



IL TOOL MODELLISTICO DI ARPA-PUGLIA PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DEGLI INCENDI: APPLICAZIONE A UN CASO STUDIO

Annalisa Tanzarella¹, Angela Morabito¹, Francesca Intini¹, Ilenia Schipa¹, Vincenzo Campanaro¹, Nicolò Verando², Daniela Barbero², Umberto Giurato², Nicola Pepe²

1: ARPA Puglia, Italy; 2: ARIANET, Italy

Le ARPA nella gestione delle emergenze ambientali

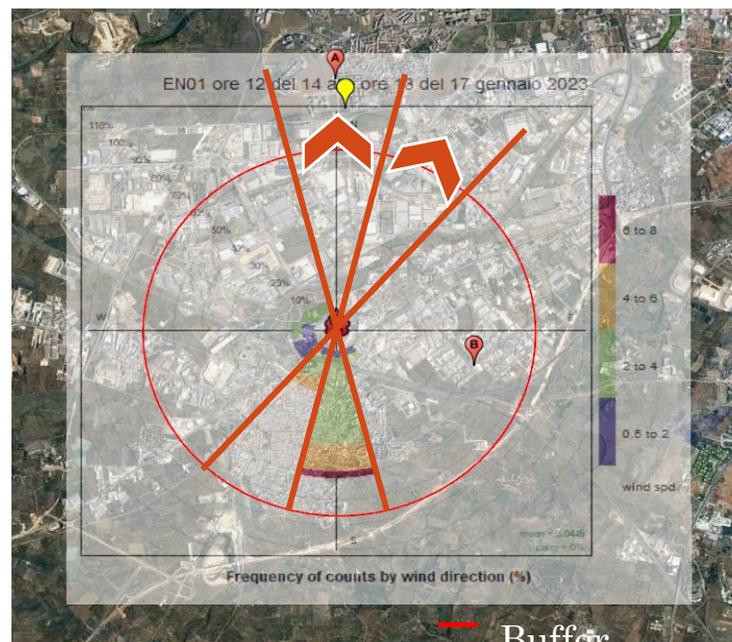


Fasi di intervento nel caso di incendi (1)

Attività fase emergenziale

1. Valutazione tecnica preliminare dell'evento attraverso l'acquisizione di informazioni utili alla gestione dell'emergenza, desumibili dalle banche dati disponibili
2. Campionamento delle matrici ambientali, con metodi speditivi e seguendo protocolli specifici a secondo della durata presunta e della tipologia di materiale bruciato
3. Attivazione delle strutture di supporto specialistico (meteorologico, modellistico, ecc.)
4. Ulteriore supporto da remoto

Analisi anemologica basata sulle misure



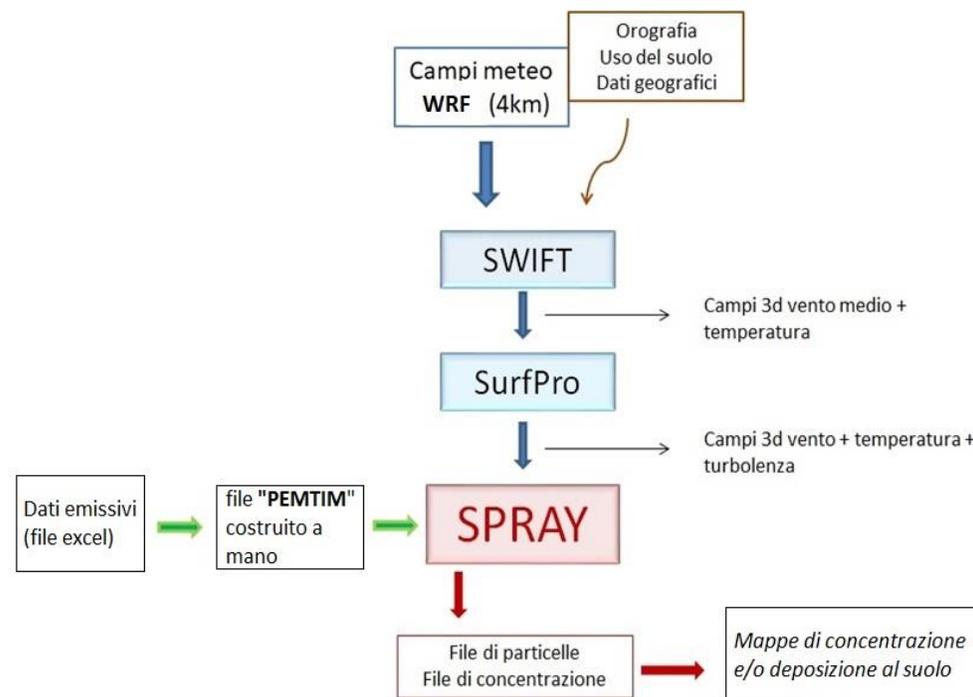
Fasi di intervento nel caso di incendi (2)

