

# SCUOLA ODORI 2024

## Valutazione modellistica di impatto odorigeno: sensitività dei risultati a differenti Peak-to-Mean Ratio

Analisi di un caso studio simulato

Massimo Bressan

ARPAV - UQA Unità Organizzativa Qualità dell'Aria

13/12/2024 (updated: 2024-12-12)



# NOSE24

Naples, 15-18 September 2024

Bressan M., Dalla Fontana A.,  
Intini B., Bassan R., Pretto U.,  
Tomiato L., 2024.

*Sensitivity analysis of odour exposure from dispersion modelling exercises with different Peak-to-Mean Ratio.*

*CET, in press*



CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. , 2024

Guest Editors:

Copyright © 2023, ADIC Servizi S.r.l.  
ISBN 979-12-81206-XX-X; ISSN 2283-9216



The Italian Association  
of Chemical Engineering  
Online at [www.cetjournal.it](http://www.cetjournal.it)

## Sensitivity analysis of odour exposure from dispersion modelling exercises with different peak-to-mean ratio

Massimo Bressan\*, Alberto Dalla Fontana, Barbara Intini, Rodolfo Bassan, Ugo Pretto, Loris Tomiato

ARPAV, Unità Organizzativa Qualità dell'Aria, UMAVO, Via Santa Barbara 5/a - 31100 Treviso, Italy  
\*massimo.bressan@arpa.veneto.it

The odour impact assessment of an anonymized case study revealed occasionally conflicting results when utilizing two model systems, CALPUFF and LAPMOD, with different peak-to-mean ratio (PMR) configurations. Implementing a dynamic PMR with a shorter peak time showed more conservative evaluations in the near-field but resulted in opposite outcomes in the far-field. The choice of model and the approach employed to estimate PMR significantly affected the determination of separation distances and the protection level, highlighting the potential risk for inconsistent conclusions, particularly within regulatory contexts. Increased awareness is crucial for both practitioners and regulators on the consequences of a specific model configuration in odour impact assessments. Achieving consistency in modelling exercises and ensuring an adequate level of protection for sensible receptors remains challenging, highlighting the importance of a strong commitment to reproducibility for effectively quantify uncertainties in odour impact assessments.

### 1. Rationale, scope and motivation

The paramount importance of modelling in the process of odour assessment has been recently emphasized by international experts (Amigo & Olores org., 2023) and, in Italy, by the enactment of a new regulation by the Ministry of Environment (2023). However, there exists little agreement, not only among practitioners but also by local regulatory authorities, regarding the selection of the dispersion models and their optimal fine-tuning. A critical and still partly unresolved issue is determining the most effective approach to estimate the short-term peak odour concentrations. Recent literature and evidence-based experience suggest that, aside from a handful of promising approaches still in active development, tridimensional Lagrangian puff and particle models are emerging as the preferred choice from an operational standpoint for tackling the challenges of the odour exposure assessment (Amigo & Olores org., 2023). Atmospheric dispersion modelling applications within permitting procedures are typically dealing with the compliance of air quality standards over 1 h. On the other hand, odour nuisances at receptors occur with a frequency relatively high as human breath, lasting an average of 1 s but conventionally assumed of 5 s. Odour impact assessment needs the accurate reconstruction of short-term concentrations (Capelli et al., 2013) and this entails conceiving a method to estimate odour fluctuations or applying a statistical scaling factor to obtain the odour peak value. Within this operational framework, the primary objective of the present study is not novel (Invernizzi et al., 2020, Brancher et al., 2020) but aims to offer additional insights into the variability of results from modelling exercises implementing different PMRs. The adoption of a static PMR equal to 2.3, as first defined by the Lombardy Region (2012), represents in Italy a widely accepted operational approach within practitioners as it is, moreover, often explicitly requested by regulatory authorities. It was originally conceived as a clear-cut solution aimed at ensuring consistency and simplicity but, as it will be shown in this study, it can lead to potential biases in assessing odor impact at specific receptors.

### 2. The study plot, materials and methods

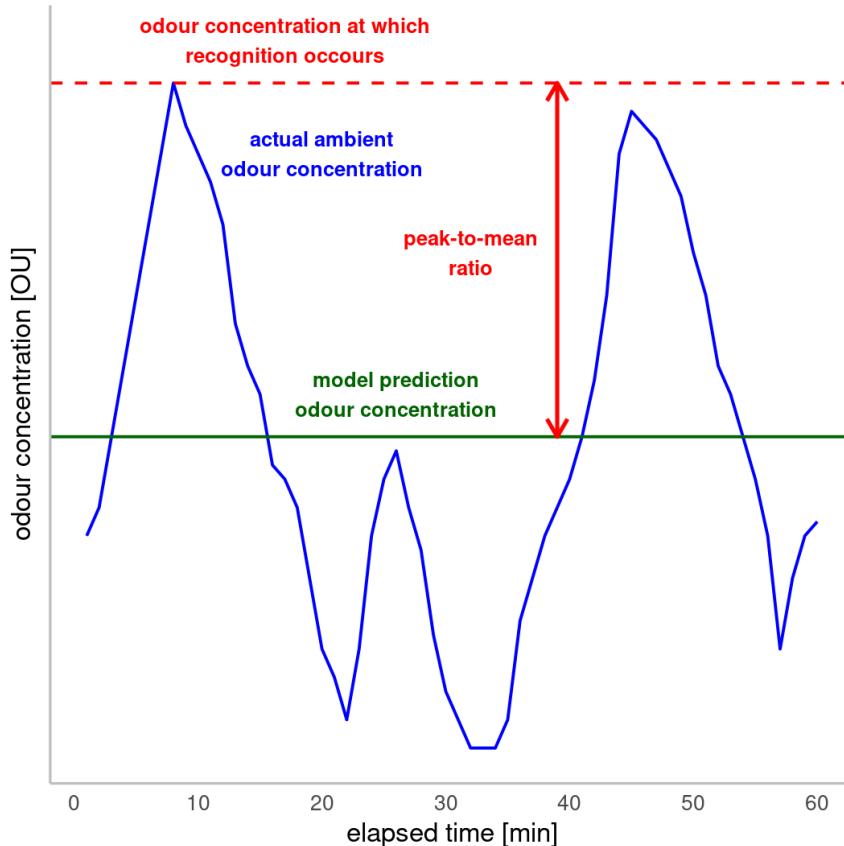
In an anonymized case study featuring an elevated point source with a continuous and constant emission rate, located within a moderately complex domain, two model systems were employed: CALPUFF, a Lagrangian puff

