



QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PIANA DI VENAFRO

RELAZIONE FINALE

DICEMBRE 2022



Con riferimento alla richiesta del 24 novembre 2020, prot. n. 22399 del Ministro dell'ambiente al Presidente ISPRA

A cura del gruppo di lavoro del Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente così costituito:

Coordinamento generale: Alfredo Pini (ISPRA)

Silvia Brini (coordinamento gdl ISPRA), Damiano Centioli, Riccardo De Lauretis, Fabio Cadoni, Giorgio Cattani, Antonio Amoroso, Patrizia Leone, Alessandra Pati, Cristiano Ravaioli, Giada Marchegiani (ISPRA)

Luigi Pierno, Bernardino Principi, Carmine Tarasco, Antonello Mastromonaco, Giovanni Guglielmi, Simone Iacaruso (ARPA MOLISE)

Chiara Agostini, Dimitri Bacco, Michela Comandini, Elisa Montanari, Davide Paniello, Vanes Poluzzi, Ivan Scaroni, Davide Verna, Franco Zinoni (ARPAE EMILIA ROMAGNA)

Il raccordo con il Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica è stato curato dal dott. Fabio Romeo.

SINTESI DEI RISULTATI

A fine 2020, il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare chiedeva il coinvolgimento dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) nell'ambito degli studi che la Regione Molise stava svolgendo relativamente al potenziamento del monitoraggio della qualità dell'aria e alla caratterizzazione delle polveri per l'individuazione delle principali fonti inquinanti con riferimento all'area di Venafro, da anni interessata da fenomeni di inquinamento atmosferico piuttosto rilevanti.

In tale contesto l'ISPRA ha attivato esperti dell'Istituto e del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (in particolare esperti dell'ARPA Molise e dell'ARPAE Emilia-Romagna) che, in coordinamento con il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, e investendo proprie risorse umane ed economiche, hanno realizzato uno studio che ha previsto anche due campagne di monitoraggio per la caratterizzazione del materiale particolato.

Fin dalle fasi iniziali è risultata evidente la mancanza delle informazioni necessarie per un'approfondita analisi dei determinanti e dei fattori di pressione ambientale che insistono sul territorio oggetto dello studio.

Sono emerse lacune conoscitive e informative rispetto ai consumi specifici di combustibili sul territorio e nello specifico della biomassa, ai flussi di traffico e alle variabili meteorologiche e micrometeorologiche indispensabili per definire in modo accurato il quadro delle condizioni meteo-climatiche e il loro evolversi nel tempo.

Inizialmente è stato condotto uno studio di caratterizzazione chimica su campioni di particolato già disponibili e provenienti dal monitoraggio ordinario della stazione di Venafro2, relativi al periodo 21/12/2020 – 01/03/2021: i risultati delle analisi indicavano quale principale contributo all'aerosol PM₁₀ invernale la sostanza organica, derivante probabilmente da combustione di biomasse legnose e/o suoi derivati. Gli esiti di tale studio preliminare sono stati utilizzati per la successiva progettazione e realizzazione di due campagne di monitoraggio degli inquinanti atmosferici. Le campagne di monitoraggio hanno avuto luogo nel periodo primaverile-estivo (25 giugno 2021 - 25 luglio 2021) e invernale (19 gennaio 2022 – 2 marzo 2022) per consentire, attraverso le determinazioni analitiche, di pervenire alla composizione del particolato in due stagioni dove l'input emissivo è caratteristico (durante il periodo primavera-estate le emissioni dal riscaldamento domestico possono essere considerate nulle). Le determinazioni analitiche sono state orientate principalmente alla rilevazione della presenza di carbonio elementare, carbonio organico, anioni, cationi, metalli, levoglucosano (tracciante della combustione di biomassa vegetale).

Sono stati raccolti 472 campioni di particolato su filtri prelevati presso la stazione di monitoraggio di Venafro (Venafro2) e nell'ambito delle due campagne di misura ad hoc in tre diversi siti (Venafro, Pozzilli, Sesto Campano). Le analisi di caratterizzazione hanno ricercato la presenza di 39 sostanze per

un totale di oltre 5.000 determinazioni analitiche effettuate dai laboratori dell'ISPRA, dell'ARPA Molise e dell'ARPAE Emilia-Romagna.

Lo studio, nonostante i limiti determinati dalla carenza degli elementi informativi di cui sopra, ha permesso di migliorare il quadro conoscitivo relativo alla composizione chimica del particolato e alla sua variabilità nel tempo. È stata confermata la situazione critica già nota dalle relazioni annuali dell'ARPA Molise circa gli elevati livelli di PM₁₀ rilevati nella Piana: nel corso degli anni non si evidenzia purtroppo una tendenza significativa al miglioramento. Gli andamenti stagionali rilevati nelle campagne ad hoc, confrontati con gli andamenti storici dei livelli di PM, confermano la stagione invernale come quella particolarmente critica, durante la quale, si vengono a determinare le condizioni più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti nell'atmosfera. In base ai risultati delle analisi eseguite è possibile ipotizzare un importante contributo delle sorgenti da combustione identificando, in particolare, la combustione della biomassa, come una delle sorgenti più importanti nell'area nel determinare un inquinamento diffuso.

A causa delle lacune informative esistenti e per individuare ulteriori misure da mettere in campo ai fini del miglioramento della qualità dell'aria, appare necessario avviare un approfondimento di maggiore dettaglio degli input emissivi (soprattutto con riferimento al censimento degli impianti per il riscaldamento domestico e all'acquisizione di informazioni sui flussi di traffico). Parimenti necessaria è l'attivazione di almeno due punti di monitoraggio delle variabili meteorologiche e micrometeorologiche indispensabili per definire in modo accurato il quadro delle condizioni meteo-climatiche e il loro evolversi nel tempo, dal momento che appare evidente dai risultati dello studio come queste rappresentino un elemento chiave nel favorire l'accumulo degli inquinanti in atmosfera e il verificarsi di episodi acuti di inquinamento atmosferico, con riferimento, in particolare, al materiale particolato.

INTRODUZIONE

L'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente del Molise (ARPA Molise) e dell'Emilia Romagna (ARPAE), nell'ambito del supporto reciproco previsto dal SNPA - Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente di cui alla Legge n.132 del 28 giugno 2016, hanno effettuato, su mandato del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica uno studio congiunto di valutazione della qualità dell'aria nella piana di Venafro in provincia di Isernia.

A tal fine è stato creato un apposito Gruppo di Lavoro (GdL) che ha visto impegnate per ogni ente le strutture competenti per i diversi aspetti relativi all'inquinamento atmosferico.

OBIETTIVO DELLO STUDIO

Lo studio, a complemento della valutazione dello stato della qualità dell'aria normalmente effettuata da ARPA Molise, è stato finalizzato ad approfondire le cause e ad individuare le possibili sorgenti di inquinamento che determinano da molti anni il superamento dei valori limite del PM₁₀ [1-9].

Lo studio ha perseguito diversi obiettivi tra loro interconnessi:

- migliorare la conoscenza dei determinanti e dei fattori di pressione che insistono sul territorio oggetto dello studio, al fine di evidenziare le attuali lacune conoscitive e informative e indirizzare le azioni necessarie per colmarle;
- valutare i dati disponibili per la caratterizzazione delle condizioni meteo-climatiche che possono favorire l'accumulo degli

inquinanti in atmosfera e il verificarsi di episodi acuti di inquinamento atmosferico, con riferimento, in particolare, al materiale particolato e identificare le eventuali necessità di acquisire tali dati da fonti esistenti sul territorio o prevedere l'installazione di stazioni dedicate alla raccolta continua di variabili micrometeorologiche necessarie per tale caratterizzazione;

- migliorare il quadro conoscitivo relativo alla composizione chimica del particolato e alla sua variabilità nel tempo, in diverse condizioni meteorologiche, attraverso l'analisi di campioni raccolti presso le stazioni di monitoraggio esistenti e campagne di misura ad hoc.

La caratterizzazione chimica del particolato è stata orientata a:

- la valutazione della concentrazione di massa media giornaliera delle componenti principali del particolato atmosferico (anioni e cationi; carbonio organico e carbonio elementare; alcuni macroelementi, quali ferro, alluminio);
- la valutazione della concentrazione di massa di alcuni zuccheri anidri, traccianti della combustione di biomassa vegetale legnosa;
- la valutazione della concentrazione di massa di alcuni elementi (metalli e semimetalli) di interesse igienico-sanitario.

INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA OGGETTO DELLO STUDIO

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La piana di Venafro rappresenta una tipica conca intramontana con asse maggiore orientato circa NE-SW, si sviluppa nel settore sud-occidentale della provincia di Isernia ed è compresa tra i versanti nord-occidentali del massiccio montuoso del Matese, i rilievi collinari di Isernia-Colli al Volturno e le propaggini sud-orientali dei Monti di Venafro. Il territorio in questione è costituito da una pianura alluvionale con altitudine media di circa 200 m s.l.m., in cui coesistono attività industriali e attività agricole di natura intensiva, praticate su suoli caratterizzati da forte

parcellizzazione, da due aree collinari che si sviluppano con orientamento nordest-sudovest lungo i lati destro e sinistro del Fiume Volturno, con altitudini che variano dai 400 ai 900 metri s.l.m.

L'area ricade all'interno dei territori comunali di Isernia, Macchia di Isernia, Monteroduni, Fornelli, Colli al Volturno, Montaquila, Pozzilli, Venafro, Sesto Campano e Conca Casale, per una lunghezza massima di circa 22 km ed un'ampiezza media di circa 5 km (Figura 1).

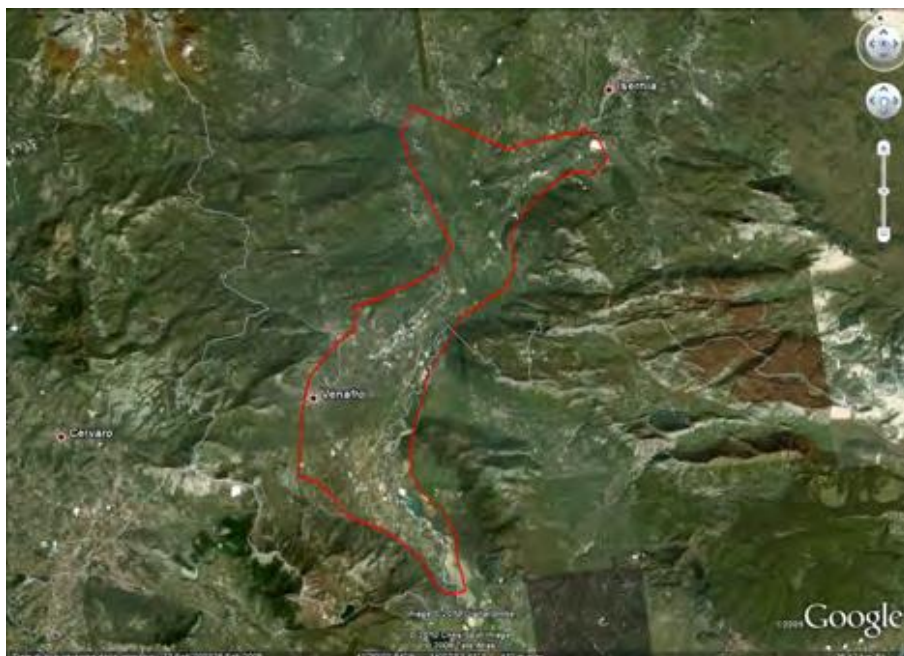


Figura 1 - "Piana di Venafro"

Su questo territorio così variegato insistono anche quattro aree protette della Rete Natura 2000 [10], costituite da 2 Siti di Importanza Comunitaria (Sic): Cesa Martino e Sorgente Sulfurea di Triverno, da una Zona di Protezione Speciale (ZPS): La Gallinola Monte Miletto e da un Sic appartenente alla Regione Campania: Fiumi Volturno e Calore.

INQUADRAMENTO CLIMATICO

Per quanto riguarda il clima, l'area di studio appartiene alla zona temperata sub-continentale mediterranea, con temperature medie annue da 10°C a 14°C, livelli di piovosità con medie annuali di 700 mm, equamente suddivisi nel periodo autunnale e primaverile.

Le concentrazioni degli inquinanti atmosferici evolvono nel tempo seguendo dei profili tipici sia su base giornaliera che su base stagionale. Differenze sostanziali nei profili giornalieri sono evidenziabili in uno stesso luogo in funzione del periodo dell'anno. È evidente anche una marcata variabilità intra e inter-giornaliera.

Un importante ruolo nei profili temporali degli inquinanti aerodispersi è determinato dai fattori che governano le proprietà dispersive dello strato limite planetario (planetary boundary layer, PBL) ovvero della parte di troposfera influenzata direttamente dalla presenza della superficie terrestre.

Altezza del pbl distribuzione per mese 2013 - 2019

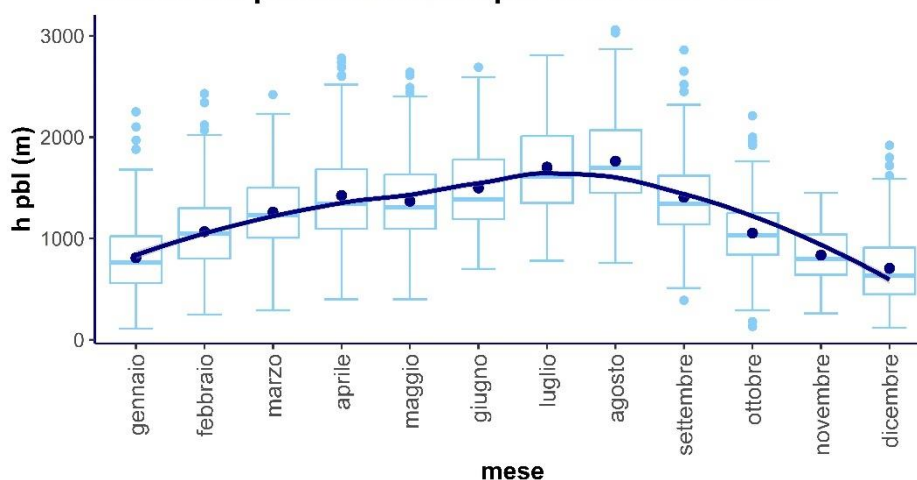


Figura 2. Altezza dello strato limite planetario. Distribuzione dei valori massimi giornalieri per mese. Periodo osservato: 2013 – 2019.

A causa dell'apporto dell'energia solare si sviluppano forzanti radiative, e a causa dell'attrito tra aria e suolo si sviluppano forzanti meccaniche, che determinano lo sviluppo di moti turbolenti, dalla cui intensità e variabilità dipendono le proprietà dispersive del PBL, e le sue modificazioni su un tempo di scala orario o inferiore. La variabilità delle sorgenti emissive su scala intra-giornaliera e inter-giornaliera è assai più riproducibile della variabilità dei fattori che influenzano i moti turbolenti del PBL. In questo senso è possibile affermare che le concentrazioni al suolo evolvono con la variazione dei moti turbolenti che coinvolgono il PBL e dai quali dipendono le proprietà dispersive dello stesso. L'inquinamento atmosferico varia notevolmente su tutte le scale spaziali, da quella globale a quella regionale o locale. La relazione tra il carico emissivo - la sua variabilità stagionale e giornaliera - e i livelli di concentrazione osservati è complessa e dipende dalle caratteristiche orografiche e climatiche della zona presa in esame. Le dinamiche alla base dell'intensità e della variabilità delle forzanti radiative e meccaniche sono profondamente diverse oltre che su base stagionale, in funzione della fascia climatica cui appartiene il punto di osservazione.

Al fine di una valutazione degli andamenti medi dell'altezza del planetary boundary layer (hpbl) nell'area della piana di Venafro sono state estratte dal set di dati ERA5 generato dal servizio Copernicus¹ sui cambiamenti climatici le stime ERA5 single-levels, disponibili dal 1979 ad oggi, su tutto il globo terrestre, con risoluzione oraria (UTC).

I dati sono resi disponibili² a una risoluzione (latitudine x longitudine) pari a 0.25° x 0.25°.

Nella figura 2 sono riportate le distribuzioni dei valori massimi giornalieri di altezza del pbl per ciascun mese dell'anno, nel periodo 2013-2019. È evidente la situazione che caratterizza i mesi invernali, in particolare dicembre e gennaio.

In questi mesi si verificano infatti diversi periodi, che possono durare alcuni giorni consecutivi, in cui l'altezza dello strato limite rimane ben al di sotto dei 500 m, anche nelle ore centrali della giornata; queste giornate sono spesso caratterizzate anche da condizioni di alta pressione livellata, assenza di precipitazione e scarsa ventilazione.

In queste condizioni sono favoriti sia l'accumulo degli inquinanti emessi direttamente dalle varie sorgenti, che i processi di formazione di nuove particelle, a partire da sostanze gassose dette "precursori" (ossidi di azoto, ammoniaca, ossidi di zolfo, composti organici volatili).

È in queste condizioni che i valori medi giornalieri di PM₁₀ assumono i valori più elevati, con alta probabilità di superamento della soglia di 50 µg/m³.

DETERMINANTI: IL TRAFFICO VEICOLARE

Il Comune di Venafro con una popolazione di circa 11.000 abitanti si estende nella omonima piana ed è punto di transito obbligato dalla Campania (attraverso la strada statale 85 "Venafra" oppure, in caso di tragitti sud-est con la nuova Variante Esterna, inaugurata a settembre 2008, che evita il centro abitato) o dal Lazio (attraverso la SS 6 - dir., la diramazione della strada statale 6 Casilina verso Cassino).

¹ Copernicus è un programma di osservazione della Terra frutto della collaborazione tra Agenzia Spaziale Europea e Commissione Europea. I dati ERA5, attualmente disponibili per uso pubblico, sono dati spaziali di rianalisi di condizioni meteorologiche orarie, ovvero dati derivanti da combinazioni di modelli meteorologici con dati osservativi di satelliti e di sensori terrestri.

² <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>

Nel 2017 è entrata in vigore l'ordinanza prefettizia n. 7623 del 28 febbraio 2017, che ha prodotto una significativa modificazione dei flussi di traffico nel Comune di Venafro [11-14].

Tale ordinanza prevede che:

“ in corrispondenza dell'intersezione tra la SS 85 e la SS 6 dir. (quadrivio Via Colonia Giulia, Corso Campano), l'istituzione del transito vietato ai veicoli di massa a pieno carico superiore a 6,5 ton. (Figura Il 60/b Art. 117 C.d.S.) in ingresso in Molise dalla SS 6 dir. (direzione Isernia, Campobasso, Castel di Sangro, etc.) ad eccezione degli autobus di linea, con l'indicazione del seguente percorso alternativo: obbligo di svolta a destra ed istradamento lungo la SS 85 in direzione Sesto Campano (IS); percorrenza della SS 85 fino al Km. 15+900 ed istradamento lungo la SS 85 Var. (Km. 0+000) in direzione Isernia, Campobasso, Castel di Sangro; percorrenza della SS 85 Var. fino al Km. 8+550 ed istradamento sulla SS 85 (Km. 27+200) in direzione Isernia, Campobasso, Castel di Sangro;

in corrispondenza dell'intersezione tra la SS 85 e la SS 6 dir. (quadrivio Via Colonia Giulia, Corso Campano), l'istituzione dell'obbligo di svolta a sinistra per i veicoli di massa a pieno carico superiore a 6,5 t (Figura Il 60/b Art. 117 del C.d.S.) provenienti dalla direzione Napoli/Sesto Campano in transito su Corso Campano, ad eccezione degli autobus di linea”.

L'ordinanza ha determinato quindi una sostanziale modifica dei flussi di traffico dei veicoli di massa a pieno carico superiore a 6,5 ton. (Figura Il 60/b Art. 117 C.d.S. [15]). Questi ora non percorrono il tratto urbano della SS 85 (Via Colonia Giulia) oltre l'incrocio con Corso Campano - Via Campania andando ad incidere molto meno sull'abitato di Venafro. Il tratto di strada di via Colonia Giulia resta comunque un tratto di strada ad alta frequentazione per traffico locale.

La deviazione ha invece determinato un aumento dei flussi di traffico di mezzi pesanti sul tratto urbano della stessa ss 85 perpendicolare a via Colonia Giulia (via Campania).

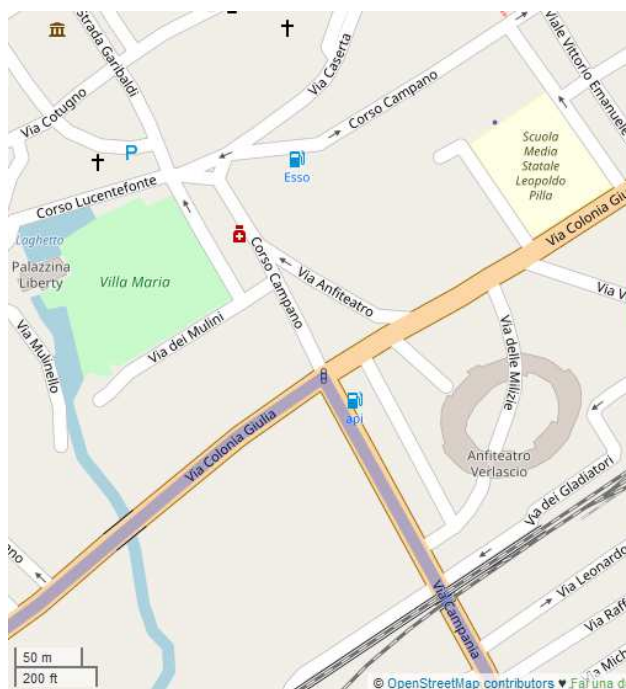


Figura 3. Percorso dei mezzi pesanti previsto dall'ordinanza prefettizia prot. n. 7623 del 28 febbraio 2017

DETERMINANTI: GLI INSEDIAMENTI INDUSTRIALI

Nella tabella 1 si riportano i principali insediamenti industriali della piana.

Da un punto di vista dell'impatto potenziale sulla qualità dell'aria il cementificio Colacem di Sesto Campano rappresenta il determinante di gran lunga più significativo come meglio dettagliato nel paragrafo riguardante le emissioni in atmosfera.

Attività	Comune
Cementificio	Sesto Campano
Componentistica Automobilistica	Pozzilli
Componentistica Elettronica	Pozzilli
Componentistica Elettronica	Pozzilli
Componentistica Automobilistica	Pozzilli
Falegnameria	Pozzilli
Componentistica Automobilistica	Pozzilli
Conglomerato Cementizio	Montaquila
Componentistica Elettronica	Montaquila
Coinceneritore	Pozzilli
Lavorazione Caffè	Pozzilli
Prodotti Farmaceutici	Pozzilli
Lavorazioni Plastiche	Pozzilli
Componentistica Automobilistica	Pozzilli
Lavorazione Alluminio	Pozzilli
Anime Fonderia	Pozzilli
Tagliaerba	Pozzilli
Falegnameria	Venafro
Ospedale	Pozzilli
Depuratore Consortile	Pozzilli
Smaltimento Rifiuti	Pozzilli

Tabella 1 – principali insediamenti industriali

DETERMINANTI: IL SETTORE AGRICOLO E ZOOTECNICO

Secondo i dati del 6° Censimento Generale dell'Agricoltura ISTAT, relativo al 2010, a Venafro si trovano 443 aziende agricole, per una Superficie Agricola Totale (SAT) pari a 3707 ettari e una Superficie Agricola Utilizzata (SAU) pari a circa 3000 ettari che rappresenta la parte più utilizzata nel settore primario del territorio preso in esame. Segue Montaquila con 294 aziende, Sesto campano con 249 aziende, Pozzilli con 212, tutte con SAU inferiore ai 1000 ettari.

Riguardo alle principali coltivazioni praticate, i cereali e le foraggere sono le più diffuse. Anche gli oliveti sono molto diffusi nel territorio mentre vigneti, coltivazioni orticole e frutteti sono meno comuni, e le colture protette sono presenti su circa 50 ettari. A causa della particolare morfologia del territorio, è possibile distinguere una ampia pianura destinata ai seminativi e alle serre, e una fascia pedemontana destinata all'olivicoltura.

Un ruolo importante nel settore primario è svolto dagli allevamenti, soprattutto per la produzione casearia. Si tratta di un'attività tradizionale, che ancora oggi sopravvive grazie all'alta qualità dei prodotti locali e all'inserimento del territorio di Venafro nelle DOP Mozzarella di Bufala Campana, Ricotta di Bufala Campana e Caciocavallo Silano.

I dati analizzati mostrano come il comparto agricolo sia ancora oggi molto simile a quello degli anni '60, con una minor frammentazione aziendale e con una Superficie Agricola Totale (SAT) maggiore.

Osservando l'andamento delle principali coltivazioni della zona negli ultimi quarant'anni si nota come non ci siano cambiamenti sostanziali.

Il settore cerealicolo è il più sviluppato, ed interessa tutta la zona di pianura; dal 1972 al 2010 si osserva una riduzione dei seminativi pari al -19,6%, passando da 1562 ha del 1972, a 1300 del 1982, a 1227 del 1990, a 1353 del 2000, fino a 1255 ha del 2010.

Si nota invece un aumento rilevante (+180%) delle aree classificate come prati permanenti e pascoli, che passano da 485 ha del 1972, a 838 del 1982, a 963 del 1990, a 1169 del 2000, fino a 1355 rilevati al 2010. Questo dato potrebbe trovare due motivazioni: da una parte l'importanza attuale del settore zootecnico, grazie anche al riconoscimento delle DOP Mozzarella di Bufala Campana, Ricotta di Bufala Campana e Caciocavallo Silano; dall'altra potrebbe mostrare una certa tendenza all'abbandono dei seminativi, non più redditizi come in passato.

Il comparto agricolo dell'area è stato favorito dalla presenza del Consorzio di Bonifica della Piana di Venafro.

Il territorio consortile ricade nella parte meridionale della provincia di Isernia, al limite del confine con Lazio e Campania. Interessa una superficie complessiva di 6.237 ettari, dei quali 4.279 sono attrezzati, mentre risultano effettivamente irrigati 3.277 ettari, parte dei quali localizzati al di fuori dei limiti comprensoriali. In questo consorzio, dunque, oltre i ¼ della

superficie attrezzata risulta effettivamente irrigata, per un valore che risulta essere quello più alto registrato in regione.

Da un punto di vista morfologico l'area del Consorzio rappresenta la più vasta area pianeggiante presente nell'alta valle in destra del fiume Volturno: più del 90% dei suoli è pianeggiante, mentre solo in prossimità dei rilievi montuosi occidentali si rilevano modeste pendenze.

Agronomicamente questi terreni sono da classificarsi come terreni di medio impasto o tendenzialmente argillosi e perciò dotati di una buona suscettività alla pratica agricola. Rispetto alla superficie comprensoriale si osserva una marcata rilevanza di superfici boschive (16%), mentre gli ordinamenti colturali maggiormente praticati sono quelli cerealicoli e orticoli (complessivamente il 47% della SAU). Le colture arboree presenti sul 20% della SAU sono in maggioranza rappresentate da olivo e in minor misura da vite. Persiste però la pratica di attuare la coltivazione consociata di vite ed olivo oppure la coltivazione di ortaggi all'interno di arboreti. Un aspetto distintivo di questo Consorzio rispetto alla situazione riscontrabile in altri comprensori consortili regionali è una maggiore spiccata vocazione alla zootecnia, che si traduce in un'alta incidenza dei prati e dei pascoli (oltre 900 ettari, pari al 33% della SAU) e in una utilizzazione della SAU che privilegia coltivazioni destinate all'alimentazione animale. Prevalgono, dunque, ancora i seminativi tra i quali però emerge specialmente il mais irrigato, a cui sono destinati poco meno di 2.000 ettari, mentre sono ridotte le superfici interessate alla coltivazione di piante industriali.

Nel territorio consortile il mais e le colture foraggere rivestono quindi un ruolo di primissimo piano ai fini dell'utilizzazione

dell'acqua, richiedendo rispettivamente quasi 9,6 milioni e 2,4 milioni di metri cubi a stagione, arrivando a richiedere ben il 92,9% del totale delle esigenze idriche dell'area. I frutteti irrigui, pur occupando in quest'area superfici degne di nota, incidono in maniera abbastanza marginale sul totale delle richieste di acqua, denotando fabbisogni specifici molto bassi, specie se confrontati con quelli relativi alla fascia litoranea della regione.

FOCUS SUL COMPARTO ZOOTECNICO

Come già accennato, all'interno del settore agricolo locale assume un ruolo molto importante il comparto zootecnico, non solo per le produzioni di eccellenza, ma anche per la consociazione tradizionale del pascolo ovino e caprino negli oliveti.

A titolo di esempio si riporta in figura 4 l'andamento storico della consistenza del numero di capi di bestiame allevati a Venafro. Si nota un aumento dei capi bovini e bufalini, probabilmente dovuto al riconoscimento delle DOP per i citati prodotti caseari. Il dato sui bovini è l'unico disponibile a livello comunale per il 1972. Appare strano il dato degli ovini e dei caprini, che nel 1982 erano relativamente poco diffusi sul territorio di Venafro, mentre nel 2010 si censivano quasi 3000 capi ovini dopo il picco degli anni '90 (3618 capi di ovini e 746 di caprini). Questo dato appare in controtendenza con quanto ci si potrebbe aspettare, cioè con una costante riduzione dei capi ovini. Analizzando i dati sugli ovini a livello regionale si nota comunque un leggero aumento nello stesso periodo (da 132.612 a 135.445), ma percentualmente molto meno rilevante.

