

# **Monitoraggio degli odori nella zona di Castelfranco di Sotto e Santa Croce**

**Analisi delle due campagne di monitoraggio  
di qualità dell'aria e delle misure  
anemometriche**

Dicembre 2012  
Relazione tecnica a cura del Settore Modellistica previsionale  
Area Vasta Centro



Relazione tecnica

# **Monitoraggio degli odori nella zona di Castelfranco di Sotto e Santa Croce**

Analisi delle due campagne di monitoraggio di qualità  
dell'aria e delle misure anemometriche

A cura di:  
Dott.ssa *Silvia Maltagliati*  
Settore Modellistica previsionale  
Area Vasta Centro

Dicembre 2012

## INDICE

<b>1</b>	<b>OBIETTIVI E FINALITÀ DELLO STUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DATI OSSERVATIVI E STRUMENTI DI LAVORO .....</b>	<b>4</b>
2.1	GENERALITÀ SUI DATI DI CONCENTRAZIONE DELLE SOSTANZE ODORIGENE IN ARIA AMBIENTE ED I DATI ANEMOLOGICI DEL SITO .....	6
2.2	ELEMENTI DI VALUTAZIONE .....	7
2.3	SOGLIE DI PERCETTIBILITÀ DELLE SOSTANZE MONITORATE .....	8
2.4	METODO DI ELABORAZIONE .....	11
<b>3</b>	<b>ELABORAZIONE DEI DATI.....</b>	<b>12</b>
3.1	BIOSSIDO DI ZOLFO $SO_2$ .....	13
3.1.1	<i>Primo periodo di monitoraggio .....</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Secondo periodo di monitoraggio.....</i>	<i>14</i>
3.2	IDROCARBURI NON METANICI NMHC .....	15
3.2.1	<i>Primo periodo di monitoraggio .....</i>	<i>16</i>
3.2.2	<i>Secondo periodo di monitoraggio.....</i>	<i>19</i>
3.3	IDROGENO SOLFORATO $H_2S$ .....	20
3.3.1	<i>Primo periodo di monitoraggio .....</i>	<i>20</i>
3.3.2	<i>Secondo periodo di monitoraggio.....</i>	<i>23</i>
3.4	BENZENE E TOLUENE $C_6H_6$ E $C_7H_8$ .....	25
3.5	SEGNALAZIONI DEI CITTADINI .....	26
3.6	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SUI SETTORI PREVALENTI DI PROVENIENZA DEGLI EVENTI ACUTI 28	
3.6.1	<i>Biossido di zolfo <math>SO_2</math>.....</i>	<i>28</i>
3.6.2	<i>Idrocarburi non metanici NMHC .....</i>	<i>28</i>
3.6.3	<i>Idrogeno solforato <math>H_2S</math> .....</i>	<i>29</i>
3.6.4	<i>Toluene <math>C_7H_8</math> .....</i>	<i>29</i>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>30</b>
4.1	DATI METEOROLOGICI.....	30
4.2	DATI DI QUALITÀ DELL' ARIA ED IMPATTO OLFATTIVO .....	32
4.3	SEGNALAZIONI DEI CITTADINI .....	32
4.4	INDICAZIONI PER LA PROGRAMMAZIONE DEL MONITORAGGIO .....	32
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>APPENDICE .....</b>	<b>35</b>
6.1	AUTOLABORATORIO1 .....	35
6.2	AUTOLABORATORIO2.....	41
6.3	ECOESPANSO .....	43
6.4	SELEZIONE DEL DATASET METEOROLOGICO .....	46

## **1 OBIETTIVI E FINALITÀ DELLO STUDIO**

Il presente studio affronta la problematica del disturbo olfattivo lamentato nella zona di Castelfranco di Sotto e di Santa Croce frequentemente segnalato dai cittadini tramite esposti e telefonate all'URP di ARPAT. In seguito alle segnalazioni il Dipartimento ARPAT di Pisa ha disposto il monitoraggio della qualità dell'aria tramite un mezzo mobile che è stato posizionato in località Cerri nel mese di giugno e presso l'azienda Barnini s.r.l. nei mesi di agosto, settembre ed ottobre, misurando le concentrazioni orarie di  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NMHC$ ,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$ .

Dall'analisi dei dati di qualità dell'aria relativamente agli inquinanti monitorati tramite la strumentazione installata sui mezzi mobili gestiti da ARPAT e della meteorologia del luogo, si intende procedere alla ricerca di una correlazione tra gli eventi in cui sono state rilevate concentrazioni elevate di alcuni inquinanti (in particolare  $H_2S$ ) e le potenziali sorgenti, individuate dalla direzione di provenienza del vento rispetto al recettore.

La metodologia di misura e di elaborazione dei dati osservati viene analizzata e definita anche con l'obiettivo di individuare le condizioni per programmare adeguatamente il monitoraggio della qualità dell'aria nella zona, sia direttamente tramite il mezzo mobile sia indirettamente tramite la conoscenza dettagliata delle attività produttive e di servizi e delle loro emissioni in atmosfera. Inoltre, essendo necessario coadiuvare le misure di concentrazione degli inquinanti in aria ambiente con misure anemologiche affidabili, la programmazione del futuro monitoraggio della qualità dell'aria dovrebbe includere anche l'installazione di una stazione meteorologica opportunamente attrezzata e posizionata.

## 2 DATI OSSERVATIVI E STRUMENTI DI LAVORO

In generale i dati necessari per questo tipo di studio comprendono: i) le concentrazioni delle sostanze odorigene in aria ambiente, sia delle specifiche sostanze chimicamente definite (misurate solitamente in concentrazioni volumetriche,  $ppm$ , o di massa,  $\mu g/m^3$ ) ovvero delle miscele di sostanze identificate dalla rilevabilità olfattiva (misurate in  $ou_E/m^3$ ); ii) anemologia del sito, in termini di velocità e direzione di provenienza del vento almeno in un punto del dominio individuato dall'estensione dell'impatto olfattivo che si vuole studiare; iii) conoscenza del territorio e delle attività produttive o di servizi presenti, che possono avere emissioni in atmosfera di sostanze con una soglia di percettibilità riconosciuta. Presso queste attività deve essere possibile effettuare misure delle concentrazioni alle emissioni, o in termini di concentrazione di massa di sostanze odorigene (di solito espresse in concentrazioni di massa  $mg/Nm^3$ ) ovvero in termini di concentrazione di odore (misurate in  $ou_E/m^3$ ).

Preliminarmente all'analisi dettagliata dei dati è necessario inquadrare l'estensione territoriale del problema. In pratica questa è data dalla distribuzione territoriale delle segnalazioni di disturbo olfattivo da parte dei cittadini e delle attività produttive presenti nell'area. In Figura 1 si vede che il dominio di studio è un'area di circa  $10km \times 7km$  rispettivamente nelle direzioni O-E e S-N.

Gli strumenti con cui affrontare lo studio e cercare le potenziali sorgenti del disturbo olfattivo sono costituiti dall'individuazione delle soglie di percezione olfattiva delle sostanze monitorate, dedotte dalla letteratura, e conseguentemente dalla selezione degli eventi (ore) acuti verificatisi nel periodo del monitoraggio.

Per l'individuazione delle probabili sorgenti odorigene si procede cercando tra quelle attività produttive che si trovano sopravento al recettore dove è stato registrato l'evento acuto, cioè presso i due auto laboratori, nei vari siti in cui sono stati posti durante il monitoraggio.





**Figura 1 Posizione dei cittadini che hanno segnalato il disturbo al centralino ARPAT (rombi rossi, numerati 1-17) e dei mezzi mobili con cui è stato effettuato il monitoraggio di qualità dell'aria e anemologico (quadrati gialli)**

Le ipotesi principali per tale analisi, infatti, sono che le sostanze odorigene siano disperse in aria ambiente come sostanze inerti e quindi influenzate solo dalla fluidodinamica dell'atmosfera e che la percezione olfattiva umana segua una legge logaritmica rispetto alla concentrazione in aria ambiente delle sostanze odorigene<sup>1</sup>, cosicché l'intensità della percezione si diluisce (e se ne allarga l'estensione laterale) con la distanza dalla sorgente in modo più o meno rapido in funzione della

---

<sup>1</sup> Legge di Weber-Fechner.

diffusione turbolenta. In pratica si può stimare che da una certa percezione a 100m di distanza da una sorgente, si passa ad una percezione irrilevante nel caso di condizioni atmosferiche instabili caratterizzate da forte turbolenza (prevalentemente di origine termica convettiva nel periodo diurno) ed, al contrario, ancora persistente nel caso di condizioni atmosferiche fortemente stabili (prevalentemente notturne). La posizione sopravvento di una sorgente rispetto ad un recettore è determinabile in base alla direzione di provenienza del vento in corrispondenza dell'evento acuto. Per questa ragione sono indispensabili i dati anemologici.

## **2.1 Generalità sui dati di concentrazione delle sostanze odorigene in aria ambiente ed i dati anemologici del sito**

I dati su cui basare l'analisi sono stati ricavati dalle misure effettuate dalle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria e dagli anemometri montati su due mezzi mobili, indicati nel seguito come “autolaboratorio1” e “autolaboratorio2”; dalle misure anemologiche di una stazione meteorologica posta presso la ditta Eco Espanso; dalle segnalazioni telefoniche di cittadini dell'area, pervenute al Dipartimento ARPAT di Pisa.

Il periodo di osservazione è compreso tra giugno e ottobre 2012.

Nel dettaglio si dispone dei seguenti dati riferiti alle varie fonti:

- l'autolaboratorio1 (in località Cerri) ha restituito le misure di velocità, direzione prevalente e direzione globale del vento e di concentrazione di  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NMHC$ ,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$  per ogni ora del periodo 8/6/2012-4/7/2012;
- l'autolaboratorio1 (presso l'azienda Barnini) ha restituito le misure di velocità, direzione prevalente e direzione globale del vento e di concentrazione di  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NMHC$ ,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$  per ogni ora del periodo 9/8/2012-2/11/2012;
- l'autolaboratorio2 (presso l'incrocio tra via del Bosco e strada Francesca) ha restituito le misure di velocità e direzione prevalente del vento e di concentrazione di polveri,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$ ,  $C_8H_{10}$ , quest'ultimo (xylene) nei 3 isomeri m, p, o, per ogni ora e **per ogni minuto** del periodo 1/8/2012-30/9/2012;
- la stazione meteorologica installata sul tetto di uno dei capannoni che ospitano la ditta EcoEspanso restituisce i dati anemologici orari, di direzione prevalente di provenienza e velocità del vento. La registrazione dei dati non è risultata sempre continua, pertanto sono

stati resi disponibili i dati anemologici di alcuni periodi coincidenti con il monitoraggio della qualità dell'aria effettuato con gli auto laboratori per complessive: 479 ore durante il monitoraggio dell'*autolaboratorio1* in località Cerri (74% del totale) e 1635 durante il monitoraggio dell'*autolaboratorio1* presso la ditta Bernini (79% del totale).

E' importante aggiungere che non sono note con precisione le quote a cui viene misurato il vento nei tre casi, *autolaboratorio1*, *autolaboratorio2* ed Eco Espanso; si può ipotizzare, dalla mera osservazione delle foto di repertorio, che siano rispettivamente pari a circa 5, 4, 12 m, anche se nell'ultimo caso il palo anemometrico è posto sopra un tetto di circa 8 m da cui si innalza per ulteriori 4 m. Da queste collocazioni si prevede che la velocità del vento rilevata dall'anemometro di Eco Espanso sia maggiore che negli altri due casi, ma in generale si osserva che il posizionamento è scarsamente adeguato nel caso dei due auto laboratori, in quanto a quota dal suolo troppo bassa, e non ottimale nel caso di Eco Espanso poiché, date le notevoli dimensioni del capannone, l'anemometro è potenzialmente influenzato dallo strato limite al tetto [2].

## **2.2 Elementi di valutazione**

Per conseguire l'obiettivo generale riguardo la valutazione dell'impatto olfattivo, è necessario introdurre alcuni elementi di valutazione dei dati e degli strumenti disponibili, ovviamente subordinati alla validazione dei dati stessi da eseguire con metodi appropriati. Per quanto riguarda gli elementi di valutazione riveste un ruolo particolarmente importante la risoluzione temporale a cui i dati sono acquisiti.

