

Caratterizzazione chimica del PM_{2,5} ed analisi dimensionale di particolato fine in un luogo di lavoro

**Piera Ielpo^{1,2}, P. Fermo³, V. Ancona², A. Candelieri³, A. Piazzalunga³, R. Dario,
V. Di Lecce⁵, V.F. Uricchio²**

¹CNR - ISAC, sez. Lecce; ²CNR - IRSA, sez. Bari; ³Università di Milano - Dipartimento di chimica; ⁴ASL BA - Dipartimento di prevenzione – SPESAL; ⁵ Politecnico di Bari

Sommario

Descrizione del Campionamento

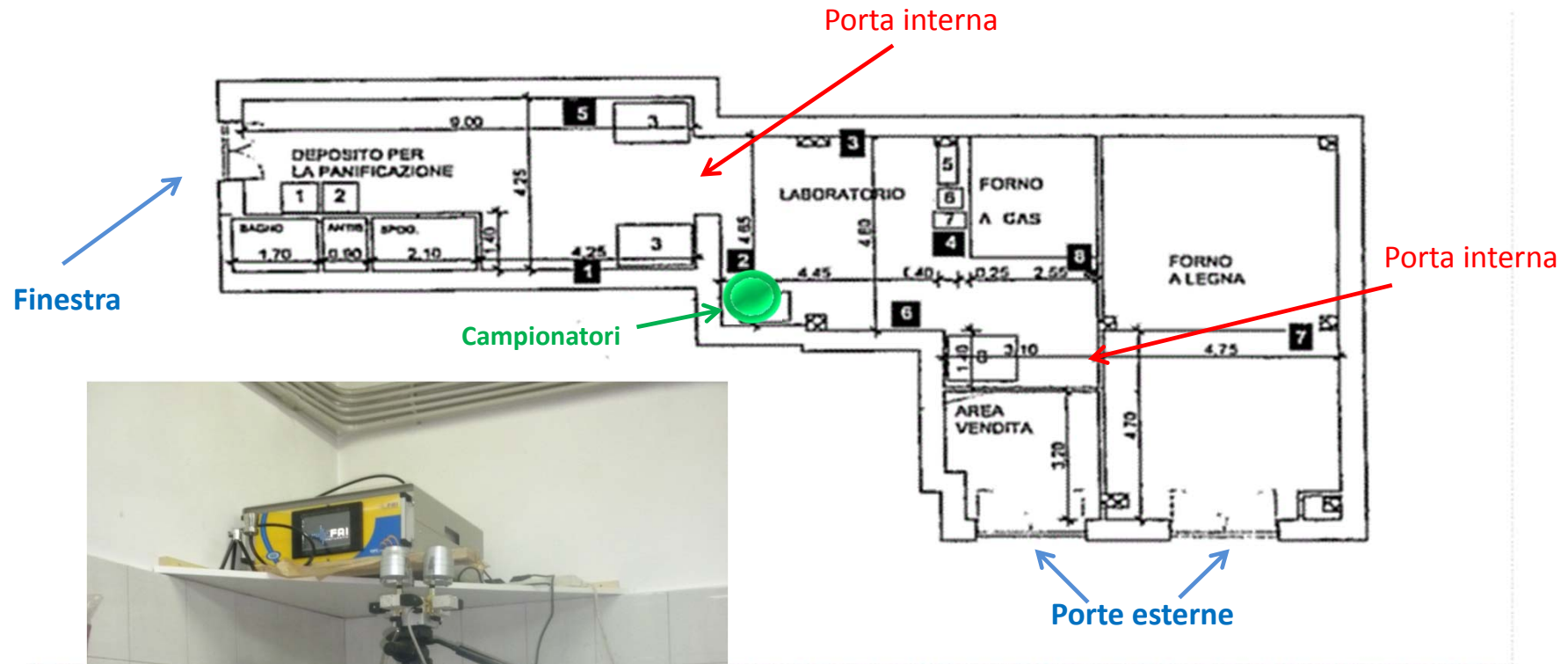
Analisi dimensionale di particolato fine

Caratterizzazione chimica del particolato fine

Ricostruzione dei flussi da analisi termografica e modellistica
fluidodinamica computazionale

Conclusioni

Campionamento



OPC MONITOR FAI Instruments
(8 optical channels with threshold of 0.28, 0.4, 0.5, 0.7, 1.1, 2.0, 3.0, 5.0 μm)



trend dimensionali delle
particelle ad alta risoluzione
temporale (1 minuto)