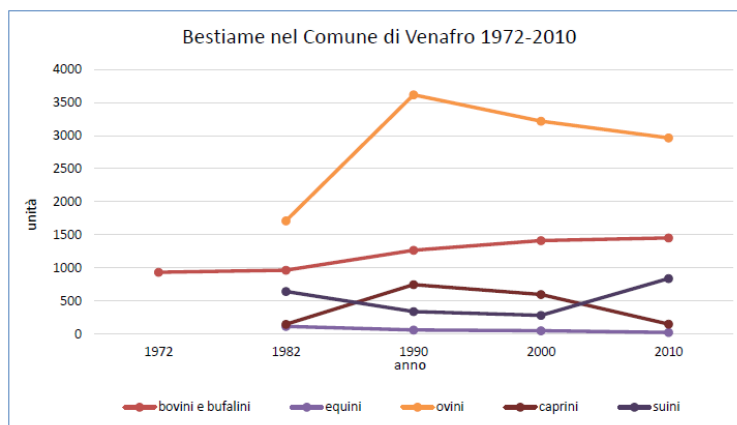


Figura 4. Andamento storico della consistenza del numero di capi di bestiame allevati a Venafro, dal 1972 al 2010.

Tuttavia, un'analisi più concreta e aggiornata è stata possibile grazie ai dati messi a disposizione dal Servizio Veterinario dell'ASREM. Questi mostrano 18 allevamenti ovicaprini nel comune di Montaquila e 147 capi allevati al 31/08/2022. Un numero di 25 allevamenti a Pozzilli e 497 capi, 28 allevamenti a Sesto Campano con 1348 capi allevati, 39 allevamenti ovicaprini a Venafro per un totale di 3554 capi, confermando sostanzialmente l'andamento del grafico precedente.

Per quanto riguarda gli allevamenti bovini nel territorio di Montaquila si conta la presenza di 10 allevamenti con 86 capi, Pozzilli 14 allevamenti con 274 capi, Sesto Campano 34 aziende con 1852 capi bovini, Venafro 42 allevamenti con 1507 capi bovini.

Per quanto riguarda gli allevamenti di suini, a parte uno in territorio di Montaquila con 77 capi, nel resto del comprensorio si registra la presenza di allevamenti di tipo domestico.

Nel territorio di Venafro sono inoltre presenti 6 allevamenti di polli da carne, 2 allevamenti per la produzione di uova nel territorio di Sesto Campano, 1 per Montaquila e Pozzilli.

In definitiva, il comparto agricolo dell'area negli ultimi quarant'anni si è mantenuto in buona salute, e non ha modificato le caratteristiche principali. Si può rilevare una diminuzione della cerealicoltura a favore dell'allevamento bovino e ovicaprino, e un certo abbandono probabile nelle zone più marginali. Per quanto riguarda il settore olivicolo, questo appare complessivamente stabile.

STIMA DELLE PRESSIONI DERIVANTI DAL COMPARTO AGRO-ZOOTECNICO

Al fine di determinare il "peso" dell'attività agricola e zootecnica sull'area in questione, è utile la determinazione dei fattori di carico dovuti appunto a queste attività.

A causa della eterogeneità dei dati a disposizione, per la loro stima ci si è basati su un approccio indiretto che ha tenuto conto dei fattori di carico disponibili in letteratura e su metodiche di analisi indirette già utilizzate per altri studi, e che hanno fornito indicazioni soddisfacenti anche per l'analisi dello stato delle pressioni diffuse generate dal comparto agricolo nella Regione Molise. Di seguito vengono descritte le metodologie applicate e la stima degli impatti derivanti dalle attività agro-zootecniche.

Allo scopo di effettuare una valutazione dei carichi di azoto medio annuo al campo, sono stati utilizzati i dati di consistenza zootecnica delle principali tipologie di allevamento presenti in Molise, ricavati dal censimento per l'agricoltura 2010, rilevati a livello comunale e aggregati per tipologia di specie allevata per comune. Prima di aggregare i dati, in accordo con le disposizioni di cui D.M. 25/02/2016, sono state calcolate le quantità di effluenti prodotte dalle diverse categorie di animali di interesse zootecnico e le corrispondenti quantità di azoto al campo annue, ossia al netto delle perdite in atmosfera per emissioni di ammoniaca rispetto all'azoto prodotto. Per quanto riguarda gli altri elementi che concorrono al carico potenziale di inquinanti (P, BOD5, COD) sono stati lasciati invariati i coefficienti del Quaderno 90, 1991 del CNR IRSA.

Fermo restando il carico di azoto da attività zootecnica, la stima del carico di azoto da attività agricola è stata effettuata, in un primo momento, mediante l'analisi dei dati di vendita di fertilizzanti ISTAT riferiti all'ultima annata agraria, indicizzati all'ettaro di SAU e moltiplicati per la SAU di ogni comune, poi sommati al carico di azoto comunale derivante da attività zootecniche. Tuttavia, a causa dell'incertezza dei dati vendita, rilevabili solo a livello provinciale, tale stima risulta molto approssimativa dal punto di vista statistico. Una indicazione più concreta circa i carichi di azoto derivanti dalle attività agricole la si può derivare dalla stima del fabbisogno delle colture, determinato a livello comunale, attribuendo a ciascuna coltura un fabbisogno di azoto ottimale ricavato dalle tabelle del CBPA

(D.M. 19/03/1999), sulla base dei dati rilevati da ISTAT nel VI Censimento dell'agricoltura e riguardanti le superfici occupate dalle diverse colture.

In pratica il calcolo del carico agricolo potenziale, valutato in termini di azoto e fosforo, è stato derivato dalla stima del fabbisogno delle colture, determinato a livello comunale, attribuendo a ciascuna coltura un fabbisogno di azoto ottimale ossia un "fattore di carico" tipico ricavato dalle tabelle del CBPA (D.M. 19/03/1999), sulla base dei dati rilevati da ISTAT nel VI Censimento dell'agricoltura e riguardanti le superfici occupate dalle diverse colture. È stata così determinata la quantità complessiva in termini di chilogrammi annui di azoto e fosforo, intesa come la quantità necessaria per la crescita delle maggiori colture investite. In particolare sono stati presi in considerazione i raggruppamenti principali ossia seminativi, legnose agrarie, prati permanenti e pascoli, in quanto nell'insieme rappresentano la quasi totalità del carico di azoto e fosforo di origine agricola. Inoltre è stato possibile definire un confronto con i quantitativi di azoto escreto dagli animali allevati nello stesso comune consentendo di verificare i reali fabbisogni o l'eventuale surplus. I dati mediati e uniformati a 3 raggruppamenti principali (seminativi, legnose agrarie, prati permanenti e pascoli) sono stati riportati nella tabella in allegato.

Nelle tabelle 2,3 e 4 vengono riassunti i dati per il territorio in questione confrontati con quelli regionali: in particolare, sono indicati per ogni comune, il numero di capi bestiame censiti, l'azoto e il fosforo prodotto determinato con la metodica illustrata in precedenza.

Appare tuttavia evidente, che ognuna delle fasi riportate nei paragrafi precedenti sia condizionata da assunzioni, limiti nell'acquisizione delle informazioni e semplificazioni necessarie per una gestione solida, ripetibile e trasparente dal punto di vista metodologico come imposto dall'applicazione di qualunque metodologia scientifica. In definitiva, la metodologia sviluppata per questo lavoro non è l'unica possibile, poiché ha richiesto di volta in volta di effettuare delle scelte tra possibili varianti di calcolo, gestione dati, ecc. ognuna di queste scelte è stata basata sulla conoscenza dello stato dell'arte della letteratura specialistica in materia ed in particolare dei riferimenti derivanti da ambienti comunitari o da essi in qualche modo supportati, o dalle più recenti esperienze svolte in contesti valutativi analoghi.

Inoltre, la metodologia applicata, con il popolamento di altri indicatori, in considerazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi dell'area in esame, ha portato nell'ambito del Piano Nitrati della Regione Molise, a considerare queste aree come Zone Vulnerabili alle quali pertanto sono applicate le misure restrittive previste dal Piano stesso.

Numero capi				
	Bovini e bufalini	Suini	Ovini e caprini	Avicoli
Regione Molise	48138	25182	94560	5939772
Provincia CB	30710	13938	54389	4293370
Provincia IS	17428	11244	40171	1646402
Venafro	1399	837	2410	255169
Sesto Campano	1299	504	1712	225
Pozzilli	424	18	179	26035
Montaquila	90	60	161	197

Tabella 2. Numero di capi bestiame censiti (comune, provincia, regione).

Azoto prodotto (Kg/anno)					
	N/Bovino/Kganno	N/Suino/Kganno	N/Ovino/Kganno	N/Avicoli/Kganno	NToTzootec Q/anno
Regione Molise	2488735	269447	374458	2851091	59837
Provincia CB	1587707	149137	215380	2060818	40130
Provincia IS	901028	120311	159077	790273	19707
Venafro	72328	8956	9544	122481	2133
Sesto Campano	67158	5393	6780	108	794
Pozzilli	21921	193	709	12497	353
Montaquila	4653	642	638	95	60

Tabella 3. Azoto prodotto (kg/anno) per tipo di produzione e area (comune, provincia, regione).

Fosforo prodotto (Kg/anno)					
	P/Bovino/Kganno	P/Suino/Kganno	P/Ovino/Kganno	P/Avicoli/Kganno	PTOT Q/anno
Regione Molise	392806	49105	168317	1187954	17982
Provincia CB	250594	27179	96812	858674	12333
Provincia IS	142212	21926	71504	329280	5649
Venafro	11416	1632	4290	51034	684
Sesto Campano	10600	983	3047	45	147
Pozzilli	3460	35	319	5207	90
Montaquila	734	117	287	39	12

Tabella 4. Fosforo prodotto (kg/anno) per tipo di produzione e area (comune, provincia, regione).

STIMA DEI FLUSSI EMISSIVI DELLA PIANA DI VENAFRO

Per avere una dimensione delle stime emissive del territorio in esame e delle sorgenti principali sono stati utilizzati le fonti informative disponibili. In particolare, per il 2019 sono state stimate da ISPRA le emissioni delle sostanze che possono concorrere principalmente alla qualità dell'aria del territorio e quindi ossidi di azoto (NO_x), particolato minore di 10 micrometri (PM₁₀), ammoniaca (NH₃) e monossido di carbonio (CO). In considerazione delle variazioni intervenute nel tempo a titolo informativo sono state stimate anche le emissioni per il 2010 e 2015.

Sono state considerate tutte le fonti emissive presenti nell'inventario con particolare attenzione alle sorgenti puntuali e lineari, ossia il cementificio Colacem situato in località Sesto Campano, il termovalorizzatore HERAmbiente di Pozzilli e le strade che attraversano il territorio e collegano il Molise all'autostrada Roma-Napoli.

Per quanto riguarda le sorgenti puntuali sono state utilizzate le informazioni disponibili nel registro EPRTTR e quelle raccolte

nell'ambito del MUD dei rifiuti database entrambi disponibili presso l'ISPRA.

Per quanto riguarda i trasporti le stime sono state effettuate in considerazione del flusso medio annuo dei veicoli leggeri e pesanti sulla statale 6 Dir come rilevati e riportati dall'ANAS per gli anni 2018 e 2019 e disponibili sul sito (<https://www.stradeanas.it/it/le-strade/osservatorio-del-traffico/dati-traffico-medio-giornaliero-annuale>) e considerando i FE medi totali degli stessi e la lunghezza complessiva del tratto stradale nella piana pari a circa 21km e considerando entrambi i sensi di marcia.

Per quanto riguarda il riscaldamento, in mancanza di dati sui consumi specifici di combustibili sul territorio, ed in particolare della biomassa, si sono utilizzati i fattori di emissione medi nazionali per abitante ricavati dall'inventario nazionale delle emissioni e moltiplicati per la popolazione dei comuni della Piana come disponibili dal censimento della popolazione ISTAT del 2011.

Per le altre fonti emissive si è preso come riferimento quanto stimato nel 2015 nell'ambito della disaggregazione delle

emissioni sul grigliato EMEP così come comunicate agli organismi internazionali (UNECE) nell'ambito della Convenzione sull'inquinamento transfrontaliero e corrispondenti al territorio della piana e disponibili sul sito web <https://cdr.eionet.europa.eu/it/un/clrtap/gridded/envwo6gqz/>.

Pur in considerazione delle incertezze presenti in tali stime, il quadro emissivo risulta abbastanza delineato.

Per tutto il periodo considerato (2010-2019) più di 3/4 del totale delle emissioni di NO_x è attribuibile al cementificio mentre il resto viene prevalentemente dal trasporto su strada.

Per quanto riguarda invece il termovalorizzatore, nel 2019 i dati di emissione non risultano disponibili. Le sue emissioni negli anni precedenti erano pari a circa il 10%-15% del totale di NO_x.

Per le emissioni primarie di PM₁₀ il cementificio risulta responsabile del 65% del totale seguito dal riscaldamento (15%), dagli incendi forestali (8%), dal trasporto (5%) e dalle altre fonti emissive.

Per quanto riguarda l'ammoniaca il settore che contribuisce maggiormente risulta l'agricoltura (70%) seguito dal cementificio (26%), mentre per il CO le principali fonti emissive sono il cementificio (34%), il riscaldamento (31%) e gli incendi forestali (28%).

In confronto alle emissioni degli anni passati (2010 e 2015) le emissioni di NO_x si sono dimezzate, in particolare per la riduzione delle emissioni del cementificio, mentre quelle delle altre sostanze sono rimaste sostanzialmente stabili. Infatti il cementificio che nel 2010 ha riportato emissioni di NO_x pari a circa 1400 t annue rispetto a un totale sul territorio stimato pari a 1750 t, nel 2019 ha emesso 672 t rispetto alle 869 t di NO_x totali. Tale ingente riduzione delle quantità emesse non trova corrispondente riscontro nelle serie storiche dei valori medi di qualità dell'aria del particolato.

ANALISI STORICA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PIANA DI VENAFARO

La valutazione della qualità dell'aria è organizzata in base alla zonizzazione del territorio ed alla classificazione delle Zone [16]. Le modalità da seguire per giungere alla valutazione della qualità dell'aria in ciascuna Zona vengono descritte nel Programma di Valutazione [17] e possono comprendere l'utilizzo di stazioni di misurazione per le misure in siti fissi, per le misure indicative nonché le tecniche di modellizzazione e di stima obiettiva.

L'insieme delle stazioni di misurazione indicate nel Programma di Valutazione, approvato con D.G.R. n° 451 del 07 ottobre 2016, con la quale è stato stabilito l'adeguamento della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria ai sensi del D. Lgs. 155/2010, costituisce la "rete regionale".

Lo stato della qualità dell'aria su tutto il territorio molisano viene anche valutato integrando i dati ottenuti dalle stazioni di monitoraggio con le simulazioni del sistema modellistico regionale per la qualità dell'aria [9].

Questo viene anche utilizzato, in una configurazione analoga, per ottenere previsioni dell'inquinamento atmosferico su base giornaliera.

Le simulazioni a scala regionale vengono effettuate in riferimento ad un grigliato di calcolo a risoluzione di 1 km² che copre l'intero territorio della regione e porzione di quelle adiacenti, innestato all'interno di un grigliato di "background" a risoluzione di 5 km con funzione di raccordo con le simulazioni a scale maggiori, che contiene parti di Abruzzo, Lazio, Campania e Puglia.

L'area oggetto di studio ricade nella zona denominata IT403 ("Piana di Bojano - Piana di Venafro") secondo la zonizzazione prevista dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria ambiente.

La zona denominata "Pianura (Piana di Bojano - Piana di Venafro)" comprende i seguenti comuni: Bojano, Campobasso, Campochiaro, Cercemaggiore, Cercepisciolina, Colle d'Anchise, Guardiaregia, San Giuliano del Sannio, San Massimo, San Polo Matese, Sepino, Spinete, Vinchiatturo, Cantalupo nel Sannio, Colli a Volturno, Fornelli, Isernia, Macchia d'Isernia, Macchiagodena, Montaquila, Monteroduni, Pozzilli, Roccamandolfi, Santa Maria del Molise, Sesto Campano, Venafro.

Come riportato nei documenti di Zonizzazione e nel programma di valutazione redatti dalla Regione Molise, la zona è classificata come "SVS" (ovvero in superamento della soglia di valutazione superiore) per gli inquinanti PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂.

Per gli inquinanti CO, SO₂, C₆H₆ è invece classificata come "inferiore alla soglia di valutazione inferiore".

Il grado di urbanizzazione (secondo i criteri ISTAT) è "medio" (densità abitativa per il comune di Venafro compresa tra 100 e 500 ab/km²).

In termini di emissività totale l'area è considerata nella fascia "medio-alta".

In particolare, il comune di Sesto Campano risulta dal documento di zonizzazione come quello dove si registra il più alto valore regionale delle emissioni di SO₂, cadmio, arsenico e nichel, mentre quello di Pozzilli ha il valore più alto regionale delle emissioni di piombo.

Sesto Campano è tra i comuni a tasso emissivo "alto" della regione anche per le emissioni di PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x e CO.

Per quanto riguarda gli Idrocarburi policiclici aromatici Venafro presenta un tasso emissivo "medio" (tra 6,7 e 16,5 Mg/a).

Ogni anno ARPA MOLISE pubblica il report annuale sulla qualità dell'aria che descrive lo stato e il trend della qualità dell'aria nella regione redatto in ottemperanza alla L. R. n. 16 del 22 luglio 2011 [18].

Dal report 2021 sulla qualità dell'aria in Molise [9] emerge il sostanziale rispetto su tutto il territorio regionale dei valori limite di legge, fatta eccezione per la zona IT403 ("Piana di Bojano - Piana di Venafro") dove è stato superato il valore limite giornaliero per il PM₁₀.

Si ricorda che la normativa vigente stabilisce per la concentrazione della frazione PM₁₀ del particolato atmosferico un valore limite della media giornaliera pari a 50 µg/m³ da non superare per più di 35 volte nell'anno. Inoltre, il valore medio annuale non deve superare il valore di 40 µg/m³.

I superamenti hanno interessato la sola stazione di Venafro (denominata Venafro 2).

Il monitoraggio della concentrazione di massa del PM₁₀ è attivo da molti anni nel territorio della zona "Piana di Bojano - Piana di Venafro". In particolare, due punti di misura sono situati a Venafro, come riportato nella tabella 5.

Negli anni dal 2007 al 2015 è sempre stato superato il valore limite di legge giornaliero in almeno una delle due stazioni di Venafro. Negli ultimi tre anni (2019-2020-2021) il valore limite è stato superato sempre nella stazione di Venafro2 [7-9].

NOME_STAZ	UTM-X	UTM-Y	TIPO	PIANO DI VALUTAZIONE	PUNTI DI MISURA
VENAFRO1	14,047222	41,484167	Urbana Traffico	no	NO _x , BTX, SO ₂ , CO, PM ₁₀
VENAFRO2	14,046892	41,479253	Urbana Traffico	si	NO _x , BTX, PM ₁₀ , PM _{2.5} , Pb, As, Cd, Ni, B(a)P
ISERNIA1	14,234722	41,597222	Urbana Traffico	no	NO _x , BTX, SO ₂ , CO, PM ₁₀
ISERNIA2	14,235000	41,606667	Urbana Fondo	si	PM ₁₀ , PM _{2.5} (non attiva)
CAMPOBASSO1	14,663333	41,557778	Urbana Traffico	no	NO _x , BTX, SO ₂ , CO, PM ₁₀
CAMPOBASSO3	14,674722	41,554167	Urbana Fondo	si	NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , Pb, As, Cd, Ni, C ₆ H ₆ , B(a)P
CAMPOBASSO4	14,672778	41,566944	Urbana Fondo	no	NO _x , CO, O ₃

Tabella 5. Stazioni di monitoraggio nella zona IT403 ("Piana di Bojano - Piana di Venafro")

Nelle figure 5 e 6 è riportata l'analisi statistica dei trend di lungo termine delle concentrazioni di PM₁₀ rilevate rispettivamente nelle stazioni di Venafro 1 e Venafro2.

L'analisi statistica del trend è stata condotta con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità. Implementare un metodo di destagionalizzazione permette di minimizzare l'effetto delle oscillazioni interannuali dovute alle differenze riscontrabili nei vari anni rispetto al ciclo stagionale medio, di evidenziare l'esistenza di una tendenza di fondo, di quantificare la sua

significatività statistica e di stimare la variazione di concentrazione annuale media nel periodo di osservazione. Dall'analisi emerge che non è possibile individuare un trend statisticamente significativo; la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale. Non è stato dunque possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%).

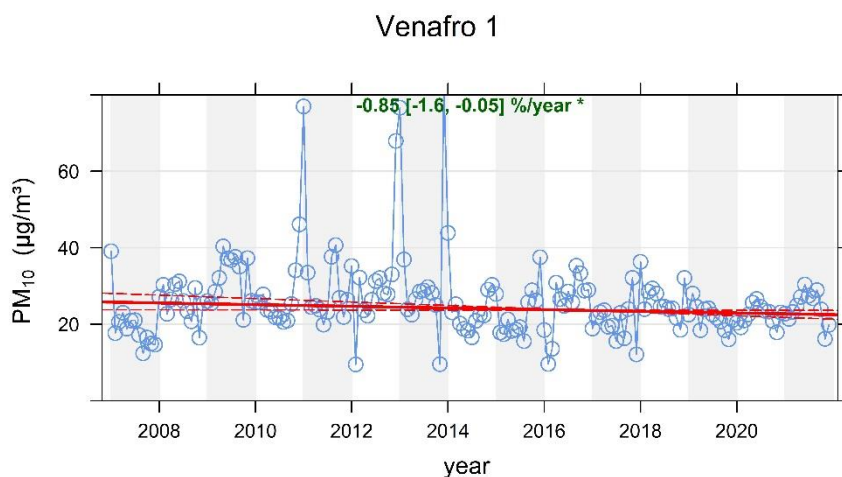


Figura 5 - Stazione di Venafro1; analisi statistica dei trend con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità (2007 – 2021)

Venafro 2

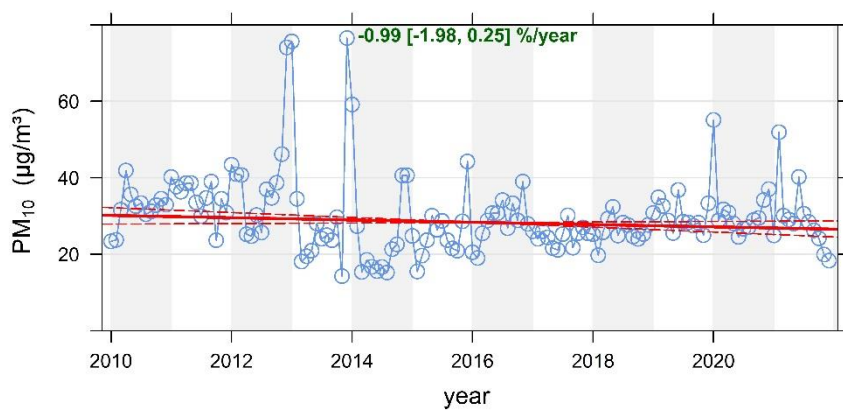


Figura 6 - Stazione di Venafro2; analisi statistica dei trend con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità (2010 – 2021)

Nelle figure 7 e 8 sono riportate le distribuzioni delle medie giornaliere di PM₁₀ per mese, osservate nel periodo 2010 – 2021 nelle stazioni di Venafro 1 e Venafro 2

Da queste figure emerge il peculiare andamento stagionale dei livelli di PM₁₀. Durante i mesi di gennaio e dicembre si registrano superamenti della soglia di 50 µg/m³ in circa il 50% dei giorni; nei mesi di febbraio e novembre il superamento si registra in circa il 25% dei giorni.

Gli andamenti stagionali sono coerenti con quanto riportato nel paragrafo relativo all'inquadramento climatico: nei mesi invernali

si registrano frequenti e prolungate situazioni di stagnazione atmosferica, caratterizzate da inversione termica a bassa quota, scarsa ventilazione o calma di vento, assenza di precipitazioni e alta pressione livellata. In queste condizioni sono favoriti l'accumulo degli inquinanti atmosferici e i processi di formazione di nuove particelle a partire da precursori gassosi quali ossidi di azoto, ammoniaca, composti organici volatili, che determinano l'innalzamento dei livelli di PM aumentando la probabilità di superamento della soglia di 50 µg/m³ per la media giornaliera.

PM₁₀ distribuzione per mese 2010 - 2021

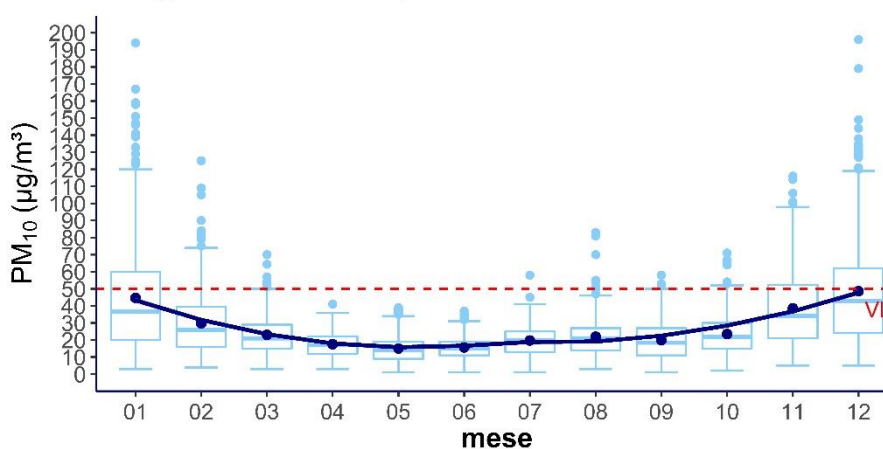


Figura 7. Venafro 1. Box plot delle distribuzioni delle medie giornaliere di PM₁₀ per mese. Periodo 2010 – 2021.

PM₁₀ distribuzione per mese 2010 - 2021

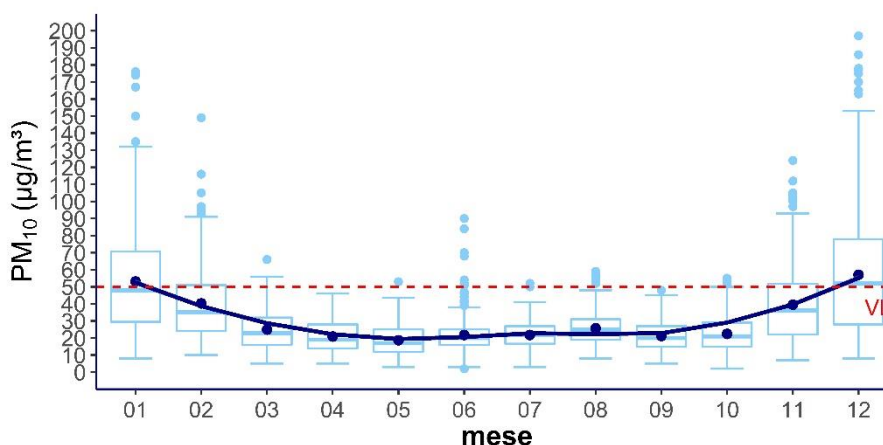


Figura 8 Venafro 2. Box plot delle distribuzioni delle medie giornaliere di PM₁₀ per mese. Periodo 2010 – 2021.

FASE 1: CARATTERIZZAZIONE DELLA COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO A VENAFRO

Al fine di valutare la “chiusura della massa” intesa come la completa caratterizzazione quantitativa delle macrocomponenti del PM, dalla letteratura scientifica sono disponibili protocolli ormai largamente condivisi ed utilizzati anche in studi di caratterizzazione multi-sito sul territorio nazionale [19]. In estrema sintesi determinando 6 macro componenti (contenuto totale in alluminio, silicio, ferro, magnesio, calcio, potassio), otto ioni (nitrati, solfati, cloruri, sodio, ammonio, potassio, calcio e magnesio), il carbonio organico e il carbonio elementare è possibile rappresentare adeguatamente la composizione del particolato utilizzando le concentrazioni di massa delle componenti citate. Il fine è ottenere mediante opportuni calcoli, il peso relativo delle componenti principali e ubiquitarie, vale a dire: materiale organico, carbonio elementare, ammonio, nitrati, solfati, suolo, aerosol di origine marina.