In generale, per uno studio di impatto olfattivo è auspicabile disporre di dati, sia di qualità dell'aria sia meteorologici, sub-orari poiché questo tipo di impatto è caratterizzato dalla brevità del tempo sufficiente a percepire un disturbo olfattivo (frazioni di ora) e, solitamente, dalla vicinanza delle potenziali sorgenti ai recettori. Infatti gli eventi olfattivi sono generalmente provocati da concentrazioni che possono essere percepite da recettori prossimi alla sorgente, entro 1-5 km, dipendentemente anche dalla conformazione del terreno e dalla presenza o meno di ostacoli tra sorgente e recettore; ovviamente nel caso di rilascio di ingenti quantità di sostanze odorigene queste possono essere percepite anche a distanze maggiori.

Solitamente, tuttavia, si dispone di soli dati orari, per i quali è quindi necessario presupporre che la direzione di provenienza del vento indichi in realtà un settore di provenienza, da individuare opportunamente per ogni caso considerato.



Nel caso di dati sia di qualità dell'aria sia meteorologici su base oraria, si ritiene opportuno correlare la concentrazione oraria di ciascun inquinante con la direzione del vento nella medesima ora. Infatti si considera che un evento olfattivo che viene percepito ad una determinata ora sia stato originato e trasportato al recettore in un intervallo di tempo, dipendente anche dalla velocità del vento, immediatamente precedente alla percezione; poiché il dato meteorologico di ciascuna ora è calcolato in base alle osservazioni registrate negli ultimi 60 minuti, l'evento olfattivo rilevato tramite la misura della concentrazione della sostanza odorigena presso una delle stazioni di monitoraggio si può ritenere trasportato dal campo di vento osservato nella medesima ora.

Nello specifico, i dati disponibili per il presente studio sono così caratterizzati:

- l'*autolaboratorio1* fornisce dati orari, quindi è inevitabile l'approssimazione di cui sopra;
- l'*autolaboratorio2* fornisce dati orari e per ogni minuto, quindi è possibile procedere con l'approssimazione già vista per i dati dell'*autolaboratorio1* per il dato orario, oppure impiegare i dati al minuto, considerando che tali dati permettono infine l'individuazione della sorgente della sostanza misurata entro una distanza dall'*autolaboratorio1* pari a  $vvp \cdot 60m$  ( $vvp$  è la velocità prevalente del vento misurata in  $m/s$ );
- la definizione di un evento acuto, relativamente alle concentrazioni delle sostanze misurate presso gli autolaboratori, è un elemento sensibile di quest'analisi, proprio perché mancano soglie oggettive di percettibilità delle specifiche sostanze, oppure, quando tali soglie siano note (ad esempio per  $H_2S, C_6H_6, C_7H_8$ ) esse si estendono su intervalli molto ampi che possono richiedere di una specifica interpretazione per essere adattate al caso in studio;
- le segnalazioni telefoniche dei cittadini sono utili e significative se georeferenziate e poste in correlazione temporale con le direzioni di provenienza del vento per individuare le potenziali sorgenti rispetto alle quali sono “sottovento”. Si deve ricordare che in estate è in vigore l'ora legale e quindi le segnalazioni debbono essere riferite all'ora solare posticipando di 1 ora quella registrata nella segnalazione.

### **2.3 Soglie di percettibilità delle sostanze monitorate**

Le sostanze che sono state misurate in concentrazione in aria ambiente per il presente studio debbono essere analizzate in base alla loro capacità di indurre un disturbo olfattivo ed infatti si è premesso che ne devono essere individuate le soglie di percezione olfattiva, dedotte dalla

letteratura, che permettano di correlare la percezione alla concentrazione (trattandosi di sostanze chimiche specifiche). In questo caso non esiste una normativa a cui fare riferimento ma piuttosto delle fonti tecniche, in particolare provenienti dall'ambito degli studi di igiene industriale sull'esposizione dei lavoratori a determinate sostanze chimiche. Per il presente lavoro si farà riferimento a quanto riportate nel manuale "2010 Respirator Selection guide" della 3M Occupational Health and Environmental Safety Division, 2010, [1] (indicato nel seguito come riferimento "A") e la pubblicazione "Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards", dell'American Industrial Hygiene Association, 1989, [1]2 (indicato nel seguito come riferimento "B"). Sintetizzando i dati disponibili per tutte le sostanze monitorate dai due auto laboratori, si è stabilito di selezionare nel riferimento A il valore dell'"odor threshold"<sup>2</sup> e nel riferimento B il valore del "geometric mean air odor threshold" che è spesso stimato in base ad intervalli di valori ampi, e corrisponde a sua volta alla stima più accreditata, sulla base della letteratura di settore, contenuta nel documento "Compilation of Odor Threshold Values in Air and Water", Paesi Bassi 1977, [1]10 pubblicato congiuntamente da RID (Istituto Centrale delle risorse idriche) e CIVO (Istituto centrale per la ricerca sulla nutrizione e sugli alimenti) e successivo aggiornamento del TNO (Organizzazione per la ricerca applicata) nel 1982. In pratica i due riferimenti sono strettamente collegati e approssimativamente il primo è l'aggiornamento più recente del secondo. Per questo motivo nel presente studio è stato infine eletto il valore del riferimento A ("odor threshold") come soglia di percettibilità delle sostanze monitorate. In Tabella 4-1 sono riportati il "odor threshold" del riferimento A ed il "geometric mean air odor threshold" del riferimento B per le sostanze monitorate da entrambi gli auto laboratori ad esclusione del metano, inodore, e delle polveri, per le quali non è possibile questo tipo di caratterizzazione poiché non se ne conosce la composizione.

---

<sup>2</sup> Di cui gli autori di cui gli autori danno il seguente commento: "The odor thresholds reported in the literature are typically determined for a single constituent, with no other chemicals present in the air. The single constituent situation rarely occurs in the workplace. Therefore, caution must be exercised in using these numbers. They may not be representative of odor detection capabilities of individual workers in your facilities. On the other hand, experience may

**Tabella 4-1 Sintesi dei valori di concentrazione corrispondenti alle soglie di percettibilità riportati nei riferimenti A e B di letteratura**

sostanza	Soglia A (ppm, peso molecolare, $mg / m^3$ )	Soglia B (ppm, $mg / m^3$ , tipologia odore)
$SO_2$	0.708; 64.07; 2.025	2.7; 7.72; metallico/pungente/irritante
$NO_2$	-; 46.01;-	-;-; varichina
$H_2S$	0.0005; 34.08; 0.00076	0.0094; 0.014; marcio
$C_6H_6$ , benzene	8.650; 78.11; 30.16	61.000; 212.7; aromatico/dolce
$C_7H_8$ , toluene	0.16; 92.13; 0.658	1.6; 6.581; farina/bruciato
$C_8H_{10}$ , xylene (dimetilbenzene) <sup>3</sup> (1,2-dimetilbenzene) (1,3-dimetilbenzene) (1,4-dimetilbenzene)	0.851;106.16;4.03 0.324;106.16;1.53 0.49;106.16;	dolce 5.4;25.59 0.62;2.94 2.1;9.95
<b>NMHC</b>		
$C_{12}H_{10}$ , bifenile	0.009; 154.20; 0.064	piacevole/burro
$C_4H_6$ , butadiene	0.455; 54.09; 1.1	0.450; 1.09; aromatico/caucciù
$C_9H_{12}$ , cumene	0.024; 120.19; 0.129	0.032; 0.172; pungente
$C_6H_{12}$ , cicloesano	83.800; 84.16; 314.849	780.000; 2930.571; pungente
$C_6H_{10}$ , cicloesene	0.363; 82.14; 1.331	
$C_5H_6$ , ciclopentadiene	3.800; 66.10; 11.21	terpenico/pino/frutta
$C_{10}H_{12}$ , dicyclopentadiene	0.030; 132.21; 0.177	0.011; 0.065; dolce/pungente
$C_8H_{10}$ , etilbenzene	2.300; 106.16; 10.9	oleoso
$C_8H_{10}$ , xylene (dimetilbenzene) <sup>4</sup>		dolce

indicate better warning properties than what is indicated by the reported value”

<sup>3</sup> Nel monitoraggio dell'autolaboratorio2 lo xylene è misurato distintamente rispetto agli altri NMHC.

<sup>4</sup> Viene ripetuto perché nel caso dell'autolaboratorio1 non è misurato distintamente dagli altri NMHC.

sostanza	Soglia A (ppm, peso molecolare, $mg / m^3$ )	Soglia B (ppm, $mg / m^3$ , tipologia odore )
(1,2-dimetilbenzene)	0.851;106.16;4.03	5.4;25.59
(1,3-dimetilbenzene)	0.324;106.16;1.53	0.62;2.94
(1,4-dimetilbenzene)	0.49;106.16;	2.1;9.95

## 2.4 Metodo di elaborazione

Il criterio scelto per individuare eventuali sorgenti degli eventi di disturbo olfattivo si basa sull'individuazione della direzione (o del settore) di provenienza del vento in corrispondenza delle concentrazioni delle sostanze monitorate superiori ai valori della "Soglia A" di percettibilità. Come già discusso, la corrispondenza dell'evento odorigeno e della misura della direzione di provenienza del vento è intesa su base oraria.

L'analisi della distribuzione statistica delle direzioni di provenienza del vento così individuate, anche in correlazione ai valori misurati delle varie sostanze, fornisce, per ciascuna posizione degli auto laboratori, i settori da cui è maggiormente probabile l'origine dell'impatto. In base a questi settori, ed alla conoscenza e localizzazione delle attività produttive limitrofe, si possono individuare preliminarmente le probabili sorgenti odorigene.

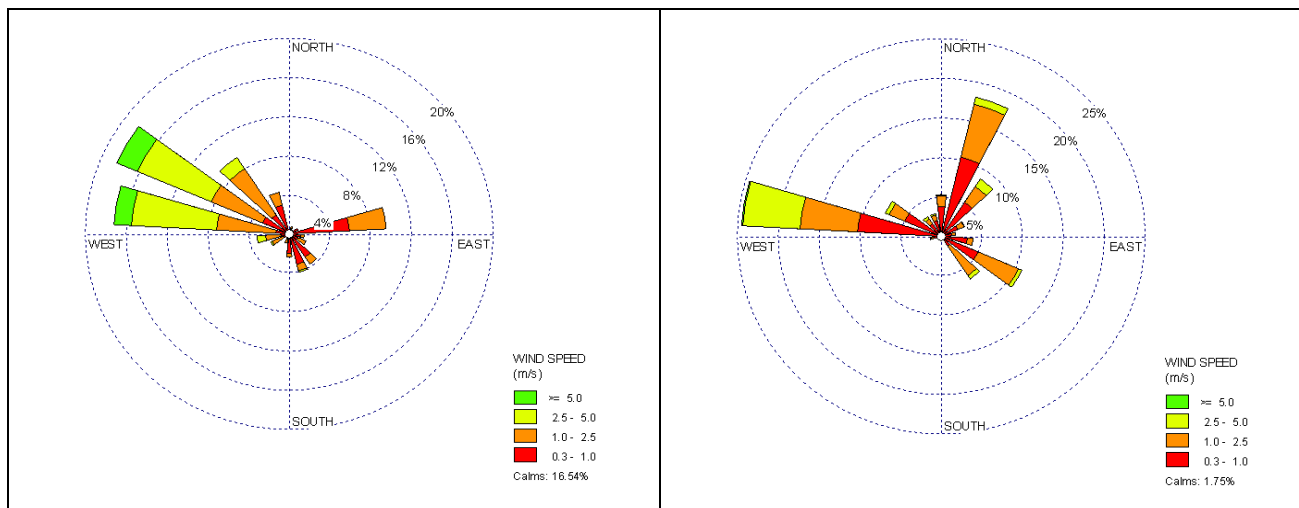
Le distribuzioni statistiche delle direzioni di provenienza del vento corrispondenti agli eventi acuti di ciascuna sostanza monitorata possono essere visualizzate tramite adeguate "rose dei venti", che rendono evidente graficamente il procedimento sopra descritto [3].

