

Incendio SNUA (Aviano), 12 ottobre 2019. Simulazione dispersione PCDD-F.



Sommario

Motivazione.....	1
Sintesi.....	1
Indicatore di esposizione scelto	3
Scelta del fattore emissivo	3
La catena modellistica utilizzata	4
Ricostruzione della meteorologia nell'area.....	4
Evoluzione delle concentrazioni simulate.....	7
Bibliografia	9

Motivazione

La presente attività viene svolta fra il 19 ed il 25 ottobre 2019 nell'ambito degli approfondimenti sull'incendio avvenuto presso la SNUA di Aviano il 12 ottobre, che ha interessato 300 t di resti della selezione di rifiuti ingombranti, depositati su un'area di 1500 mq.

Sintesi

E' stata simulata la dispersione di PCDD-F in aria ambiente, considerando le seguenti caratteristiche:

Fattore di emissione	0.49 $\mu\text{g kg}^{-1}$ I-TEQ
Rifiuti bruciati	300 t
Emissione totale	147 mg I-TEQ
Durata incendio	03:30 – 09:30 Local Standard Time

La sorgente è stata caratterizzata con due componenti: un pennacchio caldo, che determina una risalita iniziale dei fumi (per circa 70 m), e dei fumi che diffondono nei pressi del suolo, senza risalita iniziale. L'emissione è stata progressivamente spostata dalla componente calda a quella fredda, nel corso delle ore, mimando l'effetto delle operazioni di spegnimento.

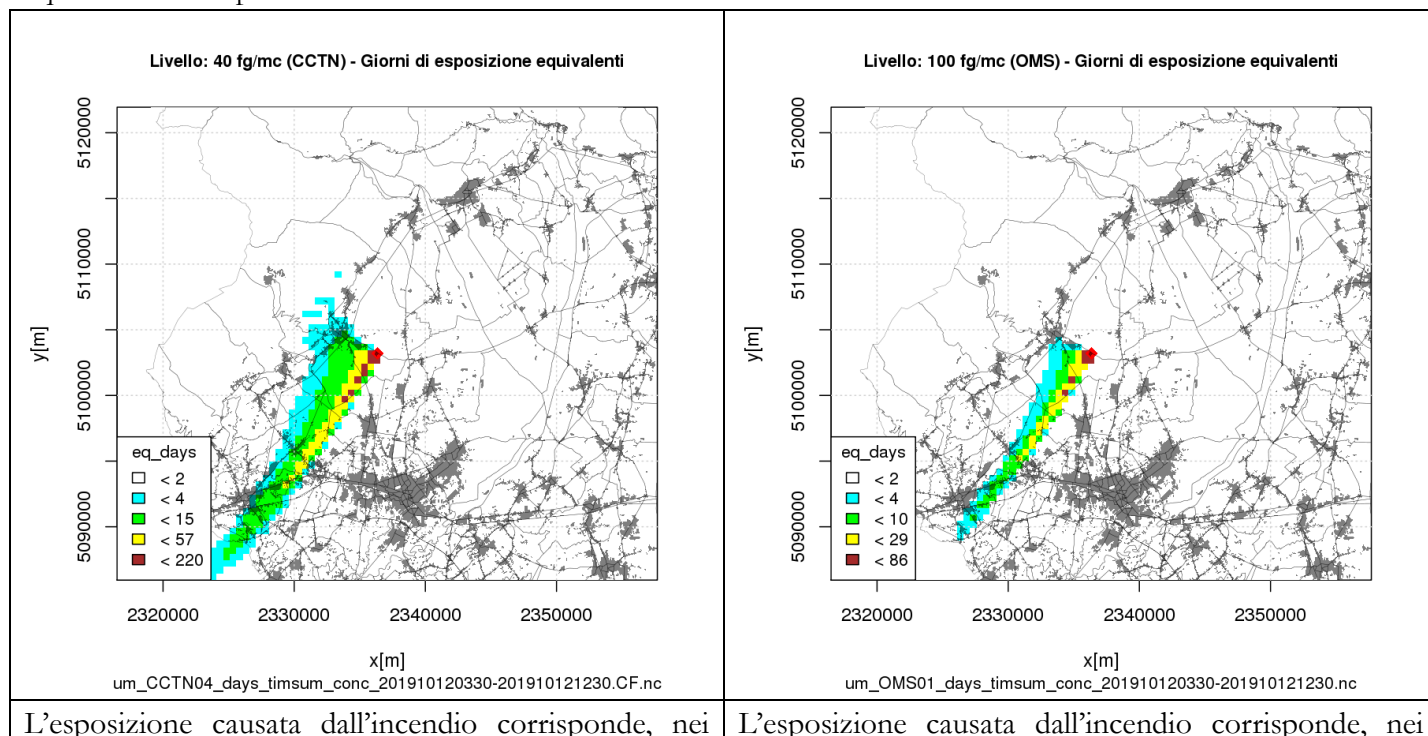
Complessivamente si è cercato di adottare elementi cautelativi:

- nella scelta del fattore di emissione, che è associato a cattiva combustione (rifiuti compressi e bagnati) e rappresenta il massimo del range ($0.077 - 0.49 \mu\text{g kg}^{-1}$) proposto nel documento di riferimento [UK EPA, 2009];
- nel quantitativo di rifiuti bruciato (300 t rappresentano il totale dei rifiuti interessati, ma la combustione non è stata completa);
- relativamente alla potenza dell'incendio (800 kW), che plausibilmente è stata maggiore, determinando nella realtà un maggiore plume rise (rispetto ai 70 m risultanti nella simulazione) e una conseguente maggiore "diluizione" dei fumi.

Relativamente alla presenza di PCDD-F in aria-ambiente, i valori di riferimento si riferiscono ad esposizione a lungo termine (lifelong exposure). Se ne riportano alcuni da [APAT, 2006], [ARPA Lazio, 2017], [ARPA UMBRIA, 2011], [ISS, 2014]:

ID	Descrizione	Concentrazione I-TEQ	Tipo riferimento
CCTN40	Raccomandazione della Commissione tossicologica nazionale, 12 febbraio 1988	40 fg/m ³	Raccomandazione
URB277	Massimo del range di valori riportati per siti urbani in Italia	277 fg/m ³	Valore medio
URB47	Minimo del range di valori riportati per siti urbani in Italia	47 fg/m ³	Valore medio
OMS100	Riferimento OMS per l'aria-ambiente in aree urbane	100 fg/m ³	Valore medio

L'esposizione potenziale causata dall'incendio, di durata molto limitata nel tempo, è stata tradotta in "giorni equivalenti" di esposizione a tali concentrazioni di riferimento.



punti di massima ricaduta, a 2 – 7 mesi di vita in un ambiente a concentrazioni coerenti con la Raccomandazione della Commissione Tossicologica Nazionale (40 fg m ⁻³).	punti di massima ricaduta, a 1 - 3 mesi di vita in un ambiente a concentrazioni tipiche delle aree urbane, secondo le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (100 fg m ⁻³).
---	--

Indicatore di esposizione scelto

Pur non essendo l'inalazione di PCDD-F presenti in aria-ambiente la via prevalente di assunzione di tali inquinanti, è possibile rinvenire valori “standard” di concentrazione di tali inquinanti in aria-ambiente e raccomandazioni relative a tali livelli.

Nel caso di un incidente come quello qui trattato, si ha un'esposizione di breve periodo.

Per dare un'indicazione del “peso” di tale esposizione rispetto ai livelli di riferimento, si assume il seguente indicatore:

$$t_{Eq} = \frac{1}{c_{rif}} \int dt c_{SNUA}(t)$$

Il tempo di esposizione t_{Eq} equivalente ad una concentrazione in aria-ambiente c_{rif} è pari all'integrale nel tempo della concentrazione in aria-ambiente generata dall'incendio, diviso per c_{rif} .

In questo modo la potenziale esposizione dovuta all'incendio può essere espressa, ad esempio, in “mesi di vita equivalenti in un'area urbana” (se c_{rif} è la concentrazione tipica di PCDD-F in aree urbane), oppure in “mesi di vita equivalenti in un'area conforme alle Raccomandazioni della Commissione Tossicologica Nazionale, scegliendo l'appropriato valore per c_{rif} .

Da valutare l'effettiva rappresentatività tossicologica di tale indicatore.

Scelta del fattore emissivo

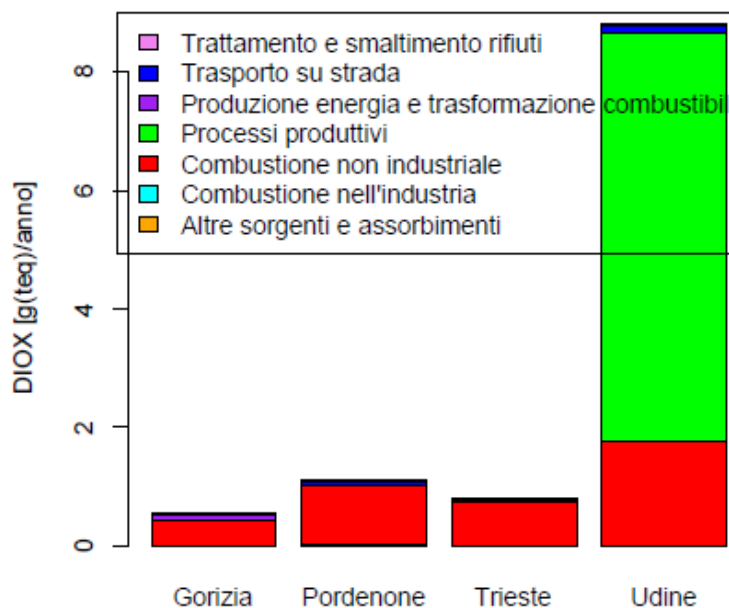
Viene **assunta come riferimento** la review di fattori di emissione [UK EPA, 2009], realizzata per finalità affini a quelle della presente relazione.