Per valutare il contributo della legna è necessario aggiungere analisi specifiche per la determinazione quantitativa di sostanze traccianti della combustione di biomassa legnosa (zuccheri anidri, e.g. levoglucosano). A partire dalle concentrazioni di levoglucosano, è possibile risalire a una stima del contributo della legna alla concentrazione di massa del PM osservata e al suo contributo alla frazione di carbonio organico (certamente affetta da incertezza legata alla elevata variabilità del fattore usato per calcolare il contributo, in relazione ai fattori che governano le emissioni di levoglucosano ovvero tipo di legna, tipo di apparecchio, condizioni di combustione...). Le stime sono in genere ottenute a partire dal rapporto levoglucosano/PM (0,013) desumibile dalla letteratura scientifica [20]. È stato dimostrato che gli andamenti di rubidio e cesio (nella frazione solubile) e dello ione potassio, traccianti della combustione di biomassa [21], riproducono molto bene l'andamento del levoglucosano [22]. L'analisi rivolta alla determinazione delle macrocomponenti e del loro contributo relativo alla concentrazione di massa del PM deve essere integrata con la ricerca di elementi e composti presenti in concentrazioni molto più basse (micro-componenti, componenti in tracce e ultratracce) i quali, pur non contribuendo in modo significativo alla massa totale del particolato possono avere:

- rilevanza per evidenze tossicologiche in relazione all'esposizione diretta per via inalatoria;
- rilevanza per la loro potenzialità, a seguito di deposizione al suolo di andare incontro a processi di biomagnificazione nella catena trofica;
- rilevanza in quanto traccianti di sorgenti specifiche.

le classi di interesse possono essere raggruppate nelle seguenti:

- elementi (contenuto totale in massa e contenuto nella frazione solubile): As, Ba, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, La, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Ti, Tl, U, V

- Hg, anche se la quota parte prevalente di mercurio aerodisperso è in forma volatile;
- Idrocarburi policiclici aromatici
- Policloro di benzo diossine, policloro di benzo furani, policloro bifenili.

METODI

ARPA Molise ha messo a disposizione due set di campioni:

il primo era costituito da 28 campioni, di PM₁₀ prelevati su filtri in fibra di quarzo (Whatman® QM-A quartz filters), dal 21/12/2020 al 17/01/2021 presso la stazione di monitoraggio “Venafro2” con strumento basato sull'attenuazione dei raggi beta per la determinazione della concentrazione di massa del PM₁₀ (FAI SWAM 5a Dual Channel Monitor, testa di prelievo FAI modello LVS-PM₁₀). Al termine della misura sono stati raccolti nel contenitore portafiltri dello strumento e, trasportati in laboratorio, sono stati posizionati in portafiltri e conservati in stanza climatizzata a temperatura di circa 20 °C.

Su tali campioni ISPRA ha effettuato una analisi di screening non distruttiva dei filtri campionati tramite spettrometria a fluorescenza di raggi X in dispersione di energia (ED-XRF) per la determinazione di alcuni macro-componenti alluminio, ferro, magnesio, calcio, potassio ed alcuni micro componenti/elementi in tracce (Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Pb, V, Sb, Ba, Ti, Co, S). Tra i macrocomponenti non è stato possibile determinare il silicio in quanto i filtri erano in fibra di quarzo.

Successivamente i campioni sono stati suddivisi in quattro porzioni e sono state condotte da ISPRA analisi in doppio di anioni e cationi di interesse come macro componenti: ammonio, nitrati, solfati, cloruri, calcio, magnesio, sodio, potassio in accordo alla UNI EN 16913:2017 (frazione solubile in acqua deionizzata [23]).

Il secondo set di campioni messi a disposizione da ARPA MOLISE era costituito da 14 filtri prelevati dal 15 al 28 febbraio 2021 presso la stessa stazione Venafro 2.

I campioni sono stati spediti direttamente al laboratorio di ARP AE Emilia-Romagna di Ravenna da ARPA Molise. Il laboratorio ARP AE, su tali filtri campionati sulle 24 ore, ha effettuato le seguenti determinazioni analitiche:

1. Specie del carbonio: Carbonio organico ed elementare, carbonio totale;
2. Anidrozuccheri: levoglucosano, mannosano, galattosano.
2. Anioni e cationi: ammonio, cloruri, bromuri, nitrati, solfati, fosfati, sodio, potassio, calcio.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Sono riportati nella Tabella 6 i valori obiettivo stabiliti dalla Direttiva 2004/107/CE per arsenico, cadmio e nichel e il valore limite stabilito dalla Direttiva 2008/50/CE per il piombo (tutti recepiti nel D.Lgs 155/2010). Questi sono riferiti al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

Tabella 6 Valori obiettivo (arsenico, cadmio, nichel) e valore limite (piombo) ai sensi del D.Lgs.155/2010

	Valore limite	Valori obiettivo	Da raggiungere
Arsenico	-	6,0 ng/m ³	Entro il 31/12/2012
Cadmio	-	5,0 ng/m ³	
Nichel	-	20 ng/m ³	
Piombo	0,5 µg/m ³	-	01/01/2005 ¹

¹Tale valore limite poteva essere raggiunto più tardi (entro il 1° gennaio 2010) in caso di aree poste nelle immediate vicinanze delle fonti industriali localizzate presso siti contaminati da decenni di attività industriali. In tali casi il valore limite che doveva essere rispettato fino al 1° gennaio 2010 era pari a 1,0 µg/m³.

Nella tabella 7 sono riportati i valori medi delle concentrazioni di 14 elementi determinati come contenuto totale nel PM₁₀ espressi in ng/m³.

I livelli medi di arsenico, cadmio, nichel e piombo sono monitorati da ARPA Molise presso la stazione di Venafro.

Dai report annuali risulta che negli anni dal 2014 ad oggi i livelli medi annuali di tali sostanze rilevate nella frazione PM₁₀ sono risultati ampiamente al di sotto dei rispettivi valori obiettivo e del valore limite del piombo [2-9].

Tra gli elementi determinati si ricorda che il nichel (Ni), il cadmio (Cd), l'arsenico (As) e il cromo ed alcuni suoi composti sono classificati come cancerogeni accertati per l'uomo (IARC gruppo 1). [24-25]

I dati riportati nella tabella 7 confermano le osservazioni storiche rispetto a questi elementi.

Dal confronto con i livelli registrati in altri siti in Italia desunti dalla letteratura scientifica durante il periodo invernale emerge in particolare il fatto che i livelli di potassio registrati a Venafro sono particolarmente elevati e in linea con i livelli registrati in siti dove la combustione della biomassa legnosa e dei suoi derivati per il riscaldamento domestico è particolarmente rilevante.

	n	Venafro 2 (ng/m ³)	Range periodo invernale 9 siti in Italia (ng/m ³) [19]
Mn	28	3.9 (1.1 - 12)	1.6 – 48.1
Cr	28	0.97 (0.075 - 3.5)	n.d.
Fe	28	230 (47 - 720)	48 - 614
Ni	14	0.52 (0.028 - 1.6)	0.6 – 5.6
Cu	28	6.4 (0.26 - 31)	1.1 – 21.8
Zn	28	18 (4.1 - 51)	n.d.
As	27	0.38 (0.057 - 1.5)	0.19 – 1.2
Pb	27	2.2 (0.35 - 8.5)	0.8 – 13.0
V	28	1.1 (0.21 - 6)	0.7 – 4.3
Ti	28	11 (1.7 - 38)	0.04 – 7.9
K	28	620 (120 - 2000)	150 - 1130
Ca	28	1100 (91 - 4500)	350 - 4400
Co	28	0.063 (0.012 - 0.19)	0.12 – 0.22
S	28	300 (97 - 700)	

Tabella 7. Determinazione del contenuto totale in massa di alcuni elementi nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, raccolto presso la stazione di Venafro 2 dal 21/12/2020 al 17/01/2021. Sono riportati il numero di campioni validi (n) la media e, tra parentesi il valore minimo e massimo.

Nella tabella 8 - nella quale sono evidenziati anche i dati delle concentrazioni in massa di PM₁₀ fornite da ARPA Molise - vengono mostrati i valori risultanti delle specie determinate sul

secondo set di campioni. In questo caso sono stati determinati il carbonio totale (TC) e la concentrazione di alcuni zuccheri anidri: levoglucosano (LG), mannosano e galattosano.

I valori sono espressi in concentrazione in massa di analita per metro cubo d'aria. In tabella sono inoltre mostrati - ai fini di effettuare un confronto - i dati osservati degli stessi analiti - valori minimi, medi e massimi - nelle stesse giornate, sul PM₁₀

campionato a Bologna in via Gobetti nell'ambito del progetto Prepair [26].

	Venafro2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bologna via Gobetti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
TC	23 (5.5 - 33)	8.8 (5.81 - 12.1)
LG	2.5 (0.41 - 4)	0.33 (<0.05 - 0.72)
Mannosano	0.062 (0.04 - 0.09)	n.d.
Galattosano	0.049 (0.005 - 0.06)	n.d.
PM ₁₀	79 (28 - 149)	54 (19 - 81)

Tabella 8. Determinazione del contenuto totale in massa della frazione carboniosa e di alcuni zuccheri anidri (levoglucosano, mannosano, galattosano), nel particolato PM₁₀ raccolto presso la stazione di Venafro 2 dal 15/02/2021 al 28/02/2021. Sono riportati la media e, tra parentesi, il valore minimo e massimo. A titolo di confronto sono riportati i livelli degli stessi analiti determinati negli stessi giorni in un sito di monitoraggio di Bologna nell'ambito del progetto PREPAIR [26].

Dai dati risultanti e dal loro confronto con la situazione osservata a Bologna, nonché dalle conoscenze derivanti dalla letteratura scientifica, si possono effettuare le seguenti valutazioni:

- emergono valori particolarmente elevati di C totale, al punto che in un solo giorno è stato possibile suddividere il dato in carbonio organico ed elementare, mentre negli altri il filtro risultava troppo concentrato per poter discriminare le due specie. Tale situazione è caratteristica di una grande emissione di specie carboniose, quali le combustioni di legna e/o di combustibili fossili; è impossibile tuttavia affermare con precisione quanta materia

organica ci sia nell'aerosol atmosferico a causa della non suddivisibilità delle due specie carboniose;

- la presenza di valori importanti di levoglucosano è compatibile con un'origine legata a combustioni di biomasse legnosa e/o suoi derivati, comunque contenenti cellulosa;

- quanto emerso sembra compatibile con una importante emissione di composti organici derivanti dalla combustione di biomassa legnosa e/o suoi derivati.

	Venafro2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bologna via Gobetti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Cl ⁻	0.41 (0.19 - 0.93)	0.71 (0.10 - 1.4)
NO ₃ ⁻	4.4 (0.87 - 12)	12 (2.1 - 32)
SO ₄ ⁻	1.5 (0.65 - 3.2)	1.8 (<0.06 - 2.9)
Na ⁺	0.49 (0.3 - 1.4)	0.68 (0.38 - 1.3)
NH ₄ ⁺	0.86 (0.055 - 3.3)	4.0 (0.56 - 9.8)
K ⁺	2.3 (0.48 - 3.5)	0.17 (<0.08 - 0.56)
Ca ²⁺	2.2 (1.1 - 3.3)	1.5 (0.74 - 3.2)
PM ₁₀	79 (28 - 149)	54 (19 - 81)

Tabella 9. Determinazione del contenuto totale in massa di alcuni ioni, nella frazione solubile del particolato PM₁₀ raccolto presso la stazione di Venafro 2 dal 15/02/2021 al 28/02/2021. Sono riportati la media e, tra parentesi, il valore minimo e massimo. A titolo di confronto sono riportati i livelli degli stessi analiti determinati negli stessi giorni in un sito di monitoraggio di Bologna nell'ambito del progetto PREPAIR [26]. I livelli degli ioni magnesio, bromuro e fosfato sono risultati sistematicamente inferiori al limite di rilevanza del metodo.

In tabella 9 sono riportati i risultati relativi alle analisi di anioni e cationi (ammonio, cloruri, bromuri, nitrati, solfati, fosfati, sodio, potassio, magnesio e calcio) effettuate su 14 filtri prelevati dal 15 al 28 febbraio 2021 presso la stessa stazione Venafro 2.

La presenza con valori rilevanti di ioni potassio, a conferma di quanto rilevato dalle analisi in XRF, sembra essere compatibile con un'origine legata a combustioni di biomasse legnose e/o suoi derivati;

Si verifica una scarsa presenza di alcuni ioni che normalmente compongono il SIA, cioè l'aerosol di origine secondaria inorganico: in particolare i valori di ammonio sono relativamente bassi; tale condizione fa pensare che il contributo di ammoniaca in fase gas possa essere piuttosto basso: una situazione questa compatibile con uno scarso contributo di origine agricola/zootecnica.

CAMPAGNE DI MONITORAGGIO AD HOC: METODI

Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di caratterizzazione dei filtri prelevati a Venafro, sono state pianificate e realizzate due campagne di monitoraggio ad hoc finalizzate a supportare l'ipotesi emergente.

Come riportato nel capitolo precedente, dalle analisi sui filtri prelevati a Venafro, presso la stazione di monitoraggio di Via Campania (Venafro 2) emerge che l'aerosol PM₁₀ invernale possa essere costituito in larga prevalenza da particelle carboniose, derivanti probabilmente in prevalenza da combustione di biomasse legnose e/o suoi derivati.

Il principale limite delle analisi effettuate era rappresentato dal fatto che, a causa dei livelli particolarmente elevati di C totale riscontrati, non è stato possibile suddividere il dato in carbonio organico (OC) ed elementare (EC), rendendo impossibile discutere sull'eventuale importanza derivante anche dalla combustione da traffico veicolare.

È stato quindi necessario pianificare e realizzare campionamenti ad hoc in modo da poter distinguere EC da OC ed effettuare, in contemporanea, analisi della componente ionica, dei vari elementi e del levoglucosano al fine di ottenere informazioni anche sui contributi del traffico veicolare non derivanti da processi di combustione (*non exhaust*) e di altre eventuali sorgenti.

Inoltre, le campagne sono state estese ad altri punti di misura nella Piana di Venafro, per indagare eventuali differenze nelle distribuzioni spaziali degli analiti e dei composti caratterizzanti il PM osservato.

SITI DI CAMPIONAMENTO

Il GdL ha individuato tre siti di campionamento così denominati: Venafro1, Pozzilli e Sesto Campano con diverse caratteristiche in relazione ai principali possibili determinanti. La scelta dei punti di misura ha tenuto conto delle elaborazioni dei dati meteo acquisiti della rete Agrometeorologica Regionale (ARSAP), dalla stazione Colacem e da quella HERAmbiente.

Nel sito di Venafro1 è stato avviato il campionamento presso il cortile dell'Istituto Comprensivo Statale "Leopoldo Pilla" adiacente alla stazione fissa (denominata Venafro1). Il sito è a ridosso del tratto urbano della SS85 Venafrana (Via Colonia Giulia), soggetta al passaggio sia del traffico locale sia dei mezzi leggeri e pesanti che dall'autostrada A1 raggiungono Isernia e Campobasso. Dal 2017, con l'ordinanza prefettizia n. 7623 del 28 febbraio 2017, si è determinata una sostanziale modifica dei flussi di traffico dei "mezzi pesanti", che non percorrono più via Colonia Giulia oltre l'incrocio con corso Campano - via

Campania, con conseguente aumento dei flussi di traffico di mezzi pesanti su via Campania (tratto urbano della SS 85 perpendicolare a via Colonia Giulia), ove è collocata la stazione "Venafro 2". Il sito comunque risente ancora del traffico locale, ed è considerato rappresentativo dei livelli di concentrazione in area urbana dove maggiore è il numero di cittadini esposti.

Nel sito di Pozzilli il campionamento è stato effettuato presso il parcheggio del "Consorzio per lo sviluppo industriale Isernia Venafro". Il punto di misura è collocato a ridosso della SS85 (circa 30 m), in un contesto agricolo/industriale: dista circa 2km SW dal termovalorizzatore HERA AMBIENTE e circa 2,5 km SE dal centro del comune di Pozzilli. Il perimetro dell'agglomerato industriale di Pozzilli è di circa 3,5 km², di cui oltre 2 km² sono destinati ad aree per attività produttive nel settore dell'industria e dei servizi. L'intorno dell'agglomerato è in larga prevalenza adibito a colture agricole e allevamento. Il sito si trova sottovento rispetto all'inceneritore ed ai venti dominanti provenienti da E-SE monitorati presso l'inceneritore.

Il campionamento nel sito di Sesto Campano è stato effettuato presso il parcheggio adiacente al Comune di Sesto Campano. In questo caso il sito può essere considerato come un sito di fondo urbano (il livello di inquinamento non è influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti - industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc. - ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravvento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito). Il sito infatti è distante circa 250 m dalla sorgente rilevante di traffico più vicina (SS.85 Veientana) e dista circa 3 km dal più vicino stabilimento industriale, il cementificio COLACEM. Esso si trova sottovento rispetto all'impianto ed ai venti dominanti presso l'impianto provenienti da N.

In Figura 9 si riporta l'area interessata al monitoraggio, con la localizzazione dei tre siti di campionamento.

La scelta dei siti di campionamento è stata dettata anche da motivazioni logistiche. Oltre a voler rappresentare diverse situazioni rispetto alle sorgenti prevalenti, che potrebbero avere rilevanza sulla variabilità spaziale dei livelli osservati, la scelta è stata guidata anche dalle necessità logistiche imprescindibili, ovvero la disponibilità di un luogo chiuso, protetto e dotato di corrente elettrica per l'installazione dei laboratori mobili e dei campionatori "stand-alone".

La scelta dei siti, le modalità del monitoraggio e i parametri monitorati sono stati concordati nel GdL.

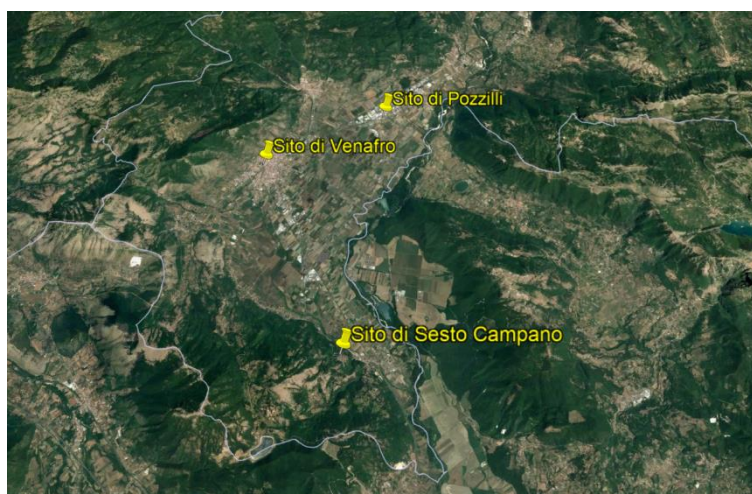


Figura 9: localizzazione dei tre siti di campionamento.

Sito	Coordinate geografiche	Quota slm
Pozzilli (lab. mobile ISPRA)	14.093322E; 41.500086N	200 m
Venafro 1 (presso st monitoraggio ARPA MOLISE)	14.047222E; 41.484167N	180 m
Sesto Campano (lab. mobile ARPA MOLISE)	14.077041E; 41.421173N	282 m



Figura 10: Laboratorio mobile ISPRA sul sito di campionamento di Pozzilli.



Figura 11: Laboratorio mobile ARPA MOLISE sul sito di campionamento di Sesto Campano

CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

Sono state realizzate due campagne di monitoraggio.

La prima campagna, estiva, è stata svolta dal 25 giugno al 26 luglio 2021, mentre la seconda, invernale, dal 19 gennaio al 1° marzo 2022.

Pur avendo le due campagne necessariamente una durata limitata esse possono essere considerate rappresentative dei due periodi estivi ed invernali, profondamente diversi in termini di condizione meteorologiche che possono o meno favorire gli episodi acuti di inquinamento. Nel periodo invernale alle sorgenti emissive attive continuamente nel corso dell'anno (traffico veicolare, emissioni industriali, attività agricole e zootecniche) si aggiungono le emissioni dovute al riscaldamento degli edifici.

MEZZI MOBILI E CAMPIONATORI UTILIZZATI

Il Laboratorio Nazionale di Riferimento per la Qualità dell'Aria di ISPRA ha effettuato il monitoraggio presso il sito di Pozzilli. Sono stati utilizzati i campionatori Charlie-Sentinel TECORA per la misurazione del particolato aerodisperso installati nel Laboratorio Mobile ISPRA, di seguito indicati con i codici STR001 e STR002 dotati entrambi di testa di campionamento per il PM₁₀.

Si è scelto di misurare solo il PM₁₀ in modo da avere due serie di campioni da destinare successivamente a differenti analisi di caratterizzazione chimica del particolato per valutare le eventuali sorgenti emissive.

Il campionamento effettuato con STR001 è conforme al metodo di riferimento UNI EN12341:2014.

Per lo STR002 sono stati chiusi 4 degli 8 ugelli presenti nella testa di campionamento PM₁₀, ed è stato dimezzato il flusso di campionamento da 2,3 m³/h a 1,15 m³/h.

Tale operazione è stata effettuata per raccogliere quantità inferiori di particolato atmosferico sul filtro in modo da avere minori interferenze chimico/fisiche durante le successive analisi di carbonio elementare/carbonio organico (EC/OC) e levoglucosano, garantendo al contempo lo stesso taglio granulometrico.

ARPA MOLISE ha utilizzato un laboratorio mobile presso il sito di Sesto Campano equipaggiato anch'esso con 2 campionatori gravimetrici per la misurazione del particolato atmosferico. È stato utilizzato un campionatore Charlie-Sentinel TECORA e un campionatore COMDE DERENDA (PNS-18T.1DM), dotato di testa di prelievo PM₁₀ modificata come descritto in precedenza per lo strumento STR002.

In **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata.¹² è riportata la mappa dell'area interessata al monitoraggio presso i vari siti di campionamento e il posizionamento degli analizzatori utilizzati durante la campagna invernale.



Figura 12: Localizzazione dei campionatori posizionati sul sito di campionamento.

DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI MASSA

La determinazione della concentrazione in massa del particolato effettuata presso il Laboratorio ISPRA e presso il laboratorio di ARPA MOLISE è stata effettuata in accordo alla norma UNI EN12341:2014.

I filtri utilizzati per il campionamento sono in microfibra di quarzo da 47 mm di diametro. Il campionamento di ciascun filtro è stato di 24 h, come previsto dalla norma vigente.

PRETRATTAMENTO DEI FILTRI PER LE SUCCESSIVE DETERMINAZIONI ANALITICHE

I filtri campionati nei tre siti secondo la UNI EN12341:2014, sono stati divisi a metà dopo aver misurato la concentrazione di PM₁₀. Le due metà di ogni filtro sono state denominate A e B ed entrambe pesate.

Le frazioni denominate A sono state rinviate ad ARPA Molise per effettuare la caratterizzazione chimica per la determinazione di metalli.

Le frazioni B sono state caratterizzate chimicamente presso il Laboratorio di ISPRA determinando anioni e cationi mediante cromatografia ionica.

I filtri raccolti dallo STR002 e dal DERENDA con testa di prelievo modificata sono stati inviati interi all'ARPAE per la determinazione di EC, OC e levoglucosano.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA: ANIONI E CATIONI

Il particolato atmosferico ha una composizione chimica molto eterogenea, ma sicuramente al suo interno contiene molte sostanze note e analizzabili attribuibili alle diverse origini del particolato.

Possiamo distinguere dal punto di vista analitico tre classi di componenti:

- elementi cristallini (cioè appartenenti alla crosta terrestre), aerosol marini, componente carboniosa, comprendente il carbonio organico OC ed il carbonio elementare EC e altro materiale organico.

Gli ioni inorganici sono costituenti di differenti componenti del particolato e la loro determinazione, come previsto anche nell'allegato IV del D.Lgs. n.155/2010 può essere utile per l'individuazione di alcune sorgenti. Gli ioni inorganici includono:

- gli anioni
 - fluoruri F⁻
 - cloruri Cl⁻
 - nitrati NO₃⁻
 - solfati SO₄²⁻
- i cationi
 - sodio Na⁺
 - potassio K⁺
 - calcio Ca²⁺
 - magnesio Mg²⁺
 - ammonio NH₄⁺

Il Laboratorio dell'ISPRA è accreditato come laboratorio di prova per il metodo UNI EN 16913:2017 "Aria Ambiente – Metodo di riferimento per la determinazione di NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ contenuti nel PM_{2,5} depositato su filtri". Il metodo

descrive le procedure analitiche per la determinazione di anioni e cationi nel PM_{2,5} mediante l'estrazione con acqua ultrapura in bagno ultrasuoni e l'analisi dell'estratto tramite cromatografia ionica. Per la parte analitica mediante cromatografia ionica, la norma fa riferimento ai metodi normati EN ISO 10304-1 per la determinazione di anioni disciolti in fase liquida ed al metodo UNI EN ISO 14911:1998 per la determinazione di cationi disciolti in fase liquida.

A tal proposito per avere un bilancio di massa completo si è preferito eseguire le misure seguendo il metodo UNI EN 16913:2017 non sul PM_{2,5} ma sul PM₁₀.

Il Laboratorio ISPRA ha quindi eseguito tali analisi sui campioni di PM₁₀ prelevati da ISPRA nei siti di Pozzilli e Venafro1 e sui campioni prelevati da ARPA Molise nel sito di Sesto Campano durante la campagna invernale.

I filtri della campagna estiva sono stati invece analizzati da ARPAE.

L'estrazione della componente salina del PM₁₀ è stata eseguita come segue: la metà del filtro B (come già descritto nel paragrafo 2.1.1) è stata posizionata all'interno di una provetta nella quale sono stati aggiunti 10 mL di acqua ultrapura. Le provette sono state inserite in bagno ultrasuoni per 30 minuti. Successivamente il lisciviato è stato filtrato mediante filtro a siringa da 0,45 µm e analizzato al Cromatografo ionico Metrohm 881 Compact IC Pro. Il cromatografo ionico è costituito da un modulo per la determinazione dei cationi ed uno per la determinazione degli anioni. Il volume di campione analizzato è 0,20 µL. Per la determinazione degli anioni è stata utilizzata la colonna ASUPP7-250/4.0 costituita da polimeri di alcool polivinilico da 5 µm con gruppi ammonici quaternari. Per la determinazione dei cationi è stata utilizzata la colonna Metrosep C4-250/4.0 costituita da gel di silice e gruppi carbossilici da 5 µm.

L'eluente utilizzato per l'analisi dei cationi è una soluzione di acido nitrico 3,5 mMol mentre per l'analisi degli anioni viene utilizzata una soluzione di carbonato di sodio 3,6 mMol. Per la rigenerazione del soppressore anionico viene usata una soluzione di acido solforico 100 mMol e acqua ultrapura.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA: ELEMENTI IN TRACCE (METALLI E SEMIMETALLI)

Nella campagna estiva è stata effettuata una valutazione di screening del contenuto totale in massa di elementi in tracce nella frazione PM₁₀ del particolato atmosferico mediante analisi non distruttiva in ED-XRF sui filtri campionati presso i siti di Venafro1 e Pozzilli. Sono stati determinati piombo, manganese, rame, cromo, vanadio, titanio, zinco, alluminio, ferro, potassio, calcio, magnesio e zolfo.

Nella campagna invernale gli elementi in tracce sono stati determinati secondo quanto previsto dalla UNI EN 14902:2005 in tutti e tre i siti di Venafro, Pozzilli e Sesto Campano. Sono stati determinati arsenico, cadmio, nichel, piombo, manganese, rame, cromo, antimonio, vanadio, cobalto, titanio, zinco, alluminio e ferro come contenuto totale in massa nel PM₁₀.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA: CARBONIO ORGANICO E CARBONIO ELEMENTARE

La frazione carboniosa del particolato atmosferico è la componente della sua massa legata al carbonio. Sulle particelle solide sospese in aria sono presenti molte sostanze organiche diverse, sia per caratteristiche fisiche e chimiche sia per origine. Il numero di queste specie è elevato e, nella maggior parte dei casi, le concentrazioni sono così basse che non è possibile, con le normali tecniche analitiche, quantificarle tutte singolarmente. Per ottenere comunque una misura dell'importanza di questo elemento sul totale della massa del particolato si procede misurando il carbonio, suddividendolo in due forme: elementare e organico.

Nel primo caso si considera legato solo a se stesso, come nella fuliggine, ed emesso quasi esclusivamente tramite combustione incompleta di biomasse o sostanze fossili. Il carbonio elementare (EC) è un inquinante primario, cioè derivante tal quale dalle sorgenti emissive.

Il carbonio organico (OC) è la somma di tutti gli scheletri carboniosi ai quali sono chimicamente legati molti altri possibili elementi (H, O, S, N, Cl, ...), nelle sostanze organiche. Mentre il carbonio elementare è legato solo a sorgenti, quasi esclusivamente antropiche, primarie da combustione, il carbonio organico presente sulle particelle comprende un insieme di sostanze primarie, sia antropiche che naturali, sia di sostanze secondarie, formatesi in atmosfera per ossidazione, condensazione o, più in generale, trasformazione di composti pre-esistenti. La natura sia primaria che secondaria del carbonio organico porta alla sua suddivisione in aerosol primario organico (POA: Primary Organic Aerosol) e aerosol secondario organico (SOA: Secondary Organic Aerosol), anche se applicare questa separazione richiede informazioni specifiche molto difficili da ottenere e spesso si utilizzano solo approssimazioni.

La quantità totale di massa di particolato attribuibile alle sostanze organiche (OM: Organic Matter) non è data dal solo OC perché quest'ultimo non tiene conto delle masse degli altri elementi che concorrono alla formazione delle specie organiche. Anche in questo caso, il calcolo esatto è molto complicato e necessita di misure specifiche.