Un'ulteriore indicazione è costituita dall'elaborazione dei rilievi dedotti dalle segnalazioni dei cittadini, anch'essa condotta tramite l'elaborazione del dato anemologico in corrispondenza della segnalazione di disturbo olfattivo.

### 3 ELABORAZIONE DEI DATI

Per l'individuazione delle correlazioni tra eventi odorigeni e direzioni di provenienza del vento e l'elaborazione dei dati, si è scelto di utilizzare i dati del monitoraggio di qualità dell'aria e le misure anemologiche dell'*autolaboratorio1*, tralasciando l'analogo dataset dell'*autolaboratorio2* e le misure della stazione posta sul tetto dello stabilimento di Eco Espanso, (vedi **Appendice**). Tuttavia, si deve tener conto della limitazione sulle direzioni di provenienza del vento nella posizione presso la ditta Barnini, che non consente di analizzare eventuali emissioni odorigene provenienti dai settori meridionali rispetto alla posizione dell'autolaboratorio.

Le rose dei venti misurate dall'anemometro installato sull'*autolaboratorio1* e relative ai due periodi e posizioni di monitoraggio, sono riportate nella Figura 2.



**Figura 2 Rose dei venti misurati dall'anemometro dell'autolaboratorio1 nel primo periodo di monitoraggio in località Cerri (a) e nel secondo periodo di monitoraggio presso l'azienda Barnini (b).**

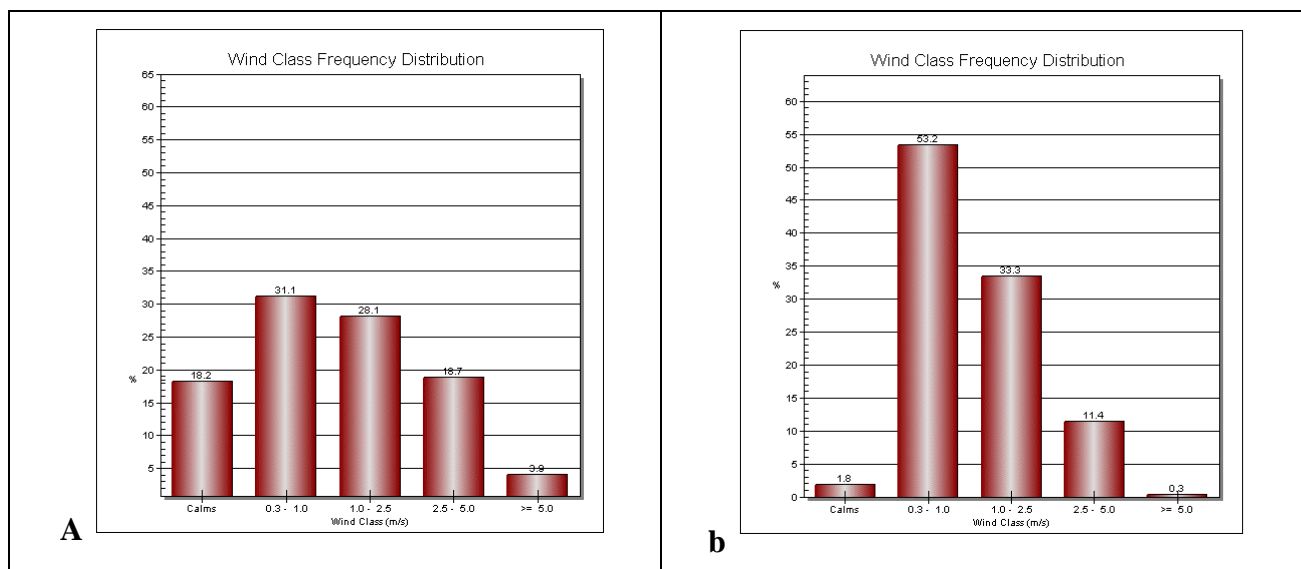
Si nota che le due rose dei venti sono abbastanza diverse: in particolare nel secondo periodo di monitoraggio sono completamente mancanti i settori da SE ad O, che nel primo periodo di monitoraggio sono presenti anche se con frequenze modeste, ed è invece accresciuto il settore NE, mancante nel primo periodo di monitoraggio. Queste discrepanze sono probabilmente dovute, almeno in parte, alla presenza del capannone dell'azienda Barnini molto prossimo all'*autolaboratorio1* e tale da bloccare parzialmente il vento proveniente dai settori meridionali nel Secondo periodo di monitoraggio.

Inoltre si nota che le velocità del vento sono in generale basse, con una percentuale di ore di calma di vento elevata nel primo periodo di monitoraggio (16.54%) e una distribuzione di frequenza



decisamente spostata verso velocità  $< 1.0 \text{ m/s}$  nel secondo periodo di monitoraggio (Figura 3), forse sempre a causa della presenza del capannone dell'azienda Barnini. Le velocità basse inducono un maggior errore sulla direzione di provenienza del vento che può risultare più variabile e quindi inficiare il metodo di analisi del presente studio.

Si può quindi premettere che i risultati dello studio sono comunque affetti da un'intrinseca incertezza dovuta alla mancanza di accuratezza dei dati anemologici. Il metodo di analisi, tuttavia, viene adeguatamente testato e rivela una potenziale capacità di individuare le sorgenti odorigene dell'area anche in relazione all'intensità del loro impatto.



**Figura 3 Distribuzione di frequenza delle classi di vento misurati dall'anemometro dell'autolaboratorio1 nel primo periodo di monitoraggio in località Cerri (a) e nel secondo periodo di monitoraggio presso l'azienda Barnini (b).**

Lo svolgimento dell'elaborazione è descritto di seguito per le sostanze  $SO_2$ ,  $NMHC$ ,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$  distinguendo tra l'analisi delle misure del monitoraggio eseguito nel periodo 8/6/2012-4/7/2012 dall'autolaboratorio1 posto in località Cerri (di seguito "Primo periodo di monitoraggio"), e del monitoraggio eseguito nel periodo 9/8/2012-2/11/2012 dall'autolaboratorio1 posto presso la ditta Barnini (di seguito "Secondo periodo di monitoraggio").

### 3.1 Biossido di zolfo $SO_2$

Per  $SO_2$  le soglie di percettività, richiamate in Tabella 4-2, sono piuttosto elevate ( $sogliaA = 2025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rispetto ai valori misurati dall'autolaboratorio1 che misura una

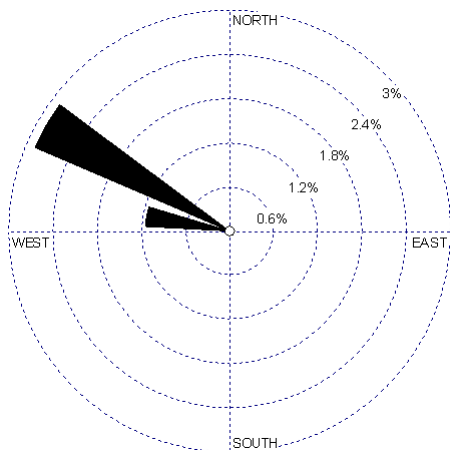
concentrazione massima nel primo periodo di monitoraggio pari a  $50.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e nel secondo periodo di monitoraggio pari a  $35.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si nota comunque che si sono verificati alcuni eventi in cui la concentrazione è sensibilmente superiore alla media: in particolare si è scelto di analizzare la direzione di provenienza del vento nei casi in cui la concentrazione misurata supera il valore medio di una quantità pari a  $2\sigma$  della distribuzione dei valori.

**Tabella 4-2 Soglie di percettibilità per  $\text{SO}_2$**

sostanza	Soglia A (ppm, peso molecolare, $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Soglia B (ppm, $\text{mg}/\text{m}^3$ , tipologia odore)
$\text{SO}_2$	0.708; 64.07; 2.025	2.7; 7.72; metallico/pungente/irritante

### 3.1.1 Primo periodo di monitoraggio

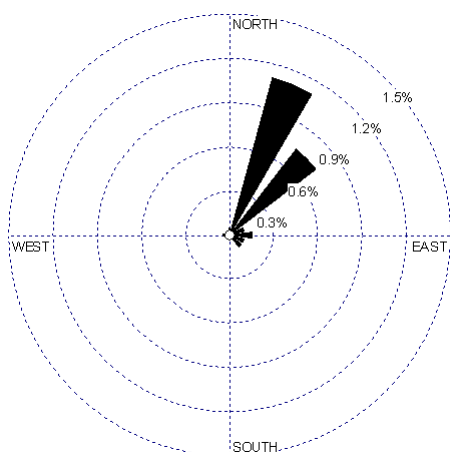
Si ritiene che la visualizzazione della rosa di provenienza del vento nei casi in cui la concentrazione di  $\text{SO}_2 > \text{media} + 2\sigma = (1.7 + 2 \cdot 5.) \mu\text{g}/\text{m}^3 = 11.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sia già esplicativa delle indicazioni che tale parametro può fornire rispetto all'analisi delle possibili sorgenti odorigene.



Si vede che la sorgente degli eventi acuti è posta nei settori  $290^\circ$ - $310^\circ$  e secondariamente  $270^\circ$ - $290^\circ$ , quindi ad O-NO. Data la posizione dell'autolaboratorio I, questi settori indicano la direzione in cui si trova l'impianto dell'azienda Aquarno. Non si tratta comunque di episodi particolarmente intensi.

### 3.1.2 Secondo periodo di monitoraggio

In maniera analoga si presenta la rosa di provenienza del vento nei casi in cui la concentrazione di  $\text{SO}_2 > \text{media} + 2\sigma = (0.9 + 2 \cdot 2.1) \mu\text{g}/\text{m}^3 = 5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Si nota che la sorgente degli eventi acuti è posta nei settori  $10^\circ$ - $30^\circ$ , e secondariamente  $30^\circ$ - $50^\circ$  quindi a N-NE. Data la posizione dell'autolaboratorio I, questi settori indicano nuovamente la direzione in cui si trova Aquarno. In questo caso le concentrazioni, anche in corrispondenza degli eventi acuti, sono in generale inferiori rispetto al Primo periodo di monitoraggio, elemento che potrebbe confermare che gli

eventi acuti sono provenienti da Aquarno, che risulta posta più lontana dall'*autolaboratorio1* nel secondo periodo di monitoraggio rispetto al primo.

### 3.2 Idrocarburi non metanici NMHC

Per queste sostanze è opportuno fare una premessa, anche allo scopo di indirizzare eventuali monitoraggi specifici successivi. Infatti la miscela di cui un rilievo di NMHC è effettivamente composto non è né frequentemente né facilmente nota e conseguentemente è di difficile definizione la rilevanza dell'impatto odorigeno. Si procede quindi ad una sintesi dei dati di letteratura relativi ai composti organici non metanici, limitandosi ovviamente ai soli  $C_xH_y$ , ad eccezione di butano, etano, esano, etilene, indene che hanno soglie di percezione molto elevate. Si riporta la sintesi nella Tabella 4-3.

