLoS Med*, 7(11), e1000372.
27. Künzli N, Perez L, von Klot S, Baldassarre D, Bauer M, Basagana X, Breton C, Dratva J, Elosua R, de Faire U, Fuks K, de Groot E, Marrugat J, Penell J, Seissler J, Peters A, Hoffmann B (2011). Investigating air pollution and atherosclerosis in humans: concepts and outlook. *Progress in cardiovascular diseases*, 53(5), 334-343.
28. Krishnan, R. M., Adar, S. D., Szpiro, A. A., Jorgensen, N. W., Van Hee, V. C., Barr, R. G., ... & Kaufman, J. D. (2012). Vascular responses to long-and short-term exposure to fine particulate matter: MESA Air (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution). *Journal of the American College of Cardiology*, 60(21), 2158-2166.
29. Sun, Q., Wang, A., Jin, X., Natanzon, A., Duquaine, D., Brook, R. D., ... & Chen, L. C. (2005). Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in an animal model. *Jama*, 294(23), 3003-3010.
30. Araujo, J. A., Barajas, B., Kleinman, M., Wang, X., Bennett, B. J., Gong, K. W., ... & Nel, A. E. (2008). Ambient particulate pollutants in the ultrafine range promote early atherosclerosis and systemic oxidative stress. *Circulation research*, 102(5), 589-596.
31. Künzli, N., Jerrett, M., Mack, W. J., Beckerman, B., LaBree, L., Gilliland, F., ... & Hodis, H. N. (2005). Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental health perspectives*, 201-206.
32. Bauer, M., Moebus, S., Möhlenkamp, S., Dragano, N., Nonnemacher, M., Fuchsluger, M., ... & Jöckel, K. H. (2010). Urban particulate matter air pollution is associated with subclinical atherosclerosis: results from the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study. *Journal of the American College of Cardiology*, 56(22), 1803-1808.
33. Gill, E. A., Curl, C. L., Adar, S. D., Allen, R. W., Auchincloss, A. H., O'Neill, M. S., ... & Kaufman, J. D. (2011). Air pollution and cardiovascular disease in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Progress in cardiovascular diseases*, 53(5), 353-360.
34. Barquera, S., Pedroza-Tobías, A., Medina, C., Hernández-Barrera, L., Bibbins-Domingo, K., Lozano, R., & Moran, A. E. (2015). Global overview of the epidemiology of atherosclerotic cardiovascular disease. *Archives of medical research*, 46(5), 328-338.
35. Fonarow, G. C. (2007). The global burden of atherosclerotic vascular disease. *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine*, 4(10), 530-531.

36. Pope III, C. A., Cropper, M., Coggins, J., & Cohen, A. (2015). Health benefits of air pollution abatement policy: Role of the shape of the concentration–response function. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(5), 516-522.
37. Schwartz, Joel, and Antonella Zanobetti. "Using meta-smoothing to estimate dose-response trends across multiple studies, with application to air pollution and daily death." *Epidemiology* 11.6 (2000): 666-672.
38. Aunan, K., & Pan, X. C. (2004). Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China—a meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 329(1), 3-16.
39. Pope, C. A., Burnett, R. T., Krewski, D., Jerrett, M., Shi, Y., Calle, E. E., & Thun, M. J. (2009). Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke shape of the exposure-response relationship. *Circulation*, 120(11), 941-948.
40. Burnett, R. T., Pope III, C. A., Ezzati, M., Olives, C., Lim, S. S., Mehta, S., ... & Anderson, H. R. (2014). An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environmental Health Perspectives* (Online), 122(4), 397.
41. Oakes, M., Baxter, L., & Long, T. C. (2014). Evaluating the application of multipollutant exposure metrics in air pollution health studies. *Environment international*, 69, 90-99.
42. Zanobetti, A., Austin, E., Coull, B. A., Schwartz, J., & Koutrakis, P. (2014). Health effects of multi-pollutant profiles. *Environment international*, 71, 13-19.

Studio campionario sui sintomi respiratori e sulla percezione del rischio

Studi epidemiologici su popolazioni esposte a lungo termine ad inquinamento dell'aria hanno mostrato un aumento del rischio di sviluppare malattie croniche dell'apparato respiratorio, mentre esposizioni a breve termine a concentrazioni elevate sono risultate associate ad una frequenza maggiore di episodi flogistici irritativi delle prime vie aeree e sintomi respiratori come tosse o respiro sibilante, indicativi di una patologia di tipo asmaticiforme.

L'obiettivo di questa indagine consisteva nella valutazione dei sintomi e della salute respiratoria in soggetti esposti all'inquinamento atmosferico prodotto dalle sorgenti principali presenti nel territorio dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova.

Su queste basi e alla luce dell'obiettivo prefissato, l'indagine prevedeva test spirometrici e la concomitante somministrazione di un questionario sviluppato per indagare la sintomatologia a carico dell'apparato respiratorio (presenza di tosse ed espettorato, dispnea, sintomatologia allergica respiratoria e non, diagnosi riferita di bronchite cronica, enfisema o asma) e la suscettibilità familiare allo sviluppo di malattie in tale ambito.

Tramite il questionario è stato possibile indagare condizione e stile di vita dei soggetti coinvolti nello studio, al fine di migliorare la caratterizzazione dell'esposizione e permettere il controllo di possibili fattori confondenti in fase di analisi.

Le informazioni raccolte tramite indagine campionaria sono state utilizzate per valutare la percezione della presenza e dell'esposizione personale a pericoli ambientali, la percezione del rischio, l'accesso all'informazione ambientale e la fiducia verso le fonti di informazione, mettendo in evidenza eventuali differenze nell'area in studio.

La gestione del rischio comprende una continua comunicazione e circolazione di informazioni e si basa sulla trasparenza ed efficienza degli attori coinvolti. La circolazione di informazioni diverse, talvolta in conflitto, richiede la capacità di valutare la qualità delle

informazioni, di discutere e prendere decisioni informate, di comprendere le esigenze dei diversi soggetti e definirne ruoli e responsabilità.

Il rischio è un concetto costantemente costruito e negoziato, che varia nel tempo: la percezione dei rischi è strettamente legata ai sistemi di credenze, ai valori e ai contesti socioculturali in cui essi vengono prodotti. La preoccupazione pubblica a sua volta influisce direttamente nel processo decisionale, soprattutto quando si temono, si percepiscono o vengono scoperti gli impatti negativi causati da fattori ambientali. Elementi come la fiducia, il controllo, la volontarietà, la paura e la familiarità sono importanti per comprendere la percezione.

Negli studi su ambiente e salute la percezione del rischio ha acquisito sempre maggiore rilevanza, perché consente di conoscere meglio l'esposizione delle persone ai rischi.

Materiali e metodi

Lo studio aveva l'obiettivo di reclutare un campione di 200 soggetti residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova, selezionati dall'anagrafe mediante estrazione casuale per sesso, fasce d'età e comune di residenza. Il campione è stato selezionato reclutando 100 soggetti residenti in un'area prossimale al Centro Olio Val d'Agri e 100 residenti in un'area esterna (Allegato – Metodologia per l'estrazione del campione).

Dall'elenco delle anagrafi comunali sono stati selezionati 3641 residenti (al 31/12/2014) in un *range* di età 18-74 anni; per l'estrazione del campione sono stati effettuati i seguenti passaggi:

- il territorio in studio è stato suddiviso in due zone (una zona prossimale al COVA e una esterna). Considerando l'orografia del territorio e la densità abitativa, l'area prossimale al COVA è stata definita come quella inclusa in un'ellisse di asse maggiore e minore rispettivamente di 12 e 4 Km (Figura 2, Allegato – Metodologia per l'estrazione del campione);
- i soggetti selezionati sono stati georeferenziati e classificati come residenti o non residenti nell'area prossimale al COVA.

Per raggiungere l'obiettivo prefissato di 100 soggetti da reclutare in ciascuna area (prossimale ed esterna) e tenendo conto dell'eventuale rifiuto a partecipare all'indagine, si è scelto di estrarre in modo casuale dai residenti nell'area prossimale un gruppo di 120 soggetti stratificati per sesso, età (in terzili della distribuzione del totale dei residenti) e comune di residenza (Tabella 2.36).

Tabella 2.36. Campione dei residenti nell'area prossimale al COVA suddivisi per comune, sesso e classi di età (in terzili)

| Classi di età | Uomini | | | | Donne | | | |
|----------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale |
| Viggiano | 14 | 14 | 13 | 41 | 13 | 11 | 10 | 34 |
| Grumento Nova | 7 | 8 | 9 | 24 | 6 | 7 | 8 | 21 |
| TOTALE | 21 | 22 | 22 | 65 | 19 | 18 | 18 | 55 |

La stessa procedura è stata eseguita per i soggetti non residenti nell'area prossimale, ottenendo la distribuzione riportata in Tabella 2.37.

Tabella 2.37. Campione dei residenti nell'area esterna suddivisi per comune, sesso e classi di età (in terzi)

| Classi di età | Uomini | | | | Donne | | | |
|----------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale |
| Viggiano | 14 | 14 | 12 | 40 | 13 | 13 | 12 | 38 |
| Grumento Nova | 7 | 6 | 8 | 21 | 6 | 7 | 8 | 21 |
| TOTALE | 21 | 20 | 20 | 61 | 19 | 18 | 18 | 59 |

Il questionario previsto dal protocollo di studio è interamente riportato nell'Appendice E - Questionario. E' costituito da 10 sezioni (A-J) per un totale di 95 domande (Tabella 2.38).

Tabella 2.38. Schema del questionario somministrato al campione in studio

| Sezione | Titolo | Domande |
|----------|---|----------|
| A | Dati personali | A1-A12 |
| B | Attività sportiva | B1 |
| C | Fumo | C1-C6 |
| D | Storia medica e condizioni cliniche | D1-D27 |
| | Generiche | D1-D2 |
| | Sintomatologia respiratoria: | |
| | tosse | D3 |
| | espettorato | D4 |
| | dispnea | D5-D9 |
| | Patologia respiratoria dell'intervistato | D10-D18 |
| | Patologia respiratoria dei figli e dei consanguinei | D19, D20 |
| | Sintomatologia allergica dell'intervistato | D21-D26 |
| | Sintomatologia allergica dei consanguinei | D27 |
| E | Condizioni ambientali e socio-economiche: | |
| | informazioni socio-economiche | E1-E5 |
| | acqua | E6,E7 |
| | abitazione | E8-E11 |
| F | Attività lavorativa | F1 |
| G | Esposizione ad agenti chimici e fisici | G1-G5 |
| H | Dieta | H1-H3 |
| I | Storia riproduttiva | |
| | donne | I1-I4 |
| | uomini | I5 |
| J | Percezione del rischio e pericoli ambientali | J1-J23 |

Sono state raccolte informazioni relative a: anagrafica e stili di vita (fumo, attività sportiva, dieta), storia medica e condizioni cliniche (condizioni patologiche generali, sintomatologia respiratoria, patologie respiratorie dell'intervistato e dei familiari, sintomatologia allergica dell'intervistato e dei familiari), condizioni ambientali e socio-economiche, attività lavorativa ed esposizione ad agenti chimico-fisici, storia riproduttiva. La sezione finale del questionario comprende la raccolta di informazioni relative alla percezione del rischio e dei pericoli ambientali e alla fiducia nelle fonti di informazione ambientale.

In concomitanza alla somministrazione del questionario, il personale infermieristico ha sottoposto ai soggetti un modulo per il consenso informato ai fini di un eventuale ulteriore contatto telefonico per l'adesione all'attività VOC2-bis prevista dalla UO1-Università degli Studi di Bari.

Il questionario è stato digitalizzato dalla UOC utilizzando il software SurveyGizmo [1].

I test di funzionalità respiratoria sono stati eseguiti da personale esperto presso la UOC di Pneumologia del Presidio Ospedaliero di Villa d'Agri, conformemente agli standard ATS/ERS [2], utilizzando uno spirometro Vmax Sensor Medics calibrato nei flussi e nei volumi secondo le linee guida. E' stata ottenuta una misura di Capacità Vitale Forzata (CVF), dalla quale sono stati derivati i seguenti parametri: VEMS (Volume Espiratorio Massimo in 1 secondo), VEMS/CVF%, VEMS 25-75%, PEF (Picco di Flusso Espiratorio), FEF 25%, FEF 50%, FEF 75% (Flussi Espiratori Forzati istantanei ai vari livelli di capacità vitale forzata, che riflettono sommariamente la funzione delle piccole vie aeree). Tutti i parametri, ad eccezione del rapporto VEMS/CVF%, sono stati espressi in % del valore predetto (pred).

Nei soggetti con ostruzione bronchiale, definita in base alla presenza di un rapporto VEMS/CVF<70%, è stato eseguito test con broncodilatatore: una ostruzione bronchiale cronica è stata diagnosticata in caso di persistenza di un rapporto VEMS/CVF<70% dopo il test. La gravità della ostruzione bronchiale è stata espressa in base ai valori di VEMS %pred, come segue: lieve (VEMS≥80%pred), moderata (VEMS 50-79%pred), severa (VEMS 30-49%pred), molto severa (VEMS<30%pred). I dati spirometrici sono stati digitalizzati dalla UOC.

Le misure di esito selezionate per lo studio sono le seguenti:

1) Test di funzionalità respiratoria:

- presenza di ostruzione bronchiale cronica;
- FVC %pred .

2) Sintomatologia respiratoria ottenuta dal questionario:

- presenza di tosse ed espettorato, da soli o in associazione, al di fuori dai comuni raffreddori, per alcuni periodi dell'anno ed eventualmente da almeno due anni
- presenza di dispnea;
- anamnesi di bronchite cronica;
- anamnesi di asma bronchiale o bronchite asmatica;
- sintomatologie allergiche respiratorie e sintomatologie allergiche respiratorie in associazione con sintomatologia a carico degli occhi (prurito/rossore/bruciore).

La presenza di dispnea, tosse ed espettorato in associazione ad ostruzione bronchiale cronica consentono di porre la diagnosi di broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO): la tosse produttiva caratterizza maggiormente il fenotipo bronchitico cronico della patologia, mentre una prevalenza⁶ di dispnea è più suggestiva di enfisema [3]. La presenza di sintomatologia allergica respiratoria, unitamente ad un quadro spirometrico di

⁶ La prevalenza è la frequenza di soggetti con una malattia o una condizione rapportata alla popolazione di riferimento in un'area e in un periodo definiti.

ostruzione bronchiale reversibile, suggerisce la presenza di una patologia di tipo asmatico [4].

L'esposizione è stata definita sulla base del criterio di campionamento, ovvero sono state valutate differenze di rischio di occorrenza degli esiti in studio, confrontando il gruppo dei residenti nell'area prossimale al COVA rispetto al gruppo dei residenti fuori dall'area prossimale.

Lo studio ha previsto tre linee di analisi:

- i. analisi descrittiva relativa a fattori di rischio verso esposizione;
- ii. analisi descrittiva relativa a fattori di rischio verso misure di esito;
- iii. analisi multivariata con regressione logistica per ciascuna misura di esito considerata.

Le informazioni raccolte dall'indagine campionaria hanno consentito inoltre di valutare i fattori di rischio associati agli esiti in studio, così come riportato dalla letteratura scientifica. In particolare, sono state incluse nel modello multivariato le seguenti caratteristiche: sesso, età, indice di massa corporea (*Body Mass Index*, BMI=Kg/altezza²), fumo (espresso in pacchetti-anno=(numero di sigarette al giorno × numero di anni di fumo)/20), comorbidità cardiovascolari [Domanda D1h-l], esposizione professionale (abbondante, presente e passata) ad agenti chimico-fisici [Domanda G1a-c]. Sono state incluse nel modello altre caratteristiche qualora, in seguito alle analisi descrittive, fossero risultate associate sia all'esposizione sia all'esito: disturbi respiratori (bronchiti, polmoniti almeno 1-2 volte all'anno in occasione delle stagioni fredde, pertosse o croup/pseudocroup) nell'infanzia (fino ai 12 anni di età) [Domanda D12b-e], comorbidità metaboliche [Domanda D1f,m,o], familiarità per malattie respiratorie (nei consanguinei di pari grado o grado superiore) [Domanda D20a-f], abitazione con riscaldamento a legna [Domanda E9a5], lavoratore/non lavoratore [Domanda F1], lavoratore (attuale)/non lavoratore in industrie [Domanda G2a-p].

Per le analisi relative all'asma bronchiale e alla sintomatologia allergica respiratoria (anche in associazione a sintomatologia a carico degli occhi), è stato applicato il medesimo disegno di analisi includendo le seguenti covariate scelte *a priori*: sesso, età, fumo (espresso in pacchetti-anno=(numero di sigarette al giorno × numero di anni di fumo)/20), esposizione professionale (abbondante, presente e passata) ad agenti chimico-fisici [Domanda G1a-c].

Le analisi descrittive sono state effettuate usando il test del chi quadro, considerando un valore di $p=0,05$ come soglia di significatività statistica.

L'analisi multivariata è stata eseguita per tutte le misure di esito, ma i risultati sono presentati e discussi solo per gli esiti sostenuti da una numerosità superiore a 10 soggetti, corrispondenti al 5% circa del campione in studio.

Come indicatore di rischio è stato calcolato l'Odds Ratio (OR) corredato dall'intervallo di confidenza al 95% ed il valore della probabilità di errore di primo tipo (p). L'OR è definito come il rapporto tra l'*odds* dei soggetti residenti nell'area prossimale al COVA e l'*odds* dei soggetti residenti fuori dall'area prossimale, dove con *odds* si intende il rapporto tra la probabilità che accada un evento (misura di esito o sintomo) e la probabilità che tale evento non accada. Per l'interpretazione dei risultati, un valore dell'OR maggiore di 1 indica un rischio maggiore; il risultato va letto congiuntamente al valore p e all'intervallo di confidenza. Un valore di $p<0,05$, corrispondente ad un intervallo di confidenza che non

contiene il valore 1, è stato usato come soglia per definire un risultato statisticamente significativo.

Per quanto riguarda l'indagine sulla percezione del rischio e dei pericoli ambientali, sull'accesso all'informazione ambientale e sulla fiducia nelle fonti di informazione, sono state effettuate tre linee di analisi:

- i. analisi descrittiva sul campione;
- ii. valutazione dell'effetto della distanza dal COVA sulla percezione del rischio e sulla percezione dei pericoli ambientali;
- iii. valutazione della differenza in percezione del rischio tra i Comuni di Viggiano e Grumento Nova.

L'analisi descrittiva è stata effettuata usando il test del chi quadro, considerando un valore di $p=0,05$ come soglia di significatività statistica.