Nell'ambito dell'approfondimento eseguito nella piana di Venafro, sono state quantificate le concentrazioni giornaliere di EC, OC sui campioni di PM₁₀ raccolti nei siti di Venafro e Pozzilli nei giorni dal 13/07/2021 al 22/07/2021 (campagna estiva) e nei siti di Venafro, Pozzilli e Sesto Campano nei giorni dal 19/01/2022 al 01/03/2022 (campagna invernale).

Sono stati fatti campionamenti su filtri in quarzo da 47 mm di diametro pretrattati in muffola a 600°C per 6 h in modo da eliminare eventuali sostanze organiche presenti sui filtri bianchi. Si è scelto di campionare volumi d'aria di 24 m³/giorno con l'obiettivo di evitare condizioni di sovraccarico del filtro (Costa et al. 2016; Atmospheric Research vol. 167, pag. 100–107), comune nei periodi invernali, che non avrebbero permesso di effettuare la distinzione analitica tra EC ed OC. Il carbonio totale (TC) è espresso come somma di carbonio organico ed elementare. Nei casi in cui le analisi non hanno permesso di

distinguere esattamente tra OC ed EC, l'unico dato espresso per questa analisi è TC.

Su un'aliquota del campione sono state eseguite analisi termooptiche con protocollo EUSAAR2 per la misura di EC e OC. La restante aliquota è stata utilizzata per la determinazione di tre zuccheri anidri come descritto nel seguito.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA: LEVOGLUCOSANO, MANNOSANO E GALATTOSANO

Tra le sostanze organiche presenti nel particolato, ce ne sono alcune spesso ad una concentrazione sufficientemente elevata da poter essere quantificate singolarmente. Una di queste, il levoglucosano, ha una caratteristica che la rende un marker di una specifica sorgente. Il levoglucosano è un anidro-zucchero, cioè uno zucchero che ha perso una molecola d'acqua e, nel particolato, può derivare esclusivamente dalla combustione incompleta della cellulosa, quindi dalla combustione di biomassa.

La combustione di legna produce inquinanti diversi, sia gassosi sia come particolato, il levoglucosano è solo un componente minoritario emesso dalla legna: il suo peso in massa non è dunque di per sé sufficiente a quantificare l'inquinamento prodotto da questa sorgente emissiva, ma ci permette di riconoscerne l'andamento nel tempo e nello spazio.

Sull'aliquota dei campioni di PM₁₀ non utilizzata per le analisi termooptiche con protocollo EUSAAR2 per la misura di EC e OC, è stata eseguita l'estrazione in acqua la successiva analisi con tecnica ESI-MS per la quantificazione del levoglucosano e di due suoi isomeri, mannosano e galattosano.

QA/QC

Il Laboratorio di Riferimento della Qualità dell'Aria afferente all'Area Metrologia di ISPRA è accreditato come laboratorio di prova da ACCREDIA con numero LAB n.1562 per le misure di PM₁₀ e PM_{2.5} effettuate con il metodo di riferimento UNI EN12341:2014 [27].

Inoltre, i metodi di misura utilizzati sono stati periodicamente controllati in campagne di interconfronto con l'ERLAP – European Reference Laboratory for Air Pollution del Joint Research Centre della Commissione Europea situato nel comune di Ispra (VA) ottenendo sempre risultati ottimali [28, 29]. In conformità al sistema di qualità di ISPRA tutti i dati e le registrazioni relative alla presente campagna di monitoraggio saranno conservati per 10 anni.

La strumentazione utilizzata da ISPRA e ARPA Molise è conforme alla normativa e, come previsto dal DM 30/3/2017 [30] e dai Manuali ISPRA/SNPA n.108/2014, n.19/2018 e n.37/2021 [31, 32, 33] viene periodicamente mantenuta e sottoposta a controlli di assicurazione della qualità con campioni di riferimento dotati di certificati di taratura ACCREDIA.

Sito	Codice punto di misura	Campionamento	Metodo analisi	Riferimento	Determinazioni analitiche
Pozzilli (lab. mobile ISPRA)	STR001	Sequenziale (Charlie sentinel TECORA) Filtri fibra di quarzo	Gravimetria	UNI EN12341:2014	Elementi in tracce XRF Anioni-cationi (aliquota A) OC/EC (aliquota B)
Venafrò 1 (presso st monitoraggio ARPA MOLISE)	STR003	Sequenziale (Charlie sentinel TECORA) Filtri fibra di quarzo	Gravimetria	UNI EN12341:2014	Elementi in tracce XRF Anioni-cationi (aliquota A) OC/EC (aliquota B)

Tabella 10. 25 giugno – 26 luglio 2021 – Campagna estiva; campionamento e determinazione della concentrazione di massa (media giornaliera) del PM₁₀ e dei componenti chimici

Sito	Codice punto di misura	Campionamento	Metodo analisi	Riferimento	Determinazioni analitiche
Pozzilli (lab. mobile ISPRA)	STR001	Sequenziale (Charlie sentinel TECORA) Filtri fibra di quarzo	Gravimetria	UNI EN12341:2014	Anioni-cationi (aliquota A) Metalli (aliquota B)
	STR002	Sequenziale a flusso ridotto (4 ugelli) (Charlie sentinel TECORA) Filtri fibra di quarzo pretrattati termicamente	Gravimetria	n.a.	OC/EC (aliquota A) Zuccheri anidri (aliqu. B)
Venafrò 1 (presso st monitoraggio ARPA MOLISE)	STR003	Sequenziale (Charlie sentinel TECORA) Filtri fibra di quarzo	Gravimetria	UNI EN12341:2014	Anioni-cationi (aliquota A) Metalli (aliquota B)
	STR004	Sequenziale a flusso ridotto (4 ugelli) (COMDE DERENDA PNS-18T.1DM) Filtri fibra di quarzo pretrattati termicamente	Gravimetria	n.a.	OC/EC (aliquota A) Zuccheri anidri (aliqu. B)
Sesto Campano (lab. mobile ARPA MOLISE)	STR005	Sequenziale (Charlie sentinel TECORA) Filtri fibra di quarzo	Gravimetria	UNI EN12341:2014	Anioni-cationi (aliquota A) Metalli (aliquota B)
	STR006	Sequenziale a flusso ridotto (4 ugelli) (COMDE DERENDA PNS-18T.1DM) Filtri fibra di quarzo pretrattati termicamente	Gravimetria	n.a.	OC/EC (aliquota A) Zuccheri anidri (aliqu. B)

Tabella 11. 19 gennaio – 1 marzo 2022 – Campagna invernale; campionamento e determinazione della concentrazione di massa (media giornaliera) del PM₁₀ e di componenti chimici

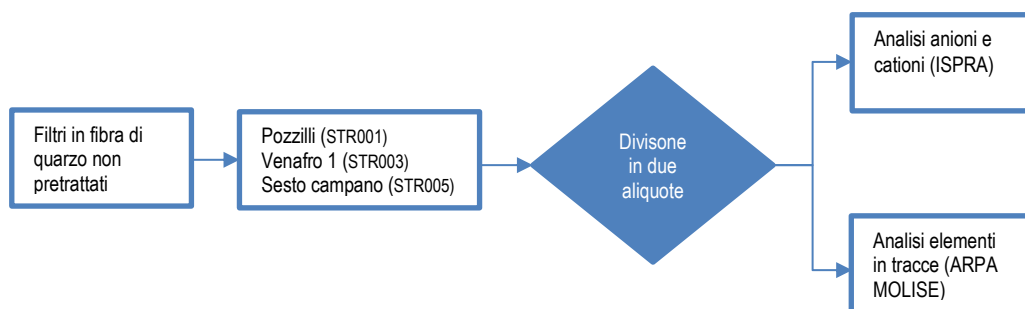


Figura 13. Campagna invernale. Schema analisi ioni ed elementi in tracce

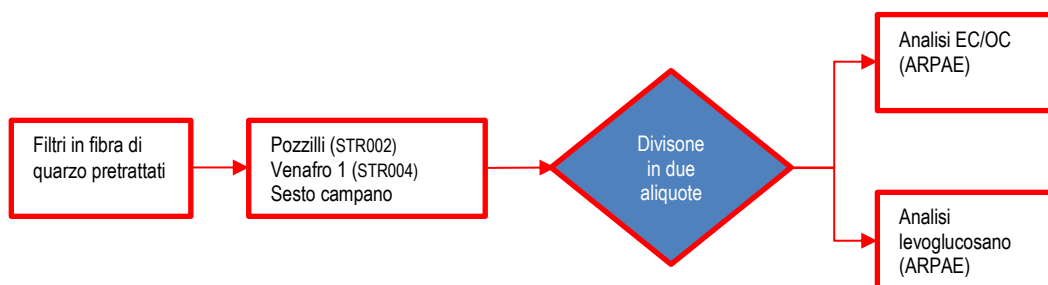


Figura 14: Campagna invernale. Schema analisi componente carboniosa e zuccheri anidri

RISULTATI

PM₁₀

In tabella 12 e 13 sono riportate, rispettivamente per la campagna estiva e per la campagna invernale, le statistiche descrittive relative alla concentrazione di massa del PM₁₀ rilevata contemporaneamente nei tre siti di Pozzilli, Venafro1 e Sesto

Campano, unitamente ai dati registrati presso la stazione fissa di monitoraggio dell'ARPA MOLISE, denominata VENAFRO 2, sita in Via Campania.

	Pozzilli	Sesto Campano	Venafro 1	Venafro 2
Media	20.7	23.9	23.4	25.7
Mediana	16.8	20.7	22.8	22.5
Minimo	9.8	12.2	12.9	13.0
5° percentile	10.1	14.8	14.5	16.1
25° percentile	14.3	18.3	21.4	19.8
75° percentile	21.1	26.5	24.7	26.3
95° percentile	45.0	40.7	32.1	47.0
Massimo	62.2	71.0	40.0	68.0
Giorni di superamento soglia 50 µg/m³	1	1	0	1
N dati validi	28	29	24	32

Tabella 12. PM₁₀ – campagna estiva, statistiche descrittive

	Pozzilli	Sesto Campano	Venafro 1	Venafro 2
Media	15.5	31.7	34.0	43.2
Mediana	14.6	26.2	29.0	39.5
Minimo	2.4	5.5	11.5	12.0
5° percentile	4.0	7.5	15.1	15.1
25° percentile	9.0	17.6	23.3	27.0
75° percentile	18.4	47.2	47.0	59.0
95° percentile	34.8	68.7	58.9	73.8
Massimo	37.0	79.4	78.0	115.0
Giorni di superamento soglia 50 µg/m³	0	6	8	14
N dati validi	41	33	42	42

Tabella 13. PM₁₀ – campagna invernale, statistiche descrittive

I valori medi sono, in linea con quanto atteso, mediamente maggiori d'inverno che d'estate.

Presso il sito di Venafro2 si registrano i livelli più elevati; le concentrazioni rilevate a Venafro1 e Sesto Campano sono confrontabili; i livelli registrati a Pozzilli sono significativamente più bassi di quelli registrati negli altri tre siti.

Le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ dell'intero periodo di campionamento variano da un valore minimo di 2,4 µg/m³ registrato a Pozzilli ad un massimo di 115 µg/m³ registrato a Venafro2.

Nella stagione invernale sono stati registrati diversi superamenti della soglia di 50 µg/m³ in tutti i siti con l'eccezione del sito di Pozzilli.

Come evidenziato in figura 15 gli andamenti temporali risultano coerenti. La figura 16 esplicita questa osservazione qualitativa: il coefficiente di correlazione tra i vari siti è come minimo pari a 0.74 (Pozzilli vs Venafro2) e come massimo pari a 0,98 (Venafro1 vs Venafro2).

In tutti i casi la correlazione è statisticamente significativa (p<0.001).

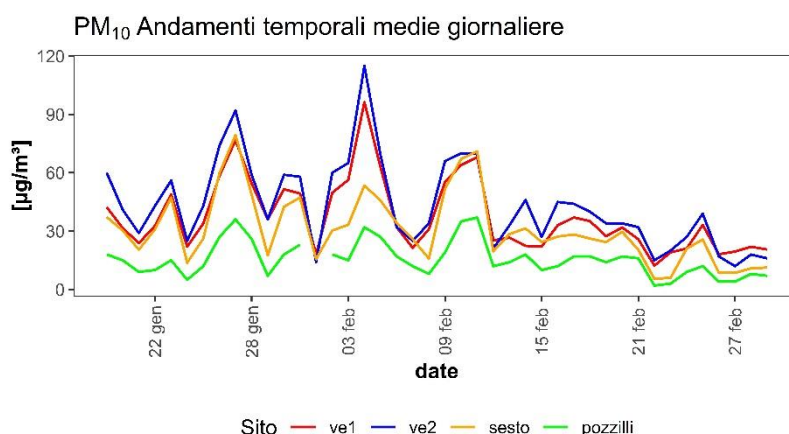


Figura 15. Andamenti temporali del PM₁₀ durante la campagna invernale di misura.

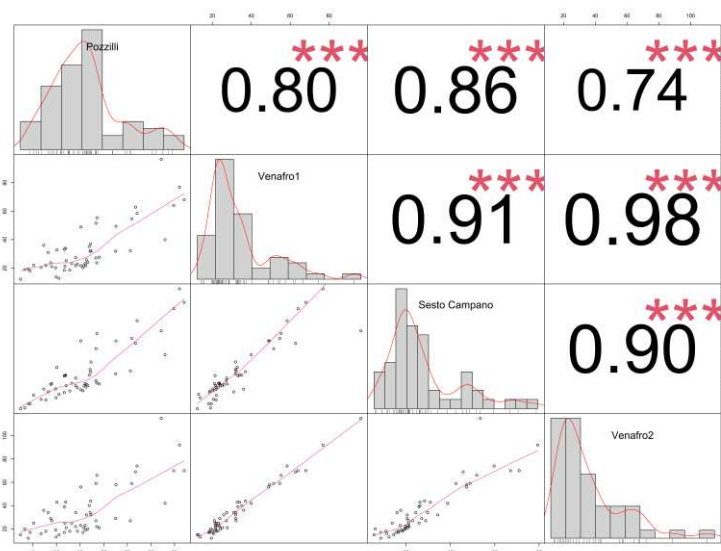


Figura 16. Matrice di correlazione tra le concentrazioni rilevati nei vari siti durante le campagne estiva e invernale.

Da queste prime considerazioni troviamo conferma al fatto, consolidato dalle osservazioni pluriennali disponibili dalle stazioni situate nel comune di Venafro, che il trend temporale è prevalentemente governato dalle condizioni meteorologiche, che determinano l'alternarsi di periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti e periodi di rimescolamento efficace dell'aria, con spiccata stagionalità (vedi capitolo 1, figure 7 e 8).

A supporto dell'analisi dei dati nella stagione invernale è stata effettuata un'analisi dei dati meteo registrati nel sito di Pozzilli (Figura 17). Si precisa che negli ultimi 10 giorni di campionamento (dal 20/02 al 01/03/2022) per un problema di acquisizione dati della centralina meteorologica i relativi parametri non sono stati registrati.

Dalla rosa dei venti rappresentata per il periodo 19/01/22 – 01/03/22 (Figura 17, sinistra) si evidenzia la direzione preferenziale nel I quadrante. La percentuale di giorni di calma di vento dell'intero periodo è del 2,6%.

L'umidità relativa è oscillata tra il 95% e il 20% circa (Figura 17, destra) con mediana attorno al 60%, quindi abbastanza elevata. La temperatura ha toccato gli 0°C, con mediana attorno a 10°C. Nella figura 18 viene riportato il confronto tra i dati di concentrazione giornaliera di PM₁₀ e i dati delle medie giornaliere delle precipitazioni e l'intensità del vento registrate dalla centralina meteorologica.

L'intero periodo è stato interessato da poche precipitazioni (6 giorni piovosi), generalmente poco significative (< 20 mm). Qualitativamente si nota una correlazione tra andamenti delle concentrazioni di particolato e quantità di precipitazione. All'aumentare della precipitazione cumulata si ha un calo delle concentrazioni di particolato. Per quanto riguarda l'intensità del vento, a giorni ventosi corrispondono giorni con diminuzioni di concentrazione di particolato. La velocità del vento ha effetto sulle concentrazioni di particolato disperdendole nell'atmosfera.

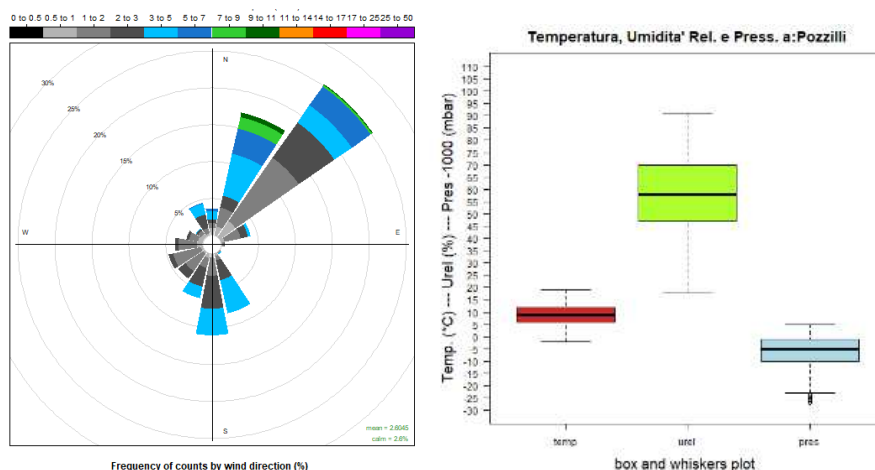


Figura 17: per la campagna invernale, rosa dei venti (a sinistra) e box plot³ di umidità relativa, temperatura e pressione (a destra) registrato dal laboratorio mobile a Pozzilli.

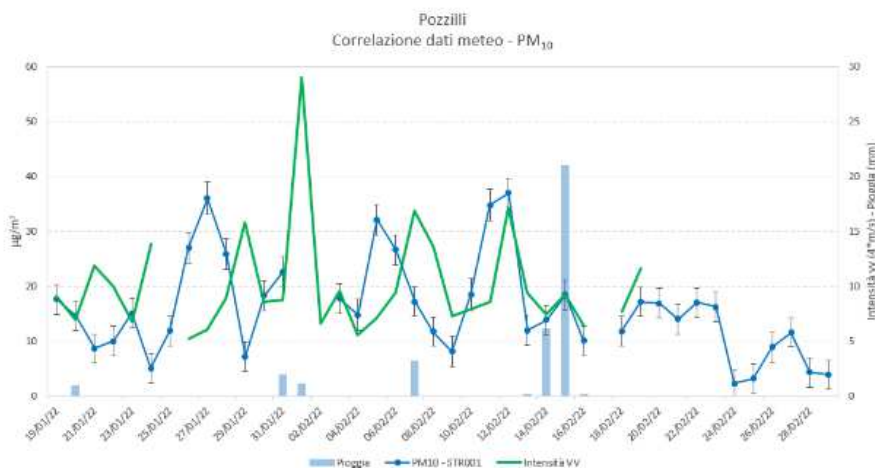


Figura 18: Correlazione tra PM₁₀ ed intensità del vento e pioggia cumulata nel sito di Pozzilli.

CONFRONTO TRA VENAFRO E VALLE DEL SACCO

Effettuando un confronto tra i dati di PM₁₀ misurati a Venafro con i dati ARPA Lazio misurati nello stesso periodo nella stazione di Cassino (FR), distante da Venafro circa 20km, si osservano andamenti simili tra i due siti (figura 19). Inoltre, per i picchi di PM₁₀ del 27 gennaio, 4 e 11 febbraio a Venafro, si evidenziano per gli stessi giorni alte concentrazioni anche a Cassino, probabilmente dovute ad eventi di alta stabilità atmosferica

estesa alla zona in esame. La spiccata covarianza e similarità tra le zone contigue della Valle del Sacco e della Piana di Venafro è evidenziata meglio dall'analisi comparata dei dati di PM₁₀ (dal 2015 al 2020) delle stazioni fisse di Venafro 1 (Urbana Traffico), Venafro 2 (Urbana Traffico) e Valle del Sacco (media dei dati delle stazioni della zona, la cui collocazione è riportata in figura 20).

³ Il box plot o diagramma a scatola e baffi, viene rappresentato tramite un rettangolo diviso in due parti, da cui escono due segmenti. Il rettangolo (la "scatola") è delimitato dal **primo e dal terzo quartile** ($q_{1/4}$ e $q_{3/4}$), e diviso al suo interno dalla **mediana**, $q_{1/2}$. I segmenti (i "baffi") sono delimitati dal minimo e dal massimo dei valori. In questo modo vengono rappresentati graficamente i quattro intervalli ugualmente popolati delimitati dai quartili.

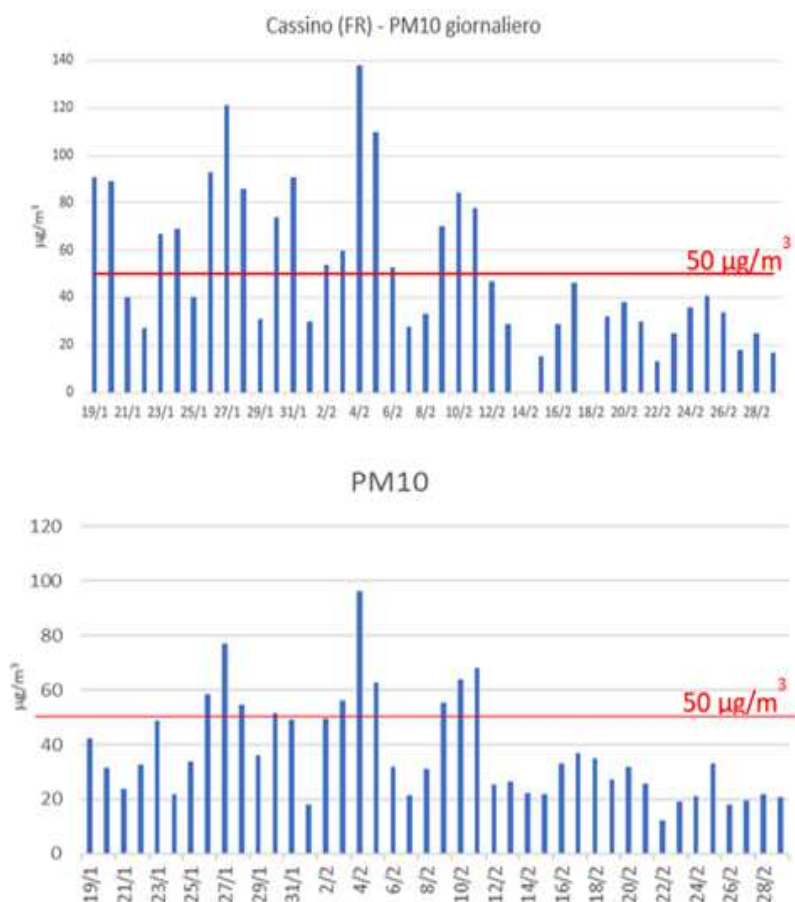


Figura 19: Istogramma stazione di monitoraggio qualità dell'aria di Cassino, in basso stazione di monitoraggio di Venafrò 1.

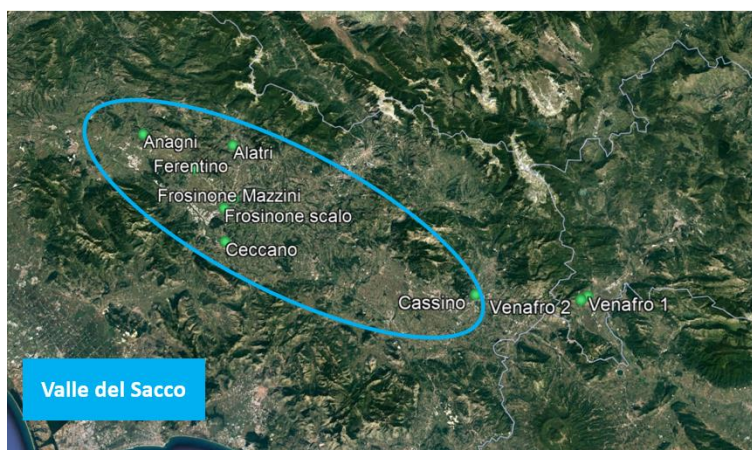


Figura 20: Valle del Sacco (ellisse blu), centraline di monitoraggio (pallini verdi).

La figura 21 riporta per ogni mese degli anni dal 2015 al 2020, i valori medi di PM₁₀. In rosso si riportano i dati di Venafrò 1, in blu i dati di Venafrò 2 mentre in verde i dati medi di tutte le centraline

della Valle del Sacco. A tal proposito si nota come nei periodi con più alta stabilità atmosferica (periodi autunnali-invernali) i valori della Valle del Sacco e Venafrò 2 mostrano degli andamenti simili, mentre non lo sono nei periodi primaverili-estivi.

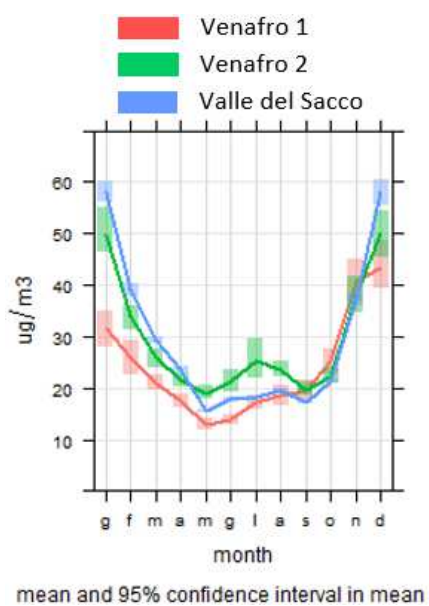


Figura 21: valori di concentrazione media mensile (per gli anni dal 2015 al 2020), nelle stazioni di Venafro 1, Venafro 2 e Valle del Sacco.

MACROELEMENTI – ANIONI E CATIONI

Nella tabella 14 sono riportate le statistiche descrittive relative alla determinazione dei macrocomponenti del particolato in forma ionica.

A Sesto Campano per problemi di campionamento, sono stati analizzati solo gli ultimi giorni della campagna invernale (dal 19 febbraio al 01 marzo 2022).

Campagna estiva			
	Pozzilli	Venafro1	Sesto Campano
Cloruri	0.46 (0.023 - 1.5)	0.5 (0.056 - 1.8)	
Nitrati	1.1 (0.36 - 2)	1.3 (0.5 - 2.4)	
Solfati	1.6 (1.1 - 1.9)	1.6 (1 - 1.9)	
Sodio	0.62 (0.17 - 1.5)	0.54 (0.13 - 1.7)	
Ammonio	0.32 (0.097 - 0.45)	0.17 (0.075 - 0.25)	
Potassio	0.12 (0.084 - 0.19)	0.18 (0.13 - 0.25)	
Magnesio	0.17 (0.11 - 0.23)	0.14 (0.073 - 0.26)	
Calcio	0.82 (0.096 - 2.1)	1.3 (0.79 - 2.7)	
Campagna invernale			
	Pozzilli	Venafro1	Sesto Campano
Cloruri	0.4 (0.14 - 2.5)	0.42 (0.14 - 2.4)	0.57 (0.14 - 3.1)
Nitrati	2.1 (0.14 - 7.5)	3.3 (0.48 - 9.7)	1.3 (0.46 - 2.9)
Solfati	0.9 (0.14 - 2.1)	1.1 (0.14 - 2.1)	0.93 (0.14 - 1.8)
Sodio	0.53 (0.055 - 2.1)	0.98 (0.58 - 2.5)	1.0 (0.55 - 2.7)
Ammonio	0.38 (0.055 - 1.6)	0.35 (0.055 - 1.8)	0.19 (0.055 - 0.48)
Potassio	0.37 (0.055 - 0.83)	0.74 (0.13 - 2.1)	0.34 (0.055 - 0.77)
Magnesio	0.059 (0.055 - 0.24)	0.076 (0.055 - 0.28)	0.087 (0.055 - 0.31)
Calcio	0.55 (0.055 - 1.4)	1.3 (0.38 - 2.3)	0.4 (0.26 - 0.69)

Tabella 14. Determinazione del contenuto totale in massa di alcuni ioni, nella frazione solubile del particolato PM₁₀. Sono riportati la media e, tra parentesi, il valore minimo e massimo.

Si può osservare che per quanto riguarda cloruri, magnesio e calcio, non si evince un particolare trend stagionale.

Viceversa, i livelli di nitrati, ammonio e potassio appaiono significativamente maggiori in inverno rispetto alla stagione calda.

Le ragioni di questi andamenti può essere ricercato nel fatto che per i primi la sorgente principale è di origine naturale e le specie in questione non sono coinvolte in fenomeni di formazione-trasformazione in atmosfera.

Nitrati ed ammonio invece, originano da meccanismi di formazione in atmosfera a partire dagli ossidi di azoto e dall'ammoniaca, il cui rilascio in atmosfera è in larga parte di natura antropica (emissioni da traffico e da processi di combustione in generale per gli NO_x, emissioni da attività agricole e zootecniche per l'ammoniaca). I fenomeni di formazione del particolato inorganico secondario, sono favoriti in particolare nel periodo invernale.

I livelli di nitrati sono significativamente maggiori a Venafro che negli altri due siti: probabilmente questo è dovuto al fatto che localmente le emissioni dei precursori sono più alte.

