

# Source apportionment

- ▶ tramite modello a  
recettore nella piana di  
Venafro

Giornata Studio sulle Emissioni

Dalle emissioni alle immissioni: una giornata studio per comprendere il problema

28 febbraio 2024

Luigi Pierno

Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ L'inquinamento atmosferico è una delle principali cause di danni alla salute umana
- ▶ Comprenderne le origini è fondamentale per individuare misure efficaci da inserire nei piani di risanamento della QA

Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ Le attività per le quali l'identificazione delle fonti di inquinamento è rilevante comprendono, ad esempio:
  - ▶ Elaborazione di piani di qualità dell'aria
  - ▶ Valutazione dell'efficacia delle misure di riduzione (prima e dopo)
  - ▶ Quantificazione dell'inquinamento derivante dal trasporto a lungo raggio e/o transfrontaliero, o da fonti naturali

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ Quali strumenti?
- ▶ **SOURCE APPORTIONMENT (SA)**
- ▶ Tecnica utilizzata per correlare le emissioni provenienti dalle varie fonti di inquinamento alle concentrazioni degli inquinanti atmosferici in un determinato luogo e per un determinato periodo di tempo

Source apportionment tramite modello a recettore nella  
piana di Venafro

- ▶ Uno studio di SA può essere realizzato utilizzando  
tre approcci principali:
  - ▶ inventari delle emissioni
  - ▶ modelli orientati alla fonte
  - ▶ modelli orientati al recettore.

Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ Inventari delle emissioni
  - ▶ Compilazione delle emissioni di tutte le categorie di fonti in una determinata area geografica e all'interno di un anno specifico.
  - ▶ Le emissioni sono stimate moltiplicando l'intensità di ciascuna attività rilevante (tasso di attività) per una costante proporzionale dipendente dall'inquinamento (fattore di emissione).

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ **Modelli a dispersione o alla fonte**
  - ▶ Modelli lagrangiani: hanno come riferimento un sistema di coordinate solidale con il moto della particella di fluido nell'atmosfera (a particella e a traiettoria).
  - ▶ Modelli gaussiani: suppongono che la dispersione turbolenta possa essere descritta utilizzando un profilo di distribuzione gaussiano. Questo tipo di modello viene spesso utilizzato per stimare le emissioni da fonti industriali.
  - ▶ Modelli euleriani: approccio classico per trattare il fenomeno di trasporto di massa, calore e quantità di moto; la base è l'equazione differenziale della conservazione della massa o di continuità, che integrata su una griglia spaziotempo fissa, fornisce la concentrazione dell'inquinante in ogni punto del dominio del calcolo.

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ **Modelli al recettore (RM)**
  - ▶ Ripartiscono la massa misurata di un inquinante atmosferico in un dato sito, chiamato recettore, tra le sue sorgenti utilizzando l'analisi multivariata per risolvere un'equazione di bilancio di massa.



## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

### Modelli al recettore

- ▶ Sono di tipo diagnostico: stimano l'impatto di varie sorgenti emissive in un sito, sulla base di misure (concentrazioni, caratteristiche chimiche e fisiche dell'inquinante e, in alcuni casi, del profilo chimico che caratterizza ogni sorgente di emissione)
- ▶ Descrivono la situazione misurata e non possono fornire una previsione del futuro (no scenari, ma possono essere usati a posteriori per controllare l'efficacia di interventi di riduzione).
- ▶ Sono strettamente legati alle misure e non possono essere utilizzati senza dati misurati.

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ Dalla concentrazione osservata, i contributi al recettore:
  1. Sono limitati alla ripartizione della frazione lineare della massa. Ciò implica che il nitrato, il solfato e altri componenti secondari sono riportati solo come concentrazioni e pertanto non sono ripartiti a una fonte ben identificata.
  2. Nel caso di sorgenti che non modificano le proprie caratteristiche nello spazio e nel tempo, i contributi al recettore non distinguono tra background e locale.

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ I modelli al recettore sono in qualche modo in grado di “ripartire” alcuni tipi di composti secondari non lineari (es. classi di aerosol organici - OA) indirettamente tramite altri composti correlati (es. traccianti) o tramite le loro proprietà (es. analisi del loro grado di ossidazione o di correlazione con marcatori molecolari di diversa provenienza).
- ▶ Questo metodo consente di etichettarli rispetto alla loro origine (ad es. materia organica da combustibili fossili vs biomassa vs emissioni biogeniche).
- ▶ Sebbene non lineari rispetto ai loro precursori di emissione, tali composti, possono quindi essere comunque “apporzionati”.

Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

## ► POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

Deve la sua grande diffusione principalmente a 2 aspetti:

- il fatto che non sia richiesta la conoscenza dei profili emissivi delle sorgenti
- la disponibilità di un software sviluppato dall'EPA, messo a disposizione gratuitamente e di facile utilizzo

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

### ▶ POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

#### IPOSTESI DEL MODELLO

- ▶ Il profilo chimico delle sorgenti è costante nel tempo
  - ▶ difficoltà nell'identificare sorgenti con profili variabili nel tempo
- ▶ Il profilo chimico delle emissioni è costante nello spazio: non si trasforma nel tragitto dalla sorgente al recettore
  - ▶ non tutte le specie chimiche soddisfano questa ipotesi! Ok specie chimicamente STABILI (ad es. metalli); traccianti organici/volatili presentano problemi
- ▶ I profili e gli andamenti delle sorgenti sono linearmente indipendenti fra loro, affinché i loro contributi siano correttamente distinti dal modello
  - ▶ problema a distinguere sorgenti con profili chimici simili e andamenti correlati
- ▶ Devono essere identificate tutte le sorgenti che impattano in maniera rilevante al recettore
  - ▶ speciazione più completa possibile, con traccianti delle diverse sorgenti

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

### ▶ POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

#### PREDISPOSIZIONE DEL DATABASE DI INPUT

- ▶ Dataset delle concentrazioni:
  - ▶ valori < Limite di Rilevabilità
  - ▶ dati mancanti
- ▶ Dataset delle incertezze:
  - ▶ tutto da costruire;
  - ▶ deve tener conto dell'incertezza di campionamento e analitica ed è preferibile che le incertezze siano diverse da specie a specie (e non definite in via cautelativa dai laboratori con l'incertezza massima)

Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

## ▶ POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

PREDISPOSIZIONE DEL DATABASE DI INPUT

- ▶ se una specie chimica presenta un numero troppo elevato di dati mancanti o di dati al di sotto del limite di rilevabilità, escluderla;
- ▶ se due specie chimiche risultano ridondanti (es. Solfato e Zolfo), sceglierne solo una

Source apportionment tramite modello a recettore nella  
piana di Venafro

## ► POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

### QUANTI DATI?

- In accordo con il manuale EPA, almeno 100 campioni giornalieri e 20 specie chimiche (Norris et al., 2008, Brown and Hafner, 2005)



## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

### ► POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

#### Scelta del numero dei fattori

- Il numero dei fattori NON è definito a priori!
- Individuare il numero corretto dei fattori è essenziale non solo per capire quante sono le sorgenti che impattano sul sito recettore, ma perché aggiungere o togliere nuovi fattori può cambiare sia l'apporzionamento sia il profilo chimico di tutti i fattori.
- Conviene provare a far girare il modello con un ampio range di fattori e poi vagliare tutte le soluzioni ottenute :
  - Sensatezza dei profili chimici dei fattori
  - Misure di fitting
  - Incertezze

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

### ► Sorgenti/fattori tipici:

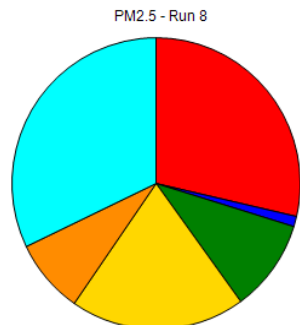
- Sorgenti di traffico: caratterizzate da C, Fe, Ba, Zn, Cu;
- Fonti minerali/croscali: con Al, Si, Ca, Fe come componenti distintivi;
- Spray marino e fonti marine: associate a concentrazioni elevate di Na, Cl, Mg;
- Inquinamento su scala regionale e fonti di inquinamento antropogenico transfrontaliero a grande distanza: ricche di V, Ni, solfato, nitrato, ammonio;
- Combustione di biomassa: marker univoco è il levoglucosano.

# Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

## ► POSITIVE MATRIX FACTORIZATION (PMF)

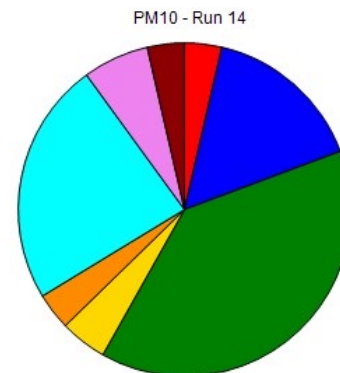
Quali file di output vengono generati?

- I profili chimici delle sorgenti
- I risultati della ripartizione delle fonti sono generalmente riportati in termini di un grafico a torta in cui le varie fonti sono espresse come percentuale della massa totale.



Factor Contribution > 0.05 %

- Secondary sulfate and organics = 6.37540 (28.6 %)
- Oil combustion = 0.25429 (1.1 %)
- Traffic with resuspended dust = 2.28250 (10.2 %)
- Biomass burning = 4.36660 (19.6 %)
- Anthropogenic mix = 1.83670 (8.2 %)
- Secondary nitrate = 7.15360 (32.1 %)



Factor Contribution > 0.05 %

- Industria = 0.93910 µg/m³ (3.6 %)
- Crostate = 4.08170 µg/m³ (15.7 %)
- BB = 10.10800 µg/m³ (38.9 %)
- Acciaieria = 1.18470 µg/m³ (4.6 %)
- Traffico = 0.93388 µg/m³ (3.6 %)
- Traffico Ind. = 6.14990 µg/m³ (23.6 %)
- Secondario = 1.67140 µg/m³ (6.4 %)
- Sea Salt = 0.93699 µg/m³ (3.6 %)

Esempio da SA di Terni  
 GdS 2022 (Vecchiocattivi et al.)

Source apportionment tramite modello a recettore nella  
piana di Venafro

## Studio Preliminare di Caratterizzazione del PM10 in Tre Siti (Venafro, Sesto Campano, Pozzilli) nella Valle di Venafro



