Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto

REGIONE DEL VENETO

# *CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DI AMMONIACA IN ARIA IN SITI DI FONDO URBANO E PRESSO ALCUNI ALLEVAMENTI DI BOVINI E DI OVAIOLE*

***1ª Campagna estiva: Giugno-Luglio 2015***
***1ª Campagna invernale: Novembre-Dicembre 2015***
***2ª Campagna estiva: Giugno 2016***

| REV. | DESCRIZIONE | DATA |
|---|---|---|
| 1.0 | Prima emissione | 20.09.2016 |

**ARPAV**

**Commissario Straordinario:** *Nicola dell'Acqua*

**Dipartimento Provinciale di Belluno**
*Direttore Rodolfo Bassan*

**Progetto e realizzazione**
Osservatorio Regionale Aria
*Salvatore Patti* (Responsabile della struttura)
*Giovanna Marson, Luca Zagolin, Alberto Dalla Fontana, Silvia Pillon*

Con la collaborazione di:
*Maria Sansone* (Servizio Meteorologico di Teolo – Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale)

*Antonio Carollo, Ugo Pretto (*Dipartimento ARPAV di Vicenza*), Alberto Dalla Fontana, Antonella Pagano, Ilario Beltramin (*Dipartimento ARPAV di Padova*), Francesca Predicatori, Andrea Salomoni (Dipartimento ARPAV di Verona).*

*Manuela Rovea, Gianmaria Formenton (*Dipartimento Laboratorio)

**INDICE**

1. Introduzione ..... p. 2
2. Normativa tecnica di riferimento ..... p. 2
3. Sorgenti di emissione ..... p. 2
4. Chimica dell'ammoniaca in atmosfera ..... p. 6
5. Le campagne di monitoraggio effettuate nel 2015 ..... p. 6
6. Influenza delle variabili meteorologiche sulle concentrazioni di ammoniaca p. 9
7. Le campagne di monitoraggio con analizzatore automatico e campionatori passivi presso un allevamento di bovini nel 2016…….. p. 11
8. Il confronto con le misure di ammoniaca realizzate nell'area padana …… p. 18
9. Conclusioni e sviluppi futuri …… p. 19
**BIBLIOGRAFIA**

## 1. Introduzione

L'ammoniaca ($NH_3$) gioca un ruolo importante nel nostro ambiente, in quanto partecipa al ciclo dell'azoto, contribuisce alla neutralizzazione degli acidi e partecipa alla formazione di particolato atmosferico secondario, specie quello con diametro aerodinamico minore di 2.5 µm. Le maggiori sorgenti di $NH_3$ sono costituite dalle attività agricole (allevamenti zootecnici e fertilizzanti) e in minor misura, dai trasporti stradali, dallo smaltimento dei rifiuti, dalla combustione della legna e dei combustibili fossili. Sebbene sia assodata l'importanza dell'$NH_3$ nella chimica atmosferica, non molto si sa sull'entità e sulla variabilità temporale delle emissioni dalle sorgenti, sulla distribuzione spazio-temporale delle concentrazioni al suolo di $NH_3$ e sull'influenza di politiche di contenimento dell'$NH_3$ sui livelli di concentrazione del particolato fine. Sono stati avviati, in questi ultimi anni, alcuni studi finalizzati all'approfondimento di queste tematiche[1].
In considerazione degli elevati livelli di emissione di $NH_3$ stimati per la Regione Veneto, circa il 10-12% rispetto alle emissioni nazionali, si intende, con il presente lavoro, illustrare i risultati dei monitoraggi svolti nel biennio 2015-2016 in alcuni siti di fondo e presso alcuni allevamenti di bovini e di ovaiole della regione Veneto.

## 2. Normativa tecnica di riferimento

La normativa nazionale ed europea non stabiliscono valori limite o standard da rispettare per le concentrazioni in aria ambiente di $NH_3$. Le Linee Guida WHO (Air Quality Guidelines for Europe – second edition, 2000) stabiliscono il livello critico per l'ambiente per i composti azotati. I livelli critici sono basati su un'indagine di evidenze scientifiche pubblicate di effetti fisiologici ed ecologicamente importanti solo sulle piante, in particolare acidificazione ed eutrofizzazione.Il livello critico fissato per l'$NH_3$ è di 270 µg/m$^3$ come media giornaliera.
Non ci sono invece riferimenti a valori limite per la protezione della salute umana per l'$NH_3$, mentre sono fissate le soglie di esposizione professionale (TLV-TWA: 25 ppm pari a 17 mg/m$^3$ e TLV-STEL: 35 ppm pari 24 mg/m$^3$) che risultano di almeno tre ordini di grandezza superiori rispetto alle concentrazioni usualmente registrate in campagne di monitoraggio di $NH_3$ in aria ambiente.
Per quanto riguarda le emissioni è in vigore il DLgs 171 del 2004 e s.m.i. che fissa i tetti emissivi nazionali di $SO_2$, NOx, COV e $NH_3$ in recepimento della Direttiva 2001/81/Ce del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23/10/2001. E' attualmente all'esame della Commissione la revisione di tale direttiva che prevede un ulteriore abbassamento dei tetti emissivi (proposta di direttiva 2013/0443 (COD)).

## 3. Sorgenti di emissione

L'$NH_3$ è l'unico gas alcalino presente in atmosfera a concentrazioni significative ed ha quindi un ruolo fondamentale nella neutralizzazione dei gas acidi atmosferici (principalmente, acido nitrico, solforico e cloridrico). La sorgente principale di $NH_3$ è costituita dalle emissioni in agricoltura comprese la zootecnia e l'applicazione di fertilizzanti[2]. Altre sorgenti, di rilevanza minore, sono costituite da processi industriali ed emissioni veicolari, come illustrato dalla Tabella 1. Per tali motivi, è importante comprendere quali siano le sorgenti, le modalità di deposizione e il comportamento in atmosfera dell'$NH_3$. Le emissioni di $NH_3$ da traffico sono aumentate significativamente di recente, specialmente nelle aree urbane, a causa dell'utilizzo dei convertitori catalitici nelle automobili a benzina. In Tabella 1 e in Figura 1 si riportano le emissioni di $NH_3$ dal 1980 al 2013.

[1] "Ammoniaca in atmosfera: misure e valutazioni modellistiche (Progetto PARFIL – III annualità)" Anna De Martini, Elisabetta Angelino, Arnaldo Bessi, Matteo Paolo Costa, Matteo Lazzarini, Edoardo Peroni

[2] Annuario dei dati ambientali 2014-2015 Report ISPRA 59/2015 – AA.VV.

**Tabella 1.** Andamento delle emissioni di $NH_3$ suddivise per settore a livello nazionale (1980-2013) (FONTE: ISPRA)

| Valori in tonn/anno | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Combustione energia | 120 | 124 | 147 | 106 | 122 | 204 | 181 | 200 | 216 | 201 |
| Combustione non industriale | 227 | 219 | 463 | 612 | 612 | 630 | 802 | 813 | 931 | 1717 |
| Combustione Industriale | 78 | 61 | 68 | 81 | 88 | 3458 | 1197 | 132 | 1019 | 964 |
| Processi Produttivi | 1086 | 1048 | 759 | 448 | 349 | 532 | 483 | 359 | 529 | 372 |
| Trasporti stradali | 494 | 554 | 739 | 5037 | 19676 | 15009 | 9255 | 8713 | 7303 | 7097 |
| Altre sorgenti mobili | 33 | 34 | 37 | 37 | 37 | 37 | 33 | 32 | 30 | 30 |
| Trattamento rifiuti | 5653 | 7025 | 7763 | 8106 | 9242 | 8440 | 7299 | 7045 | 6953 | 6103 |
| Agricoltura | 467565 | 477720 | 461300 | 437252 | 423077 | 392829 | 368506 | 383089 | 397694 | 385745 |
| **TOTALE** | **475255** | **486785** | **471276** | **451680** | **453203** | **421139** | **387757** | **401571** | **414675** | **402230** |

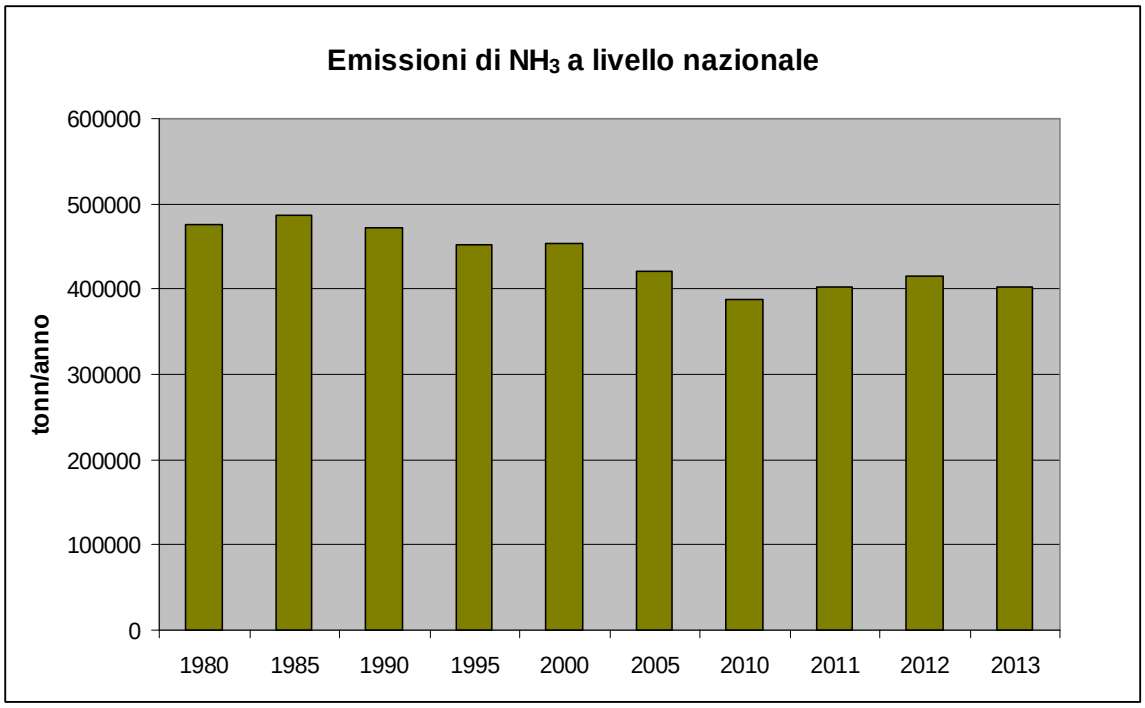


**Figura 1.** Andamento delle emissioni totali di $NH_3$ a livello nazionale (1980-2013) (FONTE: ISPRA)

A livello regionale sono state stimate le emissioni totali di $NH_3$, (Figura 2), mediante l'inventario regionale INEMAR[3]. Attualmente sono disponibili i valori relativi al 2005, 2007-8 e al2010. Si osserva che le emissioni sono in riduzione dal 2005 al 2010 e, dal confronto tra i due grafici di Figura 1 e 2, che la % di $NH_3$ a livello regionale costituisce più del 10% di quella nazionale.

