



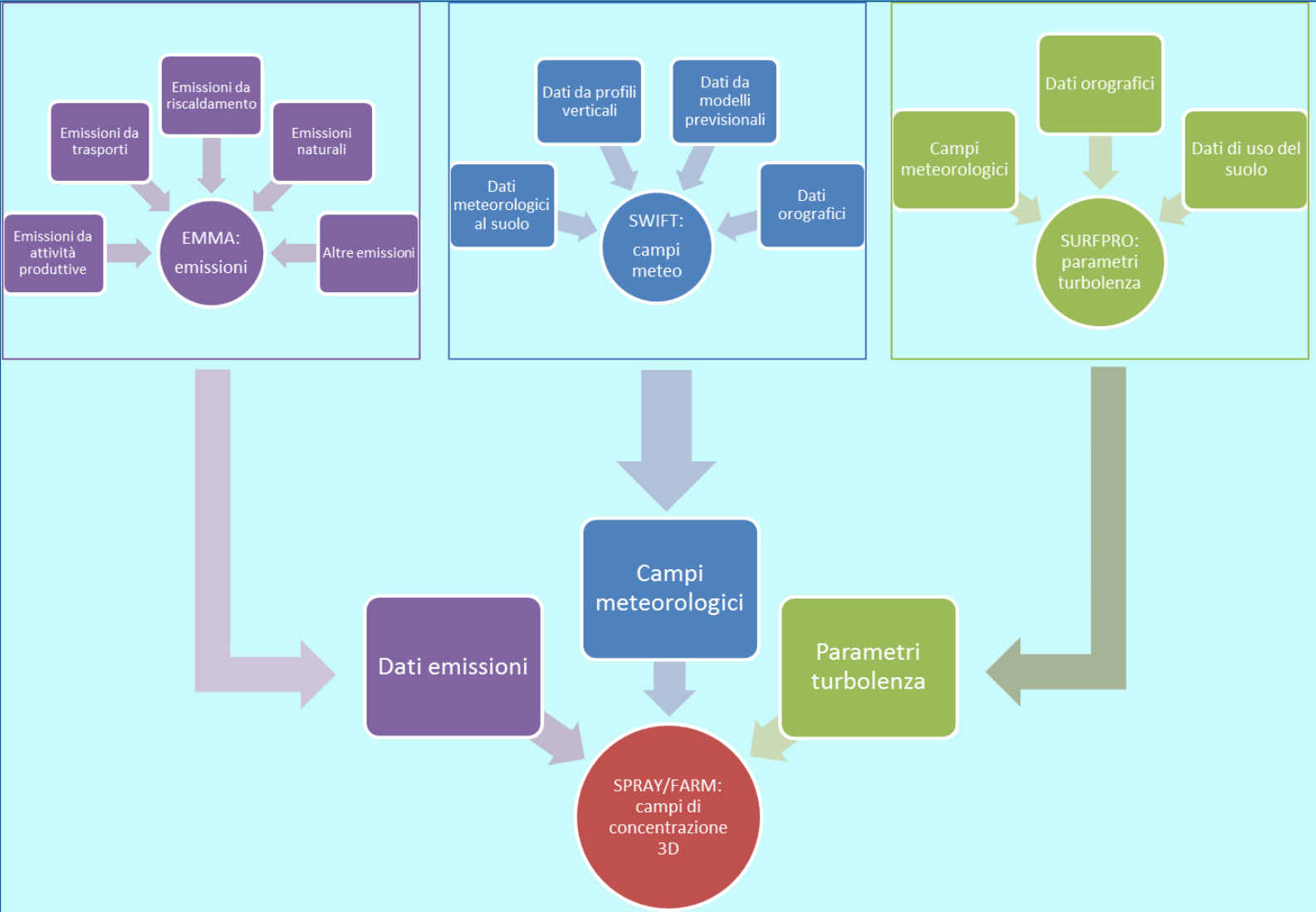
ARPA Valle d'Aosta  
Sezione Aria e Energia

# La modellistica di dispersione degli inquinanti in Valle d'Aosta e il decreto D.Lgs. 155/2010

Giordano Pession, Tiziana Magri

“SIMULARE CONVIENE! - I modelli ambientali strumento di previsione e pianificazione”  
(Genova, 22/05/2013)

• La catena modellistica utilizzata in ARPA Valle d'Aosta

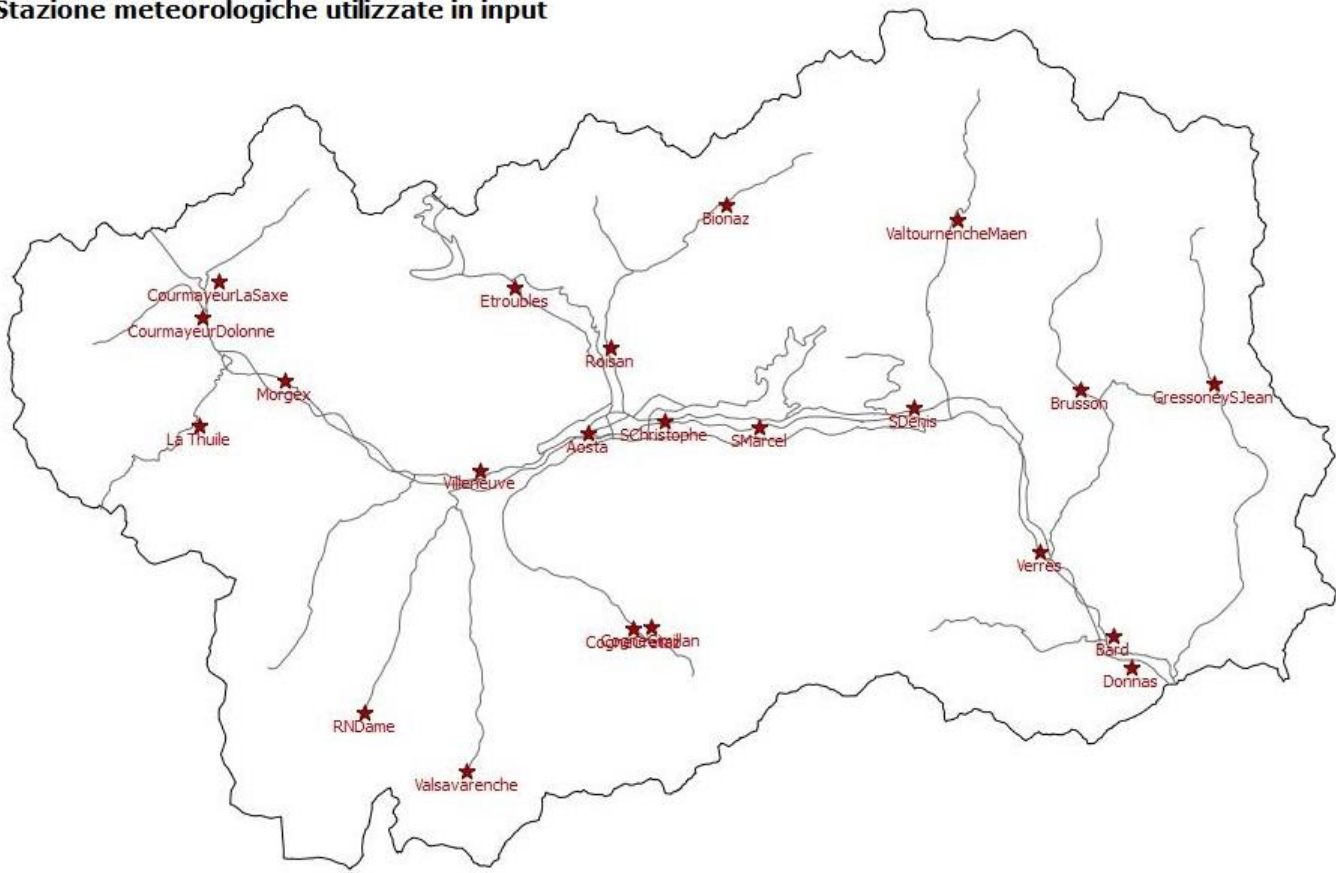


- Parametri della simulazione annuale di qualità dell'aria

<b>Dominio orizzontale</b>	90 x 60 km
<b>Dominio verticale</b>	10 livelli (3 – 3000 m)
<b>Cella di calcolo</b>	1 x 1 km (90 x 60 celle)
<b>Periodo simulato</b>	1/1/2010 - 31/12/2010
<b>Meccanismo chimico</b>	SAPR90
<b>Modulo aerosol</b>	Aero 0
<b>Inquinanti simulati</b>	73 specie
<b>Condizioni al contorno</b>	Climatologiche da simulazione Piemonte 2005
<b>Meteorologia</b>	Venti (dir. e vel.), temperatura, radiaz. solare, pioggia
<b>Turbolenza</b>	Diffusività 3D, calore sensibile, micrometeorologia
<b>Emissioni</b>	Da Inventario Regionale VdA 2010
<b>Polveri da erosione</b>	Calcolate da SURFPRO

• Stazioni di meteorologiche

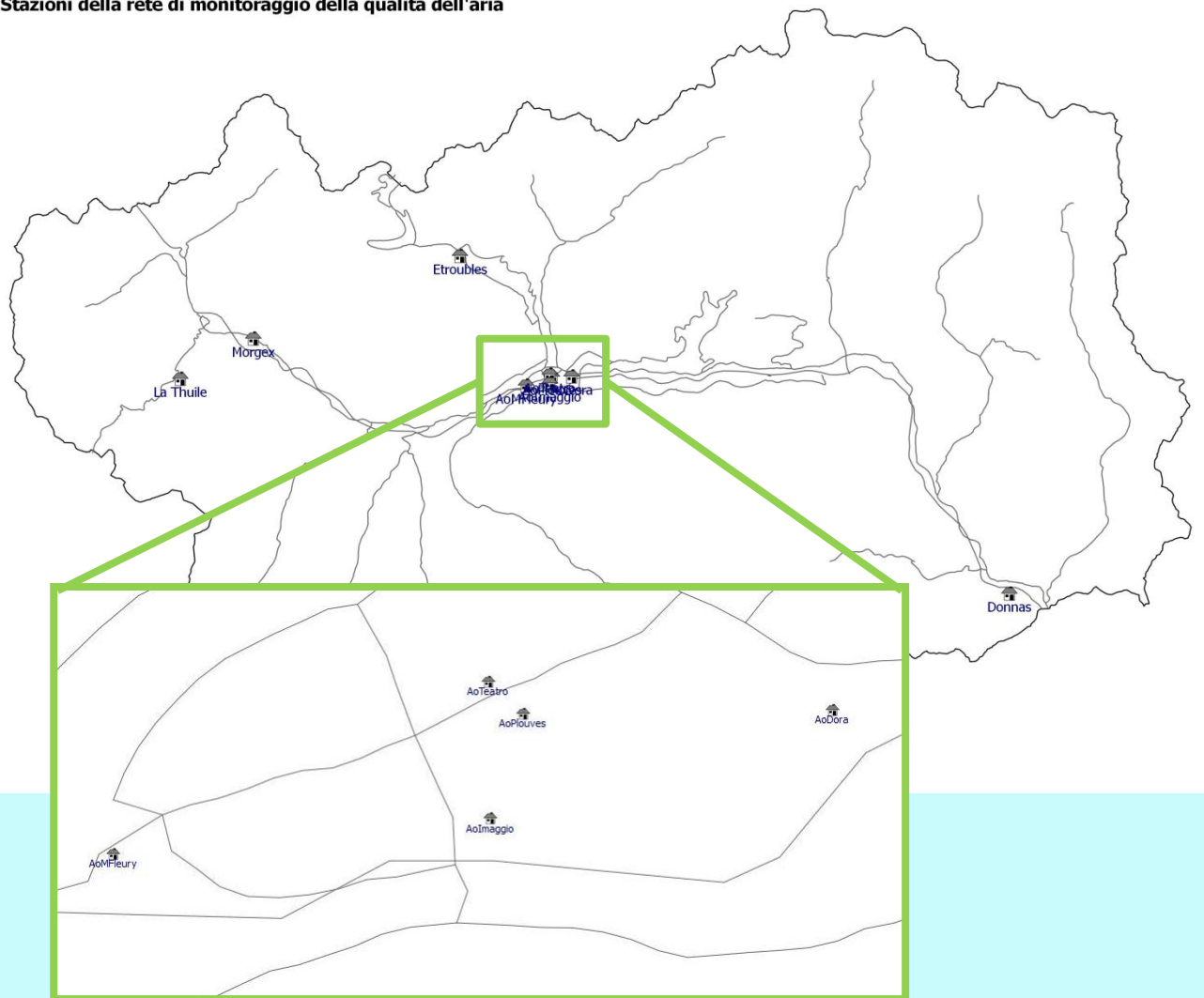
Stazione meteorologiche utilizzate in input