Attività fase post-emergenziale

In questa fase è possibile provvedere al campionamento di altre matrici ambientali coinvolte dall'evento incidentale al fine di una migliore caratterizzazione delle relative conseguenze ambientali.

La modellistica supporta l'individuazione dei punti di campionamento.

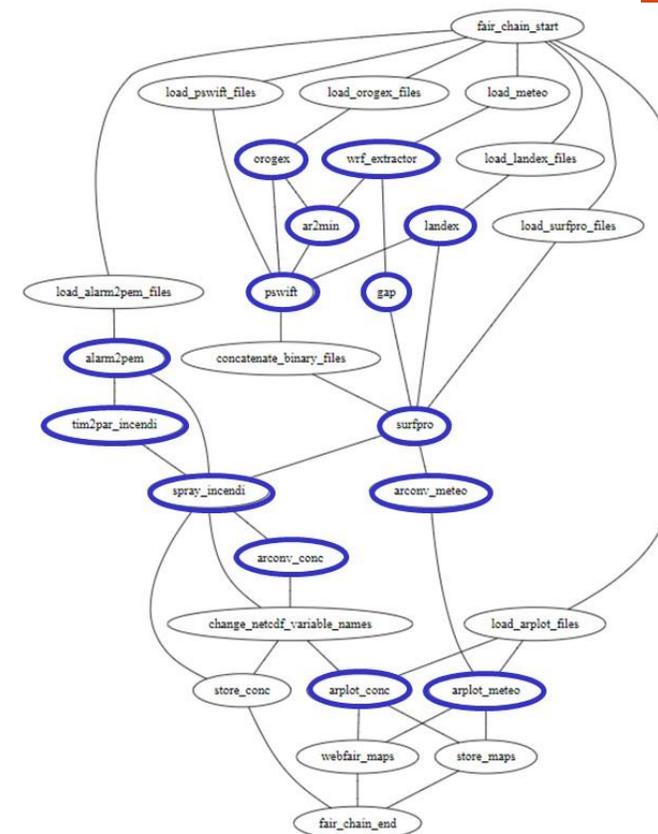
Il sistema modellistico per valutazioni short-term, operativo presso ARPA Puglia



Tool modellistico per la simulazioni di incendi

Nell'ambito dell'attività di aggiornamento e potenziamento del sistema modellistico operativo, sono state messe a punto due catene modellistiche, basate sul modello lagrangiano a particelle SPRAY, in grado di supportare il personale in fase di emergenza e di post-emergenza.

- La prima catena, denominata “catena semplificata”, è alimentata con le informazioni che ARPA può acquisire nell'immediato, e può indirizzare in fase di emergenza gli operatori di ARPA, che sono impegnati in pronta disponibilità nel campionamento e analisi dell'aria
- la seconda, denominata “catena completa”, utilizza invece informazioni più dettagliate e precise, può supportare in fase di post emergenza le Autorità Sanitarie nella esecuzione di campionamenti sul suolo e sulle colture per valutazioni più dettagliate degli impatti sugli ecosistemi e sulla salute della popolazione.



Aspetti specifici nella trattazione modellistica di un incendio

I principali problemi legati alla trattazione di questo tipo di evento, nei modelli lagrangiani, sono legati a due aspetti:

- 1) la rappresentazione della risalita del pennacchio (plume rise), ovvero il sovra innalzamento termico dei fumi rilasciati da una sorgente (noto anche come “effetto camino”);
- 2) la stima delle emissioni e delle variabili che caratterizzano un incendio dal punto di vista modellistico, legate alla tipologia di materiale (ed alla quantità) che brucia durante l’incendio.



