



arpav

# Confronto tra differenti configurazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti atmosferici

## note a margine di un caso studio in Provincia di Treviso

Massimo Bressan  
SMV - DAPTV

12/12/2019 (updated: 2019-12-11)

# sorgente

fonderia di getti in ghisa: forno fusorio ('cubilotto')

- parametri geometrici camino
  - altezza = 25 m
  - raggio = 0.635 m
- parametri fisico e chimici di esercizio
  - NOx = 0.369 g/s
  - portata = 37500 Nm<sup>3</sup>/h
  - temperatura = 100.5 °C
  - velocità = 11.9 m/s
- ratei emissione
  - costanti e continui 24/7 (ipotesi cautelativa)

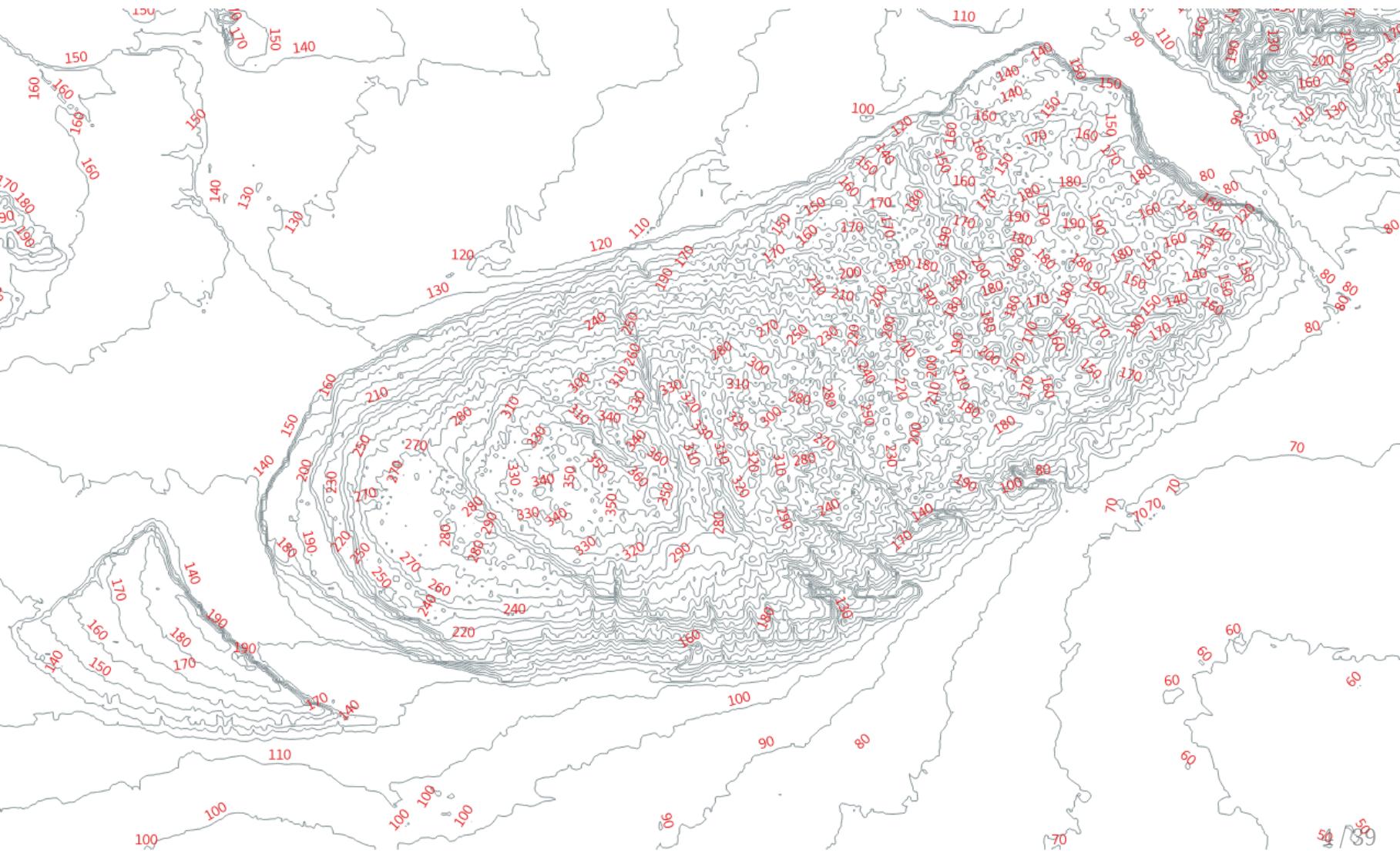
## inquadramento urbanistico/territoriale

cfr. file: [00\\_regione\\_veneto\\_map\\_anemometri\\_cmt.html](#)



2011-01-18 11:00, vista da Pianezze (~1000 m slm), M.te Cesen, TV

# altimetria del Montello





2011-01-18 11:00, vista da Pianezze (~1000 m slm), M.te Cesen, TV

# CALPUFF

'stima base'

periodo riferimento: 01/10/17 – 31/03/18

cfr. file: **01\_calpuff.html**

(vai a lapmod)

# CALPUFF v. 5.8.5 - 'stima base' (specifiche)

approccio 'no obs', semestre 'invernale'

COSMO-LAMI 7

- velocità e direzione vento, temperatura, umidità relativa
- passo griglia: 5 \* 5, 7 km
- dominio: 35 km \* 35 km

CALMET (v. 5.8.5, EPA approved)

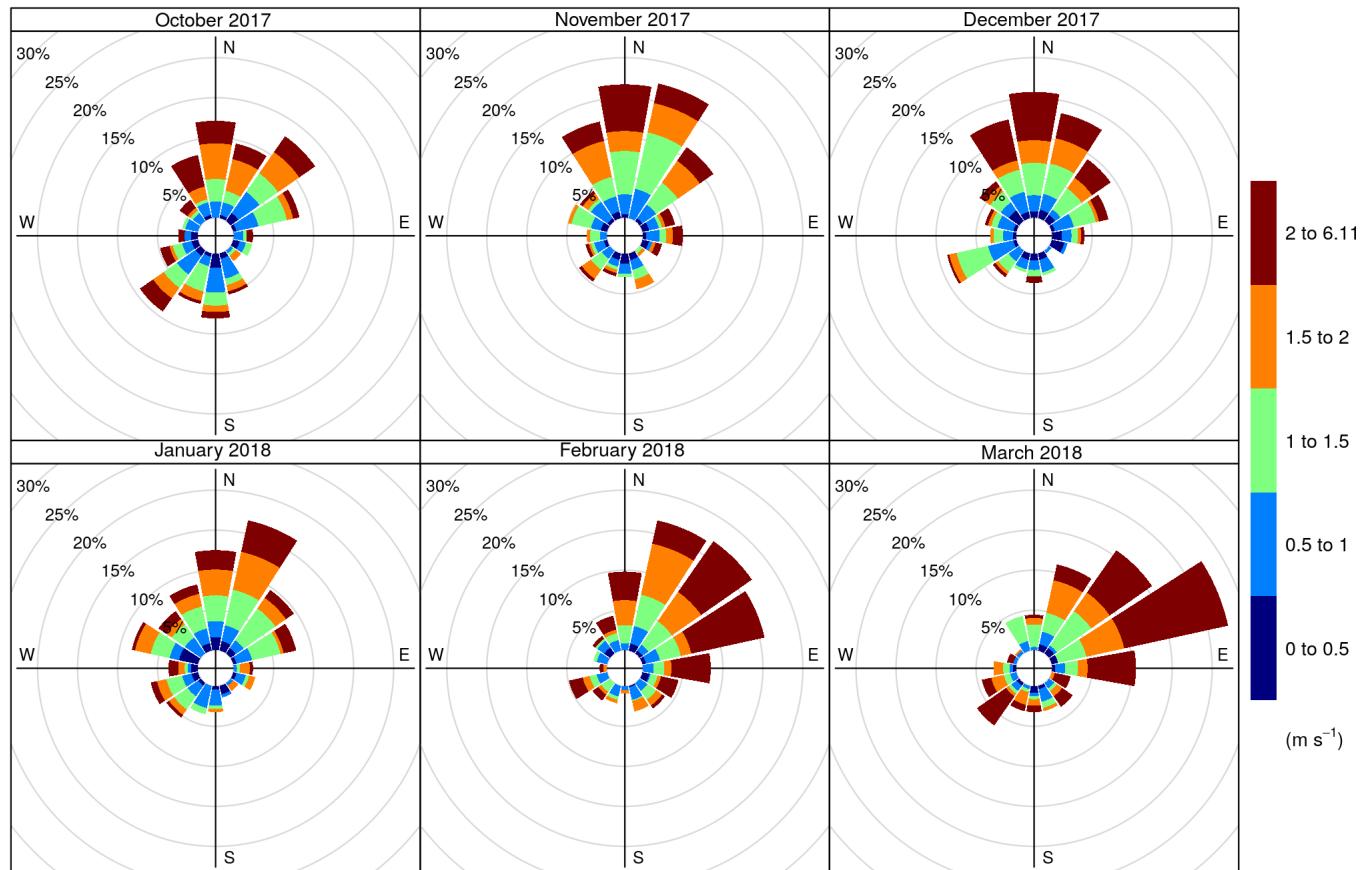
- orografia e uso suolo: DTM 250 m
- griglia regolare: 51 \* 51, 250 m
- dimensione dominio: 12.75 km \* 12.75 km