Di seguito una sintesi dei fattori di emissione di PCDD/F riportati in tale documento:

	PCDD/F TCDD I-TEQ
Combustione all'aperto di rifiuti urbani	0.077 [μg kg ⁻¹]
Rifiuti urbani compressi e imballati, con estinzione	0.003 - 0.49 [μg kg ⁻¹]
Automobili	0.65 – 0.8 [μg kg ⁻¹]
Legno domestico “pulito”	4.3E-05 – 0.011 [μg kg ⁻¹]
Legno domestico “contaminato”	0.011 – 0.4 [μg kg ⁻¹]
Pozze di idrocarburi	0.43 [μg kg ⁻¹]
Falò (materiale vegetale)	0.5E-03 - 0.03 [μg kg ⁻¹]

Per il caso in esame, si può considerare un range compreso fra **0.077 – 0.49 μg kg⁻¹ PCDD/F TCDD I-TEQ**, con un'emissione totale nel range **23 – 147 mg**.

Può essere utile confrontare tale dato con le emissioni di diossine annuali [g TEQ / anno] stimate nell'[Inventario ISPRA – Disaggregazione provinciale 2015](#):



Inventario ISPRA - Disaggregato provinciale, dati 2015

La catena modellistica utilizzata

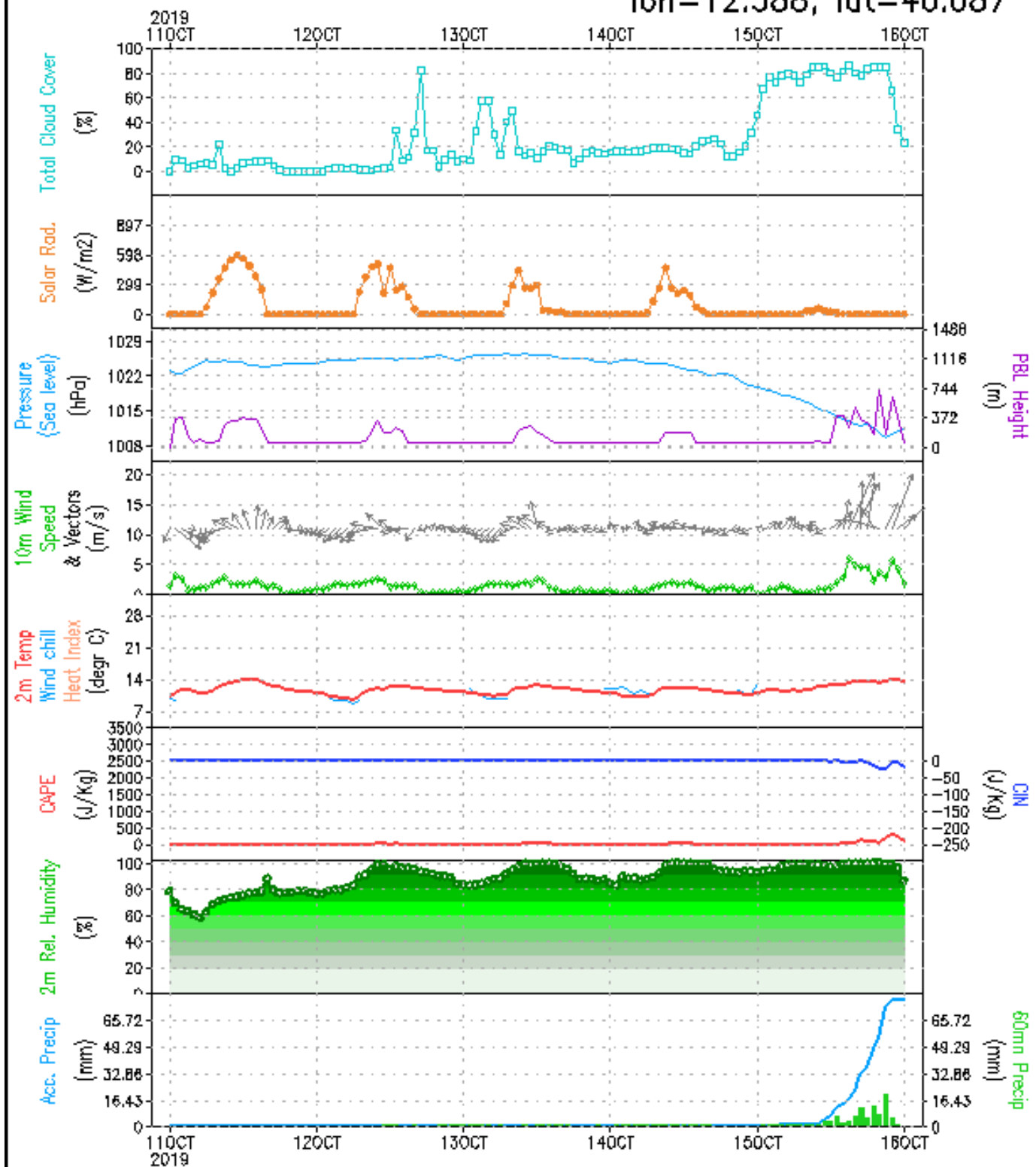
Per la simulazione è stata utilizzata la catena modellistica implementata presso il CRMA dell'ARPA FVG, basata sull'esecuzione del modello meteorologico non idrostatico di area locale WRF (www.wrf-model.org), dei processori meteorologici diagnostici Minerve/Swift e SurfPro e del modello lagrangiano a particelle SPRAY (www.aria-net.it). Le condizioni iniziali ed al contorno per l'esecuzione del modello WRF sono costituite dalle previsioni meteorologiche prodotte dal GFS (www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs).