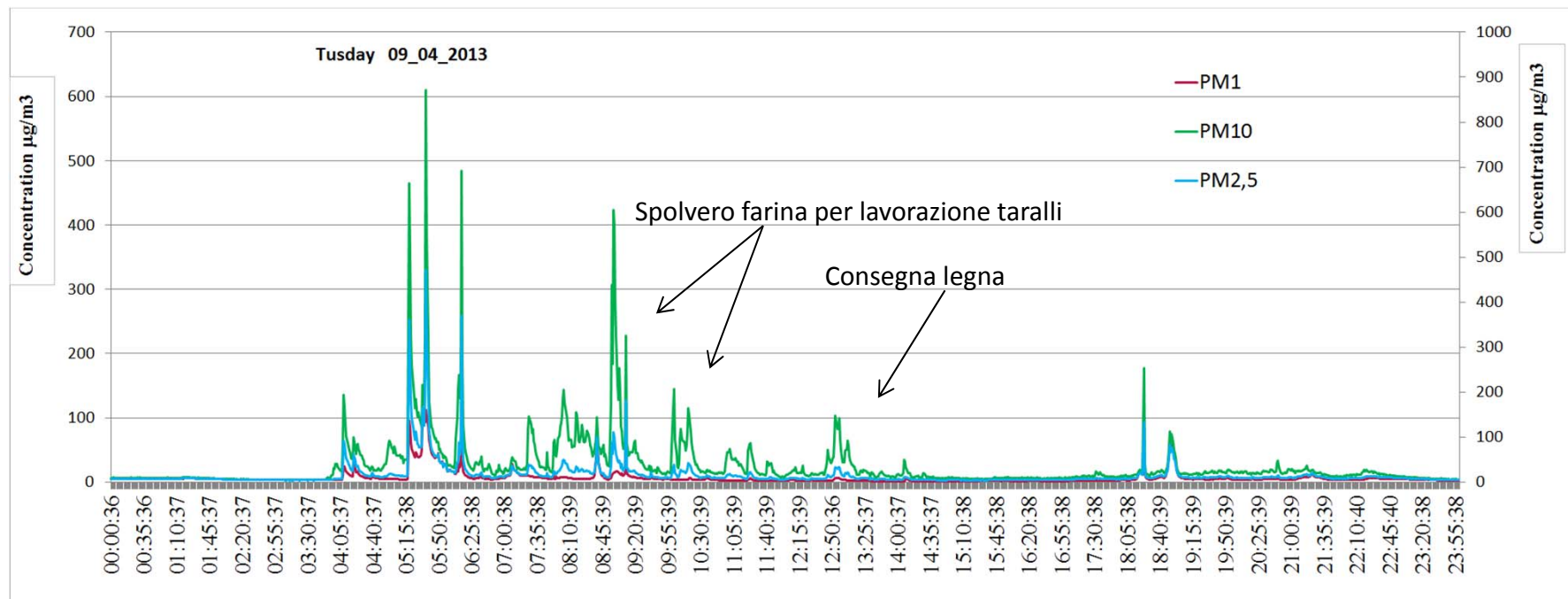
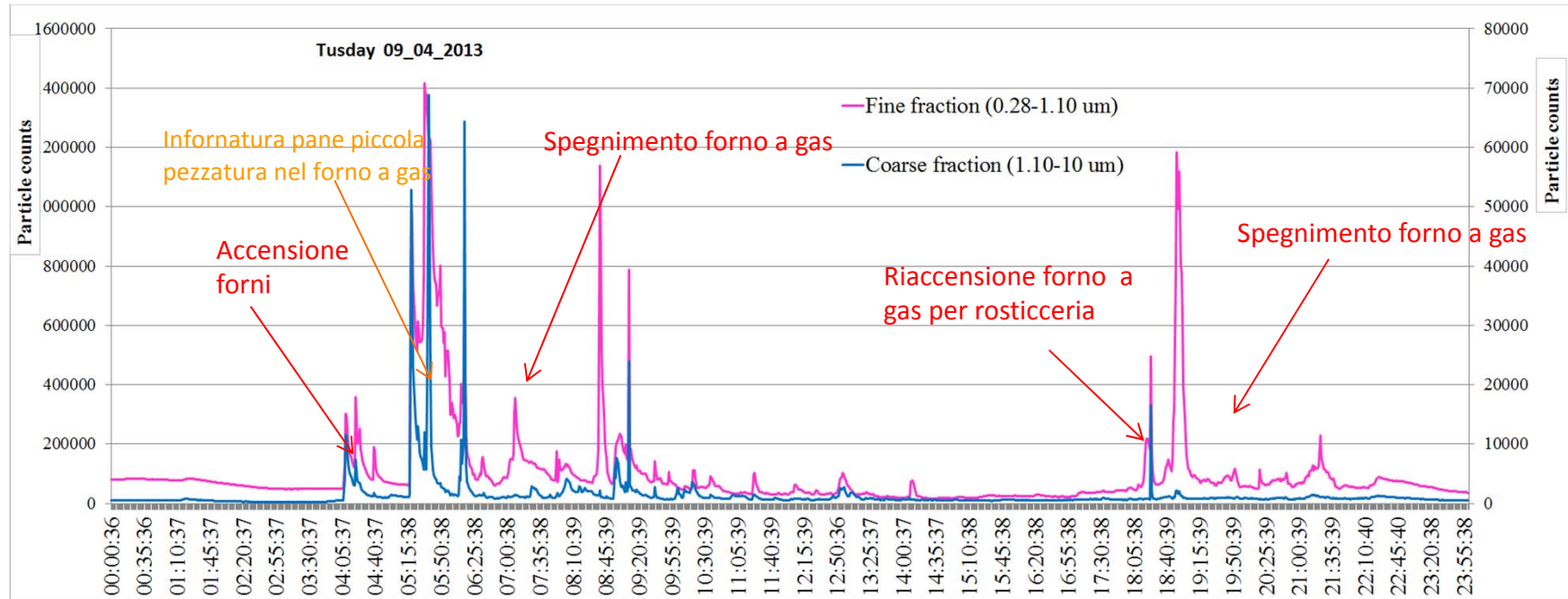
SILENT FAI Instruments

Intervalli di campionamento:
03:00 – 09:00
09:00 – 13:30
14:00 – 21:00
21:00 – 03:00