CALPUFF (v. 5.8.5, EPA approved)

- cella di campionamento: 60 m, nesting factor MESHDN = 4
- coeff. disp. da variabili micro-meteo, MDISP = 2
- no reazioni chimiche, no deposizione secca e umida
- n. puffs 'da seguire' - to track -, NPFDEB = 10
- min vv per 'non calma': 0.5 m/s

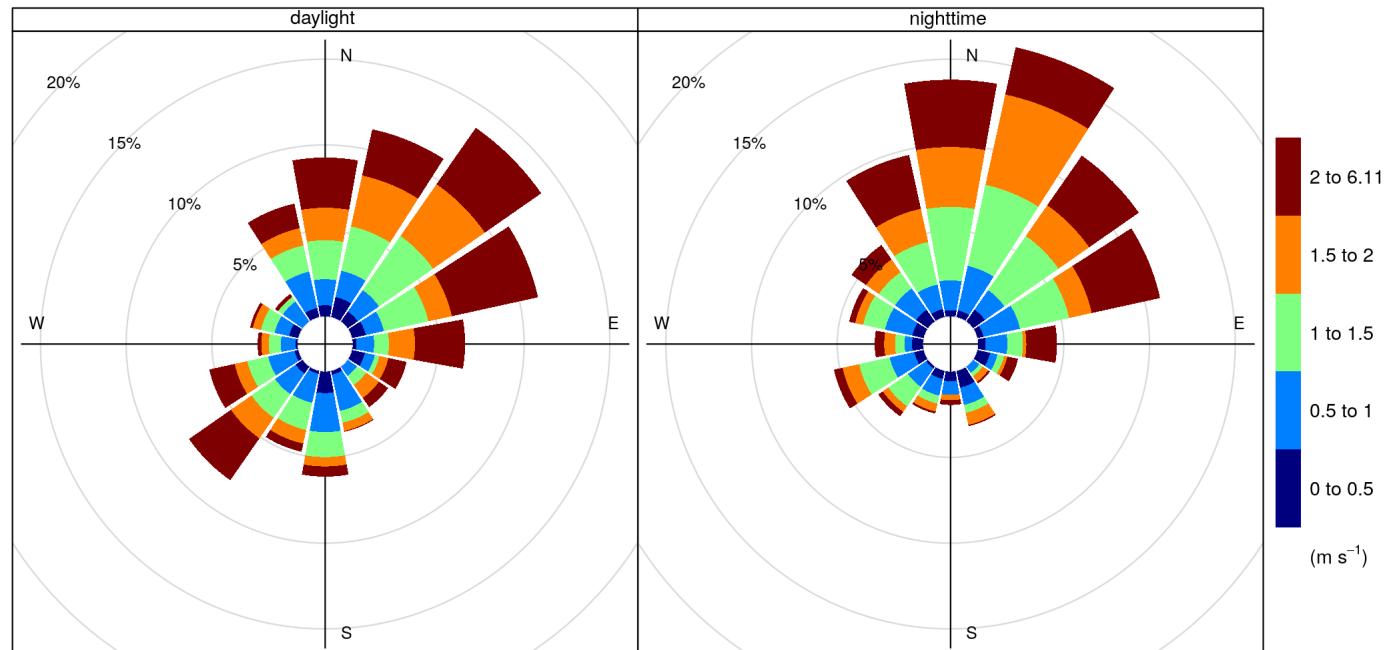
# CALMET - rosa venti (camino)

vv media = 1.5 m/s; calme <0.5 m/s = 7.2%



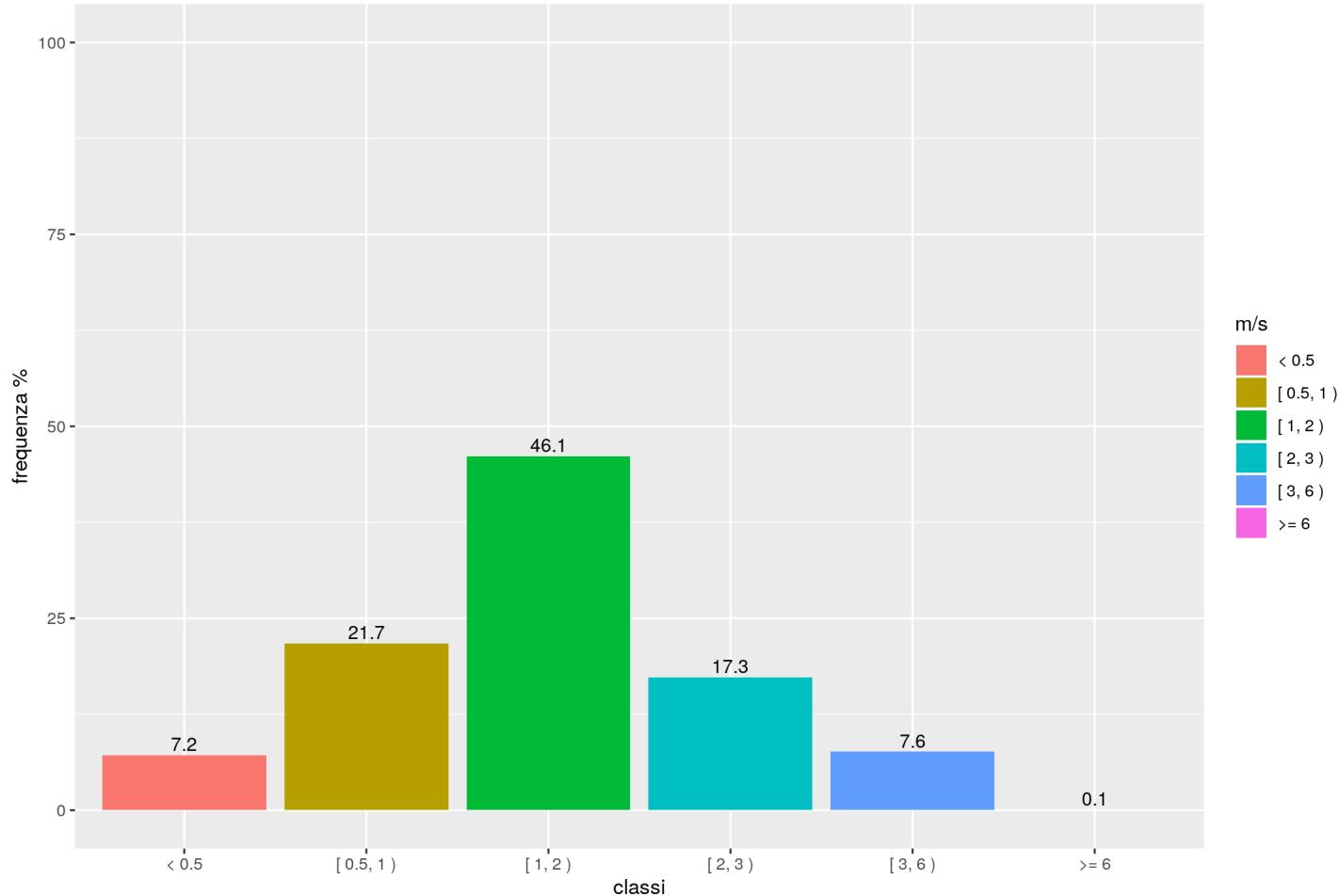
# CALMET - rosa venti (camino)

stratificazione dì / notte (alba e tramonto da: data-ora, long e lat)