Stazioni di misura della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPA Valle d'Aosta e stazioni della rete di monitoraggio idro-meteorologica regionale (Centro Funzionale)

## • Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria

Stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria



### Stazioni di misura urbane:

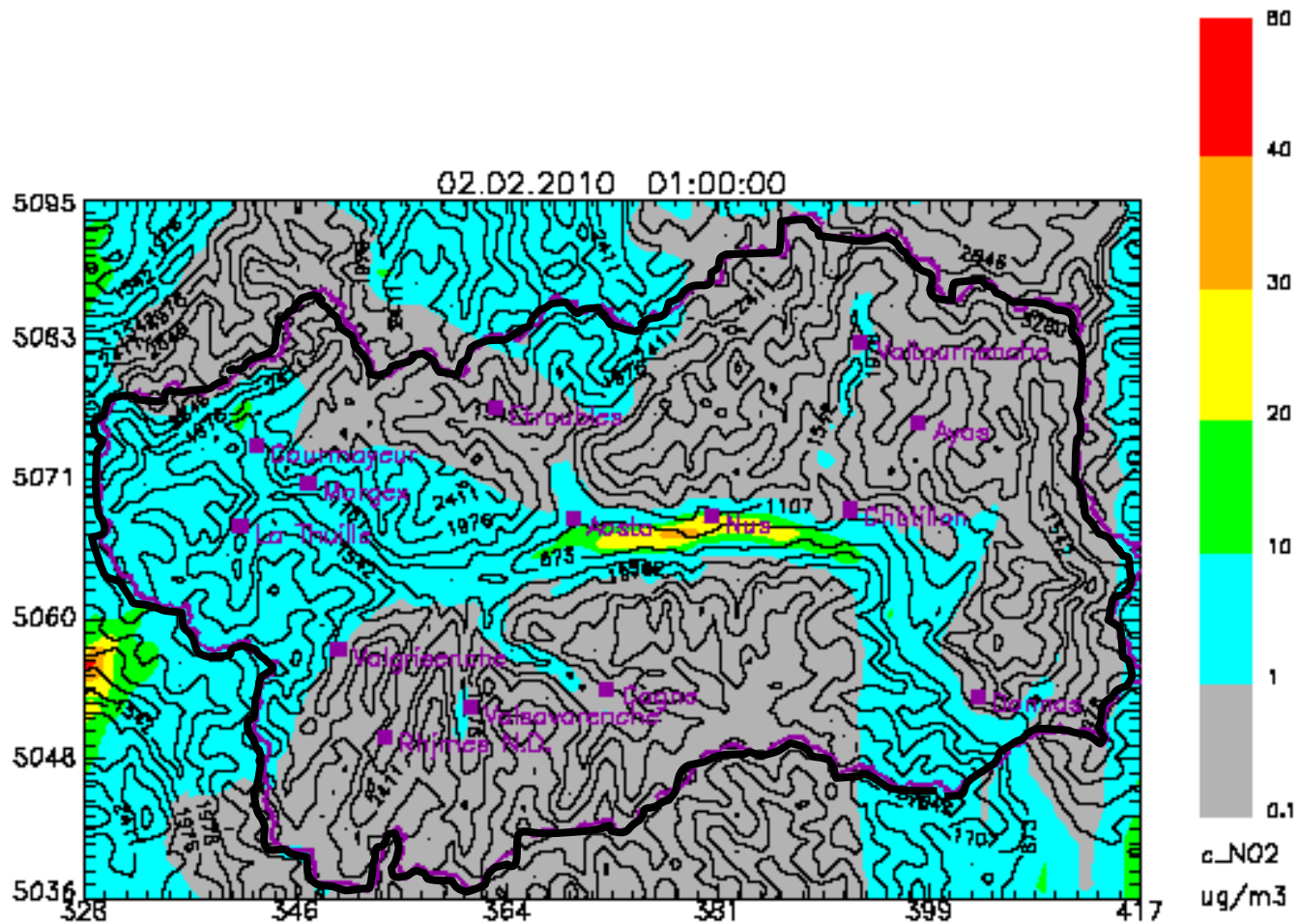
- Aosta Piazza Plouves (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, metalli, benzene, CO, SO<sub>2</sub>, IPA)
- Aosta Mont Fleury (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)
- Aosta Teatro Romano (NO<sub>2</sub>)
- Aosta Via I Maggio (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, Co, metalli, IPA)
- Aosta Quartiere Dora (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>)

### Stazioni di misura extraturbane:

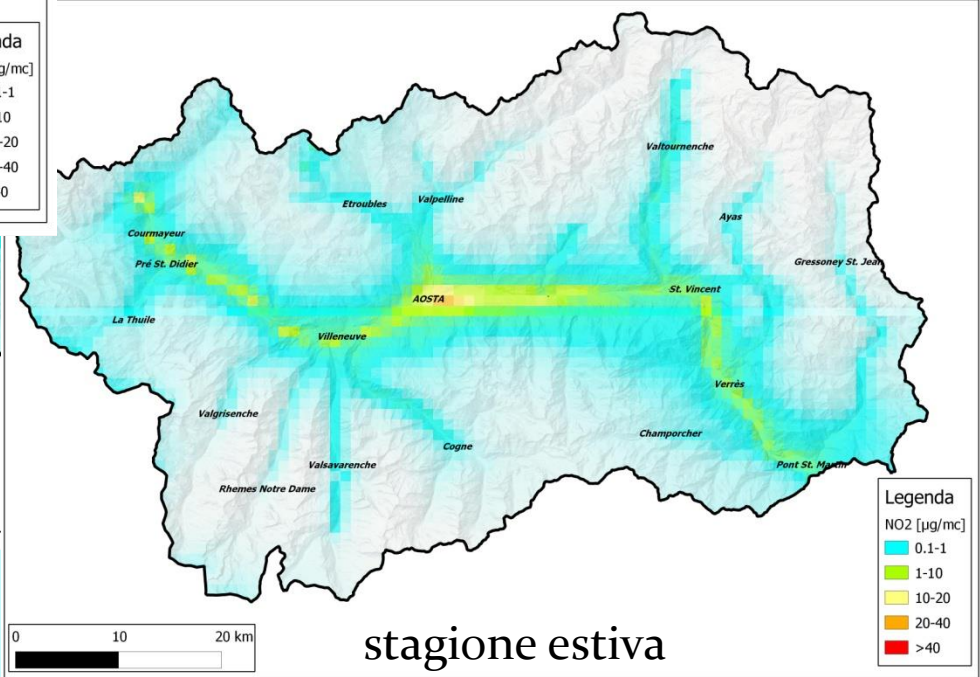
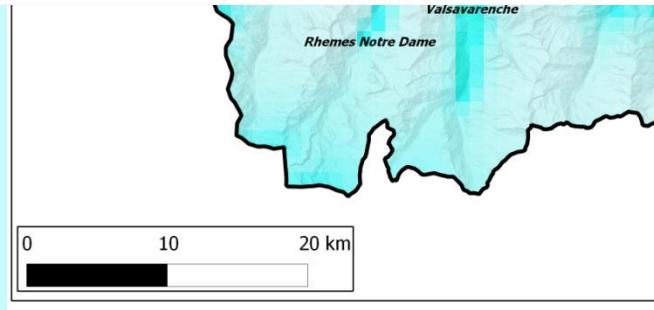
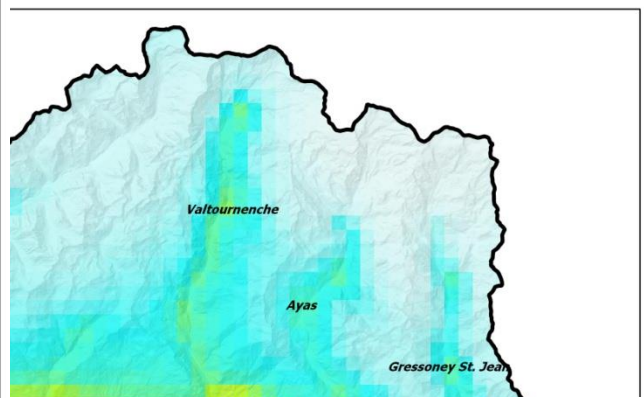
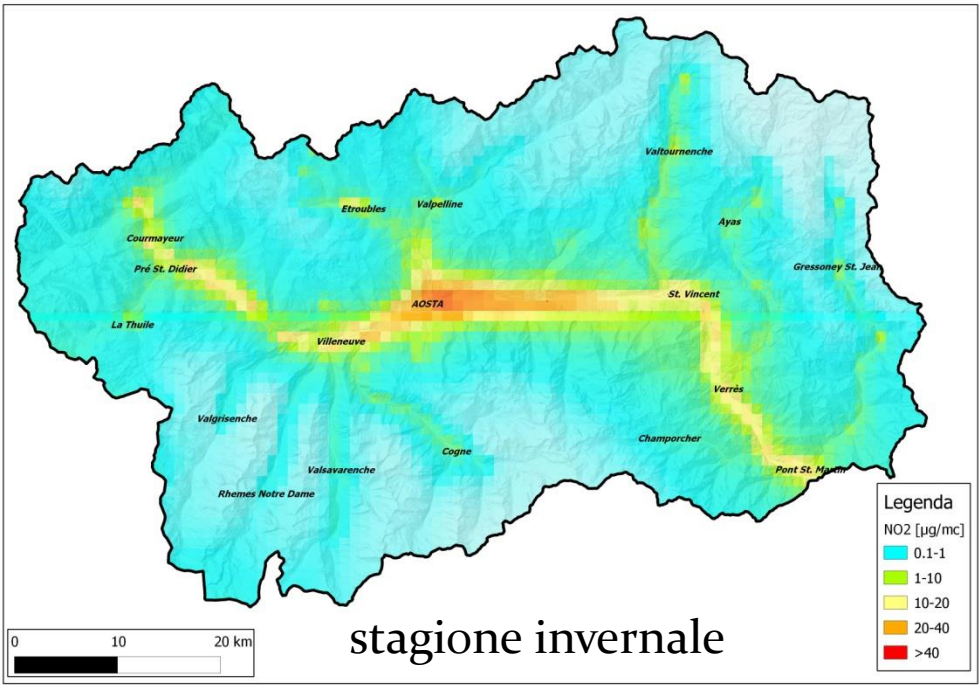
- Morgex (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>)
- La Thuile (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)
- Etroubles (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)
- Donnas (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>)