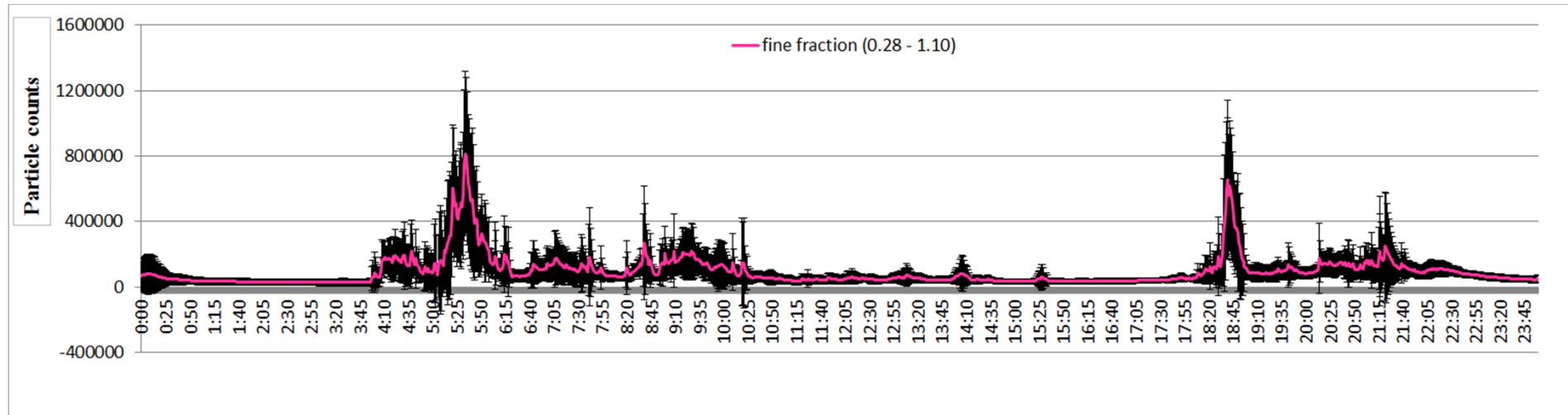


40 $\text{PM}_{2,5}$ filtri: 10 per ogni
intervallo di campionamento

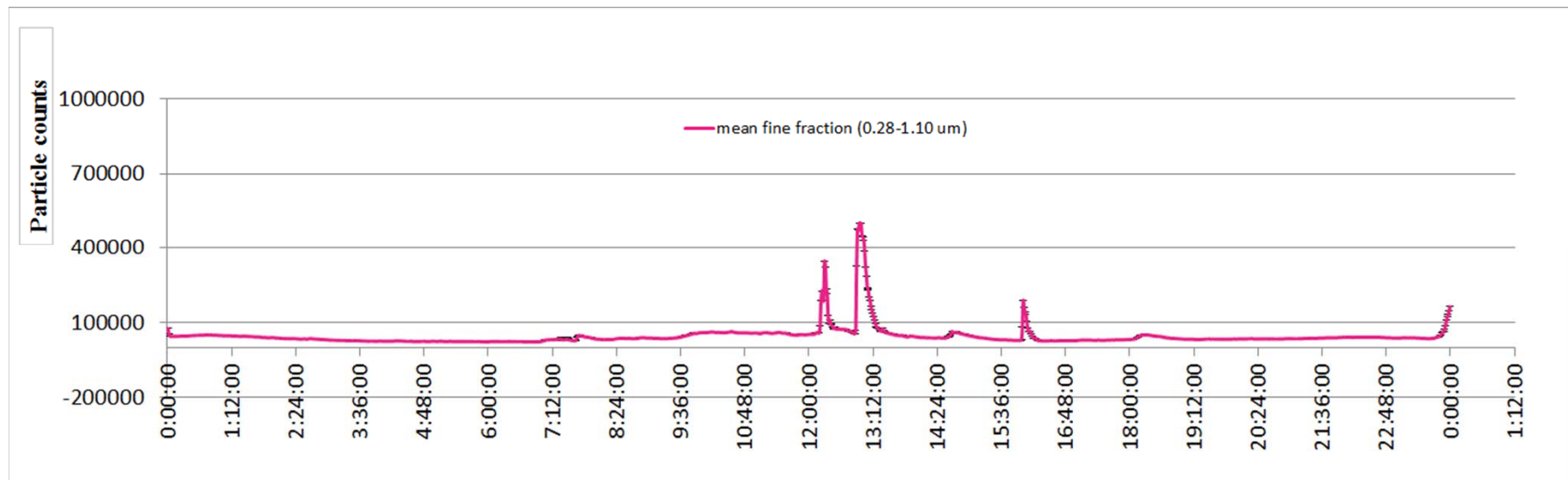
Giorno tipo



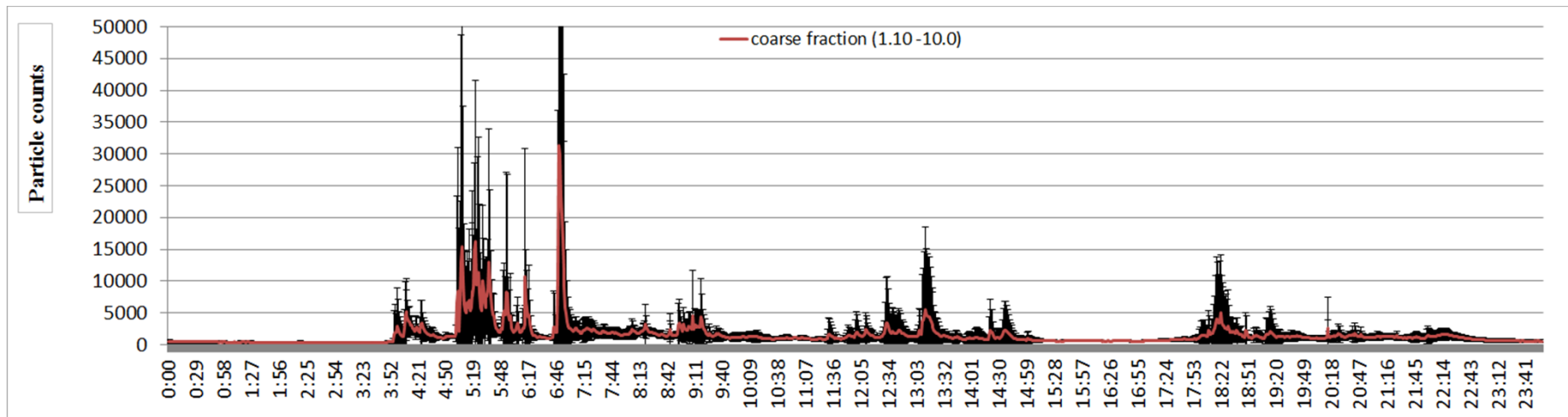
Media della frazione di particelle con diametro compreso tra 0.28 ed 1.10 um nei giorni lavorativi



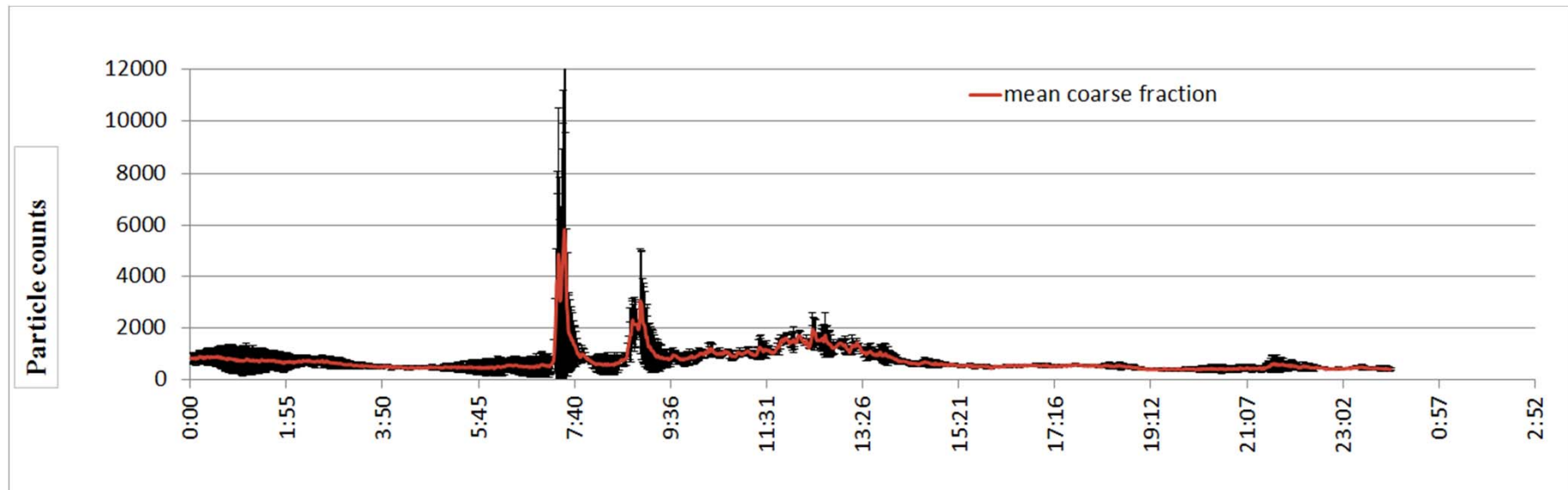
Media della frazione di particelle con diametro compreso tra 0.28 ed 1.10 um nei giorni di chiusura del panificio