Il dominio di calcolo scelto per la simulazione è di 36x36 km, con celle di 500m; la durata della simulazione si protrae per 3 ore dopo la fine dell'incendio.

Ricostruzione della meteorologia nell'area

Le previsioni meteo numeriche emesse il giorno precedente l'incendio vedevano, nelle ore e nell'area di interesse, venti al suolo di circa 1 - 2 m/s, inizialmente da NE, con successiva rotazione da SE in mattinata: di seguito il meteogramma prodotto per l'area di Aviano.

5-day Forecast for AVIANO lon=12.588, lat=46.087



Data: WRF model, run: 00Z11OCT2019

CRMA ARPA FVG

Nella tabella seguente i dati misurati (MEAS) di velocità e direzione del vento presso le stazioni meteo di Pordenone (POR) e Vivaro (VIV) e le corrispondenti previsioni di vento al suolo (MOD), nel periodo di interesse.

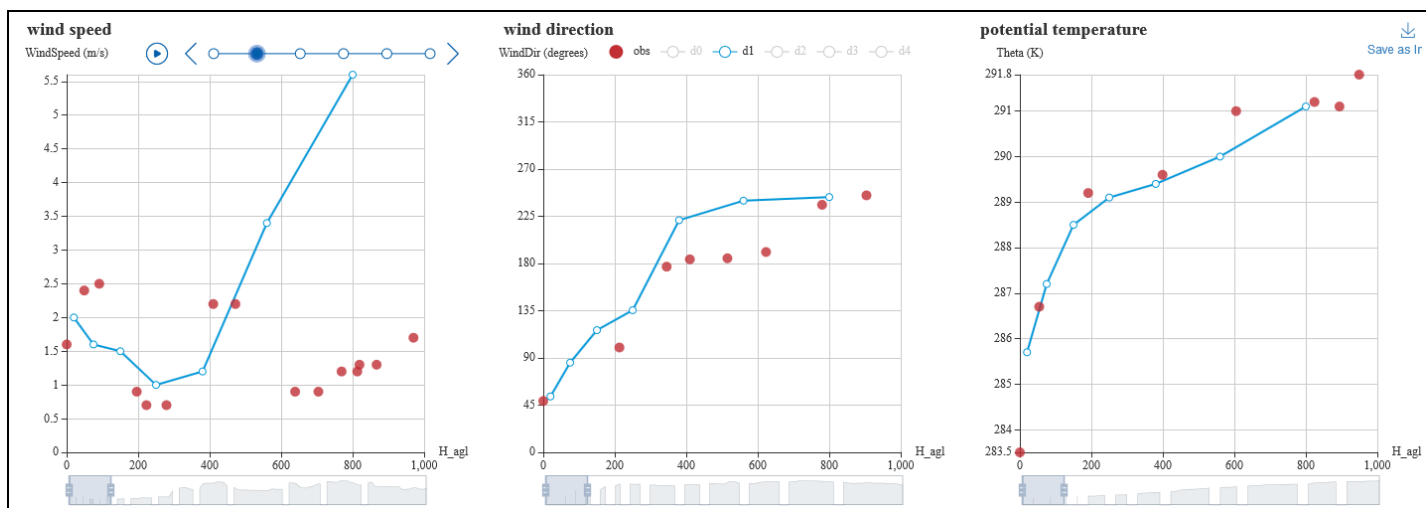
DATA	ORA	STAT	MEAS VEL	MEAS DIR	MOD VEL	MOD DIR	STAT	MEAS VEL	MEAS DIR	MOD VEL	MOD DIR
	UTC		m/s	deg	m/s	deg		m/s	deg	m/s	deg
2019-10-12	01:00:00	POR	1	50	1.9	48	VIV	1.6	348	1.8	43
2019-10-12	02:00:00	POR	1.3	34	2.1	38	VIV	1.1	353	2.2	31
2019-10-12	03:00:00	POR	1.6	47	2.3	42	VIV	1.8	342	2.3	37
2019-10-12	04:00:00	POR	1.6	58	2.3	37	VIV	1.4	343	2.3	36
2019-10-12	05:00:00	POR	0.5	74	2.6	42	VIV	1.8	22	2.6	40
2019-10-12	06:00:00	POR	0.6	52	2.3	37	VIV	0.8	19	2.4	33
2019-10-12	07:00:00	POR	1.3	60	1.8	41	VIV	1.2	13	1.8	39
2019-10-12	08:00:00	POR	1.7	69	1.7	62	VIV	0.8	79	1.8	66
2019-10-12	09:00:00	POR	1	24	1.4	107	VIV	1.1	120	1.8	103
2019-10-12	10:00:00	POR	0.6	103	1.1	143	VIV	1.6	127	1.3	121
2019-10-12	11:00:00	POR	0.7	156	0.8	172	VIV	0.6	355	0.6	122
2019-10-12	12:00:00	POR	1.1	255	0.5	172	VIV	1.6	216	0.7	77
2019-10-12	13:00:00	POR	0.9	144	0.2	127	VIV	2	175	1.1	52