- Marcata influenza dell'orografia del territorio valdostano

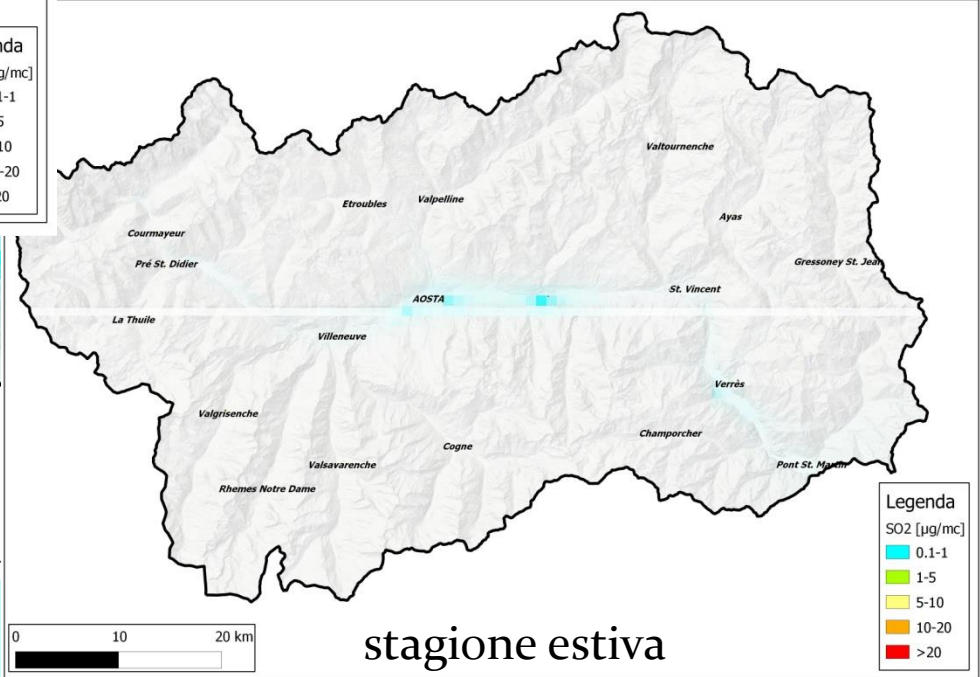
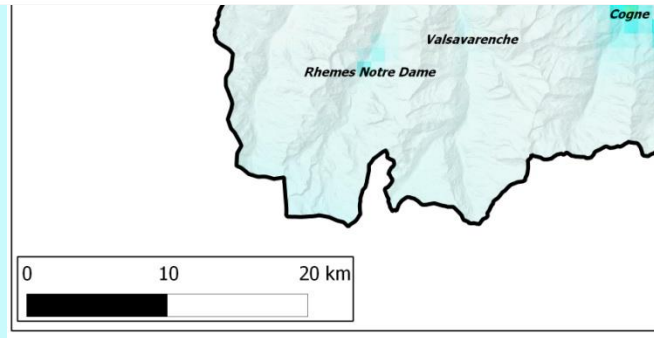
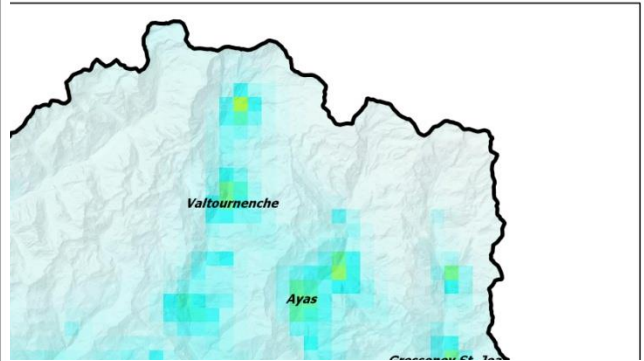
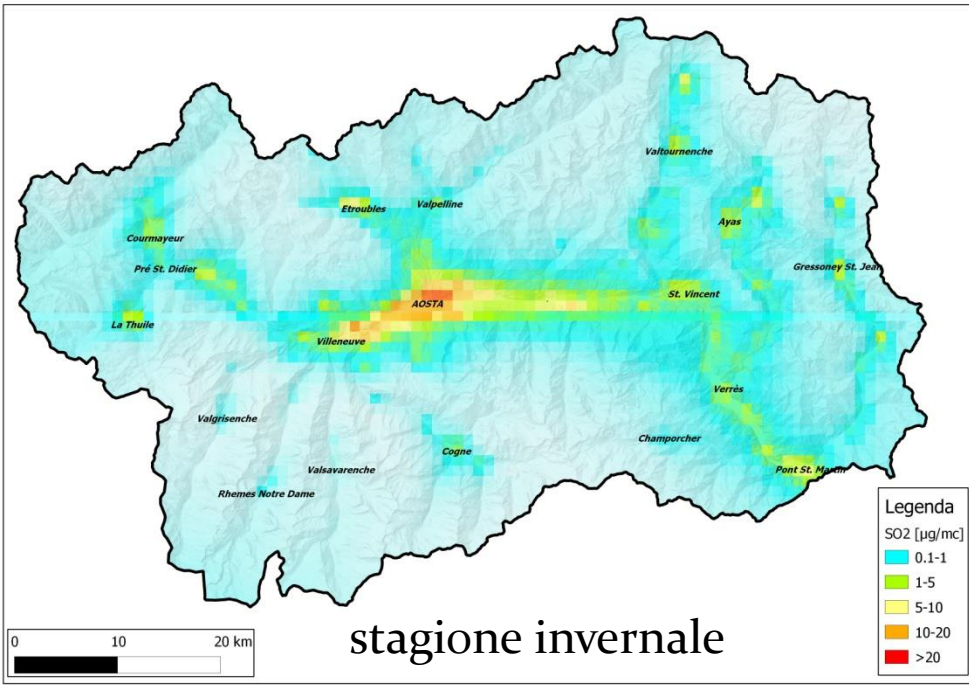
Esempio di una giornata invernale: andamenti orari di NO<sub>2</sub>



• Concentrazioni medie annue di Biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>)

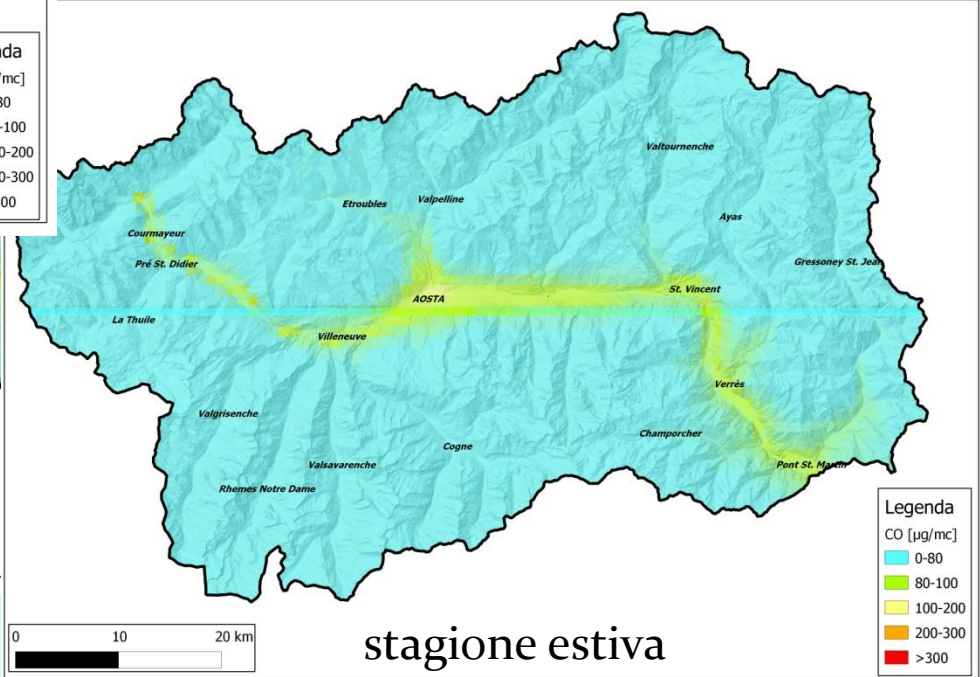
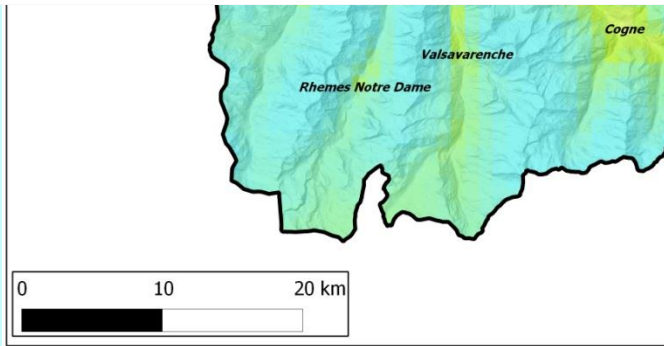
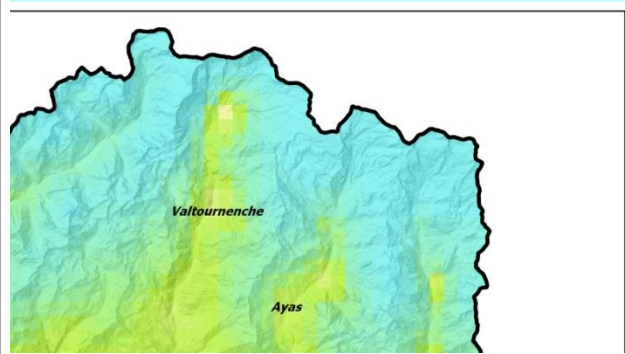
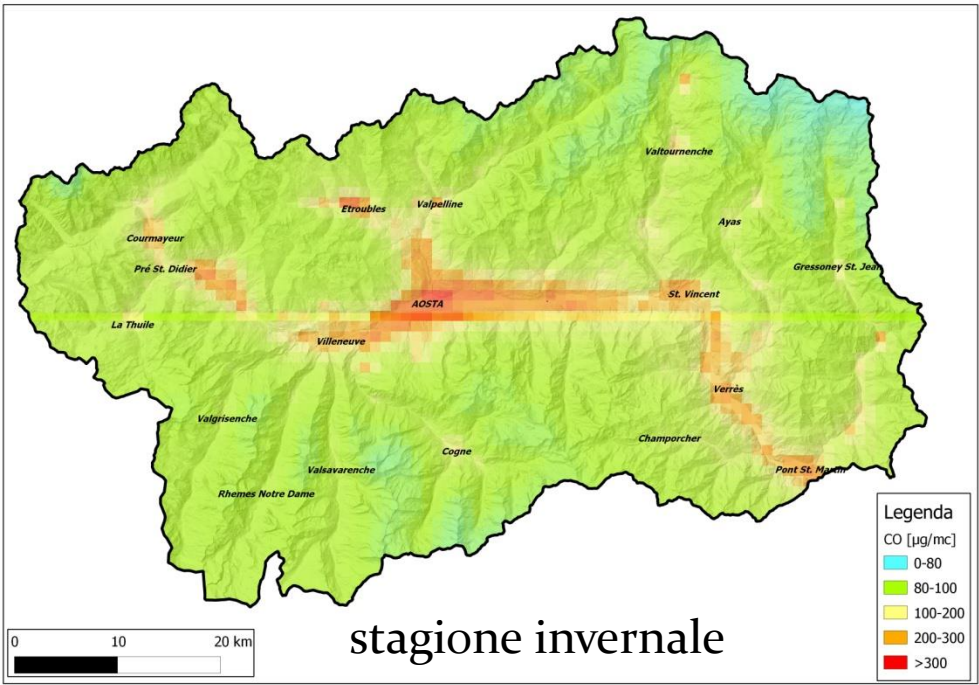