Calcolo plume rise di un incendio in SPRAY (1)

L'altezza H_F raggiunta dal pennacchio è descritta dall'equazione:

$$H_F = \left[H_B^3 + \left(\frac{r}{\beta} \right)^3 \right]^{1/3} - \frac{r}{\beta}$$

dove:

$$H_B(x) = \left(\frac{3}{2\beta^2} \right)^{1/3} F_b^{1/3} x^{2/3} U_a^{-1} \quad \text{Formula classica di BRIGGS}$$

$$F_b = g(1 - \varepsilon) Q_h / \pi c_p \rho_a T_a \quad \text{flusso di buoyancy (approccio di Mills)}$$

r dimensione iniziale (raggio) dell'incendio in m

U_a velocità dell'aria in m/s

x distanza del pennacchio dall'emissione in m

Q_h potenza coinvolta nell'incendio in kW

e frazione di energia radiante

T_a Temperatura dell'aria in K

b parametro di entrainment adimensionale = 0.6

→ viene introdotta una dipendenza dalla dimensione iniziale dell'incendio che ha l'effetto di ridurre il plume rise vicino alla sorgente

Calcolo plume rise di un incendio in SPRAY (1)

L'osservazione dei roghi accidentali indica però che, anche all'inizio, coesistono fasi di sviluppo diverse, a causa della disomogeneità del materiale incendiato (con differenti poteri calorifici) e delle condizioni imperfette di combustione.

- l'innalzamento del pennacchio è ridotto rispetto alle condizioni teoriche e la diluizione degli inquinanti sfavorita
- presenza di fumo persistente vicino all'incendio
- mancanza di un chiaro sollevamento della colonna di fumo dal suolo



Questo viene modellato in SPRAY:

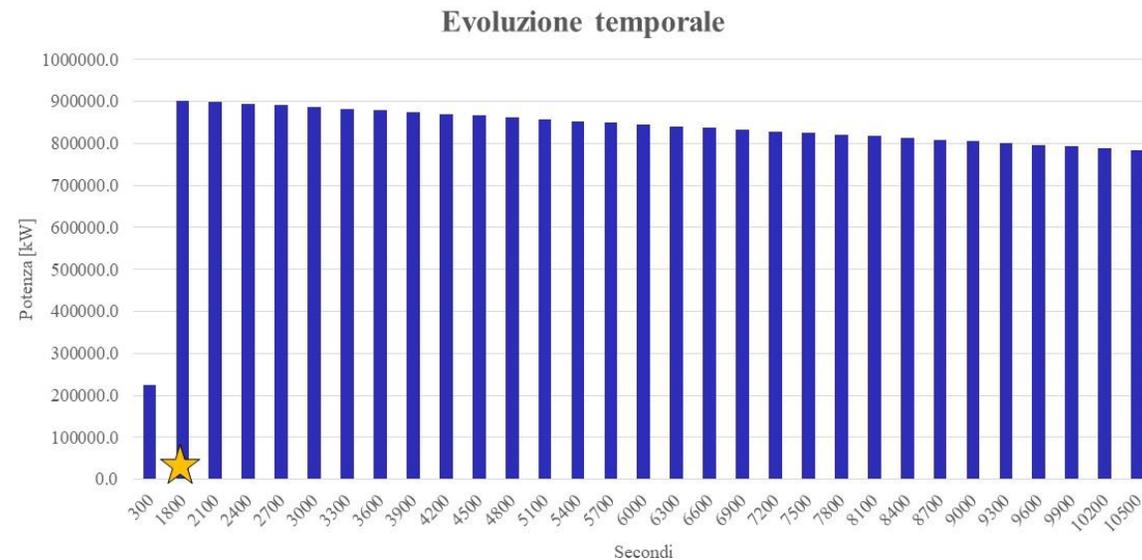
- all'i-esima particella che trasporta una porzione di massa di inquinante può essere associato **un flusso iniziale di buoyancy F_b^i distribuito uniformemente tra 0 e F_b** (in questo caso inteso come il valor massimo del flusso di buoyancy).
- E' possibile **specificare una percentuale delle particelle iniziali che saranno emesse con buoyancy nulla**, che rappresentano così una parte di **emissione "fredda"** che può servire per esempio a modellare la fase di smouldering dell'incendio.