[3] http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/emissioni-di-inquinanti/inventario-emissioni#cos%27%C3%A8

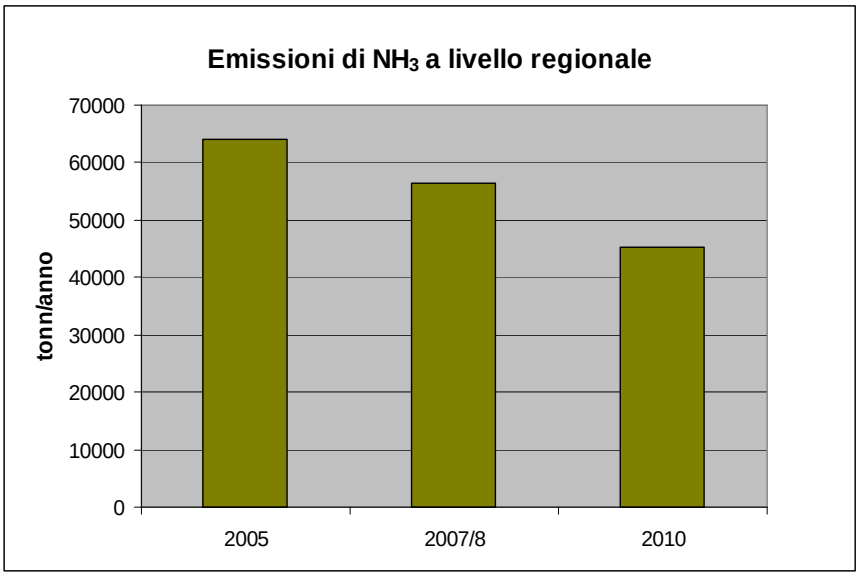


**Figura 2**: INEMAR Veneto. Confronto tra le emissioni totali regionali delle edizioni 2005_R (con emissioni Settore 02.02 - combustione residenziale di biomasse legnose ricalcolate), 2007/8_R (con emissioni Settore 02.02 - combustione residenziale di biomasse legnose ricalcolate) e 2010_DEF (dati in versione definitiva). I valori sono riportati in tonnellate/anno (FONTE ARPAV INEMAR VENETO).

Nella stima 2010 dell'inventario INEMAR, l'$NH_3$ regionale è assegnata quasi totalmente (97%) al Macrosettore 10 (agricoltura) (Figura 3), di cui l'81% deriva dalla gestione dei reflui prodotti negli allevamenti, seguita dall'impiego di fertilizzanti in agricoltura (15%). I capi che impattano maggiormente in termini di emissioni sono i bovini (46%), gli avicoli (22%) e i suini (9%). In Figura 4 è rappresentata la disaggregazione delle emissioni di $NH_3$ a livello comunale effettuata mediante variabili *proxy* legate alle attività presenti sul territorio comunale.

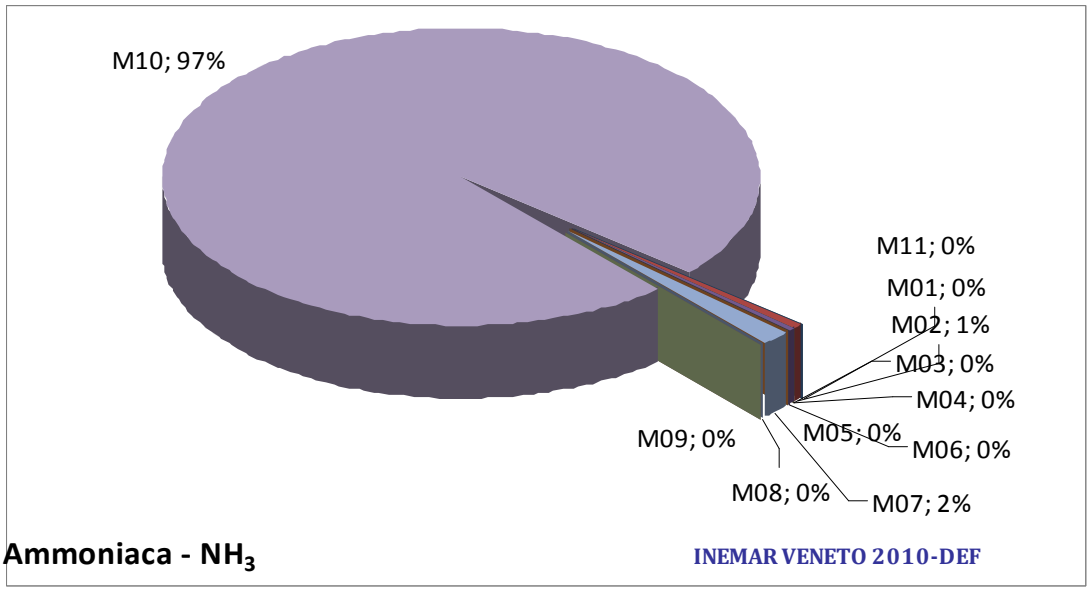


**Figura 3**. Ripartizione percentuale delle emissioni di $NH_3$ a livello regionale nei diversi macrosettori (FONTE ARPAV INEMAR VENETO).

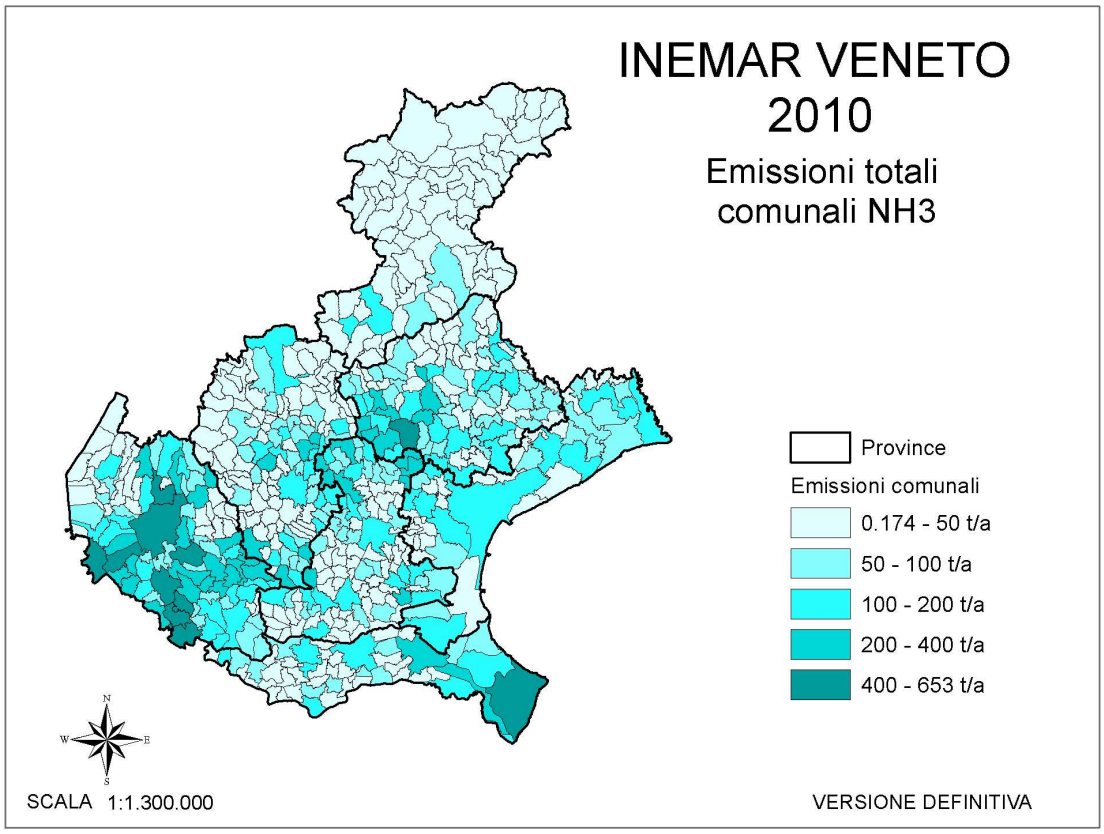


**Figura 4**. Disaggregazione delle emissioni di $NH_3$ a livello comunale (FONTE ARPAV INEMAR VENETO).

## 4. Chimica dell'ammoniaca in atmosfera

Il principale ruolo giocato dall'$NH_3$ allo stato gassoso in atmosfera è legato alla neutralizzazione delle sostanze acide come l'acido solforico ($H_2SO_4$) e l'acido nitrico ($HNO_3$), prodotti dell'ossidazione, in fase gas, di $SO_2$ e NOx rispettivamente.
La chimica dell'$NH_3$ è piuttosto complessa[4]. I prodotti formati dalle reazioni dell'$NH_3$, tra cui i principali sono il solfato di ammonio $(NH_4)_2SO_4$ ed il nitrato di ammonio, $NH_4NO_3$, sono presenti in atmosfera in forma condensata o di particolato. I livelli di queste due sostanze in atmosfera dipendono dalla quantità di ammoniaca e di precursori acidi presenti.
I sali di ammonio, specie in fase particellare, hanno un tempo di vita medio in atmosfera dell'ordine delle settimane e quindi possono essere trasportati a distanze molto maggiori rispetto ai gas che li hanno generati. E' stato stimato che circa la metà dell'$NH_3$ emessa si depositi nel raggio di pochi chilometri, mentre la restante metà venga trasportata sotto forma di sali di ammonio per centinaia di chilometri. Poiché la reazione di formazione del nitrato di ammonio è facilmente reversibile, $NH_3$, acido cloridrico e acido nitrico possono essere in questo modo rilasciati, in un secondo momento, anche a distanze notevoli rispetto al punto di emissione. Per quanto riguarda invece il solfato di ammonio, composto chimicamente più stabile, il suo trasporto a lunga distanza è responsabile dell'omogeneità spaziale della sua concentrazione[5].
L'$NH_3$ è coinvolta in un sistema che è costituito essenzialmente dai seguenti composti:

- fase gassosa: $NH_3$, $HNO_3$, $H_2SO_4$, $H_2O$;
- fase solida: $NH_4HSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_2SO_4 \cdot 2NH_4NO_3$, $(NH_4)_2SO_4 \cdot 3\ NH_4NO_3$.

Tra questi composti il solfato di ammonio, $(NH_4)_2SO_4$, la forma solida più stabile in atmosfera, a causa della sua bassa pressione di vapore, è uno dei componenti del PM2.5 e assume valori più costanti nel tempo. Nel periodo invernale invece una delle principali componenti del particolato fine è il nitrato di ammonio, che, nei periodi di accumulo, può costituire una percentuale rilevante dell'aerosol urbano. Tale forma, estremamente volatile, assume, al contrario, valori molto bassi nel periodo estivo, contribuendo alla marcata variabilità stagionale delle concentrazioni di PM2.5 e PM10 in aria ambiente.

## 5. Le campagne di monitoraggio effettuate nel 2015

L'uso dei campionatori diffusivi o passivi per lo studio dell'inquinamento dell'aria in ambienti di lavoro è conosciuto fin dagli anni '70. Il campionatore è schematicamente costituito da un contenitore cilindrico di piccole dimensioni avente sul fondo un elemento in grado di reagire con l'inquinante che si desidera campionare (tipicamente, una membrana impregnata con un'opportuna soluzione chimica).
Il funzionamento del dispositivo può essere descritto in base alla prima legge di Fick, per cui il flusso diffusivo di una determinata specie è direttamente proporzionale al suo coefficiente di diffusione in aria e alla differenza di concentrazione attraverso la barriera di diffusione, mentre è inversamente proporzionale alla lunghezza del cammino di diffusione.
Lo scopo del presente lavoro è la valutazione dei livelli di concentrazione di $NH_3$ in aria ambiente, mediante campionatori diffusivi, in postazioni di fondo e in siti direttamente influenzati da sorgenti emissive di tipo agricolo (*hot-spot*).
Il monitoraggio ha previsto due campagne, una realizzata nel semestre estivo e l'altra in quello invernale (Tabella 2).