• Concentrazioni medie annue di Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

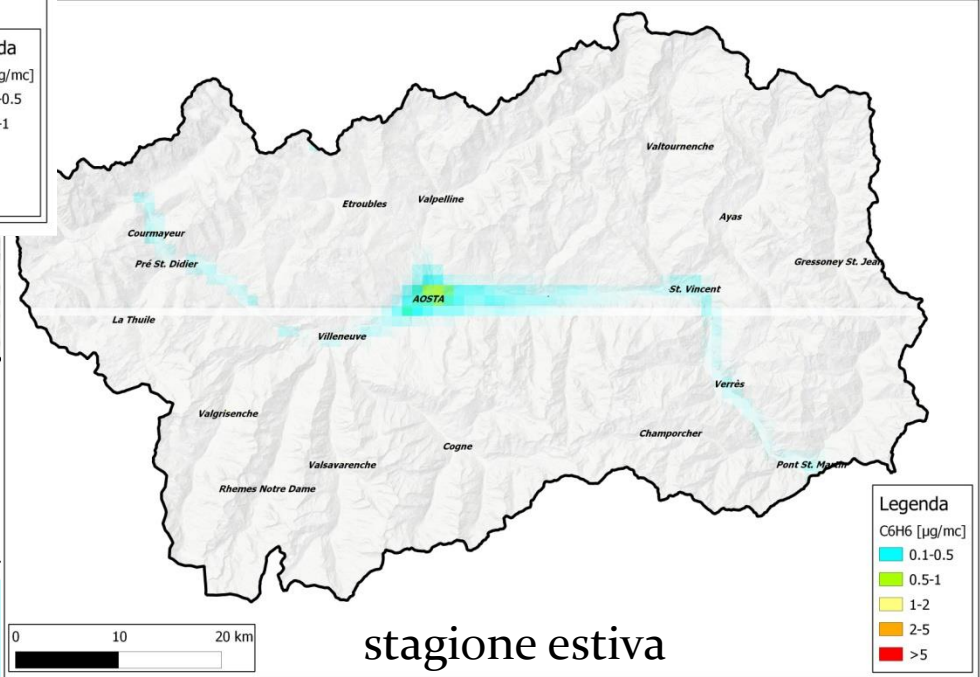
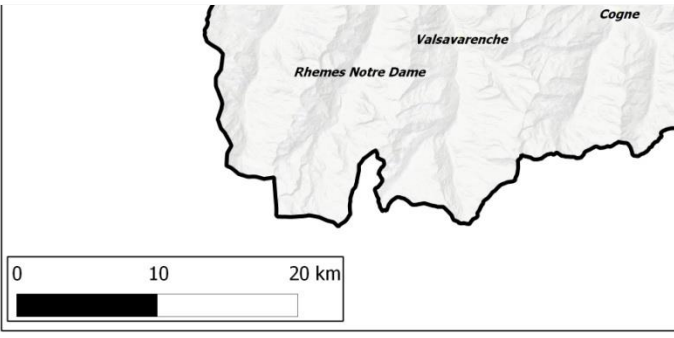
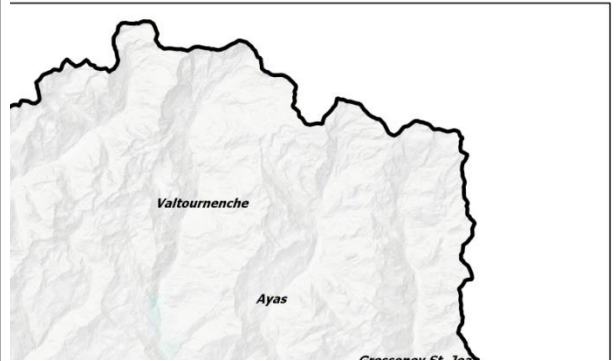
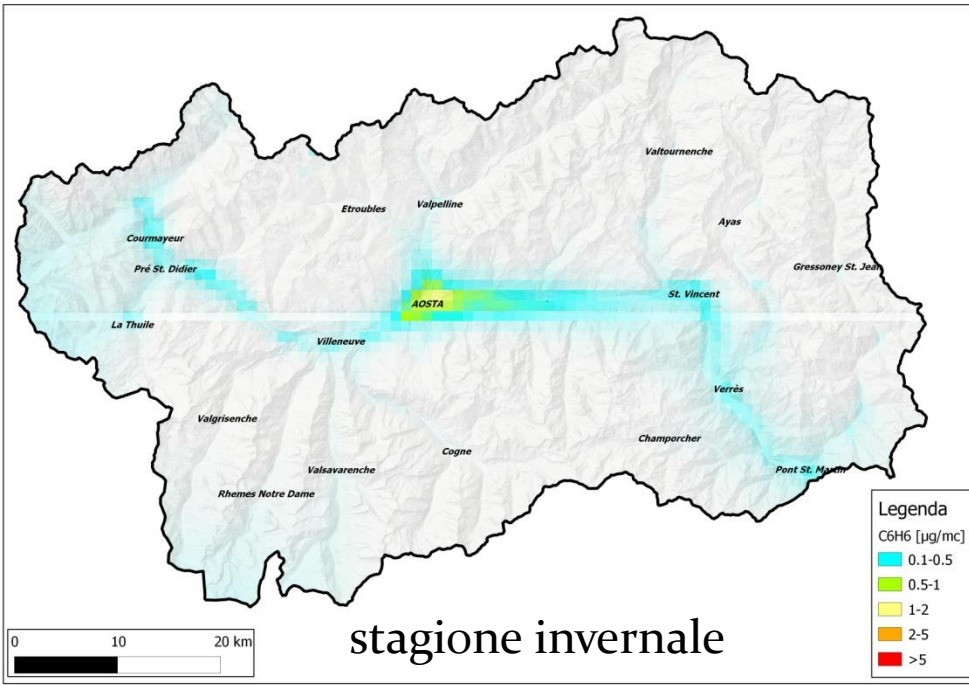




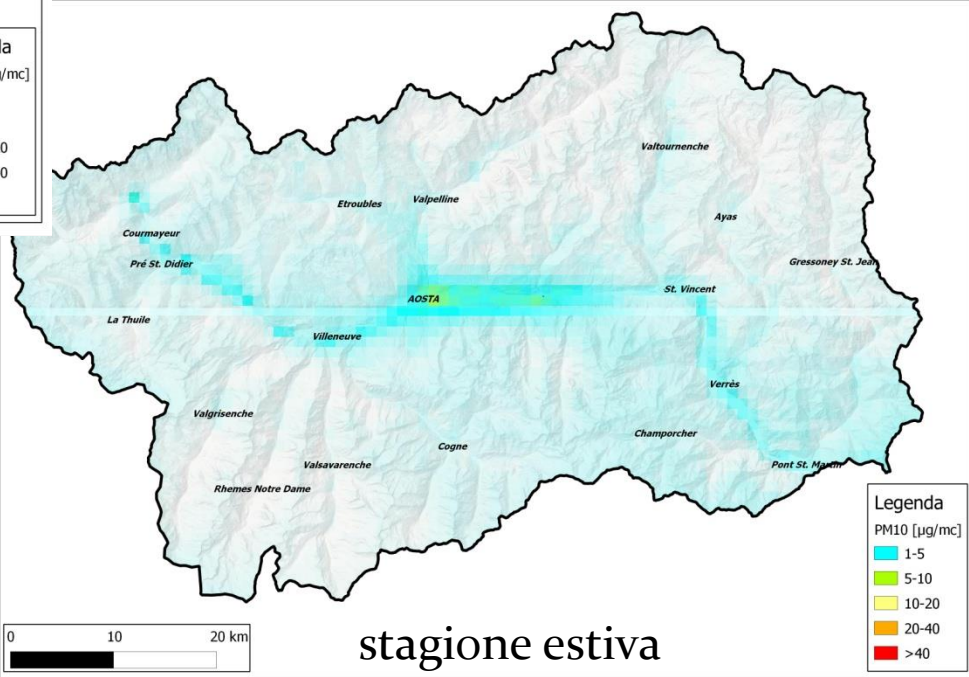
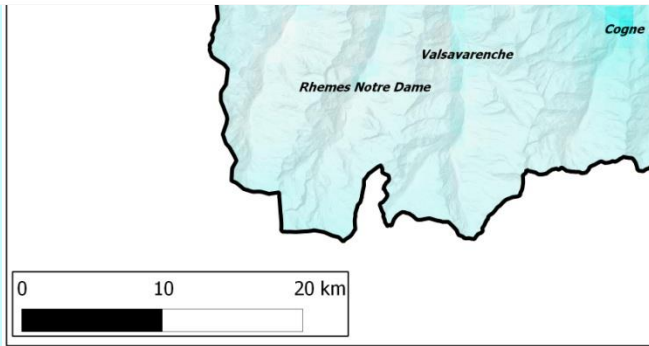
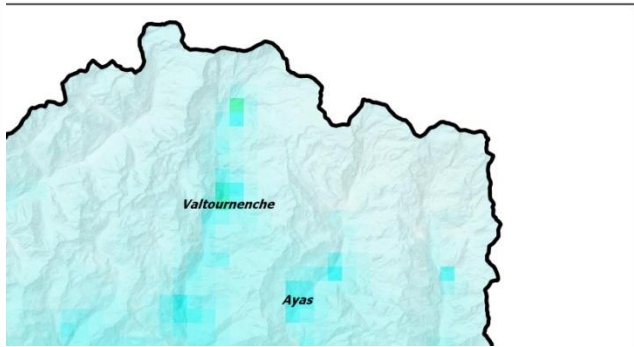
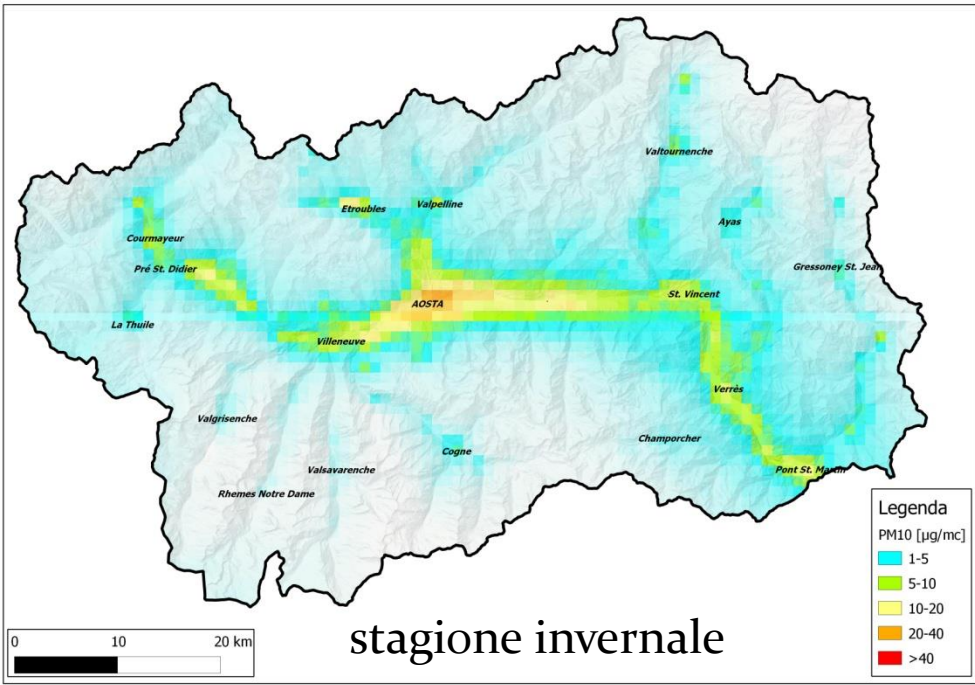
• Concentrazioni medie annue di Monossido di carbonio (CO)