# CALMET - classi vv (camino)

distribuzione di frequenza classi velocità vento



# CALMET - stat vv (camino)

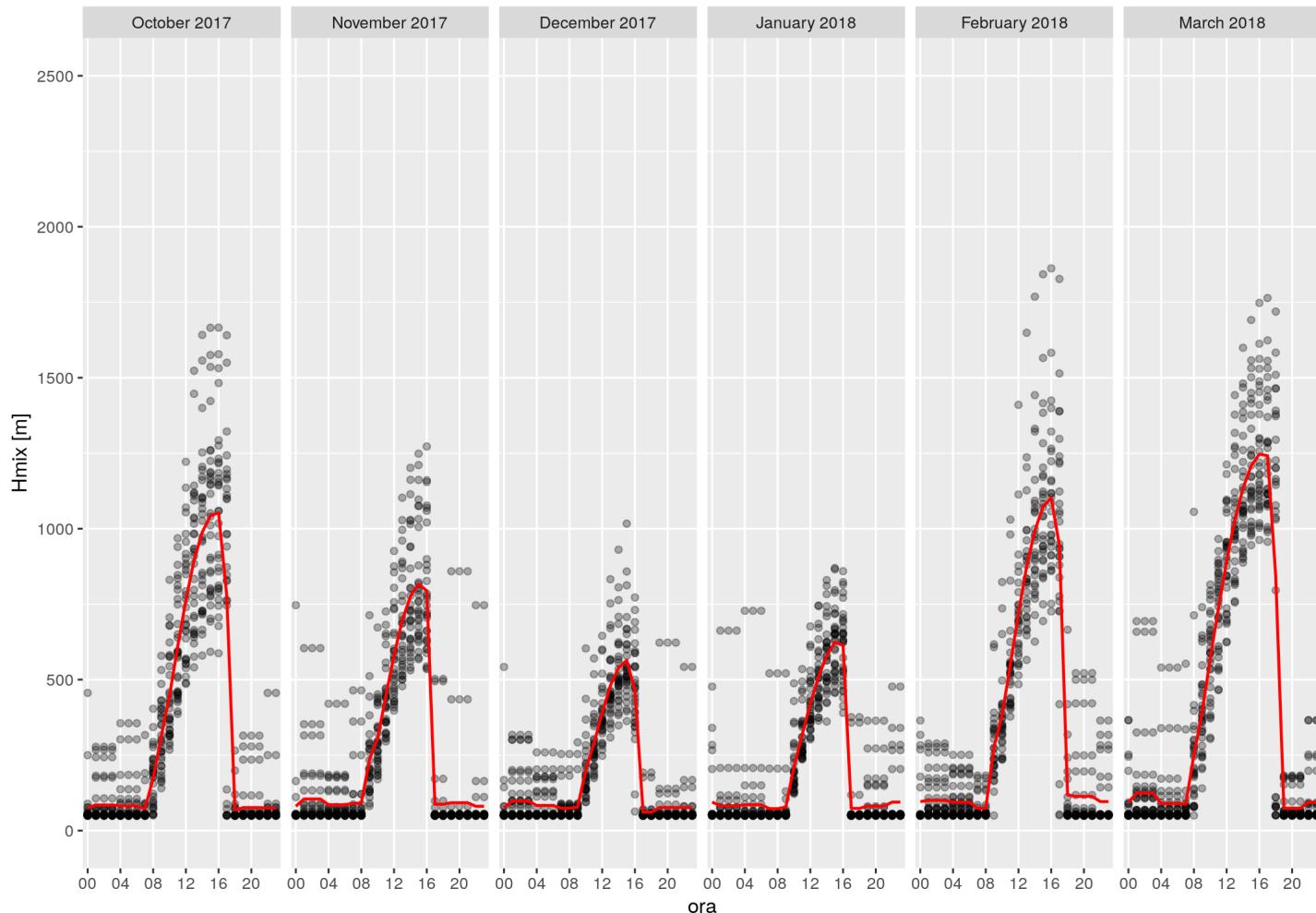
tutte le osservazioni

<b>month</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>median</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
October 2017	743	1.4	1.3	0.8	0.0	4.4
November 2017	720	1.5	1.3	1.0	0.1	6.1
December 2017	744	1.4	1.1	0.9	0.1	5.0
January 2018	744	1.4	1.2	0.9	0.0	5.5
February 2018	672	1.8	1.7	1.0	0.2	5.6
March 2018	744	1.9	1.7	1.0	0.2	5.3

solo calme

<b>month</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>median</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
October 2017	58	0.3	0.3	0.2	0.0	0.5
November 2017	52	0.4	0.4	0.1	0.1	0.5
December 2017	84	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5
January 2018	72	0.3	0.3	0.1	0.0	0.5
February 2018	15	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3
March 2018	33	0.4	0.4	0.1	0.2	0.5

# CALMET - hmix (camino)



# AERMOD

'stazione cmt'

(segue files mappe)

# AERMOD v. 18081 - 'stazione cmt' (specifiche)

stima speditiva ('esplorativa'), approccio 'obs - no obs'

- cmt castelfranco v. (anemometro 10 m): temp, vv, dv, prec, srad, rhu + lami: tcc, press + radiosondaggio: san pietro capofiume 16144
- risoluzione griglia: 250 m, elevated terrain ('receptors.rec'), altimetria (orografia) DTM regione Veneto (geotiff) con risoluzione x, y = 30 m
- parametri superficiali (landuse 1 km): albedo 0.15, roughness length 0.5, bowen ratio 0.25
- no elevazione base sorgente, optional parameter, default = 0, **nb: caso ELEV è un errore !**

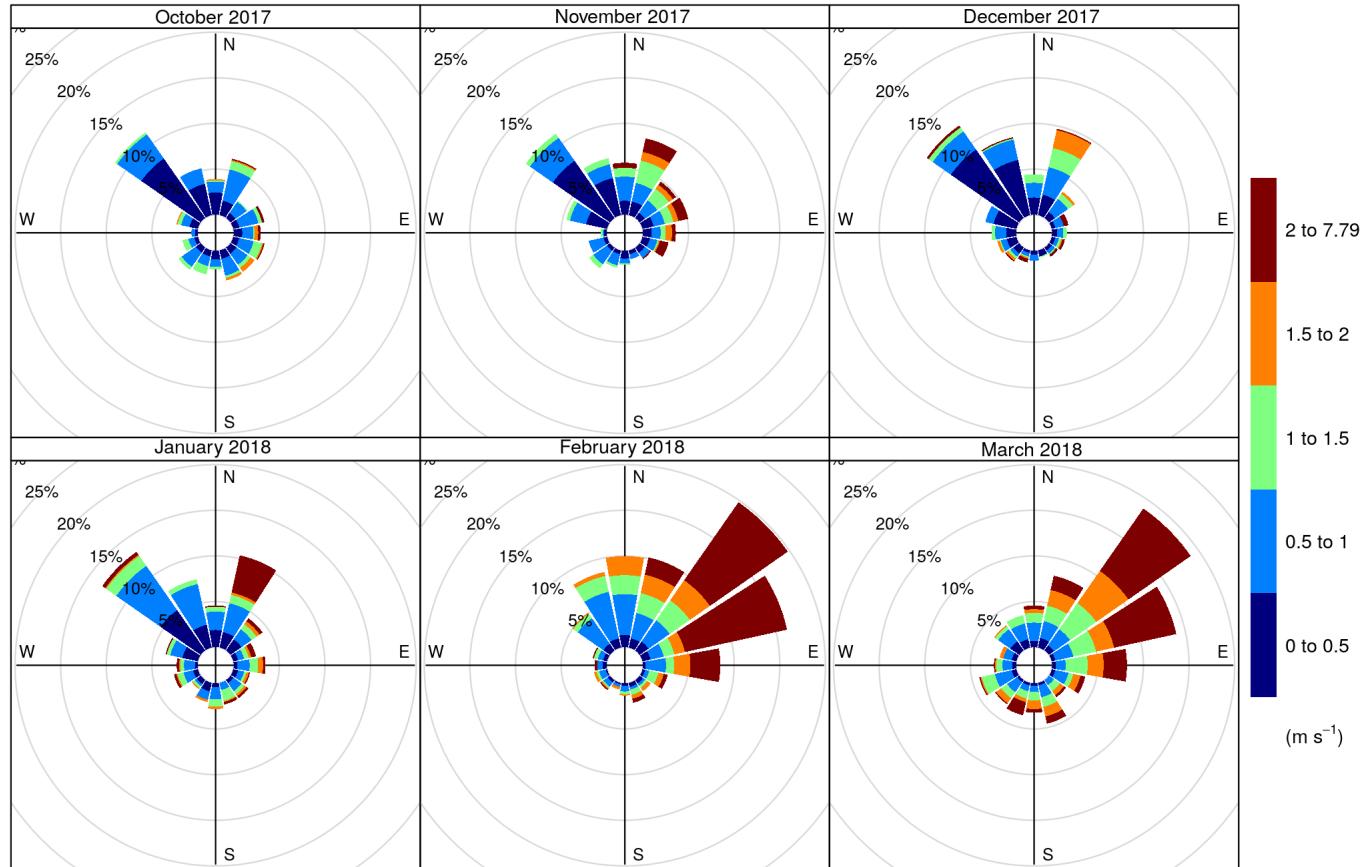
cfr. file: [02\\_aermod.html](#)