4 Atmospheric chemistry and physics – from air pollution to Climate Change – John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis

5 Aneja et al.,Atmospheric Environment 35 (2001) 1903-1911

**Tabella 2.** Settimane di campionamento (campagna estiva e campagna invernale 2015)

| **Campagna Estiva 2015** | |
|---|---|
| 1a settimana | 16-23 giugno |
| 2a settimana | 23-30 giugno |
| 3a settimana | 30 giugno-7 luglio |
| 4a settimana | 7 -14 luglio |
| **Campagna Invernale 2015** | |
| 1a settimana | 24 novembre – 1 dicembre |
| 2a settimana | 1 – 9 dicembre |
| 3a settimana | 9 -15 dicembre |
| 4a settimana | 15 -23 dicembre |

I siti presso i quali sono stati ubicati i campionatori diffusivi sono:

1. Sito di fondo urbano di Rosà (VI)
2. Sito di fondo rurale di S. Giustina in Colle (PD)
3. Sito "hot spot" c/o allevamento bovini A (di circa 200 capi) situato a Carmignano di Brenta (PD)
4. Sito "hot spot" c/o allevamento bovini B (di circa 300 capi) situato a Carmignano di Brenta (PD)
5. Sito "hot spot" c/o allevamento ovaiole (> 40.000 capi) situato a Isola della Scala-Tarmassia (VR)
6. Sito "hot spot" c/o allevamento ovaiole (> 40.000 capi) situato a Grezzana (VR)
7. Sito di fondo urbano di Sarego (VI) con misura in contemporanea mediante analizzatore automatico di $NH_3$ (solo durante la campagna estiva)

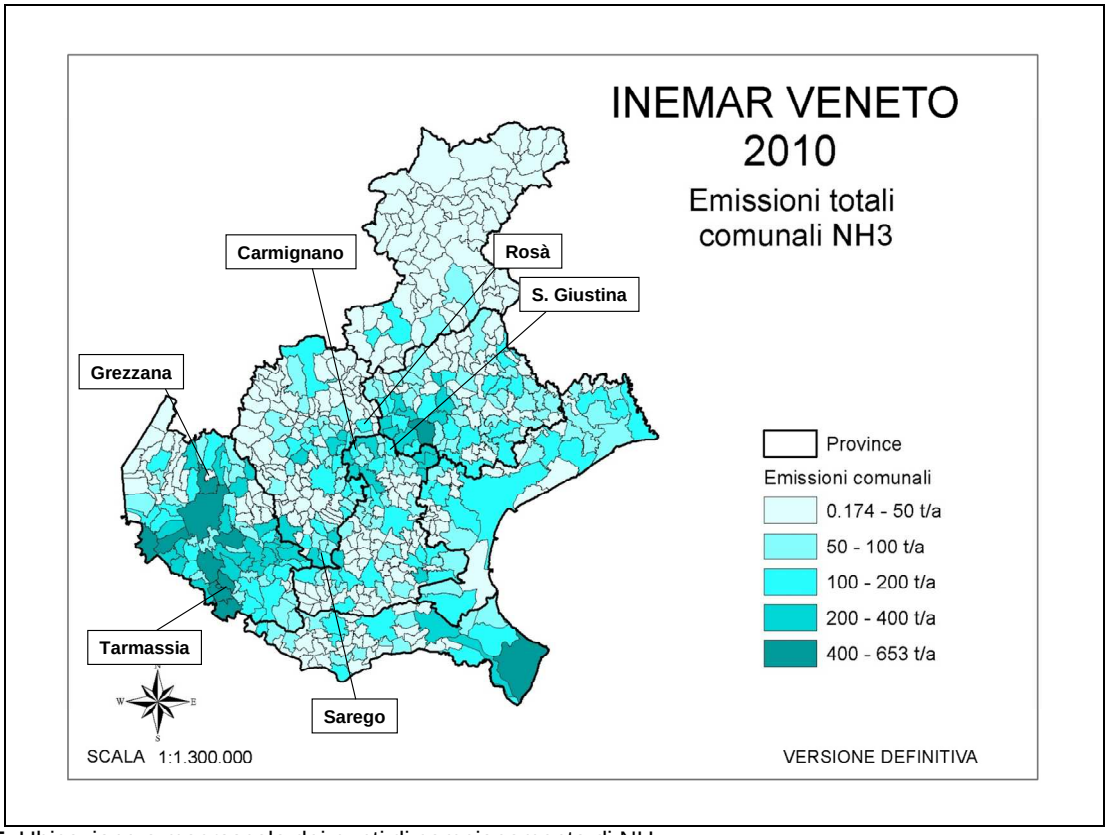


**Figura 5**. Ubicazione a macroscala dei punti di campionamento di $NH_3$

La valutazione delle concentrazioni di $NH_3$ nei sette siti è stata effettuata utilizzando campionatori passivi (tipo radiello®) esposti per una settimana ciascuno, per un totale di 4 settimane di

monitoraggio presso ciascun sito. Le determinazioni analitiche sono state eseguite dal Dipartimento Laboratori di Venezia di ARPAV.
Nelle Figure 6 e 7 sono illustrati i risultati ottenuti per le due campagne (estiva e invernale). Si osserva che, come atteso, i valori più elevati sono stati registrati in prossimità degli allevamenti, in particolare nei pressi dell'allevamento B di Carmignano di Brenta. Nei siti *hot spot* (Grezzana, Tarmassia, Carmignano) i valori di $NH_3$ registrati sono generalmente più elevati durante la campagna estiva rispetto a quella invernale, ad eccezione dell'allevamento A di Carmignano. Non avendo informazioni di dettaglio in proposito, si può in prima approssimazione ipotizzare che le sorgenti emissive siano costanti. Si può quindi supporre che l'aumento estivo di $NH_3$ sia dovuto alla volatilizzazione dell'inquinante all'aumentare della temperatura, come decritto al paragrafo 6.

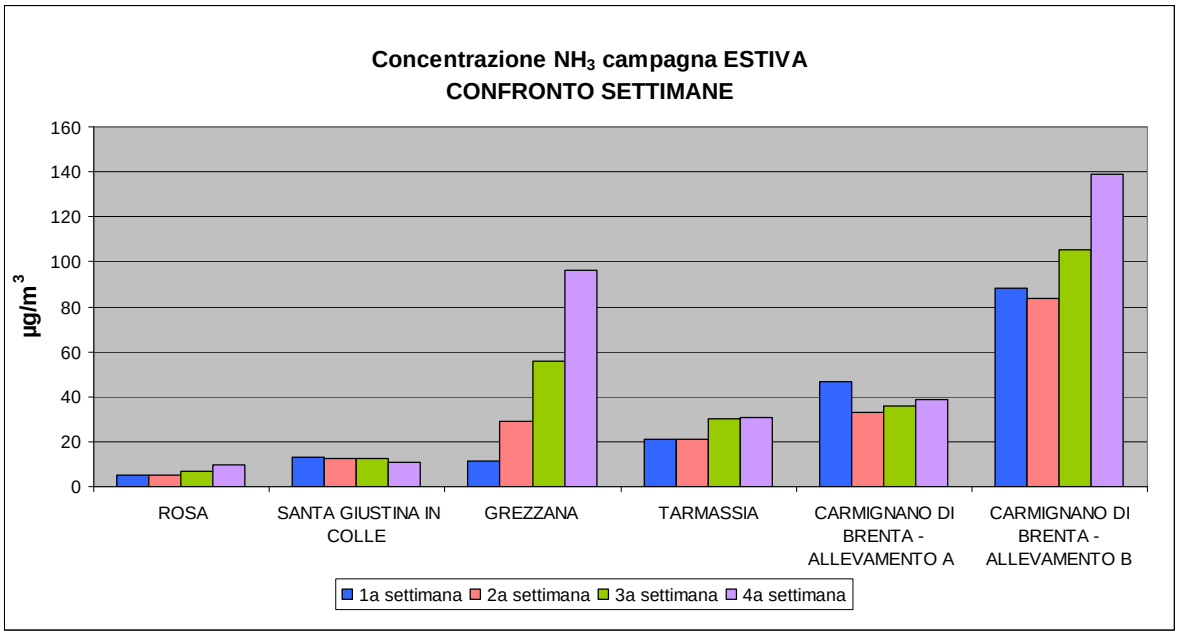


**Figura 6**. Concentrazioni medie settimanali di $NH_3$ rilevate durante la campagna estiva nei siti di campionamento.

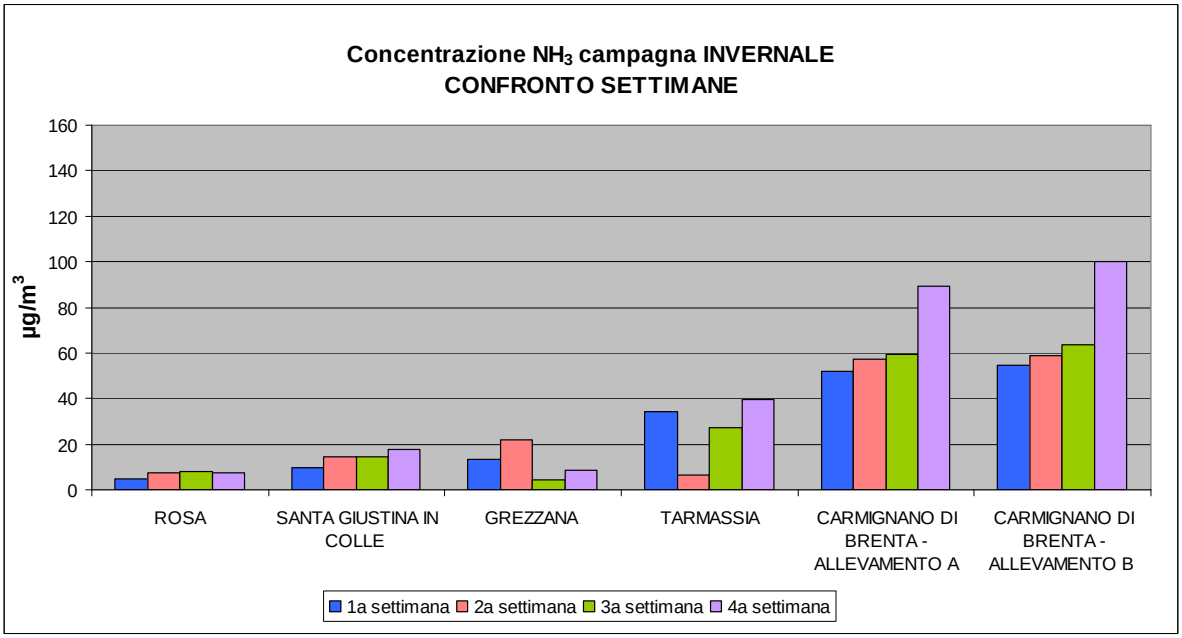


**Figura 7**. Concentrazioni medie settimanali di $NH_3$ rilevate durante la campagna invernale nei siti di campionamento.

Il picco registrato a Grezzana durante l'ultima settimana della campagna estiva potrebbe dipendere dal processo di sfoltimento degli animali poiché i capannoni sono stati aperti e le lettiere movimentate proprio nel periodo di campionamento. Analogo picco, tuttavia si osserva anche nel sito di Carmignano (allevamento B) durante la quarta settimana. E' necessario quindi analizzare le condizioni meteorologiche verificatesi durante le diverse settimane di campionamento (paragrafo 6).

Per ciascun sito, durante la terza e quarta settimana, è stata effettuata la misura in doppio per valutare la riproducibilità dei valori di concentrazione determinati tramite questo metodo. Le determinazioni analitiche hanno evidenziato una buona riproducibilità delle misure effettuate in doppio (campionatore passivo vs campionatore passivo) con valori medi dello scarto tra le misure del 4% e massimi inferiori al 10%. Il limite di rivelabilità dichiarato dalla ditta produttrice per il campionatore passivo utilizzato è di 1 µg/m$^3$ in seguito ad esposizione di 24 ore.
Durante la campagna 2015, presso il sito di Sarego (VI), i campionatori diffusivi sono stati affiancati al laboratorio mobile (mezzo Concia del Dipartimento di Vicenza) dotato di analizzatore automatico per la misura di $NH_3$. A valori di concentrazione relativamente bassi (<10 µg/m$^3$) si osserva una sottostima dei valori di concentrazione (medie settimanali) da parte del campionatore passivo rispetto all'analizzatore automatico con valore medio dello scarto pari al 27% e valore massimo pari al 45%. Seppure la percentuale di scostamento possa sembrare elevata, bisogna tenere conto che, in termini assoluti, la lettura effettuata con campionatore diffusivo si discosta solo di qualche microgrammo rispetto alla lettura con l'analizzatore automatico.
Per questo motivo, nonostante la sottostima del campionatore passivo utilizzato in aree di fondo urbano, nell'ambito della Segreteria Tecnica "Aria"[6] del 3 novembre 2015 si è deciso di testare tali campionatori anche a concentrazioni di $NH_3$ più elevate, (in prossimità di un allevamento di bovini), sempre utilizzando l'analizzatore automatico per confronto (paragrafo 7).