In quota, a circa 500m, il modello mostra durante le ore dell'incendio una rotazione della direzione di provenienza del vento (da Sud), responsabile delle deboli ricadute di inquinante stimate a Nord dell'impianto. La tabella seguente mostra il profilo verticale della direzione del vento nell'area dell'incendio prodotta dal modello:

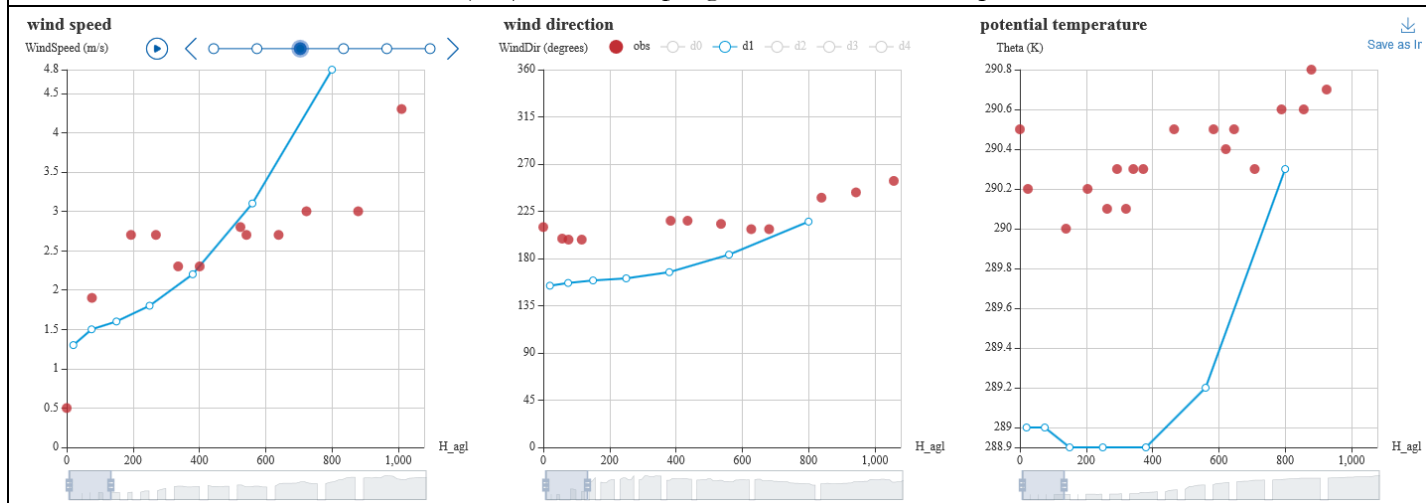
Height agl [m]	10	28	50	80	120	170	230	310	410	540	700
Hour UTC	North Degrees										
01:00	36	36	37	39	42	46	47	40	-27	-100	-110
02:00	32	32	32	34	35	37	36	27	-12	-88	-105
03:00	37	37	38	39	41	43	44	41	11	-97	-107
04:00	31	31	31	33	34	36	36	30	-21	-100	-108
05:00	36	36	37	38	40	42	42	38	3	-100	-110
06:00	33	33	34	36	38	41	42	40	21	-94	-112
07:00	45	45	45	45	46	47	48	48	41	-103	-112
08:00	64	64	63	63	63	62	62	64	70	-113	-110
09:00	100	100	100	100	100	100	100	106	127	-150	-119
10:00	120	120	120	120	121	122	126	135	158	-159	-125
11:00	121	121	122	122	124	128	137	155	176	-158	-130

Dopo le 08:00 UTC (10:00 ora locale) anche il vento al suolo ruota, provenendo da SSE.