Algoritmi per la stima della potenza e delle superfici coinvolte

1. Definizione dell'area e dei materiali interessati
2. **Calcolo** della massa coinvolta
3. **Calcolo** dell'energia emessa
4. **Calcolo** dell'evoluzione nel tempo

variazione della potenza e delle superfici coinvolte

Ipotesi di decadimento lineare



Denormalizzazioni

Se non si hanno informazioni sulla sostanza emessa durante l'incendio, si simula una specie GAS e una specie PM10 (SIZE02), ipotizzando una emissione fittizia, le cui concentrazioni prodotte dal modello verranno denormalizzate secondo fattori emissivi dedotti da letteratura.

Per il PM10 si considera il valore di 6000000 ug/kg di materiale bruciato

Per le diossine si considera il valore pari a 283.5 ng/kg I-TEQ, calcolato come mediana del valore minimo di 77 ng/kg I-TEQ e il valore massimo di 490 ng/kg I-TEQ(UK EPA, 2009)

Tipologia di template nel tool modellistico

Template semplificato

- dominio (in utm33)
- data di inizio e data di fine
- Informazioni sui materiali (tipo, volume)
- Informazioni sulla sorgente (x,y, h, area massima coinvolta)
- Informazioni sulla durata dell'incendio (durata dell'incendio, intervento dei VVF).

Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- % di fumi freddi iniziale =10%, % finale=50%
- Tim2par
- Spray calcola le concentrazioni ogni 5 min
- Emissioni modellate con un timestep di 5 min

La simulazione di spray viene fatta automaticamente solo per una specie gas

Template completo

- dominio (in utm33)
- data di inizio e data di fine
- Informazioni sui materiali (tipo, volume)
- Informazioni sulla sorgente (x,y, h, area massima coinvolta)
- Informazioni sulla durata dell'incendio (durata dell'incendio, intervento dei VVF)



- step delle emissioni che va a definire il passo temporale con cui vengono modellate le emissioni
- Informazioni sulla % di fumi freddi
- Parametri di configurazione di tim2par
- Parametri di configurazione di spray (parallelismo)
- Specie da riscaldare con relativo fattore di emissione

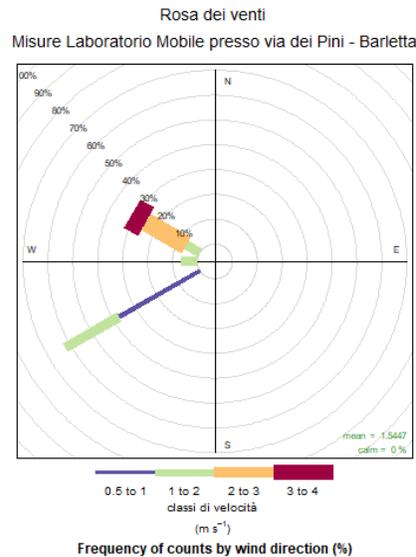
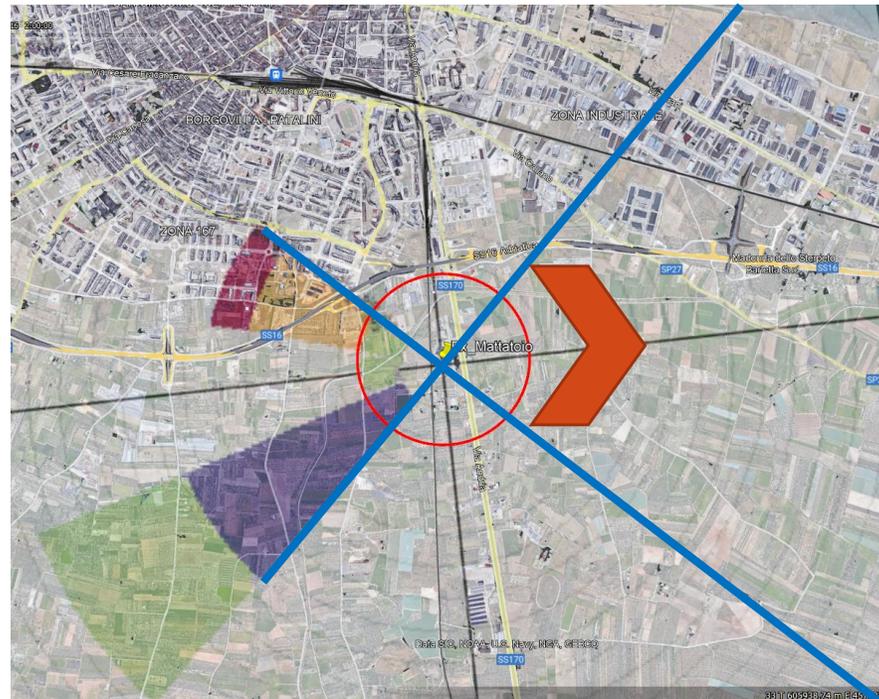
La simulazione di spray viene fatta automaticamente per una specie gas e una specie polveri, calcolando per quest'ultima le matrici di deposizione umida e secca.