## 6. Influenza delle variabili meteorologiche sulle concentrazioni di ammoniaca

Esistono diversi studi per valutare gli effetti delle condizioni meteorologiche sulle emissioni e sulle concentrazioni di $NH_3$ in atmosfera. Le osservazioni sperimentali di Sommer et al.[7] e di Bouwmeester et al.[8] su tali effetti possono essere brevemente riassunte come di seguito descritto:

1. le emissioni di $NH_3$ sono maggiori in estate che in inverno in quanto la volatilizzazione dell'$NH_3$ aumenta con la temperatura.
2. le emissioni di $NH_3$ aumentano quando la velocità del vento è maggiore di 2.5 m/s.
3. le precipitazioni atmosferiche riducono la volatilizzazione dell'$NH_3$: è stata osservata una riduzione significativa della volatilizzazione di $NH_3$ con precipitazione di almeno 20 mm.

Sono state effettuate alcune valutazioni in merito all'effetto delle condizioni meteorologiche locali sui dati di $NH_3$ determinati durante la campagna di monitoraggio estiva 2015, a Carmignano di Brenta (PD) presso l'allevamento B. Per l'analisi dei dati meteo è stata presa in considerazione la stazione meteorologica ARPAV di Grantorto (PD). In Tabella 3 sono illustrate le concentrazioni medie settimanali ottenute dall'analisi dei campionatori passivi presso l'allevamento B, nel quale si sono registrate le concentrazioni medie di $NH_3$ più elevate, in particolare durante la terza (105 µg/m$^3$) e la quarta settimana (139 µg/m$^3$). Nella tabella e nei grafici sottostanti sono riportate anche alcune informazioni sintetiche rispetto alle condizioni meteorologiche presenti durante le quattro settimane di campionamento.
Il grafico di Figura 8 riporta alcuni dati di precipitazione registrati presso la stazione di Grantorto. Nella settimana dal 16 al 23 giugno si sono verificati 5 giorni con precipitazioni (almeno 0.2 mm di pioggia), mentre nella settimana dal 23 al 30 giugno i giorni di pioggia sono stati 3, nella terza

[6] La Segreteria Tecnica ST01 "Aria" è un organismo di coordinamento tecnico di ARPAV che risale al 2000, ovvero all'inizio dell'attività dell'Agenzia con compiti di indirizzo programmatico in tema di controllo qualità dell'aria, emissioni e modellistica atmosferica. Con l'avvio dell'ARPAV, l'attività si è arricchita di altri compiti connessi con l'attività di monitoraggio e ha trovato un organismo stabile di riferimento nell'Osservatorio Regionale Aria.
[7] Sommer SG, Olesen JE, Christensen BT (1991) Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. J Agric Sci 117(1):91–100
[8] Bouwmeester RJB, Vlek PLG, Stumpe JM (1985) Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. Soil Sci Soc Am J 49:376–381

settimana 3 e nella quarta 2. Nell'ultima settimana il giorno 8 è stato caratterizzato da precipitazioni abbondanti registrate al pomeriggio e alla sera (tromba d'aria a Dolo).
Le rose dei venti (Figura 9) mostrano direzioni di provenienza differenti nelle quattro settimane: nella prima prevalgono est-nordest e nordest, nella seconda prevale la direzione da sud-sudest, nella terza sud-est e nella quarta settimana nord-nordest.
Nel corso della terza settimana si registra la percentuale più elevata di calme di vento, poi percentuali progressivamente più basse nella seconda, nella quarta e nella terza.
Supponendo che le emissioni siano pressoché costanti, si osserva un incremento delle concentrazioni di $NH_3$ all'aumentare della temperatura passando dalla prima alla terza settimana, nel corso delle quali la temperatura media è stata rispettivamente di 19.6 e di 25.9 °C. Si osserva inoltre la tendenza, all'incremento delle concentrazioni medie in funzione della direzione prevalente del vento, a parità di temperatura. Dai dati riportati in Tabella 3 si osserva che quando il vento proviene da nord-est, ovvero quando il campionatore passivo risulta sottovento rispetto alla sorgente emissiva (quarta settimana), le concentrazioni registrate risultano più elevate rispetto a quando il vento soffia da sud-est, ovvero quando il campionatore passivo è sopravento rispetto alla sorgente. Durante la prima settimana le precipitazioni sono state più cospicue rispetto alle altre tre settimane e questo può aver avuto un effetto di riduzione delle concentrazioni registrate durante la prima settimana, anche se il vento proveniva da est-nord-est.

**Tabella 3.** Concentrazioni medie settimanali di $NH_3$ determinate durante la campagna estiva 2015 a Carmignano di Brenta (allevamento B) e condizioni meteorologiche associate a ciascuna settimana

| **Periodo di campionamento** | **1a settimana** | **2a settimana** | **3a settimana** | **4a settimana** |
|---|---|---|---|---|
| | 16-23 giugno | 23-30 giugno | 30 giugno -7 luglio | 7-14 luglio |
| **CARMIGNANO DI BRENTA ALLEVAMENTO B** | 88 | 84 | 105 | 139 |
| **Direzione vento prevalente Stazione Grantorto** | est-nordest | sud-sudest | sud-est | nord-nordest |
| **Temperatura media (° C) a 2m - Stazione Grantorto** | 19.6 | 21.5 | 25.9 | 24.3 |

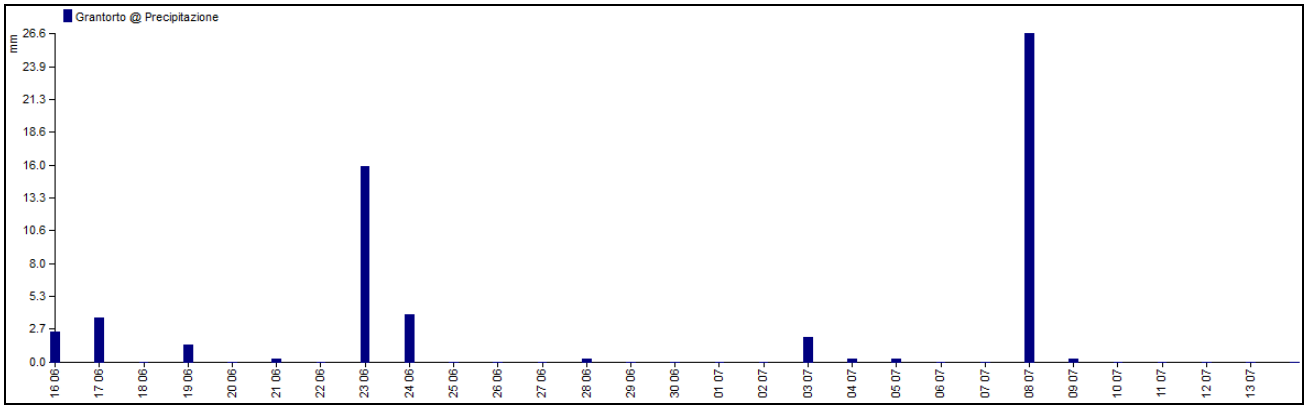

**Figura 8**. Precipitazioni giornaliere registrate presso la stazione di Grantorto durante la campagna estiva 2015 (FONTE: ARPAV Centro Meteo di Teolo).

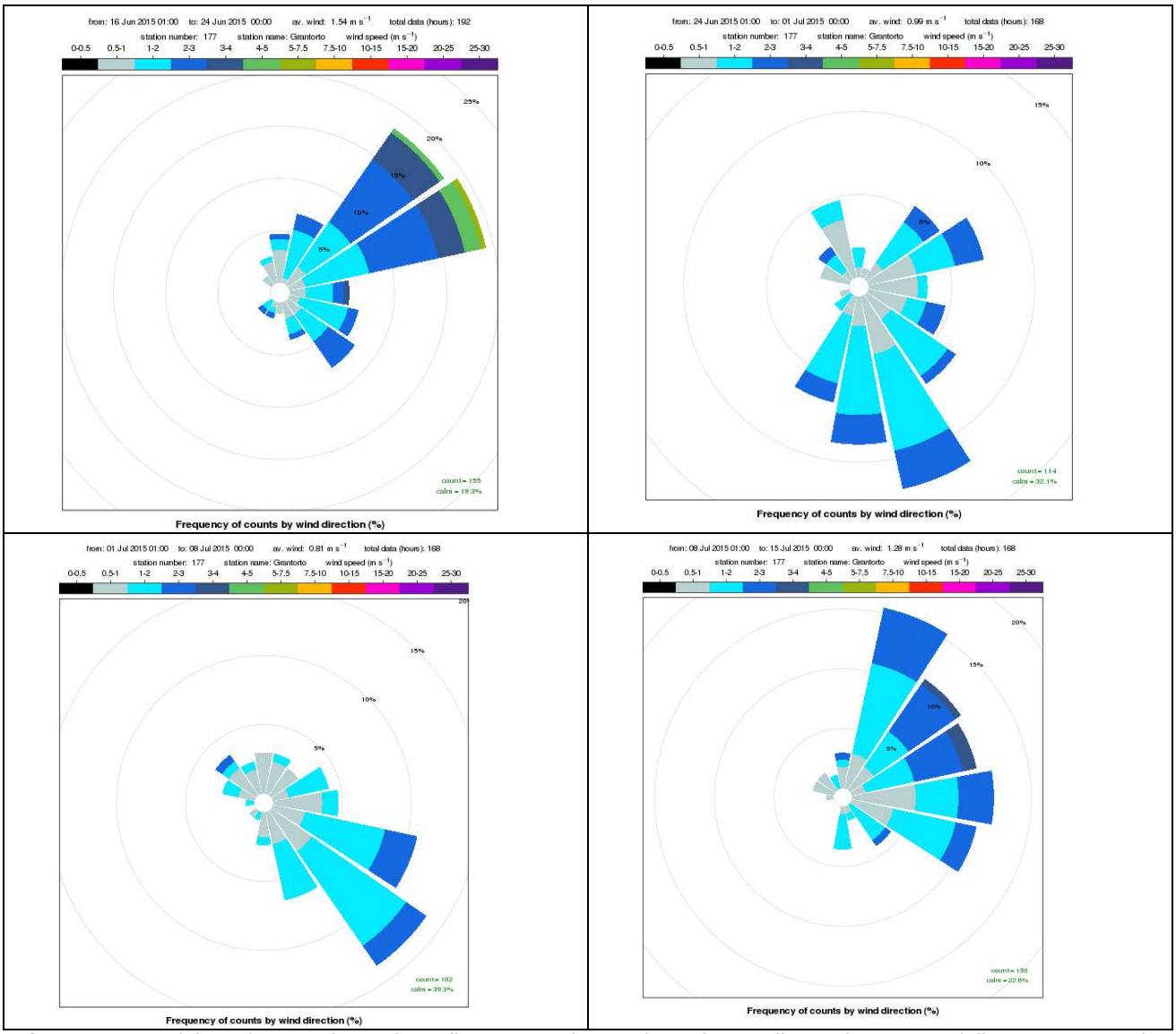


**Figura 9**. Rose dei venti presso la stazione di Grantorto durante le settimane di campionamento della campagna estiva 2015 (FONTE: ARPAV Centro Meteo di Teolo).