**Tabella 4-3 Soglie di percettibilità per i NMHC**

sostanza	Soglia A (ppm, peso molecolare, $mg / m^3$ )	Soglia B (ppm, $mg / m^3$ , tipologia odore)
$C_{12}H_{10}$ , bifenile	0.009; 154.20; 0.064	piacevole/burro
$C_4H_6$ , butadiene	0.455; 54.09; 1.1	0.450; 1.09; aromatico/caucciù
$C_9H_{12}$ , cumene	0.024; 120.19; 0.129	0.032; 0.172; pungente
$C_6H_{12}$ , cicloesano	83.800; 84.16; 314.849	780.000; 2930.571; pungente
$C_6H_{10}$ , cicloesene	0.363; 82.14; 1.331	
$C_5H_6$ , ciclopentadiene	3.800; 66.10; 11.21	terpenico/pino/frutta
$C_{10}H_{12}$ , dicyclopentadiene	0.030; 132.21; 0.177	0.011; 0.065; dolce/pungente
$C_8H_{10}$ , etilbenzene	2.300; 106.16; 10.9	oleoso
$C_8H_{10}$ , xylene (dimetilbenzene) (1,2-dimetilbenzene) (1,3-dimetilbenzene) (1,4-dimetilbenzene)	0.851;106.16;4.03 0.324;106.16;1.53 0.49;106.16;	dolce 5.4;25.59 0.62;2.94 2.1;9.95

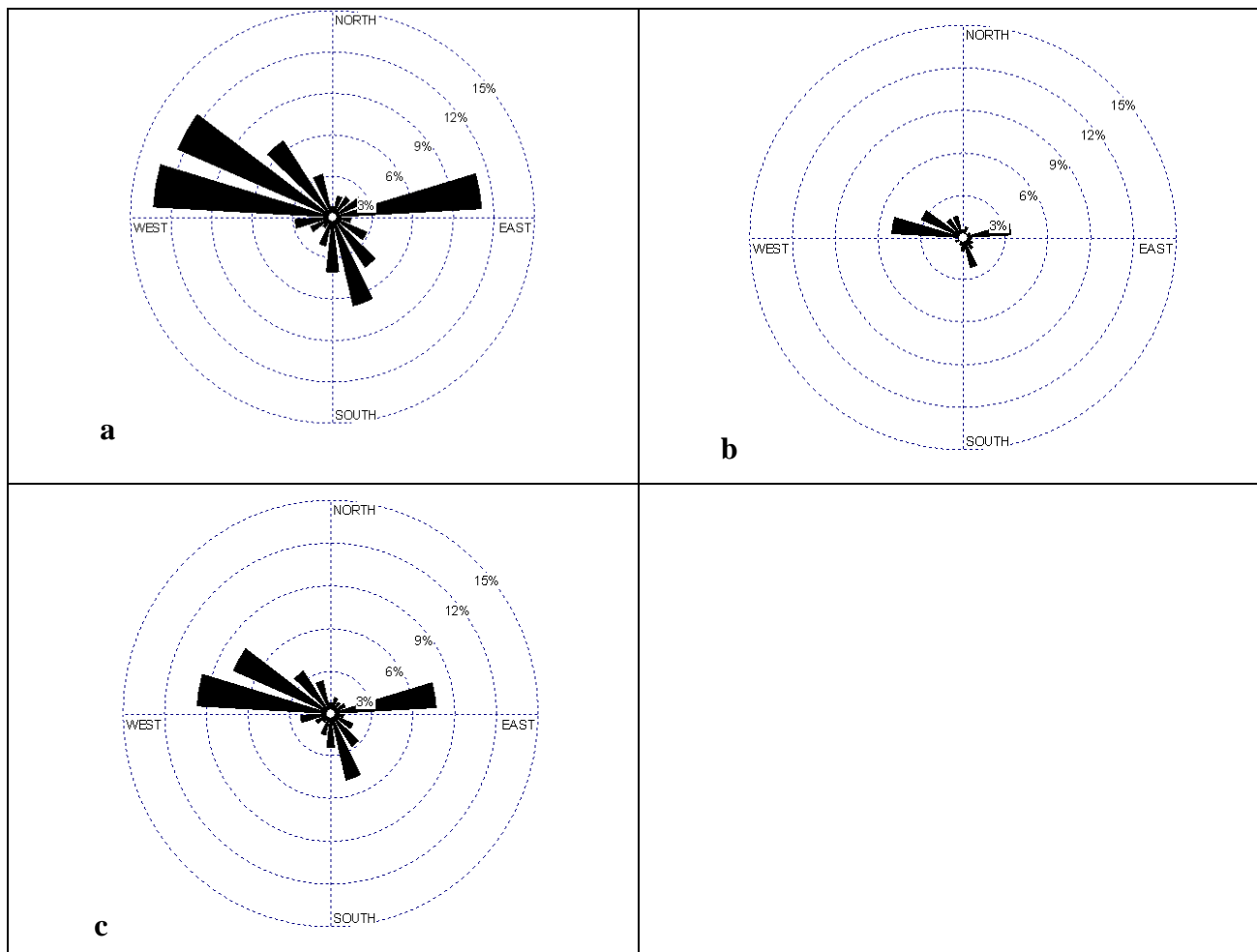
Rispetto ai valori di concentrazione rilevati in entrambi i monitoraggi ( $media_{1^{\circ}monit.} = 210 \mu g/m^3$ ,  $max_{1^{\circ}monit.} = 640 \mu g/m^3$ ,  $media_{2^{\circ}monit.} = 127 \mu g/m^3$ ,  $max_{2^{\circ}monit.} = 2133 \mu g/m^3$ ) i componenti che possono essere percepiti sono solo:

- $C_{12}H_{10}$ , bifenile ( $soglia = 64 \mu g/m^3$ );
- $C_4H_6$ , butadiene ( $soglia = 1100 \mu g/m^3$ );
- $C_9H_{12}$ , cumene ( $soglia = 129 \mu g/m^3$ );
- $C_6H_{10}$ , cicloesene ( $soglia = 1331 \mu g/m^3$ );
- $C_{10}H_{12}$ , dicyclopentadiene ( $soglia = 177 \mu g/m^3$ ).

Solo per la necessità di individuare comunque un metodo di analisi, si è proceduto a calcolare la distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento in corrispondenza degli eventi di superamento delle soglie di ciascuna delle suddette sostanze (nel primo periodo di monitoraggio non sono considerati il butadiene ed il cicloesene).

### **3.2.1 Primo periodo di monitoraggio**

La visualizzazione della rosa di provenienza del vento nei casi in cui la concentrazione di NMHC misurata supera le soglie di percettibilità rispettivamente del bifenile, cumene e dicyclopentadiene (Figura 4) è già esplicativa delle indicazioni che tale parametro può fornire rispetto all'analisi delle possibili sorgenti odorigene.



**Figura 4** Rose dei venti della direzione di provenienza delle concentrazioni di bifenile (a), cumene (b) e dicyclopentadiene (c) superiori alle rispettive soglie di percettibilità

Il confronto delle rose dei venti rivela infatti che non ci sono differenze evidenti tra le varie situazioni e questo potrebbe significare che le sorgenti di NMHC sono le medesime indipendentemente dalla composizione della miscela di NMHC; ciò sarebbe definitivamente verificato solo dalla misura delle concentrazioni delle singole sostanze. Inoltre sembra evidente la molteplicità di tali sorgenti.

Per ottenere delle maggiori indicazioni sulle attività eventualmente responsabili di questo impatto, è necessario verificare se questa distribuzione delle direzioni di provenienza del vento è difforme rispetto alla rosa dei venti complessiva. Per rendere significativo il confronto è necessario avere due distribuzioni con uguale percentuale totale di valori non nulli. La distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento corrispondenti alle misure di concentrazione di  $NMHC > 2 \mu g / m^3$  corrisponde ad una percentuale di valori non nulli prossima a quella della



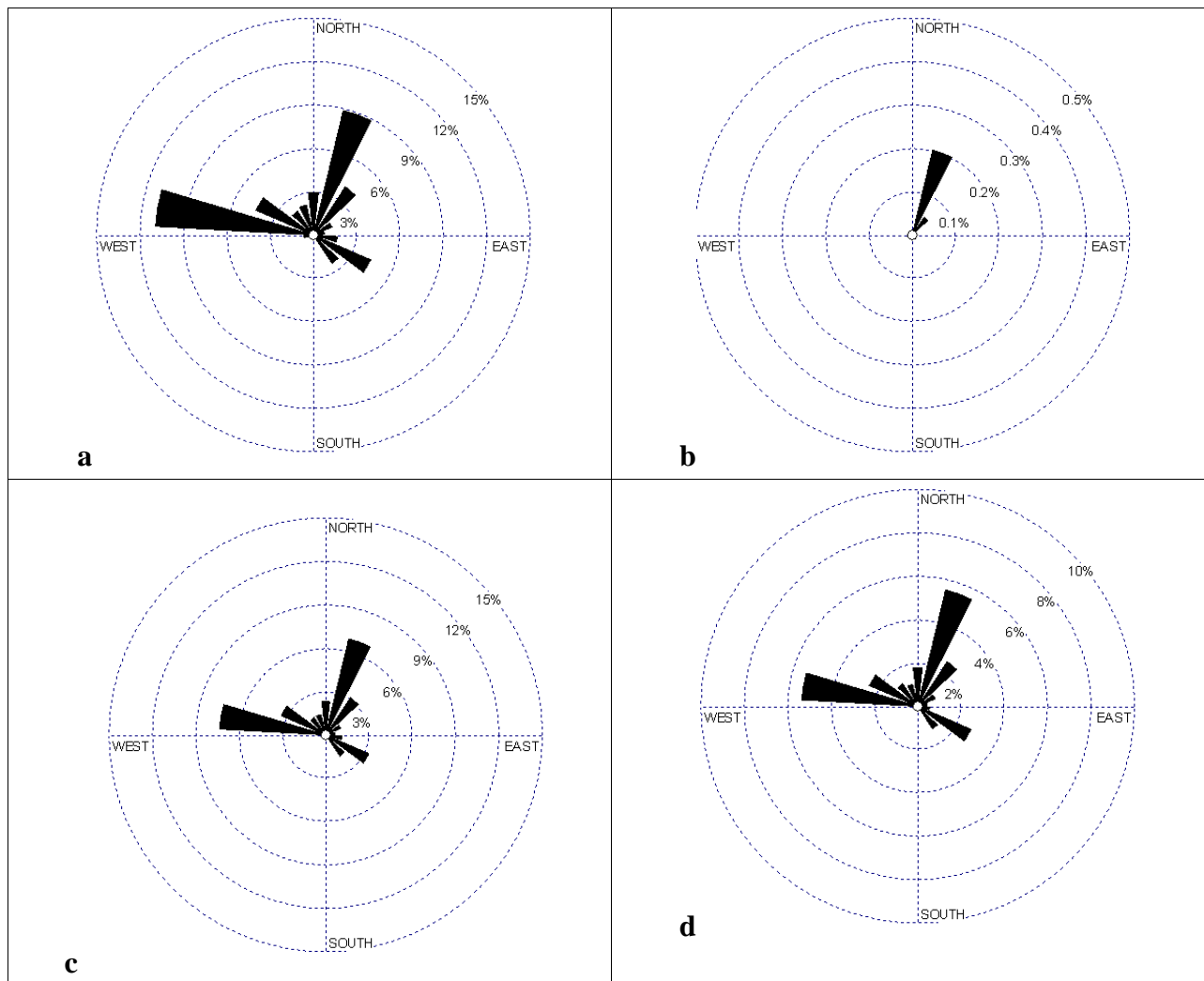
distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento. Il confronto delle due distribuzioni rivela che sussiste solo un modesto aumento delle direzioni di provenienza del vento nella distribuzione delle concentrazioni di NMHC rispetto a quella del vento (Tabella 4-4) nel settore E, che però è estremamente modesto in frequenza in entrambe le distribuzioni, e nei settori meridionali (in particolare S-SO). La discrepanza però non è tale da indurre qualche conclusione ulteriore.