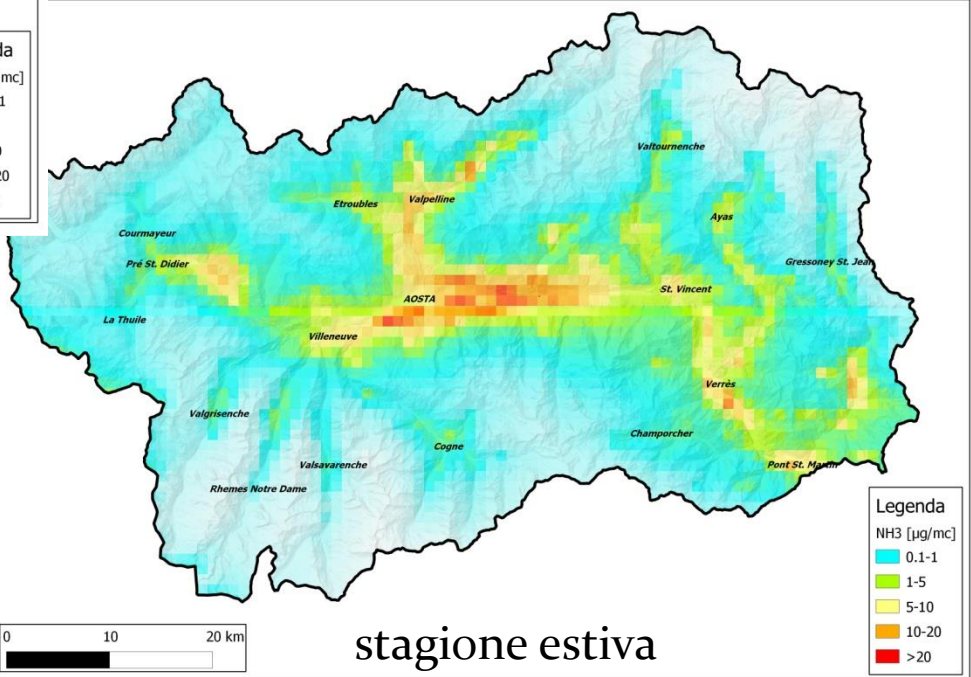
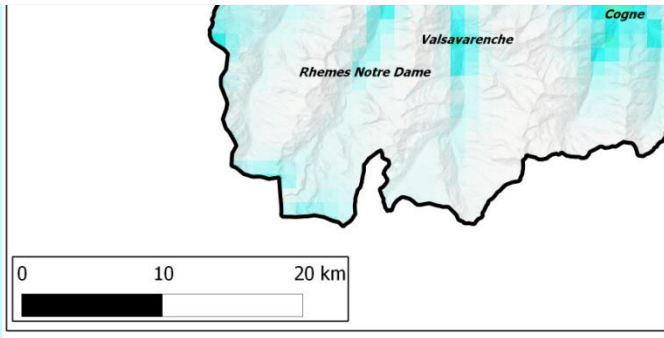
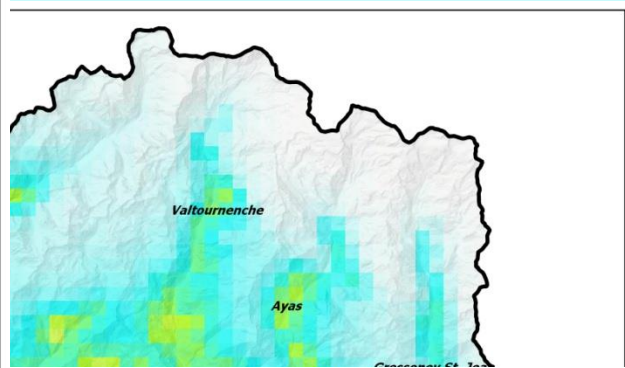
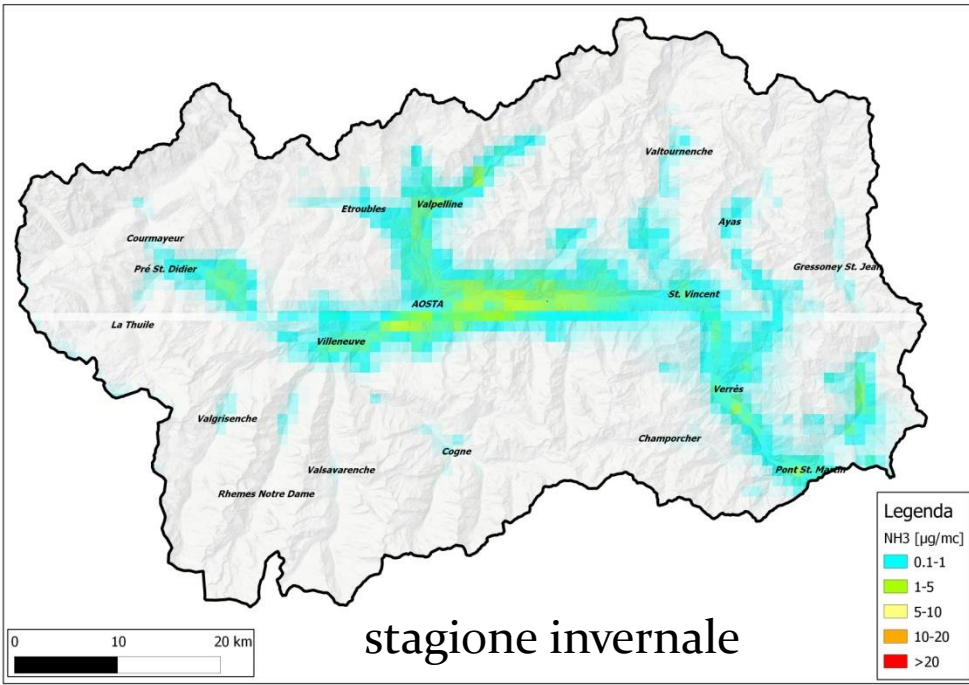
• Concentrazioni medie annue di Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)