## 7. Le campagne di monitoraggio con analizzatore automatico e campionatori passivi presso un allevamento di bovini nel 2016

La seconda campagna estiva è stata realizzata dal 14 al 28 giugno 2016 (Tabella 4) presso l'allevamento B di Carmignano di Brenta ovvero quello che, nel corso delle due campagne precedenti nel 2015, aveva registrato le concentrazioni medie di $NH_3$ più elevate.

**Tabella 4.** Settimane di campionamento della campagna estiva 2016

| **Campagna Estiva 2016** | |
|---|---|
| 1a settimana | 14-21 giugno |
| 2a settimana | 21-28 giugno |

Il monitoraggio è stato effettuato impiegando il laboratorio mobile dotato di analizzatore automatico per la misura di valori orari di $NH_3$ e due campionatori passivi settimanali posizionati (Figura 10) rispettivamente sul mezzo mobile (radiello® 2) e nell'area adiacente le stalle (radiello® 1). I campionatori passivi sono stati posizionati in doppio per valutare la riproducibilità delle misure. Complessivamente, per ciascuna settimana, sono stati esposti 4 campionatori passivi. Tale scelta è stata portata avanti anche per stimare lo scostamento tra i valori medi settimanali delle

concentrazioni di $NH_3$ registrate con l'analizzatore automatico e quelle determinate con il campionatore passivo. Lo scopo è stato quindi quello di verificare se, a concentrazioni in aria ambiente relativamente elevate di $NH_3$, i campionatori passivi possano essere impiegati per determinare le concentrazioni di $NH_3$ in luogo dell'analizzatore automatico. Tale possibilità permetterebbe di realizzare in futuro monitoraggi a livello regionale in più siti con un impegno economico e logistico significativamente inferiore rispetto all'utilizzo del mezzo mobile.

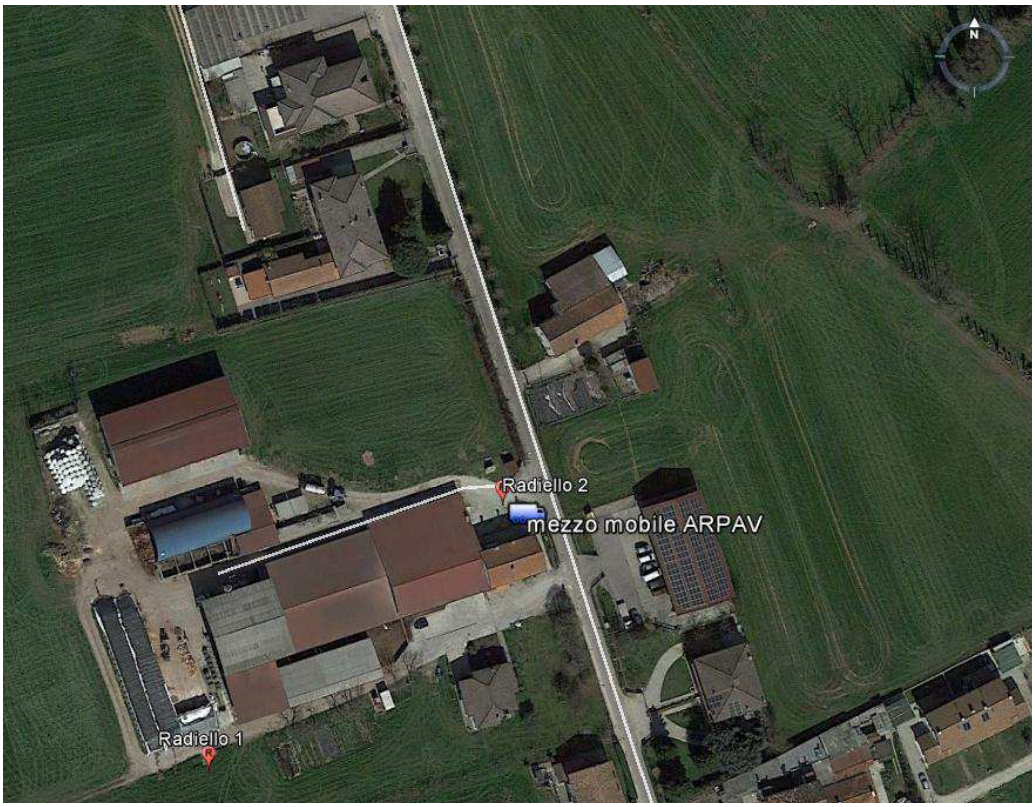


**Figura 10**. Posizionamento del mezzo mobile ARPAV dotato di analizzatore automatico di $NH_3$ e dei campionatori passivi in prossimità delle stalle (radiello® 1) e sul mezzo mobile (radiello® 2) presso l'allevamento B a Carmignano di Brenta (campagna estiva 2016)

**Figura 11** Posizionamento del campionatore passivo (radiello® 1) in prossimità delle stalle

Di seguito sono illustrati i risultati dei monitoraggi effettuati con i campionatori passivi (Tabella 5) e il confronto con i dati dell'analizzatore automatico (Tabella 6).

**Tabella 5.** Risultati del monitoraggio con campionatori passivi nella campagna estiva 2016 presso l'allevamento B

| Punto prelievo | Periodo campionamento | Ammoniaca (NH3) µg/m³ (293 K) | Ammoniaca (NH3) µg/m³ (293 K) |
|---|---|---|---|
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 2 (mezzo mobile)** | **1a settimana** | 56 | **56** |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 2 (mezzo mobile)** | | 56 | |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 1 (stalla)** | **1a settimana** | 76 | **74** |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 1 (stalla)** | | 71 | |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 2 (mezzo mobile)** | **2a settimana** | 47 | **48** |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 2 (mezzo mobile)** | | 49 | |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 1 (stalla)** | **2a settimana** | 143 | **149** |
| **ALLEVAMENTO B - RADIELLO 1 (stalla)** | | 154 | |

Le misure effettuate con i campionatori passivi in doppio durante le due settimane di campionamento mostrano una buona riproducibilità dei dati (Tabella 5, terza colonna) con valori medi dello scarto tra le misure inferiore al 5% e valore massimo inferiore all'8%.
Per quanto riguarda il confronto tra le misure effettuate con l'analizzatore automatico di $NH_3$ e quelle effettuate con il campionatore passivo (Tabella 6) è possibile osservare come lo scostamento percentuale tra i due metodi di misura sia inferiore al 5%. Nonostante l'esiguo numero di campioni utilizzati, si può ipotizzare che l'utilizzo dei campionatori passivi settimanali per la determinazione delle concentrazioni di $NH_3$ possa essere una valida alternativa all'utilizzo dell'analizzatore automatico, soprattutto in aree caratterizzate da sorgenti di emissione di $NH_3$ rilevanti come allevamenti o aree a vocazione agricola con utilizzo di fertilizzanti.

**Tabella 6.** Confronto dei valori medi settimanali di $NH_3$ ottenuti con il campionatore passivo (radiello® 2) e i dati mediati dell'analizzatore automatico

| Periodo campionamento | [$NH_3$] µg/m³ (293 K) valore medio RADIELLO® 2 | [$NH_3$] µg/m³ (293 K) valore medio ANALIZZATORE AUTOMATICO | N.campioni orari analizzatore automatico | Scostamento % misure (RADIELLO® 2 vs ANALIZZATORE AUTOMATICO) |
|---|---|---|---|---|
| **1a settimana** | 56 | 54 | 163 | **+4%** |
| **2a settimana** | 48 | 49 | 165 | **-2%** |

Si osserva, inoltre, che in entrambe le settimane le concentrazioni medie registrate in prossimità delle stalle (radiello® 1) sono state maggiori rispetto a quelle ottenute con il campionatore passivo posizionato sul mezzo mobile (radiello® 2). Il campionatore passivo conferma che la concentrazione di ammoniaca è fortemente dipendente dalla distanza cui è posta la sorgente di emissione. La concentrazione media settimanale registrata in prossimità della stalla (radiello® 1) durante la prima settimana è circa la metà (74 µg/m$^3$) rispetto a quella registrata la seconda settimana (149 µg/m$^3$) (Tabella 7). Le concentrazioni medie registrate con l'analizzatore automatico (e dal radiello® 2) risultano invece comparabili: 54 µg/m$^3$ la prima settimana, 49 µg/m$^3$ la seconda settimana. Questa differenza può essere almeno in parte spiegata considerando che durante la prima settimana la direzione prevalente del vento è stata da sud-ovest: di conseguenza il mezzo mobile e il radiello® 2 erano sottovento rispetto alla sorgente emissiva (stalla), mentre il radiello® 1 risultava sopravento rispetto alla medesima sorgente. Al contrario nella seconda settimana, con vento prevalente da Est/Nord-Est, era il radiello®1 a trovarsi sottovento rispetto alla stalla. Anche se il radiello®1 misura sempre un valore più elevato rispetto al radiello® 2, lo scarto risulta quindi molto maggiore nella seconda settimana.

**Tabella 7.** Valori medi settimanali di $NH_3$ ottenuti con il campionatore passivo (radiello® 1) e associazione con le condizioni meteorologiche registrate nelle due settimane di campionamento

| Periodo campionamento | [$NH_3$] µg/m³ (293 K) valore medio RADIELLO® 1 | Direzione Vento prevalente | Precipitazione | Tmedia settimanale (°C) |
|---|---|---|---|---|
| **1a settimana** | 74 | Sud-Ovest | Si (14 e 15 giugno 2016) | **21** |
| **2a settimana** | 149 | Est-nord-est | No | **25** |

Nelle Figure 12 e 13 sono riportati i grafici polari della direzione e della velocità del vento a 10 m della stazione di Grantorto in relazione alla prima e alla seconda settimana di campionamento. Come già evidenziato, durante la prima settimana (14/06/2016-21/06/2016) la direzione prevalente del vento è stata da sud-ovest con valori di velocità del vento debole/moderato generalmente tra 1 e 2, anche superiori a 2 m/s con vento da Sud-Ovest, mentre durante la seconda settimana (21/06/2016-28/06/2016) la direzione prevalente del vento è stata da est-nord-est con vento un po' più debole (velocità sempre inferiore a 1.5 m/s).
Come evidenziato in Tabella 7 la seconda settimana di campionamento è stata caratterizzata anche da una temperatura media più elevata (25° C) rispetto alla prima (21° C) e questo potrebbe spiegare il valore elevato di concentrazione di $NH_3$ verificatosi (149 µg/m$^3$), dovuto alla maggiore volatilizzazione dell' $NH_3$.