Le analisi multivariate hanno permesso l'aggiustamento per fattori confondenti, quali titolo di studio ed esposizione professionale ad agenti chimico-fisici.

Il questionario è strutturato in accordo con metodi e strumenti precedentemente utilizzati in indagini effettuate in altre aree contaminate [5].

Tutte le analisi sono state eseguite con il *software* STATA versione 13.1 [6].

Risultati

Attività relative alla fase operativa dell'indagine e campione di analisi

Il test spirometrico e la concomitante somministrazione del questionario sono stati effettuati su un campione finale di 200 soggetti, presso il Presidio Ospedaliero di Villa d'Agri, tra il 18 ottobre 2016 ed il 30 dicembre 2016.

Una volta terminata la somministrazione, i questionari in formato cartaceo, corredati dai moduli di consenso informato e dalle spirometrie con i rispettivi referti, sono stati inviati, in data 17/01/2017, alla UOC che ha provveduto alla loro digitalizzazione, terminando ed estraendo i dati in formato digitale in data 15/02/2017.

La UOC ha poi effettuato il controllo di qualità del *dataset* eliminando 9 soggetti per i seguenti motivi:

- 8 soggetti sono stati esclusi dal campione (6 di Grumento Nova e 2 di Viggiano), poiché risultavano residenti per periodi brevi senza aderire al criterio di continuità;
- 1 soggetto (residente a Viggiano) è stato escluso per motivi di insufficiente completezza dei dati (compilato fino alla Sezione C del questionario).

Il campione definitivo sul quale sono state condotte le analisi statistiche è costituito da 191 soggetti. La Tabella 2.39 riporta la distribuzione dei soggetti per comune secondo gli obiettivi prefissati, la rispondenza al contatto e l'adesione all'intervista.

Le informazioni digitalizzate raccolte da questionario e dal test spirometrico sono state linkate utilizzando un codice anonimo univoco assegnato a ciascun soggetto contestualmente alla somministrazione del questionario. In questo modo è stato creato un *dataset* integrato contenente dati raccolti dal questionario e dati spirometrici.

Tabella 2.39. Distribuzione dei soggetti per comune secondo gli obiettivi prefissati, la rispondenza al contatto e l'adesione all'intervista

| Comune | Obiettivo | Selezionati | Contattati | Rispondenti | Eliminati | Campione di analisi | % Obiettivo |
|---------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|------------------------|-------------|
| Viggiano | 131 | 153 | 162 | 127 | 3 | 124 | 94,6 |
| Grumento Nova | 69 | 87 | 101 | 73 | 6 | 67 | 97,1 |
| TOTALE | 200* | 240* | 263 | 200 | 9 | 191[§] | 95,5 |

Note - *: i 200 soggetti proposti come obiettivo e quelli selezionati non sono ripartiti equamente tra i due comuni, al fine di rispettare il rapporto tra le popolazioni residenti dei due comuni. Sul totale di 3641 soggetti residenti nei due Comuni, Viggiano conta 2393 residenti (65,7% del totale dei due comuni) e Grumento Nova conta 1248 residenti (34,3% sul totale dei due comuni).

§ - Il numero dei rispondenti definitivi dei due comuni rispetta con buona aderenza le percentuali iniziali. Per Viggiano il 65,7% di 191 corrisponde a 125,5 soggetti e i definitivi sono 124. Per Grumento Nova il 34,3% di 191 corrisponde a circa 65,5 soggetti ed i rispondenti definitivi sono 67.

La tabella 2.40 riporta la distribuzione per comune, per sesso e per distanza dal Centro Olio dei 191 soggetti del campione definitivo sottoposto ad analisi statistica.

Tabella 2.40. Distribuzione per comune, per sesso e per prossimità al Centro Olio dei 191 soggetti del campione definitivo

| Comune | | Uomini | | Donne | | Uomini+Donne | | Uomini+Donne |
|---------------|--------------------|--------|----|-------|----|--------------|-----|--------------|
| | | AP | AE | AP | AE | AP | AE | TOTALE |
| Viggiano | Selezionati | 41 | 40 | 34 | 38 | 75 | 78 | 153 |
| | Campione in studio | 34 | 35 | 23 | 32 | 57 | 67 | 124 |
| Grumento Nova | Selezionati | 24 | 21 | 21 | 21 | 45 | 42 | 87 |
| | Campione in studio | 16 | 19 | 18 | 14 | 34 | 33 | 67 |
| Totale | Selezionati totali | 65 | 61 | 55 | 59 | 120 | 120 | 240 |
| | Campione in studio | 50 | 54 | 41 | 46 | 91 | 100 | 191 |

Note - AP: Area Prossimale; AE: Area Esterna.

Indagine spirometrica

Il test spirometrico, effettuato sul totale dei 200 soggetti reclutati, ha permesso l'identificazione di 12 pazienti con ostruzione bronchiale. Dopo test con bronco-dilatatore, i dati spirometrici si sono normalizzati in 3 soggetti; una broncoostruzione cronica era invece presente negli altri 9 soggetti, di cui 6 con broncoostruzione di grado moderato e 3 di grado lieve.

La prevalenza di ostruzione bronchiale cronica osservata nel campione è del 4,5%, in linea con i dati di riferimento [7]. E' opportuno, a tal proposito, contestualizzare i risultati considerando la ridotta dimensione e l'età media del campione studiato.

I soggetti con ostruzione bronchiale cronica sono equamente distribuiti tra Viggiano (6) e Grumento Nova (3), tenendo conto del rapporto di popolazione (circa 2:1) esistente tra i due comuni.

Il gruppo è costituito da soli uomini: il dato può essere posto in relazione alla diversa abitudine al fumo osservata nel campione tra uomini e donne (12,6 pacchetti-anno per gli uomini contro i 5,3 per le donne, differenza statisticamente significativa con $p=0,003$), essendo il fumo un fattore importante di rischio per lo sviluppo della malattia, e della diversa esposizione professionale ad agenti chimico-fisici (54,8% per gli uomini contro il 23,0% per le donne, differenza statisticamente significativa con $p<0,0001$).

Analisi descrittiva su funzionalità respiratoria e sintomatologia respiratoria

E' stata effettuata una prima linea di analisi per valutare la presenza di associazioni significative tra fattori di rischio e esposizione ad inquinamento di origine industriale, definita come descritto in *Metodi* (Tabella 2.41).

Tabella 2.41. Analisi descrittiva dei fattori di rischio in funzione dell'esposizione ad inquinanti di origine industriale (residenti nell'area prossimale verso residenti fuori dall'area prossimale)

| | Area esterna | | Area prossimale | | Totale | | p |
|---|--------------|------------|-----------------|------------|--------|------------|-------|
| | N | %/media | N | (%/media) | N | (%/media) | |
| Sesso | | | | | | | |
| <i>Uomini</i> | 54 | 54,00 | 50 | 54,95 | 104 | 54,45 | 1,000 |
| <i>Donne</i> | 46 | 46,00 | 41 | 45,05 | 87 | 45,55 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Età | 100 | 45,13±2,98 | 91 | 47,31±3,15 | 191 | 46,17±2,15 | 0,320 |
| BMI | | | | | | | |
| <i>Regolari</i> | 34 | 34,00 | 19 | 20,88 | 53 | 27,75 | 0,049 |
| <i>Sovrappeso</i> | 42 | 42,00 | 37 | 40,66 | 79 | 41,36 | |
| <i>Obesi</i> | 24 | 24,00 | 35 | 38,46 | 59 | 30,89 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 10,00 | 191 | 10,00 | |
| Pacchetti-anno | 98 | 9,43±3,30 | 89 | 8,98±3,76 | 187 | 9,22±2,46 | 0,858 |
| Esposizione professionale | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 67 | 67,00 | 47 | 51,65 | 114 | 59,69 | 0,039 |
| <i>SI</i> | 33 | 33,00 | 44 | 48,35 | 77 | 40,31 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Comorbidità cardio-vascolari | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 67 | 67,00 | 59 | 64,84 | 126 | 65,97 | 0,762 |
| <i>SI</i> | 33 | 33,00 | 32 | 35,16 | 65 | 34,03 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Disturbi respiratori nell'infanzia | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 82 | 82,00 | 67 | 73,63 | 149 | 78,01 | 0,221 |
| <i>SI</i> | 18 | 18,00 | 24 | 26,37 | 42 | 21,99 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Famigliarità per malattie respiratorie | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 72 | 72,00 | 70 | 76,92 | 142 | 74,35 | 0,508 |
| <i>SI</i> | 28 | 28,00 | 21 | 23,08 | 49 | 25,65 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Riscaldamento a legna | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 58 | 58,00 | 32 | 35,96 | 90 | 47,62 | 0,003 |
| <i>SI</i> | 42 | 42,00 | 57 | 64,04 | 99 | 52,38 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 89 | 100,00 | 189 | 100,00 | |
| Lavoratore | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 50 | 50,00 | 34 | 37,36 | 84 | 43,98 | 0,083 |
| <i>SI</i> | 50 | 50,00 | 57 | 62,64 | 107 | 56,02 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Comorbidità metaboliche | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 72 | 72,00 | 66 | 72,53 | 138 | 72,25 | 1,000 |
| <i>SI</i> | 28 | 28,00 | 25 | 27,47 | 53 | 27,75 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |
| Lavoratore in industrie | | | | | | | |
| <i>NO</i> | 90 | 90,00 | 67 | 73,63 | 157 | 82,20 | 0,004 |
| <i>SI</i> | 10 | 10,00 | 24 | 26,37 | 34 | 17,80 | |
| Totale | 100 | 100,00 | 91 | 100,00 | 191 | 100,00 | |

L'età media del campione è di 46,17±2,15 anni. L'indice di massa corporea medio del campione è di 28,23±0,71, la prevalenza di soggetti regolari (o sottopeso) e obesi (di livello 1-3) è eterogenea nelle due aree ($p=0,049$). L'area prossimale al Centro Olio mostra una maggiore prevalenza di soggetti che dichiarano di essere (o essere stati) esposti professionalmente a quantità abbondanti di agenti chimico-fisici (polveri, fumi o gas) (48,35% vs 33,00%, $p=0,039$). Il riscaldamento a legna risulta più comune nelle abitazioni dei soggetti residenti in prossimità del Centro Olio (64,04% vs 42,00%, $p=0,003$). L'area prossimale al Centro Olio mostra una maggiore prevalenza di soggetti che dichiarano di essere lavoratori in industrie (26,37% vs 10,00%, $p=0,004$).

L'analisi descrittiva per valutare la presenza di associazioni significative tra fattori di rischio e misure di esito ha evidenziato che: soggetti più anziani, soggetti con un più alto BMI e con un più alto numero di pacchetti-anno e soggetti con patologie cardio-vascolari mostrano una maggiore suscettibilità alla sintomatologia a carico dell'apparato respiratorio.

Analisi multivariata su funzionalità respiratoria e sintomatologia respiratoria

Dalle analisi multivariate emerge, per la maggior parte degli esiti considerati, un rischio più elevato nell'area prossimale al Centro Olio (Tabella 2.42).

Tabella 2.42. Analisi multivariata, regressione logistica o lineare (per FVC)

| Esiti | Area | n | ORa | IC95% | p |
|--|------|-----|--------------|------------------|--------------|
| Tosse al di fuori dei comuni raffreddori per alcuni periodi dell'anno | AE | 11 | | | |
| | AP | 24 | 2,49 | 1,02-6,11 | 0,046 |
| Tosse al di fuori dei comuni raffreddori per alcuni periodi dell'anno e da almeno 2 anni | AE | 9 | | | |
| | AP | 13 | 1,06 | 0,36-3,13 | 0,911 |
| Espettorato al di fuori dei comuni raffreddori per alcuni periodi dell'anno | AE | 10 | | | |
| | AP | 12 | 0,96 | 0,32-2,86 | 0,944 |
| Espettorato al di fuori dei comuni raffreddori per alcuni periodi dell'anno e da almeno 2 anni | AE | 6 | | | |
| | AP | 8 | 1,38 | 0,39-4,91 | 0,618 |
| Dispnea | AE | 32 | | | |
| | AP | 37 | 1,12 | 0,53-2,38 | 0,753 |
| Dispnea di alto grado (si deve fermare per riprendere fiato ad andatura normale in pianura) | AE | 5 | | | |
| | AP | 11 | 1,63 | 0,38-6,92 | 0,505 |
| Bronchite cronica | AE | 4 | | | |
| | AP | 7 | 2,72 | 0,62-12,06 | 0,187 |
| Asma bronchiale o bronchite asmatica | AE | 6 | | | |
| | AP | 12 | 2,36 | 0,71-7,86 | 0,160 |
| Sintomatologie allergiche respiratorie associate a sintomi a carico degli occhi | AE | 30 | | | |
| | AP | 46 | 2,53 | 1,29-4,94 | 0,007 |
| Sintomatologie allergiche respiratorie | AE | 25 | | | |
| | AP | 32 | 1,77 | 0,88-3,58 | 0,109 |
| FVC | | | Coeff | IC95% | p |
| | | 191 | -2,02 | -7,02-2,96 | 0,423 |

Note – AP: Area prossimale; AE: Area Esterna; ORa: Odds Ratio aggiustato; IC95%: Intervallo di Confidenza 95%; Coeff: coefficiente del modello di regressione lineare multipla.

Nello specifico, per gli esiti “tosse al di fuori dei comuni raffreddori per alcuni periodi dell'anno” e “sintomatologie allergiche respiratorie associate a sintomi a carico degli

occhi”, l’eccesso di rischio è pronunciato e statisticamente significativo (OR=2,46, IC95%: 1,02-6,11; OR=2,53, IC95%: 1,29-4,94).

Per le sintomatologie allergiche respiratorie emerge un segnale di rilievo (OR=1,77) anche se non raggiunge la significatività statistica (IC95%: 0,88-3,58).

Analisi descrittiva su percezione del rischio e dei pericoli ambientali, su accesso all’informazione ambientale e fiducia nelle fonti di informazione.

L’analisi descrittiva effettuata sull’intero campione reclutato evidenzia un’elevata percezione della presenza di pericoli ambientali (Tabella 2.43); in particolare un’elevata percentuale del campione (66,3%) ritiene grave la situazione ambientale nel proprio comune di residenza. Più della metà dei soggetti intervistati pensa che nell’area sia presente inquinamento atmosferico.

I risultati evidenziano un’alta percezione del rischio di occorrenza di malattie. Riguardo a questo, il questionario prevedeva un primo blocco di domande riferite ad una generica area inquinata, nel secondo blocco le stesse domande erano riferite all’area di residenza del soggetto. I risultati hanno evidenziato una percezione del rischio molto elevata quando la domanda era posta in modo generico mentre la percezione risulta leggermente più bassa quando la domanda fa riferimento alla specifica area di residenza; rimanendo tuttavia su percentuali mediamente superiori al 60%.

L’analisi descrittiva sul campione mostra un’altissima percezione del pericolo rappresentato dal COVA sia per l’ambiente sia per la salute, con percentuali superiori all’85% e una diffusa sensazione negativa associata al COVA.

Tabella 2.43. Analisi descrittiva del campione in studio in relazione a percezione del rischio e dei pericoli ambientali

| | SI | |
|--|---|--|
| <i>Nell’area in cui vive è presente inquinamento atmosferico?</i> | 56,5% | |
| <i>Ritiene grave (reversibile/irreversibile) la situazione ambientale del comune di residenza?</i> | 66,3% | |
| <i>Se potesse, se ne andrebbe da questa zona?</i> | 51,3% | |
| | In prossimità di un’area inquinata | Nella propria area di residenza |
| <i>E’ certo/molto probabile avere allergie</i> | 75,2% | 67,1% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere malattie respiratorie acute</i> | 81,1% | 72,1% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere malattie respiratorie croniche</i> | 77,6% | 72,0% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere malattie cardiovascolari</i> | 60,0% | 57,1% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere infertilità</i> | 50,3% | 49,1% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere varie forme di cancro</i> | 82,4% | 74,4% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere leucemia</i> | 77,8% | 69,5% |
| <i>E’ certo/molto probabile avere malformazioni congenite</i> | 63,8% | 61,0% |
| | SI | |
| <i>Il COVA rappresenta un pericolo?</i> | 87,5% | |
| <i>Se sì, è molto/abbastanza pericoloso per l’ambiente</i> | 95,9% | |
| <i>Se sì, è molto/abbastanza pericoloso per la salute</i> | 98,6% | |
| | Tutte/molte | |
| <i>Quante persone sono potenzialmente esposte ai potenziali rischi del COVA?</i> | 86,1% | |
| | SI | |
| <i>Il COVA suscita sensazioni negative (paura/rabbia/disgusto/frustrazione)</i> | 78,2% | |

Per quanto riguarda la fiducia verso le fonti di informazione (Tabella 2.44), nel campione si osserva una uniforme medio-bassa soddisfazione sull'informazione ricevuta e una bassa fiducia nell'affidabilità di media, associazioni, pubblica amministrazione, in relazione alle informazioni su pericoli ambientali.

Tabella 2.44. Analisi descrittiva del campione in studio in relazione a fiducia verso le fonti di informazione

| | NO |
|--|---|
| <i>Si ritiene sufficientemente informato sulla presenza dei pericoli che esistono nell'area in cui vive?</i> | 61,6% |
| <i>Per quanto riguarda le informazioni sui pericoli ambientali, quanto ritiene affidabili:</i> | Poco/ per niente/ non so |
| <i>le amministrazioni locali</i> | 85,3% |
| <i>la ricerca</i> | 62,6% |
| <i>i mezzi di comunicazione (TV, giornali, radio, internet...)</i> | 70,2% |
| <i>le ONG (comitati, associazioni ambientaliste...)</i> | 71,4% |
| <i>la sanità locale</i> | 59,4% |
| <i>le Agenzie di controllo (ARPA, Osservatorio Ambientale Val d'Agri)</i> | 85,3% |

Analisi multivariata su percezione del rischio e dei pericoli ambientali.

I risultati delle analisi effettuate sulla base della distanza dal COVA, non evidenziano differenze nella percezione del rischio all'interno del campione in studio al variare della distanza.

I risultati dell'analisi effettuata per valutare differenze di percezione tra i due comuni, ha evidenziato una maggiore percezione del rischio più alta nel campione di Grumento Nova rispetto a quello di Viggiano, con differenze statisticamente significative in relazione alle persone che hanno dichiarato di essere esposte personale ad inquinamento di aria e acqua e di percepire pericolo di malattie respiratorie e infertilità in area inquinata (Allegato – Analisi sulla percezione del rischio e dei pericoli ambientali).