Media della frazione coarsa (particelle con diametro >1.10 μm) nei giorni lavorativi



Media della frazione coarsa (particelle con diametro > 1.10 μm) nei giorni di chiusura del panificio



Valori medi di PM_{2,5}

Intervallo di campionamento	Mean (µg/m ³)	Standard Dev (µg/m ³)	Max (µg/m ³)	Min (µg/m ³)	Samples number
03:00-09:00	110	16	140	79	10
09:00-13:30	118	47	281	77	10
14:00-21:00	65	8	82	55	10
21:00-03:00	67	11	89	54	10

Il valore medio di PM_{2,5} outdoor ottenuto da stazioni di monitoraggio di ARPA Puglia situate nell'area di indagine, negli stessi giorni di campionamento indoor, è pari a 12 ug/m³.

In precedenti campagne di monitoraggio di PM_{2,5} in siti vicini all'area di studio sono stati ottenuti valori compresi tra 24 e 32 ug/m³.

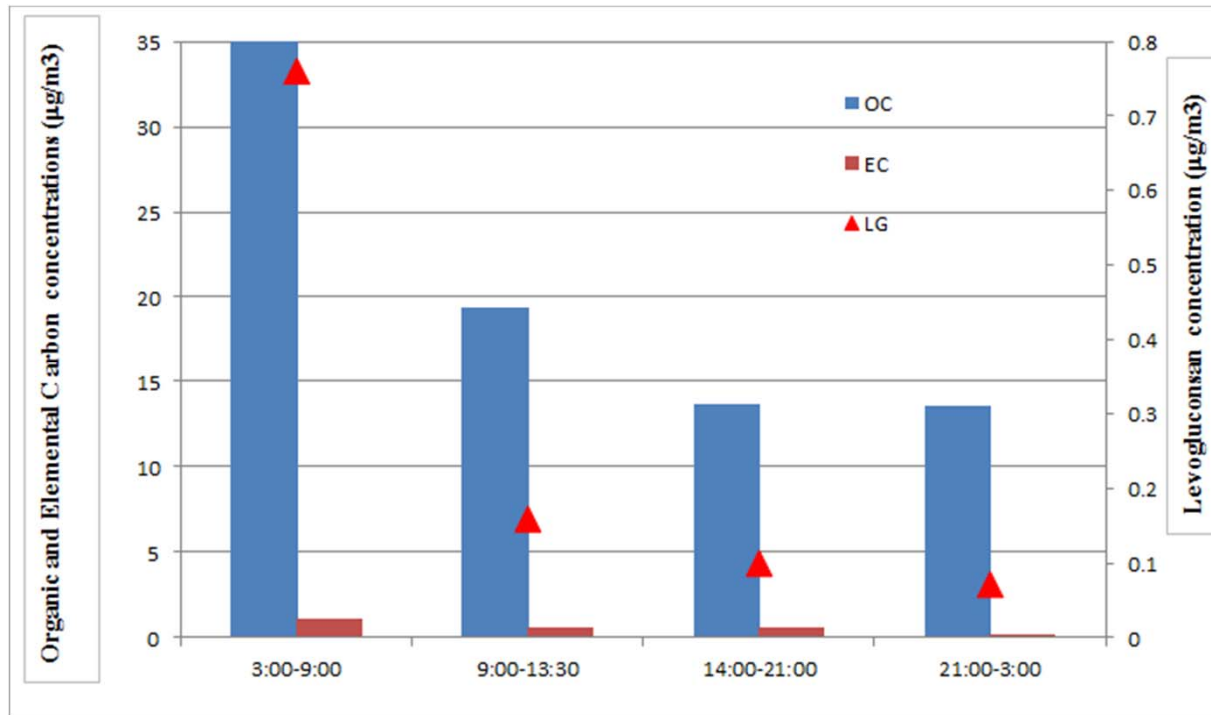
ACGIH, 2013

TLV-TWA : 3 mg/m³ PM_{respirabile}

TLV-TWA : 10 mg/m³ PM_{inalabile}

Per polvere di farina: TLV-TWA 0,5 mg/m³ PM_{2,5}

Valori medi di OC (organic carbon), EC (elemental carbon) e levoglucosano nei diversi intervalli di campionamento