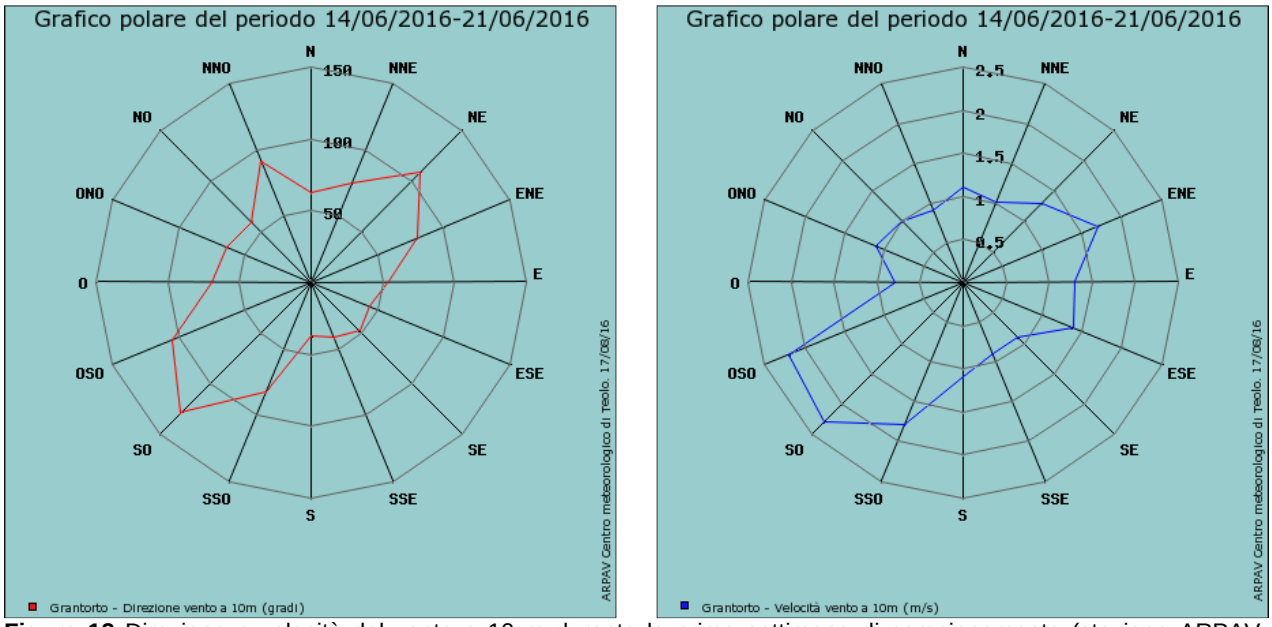


**Figura 12** Direzione e velocità del vento a 10 m durante la prima settimana di campionamento (stazione ARPAV di Grantorto)

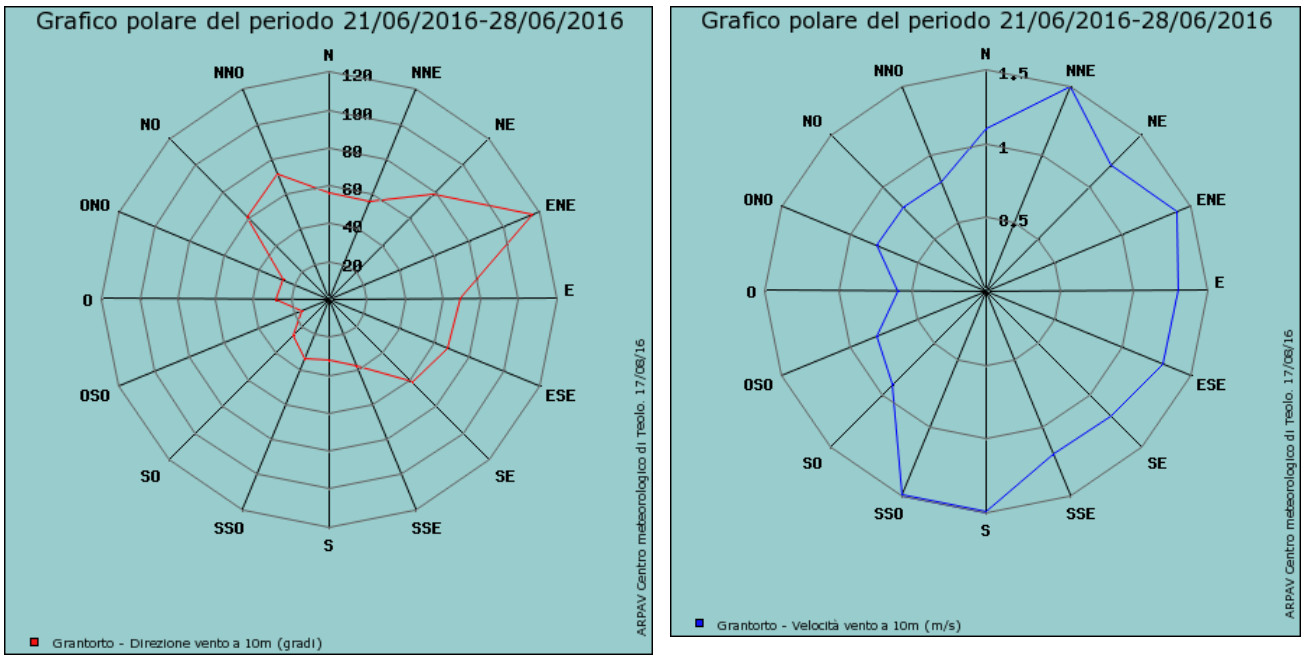


**Figura 13** Direzione e velocità del vento a 10 m durante la seconda settimana di campionamento (stazione ARPAV di Grantorto)

In Figura 14 è illustrato il grafico della temperatura media a 2 m registrata presso la stazione di Legnaro, non essendo disponibili tutti dati di periodo per la stazione di Grantorto. E' evidente come la seconda settimana di campionamento (21/06/2016-28/06/2016) sia caratterizzata da temperature più elevate rispetto alla prima. In Figura 15 è riportato anche l'andamento della precipitazione registrata presso la stazione di Grantorto: i fenomeni piovosi più intensi si sono verificati il 14 e il 15 giugno 2016, mentre un altro episodio molto meno intenso si è verificato il 26 giugno 2016.

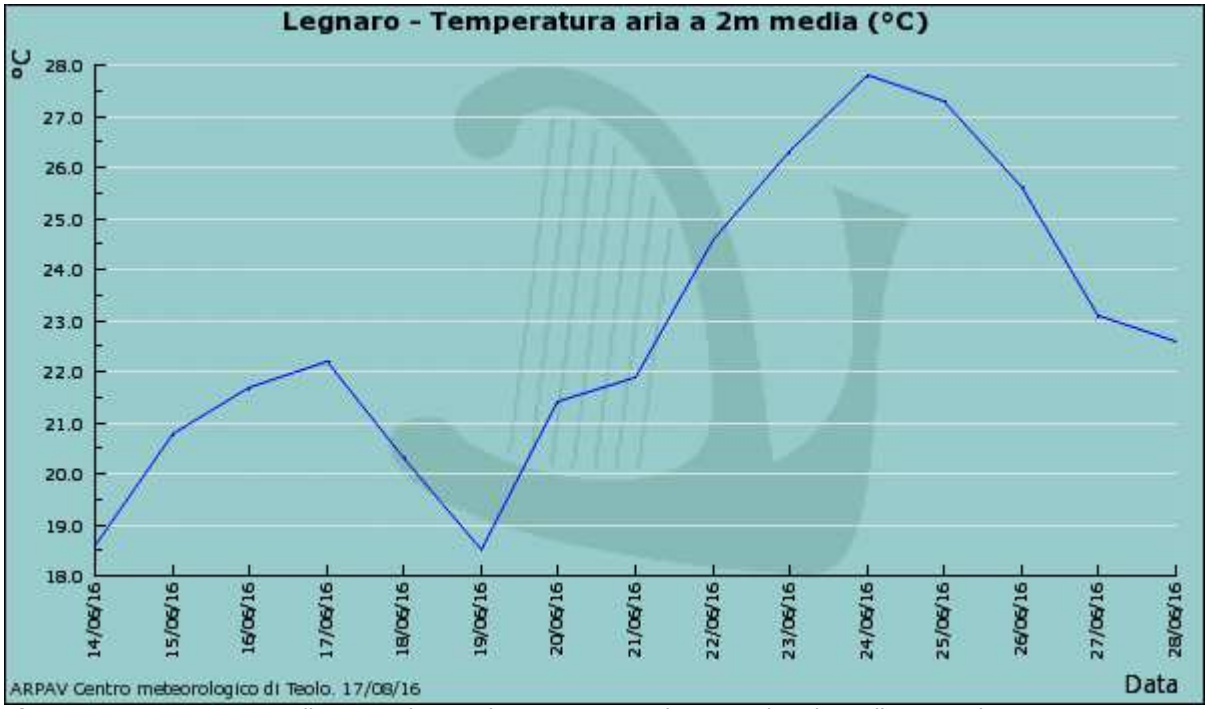


**Figura 14** Temperatura media a 2 m durante la campagna estiva 2016 (stazione di Legnaro)

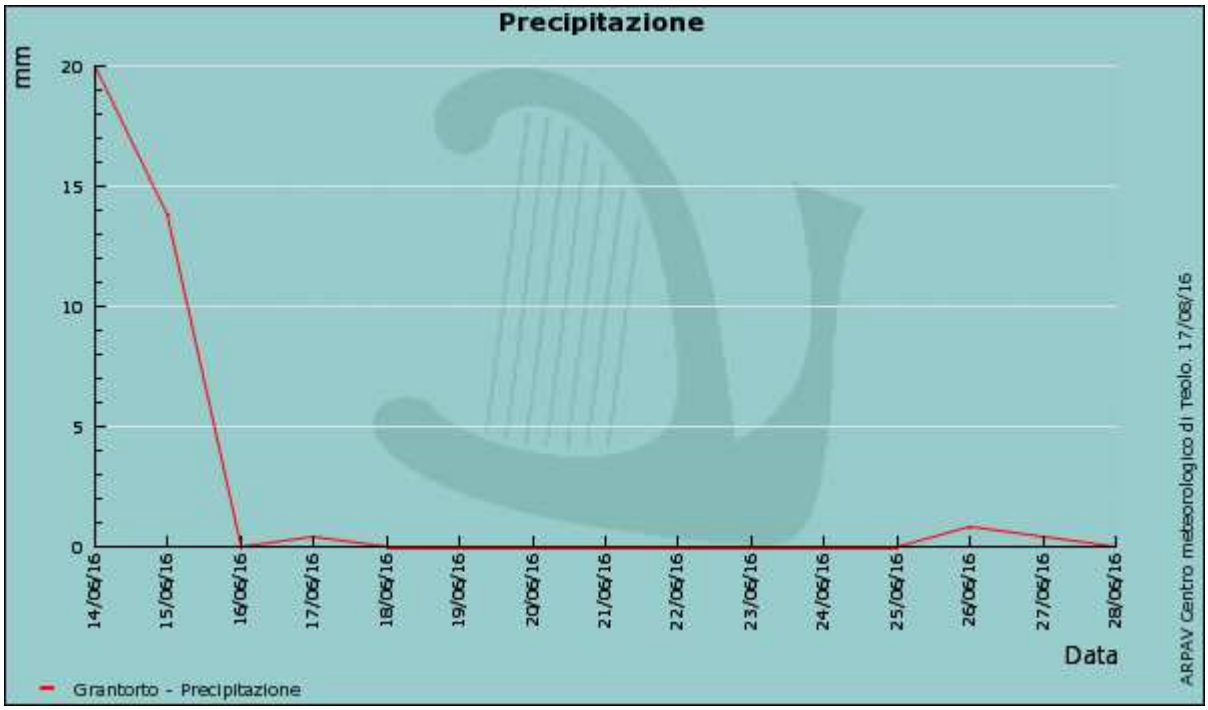


**Figura 15** Precipitazione durante la campagna estiva 2016 presso la stazione di Grantorto

Analizzando i dati di velocità del vento registrati a Grantorto durante la campagna estiva si osserva (Tabella 8) che il valore medio di velocità del vento nella giornata del 17 giugno è pari a 3.1 m/s e che in buona parte della giornata i valori orari di vento sono stati maggiori a 2.5 m/s, valore oltre il

quale è stato sperimentalmente verificato che le concentrazioni di $NH_3$ aumentano[9]. Le altre giornate della campagna sono state caratterizzate da valori medi giornalieri di velocità del vento inferiori a 1.5 m/s. Conformemente alle aspettative nella giornata del 17 giugno si registrano valori elevati di $NH_3$ anche nel corso della giornata e non solo durante le prime ore del giorno come accade invece negli altri giorni. Il valore medio di concentrazione di $NH_3$ il giorno 17 giugno è stato di 96 µg/m$^3$, il più elevato di tutto il periodo, mentre il valore orario massimo per la giornata del 17 giugno è stato di 159 µg/m$^3$. La concentrazione oraria di $NH_3$ più elevata durante la campagna è stata registrata però il 23 giugno alle ore 3 con 241 µg/m$^3$.