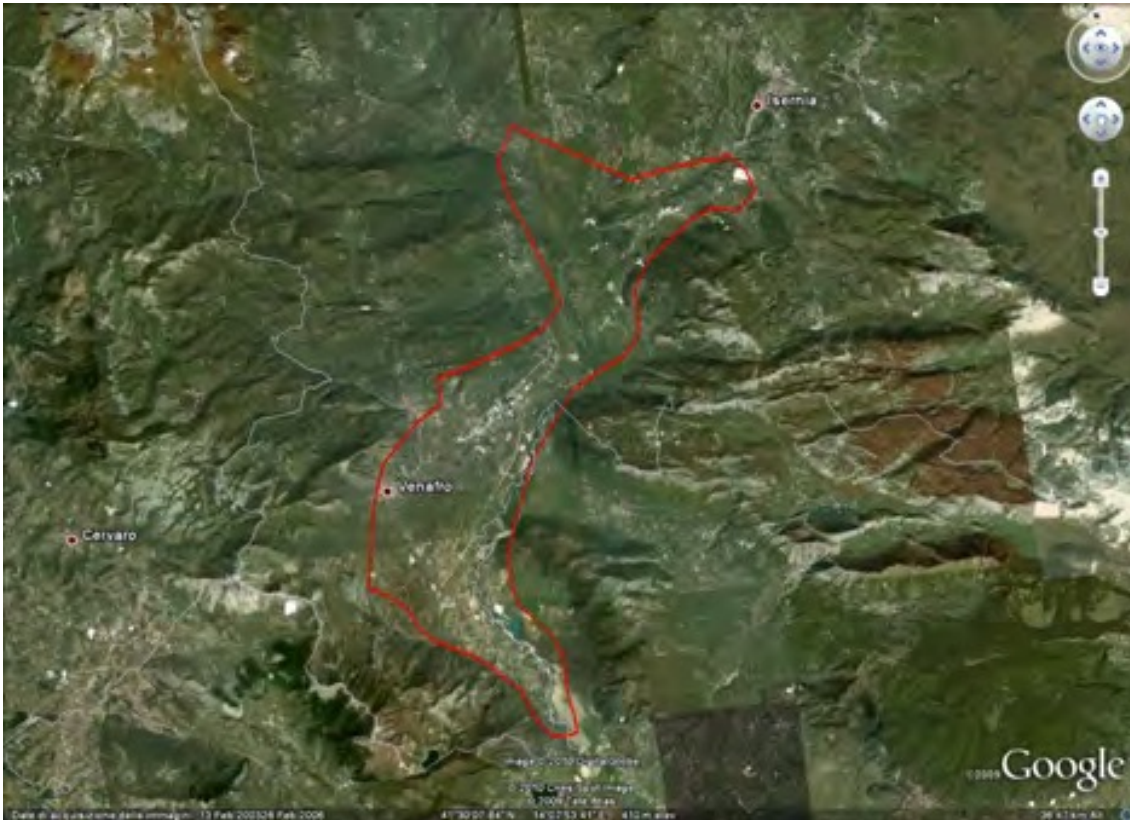
Start December 2020

End December 2022

Source apportionment tramite modello a recettore nella  
piana di Venafro

- ▶ Nella città di Venafro, ad esclusione del triennio 2016-2018, dal 2010 si registra il superamento della soglia dei 35 giorni consentiti per il superamento della media giornaliera del  $PM_{10}$ .

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro



- ▶ La piana di Venafro rappresenta una tipica conca intramontana.
- ▶ Il territorio è costituito da una pianura con altitudine media di circa 200 m s.l.m., in cui coesistono attività industriali e attività agricole

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ La caratterizzazione è stata orientata alla valutazione:
- ▶ 1) della concentrazione di massa media giornaliera delle componenti principali del particolato atmosferico
  - ▶ anioni e cationi
  - ▶ carbonio organico e carbonio elementare
- ▶ 2) della concentrazione di massa di alcuni zuccheri
- ▶ 3) della concentrazione di massa di metalli e semimetalli

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ INQUADRAMENTO TERRITORIALE
- ▶ INQUADRAMENTO CLIMATICO
- ▶ DETERMINANTI:
  - ▶ IL TRAFFICO VEICOLARE
  - ▶ GLI INSEDIAMENTI INDUSTRIALI
  - ▶ IL SETTORE AGRICOLO E ZOOTECNICO
- ▶ STIMA DEI FLUSSI EMISSIVI
- ▶ ANALISI STORICA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PIANA DI VENAFRO



Source apportionment tramite modello a recettore nella  
piana di Venafro

- ▶ **START dicembre 2020**  
**Campioni VENAFRO2**

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

	n samples	Venafro 2 (ng/m <sup>3</sup> )	Range winter 9 Sites in Italy (ng/m <sup>3</sup> )
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)	

	Venafro2 (µg/m <sup>3</sup> )	Bologna via Gobetti (µg/m <sup>3</sup> ) - PREPAIR
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 <sub>10</sub>	79 (28 - 149)	54 (19 - 81)

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ I risultati sono stati confrontati con la situazione osservata a Bologna, e con dati della letteratura scientifica.
- ▶ 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.
- ▶ 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