# Introduzione

## Motivazioni ed obiettivi

# Peak-to-Mean Ratio (PMR): che cos'è?

fattore moltiplicativo per stimare le concentrazioni odorigene *di picco* ("istantanee") a partire dai *valori medi* del modello (1h)

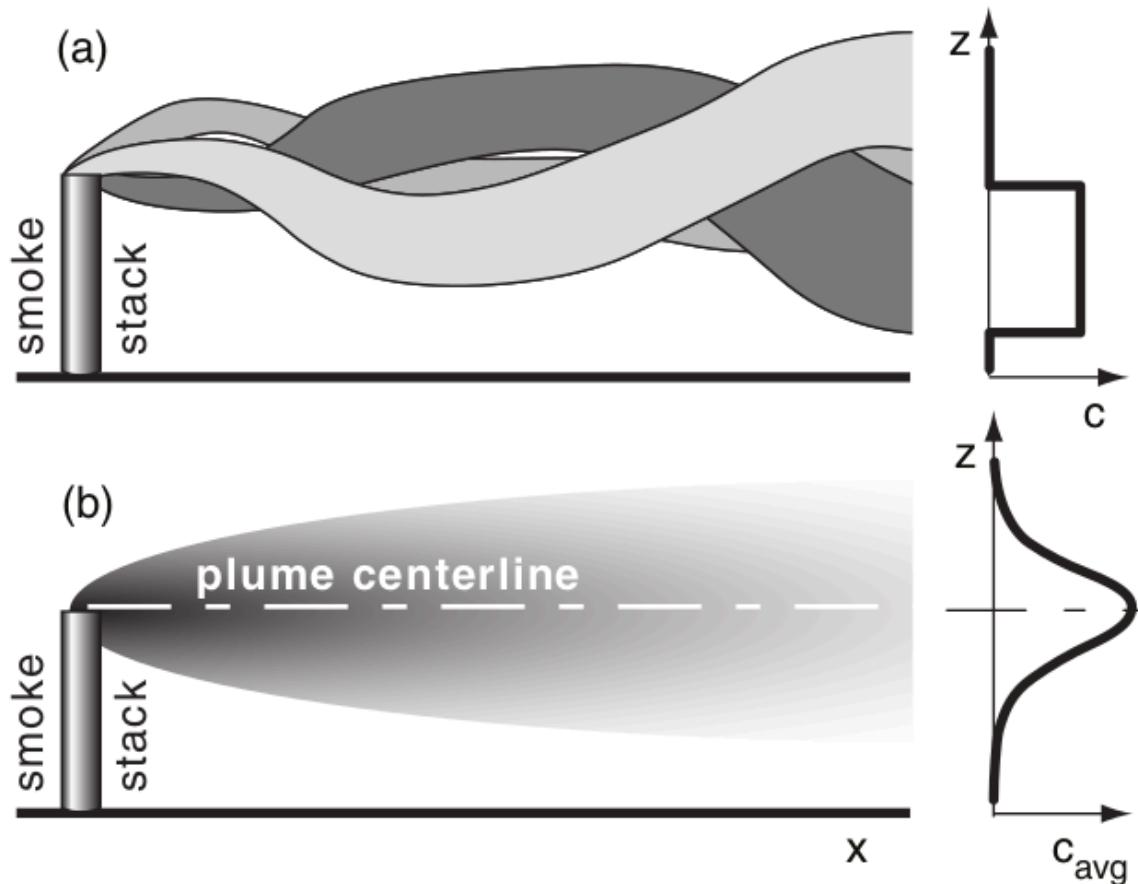


adapted from:

Freeman T. & Cudmore R., (2002). Review of Odour Management in New Zealand. Air quality Technical Report n. 24.  
<https://environment.govt.nz/assets/Publications/Files/odour-tr-aug02.pdf>

# PMR e plume meandering

PMR tenta di "catturare" i valori massimi a breve termine determinati dalle fluttuazioni del pennacchio.



from:

Stull, 2015. Practical Meteorology. An Algebra-based Survey of Atmospheric Science. The University of British Columbia Vancouver, Canada.



# PMR: come si calcola?

Relazione empirica tra **concentrazione di picco**  $C_p$  riferita ad intervallo temporale  $t_p$  (ad es. 5 s) e **concentrazione media**  $C_m$  riferita ad intervallo temporale  $t_m$  (ad es. 1 h).

$$\psi = \frac{C_p}{C_m} = \left( \frac{t_m}{t_p} \right)^u$$

$\psi$  = PMR, Peak-to-Mean ratio

$C_p$  = concentrazione odorigena di picco (a breve termine, per convenzione 5 s)

$C_m$  = concentrazione odorigena media (tipicamente riferita a 1 h)

$t_m$  = intervallo temporale medio (tipicamente 1 h)

$t_p$  = intervallo temporale di picco (a breve termine, per convenzione 5 s)

$u$  = esponente in funzione della classe di stabilità atmosferica (vari schemi proposti)

Smith M., 1973. Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. ASME Eds, New York.

Schauberger G., Piringer M., Schmitzer R., Kamp M., Sowa A., Koch R., Eckhof W., Grimm E., Kypke J., Hartung E., 2012. Concept to assess the human perception of odour by estimating short-time peak concentrations from one-hour mean values. Atmospheric Environment, 54, 624-628.



# PMR e modellistica odorigena

- **PMR 'statico':**

utilizzo più frequente, fattore moltiplicativo costante nel tempo e nello spazio, post-processing medie orarie

- **PMR 'dinamico':**

variabile nel tempo e nello spazio, calcolo internalizzato nel codice del modello e parametrizzato in funzione di altre variabili (stabilità atmosferica, tempo di volo, tempo lagrangiano);

In questo studio:

- **CALPUFF e LAPMOD:** PMR statico
- **LAPMOD:** PMR dinamico, valore iniziale all'emissione (Smith, 1973) con attenuazione esponenziale nel trasporto (Milne & Mason, 1991)

Smith M., 1973. Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. ASME Eds, New York.