**Tabella 8.** Valori orari di velocità del vento a 10 m registrati a Grantorto durante i primi giorni della campagna estiva e raffronto con le concentrazioni orarie di $NH_3$.

| Grantorto | | Carmignano | Grantorto | | Carmignano | Grantorto | | Carmignano | Grantorto | | Carmignano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Velocità vento 10m | [NH3] µg/m$^3$ | | Velocità vento 10m | [NH3] µg/m$^3$ | | Velocità vento 10m | [NH3] µg/m$^3$ | | Velocità vento 10m | [NH3] µg/m$^3$ |
| 15-giu-16 | | | 16-giu-16 | | | 17-giu-16 | | | 18-giu-16 | | |
| **1** | 1.2 | 13 | **1** | 1.4 | 38 | **1** | 0.4 | 10 | **1** | 0.8 | 77 |
| **2** | 1.2 | | **2** | 1.7 | 35 | **2** | 1.4 | n.d. | **2** | 0.6 | 61 |
| **3** | 1.2 | 13 | **3** | 1.3 | 33 | **3** | 2.7 | 8 | **3** | 0.8 | 55 |
| **4** | 0.1 | 12 | **4** | 1 | 30 | **4** | 2.1 | 8 | **4** | 0.6 | 44 |
| **5** | 0.1 | 12 | **5** | 0.8 | 28 | **5** | 2.5 | 67 | **5** | 0.7 | 56 |
| **6** | 0.1 | 11 | **6** | 0.3 | 25 | **6** | 2.9 | 133 | **6** | 0.5 | 63 |
| **7** | 0.2 | 11 | **7** | 0.5 | 23 | **7** | 2.3 | 159 | **7** | 0.8 | 86 |
| **8** | 0.2 | 10 | **8** | 1.8 | 21 | **8** | 2.8 | 149 | **8** | 0.9 | 96 |
| **9** | 0.4 | 13 | **9** | 1.9 | 20 | **9** | 4.3 | 118 | **9** | 1.7 | 67 |
| **10** | 0.9 | 40 | **10** | 2.6 | 20 | **10** | 4.8 | 105 | **10** | 1.5 | 52 |
| **11** | 1.5 | 55 | **11** | 2.6 | 19 | **11** | 4.6 | 92 | **11** | 1.4 | 42 |
| **12** | 1.8 | 45 | **12** | 2.7 | 21 | **12** | 4.7 | 103 | **12** | 1.1 | 35 |
| **13** | 1.6 | 42 | **13** | 3.4 | 18 | **13** | 5 | 93 | **13** | 1.3 | 30 |
| **14** | 2.7 | 38 | **14** | 3.8 | 21 | **14** | 4.8 | 93 | **14** | 1 | 26 |
| **15** | 2.7 | 38 | **15** | 4.2 | 18 | **15** | 5 | 98 | **15** | 1.8 | 23 |
| **16** | 3.1 | 42 | **16** | 4.1 | 16 | **16** | 5.7 | 101 | **16** | 3.1 | 21 |
| **17** | 3.2 | 53 | **17** | 2.9 | 15 | **17** | 4.8 | 102 | **17** | 2.2 | 18 |
| **18** | 2.2 | 67 | **18** | 2.4 | 15 | **18** | 3.5 | 98 | **18** | 2.7 | 18 |
| **19** | 2.3 | 69 | **19** | 2.7 | 14 | **19** | 2.6 | 109 | **19** | 3.5 | 17 |
| **20** | 0.7 | 74 | **20** | 1.8 | 13 | **20** | 1.7 | 107 | **20** | 1 | 16 |
| **21** | 0.1 | 72 | **21** | 1.5 | 12 | **21** | 1.4 | 112 | **21** | 0.8 | 15 |
| **22** | 0 | 62 | **22** | 0.9 | 11 | **22** | 1.3 | 94 | **22** | 0.6 | 25 |
| **23** | 0.1 | 50 | **23** | 0.2 | 11 | **23** | 1.1 | 129 | **23** | 0.7 | 70 |
| **24** | 0.4 | 42 | **24** | 0.1 | 11 | **24** | 1 | 127 | **24** | 0.6 | 80 |
| | | | | | | | | | | | |
| **Massima** | 4.3 | 74 | **Massima** | 5.2 | 38 | **Massima** | 6 | 159 | **Massima** | 4.9 | 96 |
| **Media** | 1.2 | 38 | **Media** | 1.9 | 20 | **Media** | 3.1 | 96 | **Media** | 1 | 46 |

In Figura 17 è illustrato il grafico del giorno tipo di $NH_3$ calcolato utilizzando i dati orari registrati dall'analizzatore automatico del mezzo mobile ubicato presso l'allevamento B di Carmignano di Brenta durante la campagna estiva dal 14 al 30 giugno 2016. Si osserva come i valori più elevati di $NH_3$ si registrano, mediamente, nelle ore notturne e nelle prime ore del giorno, verosimilmente in corrispondenza dell'incremento delle attività zootecniche e alla riduzione dell'altezza dello strato di rimescolamento, ovvero per effetto delle minori capacità dispersive dell'atmosfera (Figura 18) .

[9] Bouwmeester RJB, Vlek PLG, Stumpe JM(1985) Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. Soil Sci Soc Am J 49:376–381

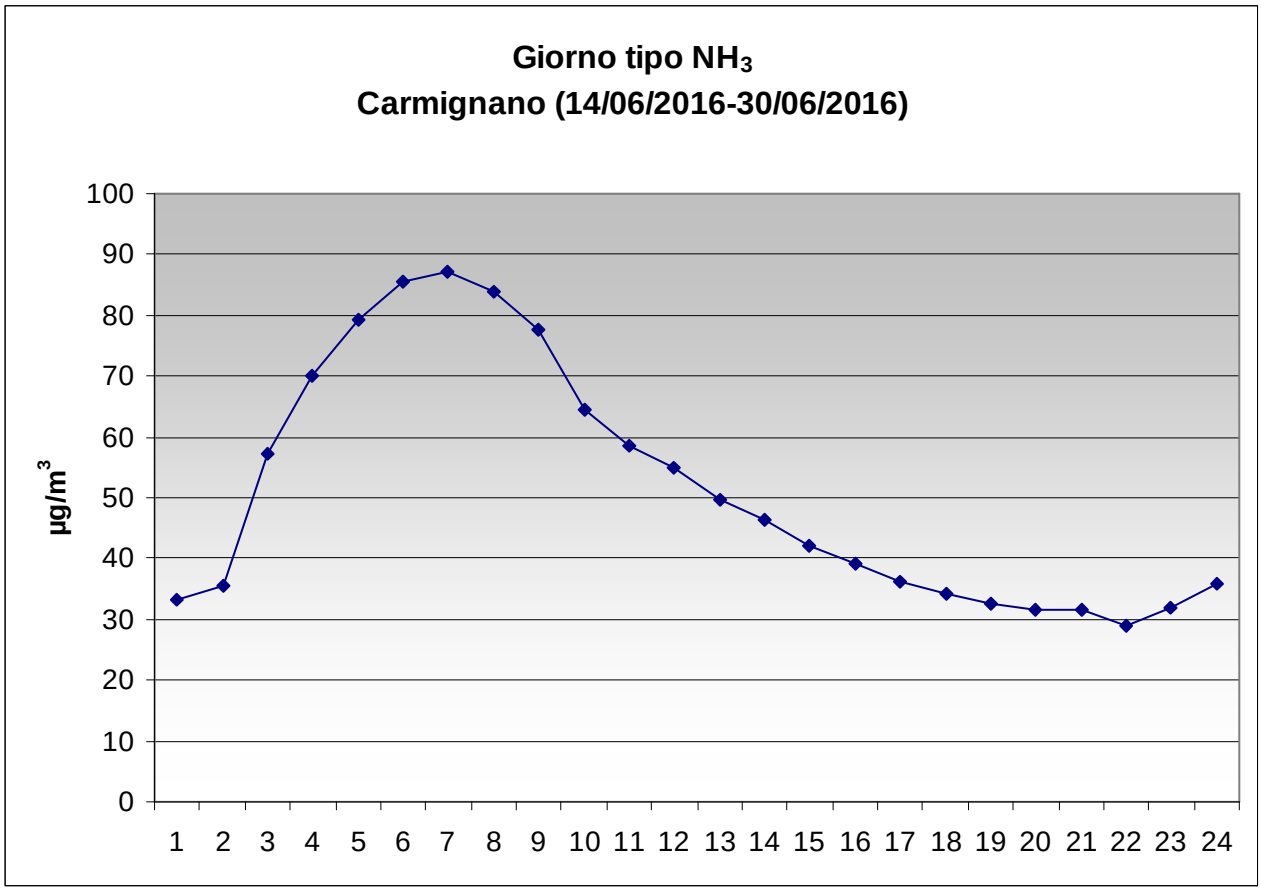


**Figura 17 Giorno tipo di $NH_3$ calcolato con i dati orari registrati dall'analizzatore automatico durante la campagna estiva 2016 a Carmignano.**

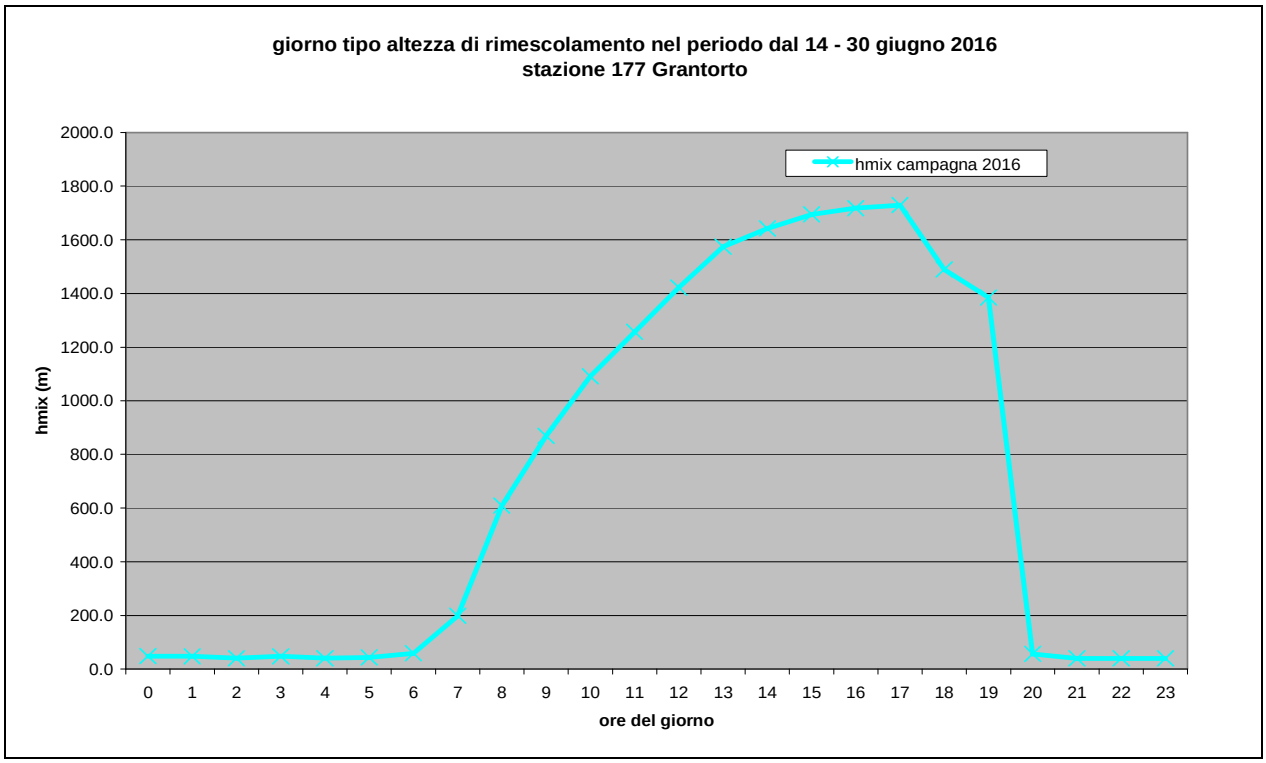


**Figura 18 Giorno tipo dell'altezza di rimescolamento calcolato con i dati orari registrati durante la campagna estiva 2016 presso la stazione di Grantorto** (FONTE: ARPAV Centro Meteo di Teolo).