La ricostruzione meteorologica complessiva del modello WRF, sul dominio regionale, è stata confrontata con i radiosondaggi di Rivolto del 2019-10-11 23:00 e 2019-10-21 11:00:



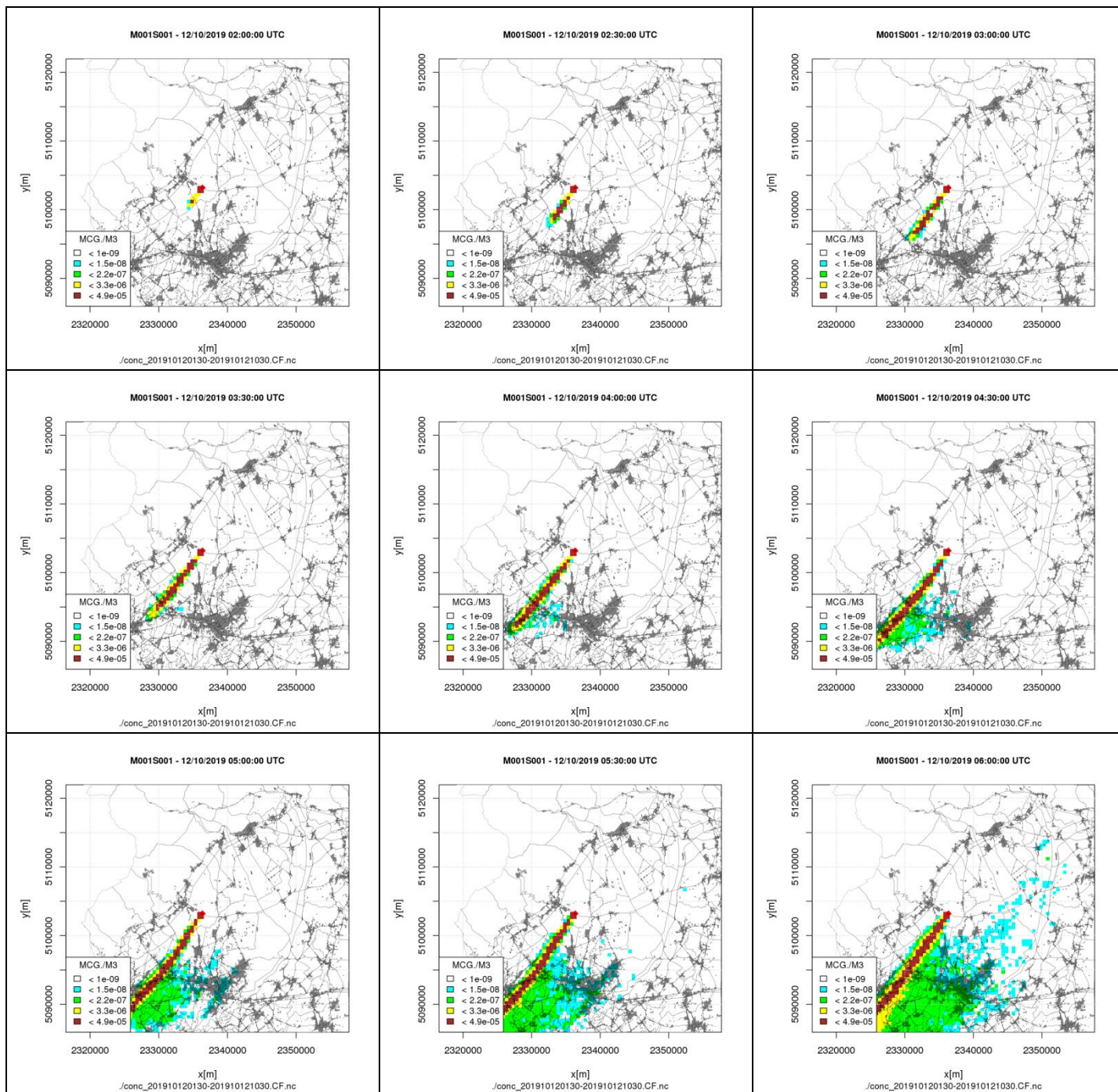
2019-10-11 23:00: radiosondaggio (pallini rossi) vs modello WRF (linea azzurra). Ne grafico centrale si osserva la direzione del vento da NE al suolo (45°), che ruota progressivamente con la quota.