Milne K., Mason P., 1991. Concentration fluctuation measurements in a plume dispersing at a range up to 1000. Q. J. R. Meteorol. Society, 117, 177-206.



# Il problema

Domanda:

- Quanto e come cambiano le stime modellistiche di impatto odorigeno con differenti (alternative) modalità di calcolo PMR?  
(oltre al "classico" PMR = 2.3, usato in Italia!)

Approccio:

- Sensitività a differenti (alternativi) sistemi modellistici  
**CALPUFF vs. LAPMOD**  
(lagrangiano puff vs. lagrangiano particelle)
- Sensitività a differenti (alternative) parametrizzazioni PMR  
**LAPMOD**  
PMR 'statico' (costante) vs. PMR 'dinamico' (variabile)  
(post-processing vs. stima 'interna' al modello)



# Perchè fare domande?

Motivazione:

- tecnico-scientifica:
  - riferimenti casi studio in letteratura
- normativa (Allegato 1, MASE, 2023):
  - modellistica come strumento per verifica di conformità
  - PMR = 2.3 per riproducibilità ma non come unica possibilità



Schauberger G., Piringer M., Schmitzer R., Kamp M., Sowa A., Koch R., Eckhof W., Grimm E., Kypke J., Hartung E., 2012. Concept to assess the human perception of odour by estimating short-time peak concentrations from one-hour mean values. *Atmospheric Environment*, 54, 624-628.

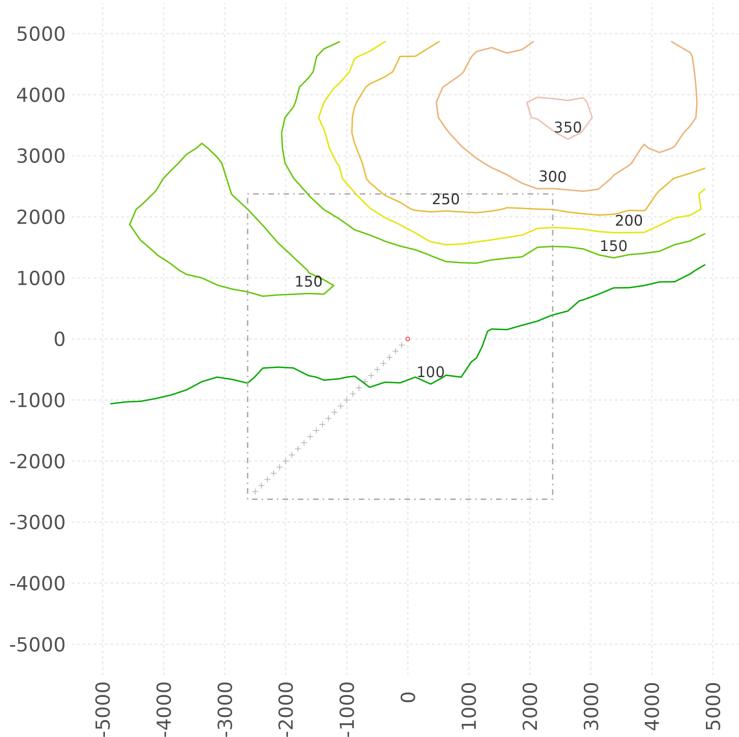
Schauberger G., Piringer M., 2012. Assessment of Separation Distances to Avoid Odour Annoyance: Interaction Between Odour Impact Criteria and Peak-to-Mean Factors. *Chemical Engineering Transactions* 30, 13-18.

Brancher M., Hieden A., Baumann-Stanzer K., Schaubberger G., Piringer M., 2020. Performance evaluation of approaches to predict sub-hourly peak odour concentrations. *Atmospheric Environment*: X, 7, 100076.

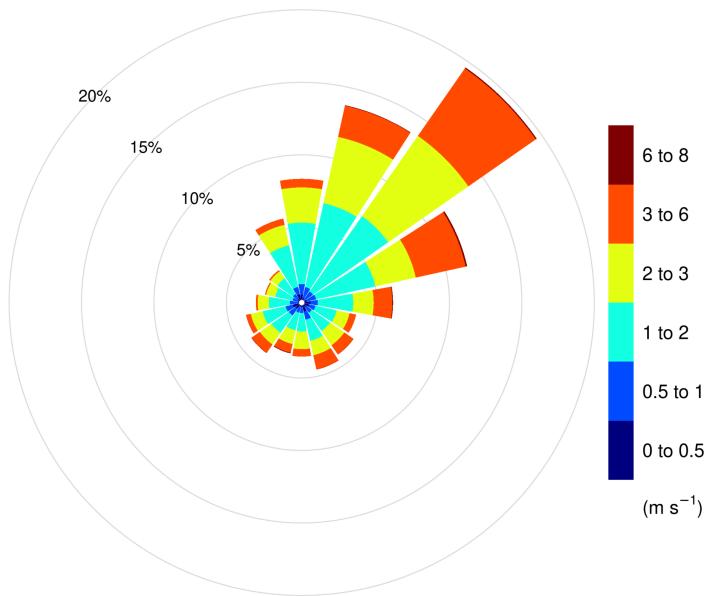
Invernizzi M., Brancher M., Sironi S., Capelli L., Piringer M., Schaubberger G., 2020. Odour impact assessment by considering short-term ambient concentrations: A multi-model and two-site comparison. *Environment International*, 144, 105990.