## 8. Il confronto con le misure di ammoniaca realizzate nell'area padana

Non essendoci valori limite fissati dalla normativa sulla qualità dell'aria per le concentrazioni di ammoniaca in aria, i risultati dei monitoraggi eseguiti in Veneto nel 2015 e nel 2016 sono stati confrontati con le misure realizzate in regioni vicine appartenenti all'area del Bacino Padano, in particolare in Lombardia e in Emilia Romagna.
ARPA Lombardia ha avviato, negli ultimi anni, alcuni studi[10] finalizzati alla valutazione della distribuzione spazio-temporale delle concentrazioni di $NH_3$, effettuando, a partire dal 2007, il monitoraggio in continuo di tale inquinante con analizzatori automatici in 12 siti caratterizzati da morfologia del territorio, uso del suolo e condizioni meteo-climatiche differenti. In particolare il sito di Corte dei Cortesi (CR), prettamente a vocazione agricola, presenta concentrazioni di $NH_3$ più elevate rispetto a quelle determinate a Milano (Pascal), stazione situata in area urbana.
Anche in Emilia Romagna[11] sono state realizzate, nel mese di giugno 2007, misure delle concentrazioni di ammoniaca nell'area di Ferrara; il monitoraggio è stato realizzato con campionatori passivi. In Tabella 9 sono sintetizzate le informazioni sui dati raccolti in Lombardia e in Emilia Romagna.

| **Periodo di campionamento** | **Sito monitorato** | **Metodo di determinazione** | **$[NH_3]$ $\mu gm^{-3}$** |
|---|---|---|---|
| Giugno 2007 (media mese) | Ferrara (vari siti) | Campionatori passivi | 10.5 ÷ 28.5 |
| anno 2015 (media) | Corte dei Cortesi (CR) | Analizzatore automatico | 43.7 |
| anno 2015 (media) | Milano-Pascal | Analizzatore automatico | 8.6 |

**Tabella 9** Concentrazioni di ammoniaca registrate in Lombardia (Milano e Corte dei Cortesi) e a Ferrara**.**

Si evidenzia che nonostante i periodi di riferimento delle misure siano differenti rispetto a quelli delle campagne realizzate in Veneto, l'ordine di grandezza delle concentrazioni di $NH_3$ rilevate è il medesimo. In Veneto, analogamente a quanto già riscontrato in Lombardia, il sito di Carmignano di Brenta, posto in area agricola e con presenza di allevamenti di bovini di medie dimensioni, è caratterizzato da concentrazioni di ammoniaca più elevate rispetto a quelle registrate nelle aree urbane di fondo di Rosà e di Santa Giustina in Colle.

[10] Ammoniaca in atmosfera: misure e valutazioni modellistiche - Progetto PARFIL – III annualità (ARPA Lombardia - Anna De Martini, Elisabetta Angelino, Arnaldo Bessi, Matteo Paolo Costa, Matteo Lazzarini, Edoardo Peroni)

[11] Valutazione della distribuzione spaziale di ammoniaca nel comune di Ferrara - C. Perrino, M. Catrambone, E. Rantica, R. Salzano (2007)

## 9. Conclusioni e sviluppi futuri

Il presente documento fornisce un primo quadro esplorativo dei livelli di $NH_3$ monitorati in aria ambiente durante il 2015 e il 2016, in siti di campionamento di fondo e presso alcuni allevamenti di bovini e di ovaiole in Veneto.
Nel 2015 sono state realizzate due campagne (estiva e invernale) di quattro settimane ciascuna in sette diversi siti di campionamento, tra i quali due allevamenti di bovini a Carmignano di Brenta (PD) e due allevamenti di ovaiole a Grezzana (VR) e Tarmassia (VR). Per la valutazione delle concentrazioni di $NH_3$ sono stati utilizzati campionatori passivi esposti per una settimana. Le misure effettuate con campionatori passivi posti in doppio durante le settimane di campionamento hanno mostrato una buona riproducibilità dei dati con valori medi dello scarto tra le misure inferiori al 5% e valore massimo dello scarto inferiore al 10%.
I valori di $NH_3$ più elevati sono stati registrati in prossimità degli allevamenti, in particolare presso uno degli allevamenti di bovini (allevamento B) di Carmignano di Brenta. In generale, nei siti "hot spot" (Grezzana, Tarmassia, Carmignano) i valori di $NH_3$ rilevati sono stati più elevati durante la campagna estiva rispetto a quella invernale, probabilmente per effetto della maggiore volatilizzazione dell'$NH_3$ a temperature più elevate.
E' stata verificata l'influenza, sulle concentrazioni di $NH_3$, oltre che della temperatura anche di altre variabili quali direzione e velocità del vento, precipitazione e altezza dello strato di rimescolamento durante la campagna estiva 2015, confermando quanto già riportato in letteratura[12], ovvero che la volatilizzazione dell'$NH_3$ aumenta all'aumentare della temperatura, mentre le precipitazioni di almeno 20 mm di pioggia riducono significativamente la volatilizzazione di tale inquinante; infine le concentrazioni di $NH_3$ aumentano quando la velocità del vento è maggiore di 2.5 m/s.
Nel 2016 è stata realizzata una campagna durante la stagione estiva presso l'allevamento di bovini (allevamento B) di Carmignano di Brenta utilizzando un analizzatore automatico posto sul "mezzo mobile Concia" del Dipartimento ARPAV di Vicenza e impiegando parallelamente un campionatore passivo per $NH_3$ ubicato sul mezzo stesso.
Dal confronto tra le misure effettuate presso l'allevamento utilizzando i due metodi si è verificato che lo scarto percentuale è stato inferiore al 5%. Nonostante l'esiguo numero di campioni utilizzati, si può ipotizzare che l'utilizzo dei campionatori passivi per la determinazione delle concentrazioni di $NH_3$ possa essere una valida alternativa all'utilizzo dell'analizzatore automatico in aree caratterizzate da sorgenti di emissione di $NH_3$ rilevanti come allevamenti o aree a vocazione agricola con utilizzo di fertilizzanti. Durante la campagna estiva 2016 è stato ubicato, in parallelo, anche un altro campionatore passivo nella stessa posizione delle precedenti campagne posto in prossimità delle stalle ovvero vicino alla sorgente emissiva di $NH_3$. Si osserva che in entrambe le settimane di campionamento le concentrazioni medie registrate in prossimità delle stalle sono state maggiori rispetto a quelle ottenute con il campionatore passivo posizionato sul mezzo mobile.
Le due settimane di campionamento (14/06/2016–21/06/2016 e 21/06/2016-28/06/2016) sono state caratterizzate da condizioni di ventilazione (direzione e velocità) e di temperatura totalmente differenti. Tale situazione ha permesso anche di valutare l'influenza delle variabili meteorologiche sulle concentrazioni registrate dai due campionatori passivi posti a diversa distanza dalla sorgente, sottovento o sopravento rispetto alla sorgente emissiva (stalle) a seconda della settimana considerata. I valori medi settimanali di $NH_3$ registrati vicino alla sorgente (radiello® 1) sono stati di 74 e di 149 µg/m$^3$ rispettivamente la prima e seconda settimana, mentre i valori medi settimanali di $NH_3$ registrati a maggiore distanza dalla sorgente, con il radiello® 2, sono stati di 56 e 48 µg/m$^3$ rispettivamente. Mediante l'analizzatore automatico, tuttavia, è stato possibile verificare che le concentrazioni orarie, registrate, anche non in prossimità della sorgente, raggiungono valori decisamente più elevati (241 µg/m$^3$ alle ore 3 del 23 giugno 2016) comunque inferiori al valore medio giornaliero di 270 µg/m$^3$ fissato dal WHO come critico.

[12] Sommer SG, Olesen JE, Christensen BT (1991) Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. J Agric Sci 117(1):91–100
Bouwmeester RJB, Vlek PLG, Stumpe JM(1985) Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. Soil Sci Soc Am J 49:376–381

Sempre dall'analisi dei dati orari è possibile verificare come i valori più elevati di $NH_3$ si registrino, mediamente, nelle ore notturne e nelle prime ore del giorno verosimilmente in corrispondenza dell'incremento delle attività zootecniche e alla riduzione dell'altezza dello strato di rimescolamento, ovvero per effetto delle minori capacità dispersive dell'atmosfera.
In generale i valori ottenuti nel corso delle due campagne (2015-2016) sono stati in linea con quelli determinati in altre aree della Pianura Padana (Lombardia e Emilia Romagna) .
Il comparto agro-zootecnico pur non essendo il principale responsabile delle emissioni di PM10 primario, cioè delle polveri sottili generate dai processi di combustione, contribuisce significativamente alla formazione del particolato secondario. Al fine della riduzione delle emissioni in atmosfera derivanti da tale comparto, nell'ambito delle attività dei Gruppi di Lavoro di Bacino Padano istituito mediante l'Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano del 19 dicembre 2013" sono state predisposte le "*Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche, secondo quanto previsto dall'Art.5, comma 1, lettera b dell'Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano del 19 dicembre 2013*". In questo contesto, la pianificazione di campagne periodiche di monitoraggio dell'$NH_3$ in aree rurali interessate da attività agricole e zootecniche, potrebbe costituire un utile strumento di valutazione delle concentrazioni medie di questo inquinante, anche a seguito dell'adozione di misure di mitigazione delle emissioni.

**BIBLIOGRAFIA**

Ammoniaca in atmosfera: misure e valutazioni modellistiche - Progetto PARFIL – III annualità - Arpa Lombardia - A. De Martini, E. Angelino, A. Bessi, M. P.Costa, M. Lazzarini, E. Peroni

Valutazione della distribuzione spaziale di ammoniaca nel comune di Ferrara - C. Perrino, M. Catrambone, E. Rantica, R. Salzano (2007)

Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies – Sailesh N. Behera & Mukesh Sharma & Viney P. Aneja & Rajasekhar Balasubramanian - Environmental Science and Pollution Research ISSN 0944-1344 Environ Sci Pollut Res DOI 10.1007/s11356-013-2051-9 – agosto 2013

European Union emission inventory report 1990–2014 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)

From air pollution to Climate Change – Atmospheric chemistry and physics – John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis (2006)

Sommer SG, Olesen JE, Christensen BT (1991) Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. J Agric Sci 117(1):91–100

Bouwmeester RJB, Vlek PLG, Stumpe JM(1985) Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. Soil Sci Soc Am J 49:376–381

Squizzato S., Masiol M., Brunelli A., Pistollato S., Tarabotti E., Rampazzo G., and Pavoni B., 2013. Factors determining the formation of secondary inorganic aerosol: a case study in the Po Valley (Italy). Atmospheric Chemistry and Physics 13, 1927 – 1939.

Annuario dei dati ambientali 2014-2015 Report ISPRA 59/2015 – AA.VV.

"Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche, secondo quanto previsto dall'Art.5, comma 1, lettera b dell'Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano del 19 dicembre 2013" - Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali – Dipartimento delle Politiche Europee e internazionali e delle sviluppo rurale (2015)
http://www.suinicoltura.it/wp-content/uploads/sites/19/2016/02/Linee-guida-Mipaaf-17-12-2015-EMISSIONI.pdf

Relazione Regionale Qualità dell'aria 2015 - AA.VV. ARPAV (2016)
http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/riferimenti/documenti