Discussione

I risultati ottenuti dall'indagine su funzionalità respiratoria e sintomi a carico dell'apparato respiratorio trovano riscontro con quanto riportato in letteratura [8]. La prevalenza di BPCO, una patologia infiammatoria cronica caratterizzata da una limitazione non completamente reversibile al flusso aereo espiratorio, è del 4,5%, in linea con le stime epidemiologiche nazionali ed internazionali [7,9]. Da un punto di vista clinico la BPCO è caratterizzata da tosse, espettorazione cronica e dispnea. E' importante sottolineare che la diagnosi di BPCO richiede necessariamente l'esecuzione di una spirometria, in quanto misura obiettiva, riproducibile e standardizzata della limitazione al flusso aereo. Si ritiene che i sintomi e la presenza di broncostruzione cronica siano il risultato di fattori genetici in combinazione con l'esposizione a fattori ambientali (fumo di sigarette ed esposizione professionale o ad inquinanti atmosferici).

A motivo della scarsa numerosità, non è stato possibile effettuare un'analisi multivariata ed il rischio di malattia in rapporto alla prossimità al COVA non è perciò valutabile.

Nella nostra indagine è emerso un incremento significativo del rischio di tosse cronica e di patologie allergiche respiratorie (rinite ed asma) e associata sintomatologia allergica

oculare nell'area prossimale al COVA. Molti studi hanno investigato l'interazione tra inquinamento e allergopatie respiratorie, suggerendo che un danno alla mucosa respiratoria e una difettosa *clearance* mucociliare indotta dall'inquinamento, possano di per sé facilitare l'accesso al sistema immunitario di allergeni inalati [10]. Questo processo può aumentare il rischio di sensibilizzazione atopica e di esacerbazione di sintomi in soggetti sensibilizzati [11]. Tuttavia, le attuali conoscenze sulla patogenesi delle allergie e dell'asma provocate dall'esposizione combinata ad inquinanti e allergeni si basano principalmente su studi *in vitro* o *in vivo*, mentre è più difficile studiare tale interazione a livello di popolazione [12,13].

A questa situazione riscontrata dall'indagine sulla funzionalità respiratoria si accompagna la consapevolezza dell'esistenza di una situazione di inquinamento dell'aria nella zona, una percezione del rischio alta, che è maggiore a Grumento Nova, e la convinzione da parte della maggioranza del campione di non essere sufficientemente informata sulla situazione di ambiente e salute nella loro area di residenza. In altre aree inquinate si è riscontrata una simile situazione, dove in particolare la percezione del rischio di contrarre malattie, anche molto gravi, è forte, e molto superiore a ciò che si osserva esaminando i dati sanitari realmente osservati [5].

Conclusioni

I risultati sono indicativi di un rischio di sintomatologia respiratoria più pronunciato nell'area prossimale al COVA. Tale segnale consiglia l'attivazione di un sistema di sorveglianza spazio-temporale. In via preliminare alla definizione e taratura del sistema di sorveglianza, sarebbe auspicabile la ripetizione dello studio su un campione di dimensioni superiori, includente anche i soggetti già studiati.

I risultati ottenuti a seguito dell'indagine su percezione del rischio e dei pericoli ambientali richiedono una particolare attenzione perché una percezione del rischio alta mette le persone in uno stato potenziale di ansia, di preoccupazione che investe la propria vita e il proprio futuro. Ci sono elementi che possono minare lo stato di salute così come definita dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, OMS, come stato di completo benessere fisico, psichico e sociale e non semplice assenza di malattia.

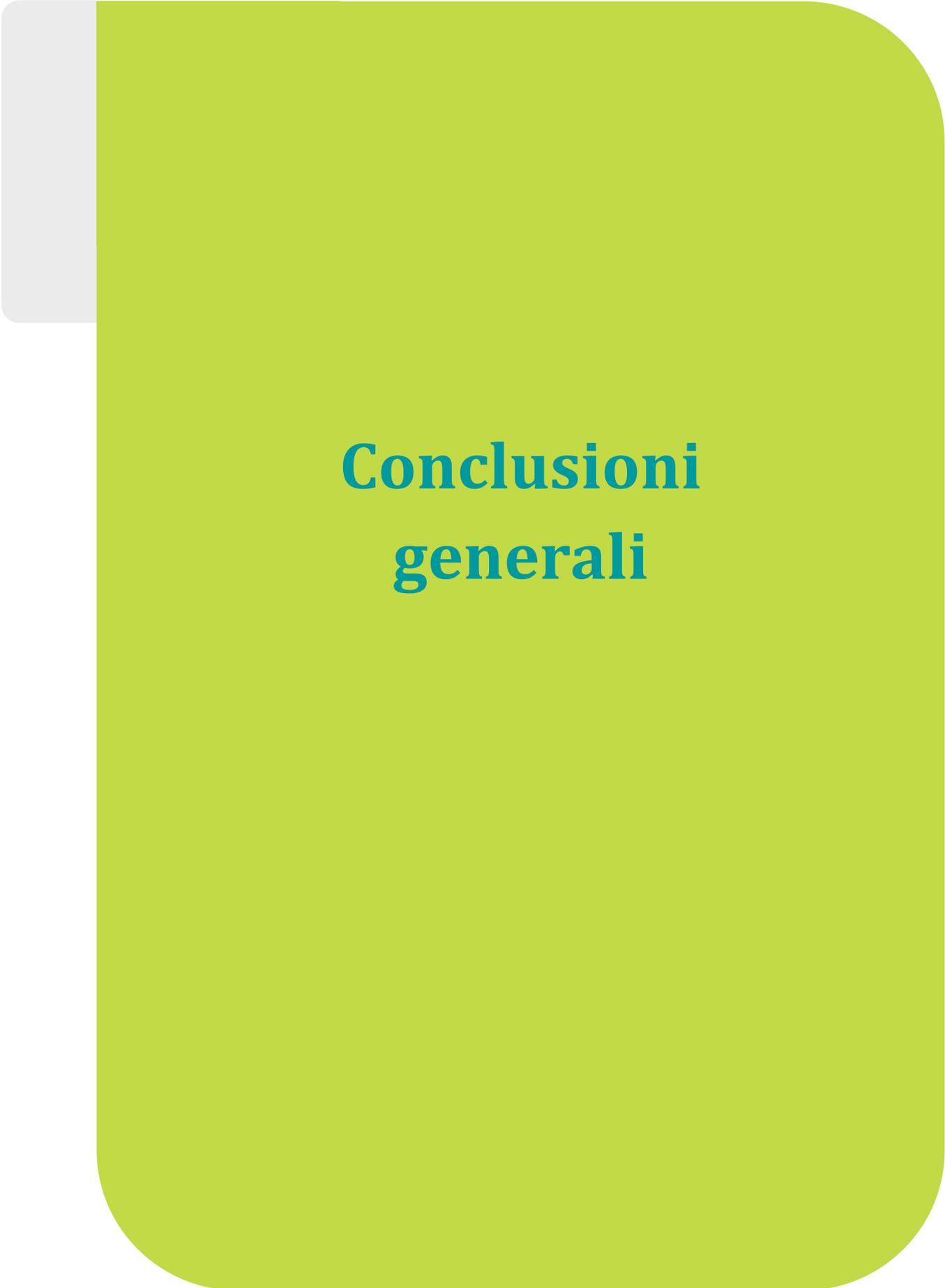
La forte preoccupazione che emerge dai dati sulla percezione del rischio, assieme alla richiesta di maggiori informazioni e alla sfiducia nei confronti delle Istituzioni deputate a fornire le informazioni, potrebbero essere utilizzati per guidare la gestione del rischio nell'area, e sarebbe di utilità per valutare nel tempo il risultato di interventi.

I risultati suggeriscono di realizzare: i) un'indagine più ampia per conoscere meglio le differenze tra percezione della presenza di pericoli ambientali e percezione ad esposizione personale ad inquinamento e le differenze tra percezione del rischio di occorrenza di malattie respiratorie e infertilità in un'area inquinata rispetto alla specifica area di residenza; ii) attività permanenti di informazione, comunicazione e formazione su ambiente e salute, coinvolgendo media, associazioni, pubblica amministrazione.

Bibliografia

1. SurveyGizmo. (2017) Professional Online Survey Software & Tools Disponibile all'indirizzo: <https://www.surveygizmo.com/> [Ultimo accesso 10 Aprile 2017].

2. Chung KF, Wenzel SE, Brozek JL, Bush A, Castro M, Sterk PJ, Adcock IM, Bateman ED, Bel EH, Bleecker ER, Boulet LP, Brightling C, Chanez P, Dahlen SE, Djukanovic R, Frey U, Gaga M, Gibson P, Hamid Q, Jajour NN, Mauad T, Sorkness RL, Teague WG. International ERS/ATS guidelines on definition, evaluation and treatment of severe asthma. *Eur Respir J*. 2014 Feb;43(2):343-73
3. Linee Guida GOLD (2017) - <http://goldcopd.it/>
4. Linee Guida GINA (2017) - <http://ginasthma.org/2017-pocket-guide-for-asthma-management-and-prevention/>
5. Coi A, Minichilli F, Bustaffa E, Carone S, Santoro M, Bianchi F, Cori L. Risk perception and access to environmental information in four areas in Italy affected by natural or anthropogenic pollution. *Environ Int*. 2016 Oct;95:8-15.
6. StataCorp, 2013. Stata Statistical Software: Release 13. StataCorp LP, College Station, TX.
7. Viegi G, Pistelli F, Sherrill DL, Maio S, Baldacci S, Carrozzi L. Definition, epidemiology and natural history of COPD. *Eur Respir J*. 2007 Nov;30(5):993-1013.
8. Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G., Baiz N., Simoni M., Annesi-Maesano I., Viegi G. Allergy and asthma: Effects of the exposure to particulate matter and biological allergens, *Respiratory Medicine*, Volume 109, Issue 9, 2015, Pages 1089-1104, ISSN 0954-6111.
9. Halbert R.J., Natoli J.L., Gano A., Badamgarav E., Buist A.S., Mannino D.M. Global burden of COPD: systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 2006; 28: 523–532.
10. D'Amato G. Environmental urban factors (air pollution and allergens) and the rising trends in allergic respiratory diseases. *Allergy* 2002;57:30-3.
11. D'Amato G. Effects of climatic changes and urban air pollution on the rising trends of respiratory allergy and asthma. *MRM* 2011;6:28-37.
12. World Health Organization WHO. Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution. REVIHAAP Project: final technical report. 2013. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>.
13. Cakmak S, Dales RE, Coates F. Does air pollution increase the effect of aeroallergens on hospitalization for asthma? *J. Allergy Clin. Immunol* 2012;129:228e31.



Conclusioni generali

I risultati della VIS contribuiscono a caratterizzare lo stato di salute e dell'ambiente dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova e di valutare effetti sulla salute in relazione alle emissioni industriali.

I dati dei camini acquisiti da Eni e a disposizione dello studio riguardano il periodo 2011-2014. Sono stati analizzati identificando informazioni valide, anomalie e valori mancanti.

Oltre alle emissioni convogliate legate a processi di combustione stazionaria, nell'area in studio sono presenti altre emissioni legate all'attività industriale, ovvero quelle legate alle emissioni fuggitive e le emissioni legate al gas flaring e gas venting. Per quanto riguarda le torce sono disponibili solo le portate massiche orarie. L'analisi di alcuni di tali eventi ha messo in evidenza come all'aumentare delle portate in torcia, si registrino picchi significativi di inquinanti nelle diverse centraline, in dipendenza della meteorologia e delle caratteristiche chimico/fisiche delle emissioni.

L'analisi dei dati di qualità dell'aria oltre a consentire di evidenziare alcune criticità e anomalie delle serie, ha permesso di ricostruire la distribuzione dei dati di concentrazione media dell'Idrogeno solforato H₂S nell'area. Sebbene in determinate condizioni meteorologiche entrambi i Comuni di Grumento Nova e Viggiano registrino valori elevati di H₂S, in media annuale i valori più alti sono lungo l'asse Ovest- Est, ovvero Viggiano ZI - Costa Molina.

In sintesi i risultati delle valutazioni epidemiologiche e degli studi su aria, acqua e suolo sono:

- gli indicatori di mortalità e di ricovero in ospedale dei residenti a Viggiano e Grumento Nova nel periodo 2000-2014 hanno mostrato diversi eccessi rispetto ai dati medi sia della regione Basilicata sia del complesso di 20 comuni dell'alta Val d'Agri;
- per Viggiano è emerso un maggior numero di eccessi statisticamente significativi di mortalità e di ricovero rispetto a Grumento Nova;
- le cause di decesso e di ricovero che risultano significativamente associate a esposizione stimata a inquinamento di origine industriale riguardano le malattie cardiovascolari e respiratorie; la concentrazione degli eccessi soprattutto nelle donne depone a favore di un ruolo causale di esposizioni ambientali residenziali;
- in considerazione del disegno di studio evoluto adottata, basato su dati individuali, per fattori di rischio non considerati, come fumo e cibo, è verosimile assumere un loro ruolo marginale nella spiegazione delle associazioni di rischio tra inquinamento e salute, essendo poco verosimile l'esistenza di differenziali significativi di stili di vita tra aree diverse all'interno dei due comuni; si ritiene pertanto non ragionevole che gli stessi fattori di rischio rappresentino una valida ipotesi alternativa per spiegare gli eccessi di mortalità e di ospedalizzazione osservati;
- i risultati dello studio campionario sulla funzionalità respiratoria mostrano un eccesso di alcuni sintomi predittivi di rischio di malattie respiratorie croniche nei soggetti residenti vicino al COVA;
- i risultati dello studio campionario con questionario indicano un'elevata percezione del rischio per ambiente e salute in tutta l'area e una scarsa fiducia nel ruolo informativo dei media, associazioni e soggetti pubblici;

- i risultati delle campagne di monitoraggio hanno confermato una presenza rilevante di composti organici volatili che interessano la popolazione esposta e hanno permesso di determinarne una provenienza prevalente di tipo industriale;
- il suolo almeno nella sua parte superficiale non appare contaminato in prossimità dell'impianto e in aree limitrofe;
- per quanto riguarda le acque, solo nelle acque del torrente Casale è stata riscontrata la presenza di Idrocarburi, seppure in concentrazioni modeste.

Attività in corso e in programmazione

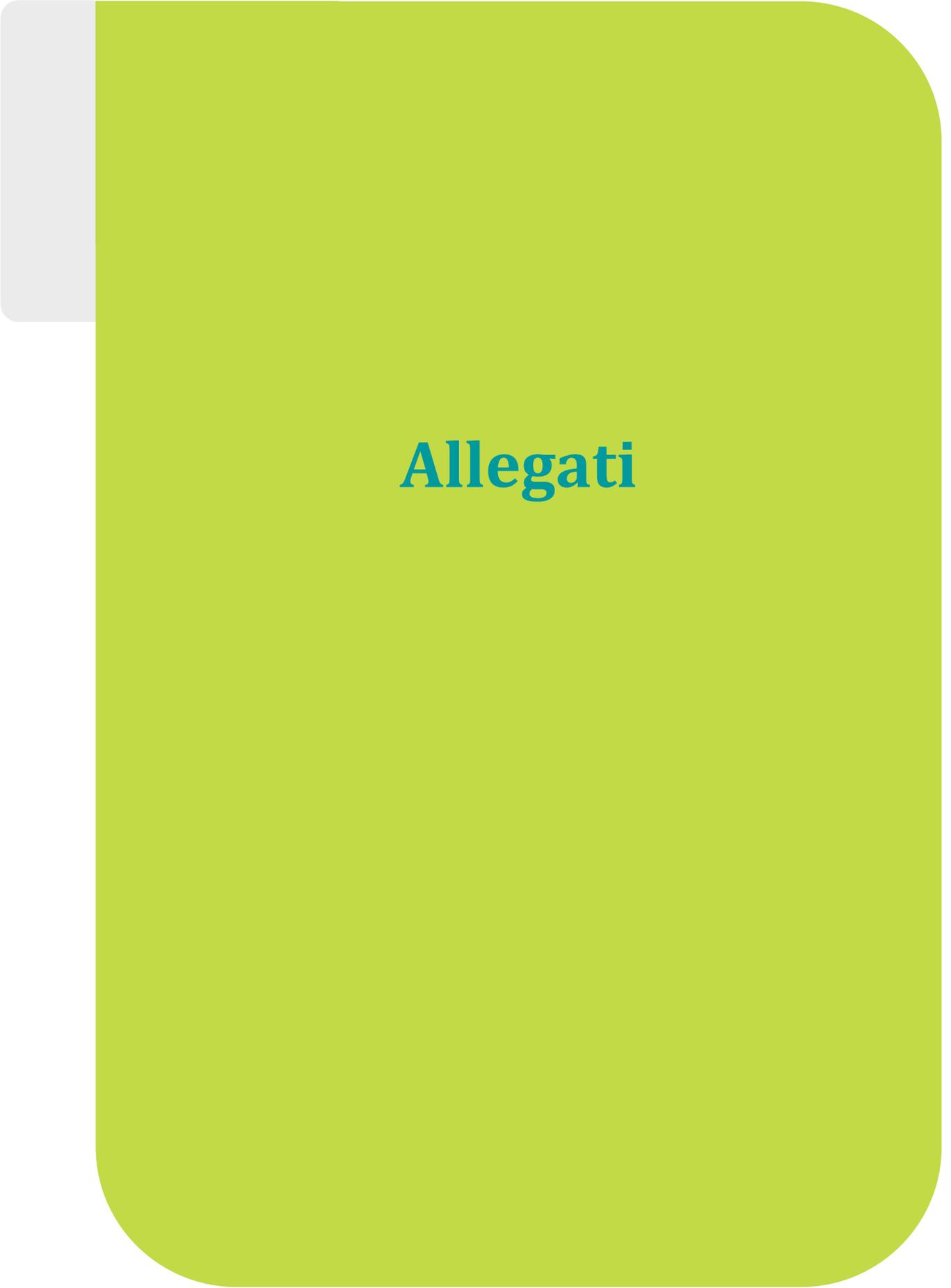
Sulla base dei risultati ottenuti, gli enti di ricerca coinvolti hanno in corso o in programma studi autonomi di approfondimento su:

- stimare le emissioni in atmosfera diffuse e quelle prodotte dalle torce
- impatti sulla salute della formazione di ozono fotochimico in relazione alle emissioni di NOx e VOCs del COVA;
- eventi di torcia ed emissioni fuggitive e diffusione di inquinanti tramite modelli di qualità dell'aria e campionamenti in aria;
- definizione di un sistema di sorveglianza su indicatori di salute correlati a inquinanti ambientali specifici dell'area del COVA.