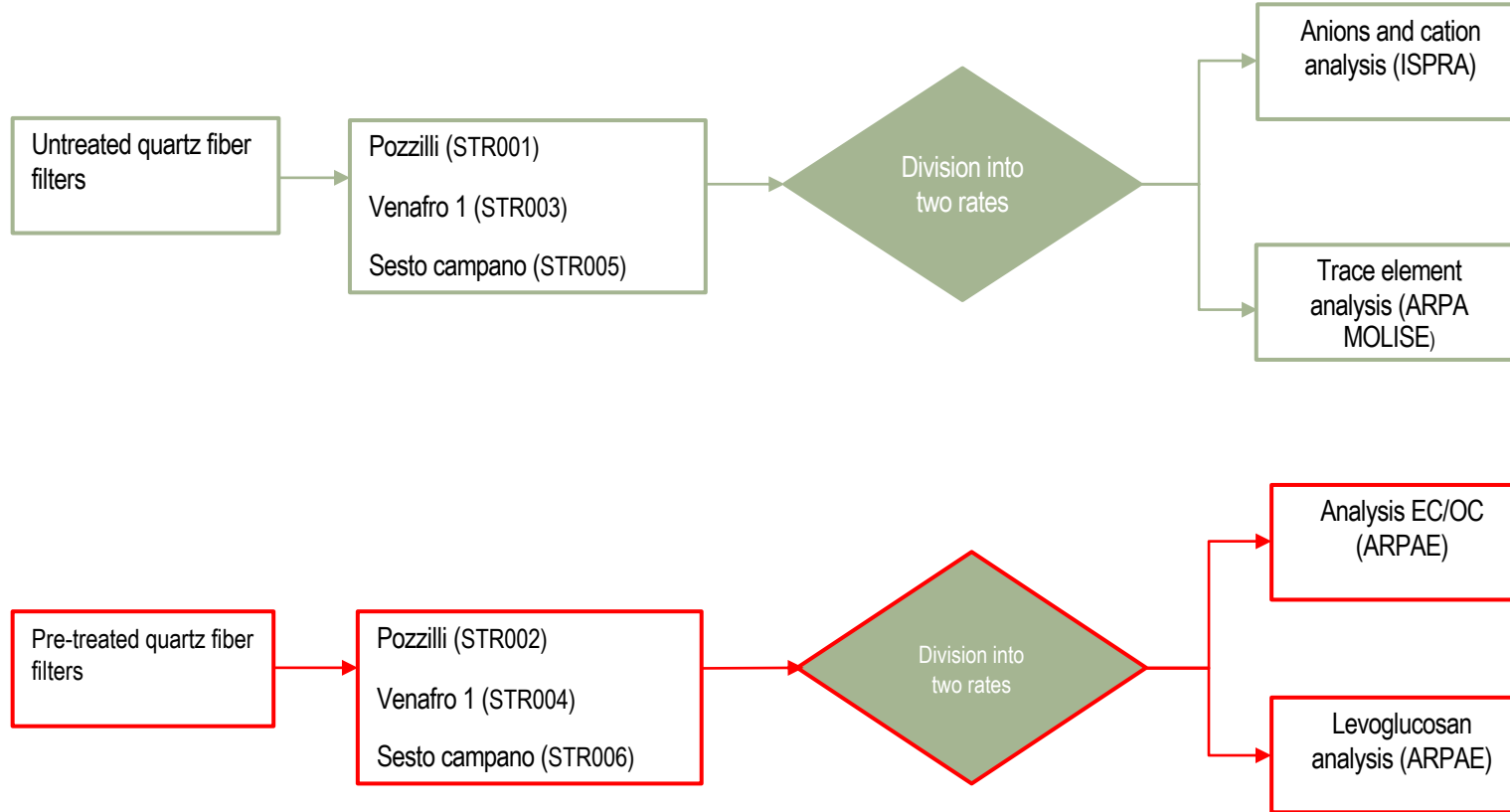
## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ **MONITORAGGIO AD HOC**
- ▶ Sono state realizzate due campagne di monitoraggio:
  - ▶ estiva, 25 giugno - 26 luglio 2021
  - ▶ invernale, 19 gennaio - 1 marzo 2022.

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro



# Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro



Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ 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.

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ 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



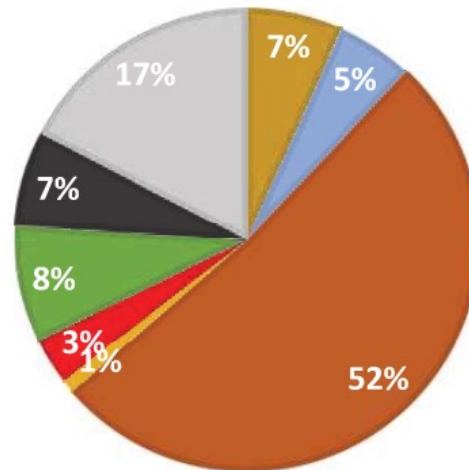
## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

- ▶ 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.
- ▶ 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.

## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro

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

### ► ESERCITAZIONE



## Source apportionment tramite modello a recettore nella piana di Venafro



- ▶ Source apportionment  $PM_{10}$ 
  - ▶ PMF
  - ▶ 3 SITI (VENAFRO, Z.I. POZZILLI, SESTO CAMPANO)
  - ▶ METALLI (14)
  - ▶ ANIONI E CATIONI (8)
  - ▶ IPA (11)
  - ▶ ZUCCHERI (3)
  - ▶ EC/OC

GRAZIE PER L'ATTENZIONE