# Il caso studio simulato

sorgente, emissioni, meteo, dominio, terreno, recettori



sorgente puntuale (camino):  $h = 22 \text{ m}$ ,  $d = 1 \text{ m}$   
 effluenti:  $T = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $v = 13 \text{ m/s}$   
 OER: 24,000 OUE/s (costante 24/7)  
 transetto SW: 25 recettori discreti



CALMET (Cosmo5 24+): 10x10 km, mesh 250 m  
 LAPMOD, CALPUFF: 4x4 km, mesh 50 m  
 rosa venti:  $h = 10 \text{ m}$ , da CALMET  
 uso suolo: CORINAIR; orografia: DTM RV



# 2 modelli, 7 configurazioni

per 7 stime alternative di impatto odorigeno

#	sigla	modello	PMR	valore	peak-time	stat
1	s_2.3	CALPUFF	statico	2.3	--	media 1h
2	s_avg_2.3			2.3	--	media 1h
3	s_max_1.6			1.6	--	max 1h
4	d_avg_5s	LAPMOD	dinamico	--	5 s	media 1h
5	d_max_5s			--	5 s	max 1h
6	d_avg_60s			--	60 s	media 1h
7	d_max_60s			--	60 s	max 1h

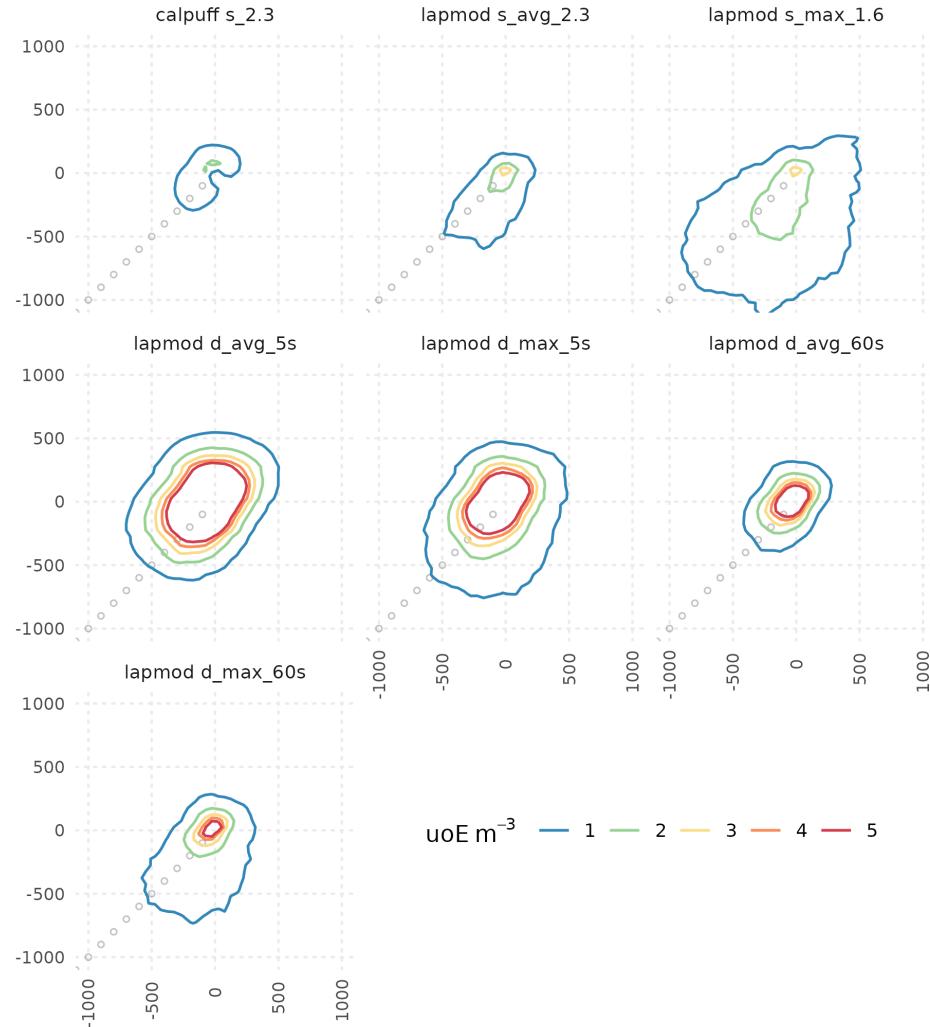
PMR statico = post-processing output modello, fattore costante;

PMR dinamico = stima interna al modello, fattore variabile;