Raccomandazioni

In sintesi, dallo studio emergono indicazioni per:

- migliorare il monitoraggio ambientale delle emissioni dannose;
- ripetere nel tempo il monitoraggio dell'esposizione delle persone residenti;
- elaborare modelli più sofisticati per valutare il rischio e gli impatti sulla salute di inquinanti diversi;
- elaborare e valutare i dati sanitari su base annuale a scopo descrittivo e di sorveglianza ambiente-salute;
- stabilire nell'area una rete PID abbinata al sistema OdorLab;
- migliorare la qualità del monitoraggio delle concentrazioni al suolo.
- sviluppare attività permanenti di informazione, comunicazione e formazione su ambiente e salute, coinvolgendo tutti i portatori di interesse;
- integrare le stazioni metereologi che al suolo con l'installazione di una torre meteorologica affidabile considerata l'altezza raggiunta dai vari pennacchi ma anche e per la gestione dell'emergenza in caso di incidente industriale
- studi con disegni appropriati, che esulano dagli obiettivi del presente studio, sono necessari per consolidare le conoscenze sui meccanismi patogenetici e per dimensionare il contributo di diversi fattori di rischio inclusi i co-fattori di suscettibilità genetica e epigenetica. I fattori di rischio possono agire anche in modo differenziale su donne e su uomini (esempio malattie del metabolismo). L'attivazione di tali studi analitici è ritenuta importante non solo per l'avanzamento delle conoscenze scientifiche e il consolidamento delle evidenze sulle relazioni dose-risposta e concentrazione-effetto, ma anche per le implicazioni sul piano della sanità pubblica ed in particolare della prevenzione primaria e secondaria.



Allegati

Diario campagna radiello

DIARIO RADIELLO N° _____

1. Aprite la provetta di vetro
2. Estraete la cartuccia rovesciandola direttamente nel corpo diffusivo giallo (evitare di toccare con le dita la cartuccia). La cartuccia non deve sporgere nemmeno di mezzo millimetro dal corpo diffusivo giallo, se si osserva questo fenomeno scuotere il corpo diffusivo giallo per porre la cartuccia in sede.
3. Mantenendo verticale il corpo diffusivo giallo, avvitatelo alla piastra di supporto triangolare senza forzare. **Non tenete orizzontale il corpo diffusivo mentre lo avvitate alla piastra: la cartuccia potrebbe uscire dalla sede e sporgere.**
4. Conservate la provetta e il suo tappo.

IMPORTANTE!!!!: PER CHI SVOLGE DELLE ATTIVITÀ CHE POTREBBERO DANNEGGIARE IL CAMPIONATORE, È POSSIBILE POSIZIONARLO ALL'INTERNO DELLA STANZA DOVE SI STA LAVORANDO (poggiandolo sul tavolo, appendendolo ad un qualcosa di stabile, ecc)

Campionamento:

Data inizio: _____ Ora inizio: _____ Temperatura: _____

Data fine: _____ Ora fine(*): _____ Temperatura: _____

(*). Evitare di andare oltre le 72 ore, se si va oltre porre attenzione a riportare comunque l'esatta ora e i minuti ai quali si toglie la cartuccia dal diffusore giallo.

*Ogni sera prima di andare a letto riporre il Radiello sul comodino indicando sempre l'ora:
dalle _____ alle _____*

DATI PERSONALI:

Nome: _____

Domicilio in Via _____ n° _____, Città _____

Telefono fisso/mobile: _____

e-mail: _____

Fumatore: SI / NO, se SI quante sigarette al giorno? _____

ATTIVITÀ LAVORATIVA:

Professione: _____

Luogo (es. azienda agricola/ufficio/...) in cui svolge l'attività lavorativa: _____

Giorni lavorativi: _____

Orari di lavoro: _____

GIORNO 1:

IN CASA - Prima di andare a lavoro - In presenza del Radiello

Ora del risveglio: _____

Temperatura (utilizzare ad esempio il termostato degli impianti di riscaldamento): _____

Eventuale accensione di caminetto o altro sistema di riscaldamento. Indicare la tipologia _____ e il tempo di accensione dalle _____ alle _____ (se si è già fuori casa, far annotare l'ora di spegnimento al famigliare che rimane in casa).

Apertura finestre: SI / NO dalle _____ alle _____

Attività di pulizia: SI / NO dalle _____ alle _____

Uso del profumo: SI / NO

Ho fumato in casa o lo ha fatto qualche famigliare: SI / NO, alle _____

Quantità di tempo passato in casa prima di andare a lavoro o di recarsi in un altro luogo: _____

TRAGITTO CASA - LAVORO

Durata del percorso per raggiungere la sede lavorativa (in minuti): _____ (se sono andato direttamente a lavoro). Durante il percorso, mi sono fermato da qualche parte? Se SI specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Mezzo utilizzato per raggiungere la sede lavorativa o per gli spostamenti specificati in precedenza:

Attività lavorativa svolta (indicare nel dettaglio l'attività lavorativa, riportando l'eventuale presenza di stampanti vicine alla postazione lavorativa, di motori accesi, utilizzo di prodotti particolari per la pulizia e non, altro....):

La mia attività prevede delle ore all'aperto? Se SI, dalle _____ alle _____

Se NO, eventuale apertura delle finestre dalle _____ alle _____

Temperatura dell'ambiente di lavoro: _____

Ho fumato o qualcuno vicino a me lo ha fatto? SI / NO, alle _____

TRAGITTO LAVORO - CASA

Durata del percorso per raggiungere casa (in minuti): _____ (se sono andato direttamente a casa). Durante il percorso, mi sono fermato da qualche parte? Se SI specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Mezzo utilizzato per raggiungere casa o per gli spostamenti specificati in precedenza:

In casa - Dopo il lavoro - In presenza del Radiello

Attività svolte in casa (preparazione e cottura cibi, etc.)
_____ dalle _____ alle _____

Temperatura (utilizzare ad esempio il termostato degli impianti di riscaldamento): _____

Eventuale accensione di caminetto o altro sistema di riscaldamento. Indicare la tipologia _____ e il tempo di accensione dalle _____ alle _____ (se è stato acceso prima del nostro arrivo, far annotare l'ora di accensione al familiare che era in casa).

Apertura finestre: SI / NO dalle _____ alle _____

Ho fumato in casa o lo ha fatto qualche familiare: SI / NO , alle _____

TEMPO LIBERO

Specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Altro non specificato precedentemente (in questa sezione riportare anche se il familiare rimasto in casa, ha acceso il caminetto, ha pulito la casa, ha aperto le finestre; dalle/alle).

GIORNO 2:

IN CASA - Prima di andare a lavoro - In presenza del Radiello

Ora del risveglio: _____

Temperatura (utilizzare ad esempio il termostato degli impianti di riscaldamento): _____

Eventuale accensione di caminetto o altro sistema di riscaldamento. Indicare la tipologia _____ e il tempo di accensione dalle _____ alle _____ (se si è già fuori casa, far annotare l'ora di spegnimento al familiare che rimane in casa).

Apertura finestre: SI / NO dalle _____ alle _____

Attività di pulizia: SI / NO dalle _____ alle _____

Uso del profumo: SI / NO

Ho fumato in casa o lo ha fatto qualche familiare: SI / NO, alle _____

Quantità di tempo passato in casa prima di andare a lavoro o di recarsi in un altro luogo: _____

TRAGITTO CASA - LAVORO

Durata del percorso per raggiungere la sede lavorativa (in minuti): _____ (se sono andato direttamente a lavoro). Durante il percorso, mi sono fermato da qualche parte? Se SI specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Mezzo utilizzato per raggiungere la sede lavorativa o per gli spostamenti specificati in precedenza:

Attività lavorativa svolta (indicare nel dettaglio l'attività lavorativa, riportando l'eventuale presenza di stampanti vicine alla postazione lavorativa, di motori accesi, utilizzo di prodotti particolari per la pulizia e non, altro...):

La mia attività prevede delle ore all'aperto? Se SI, dalle _____ alle _____

Se NO, eventuale apertura delle finestre dalle _____ alle _____

Temperatura dell'ambiente di lavoro: _____

Ho fumato o qualcuno vicino a me lo ha fatto? SI / NO, alle _____

TRAGITTO LAVORO - CASA

Durata del percorso per raggiungere casa (in minuti): _____ (se sono andato direttamente a casa). Durante il percorso, mi sono fermato da qualche parte? Se SI specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Mezzo utilizzato per raggiungere casa o per gli spostamenti specificati in precedenza:

In casa - Dopo il lavoro - In presenza del Radiello

Attività svolte in casa (preparazione e cottura cibi, etc.)

Temperatura (utilizzare ad esempio il termostato degli impianti di riscaldamento): _____
Eventuale accensione di caminetto o altro sistema di riscaldamento. Indicare la tipologia _____ e il tempo di accensione dalle _____ alle _____ (se è stato acceso prima del nostro arrivo, far annotare l'ora di accensione al familiare che era in casa). _____

Apertura finestre: SI / NO dalle _____ alle _____
Ho fumato in casa o lo ha fatto qualche familiare: SI / NO , alle _____

Tempo libero

Specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Altro non specificato precedentemente (in questa sezione riportare anche se il familiare rimasto in casa, ha acceso il caminetto, ha pulito la casa, ha aperto le finestre; dalle/alle).

GIORNO 3:

IN CASA - Prima di andare a lavoro - In presenza del Radiello

Ora del risveglio: _____
Temperatura (utilizzare ad esempio il termostato degli impianti di riscaldamento): _____
Eventuale accensione di caminetto o altro sistema di riscaldamento. Indicare la tipologia _____ e il tempo di accensione dalle _____ alle _____ (se si è già fuori casa, far annotare l'ora di spegnimento al familiare che rimane in casa).
Apertura finestre: SI / NO dalle _____ alle _____
Attività di pulizia: SI / NO dalle _____ alle _____
Uso del profumo: SI / NO
Ho fumato in casa o lo ha fatto qualche familiare: SI / NO , alle _____
Quantità di tempo passato in casa prima di andare a lavoro o di recarsi in un altro luogo: _____

TRAGITTO CASA - LAVORO

Durata del percorso per raggiungere la sede lavorativa (in minuti): _____ (se sono andato direttamente a lavoro). Durante il percorso, mi sono fermato da qualche parte? Se SI specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Mezzo utilizzato per raggiungere la sede lavorativa o per gli spostamenti specificati in precedenza:

Attività lavorativa svolta (indicare nel dettaglio l'attività lavorativa, riportando l'eventuale presenza di stampanti vicine alla postazione lavorativa, di motori accesi, utilizzo di prodotti particolari per la pulizia e non, altro...):

La mia attività prevede delle ore all'aperto? Se SI, dalle _____ alle _____
Se NO, eventuale apertura delle finestre dalle _____ alle _____

Temperatura dell'ambiente di lavoro: _____
 Ho fumato o qualcuno vicino a me lo ha fatto? SI / NO, alle _____

TRAGITTO LAVORO - CASA

Durata del percorso per raggiungere casa (in minuti): _____ (se sono andato direttamente a casa). Durante il percorso, mi sono fermato da qualche parte? Se SI specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Mezzo utilizzato per raggiungere casa o per gli spostamenti specificati in precedenza:

In casa - Dopo il lavoro - In presenza del Radiello

Attività svolte in casa (preparazione e cottura cibi, etc.)
 _____ dalle _____ alle _____

Temperatura (utilizzare ad esempio il termostato degli impianti di riscaldamento): _____

Eventuale accensione di caminetto o altro sistema di riscaldamento. Indicare la tipologia _____ e il tempo di accensione dalle _____ alle _____ (se è stato acceso prima del nostro arrivo, far annotare l'ora di accensione al familiare che era in casa).

Apertura finestre: SI / NO dalle _____ alle _____

Ho fumato in casa o lo ha fatto qualche familiare: SI / NO, alle _____

Tempo libero

Specificare cosa si è fatto (ho fumato o c'erano fumatori, ho passeggiato,), dove e per ciascuna attività effettuata specificare sempre dalle/alle:

Altro non specificato precedentemente (in questa sezione riportare anche se il familiare rimasto in casa, ha acceso il caminetto, ha pulito la casa, ha aperto le finestre; dalle/alle).

Data fine campionamento: _____ Ora fine campionamento (*): _____ Temperatura: _____

(*) Evitare di andare oltre le 72 ore, se si va oltre porre attenzione a riportare comunque l'esatta ora e i minuti ai quali si toglie la cartuccia dal diffusore giallo.

AL TERMINE DEI TRE GIORNI (QUINDI DELLE 72 ORE):

1. SVITATE IL CORPO DIFFUSIVO GIALLO DALLA PIASTRA DI SUPPORTO,
2. ROVESCIALE LA CARTUCCIA PRESENTE NEL CORPO DIFFUSIVO GIALLO DIRETTAMENTE NELLA PROVETTA DI VETRO EVITANDO DI TOCCARLA CON LE MANI.
3. RIPONETE LA PROVETTA DI VETRO ALL'INTERNO DEL FRIGO NELLA BUSTINA CONSEGNATA, FINO AL NOSTRO ARRIVO.

Caratterizzazione del suolo

Descrizione pedologica L'area oggetto di studio si trova al confine di due differenti regioni pedologiche (59.7 e 61.1), così come definite nel documento ISSDS 2001 (Istituto Superiore per lo Studio e la Difesa dei Suoli), sulla base della Soil Regions Map della Commissione Europea del 1998 (Tabella 1).

Tabella1. Definizione delle regioni pedologiche secondo il documento ISSDS 2001

| Codifica | Nome | Descrizione locale |
|----------|--|---|
| 59.7 | Regione del Cambisol-Leptosol con Luvisols dell'Appennino meridionale. | Aree collinari montane con rocce calcaree mesozoiche e terziarie (calcari, dolomie, marne) dell'Appennino meridionale |
| 61.1 | Regione dei Cambisol-Regosol con Luvisols dell'Italia centrale e meridionale | Rilievi appenninici e antiappenninici con rocce sedimentarie terziarie (flysch arenacei, marnosi e argillosi) dell'Italia centrale e meridionale. |

Conseguentemente, i suoli della regione 59.7 sono attribuibili alla provincia pedologica 2 (Suoli dei rilievi interni montani), mentre i suoli della regione 61.1 sono attribuibili alla provincia pedologica 8 (Suoli delle conche lacustri e piane alluvionali interne).

Metodi analitici I campioni di suolo saranno essiccati all'aria e setacciati a due millimetri. Le determinazioni di tessitura, pH e capacità di scambio cationico saranno effettuate in accordo con i metodi ufficiali della Società Italiana di Scienza del Suolo, riportati nella Gazzetta Ufficiale N 185 del 13/9/1999.

La determinazione dei metalli pesanti totali nei campioni di suolo sarà eseguita mediante mineralizzazione in Acqua Regia (3 HCl:1 HNO₃) utilizzando un forno a microonde (Ethos-900, Milestone); circa 1 g di suolo della frazione 0-2 mm viene pesato in appositi contenitori in teflon da utilizzare nel forno a microonde con 7 mL di Acqua Regia. Il programma con cui sarà eseguita la mineralizzazione di campioni di suolo è il seguente: 10 minuti a 200 W e, successivamente a una pausa di 1 minuto, altri 10 minuti a 250 W, con 5 minuti finali di ventilazione. La mineralizzazione di ogni singolo campione sarà eseguita in doppio e ad intervalli regolari saranno effettuate le mineralizzazioni di campioni certificati di riferimento (BCR N°144 - Trace elements in sewage sludge e BCR n°141 Trace elements in calcareous loam soil Bureau Community Reference).

Il campione di suolo mineralizzato sarà filtrato e raccolto quantitativamente in matracci da 25 mL portando a volume con acqua deionizzata. La determinazione dei diversi elementi sarà eseguita su questi campioni mediante spettrometria di assorbimento atomico (Varian AA 240 FS).

Evidenze sugli esiti di salute

Analisi per singolo comune e per l'insieme dei due comuni rispetto al riferimento regionale, periodo 2000-2013

A livello del singolo comune, per tutte le cause e per entrambi i generi (Tabella 1), a Viggiano si osserva un eccesso di mortalità statisticamente significativo (SMR 111,8; IC95% 101-124) mentre a Grumento Nova si riscontra un eccesso ai limiti della significatività statistica (SMR 110,1; IC95% 97-124). A Viggiano si riscontra per entrambi i generi ed in particolare per le donne, un eccesso di mortalità per le malattie del sistema circolatorio statisticamente significativo (SMR 127,9; IC95% 102-158), eccesso che si riscontra anche a Grumento Nova ma che non raggiunge la significatività statistica (SMR 108,2; IC95% 83-139). Un altro risultato statisticamente significativo è l'eccesso di mortalità per le donne di Viggiano per il tumore del polmone (SMR 315,2; IC95% 116-686). Tale eccesso non si riscontra invece a Grumento Nova dove il numero di osservati con tumore del polmone è inferiore a tre. A Grumento Nova, invece, si osserva un eccesso di mortalità statisticamente significativo per il tumore dello stomaco per entrambi i generi (SMR 235,6; IC95% 113-433) non riscontrato a Viggiano. Nessuno dei due comuni mostra difetti di mortalità.