I livelli di ammonio rilevati nella stagione invernale risultano tuttavia inferiori all'atteso se confrontati con quelli rilevati in siti del paese con caratteristiche orografiche e climatiche simili: questo verosimilmente a causa del fatto che l'apporto emissivo delle attività agricole, seppure intensive nel territorio in esame, non sono confrontabili con quelle di territori come ad esempio il bacino padano.

I solfati risultano in linea o inferiori rispetto a quanto riportato in letteratura per siti con diverse caratteristiche orografiche.

Nella figura 22 è riportata la matrice di correlazione tra gli ioni determinati e tra gli ioni stessi e la concentrazione di PM₁₀ con riferimento alle determinazioni effettuate nella stagione invernale nel sito di Venafro.

Dai grafici emerge una correlazione molto significativa tra PM₁₀ e potassio; il PM₁₀ risulta anche molto ben correlato con i nitrati e, in misura minore, con lo ione ammonio. Ammonio, nitrati e potassio mostrano anche una buona correlazione tra loro.

Si può assumere che la componente di particolato inorganico secondario sia essenzialmente costituita da nitrato di ammonio e nitrato di potassio. I precursori di questi sali sono gli ossidi di

azoto, l'ammoniaca e il potassio. I primi due trovano la loro origine prevalente rispettivamente nel traffico veicolare e nelle attività agricole e zootecniche.

È noto inoltre alla comunità scientifica che il potassio è un elemento correlato alle emissioni dovute alla combustione delle biomasse [34-37].

Cloruri, sodio e magnesio sono fortemente correlati tra loro, ma non con il PM₁₀. Questi ioni hanno prevalente origine naturale e non sono particolarmente influenzati dall'alternarsi di periodi di stabilità e instabilità atmosferica e questo spiega almeno in parte quanto osservato.

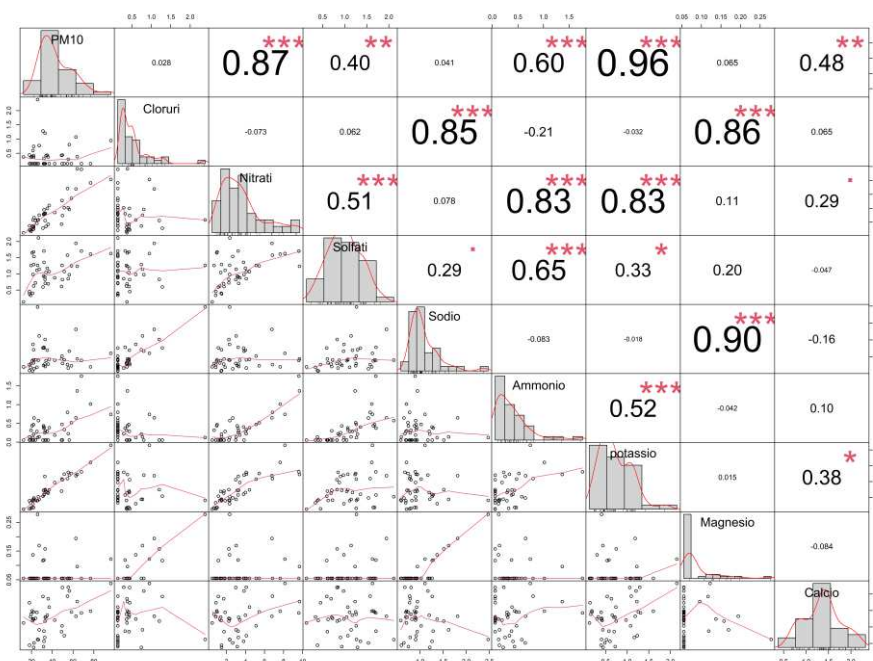


Figura 22. Matrice di correlazione tra gli ioni determinati sul particolato. È riportato il coefficiente di correlazione di Pearson e la significatività statistica della correlazione (tre stelle: $p \leq 0.001$; due stelle: $0.001 < p \leq 0.01$; una stella $0.01 < p \leq 0.05$); I grafici rappresentano gli scatter plot di ogni coppia di specie individuabili sulla diagonale. Per ogni specie sulla diagonale è riportato anche il grafico della distribuzione dei dati.

CARBONIO ORGANICO, CARBONIO ELEMENTARE E ZUCCHERI ANIDRI

Nella tabella 15 sono riportate le statistiche descrittive per i componenti EC, OC e TC, con riferimento ai due siti di Venafro1

e Pozzilli (nella campagna estiva le determinazioni sono state limitate a questi due siti).

	Pozzilli		Venafro1	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno
EC	0.31 (0.12 - 0.42)	1.1 (0.24 - 2.6)	0.66 (0.37 - 0.93)	2.4 (0.84 - 5)
OC	2.5 (1.6 - 4.7)	6.3 (2.8 - 12)	2.5 (2.1 - 3.3)	12 (4.3 - 26)
TC	2.8 (1.8 - 5.1)	7.4 (3 - 14)	3.2 (2.5 - 4.2)	14 (5.1 - 31)

Tabella 15. Confronto tra i valori medi (e il range minimo e massimo) di carbonio organico, carbonio elementare e carbonio totale rilevati nelle due campagne estiva e invernale

Come era facile attendersi i valori invernali sono pari a circa il triplo di quelli estivi, sia in ragione della rilevanza della sorgente legata alla combustione delle biomasse per il riscaldamento (nulla ovviamente in estate) sia per il quadro meteo-climatico completamente differente nelle due stagioni come già evidenziato in precedenza.

Vengono quindi nel seguito analizzati in dettaglio i dati relativi alla sola stagione invernale.

Al fine di poter avere la massima confrontabilità tra i siti considerati, le analisi dei risultati sono state fatte solo nei giorni in cui erano disponibili le quantificazioni analitiche, compresa la misura della massa, in tutti i siti contemporaneamente. Di

conseguenza sono stati esclusi i giorni 19-20/01, 1-2-3-4/2 e 13-14-15-16/2 nel calcolo delle medie delle concentrazioni e dei rapporti diagnostici (Tabella 16).

I campioni di Venafro sono quelli ad aver mostrato la concentrazione assoluta più elevata per ogni analita considerato, con valori pari quasi al doppio rispetto agli altri siti per EC, OC e levoglucosano, quest'ultimo solo rispetto al sito di Pozzilli. Sesto Campano, al contrario, ha mostrato valori di levoglucosano comparabili con quelli ottenuti per Venafro.

Considerando non le concentrazioni assolute ma i valori rispetto al totale della massa del PM₁₀ misurato, si osserva come sia Venafro che Pozzilli abbiano un peso di EC, OC e levoglucosano rispetto al PM₁₀, comparabili. Sesto Campano mostra una concentrazione percentuale simile agli altri siti di Levo/PM, ma molto più basse per OC/PM₁₀ e EC/PM₁₀.

I rapporti di OC e EC rispetto al PM₁₀ forniscono una indicazione dell'incidenza della frazione carboniosa, e quindi delle sue sorgenti, sul totale della massa del particolato che, quindi, risultano più importanti nei siti di Venafro e Pozzilli. Il rapporto del solo levoglucosano sul PM₁₀, invece, dà una informazione qualitativa sul peso della specifica sorgente di combustione di biomassa che quindi risulta piuttosto omogenea tra i siti.

Il rapporto del levoglucosano rispetto a OC e EC ha valori massimi a Sesto Campano e piuttosto comparabili negli altri punti di misura. Questi rapporti possono dare un segnale sull'importanza relativa della combustione della biomassa rispetto alla frazione organica (Levo/OC) o rispetto alle sole combustioni (Levo/EC). In questo caso il sito di Sesto Campano sembra quello che maggiormente risente di questa sorgente.

Il rapporto OC/EC si mantiene simile in tutti i tre siti. Valori elevati di questo rapporto suggeriscono una maggiore importanza della

frazione secondaria del materiale organico, mentre valori più bassi sarebbero maggiormente legati a fonti primarie da combustione.

Sandrini et al. [38] riportano valori inferiori a 4 di questo rapporto in siti vicini a specifiche sorgenti emmissive, di traffico o di fondo urbano ma solo in inverno, avallando l'ipotesi che le sorgenti da combustione abbiano un ruolo importante sulla composizione del particolato nei siti esaminati.

I dati del progetto Life-Prepair (LIFE 15 IPE IT 013; <https://www.lifepprepair.eu/>) riportati nell'interim report dell'azione D6 [26], trovano per i siti di fondo urbano della pianura padana, in stagioni compatibili con quella in esame, valori di OC/EC indicativamente compresi tra 5 e 15, concentrazioni di OC circa tra il 15% e il 30% del PM₁₀, di EC più o meno tra il 2% e il 5% e di levoglucosano mediamente inferiori al 3%. Tutti valori compatibili con aree nelle quali la componente secondaria organica ha un ruolo importante. Le percentuali di OC/PM₁₀ confrontabili con quelle dei siti Prepair trovate a Venafro e Pozzilli, a fronte di percentuali maggiori per EC/PM₁₀, supportano l'ipotesi di una notevole importanza delle combustioni in questi siti, in particolare della combustione di biomassa date le percentuali di levoglucosano rispetto alla massa di PM₁₀ (Levo/PM₁₀ > 3%) in tutti i siti.

Venafro e Pozzilli sono interessati in maniera relativamente più incisiva rispetto a Sesto Campano, anche da altre sorgenti di combustione seppure in modo dissimile dal punto di vista assoluto, in quanto Pozzilli mostra concentrazioni mediamente più basse degli altri due siti.

Valore medio	Venafro1	Pozzilli	Sesto Campano
Analiti	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	37	15	31
OC	9.45	4.14	5.32
EC	2.34	1.05	1.20
TC	11.79	5.19	6.52
Levoglucosano	1.50	0.44	1.17
Rapporti	-	-	-
OC/EC	3.8	3.7	3.8
OC/PM ₁₀	0.24	0.27	0.15
EC/PM ₁₀	0.06	0.08	0.04
Levo/OC	0.15	0.12	0.22
Levo/EC	0.58	0.42	0.81
Levo/PM ₁₀	0.04	0,04	0,04

Tabella 16. valori medi sull'intera campagna degli analiti misurati e di alcuni rapporti diagnostici. Calcoli eseguiti considerando solo i giorni con la contemporaneità dei dati tra i siti.

Nella figura 23 è riportata la matrice di correlazione tra le componenti determinate (OC; EC; TC; levoglucosano), lo ione potassio (K, come già detto anch'esso tracciante della combustione della biomassa) e la concentrazione di PM₁₀ con riferimento alle determinazioni effettuate nella stagione invernale nel sito di Venafro. Emerge una correlazione tra tutte le

componenti e tra queste e la concentrazione di massa del PM₁₀ da molto significativa ($p \leq 0.001$) a significativa $0.001 < p \leq 0.01$).

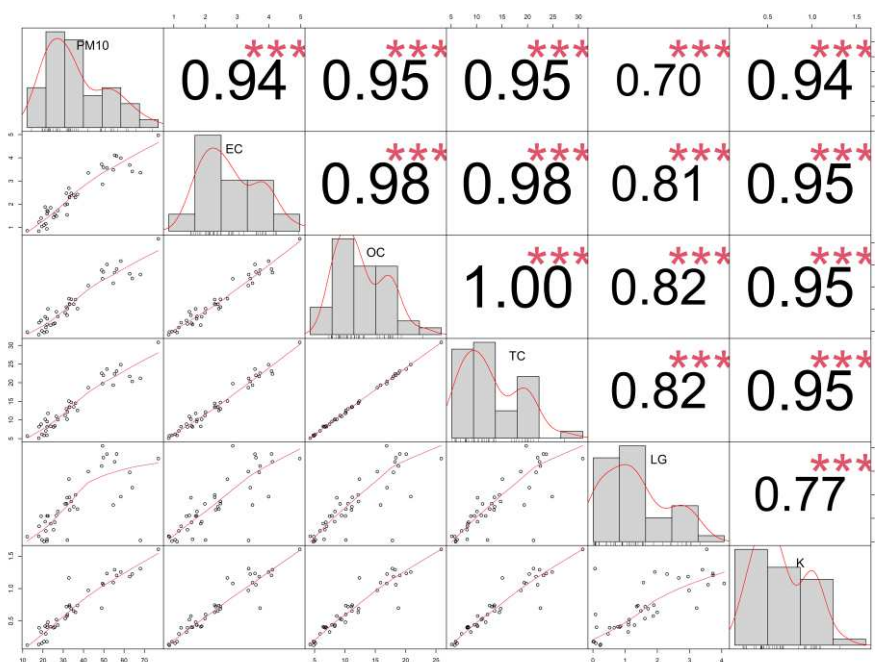


Figura 23. Matrice di correlazione tra le componenti carboniose determinate sul particolato. È riportato il coefficiente di correlazione di Pearson e la significatività statistica della correlazione (tre stelle: $p \leq 0.001$; due stelle: $0.001 < p \leq 0.01$; una stella $0.01 < p \leq 0.05$); I grafici rappresentano gli scatter plot di ogni coppia di specie individuabili sulla diagonale. Per ogni specie sulla diagonale è riportato anche il grafico della distribuzione dei dati.

Nella tabella 17 sono riportati i risultati dell'analisi degli elementi effettuata mediante XRF non distruttiva durante la stagione estiva.

I livelli riscontrati in generale sono confrontabili con quelli rilevati in altri siti in Italia nei mesi da aprile a settembre [19]. Tale confronto è riportato per valutare eventuali situazioni di arricchimento rispetto a quanto riscontrato in altri siti dove il contributo da sorgenti industriali è medio-basso. Per alcuni

elementi è riportato anche il confronto con i risultati di uno studio condotto presso tre siti influenzati dalle ricadute delle emissioni di impianti di produzione dell'acciaio [39]; in questo caso il range riportato (relativo alle medie annuali) è indicativo di una situazione di "caso peggiore" tenuto conto della sorgente e del fatto che i siti erano collocati in punti di massima ricaduta delle emissioni.

		Pozzilli	Venafro1	Range periodo estivo 7 siti Italia [19]	Siti industriali ricaduta accierie [39]
Mn	28	7.2 (0.13 - 31)	9.8 (0.53 - 81)	5.5 – 15.5	19 - 35
Cr	28	1.5 (0.19 - 6.4)	2.5 (0.5 - 21)	2 – 14 [1]	26 - 145
Fe	28	560 (74 - 2600)	800 (170 - 7700)	231 - 522	
Cu	28	4.8 (1.7 - 9.7)	9.3 (3.2 - 39)	5.5 – 16.2	
Zn	28	21 (13 - 29)	15 (6.6 - 78)		34 - 103
Mg	28	170 (23 - 710)	180 (6.1 - 1800)	76 - 334	
Pb	28	1.1 (0.015 - 2.8)	2.8 (0.15 - 15)	0.8 – 4.7	4.8 - 28
V	28	3.3 (0.64 - 13)	4.0 (0.5 - 39)	1.8 – 11.2	
Al	28	1300 (7.6 - 7600)	1600 (38 - 19000)		
Ti	28	46 (6.6 - 220)	58 (8.3 - 630)		
K	28	310 (120 - 1100)	410 (110 - 3200)		
Ca	28	1200 (75 - 4300)	1600 (290 - 12000)		
S	28	460 (260 - 880)	600 (270 - 3700)		

Tabella 17. Analisi in XRF – campagna estiva. Determinazione del contenuto totale in massa di alcuni elementi nella frazione PM₁₀ del materiale particolato. Sono riportati il numero di campioni validi (n) la media e, tra parentesi il valore minimo e massimo.

Nella tabella 18 sono riportati i valori medi della concentrazione di 15 elementi determinati come contenuto totale nel PM₁₀ espressi in ng/m³ per tutti gli elementi eccetto il piombo (concentrazione espressa in µg/m³ per un più immediato confronto con il valore limite) effettuati nella campagna invernale in tre siti (Pozzilli, Sesto Campano e Venafro1).

I livelli medi di arsenico, cadmio, nichel e piombo sono monitorati da ARPA Molise presso la stazione di Venafro.

Dai report annuali risulta che negli anni dal 2014 ad oggi i livelli medi annuali di tali sostanze rilevate nella frazione PM₁₀ sono risultati ampiamente al di sotto dei rispettivi valori obiettivo e del valore limite del piombo [2-9].

Anche in questo caso i dati riportati nella tabella 18 confermano in tutti e tre i siti, le osservazioni storiche rispetto ai livelli di

cadmio, nichel, arsenico e piombo, sempre molto inferiori a valori obiettivo e al valore limite del piombo.

Dal confronto tra i tre siti emerge che i livelli di cadmio, manganese, rame, antimonio, zinco, alluminio e ferro sono mediamente più elevati a Venafro che negli altri due siti. Rame e antimonio sono considerati dei buoni traccianti del traffico veicolare [19] e i livelli relativamente più alti riscontrati a Venafro potrebbero essere legati a un maggiore impatto del traffico per questo sito rispetto agli altri.

Solo per il cromo si segnalano livelli significativamente più alti a Sesto Campano rispetto agli altri due siti; dal confronto con i dati di letteratura tali livelli comunque rientrano nel range normalmente rilevato in siti di fondo urbano [40].

	Pozzilli	Sesto Campano	Venafro 1
As	0.075 (0.075 - 0.075)	0.075 (0.075 - 0.075)	0.075 (0.075 - 0.075)
Cd	0.053 (0.005 - 0.30)	0.12 (0.005 - 0.50)	0.27 (0.005 - 2.0)
Ni	0.36 (0.25 - 3.0)	0.32 (0.25 - 3)	0.32 (0.25 - 3.0)
Pb	0.002 (0.0002 - 0.004)	0.004 (0.0002 - 0.071)	0.003 (0.0002 - 0.008)
Mn	4.6 (0.90 - 13)	3.2 (0.125 - 10.5)	6.0 (2.4 - 15)
Cu	5.4 (0.25 - 42)	2.9 (0.25 - 16)	8.9 (3.0 - 19)
Cr	1.0 (0.25 - 8)	8.2 (2 - 26)	3.9 (3.0 - 6.0)
Sb	0.81 (0.50 - 5.7)	0.60 (0.50 - 1.6)	1.3 (0.50 - 8.4)
V	0.57 (0.50 - 1.1)	0.60 (0.50 - 1.6)	0.60 (0.50 - 1.3)
Zn	5.1 (0.50 - 26)	2.2 (0.50 - 20)	9.6 (0.50 - 46)
Al	27 (0.50 - 93)	31 (0.50 - 141)	70 (0.50 - 136)
Fe	115 (32 - 267)	118 (0.5 - 295)	307 (128 - 675)
Tl	0.5 (0.5 - 0.5)	0.60 (0.50 - 3.2)	0.51 (0.50 - 0.90)
Co	0.5 (0.5 - 0.5)	0.5 (0.5 - 0.5)	0.5 (0.5 - 0.5)

Tabella 18. Analisi in assorbimento atomico – campagna invernale. Determinazione del contenuto totale in massa di alcuni elementi nella frazione PM₁₀ del materiale particolato. Sono riportati la media e, tra parentesi il valore minimo e massimo. Numero di campioni: 42. Concentrazioni espresse in ng/m³ per tutti gli elementi eccetto il piombo (concentrazione espressa in µg/m³ per un più immediato confronto con il valore limite).

Nella figura 24 è riportata la matrice di correlazione tra i vari elementi e la concentrazione di PM₁₀ con riferimento alle determinazioni effettuate nella stagione invernale nel sito di Venafro. In generale si osserva una correlazione significativa tra

i vari elementi e tra questi e la concentrazione del PM₁₀, con la sola eccezione del vanadio (i cui livelli sono stati quasi sistematicamente inferiori al limite di rilevabilità del metodo).

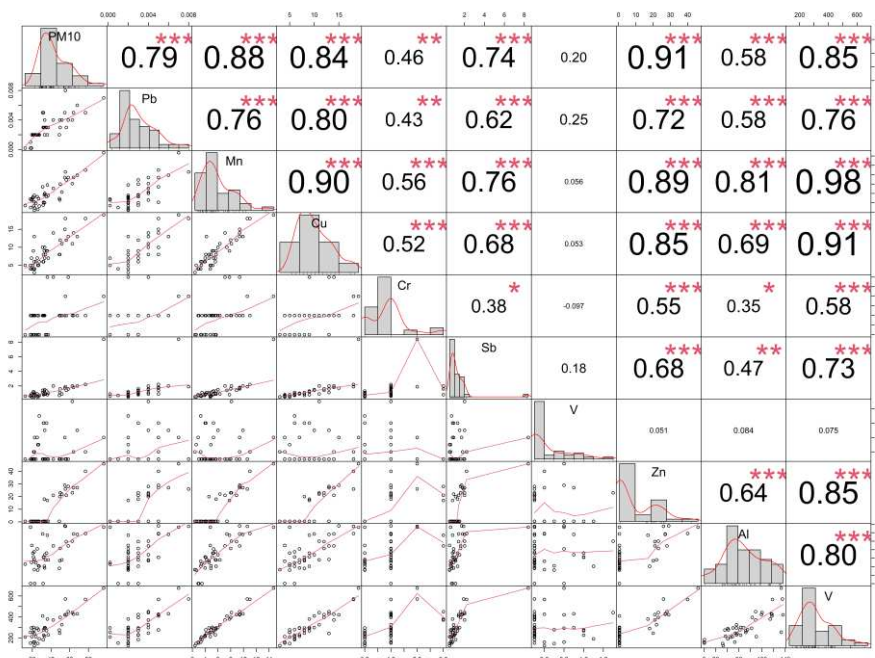


Figura 24. Matrice di correlazione tra gli elementi determinati sul particolato. È riportato il coefficiente di correlazione di Pearson e la significatività statistica della correlazione (tre stelle: $p \leq 0.001$; due stelle: $0.001 < p \leq 0.01$; una stella $0.01 < p \leq 0.05$); i grafici rappresentano gli scatter plot di ogni coppia di specie individuabili sulla diagonale. Per ogni specie sulla diagonale è riportato anche il grafico della distribuzione dei dati.

STIMA DEL CONTRIBUTO DELLE COMPONENTI PRINCIPALI DEL PARTICOLATO ALLA CONCENTRAZIONE DI PM₁₀.

Per verificare la corrispondenza tra la massa di PM₁₀ e la massa ricostruita dai componenti principali del PM, è necessario tenere conto di tutti i macrocomponenti [40], cioè le specie chimiche che tipicamente costituiscono più dell'1% della massa del PM. Questi

comprendono pochi elementi (Al, Si, Fe, Na, K, Mg, Ca), ioni inorganici, carbonio e l'insieme delle specie organiche (nessuna singola specie organica può essere generalmente considerata una macrocomponente).

Poiché gli elementi possono essere presenti sotto forma di ossidi, occorre tenerne conto applicando opportuni fattori di correzione. Seguendo quanto riportato in letteratura per stime di questo tipo, abbiamo considerato i seguenti ossidi: Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO e CaO e applicato i seguenti fattori di conversione: Al 1,89; Fe 1,42.

Un importante limite è determinato dal fatto che non abbiamo potuto determinare la concentrazione del Silicio dato che i filtri utilizzati erano in fibra di quarzo. Considerata l'abbondanza del silicio come componente naturale del materiale terrigeno e sabbioso, ne risulta una quota di particolato "non determinato".

Inoltre per sodio, potassio, magnesio e calcio, non disponendo dei valori di contenuto totale ma solo della frazione solubile determinata in cromatografia ionica, non è stato possibile stimare la quota parte di ossidi insolubili.

Il carbonato, che non viene misurato direttamente, è stato calcolato considerando le frazioni solubili di calcio e magnesio; questi valori sono stati moltiplicati rispettivamente per 1,5 e 2,5 per tenere conto del contenuto di carbonato nei carbonati di calcio e magnesio $CaCO_3$ e $MgCO_3$ [41-43].

Per quanto riguarda il materiale organico occorre considerare che le varie sostanze organiche che lo costituiscono contengono atomi di H, O, N e S, non determinati quando si effettuano le

analisi per determinare il carbonio organico e il carbonio elementare mediante analisi termo-ottica.

Per convertire il carbonio organico in materia organica, è necessario tenere conto di H, O, N e S non misurati, che sono presenti nelle molecole organiche. I fattori moltiplicativi utilizzati in letteratura variano a seconda dei siti considerati [44-45].

Abbiamo quindi usato un fattore pari a 1,6, in considerazione del fatto che abbiamo condotto questo esercizio per il solo sito di Venafro (traffico urbano).

Nella figura 25 è riportato l'andamento della concentrazione di PM_{10} e del relativo contributo delle macrocomponenti individuate.

Nella figura 26 è riportata la composizione media del PM_{10} a Venafro nel periodo invernale per ciascun macrocomponente.

Nonostante tali stime siano affette da notevole incertezza emerge un dato macroscopico: la rilevanza in termini percentuali del macrocomponente "materiale organico" che costituisce oltre il 50% della concentrazione di massa del PM_{10} . In larga prevalenza è noto che tale componente sia di natura "secondaria", ovvero formata in atmosfera a partire da precursori o per fenomeni di condensazione di sostanze in fase gas/vapore su particelle pre-esistenti.

Nel contesto in esame la componente "materiale organico" potrebbe essere attribuita, prevalentemente, alla combustione di biomassa legnosa, come emerso dalle analisi dei risultati del carbonio organico, carbonio elementare e zuccheri anidri (pag. 37).

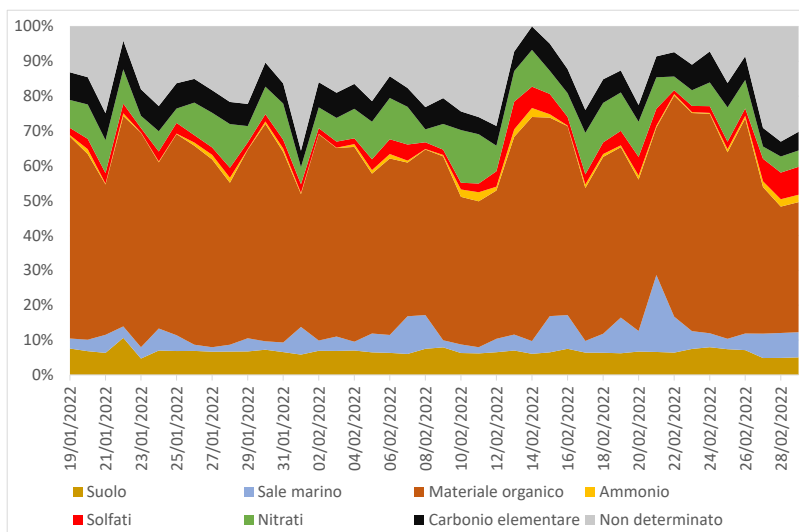
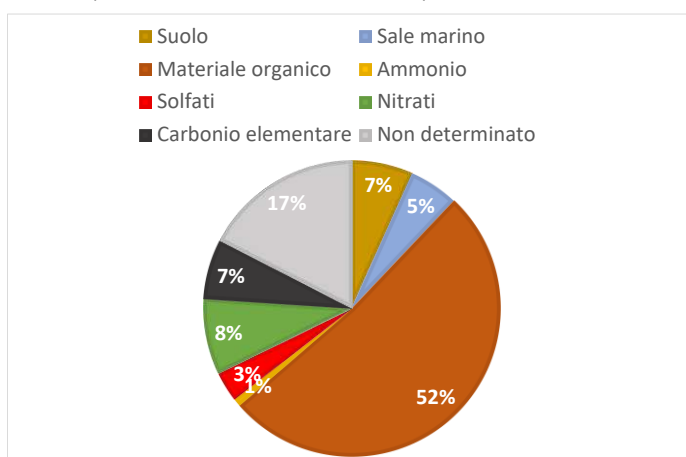


Figura 25. Stima dell'andamento giornaliero della distribuzione percentuale in massa del materiale particolato PM₁₀ determinato a Venafrò durante la stagione invernale.

Figura 26. Stima della distribuzione percentuale media in massa del materiale particolato PM₁₀ determinato a Venafrò durante la stagione invernale.



CONCLUSIONI

Lo studio è stato mirato ad approfondire la situazione ambientale della qualità dell'aria del Comune di Venafro sulla base dell'analisi del contesto emissivo presente nell'area e sulla base di analisi chimiche e di apposite campagne di monitoraggio effettuate tra il 2020 e il 2022.

Rispetto all'analisi del contesto emissivo si sono riscontrate delle evidenti lacune conoscitive e informative rispetto ai consumi specifici di combustibili sul territorio - e in particolare della biomassa - e ai flussi di traffico, che non consentono un'attribuzione accurata delle stime emissive e del contributo relativo delle varie sorgenti che insistono sul territorio, sebbene tali settori siano rilevanti in termini di contribuzione emissiva nell'area. Non sono disponibili, inoltre, punti di monitoraggio delle variabili meteorologiche e micrometeorologiche indispensabili per definire in modo accurato il quadro delle condizioni meteo-climatiche e il loro evolversi nel tempo, che consentirebbero di attribuire con un alto livello di confidenza i livelli di PM₁₀ osservati e le relative componenti alle diverse sorgenti che insistono sul territorio della Piana ed al contempo di monitorare, nel tempo, l'efficacia delle misure di risanamento intraprese.

Appare indispensabile sanare tali carenze attraverso lo svolgimento di indagini dedicate sui vari settori che determinano le emissioni nell'area.