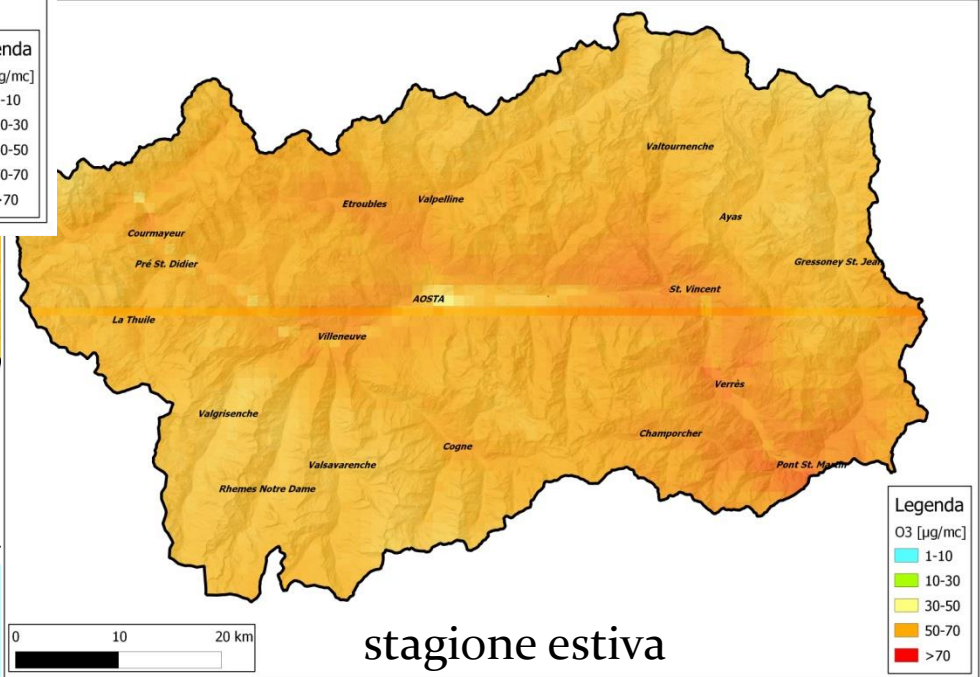
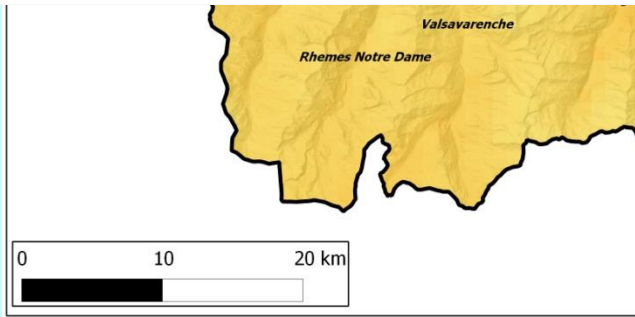
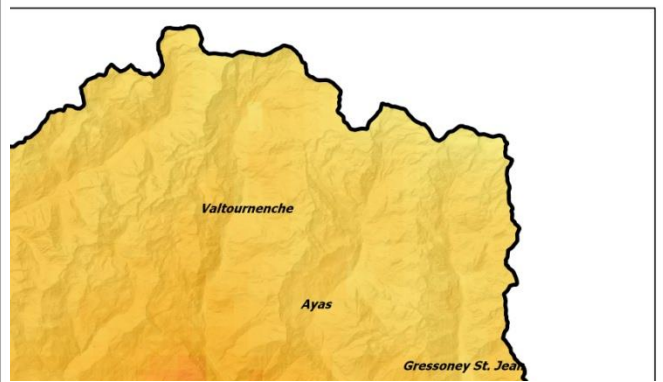
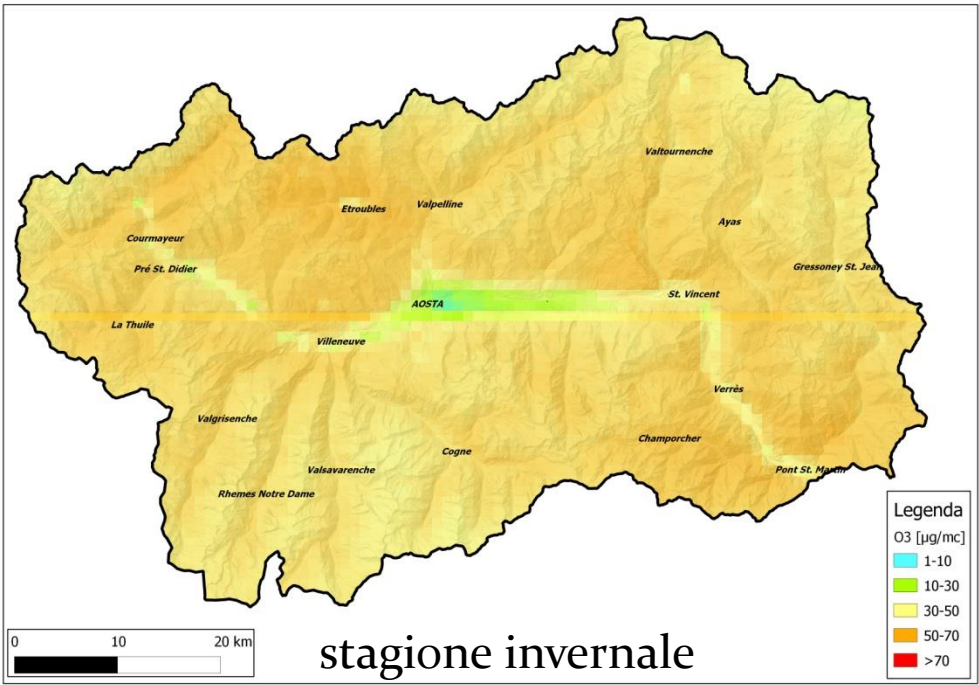
• Concentrazioni medie annue di polveri PM10



• Concentrazioni medie annue di Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)



• Concentrazioni medie annue di Ozono (O<sub>3</sub>)



## • Confronto con alcune stazioni di monitoraggio di qualità dell'aria

Il confronto tra i valori di concentrazione stimati dal modello e quelli misurati dalle stazioni della rete di monitoraggio è stato fatto utilizzando il **software R** ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) ed in particolare il **package OpenAir**, uno strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria ([www.openair-project.com](http://www.openair-project.com)).

Con l'ausilio di questi strumenti, è stato anche possibile calcolare alcuni indicatori statistici che descrivono la capacità del modello di avvicinarsi alle misure e descritti nell'**appendice III del decreto D.Lgs. 155/2010** "Criteri per l'utilizzo dei metodi di valutazione diversi dalle misurazioni in siti fissi".

Gli inquinanti considerati nel confronto sono **NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>**.

Come previsto dal decreto, nel caso in cui le stazioni di misura, per ciascun inquinante, siano in numero inferiore a 10 devono essere tutte utilizzate per la valutazione del modello:

- Aosta: Piazza Plouves, Mont Fleury, Teatro Romano, Via I Maggio
- La Thuile
- Morgex
- Etroubles
- Donnas

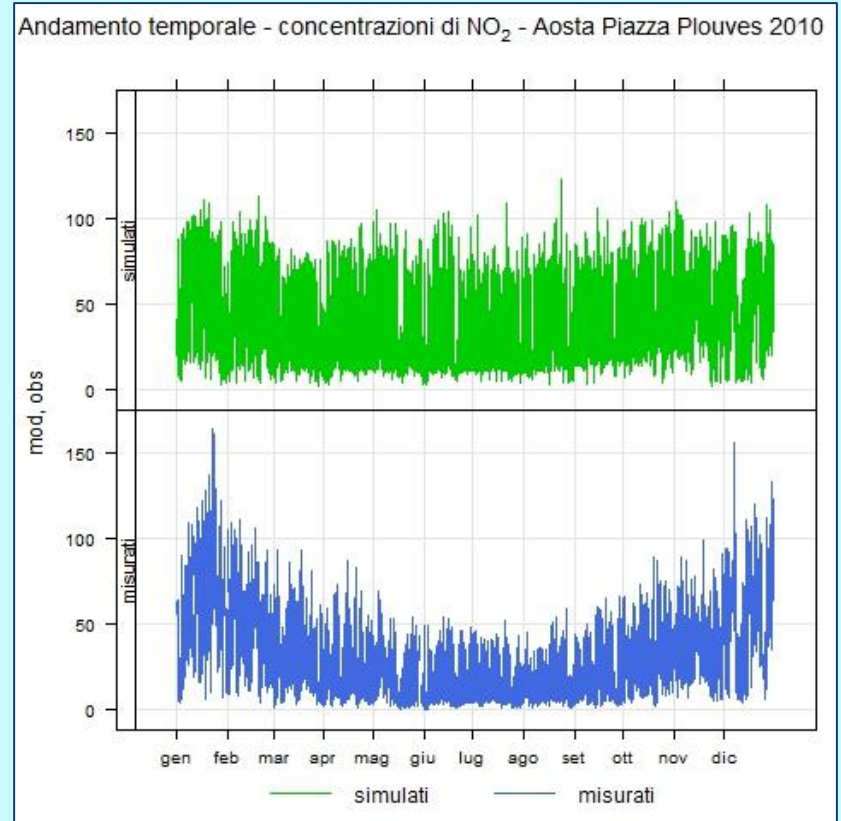
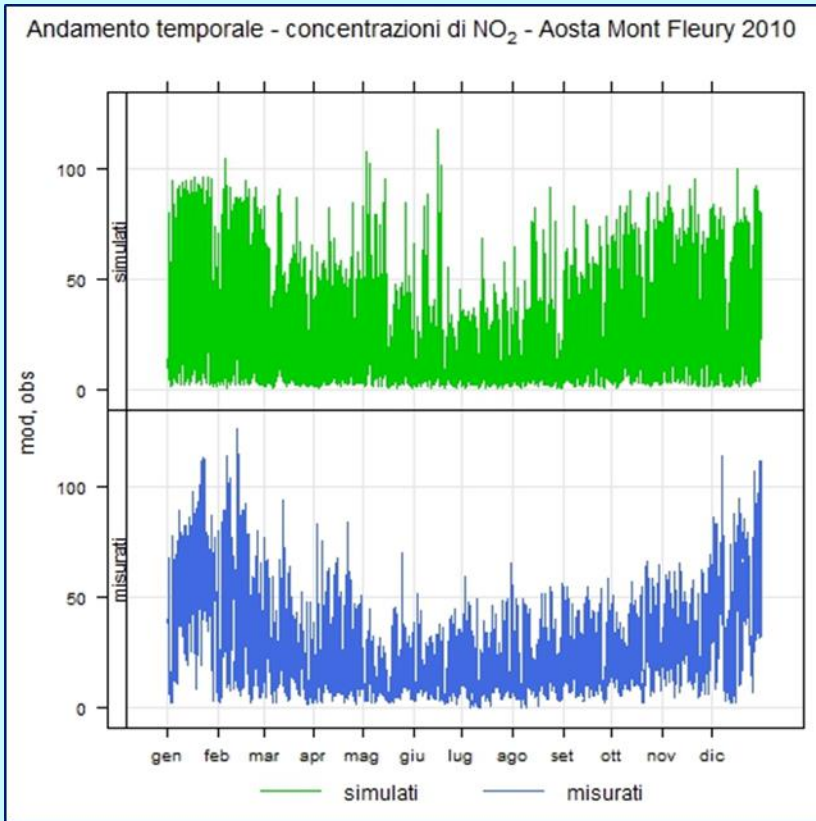
- **Esempio: analisi dei risultati per le concentrazioni di NO<sub>2</sub>**

Si riportano alcuni dei risultati ottenuti per i valori delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> per le stazioni di Aosta Mont Fleury (suburbana) e Piazza Plouves (urbana).

NO <sub>2</sub>	Aosta Piazza Plouves	Aosta Mont Fleury
Media dati simulati [µg/m <sup>3</sup> ]	41.4	25.7
Media dati misurati [µg/m <sup>3</sup> ]	30.7	27.1
Massimo dati simulati [µg/m <sup>3</sup> ]	122.6	118.1
Massimo dati misurati [µg/m <sup>3</sup> ]	163.7	126.1
n ore > 200 µg/m <sup>3</sup> simulati	0	0
n ore > 200 µg/m <sup>3</sup> misurati	0	0
% dati misurati	98.5%	98.9%
Mean Bias (differenza tra media simulata e media osservata) [µg/m <sup>3</sup> ]	10.5	-1.4
Fractional Bias (2*MB/somma delle medie; valore ottimale 0) [adimensionale]	0.3	-0.1
Root Mean Square Error (valore ottimale 0) [adimensionale]	27.2	20.0
R - coeff. di correlazione (tra -1 e +1; il valore 0 indica assenza di correlazione) [adimensionale]	0.5	0.6
Skill-Var (rapporto tra deviazioni standard; valore ottimale 1; ) [adimensionale]	1.1	1.1
incertezza su media oraria	21%	4%
incertezza su media annua	27%	4%

- **Esempio: analisi dei risultati per le concentrazioni di NO<sub>2</sub>**

In questi grafici sono riportati i valori delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> simulate (in verde) e misurate (in blu) per le stazioni di Aosta Mont Fleury (fondo suburbana) e Piazza Plouves (fondo urbana).