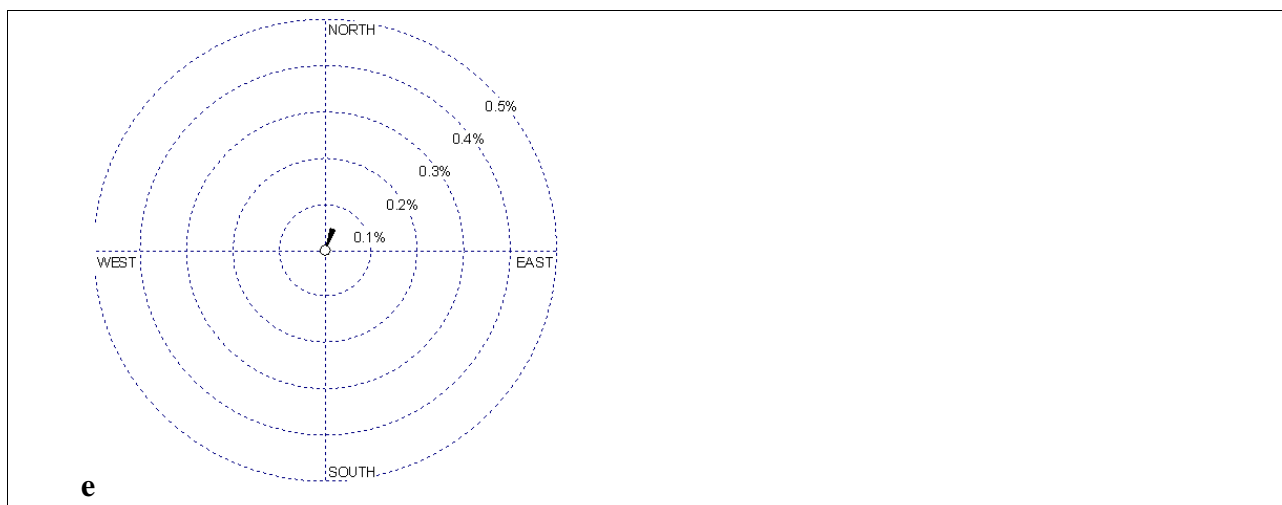
**Tabella 4-4 Distribuzioni di frequenza della direzione di provenienza del vento per NMHC  $> 2 \mu\text{g} / \text{m}^3$  e per  $\text{vvp} \geq 0.3 \text{m} / \text{s}$ . Rapporto delle due distribuzioni per ciascun settore di provenienza del vento**

Settore di provenienza del vento (°)	NMHC $> 2 \mu\text{g} / \text{m}^3$	$\text{vvp} \geq 0.3 \text{m} / \text{s}$	$\frac{\text{NMHC} > 2 \mu\text{g} / \text{m}^3}{\text{vvp} \geq 0.3 \text{m} / \text{s}}$
350-10	0.618	0.31	<b>2.0</b>
10-30	1.236	0.77	<b>1.6</b>
30-50	1.391	0.46	<b>3.0</b>
50-70	1.855	0.93	<b>2.0</b>
70-90	9.892	8.66	1.1
90-110	1.236	1.39	0.9
110-130	2.473	1.70	1.5
130-150	4.019	3.40	1.2
150-170	5.410	3.71	1.5
170-190	3.709	2.16	<b>1.7</b>
190-210	1.700	0.93	<b>1.8</b>
210-230	0.773	0.31	<b>2.5</b>
230-250	1.391	1.85	0.8
250-270	2.318	2.94	0.8
270-290	12.983	15.61	0.8
290-310	14.374	16.69	0.9
310-330	6.028	8.50	0.7
330-350	3.090	4.02	0.8
totale	74.500	74.34	1.0

### 3.2.2 Secondo periodo di monitoraggio

Analogamente al Primo periodo di monitoraggio, si riportano le rose dei casi in cui la concentrazione di NMHC misurata supera le soglie di percettibilità rispettivamente del bifenile, butadiene, cumene, cicloesene e dicyclopentadiene (Figura 5).





**Figura 5** Rose dei venti della direzione di provenienza delle concentrazioni di bifenile (a), butadiene (b), cumene (c), cicloesene (d) e dicyclopentadiene (e) superiori alle rispettive soglie di percettibilità

### 3.3 Idrogeno solforato $H_2S$

Le soglie di percettibilità relative a questa sostanza sono relativamente basse, Tabella 4-5, e sono ampiamente comprese nell'intervallo di valori misurati in entrambi i monitoraggi ( $media_{1^{\circ}monit.} = 4.1 \mu g / m^3$ ,  $max_{1^{\circ}monit.} = 615.4 \mu g / m^3$ ,  $media_{2^{\circ}monit.} = 10.7 \mu g / m^3$ ,  $max_{2^{\circ}monit.} = 92.5 \mu g / m^3$ )

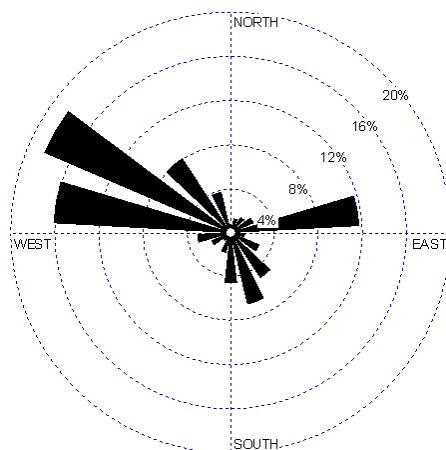
**Tabella 4-5** Soglie di percettibilità per  $H_2S$

sostanza	Soglia A (ppm, peso molecolare, $mg / m^3$ )	Soglia B (ppm, $mg / m^3$ , tipologia odore)
$H_2S$	0.0005; 34.08; 0.00076	0.0094; 0.014; marcio

Si sono quindi selezionate le misure di  $H_2S$  presso l'autolaboratorio 1 superiori ad ognuna delle soglie e si è calcolata la distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento in corrispondenza di tali superamenti.

#### 3.3.1 Primo periodo di monitoraggio

La visualizzazione della rosa di provenienza del vento nei casi in cui la concentrazione di  $H_2S > 0.76 \mu g / m^3$  non è esplicativa delle indicazioni che tale parametro può fornire rispetto all'analisi delle possibili sorgenti odorigene poiché appare identica alla rosa dei venti.



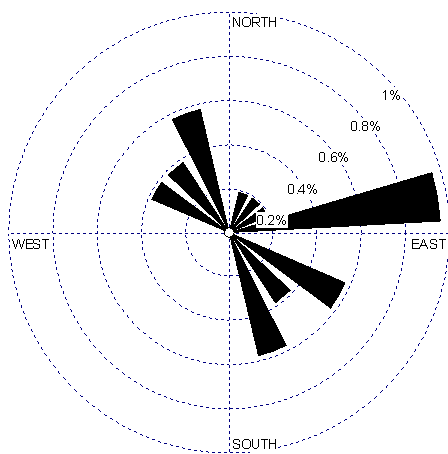
In questo caso, per ottenere maggiori indicazioni sulle attività eventualmente responsabili di questo impatto, è necessario verificare se questa distribuzione delle direzioni di provenienza del vento è difforme rispetto alla rosa dei venti complessiva. Per rendere significativo il confronto è necessario avere due distribuzioni con uguale percentuale totale di valori non nulli. La distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento corrispondenti alle misure di concentrazione di  $H_2S > 0.76 \mu g / m^3$  comprende 74.65% delle misure, quindi una percentuale (quasi) coincidente con quella totale di dati anemologici diversi dalla calma di vento (74.34%).

**Tabella 4-6 Distribuzioni di frequenza della direzione di provenienza del vento per  $H_2S > 0.76 \mu g / m^3$  e per  $vvp \geq 0.3 m / s$ . Rapporto delle due distribuzioni per ciascun settore di provenienza del vento**

Settore di provenienza del vento (°)	$H_2S > 0.76 \mu g / m^3$	$vvp \geq 0.3 m / s$	$\frac{H_2S > 0.76 \mu g / m^3}{vvp \geq 0.3 m / s}$
350-10	0.62	0.31	2.00
10-30	1.08	0.77	1.40
30-50	1.39	0.46	<b>3.02</b>
50-70	1.85	0.93	<b>1.99</b>
70-90	9.43	8.66	1.09
90-110	1.08	1.39	0.78
110-130	2.32	1.70	1.36
130-150	4.02	3.40	1.18
150-170	5.41	3.71	1.46
170-190	3.71	2.16	1.71
190-210	1.55	0.93	1.67
210-230	0.77	0.31	2.48
230-250	1.55	1.85	0.84
250-270	2.47	2.94	0.84
270-290	12.98	15.61	0.83
290-310	14.84	16.69	0.89
310-330	6.49	8.50	0.76
330-350	3.09	4.02	0.77
Totale	74.65	74.34	1.00

Il confronto delle due distribuzioni (Tabella 4-6) rivela che nella prima distribuzione sono leggermente depresse le frequenze corrispondenti ai settori 230°-350°, da cui evidentemente

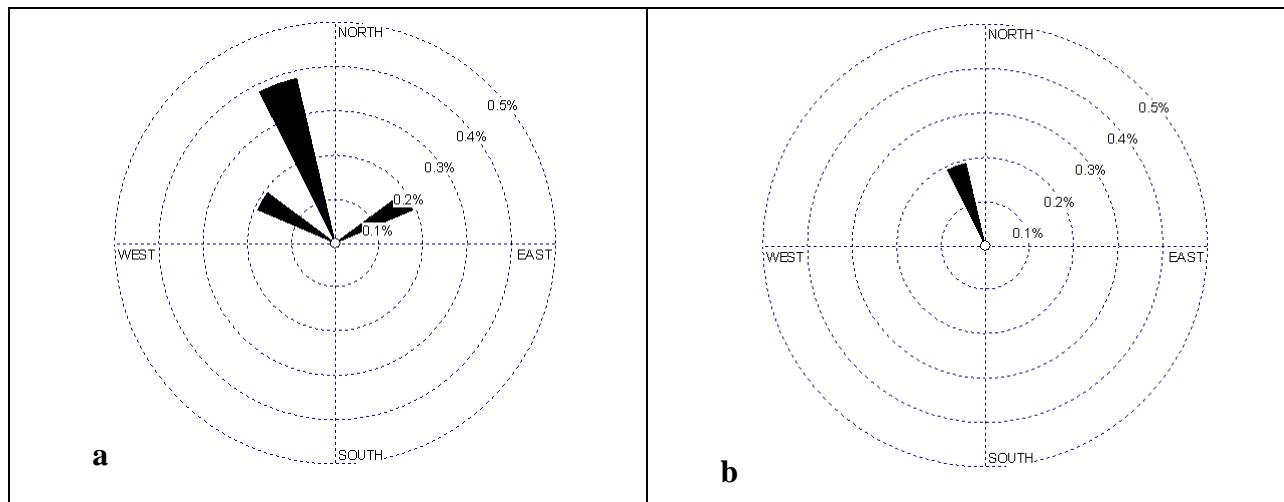
vengono preferibilmente concentrazioni di  $H_2S$  inferiori alla soglia di percettibilità, che rappresentano le direzioni di provenienza del vento più frequenti in entrambe le distribuzioni ed inoltre sono leggermente aumentate le frequenze corrispondenti ai settori  $30^\circ$ - $70^\circ$ , che rappresentano direzioni di provenienza del vento mediamente frequenti in entrambe le distribuzioni (in quella del vento in realtà la direzione di provenienza  $30^\circ$ - $50^\circ$  ha frequenza bassa e la direzione  $50^\circ$ - $70^\circ$  ha frequenza media).



Solo nel caso dell'  $H_2S$  si è ritenuto opportuno utilizzare anche la soglia B, che individua sicuramente eventi più acuti della soglia A. La rosa della distribuzione della frequenza delle direzioni di provenienza del vento in corrispondenza degli eventi in cui  $H_2S > 14 \mu g / m^3$  presenta un aspetto assai diverso da quella relativa ai dati anemologici: scompaiono completamente i settori da S ad O, vengono depressi i settori O e O-NO e si verifica un aumento significativo dei settori S-SE ed E-SE.

Se si procede ad isolare gli eventi sempre più acuti, si individua come direzione di provenienza del vento nettamente prevalente (Figura 6) il settore NO, in direzione dell'impianto dell'azienda Aquarno, coincidente tra l'altro con le concentrazioni maggiori (ed anche molto elevate,  $> 60 \mu g / m^3$ ). Tuttavia emerge anche una sorgente molto rilevante in direzione NE, con concentrazioni più basse rispetto a quelle delle altre direzioni ( $> 33 \mu g / m^3$ ), che potrebbe individuare una sorgente prossima al sito e non nota.