- la quota di base della sorgente determina la differenza di elevazione tra sorgente e recettori e l'elevazione del pennacchio rispetto al terreno
- **con elevazione di base della sorgente (90 m)**, stima che evidenzia altre 'problematiche' (trattate in casi seguenti)

cfr. file: [02\\_aermod\\_base90m.html](#)

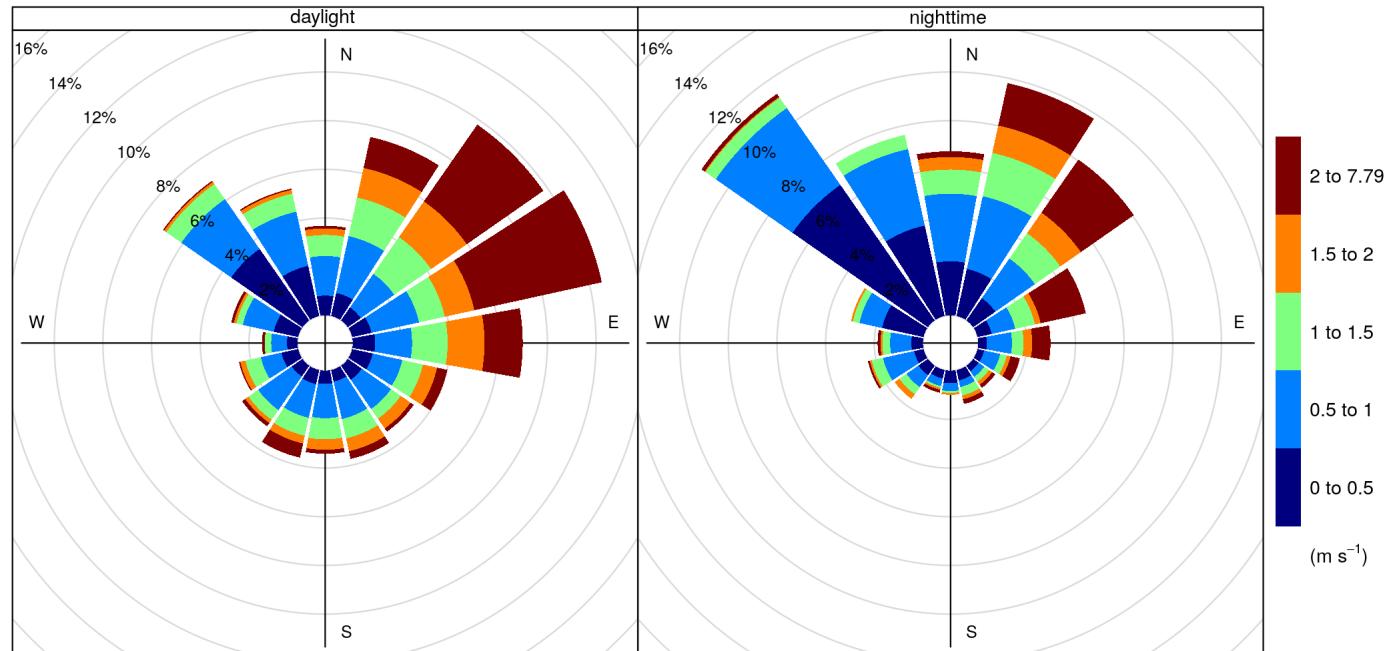
# AERMET - rosa venti (cmt - castelfranco v.)

vv media = 0.8 m/s; calme <0.5 m/s = 46.8%



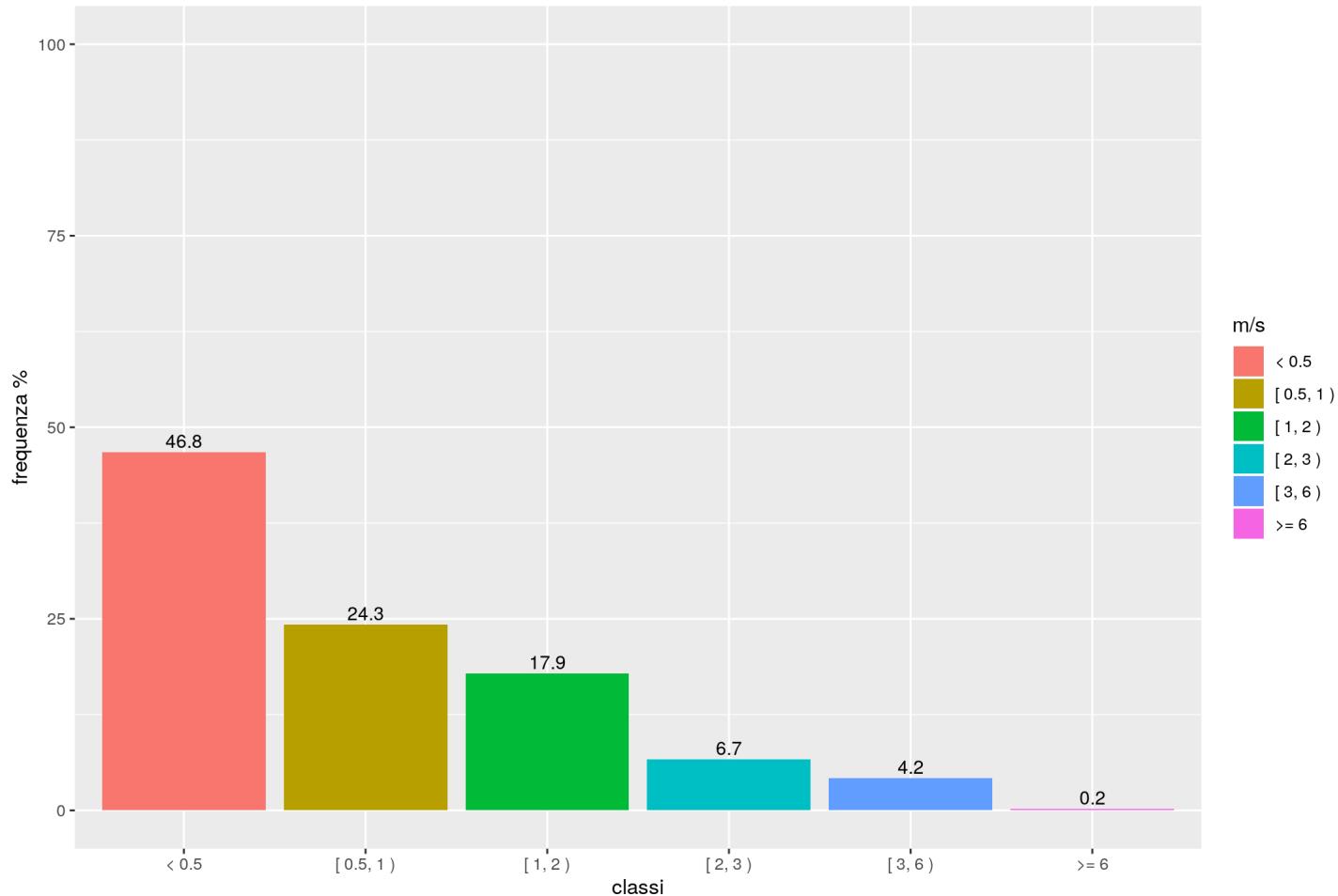
# AERMET - rosa venti (cmt - castelfranco v.)

stratificazione dì / notte (alba e tramonto da data-ora, long e lat)