Rispetto alle indagini di monitoraggio svolte a partire dal 2020, sono stati raccolti 472 campioni di particolato su filtri, per un totale di oltre 5.000 determinazioni analitiche effettuate dai laboratori dell'ISPRA, dell'ARPA Molise e dell'ARPAE Emilia-Romagna.

Lo studio ha confermato la situazione critica che già è nota dalle relazioni annuali dell'ARPA Molise circa gli elevati livelli di PM₁₀ rilevati nella Piana: nel corso degli anni non si evidenzia purtroppo una tendenza significativa al miglioramento. Gli andamenti stagionali rilevati nelle campagne ad hoc, confrontati con gli andamenti storici dei livelli di PM e con la stima dell'altezza dello strato limite planetario (PBL), confermano la stagione invernale come quella particolarmente critica, durante la quale, si vengono a determinare le condizioni più sfavorevoli da un punto di vista meteorologico.

A queste condizioni si aggiunge, nel periodo invernale, la sorgente determinata dall'uso dei dispositivi per il riscaldamento delle abitazioni e in generale degli edifici.

In base alle misure eseguite è possibile ipotizzare un contributo importante per le sorgenti da combustione sia per la presenza di valori elevati di levoglucosano, sia per la presenza di una elevata frazione di materiale organico nel PM; fattori, questi ultimi, entrambi compatibili con la combustione della biomassa legnosa e/o suoi derivati, comunque contenenti cellulosa. Non si è rilevato invece un contributo importante da parte del settore agricoltura.

I livelli delle varie specie determinate risultano in generale maggiori presso il sito di Venafro, rispetto al sito di Sesto

Campano. Presso il sito di Pozzilli sono stati rilevati livelli sistematicamente e significativamente inferiori.

In questo senso si può ipotizzare che nel comune di Venafro, ai livelli di fondo già piuttosto alti dovuti ai meccanismi che determinano la formazione di particolato secondario, si aggiunge la maggiore rilevanza delle sorgenti locali in relazione alla maggiore popolazione/densità di popolazione rispetto agli altri siti e alla rilevanza del traffico veicolare locale, che risente dei flussi di transito da e per la Campania che percorrono il paese attraverso la strada statale Venafra (e/o la variante esterna).

La complessità delle dinamiche che coinvolgono l'area di studio, da un punto di vista orografico, climatico e dei molteplici fattori di pressione, suggerisce la necessità di monitorare in futuro la qualità dell'aria con continuità non solo rispetto agli inquinanti già monitorati presso le stazioni della rete, ma anche attraverso la caratterizzazione del particolato nelle sue componenti principali e in tracce.

In tal senso come già sopra evidenziato appare necessaria anche l'attivazione di punti di monitoraggio delle variabili meteorologiche e micrometeorologiche indispensabili per definire in modo accurato il quadro delle condizioni meteo-climatiche e il loro evolversi nel tempo, dal momento che appare evidente dai risultati dello studio che queste rappresentino un elemento chiave nel favorire l'accumulo degli inquinanti in atmosfera e il verificarsi di episodi acuti di inquinamento atmosferico, con riferimento, in particolare, al materiale particolato.

BIBLIOGRAFIA

1. Relazione sulla qualità dell'aria. 2013. Regione Molise, ARPA MOLISE.
2. La qualità dell'aria in Molise. Report 2014. Regione Molise, ARPA MOLISE.
3. La qualità dell'aria in Molise. Report 2015. Regione Molise, ARPA MOLISE.
4. La qualità dell'aria in Molise. Report 2016. Regione Molise, ARPA MOLISE.
5. La qualità dell'aria in Molise. Report 2017. Regione Molise, ARPA MOLISE.
6. La qualità dell'aria in Molise. Report 2018. Regione Molise, ARPA MOLISE.
7. La qualità dell'aria in Molise. Report 2019. Regione Molise, ARPA MOLISE.
8. La qualità dell'aria in Molise. Report 2020. Regione Molise, ARPA MOLISE.
9. La qualità dell'aria in Molise. Report 2021. Regione Molise, ARPA MOLISE.
10. <https://www.mite.gov.it/pagina/rete-natura-2000>
11. Ordinanza Prefetto di Isernia Provvedimento del 28 febbraio 2017, prot. N. 7623
12. Ordinanza Prefetto di Isernia Provvedimento del 13 luglio 2017, prot. 26148
13. D.P.G.R. n. 12 del 25-02-2021 deviazione "mezzi pesanti" dal centro abitato di Venafro – provvedimenti ulteriori.
14. D.P.G.R. n. 14 del 25-02-2022 deviazione "mezzi pesanti" dal centro abitato di Venafro – provvedimenti ulteriori.
15. Codice della Strada, Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i.
16. La zonizzazione del territorio molisano D.G.R. n. 375 del 01 agosto 2014.
17. Deliberazione della Giunta Regionale Seduta del 7 ottobre 2016, n. 451 approvazione dell'adeguamento della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria ai sensi del D.Lgs 155/2010 e ss.mm.ii. Pag. 21290 BURM 2016, n. 39.
18. Legge Regionale n. 16/2011 Molise "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico."
19. Perrino C, Catrambone M, Canepari S. Chemical Composition of PM10 in 16 Urban, Industrial and Background Sites in Italy. Atmosphere. 2020; 11(5):479. <https://doi.org/10.3390/atmos11050479>
20. Piazzalunga, C. Belis, V. Bernardoni, O. Cazzuli, P. Fermo, G. Valli, R. Vecchi. Estimates of wood burning contribution to PM by the macro-tracer method using tailored emission factors. Atmospheric Environment, Volume 45, Issue 37, 2011, Pages 6642-6649, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.09.008>.
21. Belis C.A., Cancelinha J., Duane M., Forcina V., Pedroni V., Passarella R., Tanet G., Douglas K., Piazzalunga A., Bolzacchini E., Sangiorgi G., Perrone M.G., Ferrero L., Fermo P., Larsen B.R., 2011. Sources for PM air pollution in the Po Plain, Italy: I. Critical comparison of methods for estimating biomass burning contributions to benzo(a)pyrene. Atmospheric Environment 45, 7266-7275.
22. C. Perrino, L. Tofful, S. Dalla Torre, T. Sargolini, S. Canepari. Biomass burning contribution to PM₁₀ concentration in Rome (Italy): Seasonal, daily and two-hourly variations. Chemosphere, Volume 222, 2019, Pages 839-848, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.019>.
23. UNI EN 16913:2017 Aria ambiente - Metodo di riferimento per la determinazione di NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ contenuti nel PM_{2,5} depositati su filtri.
24. Air quality guidelines for Europe; second edition (WHO regional publications. European series ; No. 91). 2000. World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen.
25. Arsenic, metals, fibres, and dusts volume 100 C A review of human carcinogens. International Agency for Research on Cancer, 150 cours Albert Thomas, 69372 Lyon Cedex 08, France 2012.
26. https://www.lifeprepareu.eu/wp-content/uploads/2022/05/7_Azione-D6_Cuccia.pptx.pdf
27. UNI EN12341:2014 "Aria ambiente. Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM₁₀ o PM_{2,5}".
28. F. Lagler, M. Barbieri, A. Borowiak, J.P. Putaud "Evaluation of the Field Comparison Exercise for PM₁₀, and PM_{2,5} - Ispra, Febrary 13th - April 9th, 2015", JRC Technical Reports, EUR 28107 EN- 2016, ISBN 978-92-79-61836-9

29. Barbieri M., Lagler F., Borowiak A., Evaluation of the inter-laboratory comparison exercise for PM₁₀ and PM_{2.5} Ispra, 18 January to 14 March 2018” - European Commission harmonisation programme for air quality measurements, EUR 29939 EN Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-10168-0
30. D.M. 30 marzo 2017 Procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto della qualità delle misure dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni delle reti di misura. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Pubblicato in G.U. n.96 del 26-04-2017)
31. D. Centioli, M.Belli, S. Barbizzi, F. Cadoni, S. Gaudino “Linee guida per le attività di assicurazione/controllo qualità (QA/QC) per le reti di monitoraggio per la qualità dell'aria ambiente, ai sensi del D. Lgs. 155/2010 come modificato dal D. Lgs. N.250/2012”, ISPRA, Serie Manuali e Linee Guida n. 108/2014, ISBN 978-88-448-0647-7
32. Centioli D., Tarricone C., Kerschbaumer G., Castrofino G., De Bortoli A., Pompei M., Bolignano A. “Procedure operative per l'applicazione e l'esecuzione dei controlli di QA/QC per le reti di monitoraggio della qualità dell'aria”, ISPRA, Serie Manuali e Linee Guida n. 19/2018, ISBN: 978-88-448-0933-1
33. Centioli D., Andreini B.P., Angiuli L., Baiutti E., Cadoni F., Curci S., De Bortoli A., Fiore M., Ippolito G., Pironi C., Tanganelli G., Tarricone C., Trizio L. , “Procedure operative per l'applicazione e l'esecuzione dei controlli di QA/QC per le reti di monitoraggio della qualità dell'aria – Volume 2”, ISPRA, Serie Manuali e Linee Guida n. 37/2021, ISBN: 978-88-448-1089-4
34. R. Cerasi U. M. Lima-Souza, L. Caetano-Silva, M. E. C. Queiroz, R. F.P. Nogueira, A. G. Allen, A.A. Cardoso, G. Held, M. L. A.M.Campos; Use of levoglucosan, potassium, and water-soluble organic carbon to characterize the origins of biomass-burning aerosols; Atmospheric Environment Vol. 61, 2012, Pages 562-569 <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.082>
35. E. J. Freney, S.T. Martin & P.R. Buseck; Deliquescence and Efflorescence of Potassium Salts Relevant to Biomass-Burning Aerosol Particles; Aerosol Science and Technology Vol. 43, 2009 <https://doi.org/10.1080/02786820902946620>
36. J. E. Pachon, R. J. Weber, X. Zhang, J. A. Mulholland, A.G.Russell; Revising the use of potassium (K) in the source apportionment of PM_{2.5}; Atmospheric Pollution Research
37. M.J. Mysliwiec and M. J. Kleeman; Source Apportionment of Secondary Airborne Particulate Matter in a Polluted Atmosphere; Environ. Sci. Technol. 2002, 36, 24, 5376–5384 <https://doi.org/10.1021/es020832s>
38. S. Sandrini, S. Fuzzi, A. Piazzalunga, P. Prati, P. Bonasoni, F- Cavalli, M. C. Bove, M. Calvello, D. Cappelletti, C. Colombi, D. Contini, G. de Gennaro, A. Di Gilio, P. Fermo, L. Ferrero, V. Gianelle, M. Giugliano, P. Ielpo, G. Lonati, A. Marinoni, D. Massabò, U. Molteni, B. Moroni, G. Pavese, C. Perrino, M. G. Perrone, M. R. Perrone, J.P. Putaud, T. Sargolini, R. Vecchi, S. Gilardoni, Spatial and seasonal variability of carbonaceous aerosol across Italy, Atmospheric Environment, 99, 2014, 587-598. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.10.032>.
39. ARPA Valle d'Aosta, ARPA Umbria, ARPA Veneto. 2018. Progetto per la valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria provocati dagli stabilimenti di produzione dell'acciaio. Report finale. https://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/aria/progetti/progetto_acciaierie_finale.pdf
40. Chow, J.C.; Lowenthal, D.H.; Chen, L.W.; Wand, X.; Watson, J.G. Mass reconstruction methods for PM_{2.5}: A review. Air Qual. Atmos. Health 2015, 8, 243–263.
41. Perrino, C.; Canepari, S.; Catrambone, M.; Dalla Torre, S.; Rantica, E.; Sargolini, T. Influence of natural events on the concentration and composition of atmospheric particulate matter. Atmos. Environ. 2009, 43, 4766–4779.
42. Perrino, C.; Catrambone, M.; Dalla Torre, S.; Rantica, E.; Sargolini, T.; Canepari, S. Seasonal variations in the chemical composition of particulate matter: A case study in the Po Valley. Part I: Macro-components and mass closure. Environ. Sci. Pollut. Res. 2014, 21, 3999–4009.
43. Cesari, D.; De Benedetto, G.E.; Bonasoni, P.; Busetto, M.; Dinoi, A.; Merico, E.; Chirizzi, D.; Cristofanelli, P.; Donato, A.; Grasso, F.M.; et al. Seasonal variability of PM_{2.5} and PM₁₀ composition and sources in an urban background site in Southern Italy. Sci. Total Environ. 2018, 612, 202–213.
44. Turpin, B.J.; Lim, H. Species Contribution to PM_{2.5} Mass Concentration: Revisiting Common Assumptions for Estimating Organic Mass. Aerosol. Sci. Technol. 2001, 35, 602–610. [CrossRef]
45. Viidanoja, J.; Sillanpää, M.; Laakia, J.; Kerminen, V.M.; Hillamo, R.; Aarnio, P.; Koskentalo, T. Organic and black carbon in PM_{2.5} and PM₁₀: 1 year of data from an urban site in Helsinki, Finland. Atmos. Environ. 2002, 36, 3183–3193.
46. Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
47. Decreto Legislativo 24 dicembre 2012, n. 250 “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.”

ALLEGATI

[Tabella 1 - ARPA MOLISE: Venafro2 - determinazione metalli e IPA su PM10 \(21/02/2021- 14/02/2021 \)](#)

[Tabella 2 - ARPAE: Venafro2 - determinazione ioni, carbonio totale, carbonio elementare, carbonio organico e zuccheri anidri \(15/02/2021 - 28/02/2021\)](#)

[Tabella 3 - ISPRA: Venafro2 - determinazione metalli su PM10. EDXRF \(21/12/2020 - 17/01/2021\)](#)

[Tabella 4 - ISPRA: Venafro2 - determinazione ioni su PM10. IC \(21/12/2020 - 17/01/2021\)](#)

[Tabella 5 - ARPA MOLISE: campagna estiva. Sesto Campano. Determinazione concentrazione di massa del PM10. Confronto con Venafro 2 \(25/06/2021 - 24/07/2021\)](#)

[Tabella 6 - ARPA MOLISE: campagna estiva. Sesto Campano. determinazione concentrazione di massa del PM2.5. Confronto con Venafro 2 \(25/06/2021 - 24/07/2021\)](#)

[Tabella 7 - ISPRA: campagna estiva. Venafro 1 e Pozzilli. Determinazione concentrazione di massa del PM2.5 e del PM10. \(25/06/2021 - 26/07/2021\)](#)

[Tabella 8 - ISPRA: campagna estiva. Venafro1 e Pozzilli determinazione ioni su PM10. IC \(27/06/2021 - 06/07/2021\)](#)

[Tabella 9 - ISPRA: campagna estiva. Venafro1 determinazione metalli su PM10. ED-XRF \(25/06/2021 - 26/07/2021\)](#)

[Tabella 10 - ISPRA: campagna estiva. Pozzilli. Determinazione metalli su PM10. ED-XRF \(25/06/2021 - 26/07/2021\)](#)

[Tabella 11 - ARPAE: campagna estiva. Pozzilli e Venafro1. Determinazione carbonio organico \(OC\) e carbonio elementare \(EC\) su PM10. \(13/07/2021 - 22/07/2021\)](#)

[Tabella 12 - ARPA MOLISE/ISPRA: campagna invernale. Sesto Campano, Venafro1 e Pozzilli. Determinazione concentrazione di massa del PM10 e confronto con Venafro2. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)

[Tabella 13 - ISPRA: campagna invernale. Venafro1 determinazione ioni sul PM10. IC \(19/01/2022- 03/03/2022\)](#)

[Tabella 14 - ISPRA: campagna invernale. Pozzilli. Determinazione ioni sul PM10. IC \(19/01/2022- 03/03/2022\)](#)

[Tabella 15 - ISPRA: campagna invernale. Sesto Campano. Determinazione ioni sul PM10. IC \(19/01/2022- 03/03/2022\)](#)

[Tabella 16 - ARPA MOLISE: campagna invernale. Pozzilli. Determinazione metalli e semimetalli sul PM10. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)

[Tabella 17 - ARPA MOLISE: campagna invernale. Sesto Campano. Determinazione metalli e semimetalli sul PM10. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)

[Tabella 18 - ARPA MOLISE: campagna invernale. Venafro1. Determinazione metalli e semimetalli sul PM10. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)

[Tabella 19 - ARPAE EMILIA ROMAGNA: campagna invernale. Venafro1. Determinazione carbonio organico, carbonio elementare, carbonio totale e levoglucosano sul PM10. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)

[Tabella 20 - ARPAE EMILIA ROMAGNA: campagna invernale. Pozzilli. Determinazione carbonio organico, carbonio elementare, carbonio totale e levoglucosano sul PM10. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)

[Tabella 21 - ARPAE EMILIA ROMAGNA: campagna invernale. Sesto Campano. Determinazione carbonio organico, carbonio elementare, carbonio totale e levoglucosano sul PM10. \(19/01/2022- 01/03/2022\)](#)



**Tabella 1 - ARPA MOLISE: Venafro2 - determinazione metalli e IPA su PM10
(21/02/2021- 14/02/2021)**

data	BENZO(a)PIRENE (ngm-3)	BENZO(a)ANTRACENE (ngm-3)	BENZO(b)FLUORANTENE (ngm-3)	BENZO(k)FLUORANTENE (ngm-3)	INDENO(1,2,3-cd)PIRENE (ngm-3)	DIBENZO(a,h)ANTRACENE (ngm-3)	BENZO(g,h,i)PERILENE (ngm-3)	PM10 (µgm-3)	As (ngm-3)	Cd (ngm-3)	Cr (ngm-3)	Mn (ngm-3)	Ni (ngm-3)	Pb (ngm-3)	Cu (ngm-3)	Sb (ngm-3)	Co (ngm-3)	Tl (ngm-3)	V (ngm-3)
21/01/2021								44	<2	0.2	<1	3	<2	3	5	<2	<2	<2	<2
22/01/2021	0.21	0.09	0.25	0.13	0.22	0.04	0.2	37											
23/01/2021								33	<2	<0.2	<1	1	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2
24/01/2021	1.14	0.5	1.28	0.66	1.1	0.2	0.95	18											
25/01/2021								26	<2	0.6	<1	2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2
26/01/2021	2.32	2.87	1.54	0.89	1.1	0.22	0.89	47											
27/01/2021								65	<2	<0.2	<1	7	<2	2	9	<2	<2	<2	<2
28/01/2021	1.5	1	1.2	0.72	0.93	0.17	0.76	48											
29/01/2021								43	<2	0.2	<1	4	<2	<2	4	<2	<2	<2	<2
30/01/2021	2.36	1.62	1.78	1.09	1.59	0.23	1.32	53											
31/01/2021								34	<2	<0.2	<1	1	<2	<2	1	<2	<2	<2	<2
01/02/2021	3	2.1	2.22	1.41	2.01	0.22	1.71	47											
02/02/2021								57	<2	0.2	<1	6	<2	2	6	<2	<2	<2	<2
03/02/2021	0.09	0.06	0.12	0.08	0.12	<0,04	0.1	47											
04/02/2021								55	<2	0.2	<1	6	<2	3	8	<2	<2	<2	<2
05/02/2021	0.32	0.25	0.2	0.12	0.18	<0,04	0.16	84											
06/02/2021								95	<2	0.3	1	13	<2	3	10	<2	<2	<2	<2
07/02/2021	2.71	1.26	2.65	1.42	2.45	0.34	2.13	56											
08/02/2021								24	<2	<0.2	<1	3	<2	<2	1	<2	<2	<2	<2
09/02/2021	2.14	1.26	1.54	0.94	1.45	0.24	0.16	27											
10/02/2021								22	<2	<0.2	<1	1	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2
11/02/2021	2.07	1.28	1.58	0.95	0.18	0.23	1.38	37											
12/02/2021								24	<2	<0.2	<1	2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2
13/02/2021	0.87	0.68	0.82	0.49	0.72	0.12	0.57	11											
14/02/2021								15	<2	<0.2	<1	1	<2	<2	<1	<2	<2	<2	<2

Tabella 2 - ARPAE: Venafro2 - determinazione ioni, carbonio totale, carbonio elementare, carbonio organico e zuccheri anidri (15/02/2021 - 28/02/2021)

			Media	23.12	NA	NA	0.49	0.86	2.26	<0.28	2.21	0.41	<0.02	4.45	<0.46	1.49	2.54	0.06	0.05	
15/02/2021			Min	5.51	NA	NA	<0.61	<0.11	0.48	<0.28	1.14	0.19	<0.02	0.87	<0.46	0.65	0.41	0.04	<0.01	
28/02/2021			Max	33.15	NA	NA	1.36	3.26	3.51	<0.28	3.27	0.93	<0.02	12.13	<0.46	3.23	3.98	0.09	0.06	
			TC	OC	EC	Na+	NH4+	K+	Mg++	Ca++	Cl-	Br-	NO3-	PO4---	SO4--	Levoglicosano	Mannosano	Galattosano		
			(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)	(µgm-3)		
15/02/2021	2021000403	21LA12287	12.9			1.06	<0.11	1.16	<0.28	1.14	0.93	<0.02	0.87	<0.46	0.65	1.58	0.06	0.05		
16/02/2021	2021000404	21LA12306	23.83			0.68	0.46	2.5	<0.28	1.73	0.43	<0.02	3.29	<0.46	0.81	2.44	0.07	0.05		
17/02/2021	2021000405	21LA12307	26.67			<0.61	0.91	2.58	<0.28	2.15	0.4	<0.02	6.6	<0.46	1.03	2.66	0.07	0.06		
18/02/2021	2021000406	21LA12308	17.74			<0.61	0.47	3.11	<0.28	1.89	0.27	<0.02	3.15	<0.46	0.92	3.98	0.09	0.04		
19/02/2021	2021000407	21LA12309	21.4			<0.61	0.59	2.08	<0.28	2.15	0.19	<0.02	3.73	<0.46	0.95	2.26	0.06	0.05		
20/02/2021	2021000408	21LA12310	27.12			<0.61	0.88	2.46	<0.28	2.28	0.26	<0.02	4.88	<0.46	1.38	2.71	0.06	0.05		
21/02/2021	2021000409	21LA12311	20.3			<0.61	0.62	1.94	<0.28	1.84	0.33	<0.02	2.44	<0.46	1.11	2.21	0.06	0.06		
22/02/2021	2021000410	21LA12312	33.15			<0.61	0.58	3.51	<0.28	2.27	0.37	<0.02	3.2	<0.46	1.76	3.31	0.08	0.06		
23/02/2021	2021000411	21LA12313	31.49			<0.61	0.62	3.18	<0.28	2.13	0.29	<0.02	3.18	<0.46	1.61	3.01	0.06	0.06		
24/02/2021	2021000412	21LA12314	30.56			0.66	0.7	2.94	<0.28	2.72	0.45	<0.02	4.48	<0.46	2.01	3.42	0.06	<0.01		
25/02/2021	2021000413	21LA12315	27.51			<0.61	0.66	2.32	<0.28	2.92	0.32	<0.02	4.65	<0.46	1.56	2.52	0.04	0.06		
26/02/2021	2021000414	21LA12316	21.44			<0.61	1.86	1.84	<0.28	3.27	0.29	<0.02	8.09	<0.46	2.21	2.08	0.06	0.05		
27/02/2021	2021000415	21LA12317	24.09			<0.61	3.26	1.57	<0.28	3.19	0.24	<0.02	12.13	<0.46	3.23	3	0.06	0.05		
28/02/2021	2021000416	21LA12318	5.51	4.85	0.66	1.36	0.38	0.48	<0.28	1.23	0.93	<0.02	1.55	<0.46	1.6	0.41	0.04	0.04		
DATI PREPA/BOLOGNA (Via Gobetti)			PM10 (µgm-3)	TC (µgm-3)	OC (µgm-3)	EC (µgm-3)	Na+ (µgm-3)	NH4+ (µgm-3)	K+ (µgm-3)	Mg++ (µgm-3)	Ca++ (µgm-3)	Cl- (µgm-3)	Br- (µgm-3)	NO3- (µgm-3)	PO4--- (µgm-3)	SO4-- (µgm-3)	Levoglicosano (µgm-3)	Mannosano (µgm-3)	Galattosano (µgm-3)	
			Media	54	8.79	7.95	0.84	0.68	3.95	0.17	0.14	1.49	0.71	<0.03	11.48	0.51	1.79	0.33	NA	NA
			Min	19	5.81	5.26	0.29	0.38	0.56	<0.08	<0.03	0.74	0.10	<0.03	2.05	<0.09	<0.06	<0.05	NA	NA
			Max	81	12.08	10.85	1.50	1.33	9.75	0.56	0.53	3.19	1.43	<0.03	32.10	2.87	3.43	0.72	NA	NA

**Tabella 3 - ISPRA: Venafro2 - determinazione metalli su PM10.
EDXRF (21/12/2020 - 17/01/2021)**

	PM10 µg/m ³	Mn ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Ni ng/m ³	Cu ng/m ³	Zn ng/m ³	As ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Ti ng/m ³	K ng/m ³	Ca ng/m ³	Co ng/m ³	S ng/m ³	
Venafro-1	21/12/2020	90	9.93	2.72	686.13	0.97	15.48	44.44	1.08	6.11	2.09	22.36	1290.25	2191.96	0.18	701.19
Venafro-2	22/12/2020	103	9.77	2.97	723.12	1.35	17.69	48.43	1.09	6.17	2.20	22.54	1506.23	2231.99	0.19	689.98
Venafro-3	23/12/2020	119	11.53	3.47	706.71	1.56	17.82	50.97	1.49	8.54	2.50	23.36	1389.91	2287.78	0.18	674.86
Venafro-4	24/12/2020	59	5.63	1.53	370.78	0.90	9.98	26.07	1.14	6.42	1.42	14.44	684.50	1344.43	0.10	477.05
Venafro-5	25/12/2020	22	1.63	0.08	72.97	0.57	1.90	7.84	0.23	1.34	0.27	3.08	234.59	253.96	0.02	279.25
Venafro-6	26/12/2020	34	1.37	0.10	53.91		1.16	7.02	0.14	0.86	0.26	1.66	395.98	90.86	0.01	96.78
Venafro-7	27/12/2020	29	2.49	0.50	145.75		3.18	9.55	0.09	0.55	0.51	7.21	358.34	853.83	0.04	128.13
Venafro-8	28/12/2020	20	2.10	0.24	79.33	0.11	1.74	4.61	0.17	0.95	0.30	3.13	206.59	225.53	0.03	325.69
Venafro-9	29/12/2020	37	1.99	0.28	93.09		2.03	7.07	0.14	0.79	0.36	4.01	320.59	390.49	0.03	183.69
Venafro-10	30/12/2020	35	1.93	0.72	144.21		3.61	14.99	0.17	0.96	0.48	3.73	408.72	184.80	0.04	144.65
Venafro-11	31/12/2020	77	7.43	1.87	367.66		14.32	23.27	0.46	2.66	2.80	25.19	1242.56	3472.97	0.10	300.58
Venafro-12	01/01/2021	57	4.16	1.98	78.19	0.03	30.78	22.83	0.55	3.33	5.99	37.82	2020.34	423.55	0.03	672.81
Venafro-13	02/01/2021	22	1.80	0.31	115.08		1.76	6.25	0.07	0.35	0.66	7.39	289.30	285.43	0.03	223.78
Venafro-14	03/01/2021	32	1.67	0.14	62.35	0.04	1.53	9.14	0.15	0.79	0.21	1.97	350.65	121.08	0.02	124.90
Venafro-15	04/01/2021	53	5.37	1.19	296.89	0.31	6.37	32.07	0.42	2.37	0.89	11.65	745.85	2291.66	0.08	200.50
Venafro-1A	05/01/2021	44	1.80	0.29	104.30		2.40	13.76	0.28	1.62	0.25	2.57	617.95	202.58	0.03	169.80
Venafro-2A	06/01/2021	41	2.40	0.31	111.15		2.93	11.40	0.17	1.02	0.32	3.38	547.68	205.25	0.03	170.31
Venafro-3A	07/01/2021	41	2.97	0.73	192.44	0.24	4.86	18.61	0.25	1.44	1.65	34.48	533.61	824.72	0.06	151.97
Venafro-4A	08/01/2021	21	1.20	0.49	144.54	0.07	3.13	8.01	0.07	0.35	0.31	3.86	298.71	366.27	0.04	101.04
Venafro-5A	09/01/2021	12	1.06	0.17	46.78		0.26	4.14	0.06	0.39	0.27	2.48	121.89	307.01	0.01	164.84
Venafro-6A	10/01/2021	13	1.77	0.21	137.59		0.59	8.74			0.60	9.62	165.22	264.15	0.04	159.96
Venafro-7A	11/01/2021	21	1.81	0.55	149.34	0.29	2.51	6.76	0.16	0.91	0.57	6.23	231.68	893.42	0.04	344.38
Venafro-8A	12/01/2021	45	4.86	1.18	297.27		5.37	15.41	0.19	1.06	0.98	13.24	486.71	2971.18	0.08	390.22
Venafro-9A	13/01/2021	86	9.85	2.36	593.03	0.36	11.62	35.47	0.65	3.66	2.04	24.39	1145.34	4512.76	0.16	473.82
Venafro-10A	14/01/2021	67	5.72	1.29	332.54	0.45	9.94	23.58	0.44	2.45	1.04	9.49	922.12	918.68	0.09	414.30
Venafro-11A	15/01/2021	19	2.62	0.63	153.23		2.45	8.92	0.14	0.76	0.70	9.50	167.55	1918.31	0.05	179.51
Venafro-A12	16/01/2021	19	1.72	0.36	113.02		2.17	7.45	0.18	1.01	0.35	4.25	183.41	781.27	0.04	242.28
Venafro-A13	17/01/2021	44	2.32	0.46	132.02		2.57	13.77	0.30	1.75	0.54	4.89	625.59	652.26	0.04	279.59