**Figura 6 Rose dei venti della direzione di provenienza delle concentrazioni di  $H_2S$  tali che**

$$H_2S > media + 4\sigma = (4.14 + 4 \cdot 7.34) \mu g / m^3 = 33.5 \mu g / m^3 \text{ (a) e}$$

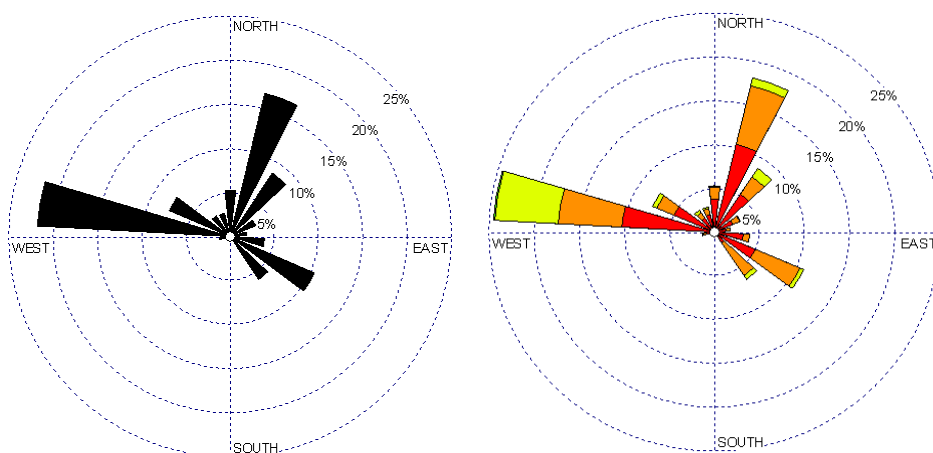
$$H_2S > media + 6\sigma = (4.14 + 6 \cdot 7.34) \mu g / m^3 = 48.2 \mu g / m^3 \text{ (b)}$$

### 3.3.2 Secondo periodo di monitoraggio

Analogamente al primo periodo di monitoraggio, la rosa di provenienza del vento nei casi in cui la concentrazione di  $H_2S > 0.76 \mu g / m^3$  non è esplicativa delle indicazioni che tale parametro può fornire rispetto all'analisi delle possibili sorgenti odorigene poiché appare identica alla rosa dei venti.

Anche in questo caso, per ottenere delle maggiori indicazioni sulle attività eventualmente

responsabili di questo impatto, è necessario verificare se questa distribuzione delle direzioni di provenienza del vento è differente rispetto alla rosa dei venti complessiva. Per rendere significativo il

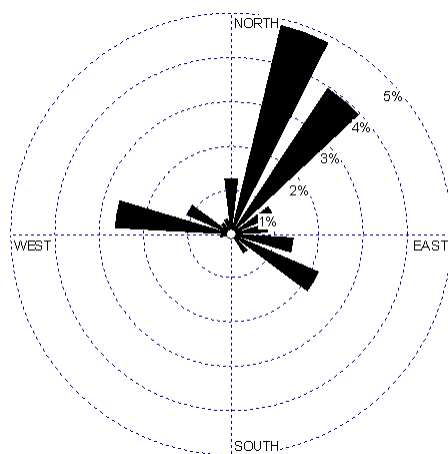


confronto è necessario avere due distribuzioni con uguale percentuale totale di valori non nulli. La distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento corrispondenti alle misure di

concentrazione di  $H_2S > 0.76 \mu g / m^3$  comprende il 92.1% delle misure, quindi una percentuale molto prossima a quella totale di dati anemologici diversi dalla calma di vento.

**Tabella 4-7 Distribuzioni di frequenza della direzione di provenienza del vento per  $H_2S > 0.76 \mu g / m^3$  e per  $vvp \geq 0.3 m / s$**

Settore di provenienza del vento (°)	$H_2S > 0.76 \mu g / m^3$	$vvp \geq 0.3 m / s$	$\frac{H_2S > 0.76 \mu g / m^3}{vvp \geq 0.3 m / s}$
350-10	5.09	5.13	~1
10-30	16.14	17.40	~1
30-50	8.24	8.43	~1
50-70	3.01	3.05	~1
70-90	1.79	1.79	~1
90-110	3.68	3.83	~1
110-130	10.28	10.37	~1
130-150	6.16	6.25	~1
150-170	0.10	0.10	~1
170-190	0.05	0.05	~1
190-210	0.00	0.00	~1
210-230	0.05	0.05	~1
230-250	0.05	0.05	~1
250-270	1.36	1.41	~1
270-290	23.02	23.56	~1
290-310	7.46	7.22	~1
310-330	2.95	2.96	~1
330-350	2.66	2.91	~1
totale	92.10	94.57	~1



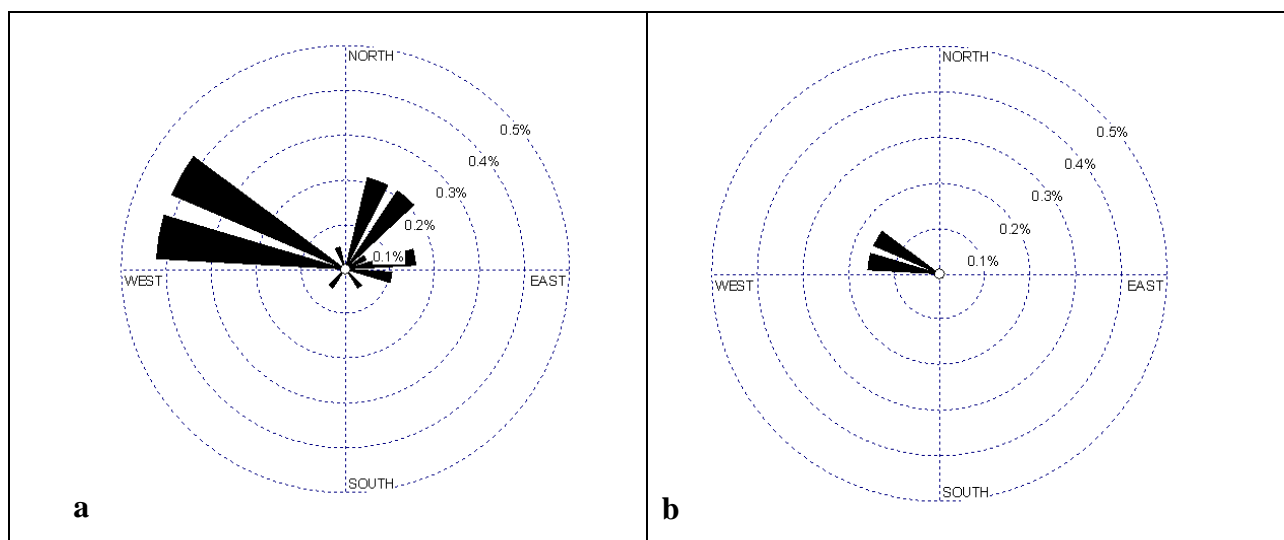
E' evidente dai valori in tabella che non ha alcun significato effettuare il rapporto tra le due distribuzioni, poiché si verifica che tale rapporto è sempre molto prossimo all'unità.

Conviene quindi individuare quali sono le direzioni di provenienza degli eventi più acuti, cioè la rosa delle provenienze del vento negli eventi in cui  $H_2S > 14 \mu g / m^3$ .

E' evidente che gli eventi più acuti si concentrano nei settori

interni alle direzioni  $10^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ,  $110^{\circ}$ - $170^{\circ}$  e  $290^{\circ}$ - $350^{\circ}$  ma con una netta preponderanza dei sub-settori  $10^{\circ}$ - $50^{\circ}$ , che presentano un aumento di frequenza rispetto alla distribuzione dei dati anemologici,  $110^{\circ}$ - $130^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ - $290^{\circ}$  e a seguire  $350^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$ - $70^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ - $110^{\circ}$ ,  $290^{\circ}$ - $310^{\circ}$ . Anche in questo caso sono completamente esclusi i settori  $150^{\circ}$ - $250^{\circ}$  e solo parzialmente interessati i restanti  $250^{\circ}$ - $270^{\circ}$ ,  $310^{\circ}$ - $350^{\circ}$ . L'aumento di frequenza nel settore N-NE sembra indicare l'area in cui insistono le attività di Ideaverde, Scutaro, SGS e Aquarno.

Se si procede ad isolare gli eventi sempre più acuti, si trovano come direzioni di provenienza del vento nettamente prevalenti (Figura 7) il settore NO, in direzione dell'impianto dell'azienda Waste Recycling, coincidente tra l'altro con le concentrazioni maggiori (ed anche molto elevate,  $> 116 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ed il settore NE, in direzione delle attività di Ideaverde, Scutaro, SGS e Aquarno.



**Figura 7** Rose dei venti della direzione di provenienza delle concentrazioni di  $H_2S$  tali che

$$H_2S > \text{media} + 2\sigma = (10.7 + 2 \cdot 26.4) \mu\text{g}/\text{m}^3 = 63.6 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (a) e}$$

$$H_2S > \text{media} + 4\sigma = (10.7 + 4 \cdot 26.4) \mu\text{g}/\text{m}^3 = 116.4 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (b)}$$

### 3.4 Benzene e toluene $C_6H_6$ e $C_7H_8$

Queste sostanze hanno entrambe una soglia di percettibilità molto alta (Tabella 4-8) e le concentrazioni misurate nei due periodi di monitoraggio ne sono sempre inferiori, anche se con una distinzione: il benzene è sempre almeno due ordine di grandezza inferiore alla soglia,

$$(\text{media}_{1^{\circ}\text{monit.}} = 0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{max}_{1^{\circ}\text{monit.}} = 3.14 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{media}_{2^{\circ}\text{monit.}} = 0.95 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{max}_{2^{\circ}\text{monit.}} = 12.6 \mu\text{g}/\text{m}^3)$$

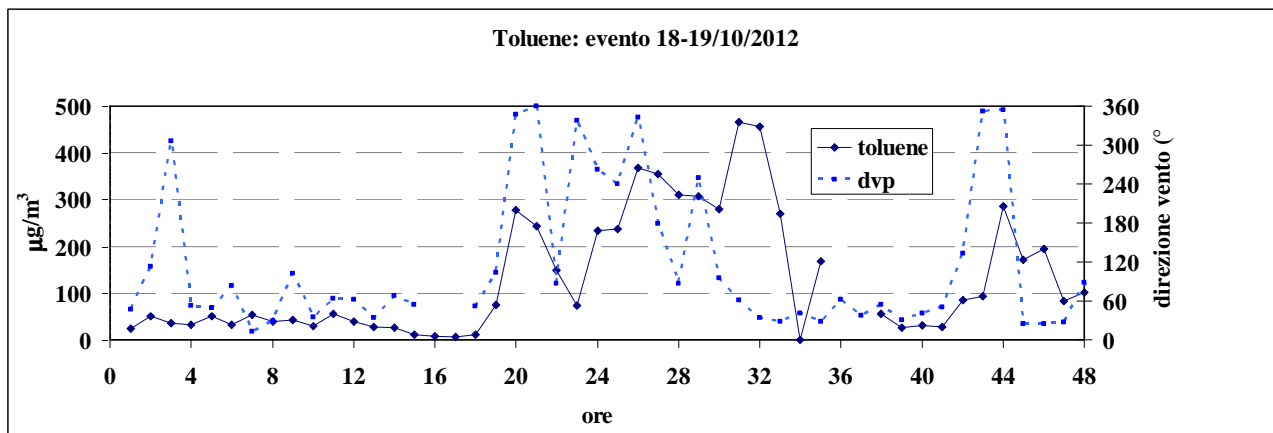
mentre il toluene è inferiore sebbene in alcuni casi abbastanza prossimo al valore di soglia

$$(\text{media}_{1^{\circ}\text{monit.}} = 4 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{max}_{1^{\circ}\text{monit.}} = 40.9 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{media}_{2^{\circ}\text{monit.}} = 21.5 \mu\text{g}/\text{m}^3, \text{max}_{2^{\circ}\text{monit.}} = 465.6 \mu\text{g}/\text{m}^3).$$

**Tabella 4-8 Soglie di percettibilità di  $C_6H_6$  e  $C_7H_8$**

sostanza	Soglia A (ppm, peso molecolare, $mg / m^3$ )	Soglia B (ppm, $mg / m^3$ , tipologia odore)
$C_6H_6$ , benzene	8.650; 78.11; 30.16	61.000; 212.7; aromatico/dolce
$C_7H_8$ , toluene	0.16; 92.13; 0.658	1.6; 6.581; farina/bruciato

Pertanto non si ritiene che il benzene possa essere associato a percezioni di disturbo, mentre il toluene potrebbe essere correlato ad episodi di tal genere. In particolare si reputa di poter approfondire l'evento a cavallo tra il 18-19/10/2012, nel secondo periodo di monitoraggio, in cui il toluene raggiunge il valore massimo assoluto e si mantiene comunque elevato per tutte le ore. In questo intervallo di tempo (Figura 8) le concentrazioni più basse si registrano in corrispondenza della direzione di provenienza del vento dal settore E-NE e si registra un gradiente positivo della concentrazione nelle ore in cui il vento vira verso N-NO. Questo elemento, seppur in modo qualitativo, indica un aumento delle concentrazioni di toluene misurate in direzione dell'azienda Waste Recycling.