# AERMET - classi vv (cmt - castelfranco v.)

distribuzione di frequenza classi velocità vento



# AERMET - stat vv (cmt - castelfranco v.)

tutte le osservazioni

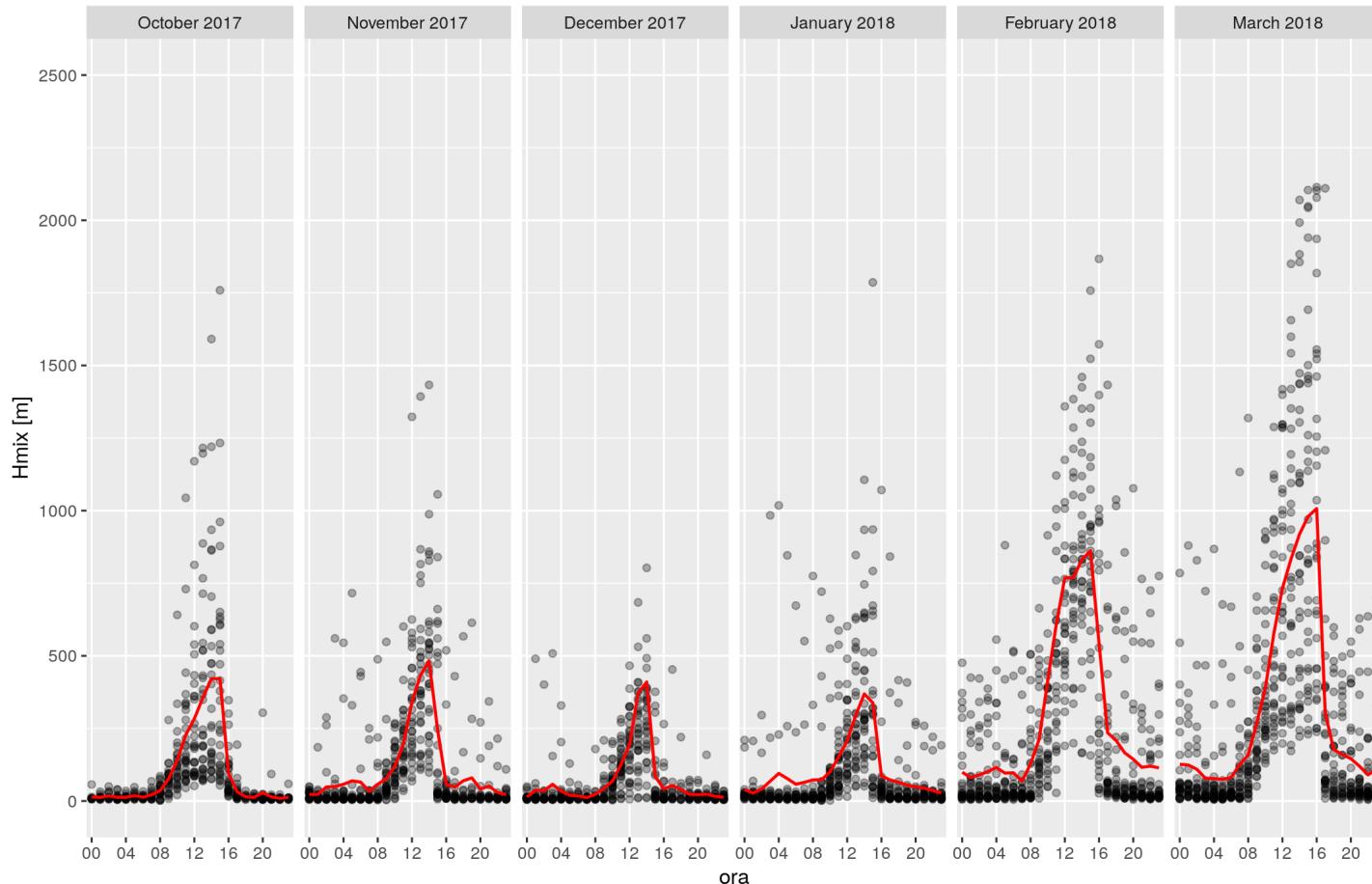
<b>month</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>median</b>
October 2017	743	0.4	0.5	0	4.5	0.4
November 2017	720	0.6	0.7	0	4.3	0.4
December 2017	744	0.4	0.6	0	3.5	0.3
January 2018	744	0.7	0.9	0	7.5	0.5
February 2018	672	1.6	1.3	0	7.8	1.2
March 2018	744	1.4	1.1	0	6.2	1.2

solo calme

<b>month</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>median</b>
October 2017	481	0.1	0.2	0	0.5	0.0
November 2017	424	0.2	0.2	0	0.5	0.0
December 2017	517	0.2	0.2	0	0.5	0.0
January 2018	378	0.1	0.2	0	0.5	0.0
February 2018	110	0.2	0.2	0	0.5	0.3
March 2018	133	0.2	0.2	0	0.5	0.0

# AERMET - hmix (cmt - castelfranco v.)

NB: molti NA + alcuni 'spikes' a 4000 m (fuori scala, dic 2017 e feb 2018)



# AERMOD

'punto lami'

(segue files mappe)

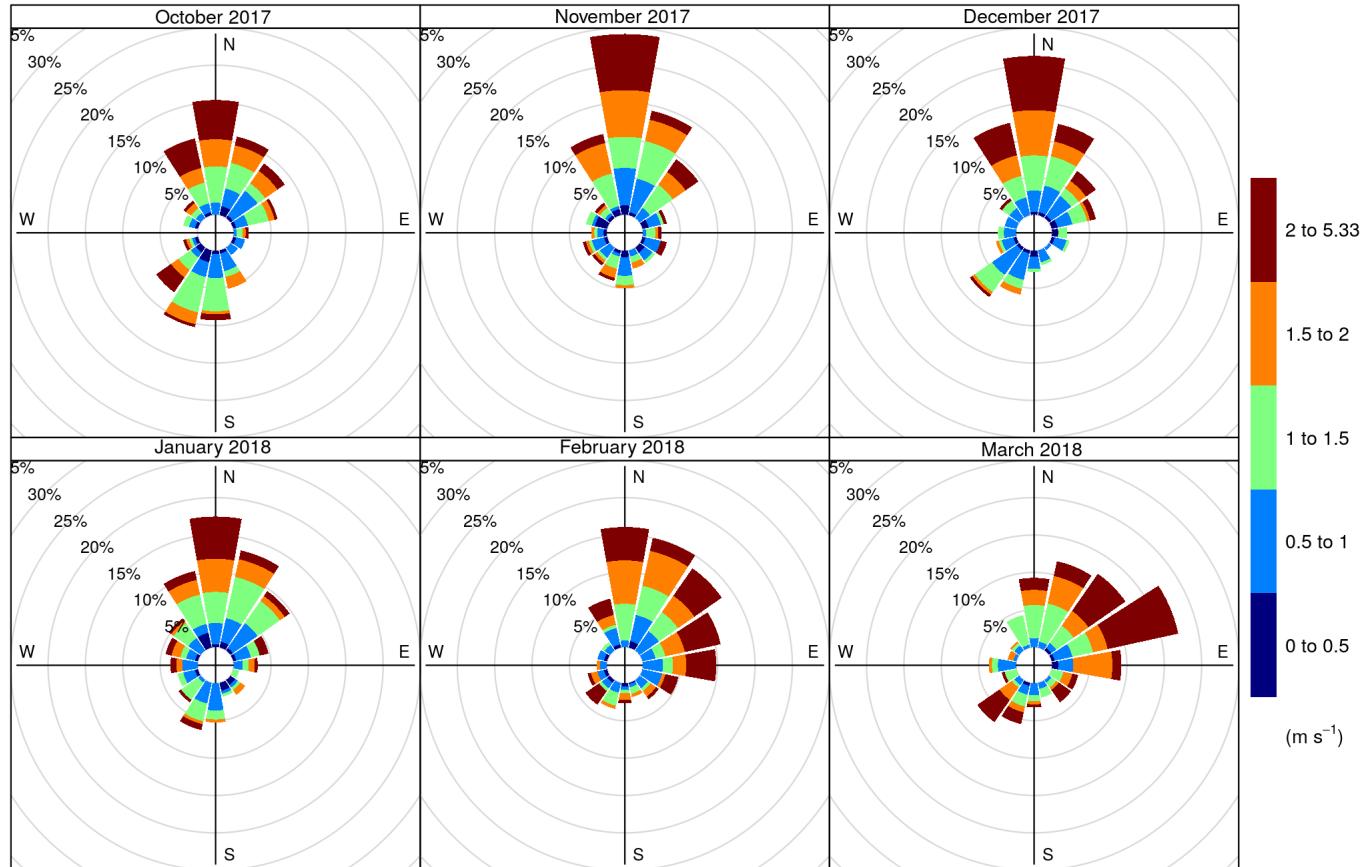
# AERMOD v. 18081 - 'punto lami' (specifiche)