Tabella 1. Mortalità per comune. Confronto con la regione (aa. 2000-2013). Gli SMR statisticamente significativi (*) o ai limiti della significatività statistica sono in grassetto

| CAUSA (ICD-IX) | Sesso | VIGGIANO | | | | GRUMENTO NOVA | | | |
|---|---------------|-----------|--------|---------------|----------------|---------------|--------|---------------|----------------|
| | | Osservati | Attesi | SMR | IC 95% | Osservati | Attesi | SMR | IC 95% |
| Tutte le cause (0-999) | <i>Uomini</i> | 205 | 182 | 112,5 | 98-129 | 135 | 116 | 116,2 | 97-138 |
| | <i>Donne</i> | 163 | 148 | 109,8 | 94-128 | 129 | 122 | 106,1 | 89-126 |
| | TOT | 368 | 329 | 111,8* | 101-124 | 264 | 240 | 110,1 | 97-124- |
| Malattie respiratorie (460-519) | <i>Uomini</i> | 18 | 15 | 121,3 | 72-192 | 15 | 10 | 156 | 87-257 |
| | <i>Donne</i> | 6 | 8 | 76,2 | 28-166 | 7 | 7 | 104,2 | 42-215 |
| | TOT | 24 | 22 | 107,8 | 69-160 | 22 | 17 | 130,6 | 82-198 |
| Malattie del sistema circolatorio (390-459) | <i>Uomini</i> | 74 | 68 | 109 | 86-137 | 47 | 44 | 107,5 | 79-143 |
| | <i>Donne</i> | 85 | 66 | 127,9* | 102-158 | 62 | 57 | 108,2 | 83-139 |
| | TOT | 159 | 134 | 118,5* | 101-138 | 109 | 101 | 107,4 | 88-130 |
| Tutti i tumori (140-239) | <i>Uomini</i> | 55 | 52 | 105,9 | 80-138 | 37 | 33 | 111 | 78-153 |
| | <i>Donne</i> | 29 | 33 | 87,4 | 59-125 | 30 | 24 | 123,3 | 83-139 |
| | TOT | 84 | 85 | 99,2 | 79-123 | 67 | 59 | 114,3 | 89-145 |
| Leucemie (204-208) | <i>Uomini</i> | 5 | 2 | 234,1 | 76-546 | <3 | | | |
| | <i>Donne</i> | <3 | | | | <3 | | | |
| | TOT | 6 | 4 | 169,8 | 62-369 | <3 | | | |
| Tumore del fegato e dei dotti biliari (155-156) | <i>Uomini</i> | 4 | 5 | 73,4 | 20-188 | 3 | 4 | 85,6 | 18-250 |
| | <i>Donne</i> | <3 | | | | 3 | 3 | 116 | 24-339 |
| | TOT | 5 | 9 | 56,3 | 18-131 | 6 | 6 | 97,4 | 36-212 |
| Tumore del colon retto (153-154) | <i>Uomini</i> | 8 | 6 | 126,5 | 55-249 | 3 | 4 | 73,5 | 15-215 |
| | <i>Donne</i> | 3 | 4 | 68,3 | 14-200 | <3 | | | |
| | TOT | 11 | 11 | 103,2 | 51-185 | 5 | 7 | 66,8 | 22-156 |
| Tumore dello stomaco (151) | <i>Uomini</i> | 4 | 4 | 111,9 | 30-286 | 5 | 2 | 218,3 | 71-509 |
| | <i>Donne</i> | <3 | | | | 5 | 2 | 262,1 | 85-612 |
| | TOT | 6 | 6 | 98,8 | 36-215 | 10 | 4 | 235,6* | 113-433 |
| Tumore del polmone (162) | <i>Uomini</i> | 11 | 11 | 99 | 49-177 | 9 | 7 | 125,8 | 58-239 |
| | <i>Donne</i> | 6 | 2 | 315,2* | 116-686 | <3 | | | |
| | TOT | 17 | 13 | 131,7 | 77-211 | 10 | 9 | 113,5 | 54-209 |

Nota - Osservati= numero di eventi osservati nel periodo di studio; Attesi= numero di eventi calcolati applicando alla popolazione dei comuni in studio il tasso della popolazione di riferimento.

Considerando i due comuni nel loro complesso (Tabella 2), si osserva un aumento di mortalità rispetto alla Regione Basilicata per tutte le cause dell'11%, ed in particolare tra gli uomini (SMR 114,0; IC95% 102-127). Tale eccesso tra gli uomini non è spiegato da nessuna delle patologie analizzate in particolare, poiché l'eccesso che si osserva per quasi tutte le patologie non raggiunge la significatività statistica.

Scendendo a livello delle singole cause, si osserva un aumento statisticamente significativo della mortalità di circa il 19% per entrambi i generi per le malattie del sistema circolatorio, in particolare tra le donne (SMR 111,8; IC95% 100-140).

Eccessi non statisticamente significativi si osservano per entrambi i generi per il tumore dello stomaco e per le donne per il tumore del polmone.

Tabella 2. Mortalità per causa per l'insieme dei due comuni. Confronto con la regione (aa. 2000-2013).
Gli SMR statisticamente significativi (*) o ai limiti della significatività statistica sono in grassetto

| CAUSA (ICD-IX) | INSIEME DEI DUE COMUNI (V+G) | | | | |
|---|------------------------------|-----------|--------|---------------|----------------|
| | Sesso | Osservati | Attesi | SMR | IC 95% |
| Tutte le cause (0-999) | <i>Uomini</i> | 340 | 298 | 114.0* | 102-127 |
| | <i>Donne</i> | 292 | 270 | 108,1 | 96-121 |
| | TOT | 632 | 569 | 111.0* | 103-120 |
| Malattie respiratorie (460-519) | <i>Uomini</i> | 33 | 24 | 135 | 93-190 |
| | <i>Donne</i> | 13 | 15 | 89,1 | 47-152 |
| | TOT | 46 | 39 | 117,6 | 86-157 |
| Malattie del sistema circolatorio (390-459) | <i>Uomini</i> | 121 | 112 | 108,4 | 90-130 |
| | <i>Donne</i> | 147 | 124 | 118.8* | 100-140 |
| | TOT | 268 | 236 | 113.7* | 101-128 |
| Tutti i tumori (140-239) | <i>Uomini</i> | 92 | 85 | 107,9 | 87-132 |
| | <i>Donne</i> | 59 | 58 | 102,6 | 78-132 |
| | TOT | 151 | 143 | 105,4 | 89-124 |
| Leucemie (204-208) | <i>Uomini</i> | 5 | 3 | 143,2 | 46-334 |
| | <i>Donne</i> | <3 | | | |
| | TOT | 7 | 6 | 117,5 | 47-242 |
| Tumore del fegato e dei dotti biliari (155-156) | <i>Uomini</i> | 7 | 9 | 78,2 | 31-161 |
| | <i>Donne</i> | 4 | 6 | 66,1 | 18-169 |
| | TOT | 11 | 15 | 73,1 | 37-131 |
| Tumore del colon retto (153-154) | <i>Uomini</i> | 11 | 10 | 105,7 | 53-189 |
| | <i>Donne</i> | 5 | 8 | 65 | 21-152 |
| | TOT | 16 | 18 | 88,2 | 50-143 |
| Tumore dello stomaco (151) | <i>Uomini</i> | 9 | 6 | 153,4 | 70-291 |
| | <i>Donne</i> | 7 | 4 | 158 | 64-326 |
| | TOT | 16 | 10 | 155,1 | 89-252 |
| Tumore del polmone (162) | <i>Uomini</i> | 20 | 18 | 109,5 | 67-169 |
| | <i>Donne</i> | 7 | 3 | 213,7 | 86-440 |
| | TOT | 27 | 22 | 124,3 | 82-181 |

Nota - Osservati= numero di eventi osservati nel periodo di studio; Attesi= numero di eventi calcolati applicando alla popolazione dei comuni in studio il tasso della popolazione di riferimento.

Analisi per singolo comune e per l'insieme dei due comuni rispetto alla Val D'agri, periodo 2003-2010

A livello comunale, per tutte le cause e per le donne (Tabella 3)a Viggiano si osserva un eccesso di mortalità statisticamente significativo (SMR 125,7; IC95% 101-155) e uno statisticamente non significativo per entrambi i generi (SMR 114,8; IC95% 99-132). A Grumento Nova si riscontra, invece, un eccesso ai limiti della significatività statistica tra gli uomini (SMR 116,1; IC95% 91-146) e per entrambi i generi (SMR 114,1; IC95% 96-134). A Viggiano si osserva un eccesso di mortalità statisticamente significativo per le malattie del

sistema circolatorio tra le donne (SMR 156,8; IC95% 116-208), ed un eccesso per entrambi i generi che non raggiunge la significatività statistica.

Grumento Nova non mostra altri eccessi di mortalità né statisticamente significativi né ai limiti della significatività statistica. Nessuno dei due comuni mostra cause di mortalità in difetto rispetto al complesso dei 20 comuni.

Tabella 3. Mortalità per causa per comune. Confronto con 20 comuni della Val d'Agri (aa. 2003-2010).
Gli SMR statisticamente significativi (*) o ai limiti della significatività statistica sono in grassetto

| CAUSA (ICD-IX) | Sesso | VIGGIANO | | | | GRUMENTO NOVA | | | |
|---|---------------|-----------|--------|----------------|---------|---------------|--------|--------------|--------|
| | | Osservati | Attesi | SMR | IC 95% | Osservati | Attesi | SMR | IC 95% |
| Tutte le cause (0-999) | <i>Uomini</i> | 106 | 98,9 | 107,2 | 88-130 | 74 | 63,7 | 116,1 | 91-146 |
| | <i>Donne</i> | 87 | 69,2 | 125,7* | 101-155 | 68 | 60,8 | 111,9 | 87-142 |
| | TOT | 193 | 168,1 | 114,8 | 99-132 | 142 | 124,5 | 114,1 | 96-134 |
| Malattie respiratorie (460-519) | <i>Uomini</i> | 8 | 9,6 | 83,6 | 36-165 | 8 | 6,2 | 128,9 | 56-254 |
| | <i>Donne</i> | 3 | 4,3 | 70,4 | 15-206 | 5 | 4,1 | 122 | 40-285 |
| | TOT | 11 | 13,8 | 79,5 | 40-142 | 13 | 10,3 | 126,1 | 67-216 |
| Malattie del sistema circolatorio (390-459) | <i>Uomini</i> | 34 | 36,2 | 93,9 | 65-131 | 23 | 23,4 | 98,5 | 62-148 |
| | <i>Donne</i> | 48 | 30,5 | 156,8** | 116-208 | 30 | 28,5 | 105,4 | 71-150 |
| | TOT | 82 | 66,8 | 122,7 | 98-152 | 53 | 51,8 | 102,3 | 77-134 |
| Tutti i tumori (140-239) | <i>Uomini</i> | 31 | 27,4 | 113,3 | 77-161 | 22 | 17,9 | 122,6 | 77-186 |
| | <i>Donne</i> | 13 | 16,2 | 80,4 | 43-137 | 14 | 12,6 | 111,4 | 61-187 |
| | TOT | 44 | 43,5 | 101,1 | 73-136 | 36 | 30,5 | 118 | 83-163 |
| Leucemie (204-208) | <i>Uomini</i> | 3 | <3 | 202,6 | 42-592 | 0 | <3 | 0 | 0-389+ |
| | <i>Donne</i> | <3 | <3 | 137,3 | 3-765 | 0 | <3 | 0 | 0-712+ |
| | TOT | 4 | 2,2 | 181,1 | 49-464 | 0 | <3 | 0 | 0-251+ |
| Tumore del fegato e dei dotti biliari (155-156) | <i>Uomini</i> | 3 | <3 | 125,4 | 26-366 | <3 | <3 | 63,7 | 2-355 |
| | <i>Donne</i> | 0 | <3 | 0 | 0-337+ | <3 | <3 | 244,7 | 30-884 |
| | TOT | 3 | 3,5 | 86 | 8-251 | 3 | <3 | 125,7 | 26-367 |
| Tumore del colon retto (153-154) | <i>Uomini</i> | 5 | 3,4 | 147,5 | 48-344 | <3 | <3 | 90,7 | 11-328 |
| | <i>Donne</i> | <3 | <3 | 58,9 | 1-328 | <3 | <3 | 76,1 | 2-424 |
| | TOT | 6 | 5,1 | 117,9 | 43-257 | 3 | 3,5 | 85,3 | 18-249 |
| Tumore dello stomaco (151) | <i>Uomini</i> | <3 | 3 | 65,6 | 8-237 | 3 | <3 | 150,7 | 31-440 |
| | <i>Donne</i> | <3 | <3 | 54,2 | 1-302 | 3 | <3 | 201,5 | 42-589 |
| | TOT | 3 | 4,9 | 61,3 | 13-179 | 6 | 3,5 | 172,4 | 63-375 |
| Tumore del polmone (162) | <i>Uomini</i> | 7 | 5,2 | 135 | 54-278 | 5 | 3,5 | 144,9 | 47-338 |
| | <i>Donne</i> | 3 | 1 | 302,4 | 62-884 | 0 | 0,8 | 0 | 0-448+ |
| | TOT | 10 | 6,2 | 161,9 | 78-298 | 5 | 4,3 | 117 | 38-273 |

Nota - Osservati= numero di eventi osservati nel periodo di studio; Attesi= numero di eventi calcolati applicando alla popolazione dei comuni in studio il tasso della popolazione di riferimento.

Considerando i due comuni nel loro complesso (Tabella 4), si osserva un aumento di mortalità in entrambi i sessi rispetto alla Val d'Agri per tutte le cause di circa il 15%, ed in particolare tra le donne (SMR 119; IC95% 101-140). Si osserva anche un eccesso di mortalità tra gli uomini ai limiti della significatività statistica. Tale eccesso tra le donne sembra essere dovuto, per quanto riguarda le cause da noi analizzate, alle malattie del sistema circolatorio con un aumento di mortalità del 32% (SMR 132; IC95% 104-165). Per entrambi i sessi si osserva un eccesso di mortalità che però non raggiunge la significatività statistica. Scendendo a livello delle singole cause, si osserva un aumento statisticamente significativo della mortalità di circa il 19% per entrambi i generi per le malattie del sistema circolatorio, in particolare tra le donne (SMR 111,8; IC95% 100-140).

Eccessi non statisticamente significativi si osservano per entrambi i generi per il tumore dello stomaco e per le donne per il tumore del polmone.

Tabella 4. Mortalità per causa per l'insieme dei due comuni. Confronto con 20 comuni della Val d'Agri (aa. 2003-2010). Gli SMR statisticamente significativi (*) o ai limiti della significatività statistica sono in grassetto

| CAUSA (ICD-IX) | INSIEME DEI DUE COMUNI (V+G) | | | | |
|---|------------------------------|-----------|--------|---------------|---------|
| | Sesso | Osservati | Attesi | SMR | IC 95% |
| Tutte le cause (0-999) | <i>Uomini</i> | 180 | 162,6 | 110,7 | 95-128 |
| | <i>Donne</i> | 155 | 130 | 119* | 101-140 |
| | TOT | 335 | 292,6 | 114,5* | 103-127 |
| Malattie respiratorie (460-519) | <i>Uomini</i> | 16 | 15,8 | 101,4 | 58-165 |
| | <i>Donne</i> | 8 | 8,4 | 95,7 | 41-189 |
| | TOT | 24 | 24,1 | 99,4 | 64-148 |
| Malattie del sistema circolatorio (390-459) | <i>Uomini</i> | 57 | 59,6 | 95,7 | 72-124 |
| | <i>Donne</i> | 78 | 59,1 | 132** | 104-165 |
| | TOT | 135 | 118,6 | 113,8 | 95-135 |
| Tutti i tumori (140-239) | <i>Uomini</i> | 53 | 45,3 | 117 | 88-153 |
| | <i>Donne</i> | 27 | 28,7 | 93,9 | 62-137 |
| | TOT | 80 | 74,1 | 108 | 86-134 |
| Leucemie (204-208) | <i>Uomini</i> | 3 | <3 | 123,5 | 25-361 |
| | <i>Donne</i> | <3 | <3 | 80,2 | 2-447 |
| | TOT | 4 | 3,7 | 108,8 | 30-279 |
| Tumore del fegato e dei dotti biliari (155-156) | <i>Uomini</i> | 4 | 4 | 101 | 28-258 |
| | <i>Donne</i> | <3 | <3 | 104,7 | 13-378 |
| | TOT | 6 | 5,9 | 102,2 | 37-222 |
| Tumore del colon retto (153-154) | <i>Uomini</i> | 7 | 5,6 | 125,1 | 50-258 |
| | <i>Donne</i> | <2 | 3 | 66,4 | 8-240 |
| | TOT | 9 | 8,6 | 104,6 | 48-198 |
| Tumore dello stomaco (151) | <i>Uomini</i> | 5 | 5 | 99,2 | 32-232 |
| | <i>Donne</i> | 4 | 3,3 | 119,9 | 33-307 |
| | TOT | 9 | 8,4 | 107,5 | 49-204 |
| Tumore del polmone (162) | <i>Uomini</i> | 12 | 8,6 | 139 | 72-243 |
| | <i>Donne</i> | 3 | 1,8 | 165,3 | 34-486 |
| | TOT | 15 | 10,4 | 143,6 | 80-237 |

Nota - Osservati= numero di eventi osservati nel periodo di studio; Attesi= numero di eventi calcolati applicando alla popolazione dei comuni in studio il tasso della popolazione di riferimento.

Nel loro complesso, i risultati del confronto della mortalità tra i comuni di Viggiano e Grumento Nova con il pool di venti comuni della Val d'Agri, seppure limitati da una ridotta dimensione quantitativa delle popolazioni in oggetto e tenendo in debita considerazione il fatto che sono riferiti a differenti periodi di tempo e che sono confrontati con un gruppo di comuni che ha mostrato numerosi eccessi significativi rispetto al dato medio regionale, mostrano un profilo peggiore nel Comune di Viggiano.

Analisi di aggregati spaziali

Tramite un'analisi di clustering è possibile identificare aggregati di patologie in una determinata area in maniera esplorativa ovvero senza la necessità di formulare ipotesi a priori sulla conoscenza della pressione ambientale insistente sul territorio (Allegato - Metodi per l'analisi di clustering e stima dei rischi). Per cluster si intende l'osservazione di un numero significativamente elevato di casi concentrati in un'area di dimensioni ridotte rispetto al territorio in studio. Nel nostro studio il cluster è rappresentato da un aggregato di sezioni di censimento con un eccesso significativo di casi rispetto al riferimento dato

ovvero l'insieme dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova. La sezione di censimento è rappresentata dalla coordinata (x;y) del suo centroide. Le analisi di clustering sono state effettuate su 60 sezioni di censimento, individuate al 2001, con l'obiettivo di verificare la presenza di aggregati di sub-aree comunali con ricoverati statisticamente in eccesso rispetto al numero di casi che sarebbero attesi se nel cluster ci fosse un tasso di ricoverati pari a quello osservato nelle totalità dei due comuni in studio. In base alle evidenze persuasive di una correlazione con l'inquinamento atmosferico⁷, sono state selezionate le patologie riportate in Tabella 5 (rappresentate secondo la classificazione ICD-9 International Classification of Diseases-9th revision). Nel periodo 2000-2014, il numero di ricoveri ordinari per la diagnosi principale segnalata nella SDO è stato conteggiato per sezione di censimento (Tabella 5). All'interno di ogni sezione è stato conteggiato il numero di anni persona della popolazione residente (pari alla somma degli anni di residenza di ciascun soggetto ricadente in quella sezione).