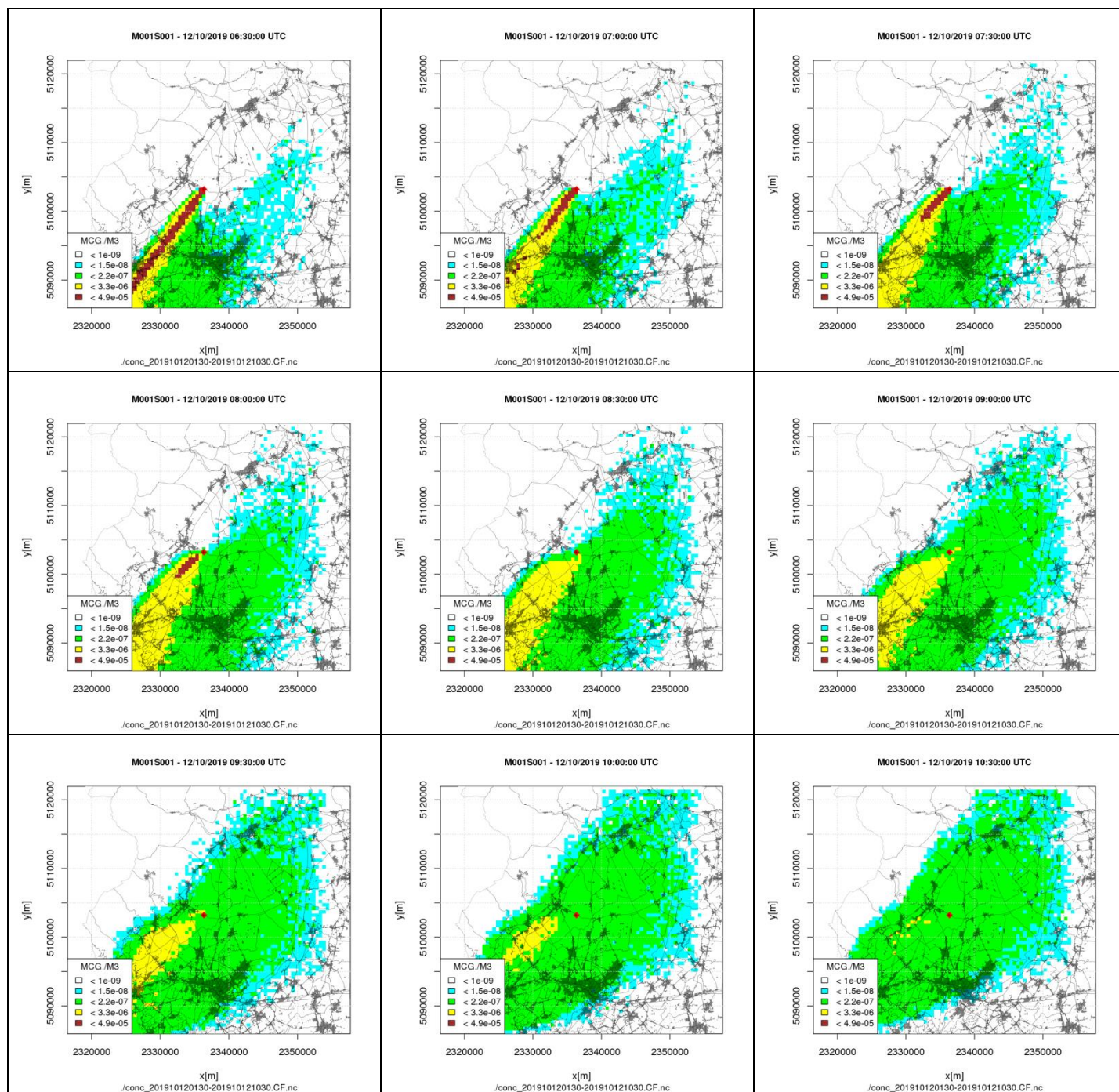


2019-10-12 11:00: radiosondaggio (pallini rossi) vs modello WRF (linea azzurra). Nel grafico centrale si osserva che la direzione del vento, nella tarda mattinata del 12 ottobre, è S-SO sull'intero profilo.