- approccio 'no obs'
- punto 'più vicino': centro abitato di Montebelluna (... è perfetto!?)
- 'tutto il resto' come nella stima 'stazione cmt'
- in varie configurazioni rispetto all'elevazione base sorgente:
  - default 0, optional parameter (!! attenzione, errore con ELEV)<sup>\*</sup>
    - cfr. file: [03\\_aermod\\_base000m\\_default.html](#)
  - input utente, 90 m (come per stima 'base' calpuff)
    - cfr. file [03\\_aermod\\_base090m\\_user.html](#)
  - calcolata da AERMAP su DTM Regione, 114 m
    - cfr. file [03\\_aermod\\_base114m\\_aermap.html](#)

[\*] in file "ERRORS.OUT": "SOLOCA No Option Parameter Setting, Forced by Default to ZS = 0.0"

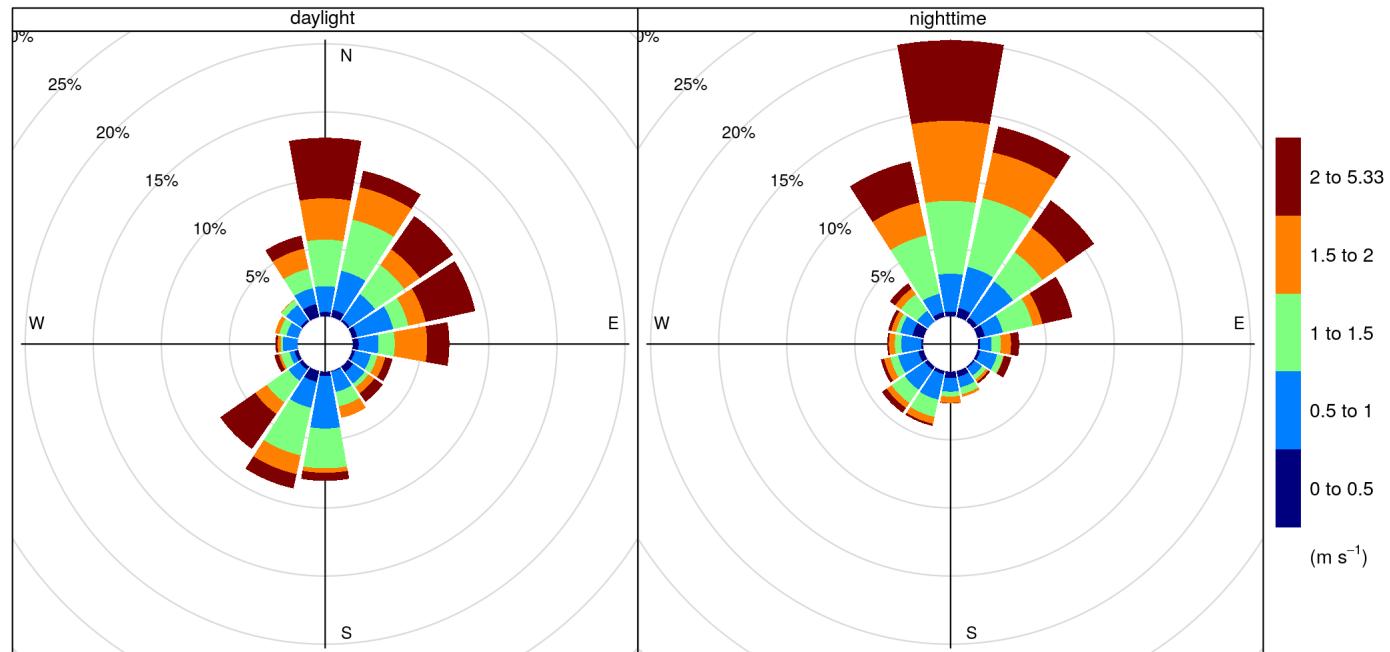
# AERMET - rosa venti (punto lami)

vv media = 1.4 m/s; calme <0.5 m/s = 8.9%



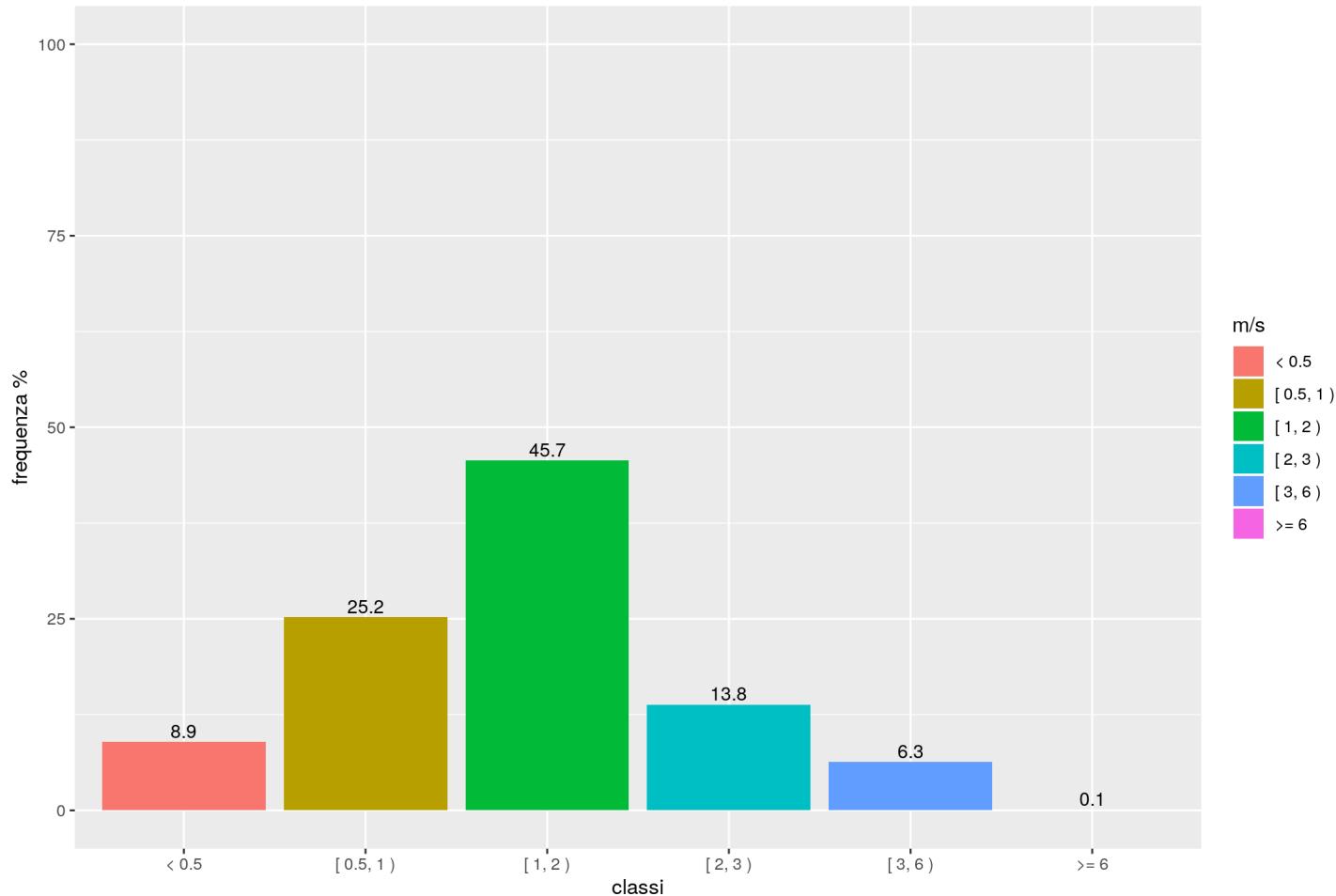
# AERMET - rosa venti (punto lami)

stratificazione dì / notte (alba e tramonto da: data-ora, long e lat)