Tabella 5. Numero di ricoverati per patologia per comune e in totale nei due comuni

| CAUSA (ICD-IX) | SESSO | VIGGIANO | GRUMENTO | DUE COMUNI |
|---|---------------|------------|------------|------------|
| | | N. | N. | N. TOT |
| Malattie del sistema circolatorio (390-459) | <i>Uomini</i> | 275 | 167 | 442 |
| | <i>Donne</i> | 201 | 119 | 320 |
| | TOT | 476 | 286 | 762 |
| <i>Malattie ischemiche del cuore (410-414)</i> | <i>Uomini</i> | 125 | 79 | 204 |
| | <i>Donne</i> | 63 | 36 | 99 |
| | TOT | 188 | 115 | 303 |
| <i>Malattie cerebrovascolari (430-438)</i> | <i>Uomini</i> | 81 | 52 | 133 |
| | <i>Donne</i> | 71 | 42 | 113 |
| | TOT | 152 | 94 | 246 |
| Malattie dell'apparato respiratorio (460-519) | <i>Uomini</i> | 197 | 119 | 316 |
| | <i>Donne</i> | 140 | 68 | 208 |
| | TOT | 337 | 187 | 524 |
| <i>Malattie respiratorie acute (460-466;480-487)</i> | <i>Uomini</i> | 90 | 53 | 143 |
| | <i>Donne</i> | 51 | 22 | 73 |
| | TOT | 141 | 75 | 216 |
| <i>Malattie respiratorie croniche (491-492;494-496)</i> | <i>Uomini</i> | 29 | 9 | 38 |
| | <i>Donne</i> | 11 | 3 | 14 |
| | TOT | 40 | 12 | 52 |

Le analisi hanno evidenziato nell'area in studio tre cluster. Il primo *cluster* è statisticamente significativo ($p=0,03$) per le malattie respiratorie croniche tra gli uomini (Tabella 6) ed è costituito da una popolazione di 17737 soggetti tra cui si osservano 29 casi rispetto ai circa 17 attesi.

Tale aggregato, evidenziato in blu nella Figura 1, si colloca ad ovest rispetto ai due comuni comprendendo anche il Comune di Viggiano.

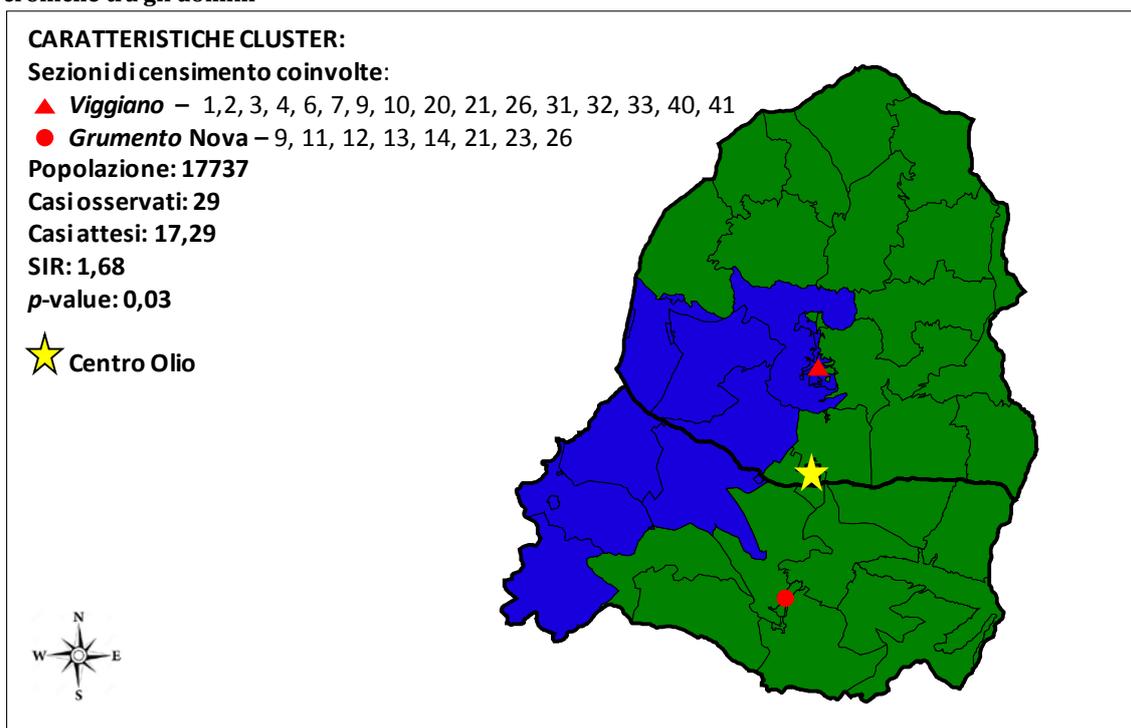
⁷ Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P, SENTIERI Working Group (2010) *SENTIERI Project. Mortality study of residents in Italian polluted sites: evaluation of the epidemiological Evidence*. Epidemiol Prev. 34(5-6 Suppl 3):1-2.

Tabella.6. Rapporto standardizzato di incidenza (SIR) per causa e per sesso riferito all'insieme dei due comuni. I cluster statisticamente significativi (*)o ai limiti della significatività statistica sono in grassetto.

| CAUSA (ICD-IX) | SESSO | N. | Osservati | Attesi | SIR | p-value |
|--|--------------|--------------|------------|---------------|-------------|--------------|
| Malattie del sistema circolatorio (390-459) | Uomini | 193 | 6 | 1.46 | 1.12 | 0.48 |
| | Donne | 17678 | 177 | 146,38 | 1,21 | 0,11* |
| Malattie ischemiche del cuore (410-414) | Uomini | 193 | 4 | 3.53 | 2.83 | 0.41 |
| | Donne | 2219 | 10 | 3.66 | 2.73 | 0.42 |
| Malattie cerebrovascolari (430-438) | Uomini | 1385 | 10 | 3.53 | 2.83 | 0.41 |
| | Donne | 3812 | 16 | 7.16 | 2.24 | 0.28 |
| Malattie dell'apparato respiratorio (460-519) | Uomini | 1288 | 19 | 8.51 | 2.26 | 0.25 |
| | Donne | 18209 | 124 | 99.40 | 1.25 | 0.11* |
| Malattie respiratorie acute (460-466;480-487) | Uomini | 2720 | 22 | 11.24 | 1.96 | 0.34 |
| | Donne | 424 | 4 | 0.69 | 5.84 | 0.45 |
| Malattie respiratorie croniche (491-492;494-496) | Uomini | 17737 | 29 | 17.29 | 1.68 | 0.03* |
| | Donne | 13395 | 10 | 5.02 | 1.99 | 0.45 |

Nota - Osservati= numero di eventi osservati nel periodo di studio; Attesi= numero di eventi calcolati applicando alla popolazione dei comuni in studio il tasso della popolazione di riferimento.

Figura 1. La mappa rappresenta l'area in studio (verde) suddivisa nelle 60 sezioni di censimento individuate nei due comuni. In blu è rappresentato il cluster relativo alle malattie respiratorie croniche tra gli uomini



Il secondo cluster è ai limiti della significatività statistica ($p=0,11$) per le malattie del sistema circolatorio tra le donne ed è costituito da una popolazione di 17678 soggetti tra cui si osservano 177 casi rispetto ai circa 146 attesi. Tale aggregato si estende esclusivamente all'interno del Comune di Viggiano, comprendendo l'area a sud del comune, prossima al COVA, e la zona montuosa a nord-est (Figura 2). Il terzo cluster, anche questo ai limiti della significatività statistica ($p=0,11$) è relativo alle malattie del sistema respiratorio tra le donne (Tabella 6) ed è costituito da una popolazione di 18209

soggetti tra cui si osservano 124 casi rispetto ai circa 99 attesi. Tale aggregato risulta quasi sovrapponibile al precedente, ricadendo esclusivamente all'interno del Comune di Viggiano ma più esteso verso est, ovvero tra la zona a sud-sud-est e la zona montuosa a nord-est del comune (Figura 3).

Figura 2. La mappa rappresenta l'area in studio (verde) suddivisa nelle 60 sezioni di censimento individuate nei due comuni. In blu è rappresentato il cluster relativo alle malattie sistema circolatorio tra le donne

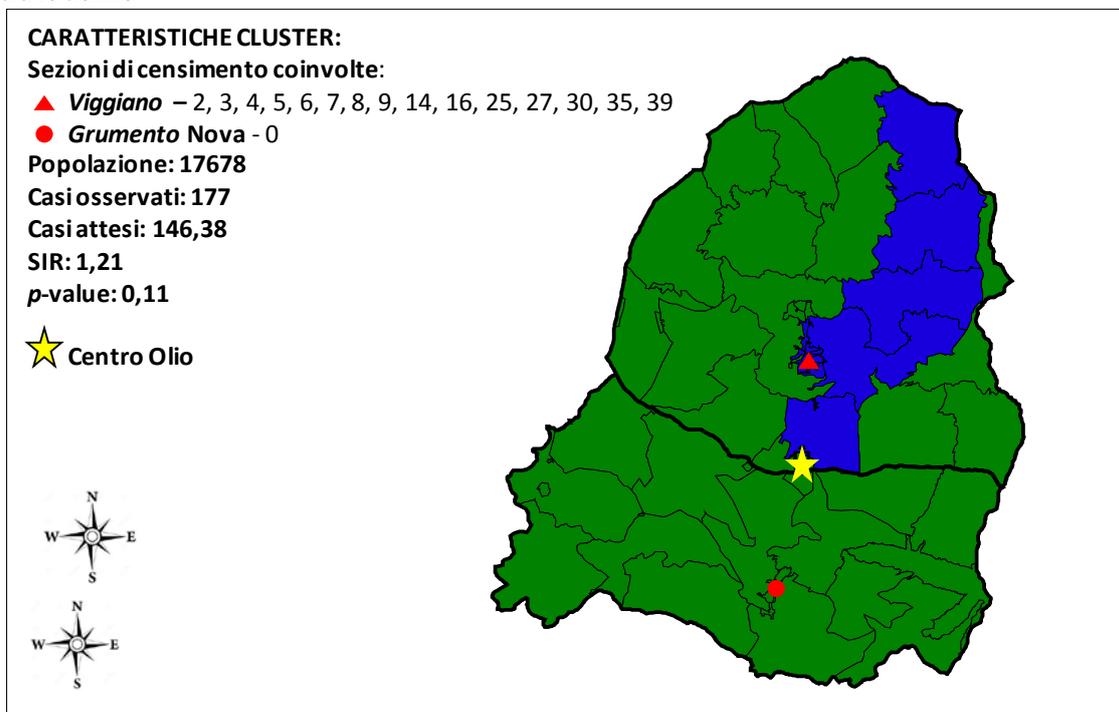
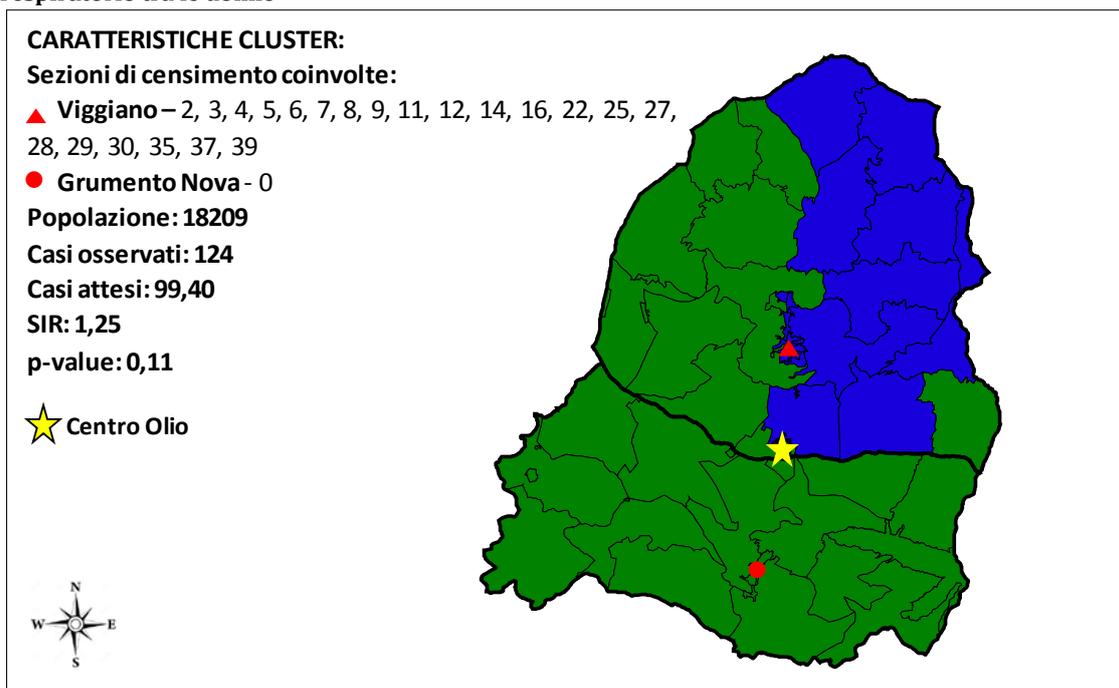


Figura 3. La mappa rappresenta l'area in studio (verde) suddivisa nelle 60 sezioni di censimento individuate nei due comuni. In blu è rappresentato il cluster relativo alle malattie del sistema respiratorio tra le donne



Flussi informativi

Dettaglio informativo richiesto per ciascun flusso informativo (anagrafe, SDO, SM) necessario allo svolgimento dello studio di coorte residenziale.

| Dati anagrafici dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova |
|--|
| Codice identificativo |
| Codice fiscale |
| Nome |
| Cognome |
| Data di nascita |
| Sesso |
| Comune di nascita |
| Indirizzo di residenza attuale |
| Data di iscrizione alla residenza attuale |
| Eventuali indirizzi di residenza precedenti |
| Data iscrizione agli indirizzi di residenza precedenti |
| Data cancellazione agli indirizzi di residenza precedenti |
| Eventuale comune di emigrazione |
| Data di emigrazione |
| Sezione di censimento |
| Data di morte |
| Scheda di Dimissione Ospedaliera (SDO) – Periodo 1998-ultimo anno disponibile |
| Comune di nascita |
| Comune di residenza (codice ISTAT) |
| Comune di residenza (denominazione) |
| Data di nascita |
| Età |
| Sesso |
| Stato civile |
| Titolo di studio |
| Cittadinanza |
| Diagnosi principale (codici ICD IX-CM a 5 cifre) |
| Diagnosi secondaria 1 (codici ICD IX-CM a 5 cifre) |
| Diagnosi secondaria 2 (codici ICD IX-CM a 5 cifre) |
| Diagnosi secondaria 3 (codici ICD IX-CM a 5 cifre) |
| Diagnosi secondaria 4 (codici ICD IX-CM a 5 cifre) |
| Diagnosi secondaria 5 (codici ICD IX-CM a 5 cifre) |
| Data di ricovero |
| Data di dimissione |
| Regime di ricovero (day hospital/ordinario) |
| Modalità di dimissione |
| Motivo del ricovero |
| Tipo di ricovero |
| Ricovero in day hospital |
| Istituto di ricovero |
| Motivo della dimissione |
| Schede di Mortalità (SM) – Periodo 2000-ultimo anno disponibile |
| Comune di nascita |
| Comune di residenza (codice ISTAT) |
| Comune di residenza (denominazione) |
| Data di nascita |
| Età |
| Sesso |
| Causa di morte (codici ICD a 4 cifre, specificare se revisione IX o X) |
| Comune di morte |
| Data di decesso |

Definizione della condizione socio-economica

Dal sito dell'ISTAT sono stati raccolti i dati della popolazione relativi al censimento del 2001, aggregati per sezione di censimento dei comuni in studio.

Per ogni sezione di censimento è stato calcolato un indicatore di condizione socio-economica attraverso l'utilizzo di un Indice di Deprivazione Socio-Economica (IDSE) sulla base della metodologia di Caranci et al. (2010)⁸. L'IDSE è calcolato sulla base di 5 variabili del censimento della popolazione del 2001.

Gli indicatori selezionati per comporre l'indice sintetico sono:

- x_1 : percentuale di popolazione con istruzione pari o inferiore alla licenza elementare (mancato raggiungimento obbligo scolastico);
- x_2 : percentuale di popolazione attiva disoccupata o in cerca di prima occupazione;
- x_3 : percentuale di abitazioni occupate in affitto;
- x_4 : percentuale di famiglie monogenitoriali con figli dipendenti conviventi;
- x_5 : densità abitativa (numero di occupanti per 100m²).

L'IDSE, calcolato come una variabile continua z standardizzata (media 0 e deviazione standard 1), rappresenta lo scarto rispetto alla media di caratteristiche di deprivazione dell'area in studio (due comuni) o di altri riferimenti utilizzati (provincia o regione):

$$IDSE = \sum_{i=1}^5 z_i \quad z_{i=} \frac{x_i - \mu_{x_i}}{s_{x_i}}$$

Così facendo ad ogni sezione di censimento è stato associato un valore continuo di IDSE.

L'IDSE è stato successivamente classificato in 5 categorie. La scomposizione in classi è basata sui quintili di popolazione per tutta l'area: ogni classe (molto ricco, ricco, mediamente ricco, deprivato, molto deprivato) identifica il 20% di popolazione dell'area in studio.

Successivamente ad ogni soggetto verrà attribuito un valore di IDSE continuo o una classe di IDSE in base alla sezione di censimento di residenza.

⁸ Caranci N, Biggeri A, Grisotto L, Pacelli B, Spadea T, Costa G. The Italian deprivation index at census block level: definition, description and association with general mortality. *Epidemiol Prev* 2010; 34(4):167-76.

Metodi per l'analisi di clustering e stima dei rischi

In questa tipologia di analisi, che utilizza la tecnica Spatial Scan Statistic (SSS) di Kulldorff (Kulldorff & Nagarwalla, 1995)⁹, una finestra con forma ellissoidale si sposta su una superficie andando a posizionare ogni volta in una posizione equivalente ad un centroide di riferimento (nel nostro caso all'ellisse non sono stati forniti valori fissi per la lunghezza degli assi ma abbiamo consentito al software di farne variare la lunghezza). Per ogni posizione e per un numero elevato di misure degli assi dell'ellissoide, viene valutata la verosimiglianza di osservare, per una variabile di riferimento, la somma dei valori interni all'ellissoide in rapporto alla somma dei valori dell'area da esaminare esterna all'ellisse. Nel nostro caso, l'ellisse si posiziona ad ogni step sul centroide della sezione di censimento e varia la lunghezza degli assi includendo al suo interno fino al 50% della popolazione in studio (valore di default). Le unità incluse nell'ellisse, che corrisponde al massimo valore della verosimiglianza, formano il cluster che ha la più piccola probabilità di essere osservato per puro effetto di fattori casuali. Nel nostro caso il metodo identifica per ogni sezione più cluster ordinandoli rispetto alla massimizzazione del rischio (massimizzazione dell'eccesso di casi rispetto a quanto atteso) e alla significatività statistica. In dettaglio, per ogni finestra identificata viene testata l'ipotesi nulla (H_0 : nessuna differenza tra il numero di casi osservati nel cluster e quelli attesi sulla base della frequenza misurata nei due comuni) mediante il test del rapporto di verosimiglianza (Likelihood Ratio Test - LRT). Questo tipo di analisi tiene quindi conto della disomogenea distribuzione della popolazione, ricerca i cluster di casi senza richiedere di predefinire la loro dimensione o localizzazione, tiene conto della molteplicità dei test eseguiti e permette di identificare la localizzazione dei cluster che sono risultati statisticamente significativi.