**Tabella 4 - ISPRA: Venafro2 - determinazione ioni su PM10.
 IC (21/12/2020 - 17/01/2021)**

Codice cliente	Sampling	Cloruri	Nitrati	Solfati	Sodio	Ione			
						Ammoni o	Potassio	Magnesio	Calcio
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1	21/12/2020	0.143	2.707	2.088	0.138	0.419	1.523		1.702
2	22/12/2020	0.225	6.133	2.299	0.178	0.979	1.985		1.832
3	23/12/2020	0.381	9.680	2.193	0.226	1.578	1.969		1.857
4	24/12/2020	0.081	5.484	1.467	0.285	0.812	0.902		0.999
5	25/12/2020	1.381	0.917	0.888	1.261	0.033	0.287	0.161	
6	26/12/2020		0.855	0.352	0.069	0.072	0.540		
7	27/12/2020	0.010	0.724	0.428	0.075	0.073	0.450		0.591
8	28/12/2020	2.504	0.774	0.918	1.900	0.0256	0.255	0.269	
9	29/12/2020	2.256	1.059	0.724	1.642	0.018	0.529	0.241	0.185
10	30/12/2020	0.205	1.204	0.476	0.381	0.037	0.555		
11	31/12/2020	0.318	1.873	0.960	0.180	0.069	1.601		2.068
12	01/01/2021	0.399	1.924	2.000	0.202	0.141	2.427	0.165	
13	02/01/2021	0.982	0.651	0.650	0.786	0.049	0.331	0.107	
14	03/01/2021	0.350	0.820	0.445	0.360	0.049	0.489		
15	04/01/2021	0.162	1.418	0.657	0.144	0.062	0.946		1.650
01A	05/01/2021	0.073	1.735	0.580	0.114	0.206	0.818		
02A	06/01/2021	0.187	1.771	0.581	0.299	0.162	0.784		
03A	07/01/2021	0.105	1.674	0.504	0.148	0.133	0.699		0.533
04A	08/01/2021		0.725	0.299	0.050	0.069	0.390		
05A	09/01/2021		0.305	0.543	0.090	0.130	0.136		
06A	10/01/2021		0.138	0.575	0.035	0.097	0.150		
07A	11/01/2021		0.443	1.077	0.094	0.247	0.261		0.626
08A	12/01/2021	0.067	1.452	1.274	0.047	0.251	0.596		2.193
09A	13/01/2021	0.218	3.706	1.463	0.158	0.305	1.376		2.892
10A	14/01/2021	0.574	3.967	1.296	0.540	0.447	1.185		0.857
11A	15/01/2021	0.775	0.819	0.476	0.678	0.051	0.155	0.092	1.442
12A	16/01/2021	0.179	0.579	0.787	0.342	0.120	0.223		0.757
13A	17/01/2021	0.037	1.856	0.869	0.146	0.229	0.787		0.688

Tabella 5 - ARPA MOLISE: campagna estiva. Sesto Campano
determinazione concentrazione di massa del PM10. Confronto con Venafro 2 (25/06/2021 - 24/07/2021)

PM10	SESTO	
	CAMPANO	VENAFRO2
min	12	13
max	71	68
media	24	26

data	SESTO CAMPANO PM10	VE2
25/06/2021	32	47
26/06/2021	26	25
27/06/2021	20	21
28/06/2021	39	42
29/06/2021	71	68
30/06/2021	42	47
01/07/2021	21	21
02/07/2021	20	20
03/07/2021	19	19
04/07/2021	16	18
05/07/2021	17	23
06/07/2021	20	22
07/07/2021	21	25
08/07/2021	21	23
09/07/2021		
10/07/2021	19	22
11/07/2021	21	21
12/07/2021	20	22
13/07/2021	27	29
14/07/2021	29	27
15/07/2021	18	18
16/07/2021	17	17
17/07/2021	14	15
18/07/2021	12	13
19/07/2021	15	17
20/07/2021	18	19
21/07/2021	21	22
22/07/2021	23	27
23/07/2021	27	26
24/07/2021	26	26

Tabella 6 - ARPA MOLISE: campagna estiva. Sesto Campano
determinazione concentrazione di massa del PM2.5. Confronto con Venafro 2 (25/06/2021 - 24/07/2021)

	PM10	SESTO CAMPANO	VENAFRO2
	min	8	8
	max	29	23
	media	12	14

data	SESTO CAMPANO	VE2
26/06/2021	13	14
27/06/2021	11	13
28/06/2021	20	21
29/06/2021	29	23
30/06/2021	20	18
01/07/2021	9	11
02/07/2021	9	10
03/07/2021	10	12
04/07/2021	10	13
05/07/2021	10	14
06/07/2021	11	14
07/07/2021	12	17
08/07/2021	13	16
09/07/2021	12	16
10/07/2021	9	12
11/07/2021	11	13
12/07/2021	11	14
13/07/2021	13	16
14/07/2021	12	11
15/07/2021	8	8
16/07/2021	8	10
17/07/2021	8	8
18/07/2021	9	10
19/07/2021	10	12
20/07/2021	11	13
21/07/2021	12	14
22/07/2021	14	17
23/07/2021	16	13
24/07/2021	15	19
25/07/2021	16	19

Tabella 7 - ISPRA: campagna estiva. Venafro 1 e Pozzilli.
determinazione concentrazione di massa del PM2.5 e del PM10. (25/06/2021 - 26/07/2021)

	PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	venafro gravimetrico	venafro automatico	pozzilli gravimetrico	Pozzilli automatico	venafro gravimetrico	venafro automatico	pozzilli gravimetrico	pozzilli automatico	
25/06/2021		19	24	16			56	45	36
26/06/2021		11	10	8			23	21	15
27/06/2021		10	6	7		22	16	16	8
28/06/2021		17	14	17		40	37	33	20
29/06/2021		21	31	21			74	62	35
30/06/2021		12	23	15			53	45	23
01/07/2021		8	8	6		28	19	19	6
02/07/2021		7	9	6		24	19	17	5
03/07/2021		9	7	7		22	15	16	5
04/07/2021		9	6	8		19	14	13	4
05/07/2021		9	6	8		22	14	15	5
06/07/2021		7	6	7		22	20	14	5
07/07/2021		10	5	9		23	15	13	5
08/07/2021		11	4	9		23	15	16	5
09/07/2021		12	6	8		26	17		5
10/07/2021		10	6	8		23	14		4
11/07/2021		10	9	7		23	17		4
12/07/2021		9	6	8		22	15		4
13/07/2021		16	8	11		32	24	23	5
14/07/2021		8	12	9		32	32	26	8
15/07/2021		8	8	6		23	16	14	3
16/07/2021		9	6	5		20	12	16	3
17/07/2021		8	5	6		13	13	11	3
18/07/2021		9		7		14		10	
19/07/2021		13		8		19		12	
20/07/2021		11		10		20		10	
21/07/2021		13		11		24		19	
22/07/2021		13		12		27		18	
23/07/2021								20	
24/07/2021								21	
25/07/2021								20	
26/07/2021								17	

**Tabella 8 - ISPRA: campagna estiva. Venafro1 e Pozzilli
 determinazione ioni su PM10. IC (27/06/2021 - 06/07/2021)**

Codice ISPRA	codice cliente	Sampling	Ione							
			Cloruri	Nitrati	Solfati	Sodio	Ammoni o	Potassio	Magnesio	Calcio
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pozzilli	A241_Q_03	27/06/2021		0.707	1.091		0.254	0.114		0.845
Pozzilli	A241_Q_04	28/06/2021	0.023	0.923	1.789		0.383	0.157		2.086
Pozzilli	A241_Q_07	29/06/2021	1.461	1.951	1.490	1.499	0.097	0.128	0.229	0.572
Pozzilli	A241_Q_08	30/06/2021	0.690	1.803	1.577	1.040	0.115	0.095	0.169	0.444
Pozzilli	A241_Q_09	01/07/2021	0.060	1.689	1.696	0.553	0.318	0.104	0.106	0.582
Pozzilli	A241_Q_10	02/07/2021		0.787	1.831	0.181	0.446	0.187		0.096
Pozzilli	A241_Q_11	03/07/2021	0.063	0.980	1.886	0.257	0.451	0.098		0.471
Pozzilli	A241_Q_12	04/07/2021		0.916	1.800	0.168	0.4507	0.084		1.183
Pozzilli	A241_Q_13	05/07/2021		0.548	1.461		0.402	0.088		0.931
Pozzilli	A241_Q_14	06/07/2021		0.358	1.065		0.281	0.147		0.989
Venafro	A241_Q_108	27/06/2021		0.795	1.046		0.106	0.147		0.950
Venafro	A241_Q_109	28/06/2021	0.066	1.247	1.887	0.003	0.210	0.223		2.750
Venafro	A241_Q_112	29/06/2021	1.753	2.378	1.619	1.695		0.167	0.263	1.446
Venafro	A241_Q_113	30/06/2021	0.922	2.320	1.770	1.289		0.132	0.217	1.361
Venafro	A241_Q_114	01/07/2021	0.081	1.876	1.820	0.663	0.075	0.158	0.131	0.793
Venafro	A241_Q_115	02/07/2021		1.015	1.869	0.213	0.245	0.198	0.073	1.030
Venafro	A241_Q_116	03/07/2021	0.100	1.094	1.911	0.296	0.180	0.158	0.084	0.974
Venafro	A241_Q_117	04/07/2021	0.056	1.198	1.883	0.263	0.181	0.172	0.077	1.086
Venafro	A241_Q_118	05/07/2021		0.729	1.550		0.236	0.161		1.281
Venafro	A241_Q_119	06/07/2021		0.502	1.066	-0.134	0.117	0.245		1.302

Tabella 9 - ISPRA: campagna estiva. Venafro1
determinazione metalli su PM10. ED-XRF (25/06/2021 - 26/07/2021)

DATA	PM10 µg/m ³	Mn ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Cu ng/m ³	Zn ng/m ³	Mg ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Al ng/m ³	Ti ng/m ³	K ng/m ³	Ca ng/m ³	S ng/m ³
25/06/2021														
26/06/2021														
27/06/2021	22	7.5	1.6	574.7	5.7	11.0	140.6	0.2	2.7	1284.0	40.4	304.3	1240.4	305.3
28/06/2021	40	17.0	4.2	1447.5	9.0	14.8	366.1	2.9	7.2	3943.7	114.5	642.9	2675.0	505.5
29/06/2021														
30/06/2021														
01/07/2021	28	6.3	1.7	370.7	6.3	9.5	113.9	0.3	1.9	68.8	22.9	187.0	1186.3	449.8
02/07/2021														
03/07/2021	22	3.8	1.1	326.3	7.5	8.0	102.4	1.8	1.9	542.5	22.2	209.1	842.9	471.5
04/07/2021	19	3.3	1.0	317.1	5.0	8.9	81.0	1.5	1.6	519.6	18.0	232.5	797.0	492.9
05/07/2021	22	5.4	1.6	440.9	7.7	13.8	89.4	3.5	2.2	718.3	29.2	240.9	1096.6	500.6
06/07/2021														
07/07/2021	23	6.2	1.8	477.6	8.6	11.9	80.2	2.1	2.4	794.8	29.3	275.3	1472.7	425.7
08/07/2021	23	9.3	2.1	551.8	8.9	15.4	93.2	3.0	2.6	1307.0	34.3	382.4	1572.2	308.8
09/07/2021	26	12.3	2.2	575.3	9.2	10.6	135.3	2.7	2.9	1276.3	38.0	428.1	1740.2	404.1
10/07/2021	23	8.2	1.2	395.7	6.2	7.8	103.9	2.5	1.8	725.9	24.3	241.5	1061.4	423.9
11/07/2021	23	6.8	2.0	333.8	17.4	8.7	117.7	2.7	4.6	519.7	37.4	568.7	924.0	626.5
12/07/2021	22	7.6	1.9	414.1	9.7	10.6	93.3	1.7	2.4	710.9	25.1	245.4	1160.3	512.0
13/07/2021	32	13.6	2.8	869.6	9.9	12.4	215.5	3.5	4.5	2216.3	66.8	441.0	1758.5	575.3
14/07/2021	32	6.7	1.6	486.0	6.4	6.6	279.0	2.2	2.3	924.9	33.9	328.0	1261.2	615.2
15/07/2021	23	2.8	1.1	305.4	9.2	23.5	31.3	2.2	1.4		19.2	169.9	843.0	355.6
16/07/2021	20	4.1	1.1	296.2	6.3	9.4	95.5	2.2	1.2	168.1	14.9	165.3	794.7	450.3
17/07/2021	13	0.5	1.0	225.2	5.2	22.6		1.6	1.5		13.8	153.4	458.0	270.1
18/07/2021	14	1.0	0.5	173.5	3.2	7.0		1.7	0.5		8.3	107.1	285.9	450.4
19/07/2021	19	5.3	1.3	332.1	7.4	13.6	44.3	3.1	1.2	129.9	15.4	161.9	796.4	568.1
20/07/2021	20	4.1	1.6	447.5	7.6	12.8		2.1	1.8		26.1	187.9	772.0	417.5
21/07/2021	24	7.0	1.8	609.5	8.8	13.6	76.4	2.7	2.6	886.6	37.7	239.9	1038.7	514.1
22/07/2021	27	6.4	1.9	662.1	10.0	14.3	29.0	1.9	2.9	634.3	41.9	277.3	1289.9	462.0
23/07/2021														
24/07/2021														
25/07/2021														
26/07/2021														

Tabella 10 - ISPRA: campagna estiva. Pozzilli
determinazione metalli su PM10. ED-XRF (25/06/2021 - 26/07/2021)

DATA	PM10 µg/m ³	Mn ng/m ³	Cr ng/m ³	Fe ng/m ³	Cu ng/m ³	Zn ng/m ³	Mg ng/m ³	Pb ng/m ³	V ng/m ³	Al ng/m ³	Ti ng/m ³	K ng/m ³	Ca ng/m ³	S ng/m ³
25/06/2021	45	22.4	4.4	1709.2	8.7	27.5	525.7	2.1	9.1	5165.7	146.6	726.5	3090.2	714.7
26/06/2021	21	8.5	1.5	699.0	3.8	24.8	157.9	0.9	4.1	1411.6	61.0	370.1	1416.2	341.6
27/06/2021	16	5.0	0.8	449.4	4.8	23.3	153.4	0.5	3.0	1335.2	39.1	264.8	1132.3	276.0
28/06/2021	33	14.8	2.4	1230.5	5.1	20.6	280.0	2.0	6.6	3150.5	106.6	552.4	2280.9	403.3
29/06/2021	62	31.4	6.4	2552.1	8.0	28.0	708.8	2.8	13.5	7553.3	224.9	1101.8	4257.3	876.4
30/06/2021	45	19.8	3.9	1651.5	5.3	22.5	499.6	0.6	9.3	4996.5	145.2	742.3	2921.6	797.7
01/07/2021	19	2.9	0.8	259.8	3.0	17.4	199.2		1.6	358.7	19.1	197.7	882.3	414.6
02/07/2021	17	2.2	0.6	345.9	3.4	14.7	123.6		1.6	190.7	18.1	173.2	788.1	396.9
03/07/2021	16	2.2	0.9	264.3	4.1	13.8	109.9		1.8	419.7	18.1	189.7	860.0	409.2
04/07/2021	13	0.7	0.5	196.1	1.9	12.6	70.2		1.6	297.6	15.2	222.2	521.2	423.7
05/07/2021	15	2.3	0.8	297.1	3.5	15.5	87.0		1.9	480.7	22.9	195.6	820.3	448.8
06/07/2021	14	3.8	0.8	290.9	4.2	28.8	22.9	0.5	2.3		21.2	178.6	1363.1	408.3
07/07/2021	13	7.9	1.4	339.3	5.1	26.9	86.2	1.9	2.4	785.9	24.0	189.3	1163.6	369.0
08/07/2021	16	7.4	1.5	402.5	6.4	27.9	79.3	1.3	3.3	1045.1	33.8	274.5	1248.0	258.4
09/07/2021														
10/07/2021														
11/07/2021														
12/07/2021														
13/07/2021	23	10.2	2.0	679.7	6.1	25.0	171.7	1.4	4.2	1732.2	56.8	372.2	1285.0	430.1
14/07/2021	26	7.6	1.1	438.6	4.3	18.5	421.2	0.8	2.8	1053.1	35.6	344.0	1243.1	588.9
15/07/2021	14	4.7	0.8	193.9	3.4	18.7	216.7	1.0	1.3	206.0	14.7	165.9	648.5	371.3
16/07/2021	16	3.0	0.8	236.2	3.9	16.0	142.7	1.7	1.5	312.9	14.7	175.5	1439.4	394.4
17/07/2021	11	2.0	0.4	144.3	2.6	14.1	53.4	1.2	1.0	129.7	10.0	147.8	911.8	260.0
18/07/2021	10		0.2	73.6	1.7	12.8	31.3		0.6	22.9	6.6	115.7	74.9	482.9
19/07/2021	12	2.3	1.0	202.6	3.1	21.6	23.7	0.5	1.3		13.7	132.8	369.3	484.4
20/07/2021	10	3.6	0.9	362.7	2.2	16.3	71.7	0.2	1.7	724.6	26.9	176.4	652.2	417.0
21/07/2021	19	6.1	1.3	513.8	3.6	19.0	85.4	0.5	2.6	999.3	38.6	210.9	920.0	370.5
22/07/2021	18	6.0	1.5	484.9	5.7	19.1	97.6	0.3	2.8	1098.6	36.8	229.5	760.6	495.9
23/07/2021	20	7.8	1.7	450.5	6.3	22.9	79.3	2.2	2.6	869.7	30.5	296.6	769.8	464.6
24/07/2021	21	7.1	1.5	454.3	6.2	22.7	96.1	2.1	2.8	1182.4	34.6	311.8	681.2	579.8
25/07/2021	20	5.0	1.4	409.4	8.8	20.6	90.8	1.6	2.9	938.5	32.9	370.7	778.2	573.0
26/07/2021	17	4.8	1.5	476.4	9.7	24.2	71.7	1.3	2.6	617.9	31.3	288.2	1392.2	482.2

Tabella 11 - ARPAE: campagna estiva. Pozzilli e Venafro1
determinazione carbonio organico (OC) e carbonio elementare (EC) su PM10. (13/07/2021 - 22/07/2021)

CB	LIMS	OC	EC	Trasmittanza	Trasmittanza iniziale >1000		sito
		µg/cm ²	µg/cm ²	Iniziale	Finale	Data prelievo	
2021002003	21LA49354	21.26	6.19	3921	18976	13-lug	venafro
2021002004	21LA49355	16.86	3.36	6029	18411	14-lug	venafro
2021002005	21LA49356	17.18	4.35	5868	19650	15-lug	venafro
2021002006	21LA49357	16.32	4.12	4819	19266	16-lug	venafro
2021002007	21LA49358	17.71	3.91	6424	21197	17-lug	venafro
2021002008	21LA49359	16.46	2.85	6916	19910	18-lug	venafro
2021002009	21LA49370	19.35	6.64	3695	20359	19-lug	venafro
2021002010	21LA49371	20.01	5.76	4140	20549	20-lug	venafro
2021002011	21LA49372	23.39	6.75	3468	20200	21-lug	venafro
2021002012	21LA49373	25.69	7.25	3059	19218	22-lug	venafro
2021002013	21LA49376	17.80	3.00	7617	18158	13-lug	pozzilli
2021002014	21LA49377	14.65	2.18	10604	19219	14-lug	pozzilli
2021002015	21LA49378	12.29	1.85	11812	19353	15-lug	pozzilli
2021002016	21LA49379	16.37	2.51	10009	19464	16-lug	pozzilli
2021002017	21LA49380	16.57	1.99	10668	19240	17-lug	pozzilli
2021002018	21LA49381	17.42	0.94	14483	19279	18-lug	pozzilli
2021002019	21LA49382	17.80	2.94	9112	21037	19-lug	pozzilli
2021002020	21LA49383	19.13	2.46	9739	20518	20-lug	pozzilli
2021002021	21LA49384	36.74	2.86	8577	19417	21-lug	pozzilli
2021002022	21LA49385	22.54	3.25	7285	19608	22-lug	pozzilli

	Venafro		Pozzilli		Bologna_UB	
	OC (µgC/m ³)	EC (µgC/m ³)	OC (µgC/m ³)	EC (µgC/m ³)	OC (µgC/m ³)	EC (µgC/m ³)
13/07/2021	2.73	0.8	2.29	0.39	1.22	0.18
14/07/2021	2.17	0.43	1.88	0.28	2.65	0.49
15/07/2021	2.21	0.56	1.58	0.24	2.46	0.43
16/07/2021	2.1	0.53	2.1	0.32		
17/07/2021	2.28	0.5	2.13	0.26		
18/07/2021	2.12	0.37	2.24	0.12		
19/07/2021	2.49	0.85	2.29	0.38	3.14	0.4
20/07/2021	2.57	0.74	2.46	0.32	3.31	0.56
21/07/2021	3.01	0.87	4.72	0.37	3.26	0.38
22/07/2021	3.3	0.93	2.9	0.42	3.87	0.35

Tabella 12 - ARPA MOLISE/ISPRA: campagna invernale. Sesto Campano, Venafro1 e Pozzilli
determinazione concentrazione di massa del PM10 e confronto con Venafro2. (19/01/2022- 01/03/2022)

PM10	VE1 GRAVIMETRICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VE2 nefelometro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SESTO CAMPANO GRAVIMETRICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	POZZILLI GRAVIMETRICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
min	12	12	5	2
max	96	78	79	37
media	37	34	32	16
mediana	32	29	26	15
data	VE1 GRAVIMETRICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VE2 nefelometro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SESTO CAMPANO GRAVIMETRICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	POZZILLI GRAVIMETRICA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
19/01/2022	42	34		18
20/01/2022	32	41		15
21/01/2022	24	25	20	9
22/01/2022	33	29	31	10
23/01/2022	49	48	47	15
24/01/2022	22	25	14	5
25/01/2022	34	29	26	12
26/01/2022	58	53	60	27
27/01/2022	77	71	79	36
28/01/2022	55	55	49	26
29/01/2022	36	27	18	7
30/01/2022	52	50	43	18
31/01/2022	49	52	47	23
01/02/2022	18	14		
02/02/2022	50	40		18
03/02/2022	56	47		15
04/02/2022	96	78	53	32
05/02/2022	63	56	46	27
06/02/2022	32	29	34	17
07/02/2022	21	20	26	12
08/02/2022	31	22	16	8
09/02/2022	55	47	52	19
10/02/2022	64	54	67	35
11/02/2022	68	59	71	37
12/02/2022	25	27	20	12
13/02/2022	27	24		14
14/02/2022	22	28		18
15/02/2022	22	24		10
16/02/2022	33	28		12
17/02/2022	37	34	28	17
18/02/2022	35	33	26	17
19/02/2022	27	25	24	14
20/02/2022	32	30	30	17
21/02/2022	26	22	20	16
22/02/2022	12	12	5	2
23/02/2022	19	17	6	3
24/02/2022	21	19	21	9
25/02/2022	33	30	26	12
26/02/2022	18	23	8	4
27/02/2022	20	15	9	4
28/02/2022	22	17	11	8
01/03/2022	21	17	11	7

Tabella 13 - ISPRA: campagna invernale. Venafro1
determinazione ioni sul PM10. IC (19/01/2022- 03/03/2022)

Sampling	Cloruri	Incertezza estesa	Nitrati	Incertezza estesa	Solfati	Incertezza estesa	Sodio	Incertezza estesa	Ione Ammonio	Incertezza estesa	Potassio	Incertezza estesa	Magnesio	Incertezza estesa	Calcio	Incertezza estesa
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
19/01/2022	< LoQ		3.4	0.5	0.9	0.1	0.9	0.2	0.19	0.05	1.0	0.3	< LoQ		1.2	0.4
20/01/2022	< LoQ		3.1	0.4	0.9	0.1	0.7	0.1	0.43	0.05	0.7	0.2	< LoQ		0.4	0.1
21/01/2022	< LoQ		2.2	0.3	0.7	0.1	0.9	0.2	< LoQ		0.4	0.1	< LoQ		1.3	0.4
22/01/2022	< LoQ		3.2	0.5	0.9	0.1	0.8	0.2	0.25	0.07	1.2	0.3	< LoQ		0.7	0.2
23/01/2022	0.4	0.1	1.7	0.3	0.6	0.1	0.9	0.2	< LoQ		0.7	0.2	< LoQ		0.9	0.3
24/01/2022	0.4	0.1	1.3	0.2	0.6	0.1	0.8	0.2	< LoQ		0.4	0.1	< LoQ		1.2	0.4
25/01/2022	0.4	0.1	1.4	0.2	1.0	0.1	0.9	0.2	< LoQ		0.7	0.2	< LoQ		1.3	0.4
26/01/2022	< LoQ		5.4	0.8	1.2	0.1	0.7	0.1	0.52	0.06	1.3	0.4	< LoQ		1.5	0.5
27/01/2022	< LoQ		8	1	1.6	0.2	0.7	0.1	1.0	0.1	1.6	0.4	< LoQ		1.5	0.5
28/01/2022	< LoQ		7	1	1.6	0.2	0.8	0.2	0.8	0.1	1.1	0.3	< LoQ		1.9	0.6
29/01/2022	0.4	0.1	1.7	0.3	0.7	0.1	0.8	0.2	< LoQ		0.6	0.2	< LoQ		1.9	0.6
30/01/2022	< LoQ		4.1	0.6	1.1	0.1	0.9	0.2	0.3	0.1	1.2	0.3	< LoQ		0.7	0.2
31/01/2022	< LoQ		5.1	0.7	1.3	0.1	1.0	0.2	0.47	0.05	1.1	0.3	< LoQ		1.0	0.3
01/02/2022	0.4	0.1	0.9	0.2	0.5	0.1	0.8	0.2	< LoQ		0.14	0.04	< LoQ		1.7	0.6
03/02/2022	0.4	0.1	3.0	0.4	0.8	0.1	0.8	0.2	< LoQ		1.1	0.3	< LoQ		2.2	0.7
04/02/2022	0.8	0.3	3.8	0.5	1.0	0.1	1.2	0.2	< LoQ		1.2	0.3	< LoQ		2.1	0.7
05/02/2022	0.9	0.3	8	1	1.6	0.2	1.1	0.2	0.7	0.1	2.1	0.6	0.12	0.03	2.3	0.8
06/02/2022	1.1	0.3	7	1	1.9	0.2	1.8	0.4	0.7	0.1	1.2	0.3	0.19	0.05	1.3	0.4
07/02/2022	< LoQ		3.8	0.5	1.4	0.1	1.3	0.3	0.40	0.05	0.6	0.2	< LoQ		0.6	0.2
08/02/2022	0.6	0.2	2.3	0.3	1.0	0.1	1.4	0.3	0.12	0.03	0.3	0.1	0.14	0.04	1.2	0.4
09/02/2022	1.3	0.4	1.1	0.2	0.6	0.1	1.3	0.3	< LoQ		0.5	0.2	0.12	0.03	1.9	0.6
10/02/2022	0.3	0.1	4.1	0.6	0.9	0.1	0.7	0.1	0.22	0.06	1.3	0.4	< LoQ		2.2	0.7
11/02/2022	0.4	0.1	10	1	1.2	0.1	0.9	0.2	1.4	0.2	1.2	0.3	0.10	0.03	1.8	0.6
12/02/2022	< LoQ		10	1	1.7	0.2	0.9	0.2	1.8	0.4	1.3	0.4	< LoQ		1.4	0.5
13/02/2022	< LoQ		1.8	0.3	1.1	0.1	0.7	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	< LoQ		1.4	0.5
14/02/2022	< LoQ		2.3	0.3	2.1	0.2	0.9	0.2	0.57	0.06	0.5	0.1	< LoQ		0.6	0.2
15/02/2022	< LoQ		2.7	0.4	1.5	0.2	0.6	0.1	0.64	0.07	0.5	0.1	< LoQ		0.5	0.2
16/02/2022	0.7	0.2	1.5	0.3	1.3	0.1	1.2	0.2	0.21	0.06	0.4	0.1	< LoQ		0.4	0.1
18/02/2022	1.2	0.4	2.2	0.3	0.8	0.1	1.5	0.3	< LoQ		0.7	0.2	0.16	0.04	1.2	0.4
19/02/2022	< LoQ		4.4	0.6	1.1	0.1	0.9	0.2	0.38	0.04	0.7	0.2	< LoQ		1.6	0.5
20/02/2022	0.4	0.1	4.0	0.6	1.2	0.1	1.2	0.2	0.3	0.1	0.7	0.2	< LoQ		1.4	0.5
21/02/2022	0.8	0.2	3.0	0.4	1.1	0.1	1.6	0.3	0.14	0.04	0.4	0.1	0.17	0.04	0.9	0.3
22/02/2022	0.3	0.1	3.2	0.5	1.7	0.2	1.3	0.3	0.4	0.1	0.6	0.2	0.12	0.03	0.9	0.3
23/02/2022	2.4	0.8	2.3	0.3	1.3	0.1	2.5	0.5	0.12	0.03	0.4	0.1	0.28	0.07	0.6	0.2
24/02/2022	0.4	0.1	0.5	0.1	< LoQ		0.7	0.1	< LoQ		0.13	0.04	< LoQ		1.1	0.4
25/02/2022	< LoQ		0.9	0.1	0.3	0.1	0.7	0.1	< LoQ		0.3	0.1	< LoQ		1.3	0.4
26/02/2022	< LoQ		1.4	0.2	0.4	0.1	0.6	0.1	< LoQ		0.4	0.1	< LoQ		1.2	0.4
27/02/2022	< LoQ		3.3	0.5	0.7	0.1	0.7	0.1	0.3	0.1	0.7	0.2	< LoQ		1.3	0.4
28/02/2022	< LoQ		1.5	0.3	0.4	0.1	0.6	0.1	0.14	0.04	0.4	0.1	< LoQ		0.4	0.1
01/03/2022	0.4	0.1	0.7	0.1	1.3	0.1	0.8	0.2	0.3	0.1	0.16	0.04	< LoQ		1.4	0.5
02/03/2022	0.4	0.1	1.0	0.2	1.7	0.2	0.9	0.2	0.47	0.05	0.18	0.05	< LoQ		1.5	0.5
03/03/2022	0.4	0.1	1.0	0.2	1.6	0.2	0.9	0.2	0.44	0.05	0.18	0.05	< LoQ		1.5	0.5