# AERMET - classi vv (punto lami)

distribuzione di frequenza classi velocità vento



# AERMET - stat vv (punto lami)

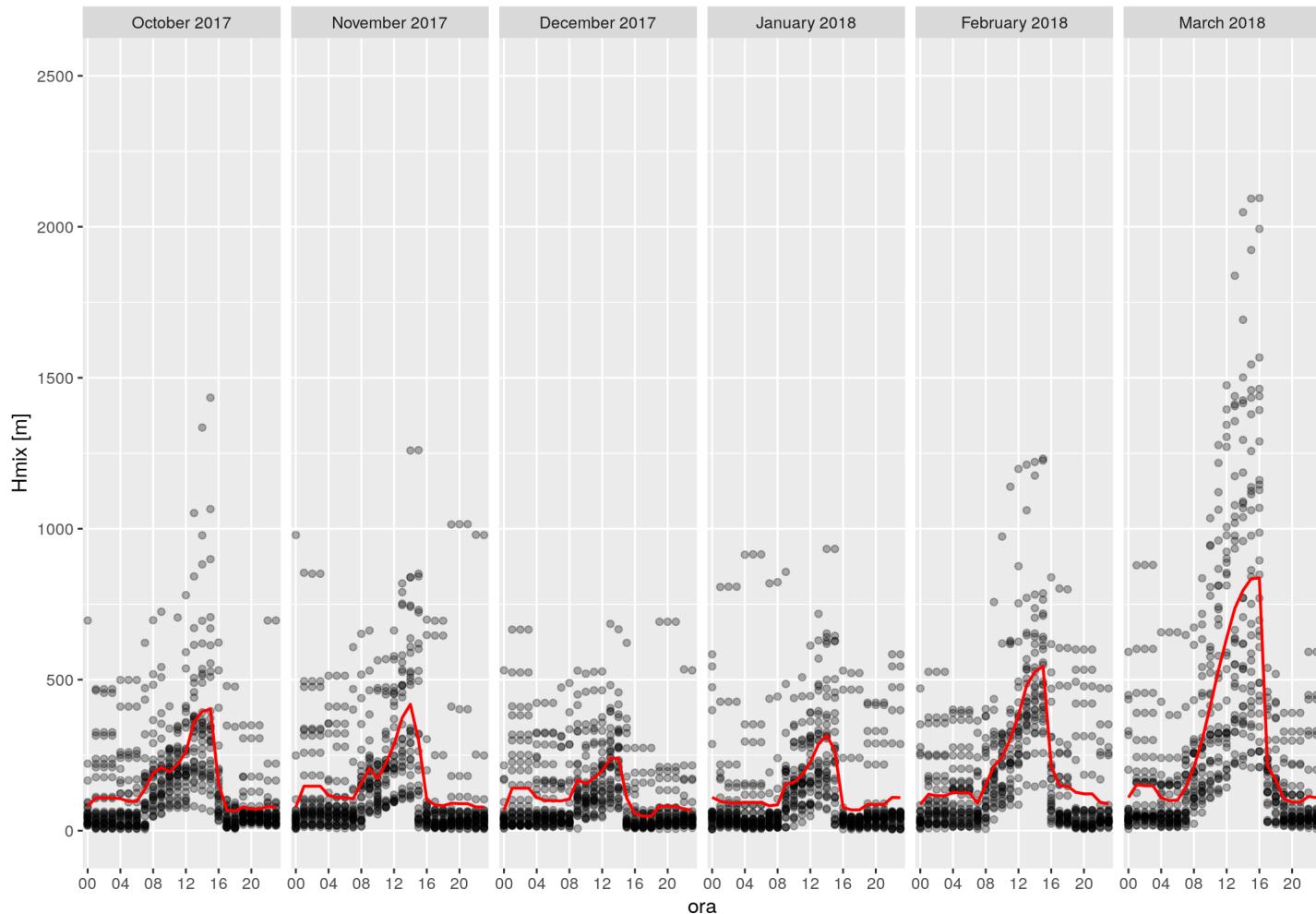
tutte le osservazioni

<b>month</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>median</b>
October 2017	743	1.3	0.8	0	4.3	1.3
November 2017	720	1.4	0.9	0	5.3	1.2
December 2017	744	1.3	0.8	0	4.2	1.1
January 2018	744	1.3	0.8	0	5.0	1.2
February 2018	672	1.6	0.8	0	4.6	1.5
March 2018	744	1.7	0.9	0	4.9	1.5

solo calme

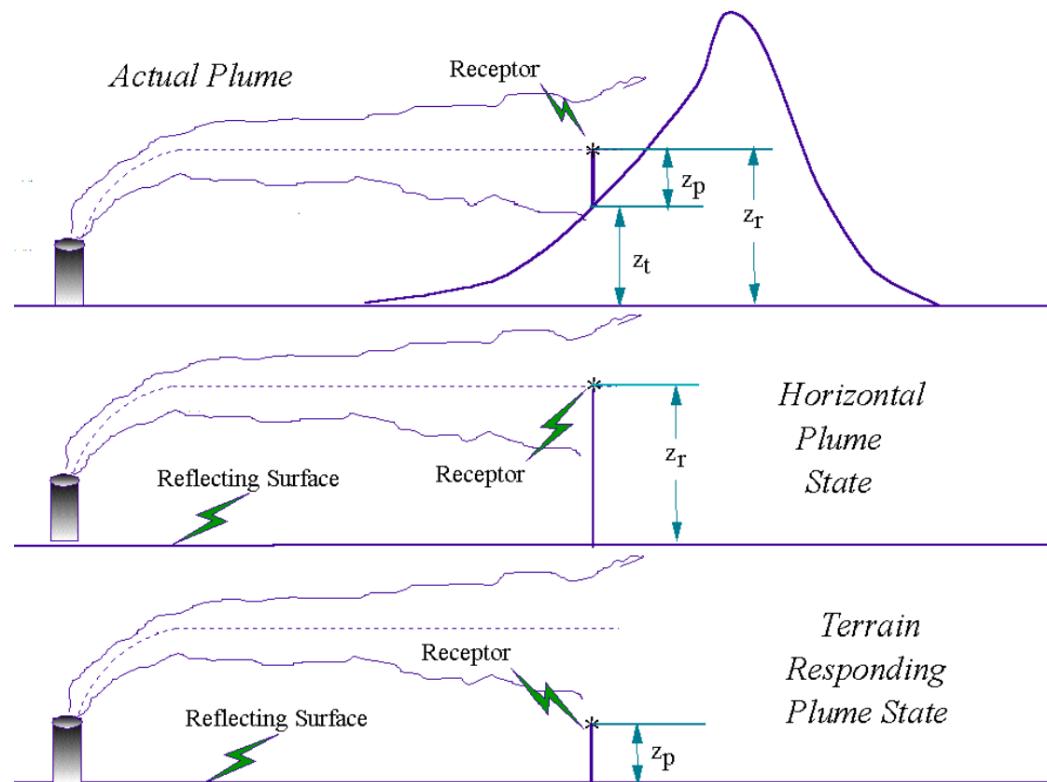
<b>month</b>	<b>n</b>	<b>mean</b>	<b>sd</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>median</b>
October 2017	81	0.2	0.2	0	0.5	0.3
November 2017	90	0.3	0.2	0	0.5	0.4
December 2017	81	0.2	0.2	0	0.5	0.0
January 2018	80	0.2	0.2	0	0.5	0.3
February 2018	31	0.3	0.2	0	0.4	0.4
March 2018	27	0.2	0.2	0	0.5	0.0

# AERMET - hmix (punto lami)



# AERMOD - plume (refs)

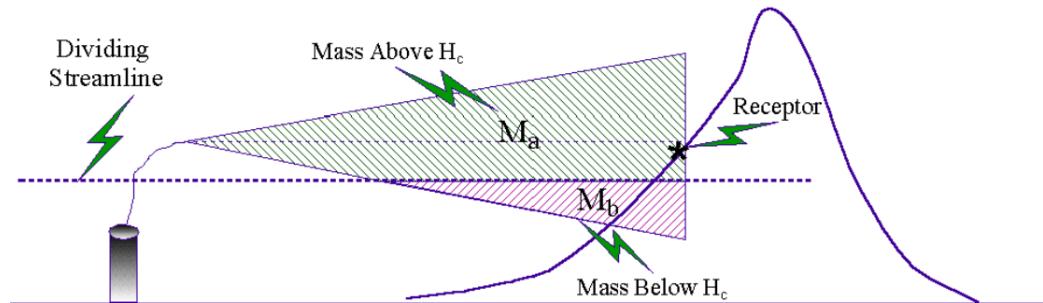
- terrain-following: above  $H_c$ , height of critical dividing streamline
- terrain-impacting (horizontal): below  $H_c$