CASO STUDIO

Parametri	
Estensione totale dell'area incendiata (m ²)	2500
Tipologia materiale bruciato	Carta, plastica
Altezza balle (m)	0,01
Volume totale (m ³)	50
Volume reale complessivo carta (m ³)*	20
Volume reale complessivo plastica (m ³)*	15
ρ_{plastica} (kg/m ³)	1303
ρ_{carta} (kg/m ³)	940
Massa totale (ton)	38,4
Potere calorifico carta (MJ/kg)	20
Potere calorifico plastica (MJ/kg)	40
Durata simulazione (ore)	16



COLONNA DI FUMO VISIBILE DALLA SS 170 (DIREZIONE DA ANDRIA A BARLETTA)



Template semplificato

The screenshot displays the ARPA Puglia web application interface for managing workflows. The browser address bar shows the URL `webf-air-arianet.appspot.com/admin/workflows/`. The navigation menu includes **Home**, **Workflows**, **Archives**, and **Stations**. A **Support** button and the **ARPA PUGLIA** logo are visible in the top right.

The main content area shows a workflow titled `incendio_semplicato_template_wrf4km_Lisa`. Below the title, there are two charts under the heading **Images**:

- CONCENTRATIONS**: A plot showing the concentration of gas (kg/m³) over time. The x-axis is labeled `21/08/2022 15:00:00 hr 16:20:00`. The y-axis is labeled `GAS kg/m3` and ranges from 0.0001 to 1. The plot shows a vertical plume of gas with a color scale from purple (low concentration) to brown (high concentration).
- METEO**: A plot showing wind vectors over time. The x-axis is labeled `20220821 hr 16:00:00`. The y-axis is labeled `WIND m/s` and ranges from 0 to 24. The plot shows a grid of wind vectors with a color scale from purple (low wind speed) to brown (high wind speed).

At the bottom of the page, there is a **Charts** section.