Tabella 14 - ISPRA: campagna invernale. Pozzilli
determinazione ioni sul PM10. IC (19/01/2022- 03/03/2022)

Sampling	Cloruri	Incertezza estesa	Nitrati	Incertezza estesa	Solfati	Incertezza estesa	Sodio	Incertezza estesa	Ione Ammonio	Incertezza estesa	Potassio	Incertezza estesa	Magnesio	Incertezza estesa	Calcio	Incertezza estesa
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
19/01/2022	0.281	0.090	2.5	0.4	0.6	0.1	0.4	0.1	0.31	0.08	0.4	0.1	< LoQ		1.4	0.5
20/01/2022	< LoQ		2.4	0.3	0.8	0.1	0.3	0.1	0.57	0.06	0.4	0.1	< LoQ		0.2	0.1
21/01/2022	< LoQ		1.4	0.2	0.6	0.1	0.4	0.1	0.221	0.060	0.2	0.1	< LoQ		0.3	0.1
22/01/2022	0.497	0.159	1.0	0.2	0.4	0.1	0.5	0.1	0.13	0.03	0.3	0.1	< LoQ		0.3	0.1
23/01/2022	< LoQ		1.7	0.3	0.6	0.1	0.3	0.1	0.241	0.065	0.5	0.1	< LoQ		0.5	0.2
24/01/2022	0.4	0.1	0.6	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	0.140	0.038	0.1	0.0	< LoQ		0.3	0.1
25/01/2022	0.5	0.2	0.7	0.1	0.8	0.1	0.4	0.1	0.212	0.051	0.3	0.1	< LoQ		0.6	0.2
26/01/2022	< LoQ		3.6	0.5	0.9	0.2	0.2	0.0	0.54	0.06	0.7	0.2	< LoQ		0.8	0.3
27/01/2022	< LoQ		6	1	1.1	0.1	0.2	0.0	1.1	0.2	0.8	0.2	< LoQ		1.1	0.3
28/01/2022	< LoQ		5	1	1.3	0.1	0.2	0.0	1.0	0.2	0.7	0.2	< LoQ		1.0	0.3
29/01/2022	0.3	0.1	1.0	0.2	0.5	0.1	0.3	0.1	0.155	0.042	0.2	0.1	< LoQ		0.6	0.2
30/01/2022	< LoQ		2.1	0.3	0.7	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1	< LoQ		0.3	0.1
31/01/2022	0.3	0.1	3.3	0.5	1.0	0.1	0.5	0.1	0.56	0.06	0.6	0.2	< LoQ		0.4	0.1
01/02/2022	0.4	0.1	0.6	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	< LoQ		< LoQ		< LoQ		0.3	0.1
02/02/2022	0.3	0.1	1.5	0.3	0.5	0.1	0.3	0.1	< LoQ		< LoQ	0.1	< LoQ		1.1	0.4
03/02/2022	0.6	0.2	1.8	0.3	0.5	0.1	0.7	0.1	< LoQ		0.4	0.1	< LoQ		0.8	0.3
04/02/2022	0.5	0.2	5	1	0.9	0.1	0.7	0.1	0.5	0.1	0.7	0.2	< LoQ		1.1	0.3
05/02/2022	0.8	0.3	5	1	1.6	0.2	1.5	0.3	0.5	0.1	0.5	0.1	< LoQ		0.7	0.2
06/02/2022	< LoQ		2.9	0.4	1.3	0.1	0.8	0.2	0.41	0.05	0.5	0.1	< LoQ		0.4	0.1
07/02/2022	0.7	0.2	2.0	0.3	1.0	0.1	1.0	0.2	0.22	0.06	0.3	0.1	< LoQ		0.3	0.1
08/02/2022	1.2	0.4	0.6	0.1	0.4	0.1	0.8	0.2	< LoQ		0.2	0.0	< LoQ		0.4	0.1
09/02/2022	< LoQ		2.0	0.3	0.4	0.1	0.2	0.0	0.18	0.05	0.5	0.1	< LoQ		0.9	0.3
10/02/2022	< LoQ		7	1	0.9	0.1	0.5	0.1	1.3	0.2	0.7	0.2	< LoQ		0.8	0.3
11/02/2022	< LoQ		8	1	1.5	0.2	0.4	0.1	1.6	0.4	0.8	0.2	< LoQ		1.1	0.4
12/02/2022	< LoQ		1.3	0.2	1.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.0	0.3	0.1	< LoQ		0.5	0.2
13/02/2022	< LoQ		1.7	0.3	1.8	0.2	0.5	0.1	0.60	0.07	0.3	0.1	< LoQ		0.4	0.1
14/02/2022	< LoQ		2.3	0.3	2.1	0.2	0.3	0.1	0.94	0.14	0.4	0.1	< LoQ		0.4	0.1
15/02/2022	0.9	0.3	0.7	0.1	1.2	0.1	0.8	0.2	0.24	0.06	0.3	0.1	< LoQ		0.2	0.1
16/02/2022	1.1	0.3	1.4	0.2	0.6	0.1	1.0	0.2	< LoQ		0.3	0.1	< LoQ		0.4	0.1
17/02/2022	< LoQ		2.6	0.4	0.9	0.1	0.5	0.1	0.41	0.05	0.4	0.1	< LoQ		0.4	0.1
18/02/2022	0.5	0.2	2.7	0.4	1.2	0.1	0.9	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1	< LoQ		1.0	0.3
19/02/2022	0.8	0.3	2.1	0.3	1.1	0.1	1.2	0.2	0.19	0.05	0.4	0.1	< LoQ		0.3	0.1
20/02/2022	0.3	0.1	2.1	0.3	1.6	0.2	0.8	0.2	0.4	0.1	0.5	0.1	< LoQ		0.3	0.1
21/02/2022	2.5	0.8	1.7	0.3	1.2	0.1	2.1	0.4	0.15	0.04	0.3	0.1	0.24	0.06	0.3	0.1
22/02/2022	0.3	0.1	< LoQ		0.21	0.04	0.3	0.1	< LoQ		< LoQ		< LoQ		0.3	0.1
23/02/2022	< LoQ		0.4	0.1	< LoQ		0.2	0.0	< LoQ		< LoQ		< LoQ		0.6	0.2
24/02/2022	< LoQ		0.6	0.1	0.3	0.1	< LoQ		< LoQ		0.3	0.1	< LoQ		0.9	0.3
25/02/2022	< LoQ		1.3	0.2	0.5	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.1	< LoQ		0.6	0.2
26/02/2022	< LoQ		0.5	0.1	0.3	0.1	< LoQ		< LoQ		0.2	0.1	< LoQ		0.2	0.1
27/02/2022	0.3	0.1	0.4	0.1	1.3	0.1	0.4	0.1	0.4	0.0	< LoQ		< LoQ		< LoQ	
28/02/2022	0.4	0.1	0.7	0.1	1.6	0.2	0.5	0.1	0.49	0.06	< LoQ		< LoQ		0.3	0.1
01/03/2022	0.3	0.1	0.6	0.1	1.6	0.2	0.4	0.1	0.50	0.06	< LoQ		< LoQ		0.4	0.1

**Tabella 15 - ISPRA: campagna invernale. Sesto Campano
determinazione ioni sul PM10. IC (19/01/2022- 03/03/2022)**

Sampling	Cloruri	Incertezza estesa	Nitrati	Incertezza estesa	Solfati	Incertezza estesa	Sodio	Incertezza estesa	Ione Ammonio	Incertezza estesa	Potassio	Incertezza estesa	Magnesio	Incertezza estesa	Calcio	Incertezza estesa
19/02/2022	μg/m ³ 0.809	μg/m ³ 0.259	μg/m ³ 2.3	μg/m ³ 0.3	μg/m ³ 1.1	μg/m ³ 0.1	μg/m ³ 1.6	μg/m ³ 0.3	μg/m ³ < LoQ	μg/m ³ 0.6	μg/m ³ 0.2	μg/m ³ 0.152	0.040	0.3	0.1	
20/02/2022	< LoQ		2.9	0.4	1.8	0.2	1.3	0.3	0.30	0.08	0.8	0.2	< LoQ		0.3	0.1
21/02/2022	3.122	0.999	1.4	0.2	1.2	0.1	2.7	0.5	< LoQ		0.3	0.1	0.313	0.082	0.3	0.1
22/02/2022	0.393	0.126	0.5	0.1	< LoQ		0.7	0.1	< LoQ		< LoQ		< LoQ		0.4	0.1
23/02/2022	< LoQ		0.5	0.1	< LoQ		0.6	0.1	< LoQ		< LoQ		< LoQ		0.4	0.1
24/02/2022	< LoQ		1.1	0.2	0.5	0.1	0.6	0.1	< LoQ		0.7	0.2	< LoQ		0.7	0.2
25/02/2022	< LoQ		2.5	0.4	0.7	0.1	0.8	0.2	0.172	0.047	0.6	0.2	< LoQ		0.6	0.2
26/02/2022	< LoQ		1.0	0.2	0.3	0.1	0.6	0.1	< LoQ		0.2	0.0	< LoQ		0.3	0.1
27/02/2022	0.4	0.1	1	0	1.2	0.1	0.8	0.2	0.4	0.1	< LoQ		< LoQ		0.3	0.1
28/02/2022	0.4	0.1	1	0	1.6	0.2	0.9	0.2	0.5	0.1	0.1	0.0	< LoQ		0.4	0.1
01/03/2022	0.5	0.2	0.9	0.1	1.6	0.2	1.0	0.2	0.448	0.050	0.2	0.1	< LoQ		0.4	0.1

Tabella 16 - ARPA MOLISE: campagna invernale. Pozzilli
determinazione metalli e semimetalli sul PM10. (19/01/2022- 01/03/2022)

DATA	As (ng/m ³) - POZ	Cd (ng/m ³) - POZ	Ni (ng/m ³) - POZ	Pb (µg/m ³) - POZ	Mn (ng/m ³) - POZ	Cu (ng/m ³) - POZ	CrTOT (ng/m ³) - POZ	Sb (ng/m ³) - POZ	V (ng/m ³) - POZ	Co (ng/m ³) - POZ	Tl (ng/m ³) - POZ	Zn (ng/m ³) - POZ	Al (ng/m ³) - POZ	Fe (ng/m ³) - POZ
19/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.003	3.4	6	0.25	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	45	119
20/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	2	13	6	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	87	87
21/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	3.1	3	0.25	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	67	67
22/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	2	3	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	73	73
23/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	3.4	6	0.25	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	165	165
24/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	2.9	2	3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	53	53
25/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	4.6	2	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	77	77
26/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.003	13.1	6	0.25	0.9	0.5	0.5	0.5	18	46	191
27/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.004	12.4	8	0.25	1.3	0.5	0.5	0.5	21	67	222
28/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.004	11.4	8	8	1.3	0.5	0.5	0.5	21	59	222
29/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1.9	3	0.25	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	43	43
30/01/2022	0.075	0.2	2	0.002	2.5	5	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	103	103
31/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	4.2	5	0.25	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	129	129
01/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	2.4	2	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	35	35
02/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	6.8	5	2	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	46	157
03/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	4.4	4	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	39	102
04/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.003	8.5	9	0.25	5.7	0.5	0.5	0.5	20	64	267
05/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.003	3.4	42	0.25	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	78	144
06/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.003	2.4	4	0.25	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	49	117
07/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.001	1.8	2	0.25	0.5	1.8	0.5	0.5	0.5	62	62
08/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	2.5	5	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	57	57
09/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	6.4	9	0.25	0.8	0.5	0.5	0.5	18	54	171
10/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.004	10.5	9	2	1.3	0.5	0.5	0.5	26	69	228
11/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.004	9.9	8	1	1.6	0.7	0.5	0.5	22	68	211
12/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	4.1	2	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	75	75
13/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	2.4	4	0.25	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	60	122
14/02/2022	0.075	0.005	3	0.002	2.7	4	0.25	0.6	1.1	0.5	0.5	15	93	150
15/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1.4	2	0.25	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	53	75
16/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	5.1	4	1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	111	111
17/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	6.9	5	2	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	33	144
18/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	6	6	1	1	0.8	0.5	0.5	0.5	42	145
19/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1.5	3	0.25	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	76	76
20/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.003	2.2	4	0.25	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5	49	115
21/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	1.7	4	1	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	40	89
22/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	3.2	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	48	48
23/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	5.2	2	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	70	70
24/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	4.1	4	2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	40	126
25/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.003	8.2	5	2	1.1	0.6	0.5	0.5	15	46	169
26/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	3.5	1	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	22	62	62
27/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	0.9	2	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	32	32
28/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	3.7	2	2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	80	80
01/03/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	4.2	2	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	59	59

Tabella 17 - ARPA MOLISE: campagna invernale. Sesto Campano
determinazione metalli e semimetalli sul PM10. (19/01/2022- 01/03/2022)

DATA	As (ng/m ³) - SC	Cd (ng/m ³) - SC	Ni (ng/m ³) - SC	Pb (µg/m ³) - SC	Mn (ng/m ³) - SC	Cu (ng/m ³) - SC	CrTOT (ng/m ³) - SC	Sb (ng/m ³) - SC	V (ng/m ³) - SC	Co (ng/m ³) - SC	Tl (ng/m ³) - SC	Zn (ng/m ³) - SC	Al (ng/m ³) - SC	Fe (ng/m ³) - SC
19/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.003	0.125	0.25	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	56
20/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.001	2.8	0.25	10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	78
21/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	2.3	2	9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	95
22/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	4.6	3	10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	116
23/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	5.8	3	9	0.9	0.5	0.5	3.2	0.5	0.5	124
24/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1.9	0.25	9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	109
25/01/2022	0.075	0.3	0.25	0.002	3.3	2	12	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	116
26/01/2022	0.075	0.4	0.25	0.004	9.5	7	13	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	210
27/01/2022	0.075	0.5	0.25	0.007	10.5	7	18	1.1	0.6	0.5	0.6	19	0.5	261
28/01/2022	0.075	0.3	3	0.005	5.2	5	12	0.9	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	201
29/01/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	1.8	0.25	11	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	112
30/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	5	3	26	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	260
31/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	4.7	4	11	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	186
01/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	0.6	0.25	10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	68
02/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	0.125	0.25	15	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	91
03/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.001	3.2	1	19	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	148
04/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.005	7.1	16	13	1.1	0.8	0.5	0.5	16	0.5	271
05/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.006	5	5	11	0.8	1.6	0.5	0.5	0.5	0.5	242
06/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	3.2	4	4	0.5	3.2	0.5	0.5	0.5	0.5	106
07/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.002	2.4	1	7	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	129
08/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.071	1.7	0.25	7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	87
09/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.005	7.2	9	7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	160
10/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.006	8.8	13	7	1.6	0.7	0.5	0.6	17	0.5	295
11/02/2022	0.075	0.5	0.25	0.007	7.8	8	7	1.4	1	0.5	0.5	0.5	0.5	248
12/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	2.1	2	7	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	96
13/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	0.125	0.25	3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
14/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	0.125	0.25	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
15/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	0.125	0.25	7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	44
16/02/2022														
17/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	3.2	4	2	0.5	0.5	0.5	0.5	20	0.5	82
18/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	2.4	4	2	0.5	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	77
19/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1.9	2	3	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	56
20/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.006	2.4	3	3	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	92
21/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	1.3	0.25	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	51
22/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	1	0.25	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	46
23/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1.3	0.25	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	59
24/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.001	3.3	3	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	97
25/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.003	3.3	3	6	0.7	0.8	0.5	1.5	0.5	0.5	137
26/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	1	0.25	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	51
27/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.001	1	0.25	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	46
28/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	1.3	0.25	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	72
01/03/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	1.4	0.25	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	72

Tabella 18 - ARPA MOLISE: campagna invernale, Venafroi
determinazione metalli e semimetalli sul PM10. (19/01/2022- 01/03/2022)

DATA	As (ng/m ³) - VE1	Cd (ng/m ³) - VE1	Ni (ng/m ³) - VE1	Pb (µg/m ³) - VE1	Mn (ng/m ³) - VE1	Cu (ng/m ³) - VE1	CrTOT (ng/m ³) - VE1	Sb (ng/m ³) - VE1	V (ng/m ³) - VE1	Co (ng/m ³) - VE1	Ti (ng/m ³) - VE1	Zn (ng/m ³) - VE1	Al (ng/m ³) - VE1	Fe (ng/m ³) - VE1
19/01/2022	0.075	0.3	0.25	0.004	7.1	14	6	2	0.5	0.5	0.5	21	89	372
20/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	3.5	6	4	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	185
21/01/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	3.9	6	3	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	214
22/01/2022	0.075	0.3	0.25	0.003	5.7	9	4	1.3	0.5	0.5	0.5	18	41	291
23/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.002	4.9	8	4	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	276
24/01/2022	0.075	0.005	3	0.002	4.2	13	3	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	244
25/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	5.7	8	3	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	296
26/01/2022	0.075	2	0.25	0.004	9.4	13	6	1.6	0.5	0.5	0.5	28	89	451
27/01/2022	0.075	1.3	0.25	0.005	11	18	4	2.2	0.6	0.5	0.5	40	118	567
28/01/2022	0.075	0.4	0.25	0.005	9.4	15	4	1.7	0.8	0.5	0.5	29	136	421
29/01/2022	0.075	0.2	0.25	0.002	7.8	9	6	0.8	0.5	0.5	0.5	17	114	381
30/01/2022	0.075	0.3	0.25	0.004	6.3	11	4	0.9	0.5	0.5	0.5	22	56	327
31/01/2022	0.075	0.3	0.25	0.004	4.6	8	4	1.1	0.5	0.5	0.5	20	54	247
01/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	4.8	5	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	133	256
02/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.003	8	12	4	1.6	0.5	0.5	0.5	23	83	396
03/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.003	8.9	12	4	1.4	0.5	0.5	0.5	21	99	423
04/02/2022	0.075	0.6	0.25	0.007	14.7	19	5	8.4	0.8	0.5	0.7	46	133	675
05/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.004	8.1	11	4	2	1.3	0.5	0.5	23	100	442
06/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.003	4	6	4	0.8	1	0.5	0.5	0.5	63	228
07/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	3.3	4	3	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	53	162
08/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.005	7.4	10	4	1.4	0.5	0.5	0.5	0.5	117	410
09/02/2022	0.075	0.4	0.25	0.008	10.6	18	5	1.9	0.5	0.5	0.5	26	135	571
10/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.005	9.4	14	4	1.8	0.6	0.5	0.5	27	117	427
11/02/2022	0.075	0.6	0.25	0.006	9.9	13	4	2	0.9	0.5	0.5	27	116	431
12/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	5.3	7	4	0.9	0.8	0.5	0.5	0.5	82	294
13/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.002	4.9	5	4	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5	42	279
14/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	2.9	4	4	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	162
15/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	2.4	3	3	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	33	128
16/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	4	7	4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	37	218
17/02/2022	0.075	0.4	0.25	0.003	5.6	7	3	1	0.5	0.5	0.5	0.5	56	231
18/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.003	5.3	9	3	1.3	1	0.5	0.5	0.5	72	270
19/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	3.3	6	3	0.7	1.1	0.5	0.5	0.5	41	193
20/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.005	4.1	8	4	0.9	1	0.5	0.5	0.5	62	278
21/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.002	2.6	5	3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	32	149
22/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	3.4	5	3	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	46	210
23/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.0002	4.6	7	4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	50	297
24/02/2022	0.075	0.1	0.25	0.002	5.1	9	4	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	63	302
25/02/2022	0.075	0.3	0.25	0.004	6	10	4	1.5	0.9	0.5	0.9	0.5	68	300
26/02/2022	0.075	0.2	0.25	0.001	3	4	4	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	153
27/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	4.8	4	3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	90	214
28/02/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	5.6	6	4	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	75	280
01/03/2022	0.075	0.005	0.25	0.002	5.2	5	4	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	72	254

Tabella 19 - ARPAE EMILIA ROMAGNA: campagna invernale. Venafro1
determinazione carbonio organico, carbonio elementare, carbonio totale e levoglucosano sul PM10. (19/01/2022- 01/03/2022)

	Levoglucosano	OC	EC	TC
	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3
19-gen	2.984	15.33	3.35	18.68
20-gen	1.625	10.51	2.47	12.98
21-gen	0.775	6.42	1.85	8.27
22-gen	2.664	12.38	2.69	15.07
23-gen	3.222	18.81	3.72	22.53
24-gen	0.111	6.56	1.59	8.15
25-gen	1.713	12.24	2.47	14.71
26-gen	1.92	20.85	3.99	24.84
27-gen	3.537	25.87	4.97	30.84
28-gen	1.567	15.87	3.48	19.35
29-gen	1.995	12.19	2.29	14.48
30-gen	3.725	20.11	3.56	23.67
31-gen	4.078	16.88	2.86	19.74
1-feb	0.239	4.28	0.84	5.12
bianco	<0.018	3.71	0.23	3.94
2-feb	3.576	18.4	3.59	21.99
3-feb	3.734	19.04	4.08	23.12
4-feb	9.394	nd	nd	40.57
5-feb	2.952	17.99	3.69	21.68
6-feb	0.08	10.14	2	12.14
7-feb	0.469	5.9	1.16	7.06
8-feb	1.614	9.2	1.98	11.18
9-feb	3.401	18.25	4.11	22.36
10-feb	2.302	16.94	3.41	20.35
11-feb	0.063	17.81	3.36	21.17
12-feb	0.517	6.7	1.43	8.13
13-feb	1.124	9.44	1.49	10.93
14-feb	1.102	10.09	1.69	11.78
15-feb	1.105	7.85	1.72	9.57
bianco	<0.018	5.3	<0.2	nd
16-feb	1.893	11.21	2.29	13.5
17-feb	1.395	10.15	2.42	12.57
18-feb	1.49	11.15	2.39	13.54
19-feb	1.293	8.36	1.73	10.09
20-feb	1.874	8.66	1.54	10.2
21-feb	0.833	6.85	1.56	8.41
22-feb	0.221	4.86	0.86	5.72
23-feb	1.092	7.47	1.4	8.87
24-feb	0.858	8.3	1.88	10.18
25-feb	1.36	11.09	2.32	13.41
26-feb	0.663	6.98	1.23	8.21
27-feb	0.091	5.13	1.04	6.17
28-feb	0.033	4.97	0.94	5.91
1-mar	<0.018	4.79	1.1	5.89
bianco	<0.018	2.25	<0.2	nd

Tabella 20 - ARPAE EMILIA ROMAGNA: campagna invernale. Pozzilli
determinazione carbonio organico, carbonio elementare, carbonio totale e levoglucosano sul PM10. (19/01/2022- 01/03/2022)

	Levoglucosano	OC	EC	TC
	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3
19-gen	0.63	7.17	1.26	8.43
20-gen	0.536	6.59	1.19	7.78
21-gen	0.302	4.46	0.78	5.24
22-gen	0.496	5.35	0.96	6.31
23-gen	0.271	6.87	1.14	8.01
24-gen	0.267	3.55	0.49	4.04
25-gen	0.474	5.67	1	6.67
26-gen	1.005	11.06	1.98	13.04
27-gen	1.095	12.18	2.23	14.41
28-gen	0.777	10.58	1.92	12.50
29-gen	0.292	3.87	0.58	4.45
30-gen	0.193	8.01	1.23	9.24
31-gen	0.631	8.47	1.51	9.98
1-feb	0.186	2.99	0.31	3.30
bianco	<0.018	1.92	<0.2	nd
2-feb	0.575	7.81	1.43	9.24
3-feb	0.482	6.79	1.15	7.94
4-feb	0.167	11.2	2.63	13.83
5-feb	0.639	7.44	1.28	8.72
6-feb	0.413	5.89	0.98	6.87
7-feb	0.602	4.36	0.69	5.05
8-feb	0.295	3.62	0.48	4.10
9-feb	0.674	8.08	1.52	9.60
10-feb	0.807	10.98	2.17	13.15
11-feb	0.858	11.51	2.14	13.65
12-feb	0.202	4.87	0.58	5.45
13-feb	0.286	5.56	0.74	6.30
14-feb	0.482	6.18	0.97	7.15
15-feb	0.196	3.82	0.6	4.42
bianco	<0.018	2.94	<0.2	nd
16-feb	0.283	4.95	0.83	5.78
17-feb	0.799	6.64	1.15	7.79
18-feb	0.138	6.34	1.13	7.47
19-feb	0.544	5.67	0.84	6.51
20-feb	0.619	8.34	1.19	9.53
21-feb	0.486	5	0.81	5.81
22-feb	0.03	2.79	0.24	3.03
23-feb	0.053	3.19	0.42	3.61
24-feb	0.278	5.54	0.97	6.51
25-feb	0.34	6.56	1.29	7.85
26-feb	0.189	3.58	0.49	4.07
27-feb	0.179	3.13	0.3	3.43
28-feb	<0.018	3.82	0.53	4.35
1-mar	0.221	3.83	0.51	4.34
bianco	<0.018	1.93	<0.2	nd

Tabella 21 - ARPAE EMILIA ROMAGNA: campagna invernale. Sesto Campano
determinazione carbonio organico, carbonio elementare, carbonio totale e levoglucosano sul PM10. (19/01/2022- 01/03/2022)

	Levoglucosano	OC	EC	TC
	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3
19-gen	3.281	10.45	1.62	12.07
20-gen	2.076	9,84	1.4	11.24
21-gen	0.372	4.06	0.52	4.58
22-gen	2.236	10.91	1.46	12.37
23-gen	0.271	9.47	1.39	10.86
24-gen	0.16	2.67	0.32	2.99
25-gen	1.22	6.72	1.01	7.73
26-gen	2.565	13.94	2.13	16.07
27-gen	5.435	21.19	2.96	24.15
28-gen	1.414	10.94	1.87	12.81
29-gen	0.287	3.6	0.56	4.16
30-gen	1.455	7.38	1.1	8.48
31-gen	2.012	12.05	1.86	13.91
1-feb	0.097	2.61	0.32	2.93
bianco	<0.019	1.93	<0.2	nd
2-feb	1.814	9.16	1.57	10.73
3-feb	1.906	9.36	1.64	11
4-feb	2.367	10.61	2.42	13.03
5-feb	0.976	7.55	1.22	8.77
6-feb	0.94	6.93	1.06	7.99
7-feb	0.54	4.43	0.67	5.1
8-feb	0.159	2.78	0.37	3.15
9-feb	2.646	12.74	2.12	14.86
10-feb	1.944	12.98	2.07	15.05
11-feb	2.465	14.63	2.15	16.78
12-feb	0.199	4.18	0.6	4.78
13-feb	1.209	7.74	1.07	8.81
14-feb	1.538	10.09	1.81	11.9
15-feb	1.113	5.59	0.79	6.38
bianco	<0.019	1.85	0.2	2.05
16-feb	1.361	6.97	1.23	8.2
17-feb	1.366	8.15	1.38	9.53
18-feb	1.167	7.61	1.75	9.36
19-feb	1.203	6.75	1.31	8.06
20-feb	1.394	8.27	1.56	9.83
21-feb	0.693	4.92	1.01	5.93
22-feb	0.084	2.44	0.4	2.84
23-feb	0.143	2.54	0.46	3
24-feb	1.8	7.49	1.26	8.75
25-feb	1.318	7.62	1.47	9.09
26-feb	0.308	3.24	0.59	3.83
27-feb	0.12	2.89	0.49	3.38
28-feb	0.128	3.15	0.6	3.75
1-mar	0.311	3.73	0.7	4.43
bianco	<0.019	1.81	0.36	2.17
bianco	<0.019	<1.4	<0.2	nd
bianco	<0.019	<1.4	<0.2	nd
bianco	<0.019	<1.4	<0.2	nd