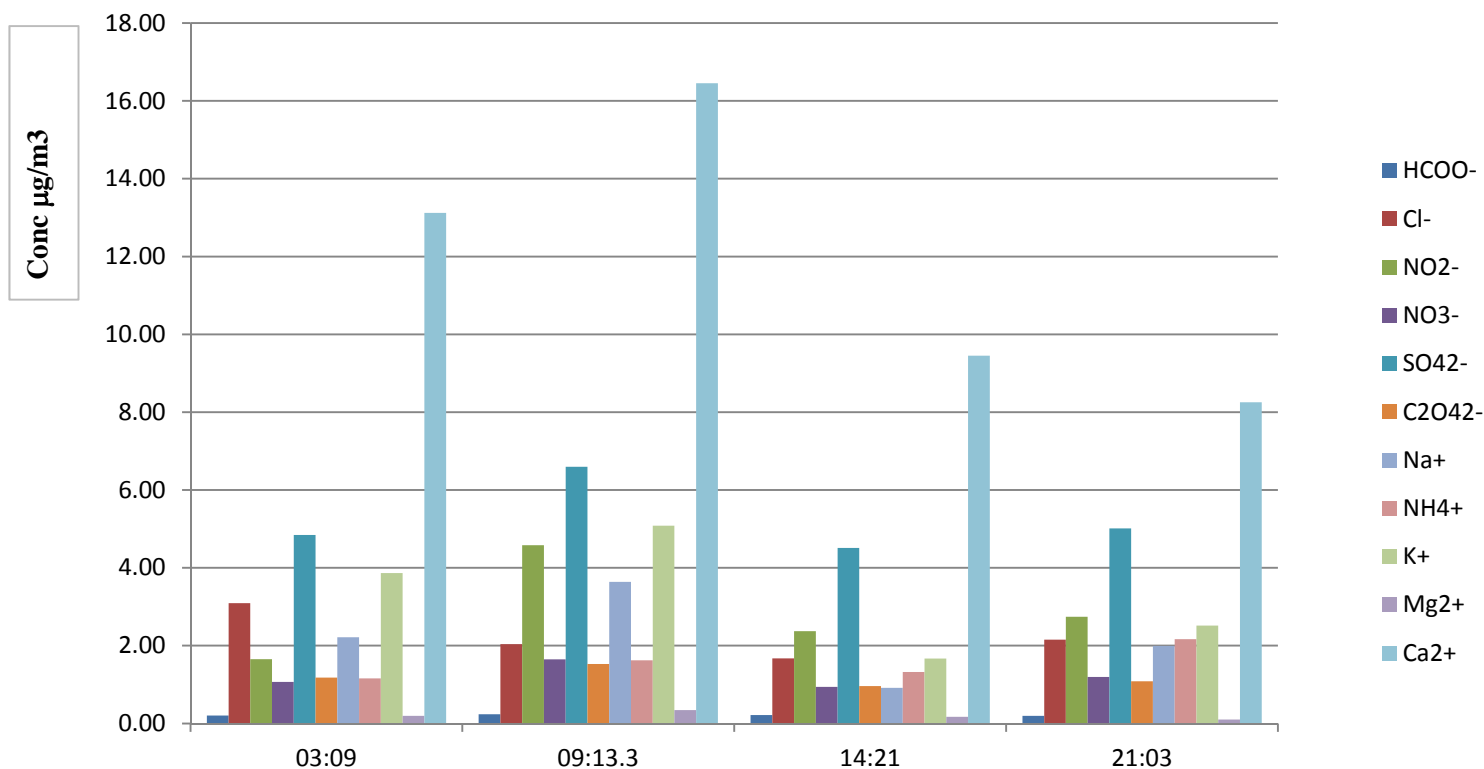


Confronto con valori medi in aria ambiente

I valori più alti di OC (36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), EC(1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e Levoglucosano (0.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) si registrano nelle ore di maggiore attività del panificio e di accensione dei forni.

Sito	OC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PeP inverno	5.3 +- 3.0	2.0+- 0.8
PeP estate	3.8 +- 1.2	1.5+- 0.6
San Nicola inverno	5.2 +- 2.5	1.8 +- 0.9
San Nicola estate	4.0 +- 3.3	1.6 +- 0.9
Casamassima inverno	7.6 +- 2.9	1.9 +- 1.1
Casamassima estate	3.8 +- 0.7	1.4 +- 0.4

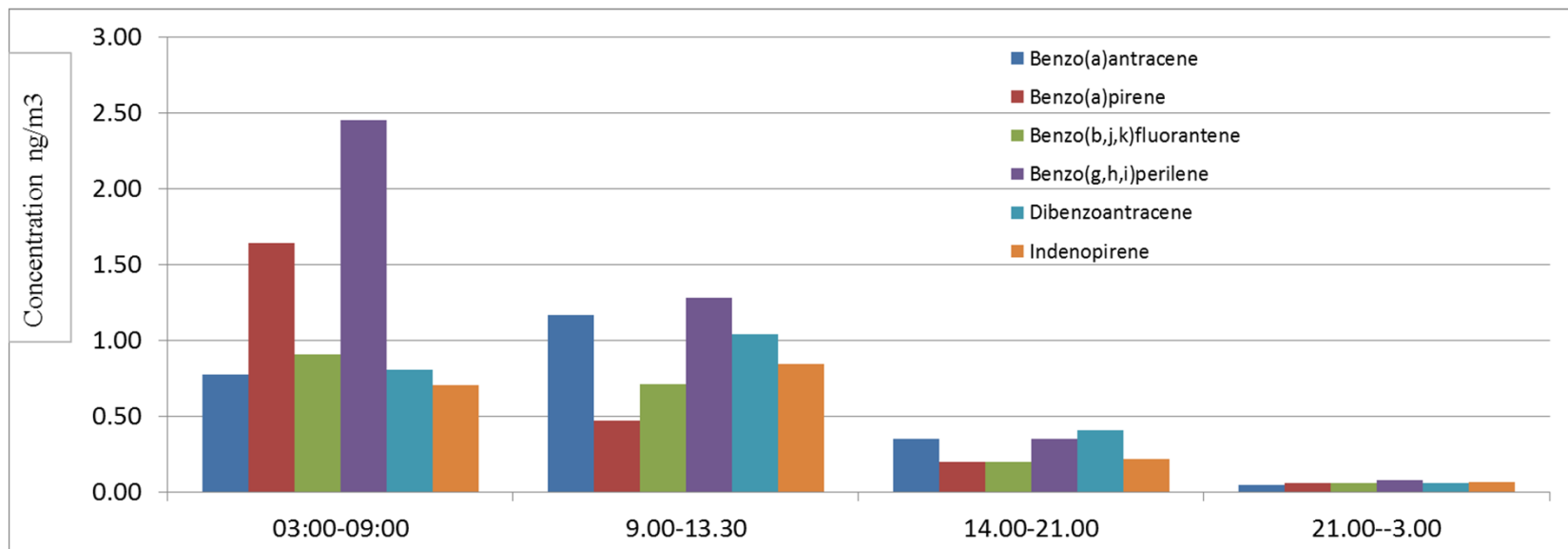
Valori medi di cationi ed anioni solubili



Per gli ioni determinati non si evince un trend netto tra le diverse fasce orarie.

K⁺ e Ca²⁺ mostrano valori medi più alti nelle prime due fasce orarie rispetto alle altre due fasce orarie.

Valori medi di Idrocarburi Policiclici Aromatici



I valori medi di IPA sono maggiori nelle prime due fasce orarie

Analisi di rischio professionale calcolata su 6 e 10 ore lavorative

Carcinogens	range	C	EM	SF inal	R
		mg/m3	m3/Kg*day	Kg*day/mg	
Benzo(a)pirene	3:00-9:00	1.64E-03	2.17E-02	3.85E+00	1.4E-04
Benzo(a)pirene	3:00-13:00	1.06E-03	3.62E-02	3.85E+00	1.5E-04

Il valore ottenuto supera il valore massimo del range previsto dalla normativa internazionale