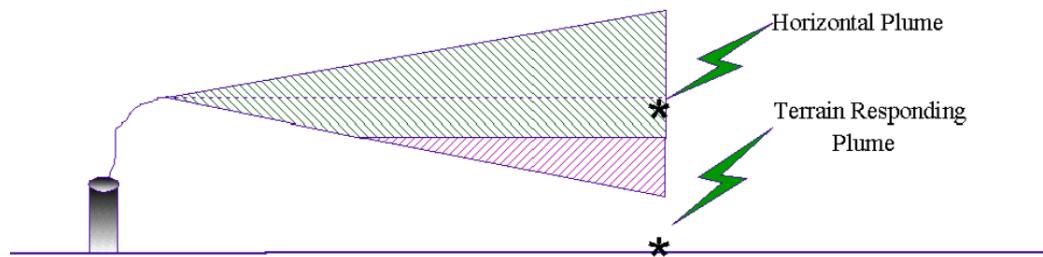
# AERMOD - dividing streamline (refs)

the actual plumes is a weighted sum of two limiting plume states\*

$$C_{\text{Tot}} = f C_{\text{Horiz}} + (1-f) C_{\text{TerrRes}}$$



$$\phi_p = \frac{M_b}{M_a + M_b} \quad f = .5 (1 + \phi_p) = \frac{\text{Weighting Factor}}{\text{Plume Mass}}$$



[\*] AERMOD Model formulation and Evaluation. EPA-454/R-18-003.

# AERMOD - two state approach (refs)

Relative weighting of two states (horizontal vs. terrain) depends on:

1. the degree of atmospheric stability,
  2. the wind speed,
  3. plume height relative to terrain.
- in **stable** conditions, the horizontal plume '*dominates*' and is given greater weight.
  - in **neutral** and **unstable** conditions, the plume travelling over the terrain is '*more heavily*' weighted (half way between the horizontal state and the terrain responding state).

The total concentration predicted by AERMOD is the weighted sum of the two extreme possible plume states.

In the AERMOD approach, plume height, receptor elevation and  $H_c$  will determine how much plume material resides in each plume state.

$H_c$  = level in the stable atmosphere where the flow has sufficient kinetic energy to overcome the stratification and rise to the height of terrain.

# AERMOD - receptor flagpole height (refs)

FLAT (non regulatory)  $Z_t = 0$

$$Z_p = Z_r$$

ELEV (regulatory)  $Z_t > 0$

$$Z_p = Z_r - Z_t$$

$Z_p$  = height above local ground (flagpole receptor height)

$Z_r$  = height of a receptor (relative to stack base elevation)

$Z_t$  = height of terrain at a receptor

**for any concentration calculations all heights are referred to the stack base elevation**

$Z_p$  = 'flagpole receptor height', i.e. the height above terrain where concentration is calculated according to the terrain following state

in a flat terrain  $Z_t = 0$  the concentration calculation is referred to the form of a single horizontal plume, i.e. the terrain responding state sees the receptor on the hill as a ground-level receptor

# AERMOD

'punto calmet'

varie configurazioni

(segue files mappe)

# AERMOD v. 18081 - 'punto calmet' (specifiche)

- approccio 'no obs'
- CALMET interpolazione e 'correzione' per uso suolo ed orografia variabili meteo da 'punti LAMI': temp, ws, wd, prec, srad, rhu, tcc, press
- estrazione CALMET su punto camino (come per stima base CALPUFF)
- 'tutto il resto' come nella stima 'stazione cmt' (castelfranco v.)

in particolare rimangono invariati...

- parametri superficiali (landuse 1 km):
  - albedo 0.15
  - roughness length 0.5
  - bowen ratio 0.25
- elevazione base sorgente, user input 90 m (= stima base CALPUFF)  
cfr. file: [04\\_aermod\\_calmet\\_250m\\_00\\_old\\_param\\_sup.html](#)

# AERMOD - 'punto calmet' (variazione)

tutto come prima...

ma rispetto alla precedente configurazione cambiano

- parametri superficiali (su punto camino, landuse 250 m)
  - albedo 0.16
  - roughness lenght 0.94 (~ “urban” = 1)
  - bowen ratio 0.87

cfr. file: [04\\_aermod\\_calmet\\_250m\\_01\\_new\\_param\\_sup.html](#)

# AERMOD - 'punto calmet' (roughness)

tutto come prima...

ma rispetto alla configurazione precedente si valuta sensitività rispetto a  
roughness length<sup>1</sup>

stima con due casi 'estremi' di roughness ('land use')<sup>2</sup>

- roughness 0.1 ('grassland')
  - cfr. file: [04\\_aermod\\_calmet\\_250m\\_02\\_rough01.html](#)
- roughness 1 ('urban')
  - cfr. file: [04\\_aermod\\_calmet\\_250m\\_02\\_rough1.html](#)

[1] per brevità si omette l'analisi di sensitività rispetto ad 'albedo e 'bowen ratio' perchè significa verificare tutte le varie 'combinazioni' (cfr. slide 'sensitivity')

[2] il range riportato nel manuale AERMOD è più ampio, cfr. p. 4-59

# AERMOD - sensitivity (refs)

**"Sensitivity of the AEMOD air quality model to the selection of land use parameters"**\*

Articolo datato, però sembra ben centrare il problema...  
(alcuni estratti)

- “only the surface roughness lenght affects the concentrations significantly”
- “albedo and Bowen ratio have little or no effect”
- “effects these parameters have on modeled concentrations are sufficiently complex [...] it cannot be accurately anticipated what effect any changes [...] will have on concentrations for a given source configuration”
- “modeled design concentrations can vary substantially due to normal ranges of variations in the albedo, Bowen ratio, and surface roughness length”

[\*] Grosh T.G. and Russel F.L., 1999. Transaction on ecology and the Environment, 29: 803-812.  
(torna a roughness)

# AERMOD - 'punto calmet' (sensitività griglia)

tutto come prima ...

... ma rispetto alla configurazione precedente cambia

la **risoluzione di griglia computazionale**

- 125 m ('metà' rispetto al caso precedente)
  - cfr. file: [04\\_aermod\\_risoluzione\\_125m.html](#)
- 62 m (ancora 'dimezzamento', per una risoluzione di calcolo pari a quella della 'stima base' CALPUFF – ma non è esattamente lo stesso approccio!)\*
  - cfr. file: [04\\_aermod\\_risoluzione\\_62m.html](#)

[\*] attenzione: i tempi di calcolo (AERMAP) si dilatano molto! (> 12 h)

# Conclusioni su applicazione AERMOD

in forma di alcune semplici indicazioni operative

- valutare con attenzione effetti dovuti a condizioni di 'terreno complesso'
- inserire sempre (ed in modo accurato!) quota base di sorgente nel caso '*regulatory ELEV*' (non influente nel caso '*non-regulatory FLAT*')
- scegliere accuratamente input meteo (varie possibilità, non c'è una ricetta 'unica' e sempre valida!) e considerare eventuali effetti dovuti a calma di vento (approccio gaussiano!)
- definire molto attentamente parametri superficiali *roughness*, *bowen*, *albedo* ('site-specific sensitivity analysis', 'methods for determining surface characteristics', *AERMOD implementation guide*, p. 3.1.1-2)
- leggere bene i manuali (tutti!), anche se non sempre chiari ed esaustivi
- valutare 'trade-offs' accuratezza/precisione dei risultati e tempi complessivi di elaborazione dello studio
- confrontare i risultati rispetto a differenti approcci modellistici (molto utile ma altrettanto 'dispendioso' e quindi non sempre fattibile)

# ...e per il futuro? (ipotesi di lavoro!)

c'è anche **LAPMOD** ...

gratuito (no costi acquisto licenza) e libero (codice fortran 'in chiaro')

lagrangiano a particelle, tridimensionale, non stazionario, possibile utilizzazione per dispersione sostanze odorigene (trattazione *peak-to-mean*)

questo caso studio con parametrizzazione 'default' (è da rivedere!)

- cfr. file: [05\\_lapmod\\_default\\_media1h\\_vs\\_max1h.html](#)

obiettivo:

acquisire maggiore consapevolezza e sensibilità dei risultati in funzione delle configurazioni modellistiche (assunzioni di stima, parametrizzazioni, etc.)

# Grazie!

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