# Risultati (grafici, tavelle)

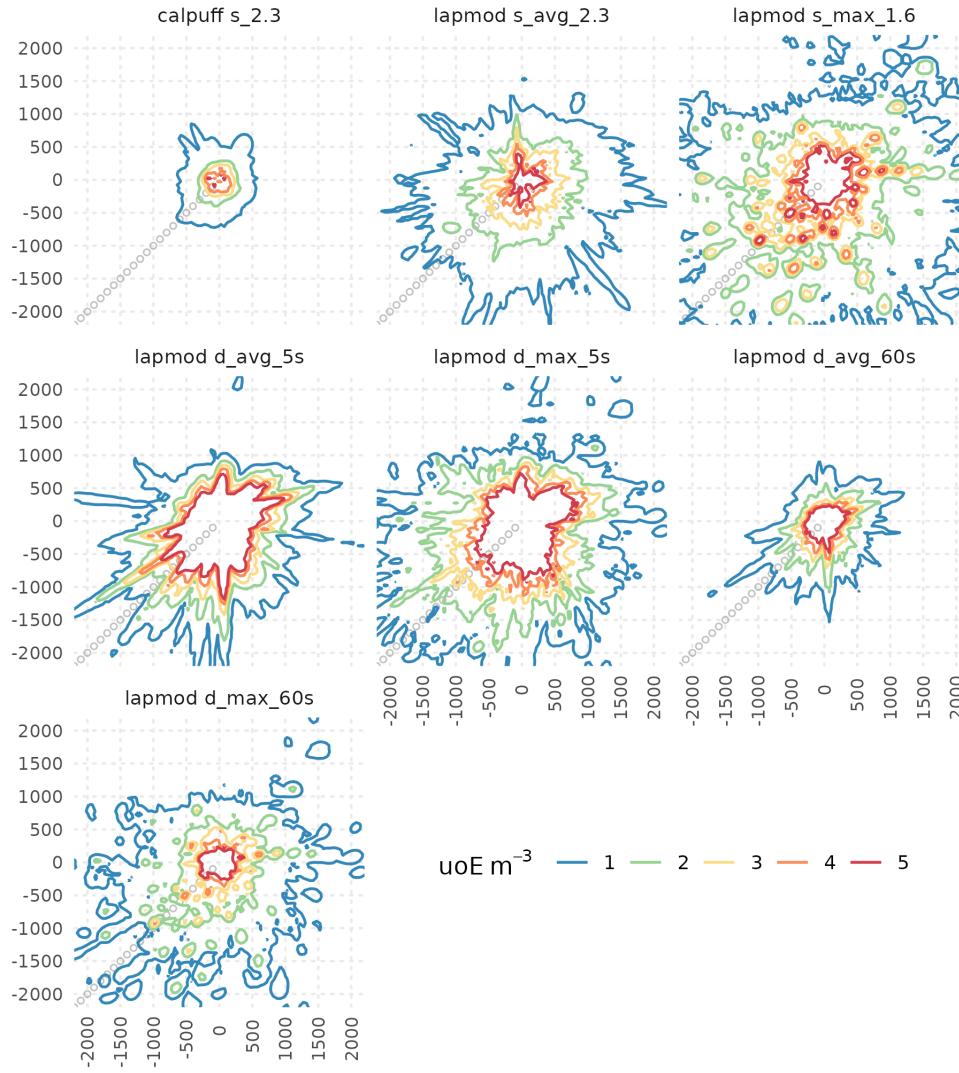
# Panoramica (1/2): contour plots

98th percentile of annual peak odour units



# Panoramica (2/2): contour plots

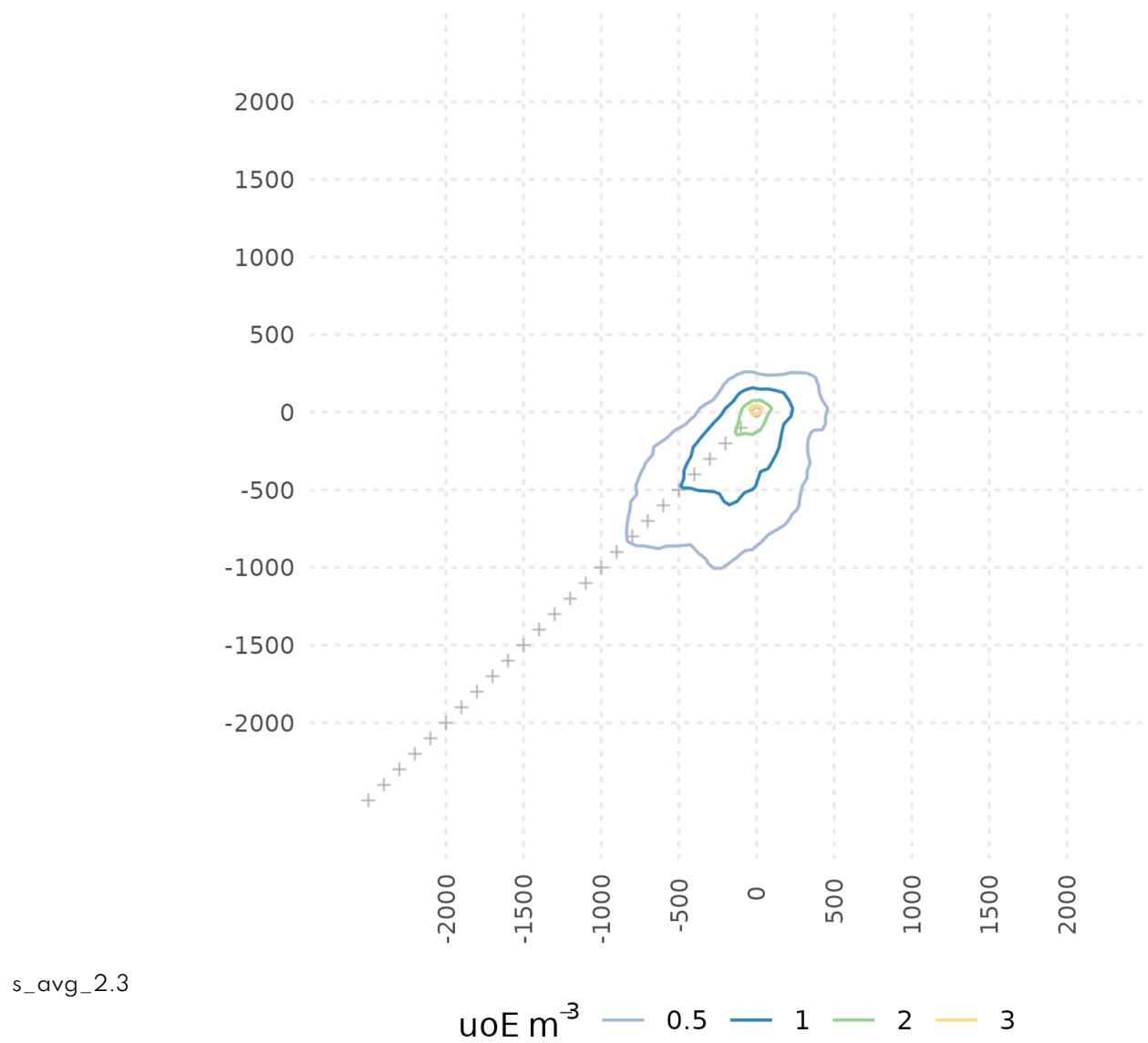
Max of annual peak odour units



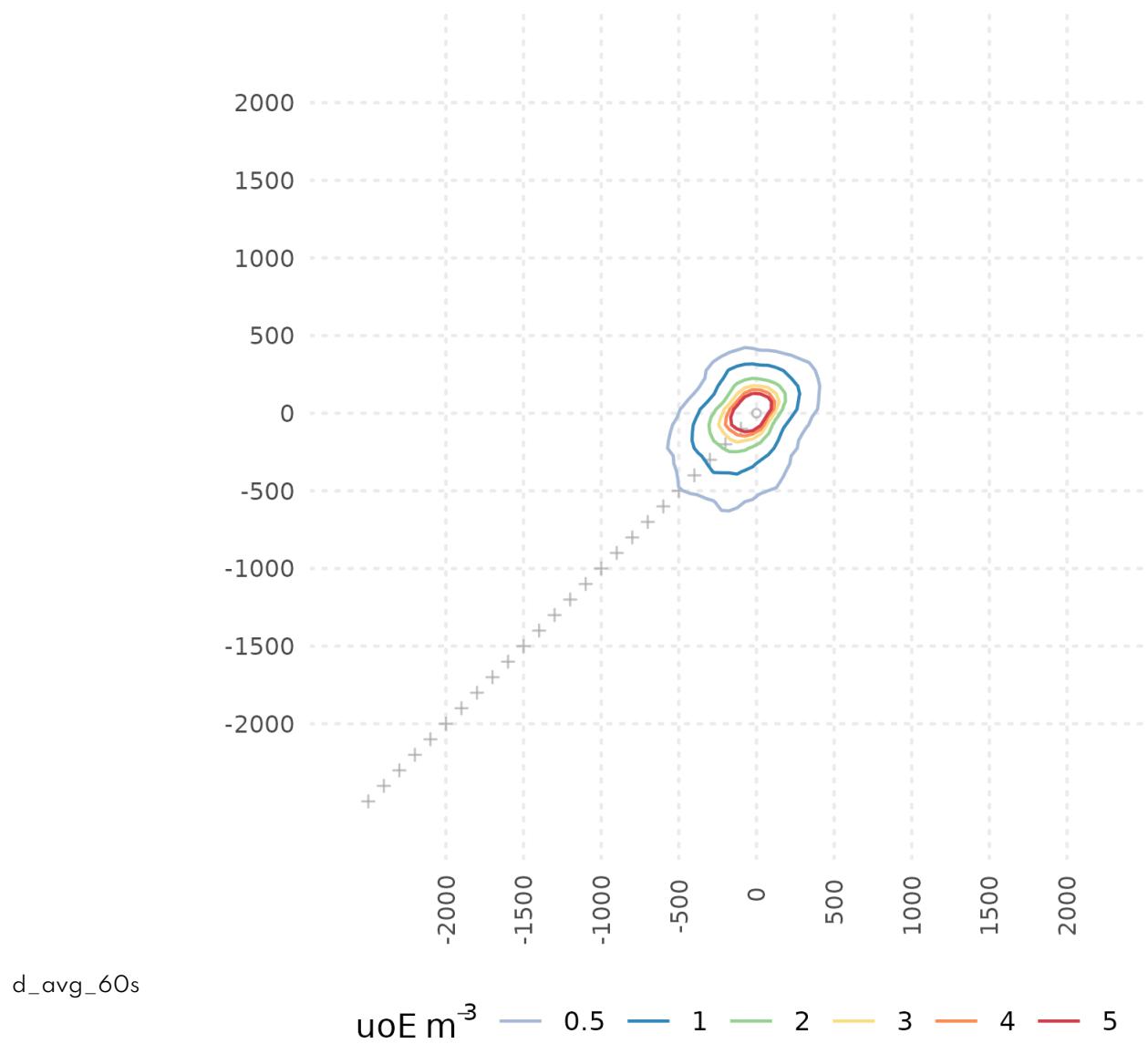
# CALPUFF, PMR 2.3 (statico), Pct98



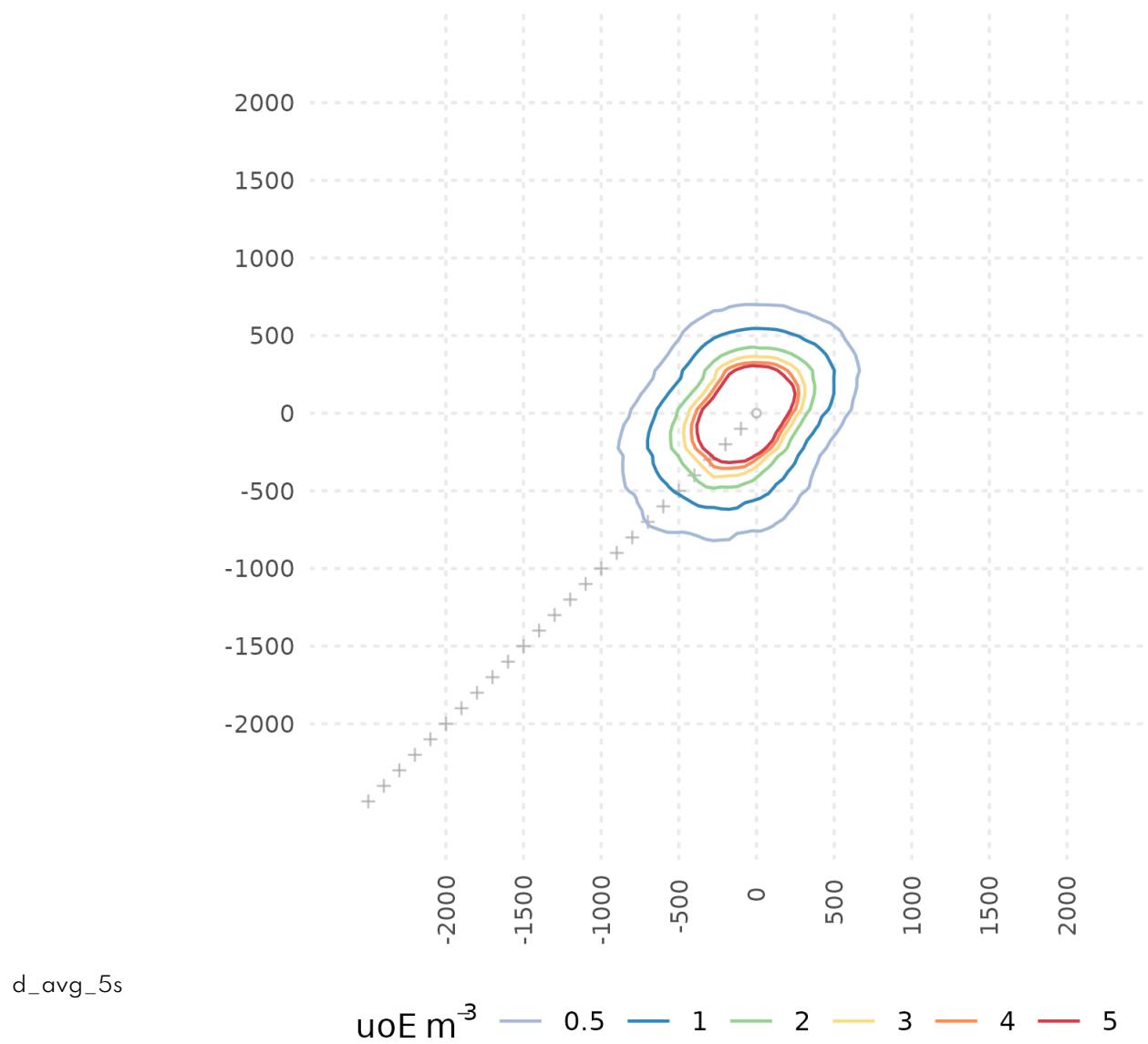
# LAPMOD, PMR 2.3 (statico), Pct98



# LAPMOD, PMR 60s (dinamico), Pct98



# LAPMOD, PMR 5s (dinamico), Pct98





# Estensione areale isolinee

- definita una soglia "arbitraria":  $1 \text{ OU}_E \text{ m}^{-3}$ ;