1 E-06 - 1 E-04

Studio della dinamica indoor di gas e particelle



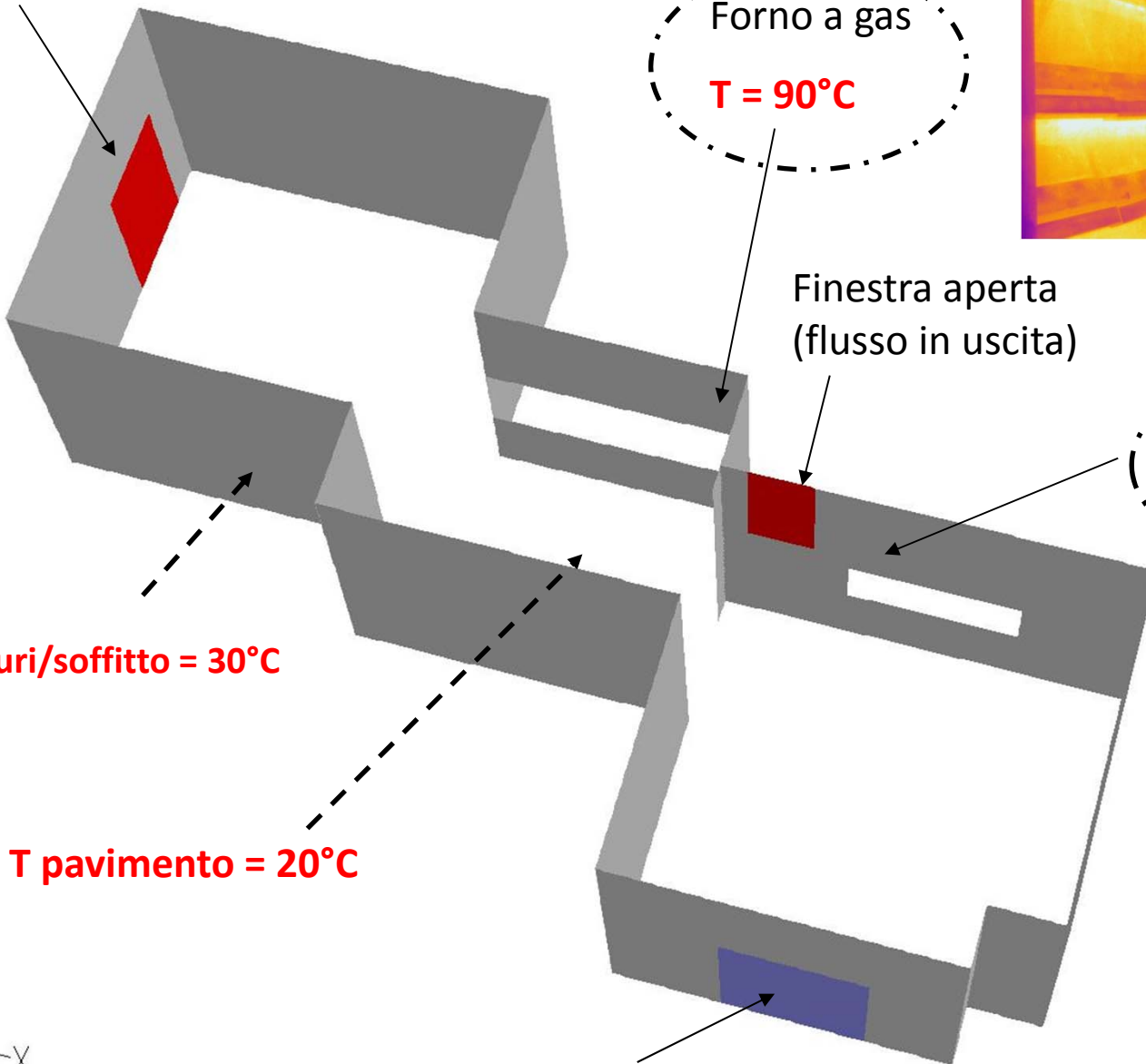
termocamera FLIR T620 ad alta risoluzione



successiva simulazione fluidodinamica (senza particelle)
mediante codice FLUENT

CASO 1

Porta interna aperta
(flusso in uscita)



Forno a gas
T = 90°C



Forno a legna
T = 80°C



Porta di ingresso (flusso in entrata con Vel.=1m/s)

CASO 2

Porta interna aperta
(flusso in uscita)

Forno a gas
T = 120°C



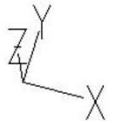
Finestra aperta
(flusso in uscita)

Forno a legna
T = 130°C



T muri/soffitto = 30°C

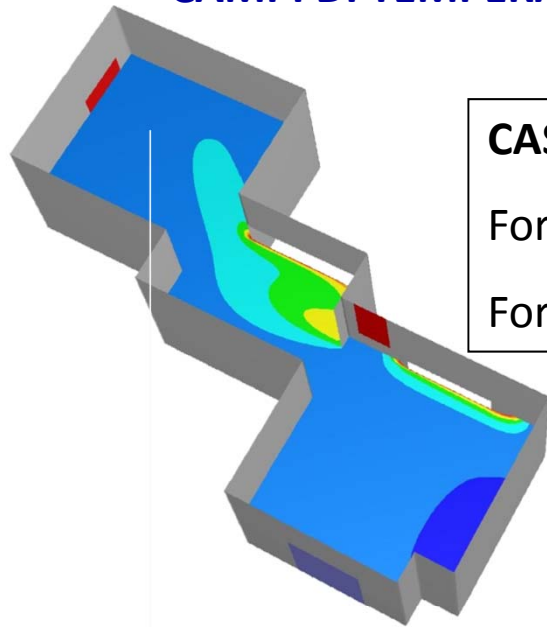
T pavimento = 20°C



Porta di ingresso (flusso in entrata con Vel.=1m/s)

CAMPI DI TEMPERATURA DELL'ARIA SIMULATI

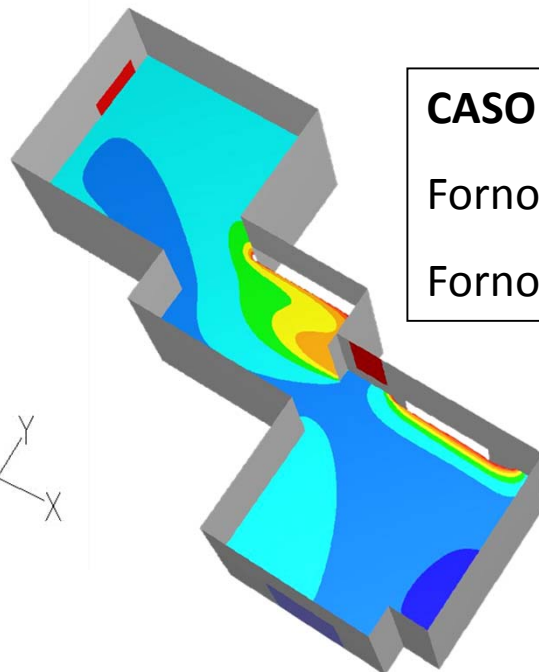
T (°C)