Il rischio sanitario per patologia in studio è stimato attraverso il rapporto di incidenza standardizzato per classi di età (Standardized Incidence Ratio -SIR). Nei risultati del metodo sono riportati tutti i cluster statisticamente significativi (significatività definita come $p < 0,1$) con i rispettivi SIR. I cluster statisticamente significativi sono stati mappati. Questa tipologia di analisi è caratterizzata da due limitazioni principali. In primo luogo i risultati conseguiti possono risentire dell'eterogeneità della dimensione territoriale e demografica (popolazione) delle sezioni di censimento e dell'esistenza o meno di discontinuità tra sezioni di censimento con eccesso di ricoverati. Possono essere infatti esclusi dai cluster significativi sezioni con eccesso di rischio ma con popolazione ridotta o non adiacenti il cluster principale, oppure possono essere incluse sezioni localizzate tra altre sezioni che hanno eccessi di rischio statisticamente significativi, solo perché il metodo lavora considerando cluster con forme regolari (ellissoidi). Un altro limite è quello dovuto all'utilizzo della coordinata (x,y) del centroide spaziale come punto rappresentativo della sezione anziché di un centroide basato sulla effettiva distribuzione della popolazione. Tale limite può causare qualche cambiamento nell'identificazione dei cluster significativi.

⁹ Kulldorff M, Nagarwalla N (1995) *Spatial disease clusters: detection and inference*. Stat Med. 14(8):799-810.

Metodologia per l'estrazione del campione per la spirometria

Dai dati ottenuti dalle anagrafi dei comuni in studio, sono stati selezionati 3641 residenti (al 31/12/2014) di età 17-73 anni, suddivisi per sesso, classi di età e comune di residenza (Tabelle 1-4). L'attività di campionamento ha preceduto il test spirometrico di diversi mesi, per evitare di effettuare il test nelle stagioni in cui è più alta l'incidenza di episodi influenzali o allergici. La selezione è dunque riferita ad una fascia di età 17-73 per garantire il reclutamento di un campione finale da sottomettere a test spirometrico nel range di età 18-74.

Tabella 1. Suddivisione per comune dei soggetti residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni

| Comune | Numerosità | % |
|---------------|-------------|------------|
| Viggiano | 2393 | 65,7 |
| Grumento Nova | 1248 | 34,3 |
| TOTALE | 3641 | 100 |

Tabella 2. Suddivisione per sesso dei soggetti residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni

| Sesso | Numerosità | % |
|---------------|-------------|------------|
| U | 1833 | 50,3 |
| D | 1808 | 49,7 |
| TOTALE | 3641 | 100 |

Tabella 3. Suddivisione per classe di età dei soggetti residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni

| Classe di età | Numerosità | % |
|---------------|-------------|------------|
| 17-26 | 563 | 15,5 |
| 27-36 | 735 | 20,2 |
| 37-46 | 675 | 18,5 |
| 47-56 | 776 | 21,3 |
| 57-66 | 653 | 17,9 |
| 67-73 | 239 | 6,6 |
| TOTALE | 3641 | 100 |

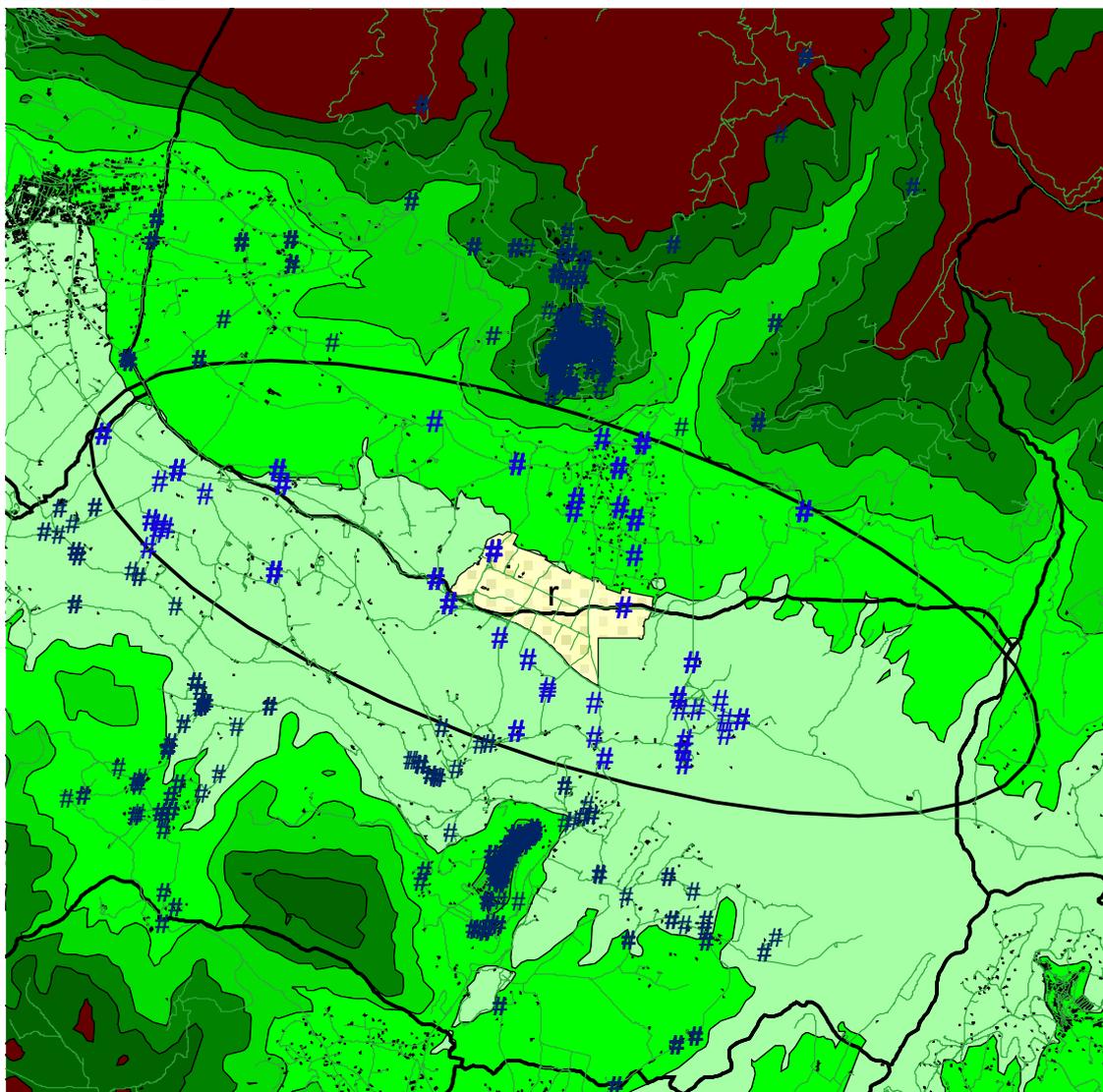
Tabella 4. Suddivisione per comune, sesso e classe di età dei soggetti residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni

| Classi di età | Uomini | | | | | | Donne | | | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 17-26 | 27-36 | 37-46 | 47-56 | 57-66 | 67-73 | 17-26 | 27-36 | 37-46 | 47-56 | 57-66 | 67-73 |
| Viggiano | 192 | 254 | 251 | 259 | 193 | 64 | 194 | 247 | 205 | 266 | 192 | 76 |
| Grumento Nova | 87 | 130 | 102 | 123 | 124 | 54 | 90 | 104 | 117 | 128 | 144 | 45 |
| TOTALE | 279 | 384 | 353 | 382 | 317 | 118 | 284 | 351 | 322 | 394 | 336 | 121 |

I soggetti sono stati georeferenziati. Quindi, considerando l'orografia del territorio e la densità abitativa, è stato possibile classificare i soggetti come i) residenti in prossimità del COVA e ii) residenti fuori dall'area prossimale al COVA. (Figura 1)

I soggetti residenti in prossimità del COVA sono 529 e quelli residenti nell'area esterna sono 3112.

Figura 1. Distribuzione dei residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni. In blu chiaro i soggetti residenti nell'area prossimale al COVA e in blu scuro quelli residenti nell'area esterna



I soggetti residenti nell'area prossimale al COVA sono stati suddivisi per classi di età (definite considerando i terzi dell'età), sesso e comune come riportato in tabella seguente (Tabella 5):

Tabella 5. Suddivisione per comune, sesso e classi di età per terzili dei residenti dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni, classificati come residenti nell'area prossimale al COVA

| Classi di età | Uomini | | | | Donne | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale |
| Viggiano | 63(11,9) | 63(11,9) | 56(10,6) | 182 | 58(10,9) | 49(9,3) | 44(8,3) | 151 |
| Grumento Nova | 30(5,7) | 33(6,2) | 39(7,4) | 102 | 26(4,9) | 31(5,9) | 37(7,0) | 94 |
| TOTALE | 93 | 96 | 95 | 284 | 84 | 80 | 81 | 245 |

Note: in parentesi è riportata la percentuale di cella rispetto alla totalità dei 529 soggetti classificati come residenti in prossimità del COVA.

Sono stati quindi estratti 120 soggetti residenti in prossimità del COVA (22,7% dei 529), in modo random, per ogni cella definita sulla base della distribuzione per comune-sesso-classe di età. La numerosità del campione in ogni cella è stata calcolata ridistribuendo i 120 soggetti da estrarre secondo le percentuali riportate nella precedente tabella. Il campione estratto è riportato nella tabella successiva (Tabella 6):

Tabella 6. Suddivisione per comune, sesso e classi di età per terzili dei residenti del campione per lo studio campionario sulla funzionalità respiratoria, classificati come residenti in prossimità del COVA

| Classi di età | Uomini | | | | Donne | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale |
| Viggiano | 14 | 14 | 13 | 41 | 13 | 11 | 10 | 34 |
| Grumento Nova | 7 | 8 | 9 | 24 | 6 | 7 | 8 | 21 |
| TOTALE | 21 | 22 | 22 | 65 | 19 | 18 | 18 | 55 |

I soggetti residenti fuori dall'area prossimale al COVA sono stati suddivisi per classi di età (definite considerando i terzili dell'età), sesso e comune come riportato nella seguente tabella (Tabella 7):

Tabella 7. Suddivisione per comune, sesso e classi di età per terzili dei residenti dei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni, residenti fuori dall'area prossimale al COVA

| Classi di età | Uomini | | | | Donne | | | |
|----------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale |
| Viggiano | 355(11,4) | 365(11,7) | 311(10,0) | 1031 | 354(11,4) | 352(11,3) | 323(10,4) | 1029 |
| Grumento Nova | 171(5,5) | 150(4,8) | 197(6,3) | 518 | 158(5,1) | 170(5,9) | 206(7,0) | 534 |
| TOTALE | 526 | 515 | 508 | 1549 | 512 | 522 | 529 | 1563 |

Note: in parentesi è riportata la percentuale di cella rispetto alla totalità dei 3112 soggetti residenti fuori dall'area prossimale al COVA.

La distribuzione per età, sesso e comune dei soggetti residenti fuori dall'area prossimale al COVA è simile a quella dei residenti nell'area prossimale. Tale similitudine permette di estrarre un campione che rispecchia la distribuzione età-sesso-comune sia dei soggetti residenti nell'area prossimale sia dei soggetti residenti fuori dall'area (*frequency matching*).

Il campione estratto dei soggetti classificati come residenti fuori dall'area prossimale al COVA è di numerosità pari a quello del campione dei residenti in prossimità del COVA (120 unità campionarie che rappresentano il 3,6% della totalità dei soggetti residenti fuori dall'area prossimale).

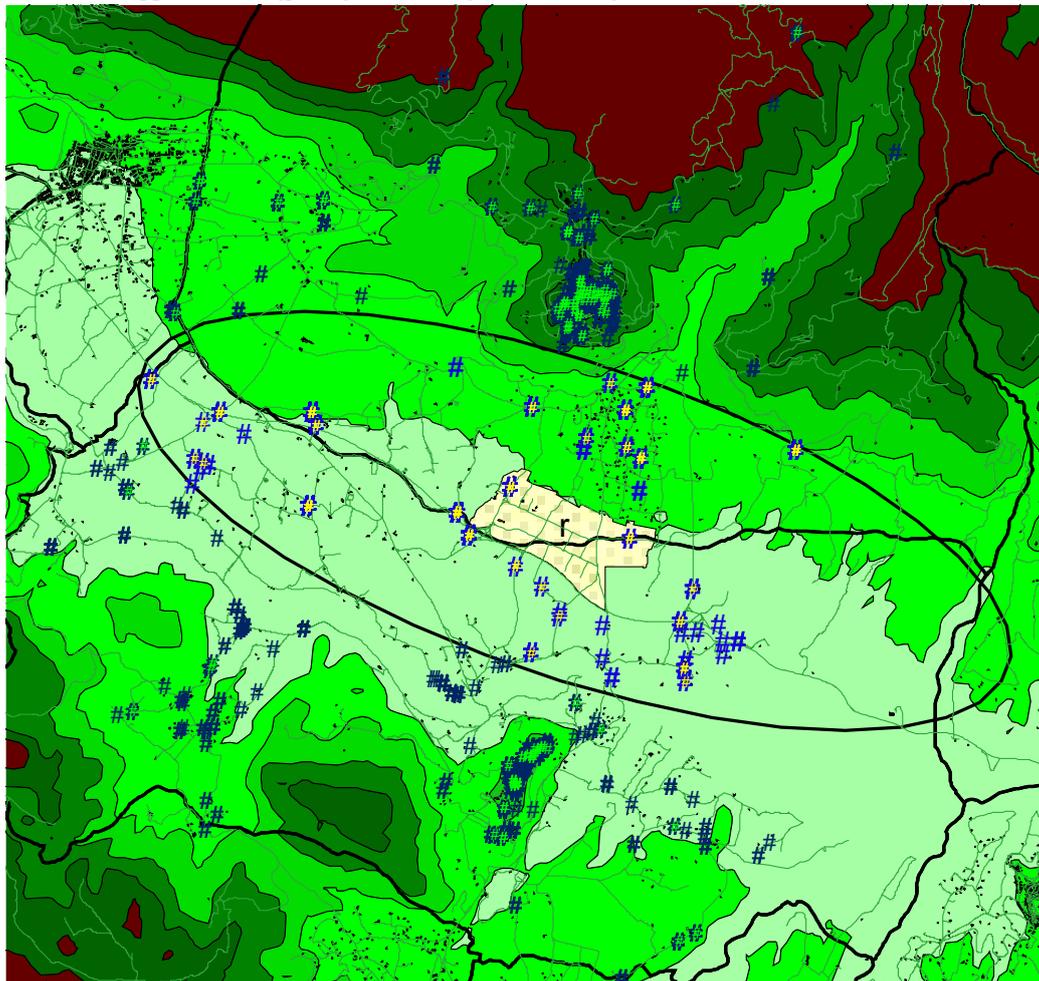
Il campione è stato estratto in modo *random* per ogni cella comune-sesso-classe di età. La numerosità del campione di ogni cella è stata calcolata ridistribuendo i 120 soggetti da estrarre secondo le percentuali riportate nella tabella precedente. Il campione estratto è riportato nella tabella successiva (Tabella 8):

Tabella 8. Suddivisione per comune, sesso e classi di età per terzili dei residenti del campione per lo studio campionario sulla funzionalità respiratoria, classificati come residenti fuori dall'area prossimale al COVA

| Classi di età | Uomini | | | | Donne | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale | 17-35 | 36-53 | 54-73 | Totale |
| Viggiano | 14 | 14 | 12 | 40 | 13 | 13 | 12 | 38 |
| Grumento Nova | 7 | 6 | 8 | 21 | 6 | 7 | 8 | 21 |
| TOTALE | <i>21</i> | <i>20</i> | <i>20</i> | <i>61</i> | <i>19</i> | <i>18</i> | <i>18</i> | <i>59</i> |

Nella figura seguente sono state riportate tutte le unità campionarie, residenti e non residenti in prossimità del COVA. I campioni estratti sono rappresentativi della distribuzione spaziale all'interno delle due aree di campionamento, adottando una diversa frazione di campionamento mirata a garantire un maggior numero di soggetti nell'area prossimale al COVA, ma meno popolosa (Figura 2).