- calcolo dell'estensione areale, in  $\text{km}^2$ , sottesa dall'isolinea relativa al 98° percentile delle concentrazioni annuali di picco;

modello	PMR	sigla	km2
calpuff	statico	s_2.3	0.1583
lapmod	statico	s_avg_2.3	0.3152
lapmod	dinamico	d_avg_60s	0.3406
lapmod	dinamico	d_avg_5s	0.9995

- misura quantitativa (proxy) di impatto odorigeno relativa alla stima prodotta con alternative configurazioni modellistiche (PMR statico vs. PMR dinamico).



# Stime presso recettori (selezione)

100 m (R1), 300 m (R3), 500 m (R5) di distanza (xy) dalla sorgente

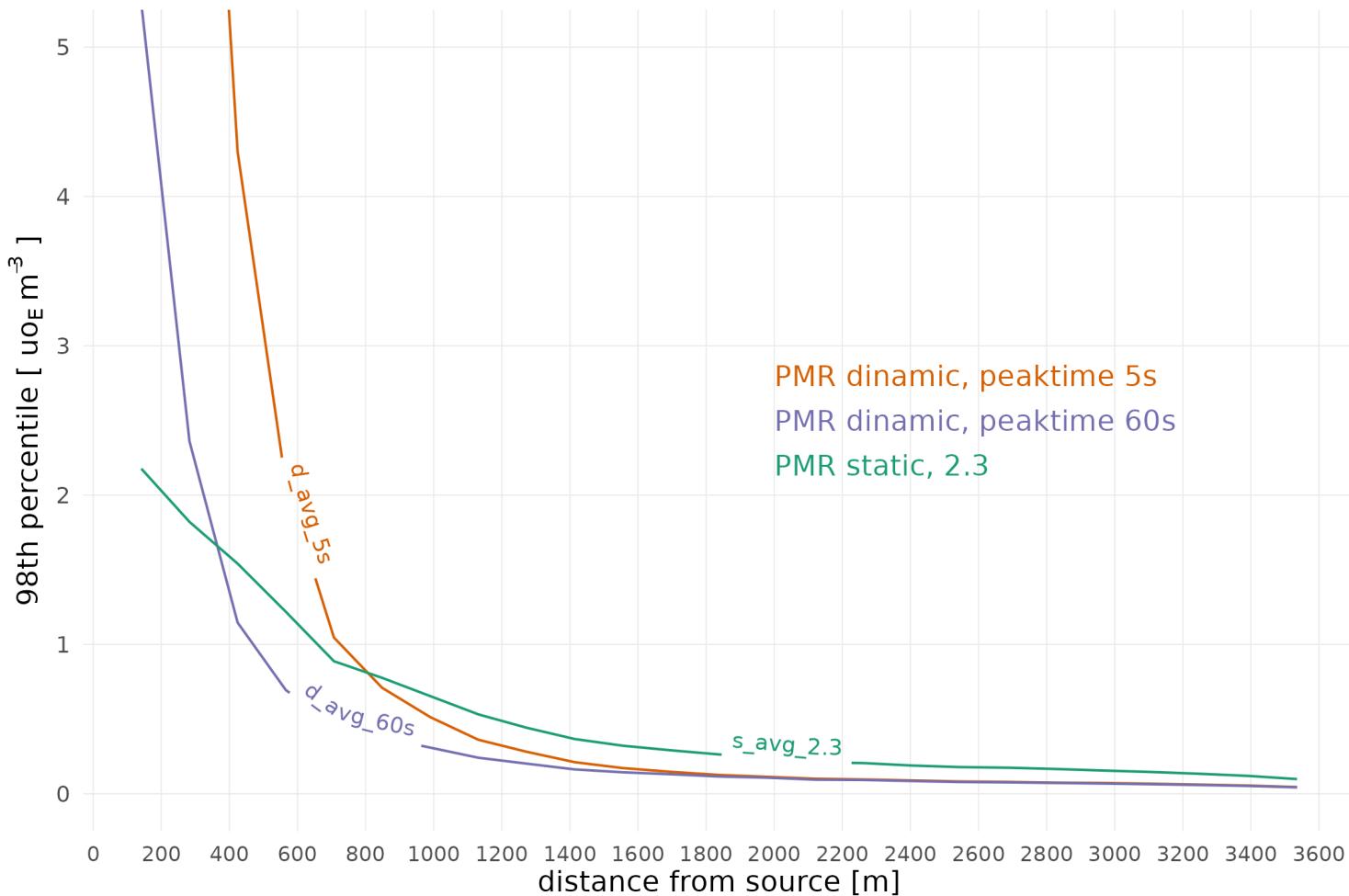
PMR	Model	Run	Rec	Dist_xy	Pct98	Exc_1h	N_epis	Dur_epis
static	calpuff	s_2.3	R1	100	1.8	596	330	8
			R3	300	0.9	100	92	4
			R5	500	0.4	1	1	1
	s_avg_2.3		R1	100	2.2	1663	811	11
			R3	300	1.5	444	272	6
			R5	500	0.9	144	103	6
dynamic	lapmod	d_avg_5s	R1	100	23.7	2480	585	17
			R3	300	4.3	1145	414	14
			R5	500	1.0	194	161	5
	d_avg_60s		R1	100	5.3	1611	570	12
			R3	300	1.1	278	201	5
			R5	500	0.5	9	9	1