Evoluzione delle concentrazioni simulate

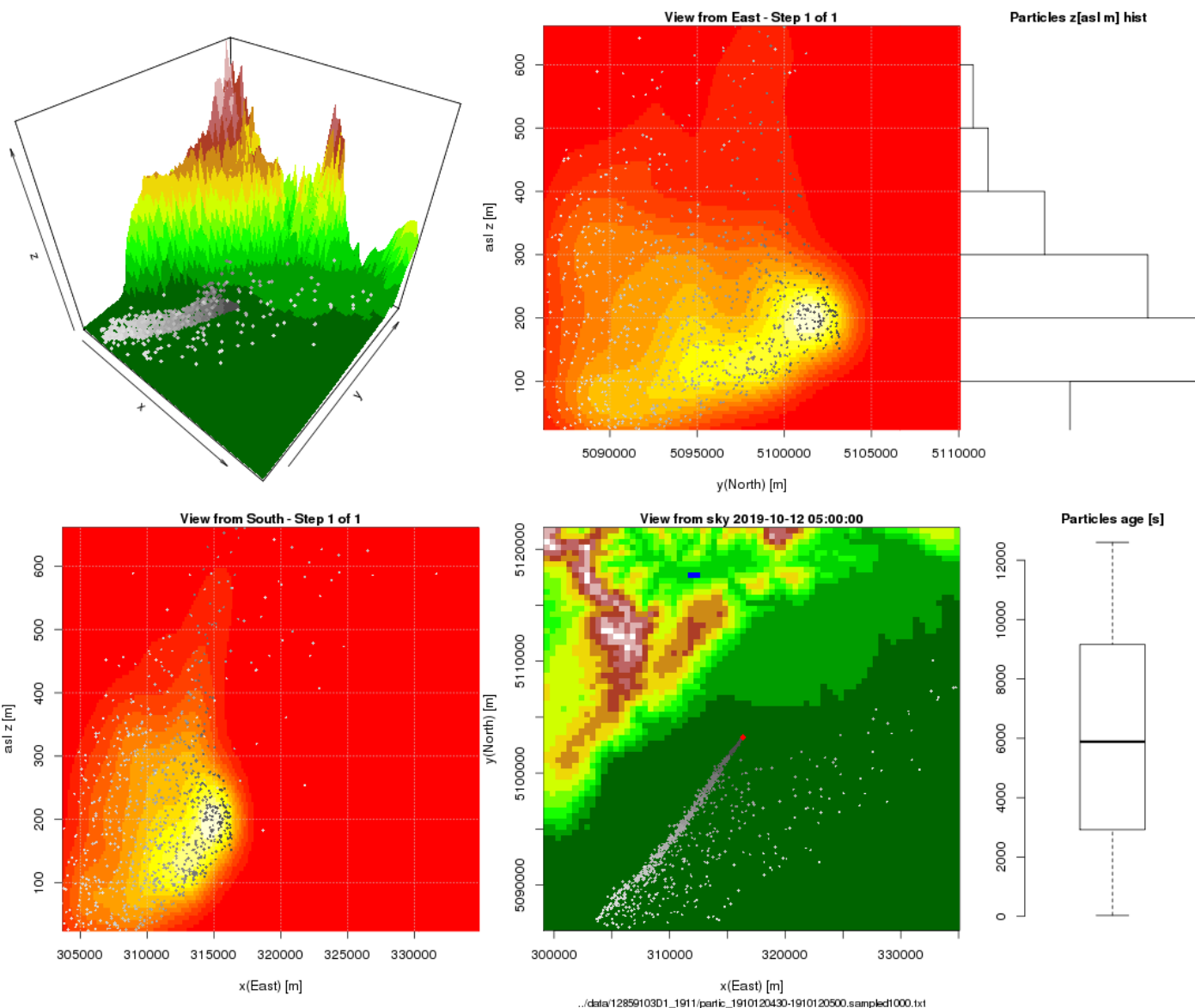
Si riporta di seguito la sequenza delle concentrazioni stimate dalla catena modellistica, mediate su intervalli di 30 minuti. La prima immagine si riferisce all'intervallo 03:30 – 04:00 ora locale (01:30 – 02:00 UTC); l'ultima all'intervallo 12:00 – 12:30 ora locale (10:00 – 10:30 UTC). L'incendio è stato considerato attivo dalle 03:30 alle 09:30 locali (01:30 – 07:30 UTC).





Si riporta di seguito una rappresentazione 3D della situazione simulata dal modello lagrangiano a particelle SPRAY relativa alle ore 05:00 UTC (07:00 ora locale).

L'immagine in alto a sinistra mostra le particelle disperse nello spazio 3D; la scala per le coordinate verticali (0 – 600 m sul livello del mare) è ovviamente diversa da quella utilizzata per le coordinate orizzontali (36 x 36 km) e i rilievi (Piancavallo, Barcis, ecc.) appaiono molto chiaramente. Il grigio è proporzionale al tempo di emissione di ciascuna particella: quelle più scure sono le più recenti. L'immagine in basso a destra è la medesima, riprodotta in pianta. Vi sono poi le distribuzioni cumulative del pennacchio dell'incendio, viste da Est (in alto a destra) e da Sud (in basso a sinistra). Essendo coordinate "sul livello del mare" e non "sopra il suolo", si osserva il digradare dell'orografia, dal punto dell'incendio (140 m slm circa) a bordo sud del dominio (10 m slm circa). Si vede chiaramente l'effetto dei venti in quota, provenienti da Sud, che portano parte dell'inquinante in direzione opposta a quella di diffusione del pennacchio più prossimo al suolo.



Bibliografia

[APAT, 2006] APAT, [Diossine Furani e PCB](#), ISBN 88-448-0173-6

[ARPA Lazio, 2017], [Incendio del 25 ottobre 2017 Termovalorizzatore di S. Vittore del Lazio. Monitoraggio ambientale](#), 12 dicembre 2017

[ARPA UMBRIA, 2011] ARPA Umbria, [Ricerca diossine e PCB. Attività svolta da ARPA nel periodo 2003-2010](#)

[ISS, 2014] G Settimo, [Le deposizioni al suolo](#), presentazione presso Ministero della Salute, 6 febbraio 2014

[UK EPA, 2009] UK EPA, ["Review of emission factors for incident fires"](#), Science report SC060037/SR3, 2009