Figura 2. Distribuzione del campione per lo studio campionario sulla funzionalità respiratoria estratto tra i residenti nei Comuni di Viggiano e Grumento Nova con età compresa tra 17 e 73 anni, identificando soggetti vicini (giallo) e lontani (verde chiaro) dal COVA



Analisi sulla percezione del rischio e dei pericoli ambientali

| | Comune | SI | N | % | ORa | IC95% | p |
|---|----------|----|-----|-------|------|-----------|-------|
| [J1b] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente al rumore | Grumento | 16 | 67 | 23.9% | 1 | | |
| | Viggiano | 17 | 123 | 13.8% | 0.52 | 0.24-1.14 | 0.101 |
| | Tot | 33 | 190 | 17.4% | | | |
| [J1c] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente alle maleodorante | Grumento | 27 | 66 | 40.9% | 1 | | |
| | Viggiano | 26 | 122 | 21.3% | 0.39 | 0.20-0.77 | 0.006 |
| | Tot | 53 | 188 | 28.2% | | | |
| [J1d] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente al trasporto di materiale pericoloso | Grumento | 12 | 66 | 18.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 23 | 123 | 18.7% | 0.97 | 0.44-2.17 | 0.948 |
| | Tot | 35 | 189 | 18.5% | | | |
| [J1e] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente a rifiuti e discariche | Grumento | 12 | 65 | 18.5% | 1 | | |
| | Viggiano | 19 | 120 | 15.8% | 0.81 | 0.36-1.83 | 0.607 |
| | Tot | 31 | 185 | 16.8% | | | |
| [J1f] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente a rifiuti pericolosi | Grumento | 14 | 63 | 22.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 21 | 121 | 17.4% | 0.72 | 0.33-1.58 | 0.413 |
| | Tot | 35 | 184 | 19.0% | | | |
| [J1g] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente a inquinamento atmosferico | Grumento | 31 | 63 | 49.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 39 | 121 | 32.2% | 0.50 | 0.26-0.94 | 0.033 |
| | Tot | 70 | 184 | 38.0% | | | |
| [J1j] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente all'inquinamento delle acque | Grumento | 26 | 66 | 39.4% | 1 | | |
| | Viggiano | 28 | 121 | 23.1% | 0.48 | 0.24-0.94 | 0.032 |
| | Tot | 54 | 187 | 28.9% | | | |
| [J1k] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente alle industrie pericolose | Grumento | 24 | 66 | 36.4% | 1 | | |
| | Viggiano | 34 | 121 | 28.1% | 0.69 | 0.35-1.36 | 0.288 |
| | Tot | 58 | 187 | 31.0% | | | |
| [J1m] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente all'inquinamento degli alimenti | Grumento | 26 | 64 | 40.6% | 1 | | |
| | Viggiano | 32 | 121 | 26.4% | 0.56 | 0.29-1.08 | 0.085 |
| | Tot | 58 | 185 | 31.4% | | | |
| [J1n] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente agli elettrodotti | Grumento | 7 | 66 | 10.6% | 1 | | |
| | Viggiano | 12 | 121 | 9.9% | 0.97 | 0.35-2.69 | 0.959 |
| | Tot | 19 | 187 | 10.2% | | | |
| [J1o] Si sente moltissimo/molto esposto personalmente al cellulare e antenne telefonia mobile | Grumento | 9 | 67 | 13.4% | 1 | | |
| | Viggiano | 13 | 122 | 10.7% | 0.83 | 0.33-2.14 | 0.707 |
| | Tot | 22 | 189 | 11.6% | | | |
| [J3b] Nell'area in cui vive è presente rumore? | Grumento | 17 | 67 | 25.4% | 1 | | |
| | Viggiano | 28 | 124 | 22.6% | 0.78 | 0.38-1.58 | 0.488 |
| | Tot | 45 | 191 | 23.6% | | | |
| [J3c] Nell'area in cui vive sono presenti maleodoranze? | Grumento | 26 | 67 | 38.8% | 1 | | |
| | Viggiano | 42 | 124 | 33.9% | 0.81 | 0.44-1.52 | 0.516 |
| | Tot | 68 | 191 | 35.6% | | | |
| [J3d] Nell'area in cui vive è presente il trasporto di materiale pericoloso? | Grumento | 2 | 67 | 3.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 8 | 124 | 6.5% | 1.81 | 0.34-9.62 | 0.487 |
| | Tot | 10 | 191 | 5.2% | | | |
| [J3e] Nell'area in cui vive sono presenti | Grumento | 2 | 67 | 3.0% | 1 | | |

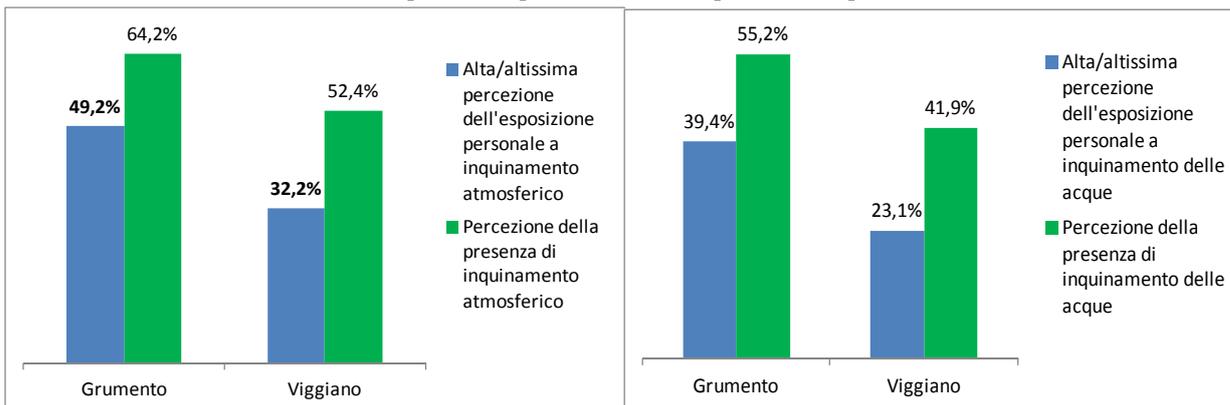
| | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-------|------|-----------|-------|
| rifiuti, discariche? | Viggiano | 8 | 124 | 6.5% | 1.86 | 0.36-9.73 | 0.462 |
| | Tot | 10 | 191 | 5.2% | | | |
| [J3f] Nell'area in cui vive sono presenti rifiuti pericolosi? | Grumento | 4 | 67 | 6.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 14 | 124 | 11.3% | 1.80 | 0.55-5.90 | 0.331 |
| | Tot | 18 | 191 | 9.4% | | | |
| [J3g] Nell'area in cui vive è presente inquinamento atmosferico? | Grumento | 43 | 67 | 64.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 65 | 124 | 52.4% | 0.65 | 0.35-112 | 0.175 |
| | Tot | 108 | 191 | 56.5% | | | |
| [J3j] Nell'area in cui vive è presente inquinamento delle acque? | Grumento | 37 | 67 | 55.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 52 | 124 | 41.9% | 0.60 | 0.33-1.10 | 0.102 |
| | Tot | 89 | 191 | 46.6% | | | |
| [J3k] Nell'area in cui vive sono presenti industrie pericolose? | Grumento | 15 | 67 | 22.4% | 1 | | |
| | Viggiano | 37 | 124 | 29.8% | 1.58 | 0.78-3.19 | 0.207 |
| | Tot | 52 | 191 | 27.2% | | | |
| [J3m] Nell'area in cui vive è presente inquinamento degli alimenti? | Grumento | 22 | 67 | 32.8% | 1 | | |
| | Viggiano | 49 | 124 | 39.5% | 1.31 | 0.69-2.46 | 0.411 |
| | Tot | 71 | 191 | 37.2% | | | |
| [J3n] Nell'area in cui vive sono presenti elettrodotti? | Grumento | 2 | 67 | 3.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 10 | 124 | 8.1% | 2.82 | 0.58-13.6 | 0.197 |
| | Tot | 12 | 191 | 6.3% | | | |
| [J8] Ritiene grave (reversibile+irreversibile) la situazione ambientale del comune di residenza | Grumento | 42 | 66 | 63.6% | 1 | | |
| | Viggiano | 84 | 124 | 67.7% | 1.29 | 0.68-2.47 | 0.425 |
| | Tot | 126 | 190 | 66.3% | | | |
| [J9] Se potesse se ne andrebbe da questa zona? | Grumento | 38 | 67 | 56.7% | 1 | | |
| | Viggiano | 60 | 124 | 48.4% | 0.73 | 0.40-1.34 | 0.311 |
| | Tot | 98 | 191 | 51.3% | | | |
| [J9a5] Se potesse, se ne andrebbe per andare a vivere in una zona più salubre | Grumento | 19 | 38 | 50.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 21 | 60 | 35.0% | 0.56 | 0.24-1.34 | 0.196 |
| | Tot | 40 | 98 | 40.8% | | | |
| [J9a7] Se potesse, se ne andrebbe per motivi di sicurezza | Grumento | 6 | 38 | 15.8% | 1 | | |
| | Viggiano | 18 | 60 | 30.0% | 2.47 | 0.85-7.13 | 0.095 |
| | Tot | 24 | 98 | 24.5% | | | |
| [J13a] E' certo/molto probabile avere allergie per chi vive in prossimità di area inquinata | Grumento | 47 | 57 | 82.5% | 1 | | |
| | Viggiano | 77 | 108 | 71.3% | 0.53 | 0.24-1.21 | 0.132 |
| | Tot | 124 | 165 | 75.2% | | | |
| [J13b] E' certo/molto probabile avere malattie respiratorie acute per chi vive in prossimità di un'area inquinata | Grumento | 49 | 56 | 87.5% | 1 | | |
| | Viggiano | 84 | 108 | 77.8% | 0.47 | 0.18-1.21 | 0.117 |
| | Tot | 133 | 164 | 81.1% | | | |
| [J13c] E' certo/molto probabile avere malattie respiratorie croniche per chi vive in prossimità di un'area inquinata | Grumento | 49 | 57 | 86.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 79 | 108 | 73.1% | 0.40 | 0.16-0.97 | 0.043 |
| | Tot | 128 | 165 | 77.6% | | | |
| [J13d] E' certo/molto probabile avere malattie cardiovascolari per chi vive in prossimità di un'area inquinata | Grumento | 39 | 57 | 68.4% | 1 | | |
| | Viggiano | 60 | 108 | 55.6% | 0.55 | 0.27-1.09 | 0.087 |
| | Tot | 99 | 165 | 60.0% | | | |
| [J13e] E' certo/molto probabile avere infertilità per chi vive in prossimità di area inquinata | Grumento | 36 | 57 | 63.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 47 | 108 | 43.5% | 0.42 | 0.22-0.84 | 0.013 |
| | Tot | 83 | 165 | 50.3% | | | |

| | | | | | | | |
|--|----------|-----|-----|-------|------|-----------|-------|
| [J13f] E' certo/molto probabile avere varie forme di cancro per chi vive in prossimità di area inquinata | Grumento | 49 | 57 | 86.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 87 | 108 | 80.6% | 0.62 | 0.25-1.56 | 0.311 |
| | Tot | 136 | 165 | 82.4% | | | |
| [J13g] E' certo/molto probabile avere leucemia per chi vive in prossimità di area inquinata | Grumento | 44 | 57 | 77.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 82 | 105 | 78.1% | 1.04 | 0.46-2.32 | 0.933 |
| | Tot | 126 | 162 | 77.8% | | | |
| [J13h] E' certo/molto probabile avere malformazioni congenite per chi vive in prossimità di area inquinata | Grumento | 39 | 55 | 70.9% | 1 | | |
| | Viggiano | 65 | 108 | 60.2% | 0.56 | 0.27-1.16 | 0.116 |
| | Tot | 104 | 163 | 63.8% | | | |
| [J14a] E' certo/molto probabile avere allergie nell'area di residenza | Grumento | 40 | 57 | 70.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 70 | 107 | 65.4% | 0.81 | 0.40-1.66 | 0.569 |
| | Tot | 110 | 164 | 67.1% | | | |
| [J14b] E' certo/molto probabile avere malattie respiratorie acute nell'area di residenza | Grumento | 42 | 57 | 73.7% | 1 | | |
| | Viggiano | 77 | 108 | 71.3% | 0.88 | 0.42-1.84 | 0.732 |
| | Tot | 119 | 165 | 72.1% | | | |
| [J14c] E' certo/molto probabile avere malattie respiratorie croniche nell'area di residenza | Grumento | 44 | 57 | 77.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 74 | 107 | 69.2% | 0.62 | 0.29-1.33 | 0.22 |
| | Tot | 118 | 164 | 72.0% | | | |
| [J14d] E' certo/molto probabile avere malattie cardiovascolari nell'area di residenza | Grumento | 33 | 57 | 57.9% | 1 | | |
| | Viggiano | 60 | 106 | 56.6% | 0.92 | 0.48-1.79 | 0.812 |
| | Tot | 93 | 163 | 57.1% | | | |
| [J14e] E' certo/molto probabile avere infertilità nell'area di residenza | Grumento | 30 | 55 | 54.5% | 1 | | |
| | Viggiano | 49 | 106 | 46.2% | 0.70 | 0.36-1.36 | 0.293 |
| | Tot | 79 | 161 | 49.1% | | | |
| [J14f] E' certo/molto probabile avere varie forme di cancro nell'area di residenza | Grumento | 42 | 57 | 73.7% | 1 | | |
| | Viggiano | 80 | 107 | 74.8% | 1.00 | 0.47-2.14 | 0.991 |
| | Tot | 122 | 164 | 74.4% | | | |
| [J14g] E' certo/molto probabile avere leucemia nell'area di residenza | Grumento | 38 | 56 | 67.9% | 1 | | |
| | Viggiano | 76 | 108 | 70.4% | 1.12 | 0.55-2.31 | 0.749 |
| | Tot | 114 | 164 | 69.5% | | | |
| [J14h] E' certo/molto probabile avere malformazioni congenite nell'area di residenza | Grumento | 37 | 57 | 64.9% | 1 | | |
| | Viggiano | 63 | 107 | 58.9% | 0.73 | 0.37-1.45 | 0.374 |
| | Tot | 100 | 164 | 61.0% | | | |
| [J15] Il COVA rappresenta un pericolo? | Grumento | 53 | 59 | 89.8% | 1 | | |
| | Viggiano | 94 | 109 | 86.2% | 0.82 | 0.29-2.30 | 0.707 |
| | Tot | 147 | 168 | 87.5% | | | |
| [J15a] Se il COVA rappresenta un pericolo è molto/abbastanza pericoloso per ambiente | Grumento | 50 | 53 | 94.3% | 1 | | |
| | Viggiano | 91 | 94 | 96.8% | 2.22 | 0.37-13.3 | 0.382 |
| | Tot | 141 | 147 | 95.9% | | | |
| [J15b] Se il COVA rappresenta un pericolo è molto/abbastanza pericoloso per salute | Grumento | 51 | 52 | 98.1% | 1 | | |
| | Viggiano | 91 | 92 | 98.9% | - | - | - |
| | Tot | 142 | 144 | 98.6% | | | |
| [J16] Tutte/molte persone sono potenzialmente esposte ai potenziali rischi dell'area industriale | Grumento | 49 | 57 | 86.0% | 1 | | |
| | Viggiano | 94 | 109 | 86.2% | 0.98 | 0.38-2.52 | 0.970 |
| | Tot | 143 | 166 | 86.1% | | | |
| [J17] Tutte/molte persone sono potenzialmente esposte ai potenziali | Grumento | 48 | 57 | 84.2% | 1 | | |
| | Viggiano | 95 | 109 | 87.2% | 1.26 | 0.50-3.19 | 0.624 |

| | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-------|------|-----------|-------|
| rischi del COVA | Tot | 143 | 166 | 86.1% | | | |
| [J23] Il COVA suscita sensazioni negative (paura-rabbia-disgusto-frustrazione vs sicurezza-tranquillità-fiducia-indifferenza) | Grumento | 40 | 47 | 85.1% | 1 | | |
| | Viggiano | 64 | 86 | 74.4% | 0.52 | 0.20-1.36 | 0.181 |
| | Tot | 104 | 133 | 78.2% | | | |

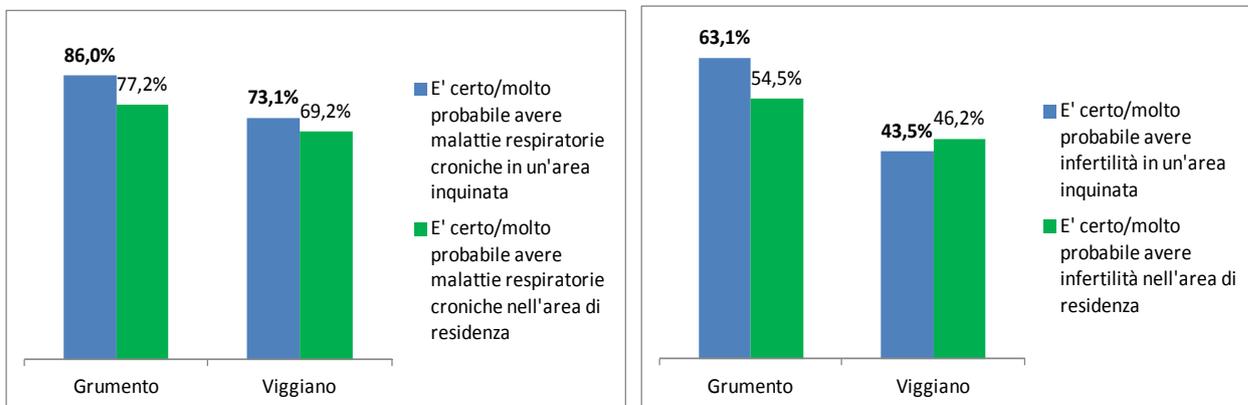
Nota - OR= Odds Ratio aggiustato: stima del rischio relativo corretta per sesso, età in anni, titolo di studio e esposizione posizionale lavorativa ad agenti fisico-chimici.

Percezione dell'esposizione personale e della presenza di pericoli



Nota - In grassetto i casi in cui l'analisi con regressione logistica multivariata ha evidenziato, dopo aggiustamento, differenze statisticamente significative tra i due comuni.

Percezione del rischio di malattie



Nota - In grassetto i casi in cui l'analisi con regressione logistica multivariata ha evidenziato, dopo aggiustamento, differenze statisticamente significative tra i due comuni.



Appendici

(in formato elettronico)

A - Emissioni del COVA

B - Dati metereologici

C - Monitoraggio qualità dell'aria

D - Simulazioni modellistiche meteo-dispersive

E - Questionario

F - Suolo come matrice

Ringraziamenti

Comune di Viggiano

Amedeo Cicala, Sindaco

Davide Amorosi, Responsabile ufficio anagrafe

Antonella Amelina, Responsabile area tecnica, edilizia privata, urbanistica

Comune di Grumento Nova

Maria Donata Pascarelli, Responsabile ufficio anagrafe

ASP Potenza e Presidio Ospedaliero Villa d'Agri

Medici e Dirigenti:

Giovanni Battista Bochicchio, Domenico Antonio Liuzzi, Mario Marra,

Nicola Mazzeo, Maria Cristina Martini, Bruno Masino, Giuseppe Spina

Personale infermieristico:

Rocco Latorraca, Caterina Masino, Michele Pepe, Francesca Possidente

Regione Basilicata

Francesco Mollica, Presidente Consiglio regionale Basilicata

Vincenzo Robortella, Presidente III commissione

Flavia Franconi, Assessore alle politiche per la persona

Francesco Pietrantuono, Assessore all'ambiente e all'energia

Luca Braia, Assessore alle politiche agricole e forestali

Nicola Benedetto, Assessore alle infrastrutture e mobilità

Roberto Cifarelli, Assessore alle politiche di sviluppo, lavoro, formazione e ricerca

Vito Mancusi, Lucia Anna Rita Margherita, Dip.to politiche della persona

Michele Recine, Direzione generale, Dip.to politiche della persona

ARPA Basilicata

Edmondo Iannicelli, Direttore generale

Servizio agrometeorologico Basilicata e Servizio protezione civile Viggiano

Lucia Giovannetti, esperta classificazione malattie, ISPO Istituto per lo studio e la prevenzione oncologica, Firenze,

Nicola Caranci, esperto indice di deprivazione socio-economica, Agenzia Sanitaria e Sociale, Regione Emilia-Romagna, Bologna