Exc\_1h = superamenti valore soglia pari a 1 OUE/m<sup>3</sup>

N\_epis = numero di episodi (ore continuative) di superamento soglia

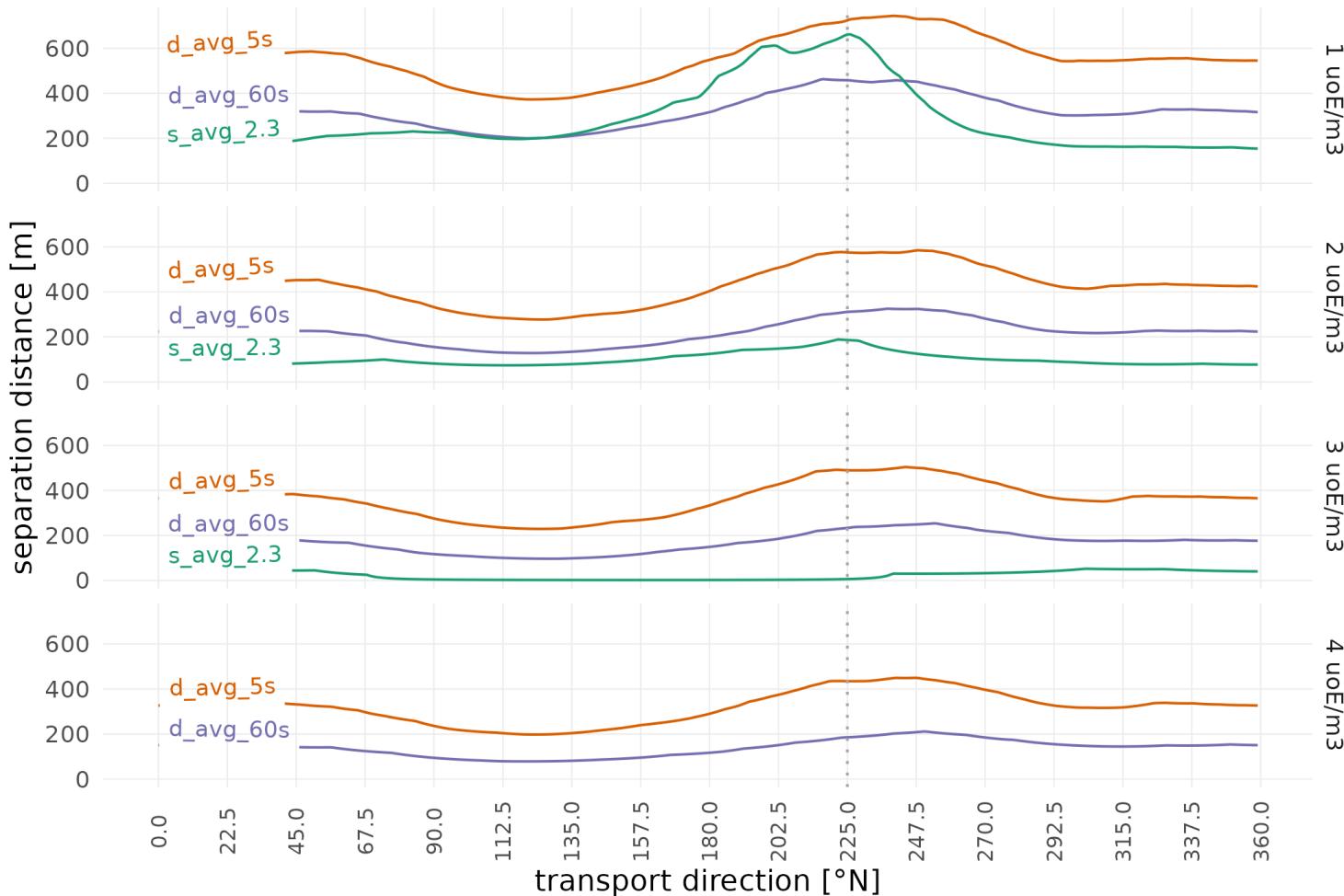
Dur\_epis = durata massima (ore) di un episodio di superamento continuativo

# LAPMOD, transetto recettori, Pct98



nb: zoom --> ylim(0, 5)

# LAPMOD, distanza separazione, Pct98



225 °N transetto recettori discreti

# Conclusioni

# Qual è la stima "corretta"...

...PMR statico?



...PMR dinamico?



...non c'è una risposta univoca !

- variabilità nelle stime dovuta alle modalità di calcolo del PMR introduce un significativo margine di incertezza;
- manca una verifica empirica di tipo contro-fattuale (es. field inspection, analisi lamentele, citizen science);



# Conclusioni su aspetti di tipo operativo

## campo vicino vs. lontano

- PMR dinamico (peak-time 5s) sovrastima nel campo vicino (< 800 m) e sottostima nel lontano (> 800 m) rispetto a PMR statico.

## recettori discreti

- differenze di concentrazione: fino a 1 ordine di grandezza per recettore più vicino alla sorgente (a circa 141 m, dir SW);
- fino a circa 1 km, PMR dinamico peak-time 5s > PMR statico.

## distanza di separazione e areale di impatto

- variabilità nella distanza minima e nella copertura areale per un predefinito livello di protezione (concentrazione odorigena);
- PMR dinamico peak-time 5s > PMR statico.

# Conclusioni su aspetti di tipo regolatorio



## verifica di conformità e valutazioni di impatto

- necessaria una *consapevolezza tecnica*, da parte dei proponenti e delle autorità di controllo, sugli effetti riconducibili all'utilizzo di una specifica configurazione modellistica;
- richiesto un impegno verso la *riproducibilità* delle stime per garantire una valutazione di impatto *accurata e robusta* in relazione alle configurazioni modellistiche adottate (o non adottate) dai proponenti e/o richieste (o non richieste) dalle autorità di controllo;
- importante ricordare che l'utilizzo *esclusivo* dello strumento modellistico (spesso in un'unica configurazione) può essere fonte di un potenziale *effetto di 'distorsione' (bias)* nella verifica di conformità ai valori di accettabilità.

**"All models are wrong, but some are useful." Box**



# Grazie per l'attenzione

[massimo.bressan@arpa.veneto.it](mailto:massimo.bressan@arpa.veneto.it)