CASO 1

Forno gas: T=90°C

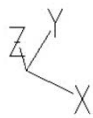
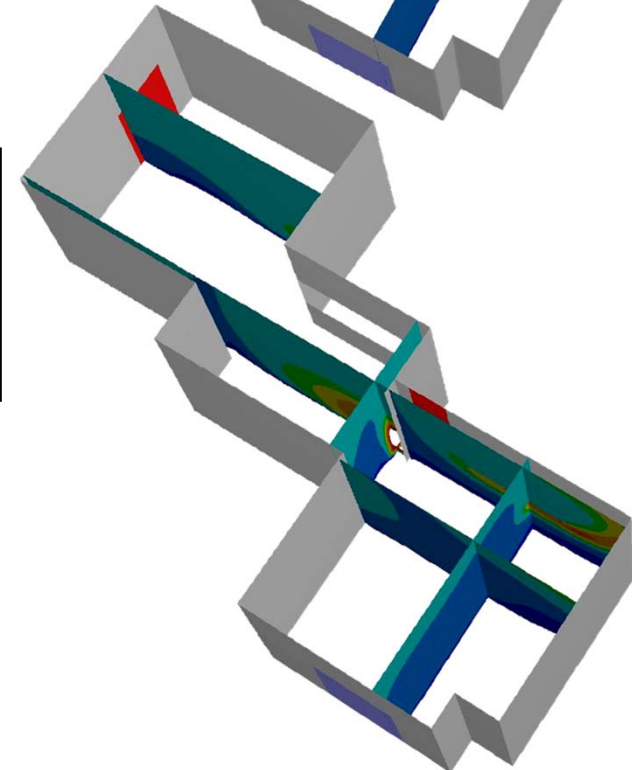
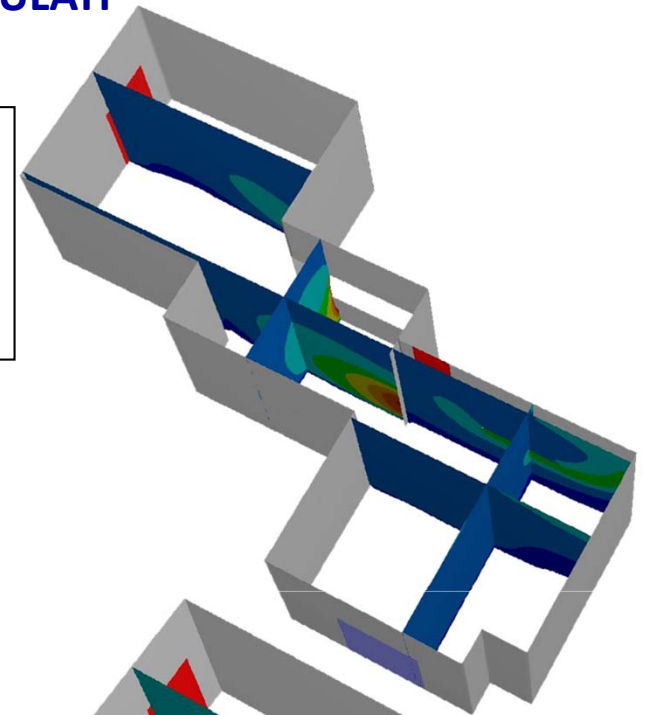
Forno legna: T=80°C