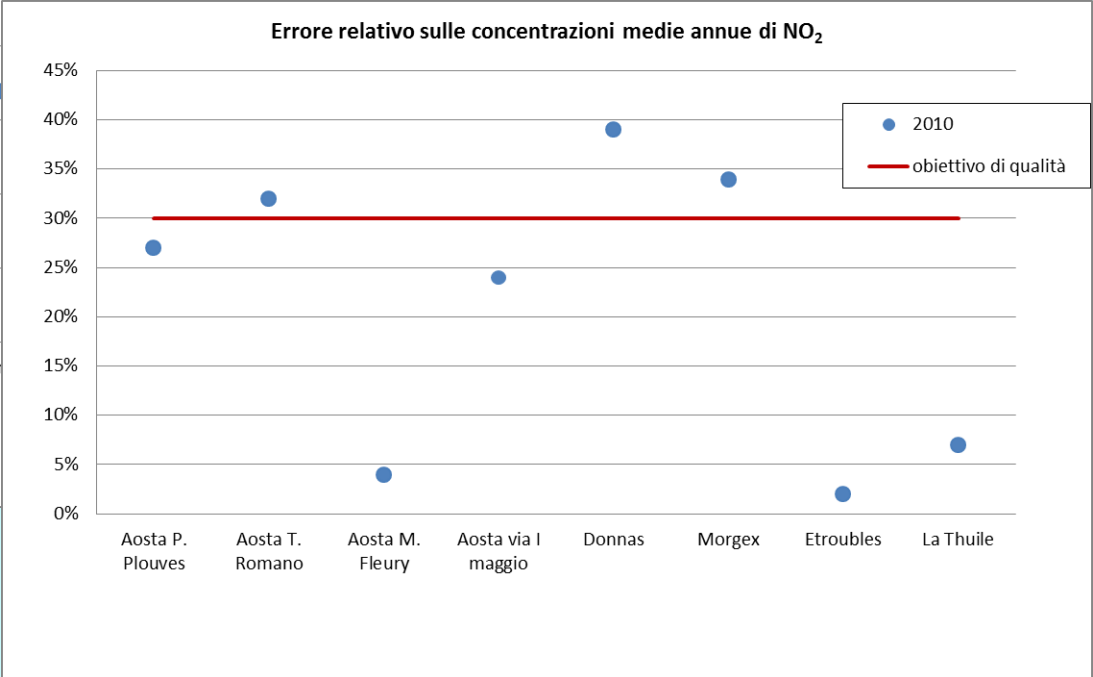
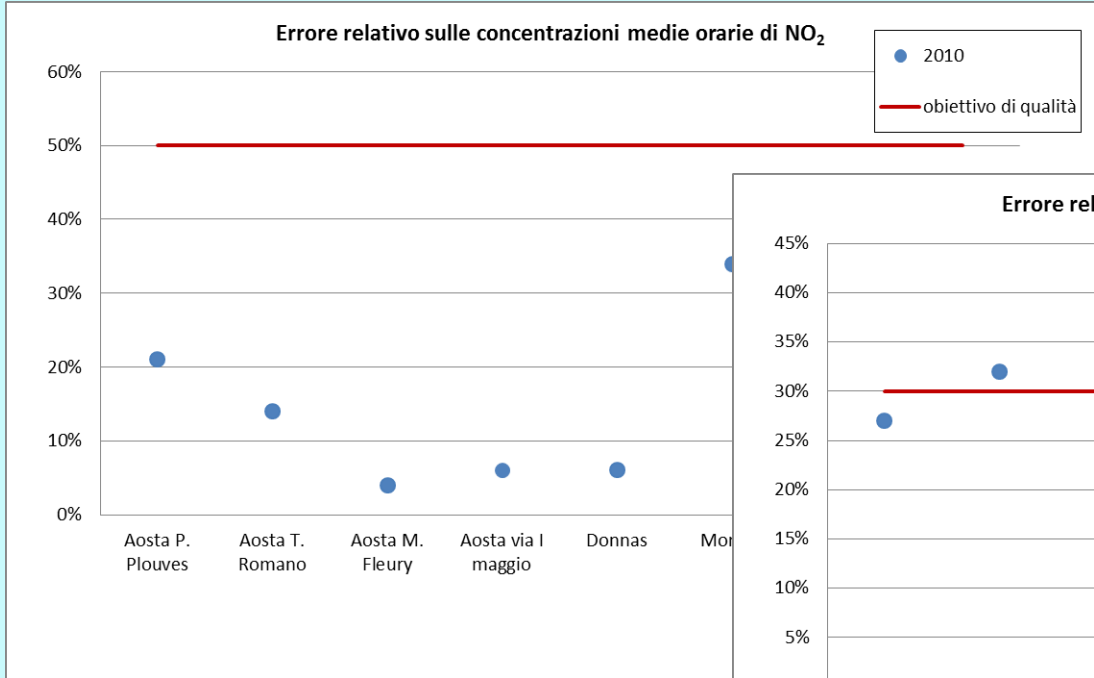
• **Incertezza per NO<sub>2</sub> (D. Lgs. 155/2010)**

Errore relativo :  $ER = \frac{|Mvl - Svl|}{VL}$ ,

dove Mvl vi è la concentrazione osservata più vicina al valore limite, Svl la corrispondente concentrazione simulata e VL il valore limite.

Per le concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> :  $ER < 50\%$

Per le concentrazioni medie annue di NO<sub>2</sub> :  $ER < 30\%$



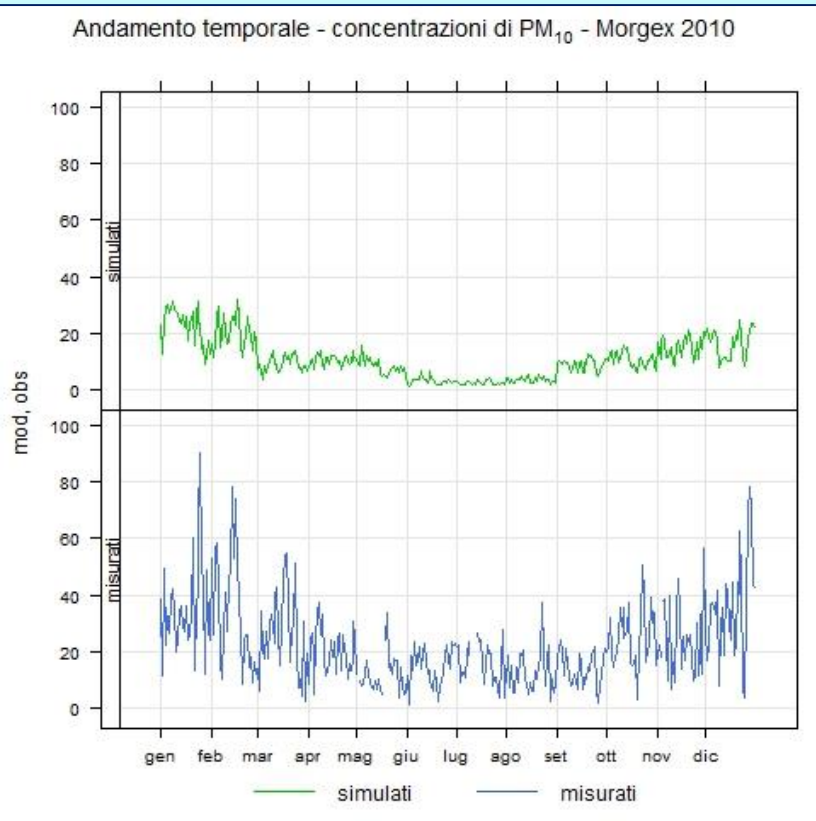
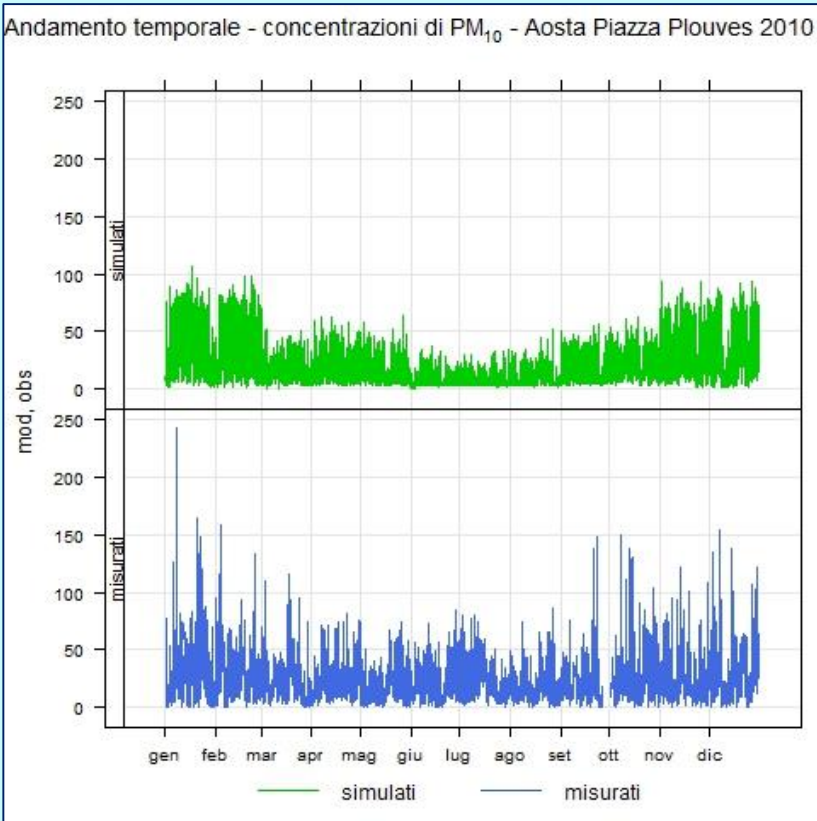
- **Esempio: analisi dei risultati per le concentrazioni di PM<sub>10</sub>**

Si riportano alcuni dei risultati ottenuti per i valori delle concentrazioni medie orarie di PM<sub>10</sub> per le stazioni di Aosta Piazza Plouves (fondo urbana) e Morgex (traffico suburbana).

PM <sub>10</sub>	Aosta Piazza Plouves	Morgex
Media dati simulati	20.5	11.0
Media dati misurati	23.1	22.7
Ngiorni > 50 µg/m <sup>3</sup> simulati	4	0
Ngiorni > 50 µg/m <sup>3</sup> misurati	11	21
% dati simulati	100	100
% dati misurati	97.8	98.1
Mean Bias (differenza tra media simulata e media osservata) [µg/m <sup>3</sup> ]	-2.7	-11.6
Fractional Bias (2*MB/somma delle medie; valore ottimale 0) [adimensionale]	-0.1	-0.7
Root Mean Square Error (valore ottimale 0) [adimensionale]	21.6	16.4
R - coeff. di correlazione (tra -1 e +1; il valore 0 indica assenza di correlazione) [adimensionale]	0.4	0.6
Skill-Var (rapporto tra deviazioni standard; valore ottimale 1; ) [adimensionale]	1.0	0.5
incertezza su media giornaliera	5%	50%
incertezza su media annua	7%	29%

• **Esempio: analisi dei risultati per le concentrazioni di PM<sub>10</sub>**

In questi grafici sono riportati i valori delle concentrazioni medie orarie di PM<sub>10</sub> simulate (in verde) e misurate (in blu) per le stazioni di Aosta Piazza Plouves (fondo urbana) e Morgex (traffico suburbana).



Nella stazione di Aosta Piazza Plouves lo strumento di misura fornisce le concentrazioni medie orarie, mentre nella stazione di Morgex si misurano solo le concentrazioni medie giornaliere.