**Figura 8 Concentrazioni orarie di toluene 18-19/10/2012 e direzioni di provenienza del vento**

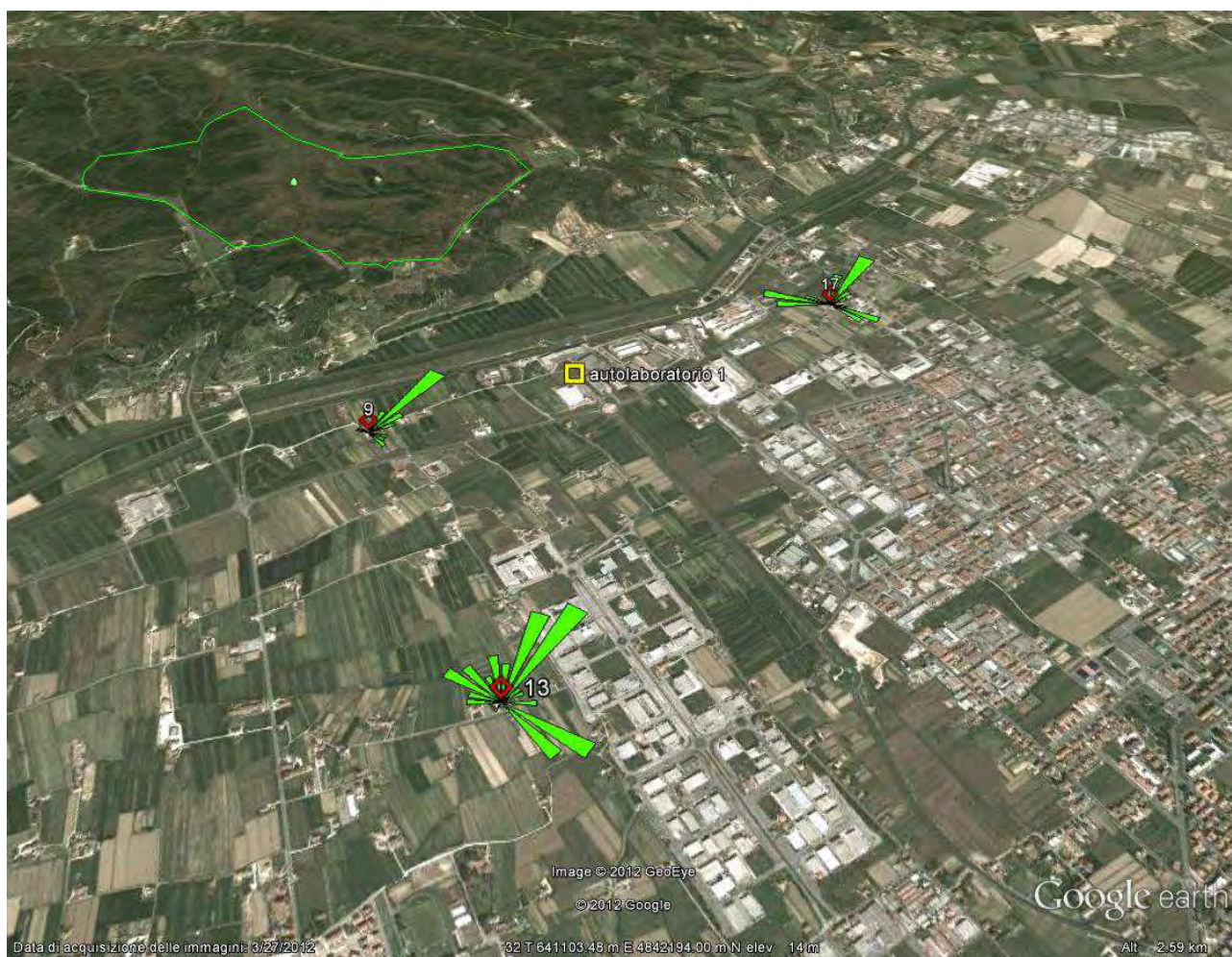
### 3.5 Segnalazioni dei cittadini

L'ultimo elemento di valutazione è costituito dall'elaborazione dei rilievi dedotti dalle segnalazioni dei cittadini, distribuiti nell'area in modo sparso (Figura 1) e della successione temporale degli eventi segnalati. Anche in questo caso, supponendo di individuare correttamente ed univocamente



le ore in cui è stata registrata una percezione olfattiva, si possono calcolare le distribuzioni della direzione di provenienza del vento in corrispondenza di tali eventi. Come esempio di questa elaborazione, se ne riporta la restituzione grafica tramite rosa dei venti per 3 recettori scelti a campione (Figura 9), in cui si rileva una probabile indicazione da parte del recettore “9” ad individuare l'impianto di depurazione asservito all'azienda Waste Recycling come probabile sorgente del disturbo. Gli eventi segnalati da questo recettore non coincidono con quelli rilevati dall'*autolaboratorio1*; d'altronde le due posizioni non possono essere contemporaneamente sottovento alla sorgente ipotizzata.

Si sottolinea anche nel caso dell'elaborazione delle segnalazioni la necessità di estendere il database (e renderlo più sistematico rispetto all'indicazione delle ore esatte in cui sussiste il disturbo olfattivo) per poterlo considerare statisticamente significativo.



**Figura 9** Rose dei venti per gli eventi di percezione di alcuni recettori



### **3.6 Considerazioni preliminari sui settori prevalenti di provenienza degli eventi acuti**

Dalle analisi delle correlazioni tra eventi acuti, corrispondenti al superamento delle soglie di percettibilità ovvero dei valori medi delle sostanze monitorate, e le direzioni di provenienza del vento, si possono riassumere alcune considerazioni relative anche all'individuazione delle potenziali sorgenti d'impatto, per ciascuna sostanza.

#### **3.6.1 Biossido di zolfo $SO_2$**

Si è proceduto ad analizzare gli eventi in cui la concentrazione di  $SO_2$  è risultata sensibilmente superiore alla media.

Nel primo periodo di monitoraggio è emerso preponderante il settore di provenienza del vento O-NO cioè, data la posizione dell'*autolaboratorio1*, la direzione in cui si trova l'impianto dell'azienda Aquarno. Non si tratta comunque di episodi particolarmente intensi.

Nel secondo periodo di monitoraggio è emerso preponderante il settore N-NE, cioè, data la posizione dell'*autolaboratorio1*, nuovamente la direzione in cui si trova l'impianto dell'azienda Aquarno. In questo caso le concentrazioni, anche in corrispondenza degli eventi acuti, sono in generale inferiori rispetto al Primo periodo di monitoraggio, elemento che potrebbe confermare che gli eventi acuti sono provenienti dalle emissioni dell'azienda Aquarno, che risulta posta più lontana dall'*autolaboratorio1* nel secondo periodo di monitoraggio rispetto al primo.

#### **3.6.2 Idrocarburi non metanici NMHC**

Si sono analizzate le distribuzioni di frequenza delle direzioni di provenienza del vento in corrispondenza degli eventi di superamento delle soglie di ciascuna delle sostanze che potenzialmente compongono gli NMHC (nel primo periodo di monitoraggio non sono considerati il butadiene ed il cicloesene).

Nel primo periodo di monitoraggio il confronto delle rose dei venti relative alle singole sostanze rivela che non ci sono differenze evidenti e questo evidenzia una probabile molteplicità di tali sorgenti. Inoltre dal confronto con la distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento dei dati anemologici si nota una certa difformità, che tuttavia non è tale da indurre qualche conclusione ulteriore.

Nel secondo periodo di monitoraggio la direzione di provenienza del vento prevalente risulta N-NE

anziché O-NO. Quest'ultimo è il settore di provenienza in cui insistono le attività di Ideaverde, Scutaro, SGS e Aquarno. Inoltre, dall'analisi oraria delle concentrazioni misurate di NMHC si rileva un gradiente positivo se la direzione si allontana da O, in particolare se da O procede verso O-NO. Questo fatto, difficilmente quantificabile in modo metodico, potrebbe indurre ad individuare nella direzione O-NO la sorgente Waste Recycling come responsabile delle emissioni.

### 3.6.3 *Idrogeno solforato $H_2S$*

Nel primo periodo di monitoraggio si è scelto di confrontare le misure di concentrazione con la soglia B, che individua eventi sicuramente più acuti della soglia A e si è rilevato un aumento significativo della frequenza di eventi in corrispondenza della direzione di provenienza del vento dai settori S-SE ed E-SE, che porterebbe ad ipotizzare qualche sorgente nel polo industriale di Santa Croce. Se si procede ad isolare gli eventi sempre più acuti, si individua come direzione di provenienza del vento nettamente prevalente (Figura 6) il settore NO, in direzione dell'impianto dell'azienda Aquarno, coincidente tra l'altro con le concentrazioni maggiori (ed anche molto elevate,  $> 60\mu g/m^3$ ). Tuttavia emerge anche una sorgente molto rilevante in direzione NE, con concentrazioni più basse rispetto a quelle delle altre direzioni ( $> 33\mu g/m^3$ ), che potrebbe forse indicare la zona di Ponte Cappiano.

Nel secondo periodo di monitoraggio la direzione di provenienza del vento prevalente risulta N-NE e sembra indicare che l'area in cui insistono le attività di Ideaverde, Scutaro, SGS e Aquarno. Se si procede ad isolare gli eventi sempre più acuti, si trovano come direzioni di provenienza del vento nettamente prevalenti il settore NO, in direzione dell'impianto dell'azienda Waste Recycling, coincidente tra l'altro con le concentrazioni maggiori (ed anche molto elevate,  $> 116\mu g/m^3$ ), ed il settore NE, in direzione delle attività di Ideaverde, Scutaro, SGS e Aquarno.

### 3.6.4 *Toluene $C_7H_8$*

Si è approfondito un evento di qualche ora di durata, tra il 18-19/10/2012, in cui il toluene raggiunge il valore massimo assoluto e si mantiene comunque elevato per tutte le ore. In questo intervallo di tempo le concentrazioni più basse si registrano in corrispondenza della direzione di provenienza del vento dal settore E-NE e si registra un gradiente positivo della concentrazione nelle ore in cui il vento vira verso N-NO. Questo evento indica un aumento delle concentrazioni di toluene misurate in direzione dell'azienda Waste Recycling.

## 4 CONCLUSIONI

Il presente studio affronta la problematica del disturbo olfattivo lamentato nell'area di Castelfranco di Sotto e Santa Croce, frequentemente segnalato dai cittadini della zona tramite esposti e telefonate all'URP di ARPAT. In seguito alle segnalazioni il Dipartimento ARPAT di Pisa ha disposto il monitoraggio della qualità dell'aria tramite un mezzo mobile (denominato *autolaboratorio1* nella relazione) che è stato posizionato in località Cerri nel mese di giugno e presso l'azienda Barnini s.r.l. nei mesi di agosto, settembre ed ottobre, misurando le concentrazioni orarie di  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NMHC$ ,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$ . Altre misure di qualità dell'aria si sono rese disponibili da un secondo mezzo mobile gestito dalla sede ARPAT di San Romano posto presso l'incrocio tra via del Bosco e strada Francesca (denominato *autolaboratorio2* nella relazione) che ha restituito le misure di concentrazione di *polveri*,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$ ,  $C_8H_{10}$ , (quest'ultimo [xylene] nei 3 isomeri m, p, o), per ogni ora e per ogni minuto dei mesi di agosto e settembre. Entrambi i mezzi mobili sono corredati di anemometro e quindi sono stati raccolti anche i dati di velocità e direzione di provenienza del vento sia orari sia, nel caso del mezzo mobile di San Romano, al minuto.

### 4.1 Dati meteorologici

Poiché il metodo di indagine è basato sostanzialmente sull'analisi delle correlazioni tra le direzioni di provenienza del vento e gli eventi olfattivi acuti, corrispondenti al superamento delle soglie di percezione delle sostanze monitorate, (ovvero, in alcuni casi, dei valori medi delle concentrazioni misurate), i dati anemologici risultano di fondamentale importanza. Preliminarmente alle elaborazioni delle correlazioni si è quindi proceduto ad una verifica dei dati meteorologici registrati presso i due laboratori mobili, e di un altro set di dati orari reso disponibile dall'azienda EcoEspanso misurati da un anemometro posto sul tetto del capannone della medesima. Da tale verifica sono emerse alcune gravi criticità di tutti i dataset.