CASO 2

Forno gas: T=120°C

Forno legna: T=130°C



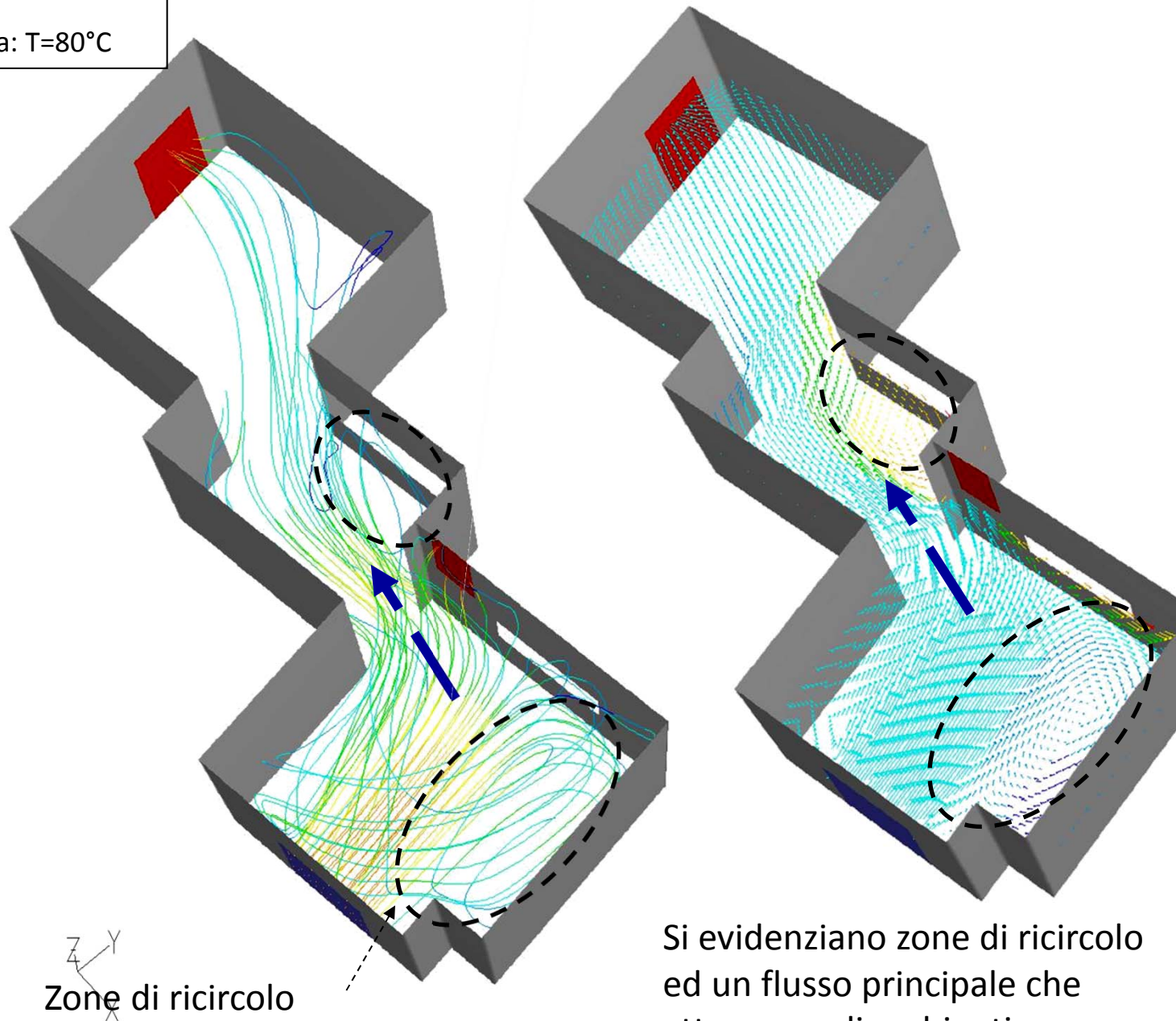
CASO 1

Forno gas: T=90°C

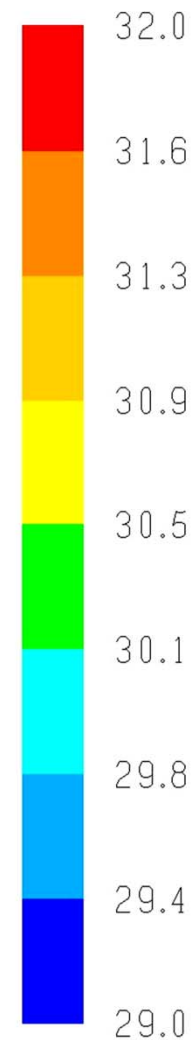
Forno legna: T=80°C

STREAMLINES & VETTORI

Vel. (m/s)



T (°C)



Si evidenziano zone di ricircolo ed un flusso principale che attraversa gli ambienti.

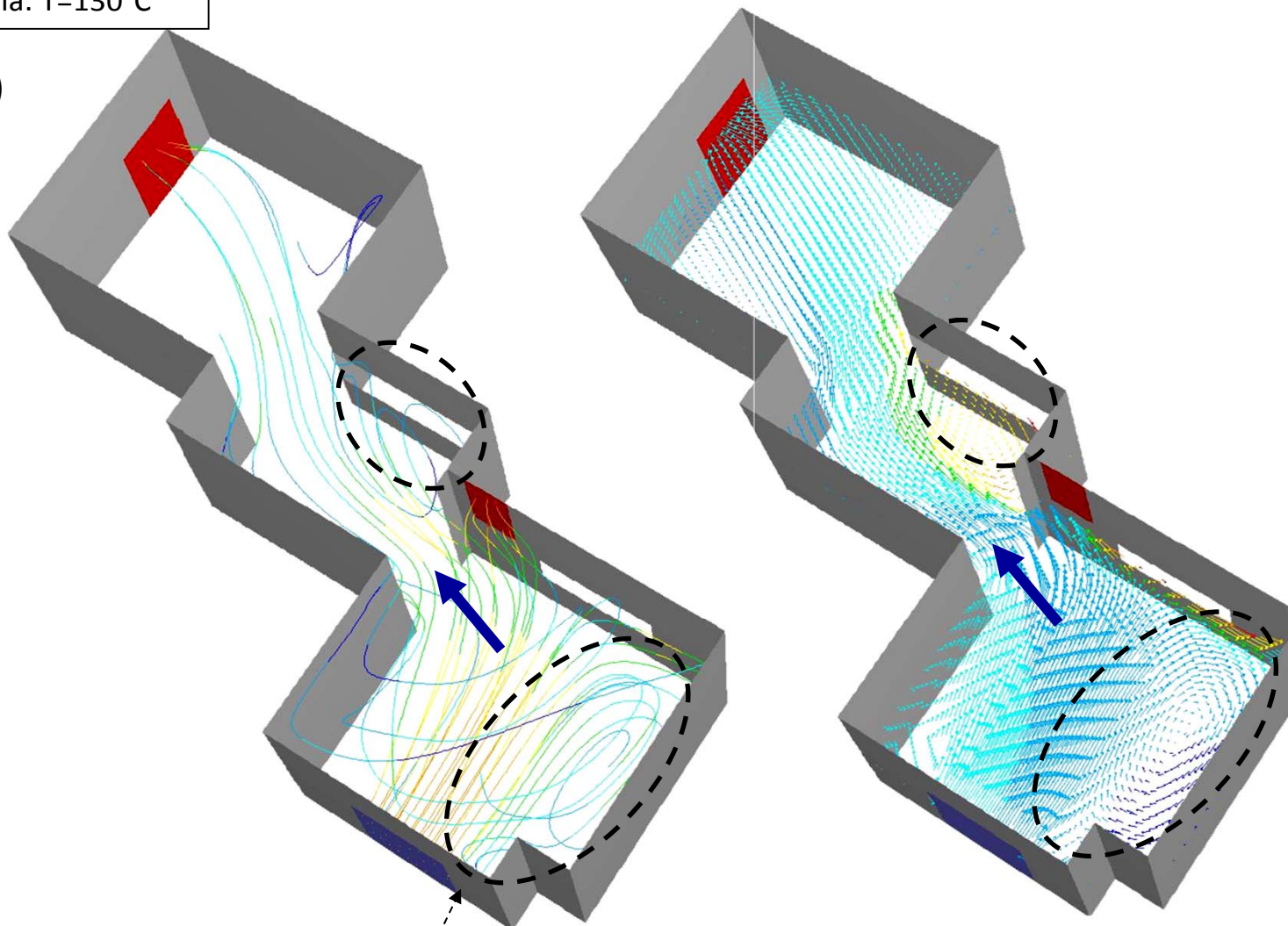
CASO 2


Forno gas: $T=120^{\circ}\text{C}$

Forno legna: $T=130^{\circ}\text{C}$

STREAMLINES & VETTORI

Vel. (m/s)




Zone di ricircolo

$T (^{\circ}\text{C})$



Si evidenziano zone di ricircolo ed un flusso principale che attraversa gli ambienti.

Conclusioni

Il trend della frazione più fine rilevata dall'OPC nei giorni lavorativi del panificio è associata principalmente all'attività dei forni.

I parametri OC, EC, levoglucosano ed IPA mostrano valori medi maggiori nella prima fascia oraria di campionamento, ovvero nell'intervallo di attività dei forni e di maggiore attività del panificio stesso.

Dall'analisi di rischio professionale si ottiene un valore ($R = 1.4 E-4$ e $1.5 E-4$) che supera il valore massimo del range previsto dalla normativa internazionale.

Le simulazioni di fluidodinamica computazionale, in cui si è tenuto conto della distribuzione superficiale di temperatura (ottenuta tramite termografia all'infrarosso) nonché di quella dell'aria, suggeriscono il possibile trasporto di gas e particelle nelle stanze adiacenti a quella del forno a legna.

Gli autori ringraziano **FAI Instruments** ed **Agrobiolab** per il supporto tecnico prestato alla presente attività di ricerca ed il **Laboratorio di Micrometeorologia dell'Università del Salento** (S. Di Sabatino, R. Buccolieri, G. Rispoli, F. Micocci) per le indagini termografiche e le simulazioni fluidodinamiche.