• **Incertezza per PM10 (D. Lgs. 155/2010)**

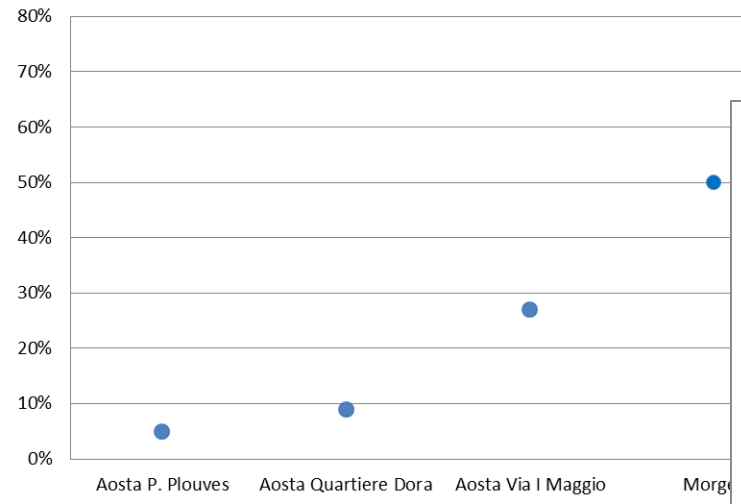
Errore relativo :  $ER = |Mvl - Svl| / VL$ ,

dove Mvl vi è la concentrazione osservata più vicina al valore limite, Svl la corrispondente concentrazione simulata e VL il valore limite.

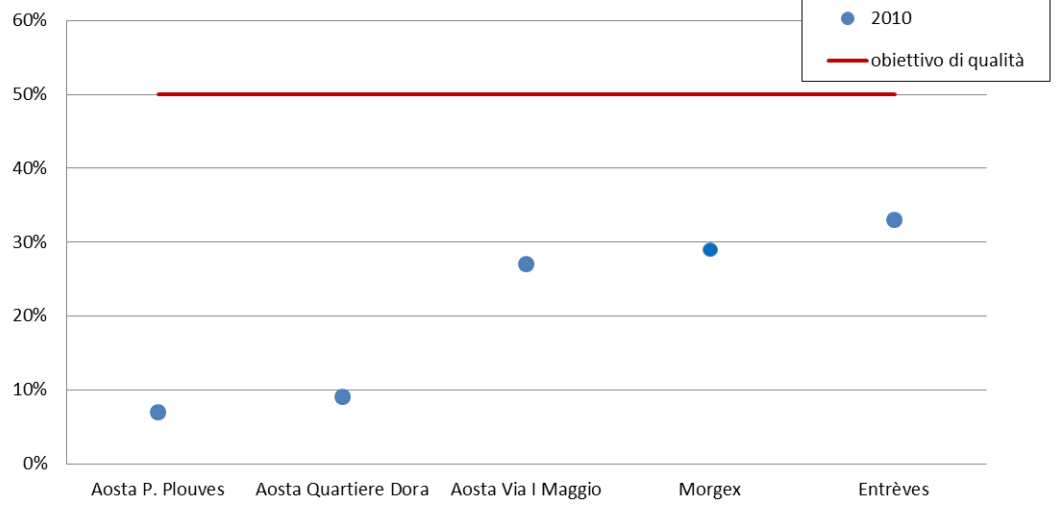
Per le concentrazioni medie giornaliere di PM10 : non definito dal decreto

Per le concentrazioni medie annue di PM10 :  $ER < 50\%$

**Errore relativo sulle concentrazioni medie giornaliere di PM10**



**Errore relativo sulle concentrazioni medie annue di PM10**



- **Sviluppi futuri**

**Simulazione annuale AERO3 - SAPRC99 con metalli, IPA e diossine**

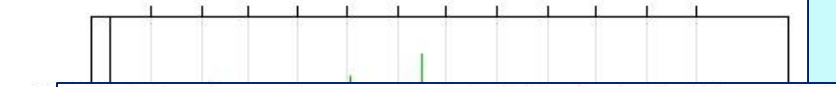
**Predisposizione simulazioni previsionali di qualità dell'aria**

**Simulazioni di sorgenti particolari a microscala (MicroSpray)**

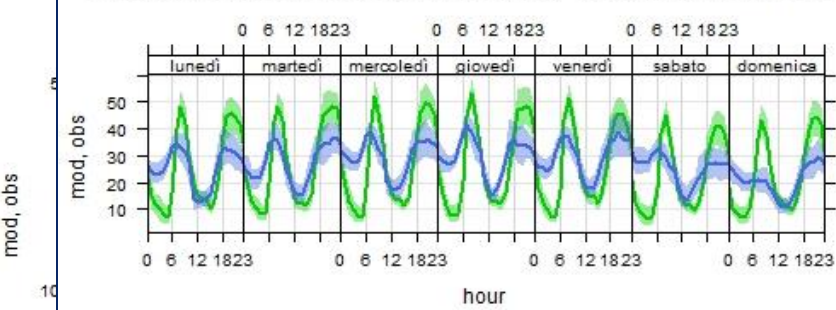


• Esempi di grafici che si possono fare con package Openair

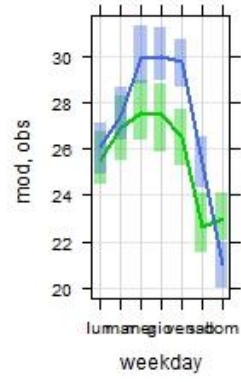
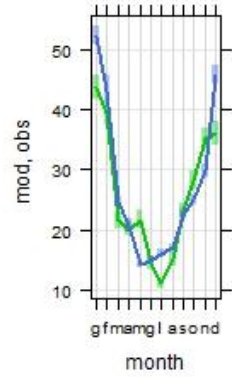
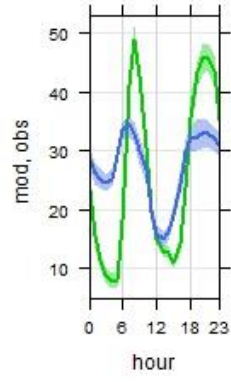
Andamento temporale - concentrazioni di NO<sub>2</sub> - Aosta Mont Fleury 2010



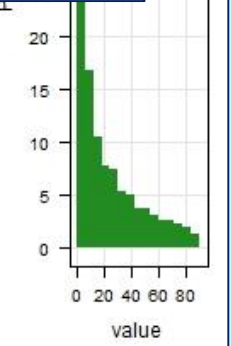
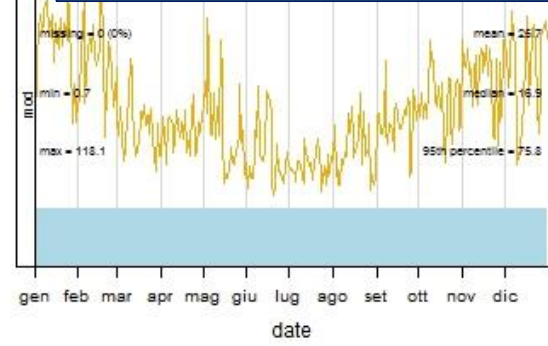
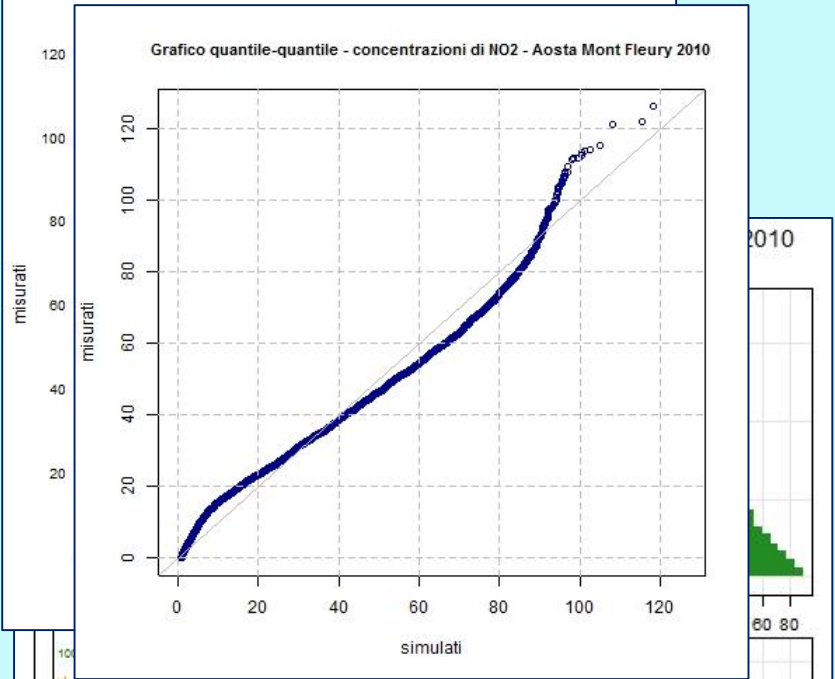
Variatione temporale concentrazioni di NO<sub>2</sub> - Aosta Mont Fleury 2010



mod obs



Scatter plot - concentrazioni di NO<sub>2</sub> - Aosta Mont Fleury 2010



## • Definizione indici statistici

Il **Mean Bias MB** è la differenza tra il valore medio dei dati simulati ed il valore medio dei dati stimati. È un indice dimensionale espresso nella stessa unità di misura dell'inquinante considerato e si calcola come

$$MB = \text{media}_{\text{sim}} - \text{media}_{\text{mis}}$$

Il **coefficiente di correlazione R** misura il grado e il segno della correlazione lineare tra misurato e simulato, assume valore compresi tra -1 e +1 ed il valore 0 indica assenza di correlazione lineare. È definito come il rapporto della covarianza tra la distribuzione dei dati simulati e quelli misurati con il prodotto tra le deviazioni standard dei dati misurati e dei dati simulati:

$$R = \frac{\sigma_{\text{sim/mis}}}{(\sigma_{\text{sim}} * \sigma_{\text{mis}})}$$

Il **fractional bias FB**, che indica la tendenza del modello alla sottostima ( $FB < 0$ ) o alla sovrastima ( $FB > 0$ ) e assume valori compresi tra -2 e 2, con valore ottimale 0. È definito come

$$FB = 2 \frac{(\text{media}_{\text{sim}} - [\text{media}]_{\text{mis}})}{(\text{media}_{\text{sim}} + [\text{media}]_{\text{mis}})}$$

Il **root mean square error RMSE**, è una stima delle differenze tra i valori simulati e quelli osservati. È asimmetrico, non negativo, dimensionale e con valore ottimale 0. Si calcola come

$$RMSE = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n ([C_{\text{sim}}]_i - [C_{\text{mis}}]_i)^2 \right) / n}$$

Lo **Skill-var** è il rapporto tra le deviazioni standard simulate e misurate, fornisce informazioni sulla capacità del modello di riprodurre la variabilità delle osservazioni. È sempre positivo, adimensionale e con valore ottimale 1. Si calcola come

$$SV = \sigma_{\text{sim}} / \sigma_{\text{mis}}$$