Template completo

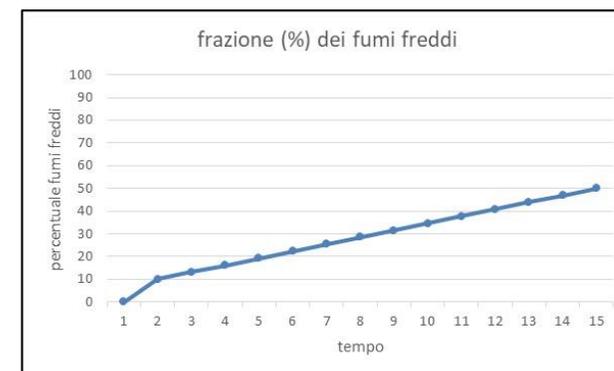
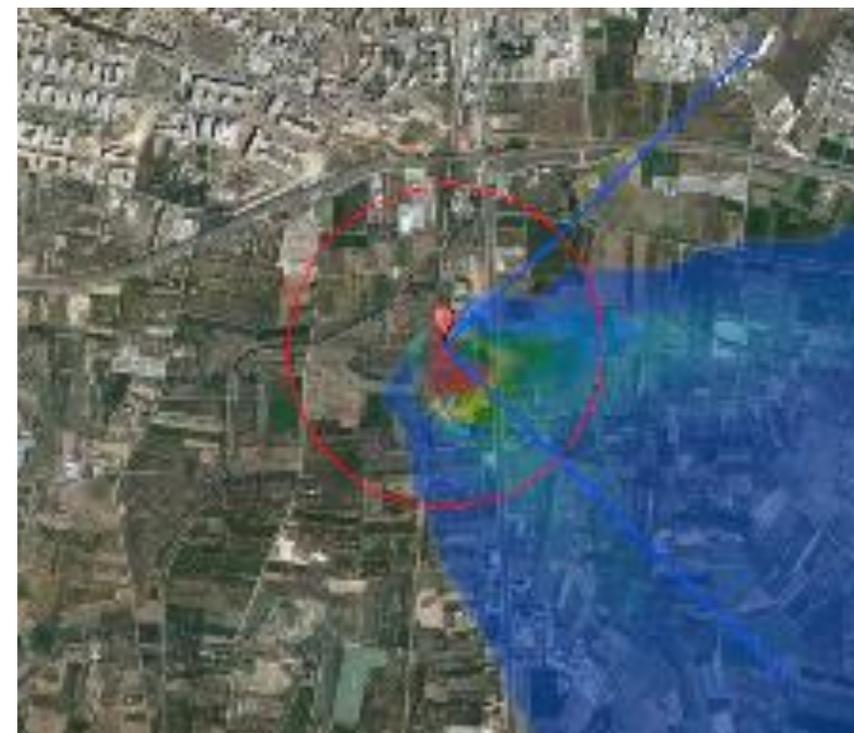
The image displays a series of overlapping screenshots from the ARPA Puglia web application, illustrating the configuration of a workflow template. The interface is in Italian and includes a navigation menu with 'Home', 'Workflows', 'Archives', and 'Stations'. A 'Support' button and the 'ARPA PUGLIA' logo are visible in the top right of each screenshot.

- Domains:** Shows a list of domains with fields for 'Title', 'X_SW', 'NX', and 'ΔX'. A blue 'Add Domain' button is at the bottom.
- Parameters:** A section titled 'Parameters' with the subtitle 'Parameters used to customize the workflow.'
- tim2par_incendi:** A configuration step titled 'Configuration of Tim2par's parameters to compute pempar file for Spray'. It includes an 'options' section for 'n° members della simulaz' and a list of run parameters (DTMIN, DTEMIS_DELAY) and calculation parameters (SIN_CALCON, SFREQ_CALCON, CAMP_CALCON, MED_CALCON).
- spray_incendi:** A configuration step titled 'Configuration of the Spray'. It includes an 'options' section for 'n° members della simulaz' and a list of run parameters (DTMIN, DTEMIS_DELAY) and calculation parameters (SIN_CALCON, SFREQ_CALCON, CAMP_CALCON, MED_CALCON).
- sum_netcdf_files_incendi:** A configuration step titled 'sum_netcdf_files description'. It includes an 'options' section for 'Informazioni sulle matrici da riscaldare' with a text input field containing a JSON dictionary:

```
"input_variables": ["c_SIZE02"], "rescale_factors": [6000000]
```

 and a 'dict' button.

Mappa media sul periodo (16 ore) Fumi caldi e freddi



Conclusioni

1. Il tool modellistico si dimostra un utile strumento ai fini della valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria di un incendio, sia nella fase emergenziale che post-emergenziale
2. In fase emergenziale, il tool può essere utilizzato da un operatore non esperto
3. Importanza di acquisire informazioni, quanto più dettagliate possibili, sul termine sorgente
4. Possibilità di aggiornare il database dei fattori emissivi per tipologia di sostanza prodotta dalla combustione

**Grazie al gruppo di lavoro
ARPA e Arianet**

Grazie a voi per l'attenzione!