Innanzitutto il posizionamento degli strumenti è in generale inadeguato, infatti, pur non essendo note con precisione le quote a cui viene misurato il vento nei tre casi, dalla mera osservazione delle foto delle installazioni si evince che queste siano approssimativamente pari a circa 5, 4, 12 m, rispettivamente per l'anemometro dell'*autolaboratorio1*, *autolaboratorio2* ed Eco Espanso, (nell'ultimo caso il palo anemometrico è posto sopra un tetto di circa 8 m da cui si innalza per ulteriori 4 m). Da queste collocazioni si osserva che la quota dal suolo è troppo bassa nel caso dei

due autolaboratori, e non è ottimale nel caso di Eco Espanso poiché, date le notevoli dimensioni del capannone, l'anemometro è potenzialmente influenzato dallo strato limite al tetto.

Nel caso dell'*autolaboratorio1* si aggiunge a questo problema la probabile deviazione del campo aerodinamico nella seconda posizione, presso l'azienda Barnini, in cui l'anemometro risente della vicinanza ad un capannone di grandi dimensioni, capace di rallentare la velocità del vento ed impedirne la provenienza dai settori meridionali. Infatti i dati misurati in tale posizione presentano una rosa dei venti in cui la velocità supera raramente i  $2.5\text{ m/s}$  ( $\approx 11.7\%$ ) e sono nulle le direzioni di provenienza del vento di tutti i settori compresi tra S-SE ed O-SO. Complessivamente quindi si deve tener conto che i dati anemologici dell'*autolaboratorio1* sono caratterizzati da bassa intensità del vento, a causa del posizionamento dell'anemometro, e conseguente incertezza sulla direzione di provenienza del vento, che è il dato importante per il presente studio; inoltre, nella posizione presso la ditta Barnini, non possono essere rilevate eventuali emissioni odorigene provenienti dai settori meridionali rispetto alla posizione dell'*autolaboratorio* stesso.

Per quanto riguarda l'*autolaboratorio2* si trova che su 1464 dato orari di velocità del vento, ben 619 valori sono identicamente pari a  $0.24\text{ m/s}$  e 358 pari a  $0.23\text{ m/s}$  (complessivamente quindi il 66.8% dei dati è compreso in questi due valori) rivelando un sicuro malfunzionamento dello strumento per cui la rosa dei venti presenta un totale di 68% di ore di calma di vento. Riguardo i dati di direzione di provenienza del vento, è evidente la completa mancanza delle direzioni settentrionali e occidentali, tra SO e NE, che conferma come l'anemometro sia stato posizionato in modo inadeguato e probabilmente malfunzionante. I dati anemologici dell'*autolaboratorio2* sono quindi invalidi (sia orari sia al minuto) e non sono stati impiegati nel presente studio.

L'anemometro installato presso la ditta Eco Espanso potrebbe essere adatto agli scopi del presente studio; senonché ha presentato scarsa continuità della registrazione dei dati in alcuni periodi, non è nota la modalità di gestione e manutenzione dell'anemometro ed inoltre, da un'analisi oraria delle direzioni di provenienza del vento, confrontate con quelle misurate dall'*autolaboratorio1*, si è rilevato uno scarto costante tra i due set di circa  $45^\circ$  nei settori occidentali. La difformità dei due dataset è critica e non consente una loro sovrapposizione o complementarità. D'altra parte il periodo di osservazione, soprattutto nei mesi agosto/settembre 2012, è stato caratterizzato sicuramente da frequenti episodi di calma di vento che hanno certamente reso più difficoltose e imprecise le misure anemologiche.

In conclusione, dovendo selezionare un dataset meteorologico, per il maggiore controllo anche

strumentale a cui è sottoposto l'*autolaboratorio1*, si è preferito quest'ultimo come unico riferimento anche per i dati anemologici.

## **4.2 Dati di qualità dell'aria ed impatto olfattivo**

Le sostanze monitorate nell'*autolaboratorio1*,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $NMHC$ ,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$  e nell'*autolaboratorio2*, *polveri*,  $H_2S$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_7H_8$ ,  $C_8H_{10}$  (di cui lo xylene distinto in m-, p-, o-xylene) sono indicatori adeguati dell'impatto olfattivo. Di quasi tutte le sostanze analizzate sono state reperite le soglie di percettibilità, ed eventualmente anche di riconoscimento, dalla letteratura ed è stato quindi possibile applicare un metodo di indagine quantitativo.

Infatti, dalle analisi delle correlazioni tra eventi acuti, corrispondenti al superamento delle soglie di percettibilità delle sostanze monitorate (ovvero, in alcuni casi, dei valori medi delle concentrazioni) e le direzioni di provenienza del vento, si sono dedotte alcune indicazioni relative alle potenziali sorgenti d'impatto. Rispetto alle attività produttive e di servizio note e prossime alle posizioni del monitoraggio di qualità dell'aria, sono risultate potenziali sorgenti le seguenti aziende: Ideaverde, Scutaro, SGS, Aquarno e Waste Recycling. Inoltre si sono verificate alcune condizioni che indicano la probabile presenza di ulteriori sorgenti nella zona di Ponte Cappiano e nel polo industriale di Santa Croce.

## **4.3 Segnalazioni dei cittadini**

Non è stato possibile sintetizzare delle indicazioni definitive in base alle segnalazioni dei cittadini poiché queste non sono state fornite con l'adeguata risoluzione temporale e si estendono per intervalli di tempo in generale troppo ampi ovvero si riferiscono ad episodi acuti brevi di difficile analisi.

## **4.4 Indicazioni per la programmazione del monitoraggio**

Dalle criticità emerse relativamente ai dati meteorologici, dalla molteplicità e varietà delle potenziali sorgenti di sostanze odorigene, nonché dalla insufficiente definizione quantitativa delle segnalazioni telefoniche o via esposto della popolazione, si ritiene che, per eventuali successivi approfondimenti delle problematiche dell'impatto olfattivo rilevate nella zona, siano necessarie alcune azioni:

- installazione di un anemometro adeguato che fornisca dati completi ed affidabili. Tale

adeguatezza si intende essenzialmente in base alle indicazioni riportate nel documento del World Meteorological Organization [4];

- georeferenziazione delle attività produttive e di servizio, considerate potenziali sorgenti di sostanze odorigene, esistenti nell'area comprendente i poli industriali di Castelfranco di sotto, Santa Croce ed eventuali altri centri limitrofi, in base anche alla conoscenza del territorio acquisita dal Dipartimento ARPAT di Pisa;
- speciazione delle sostanze organiche monitorate in aria ambiente: anche sulla base di lavori di letteratura, [5], [6] e [7], si possono individuare alcune sostanze organiche correlate alle attività produttive dell'area caratterizzate da una soglia di percettibilità olfattiva bassa. Inoltre, si ritiene utile un approfondimento circa la possibilità che le sostanze organiche reagiscano anche con altre sostanze dando origine a composti di elevato impatto olfattivo;
- eventuale raccolta sistematica delle segnalazioni di maleodoranza da parte di alcuni cittadini della zona, valutando la somministrazione – con illustrazione delle modalità di compilazione – dell'apposita scheda di registrazione (vedi ARPATnews 126/2012).

## 5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Respirator Selection Guide, 3M Occupational Health and Environmental Safety Division, 2010.  
 Con i seguenti riferimenti bibliografici interni:
- 1 Jensen, B., and P. Wolkoff. VOCBASE: Odor Thresholds, Mucous Membrane Irritation Thresholds and Physio-Chemical Parameters of Volatile Organic Compounds. [Computer Software]. National Institute of Occupational Health, Denmark, 1996.
  - 2 Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards. American Industrial Hygiene Association (1989).
  - 3 Amoores, J.E. and E. Hautala. Odor as an Aid to Chemical Safety. J. Appl. Toxicol. 3(6):272-290 (1983).
  - 4 Fazzuluri, F.A. Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data. American Society for Testing and Materials (1978).
  - 5 Verschueren, K. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. pp. 12-21. Van Nostrand Reinhold, NY (1977).
  - 6 Warning Properties of Industrial Chemicals—Occupational Health Resource Center, Oregon Lung Association.
  - 7 Electrical Safety Practices, ISA Monograph #113 (1972).
  - 8 Documentation of TLVs and BEIs. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 7th edition (2009).
  - 9 Gemert, L.J. Van and A.H. Nettenbreijer. Compilation of Odor Threshold Values in Air and Water. CIVO-TNO, Netherlands (1977).
  - 10 Gemert, L.J. Van. Compilation of Odor Threshold Values in Air, Supplement IV, CIVO-TNO, Zeist, Netherlands (1982).
  - 11 Workplace Environmental Exposure Levels, American Industrial Hygiene Association (2009).
  - 12 Ruth, J.H. Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 47(3):A-142-A-151 (1986).
- [2] M. Raciti Castelli, A. Castelli, E. Benini, “Numerical Simulation of the Turbulent Flow over a three-Dimensional Flat Roof”, World Academy of Science, Engineering and Technology 69 2012.
- [3] S. Maltagliati, A. Barbaro, “Indici di intensità del disturbo olfattivo e di correlazione percettiva con le sorgenti odorigene in un'indagine sociale”, atti della conferenza “Valutazione, controllo e regolamentazione delle emissioni odorigene”, 2012, Ecomondo, Rimini.
- [4] “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation” WMO-No.8 Seventh edition 2008.
- [5] Bicudo, J. R., et al, “Odor and VOC emissions from swine manure storages”, 2002, Proceedings of the Water Environment Federation, Odors and Toxic Air Emissions 2002 , pp. 123-135.
- [6] J. A. Zahn, et al., “Correlation of Human Olfactory Responses to Airborne Concentrations of Malodorous Volatile Organic Compounds Emitted from Swine Effluent,” Journal of Environmental Quality, Vol. 30, No. 2, 2000, pp. 624-634.
- [7] R. C. Panda, C. Lajpathi Rai, V. Sivakumar and A. Baran Mandal, “Odour Removal in Leather Tannery”, Advances in Chemical Engineering and Science, Vol. 2 No. 2, 2012, pp. 199-203.



## 6 APPENDICE

La significatività delle osservazioni richiede innanzi tutto che i dati siano validati: ciò è stato garantito dal Dipartimento di Pisa per l'*autolaboratorio1* e dall'ufficio ARPAT di San Romano per l'*autolaboratorio2*. Tuttavia, da un'analisi preliminare della strumentazione degli autolaboratori e dei dati originali, sono emerse diverse limitazioni a tale significatività per i dati meteorologici. Si è anche proceduto al confronto con i dati anemologici disponibili presso la stazione della ditta EcoEspanso, che ha consentito di verificare alcune anomalie ma, non essendo a sua volta nota l'affidabilità della strumentazione e verificabile la validità delle misure, non è stato possibile eleggere questa stazione a unica fonte dei dati meteorologici. Pertanto le discrepanze riscontrate tra i dati di tale stazione e quelli dell'*autolaboratorio1* hanno costituito il principale elemento di incertezza del presente studio.

### 6.1 Autolaboratorio1

L'*autolaboratorio1* è stato posizionato in campo libero (località Cerri), nel primo periodo di monitoraggio, e successivamente all'interno di un cortile di un'azienda (Barnini), molto vicino ad un capannone di grandi dimensioni.

Per analizzare i dati anemologici conviene procedere al calcolo della distribuzione di frequenza della velocità del vento nei settori di provenienza ed alla visualizzazione della rosa dei venti. Per uniformità dello studio ed in base agli effettivi valori di intensità del vento, si è scelto di suddividere la rosa in 18 settori di provenienza e di fissare le seguenti classi di velocità:

Classi	m/s
I	>5
II	2.5-5
III	1.0-2.5
IV	0.3-1.0

Le condizioni in cui la velocità del vento è  $< 0.3 \text{ m/s}$  sono classificate come calma di vento, e si ritiene che in tali casi la misura anemometrica non sia attendibile, né in termini di velocità né di direzione di provenienza del vento.

In base a questa suddivisione in classi di velocità e considerando di suddividere le direzioni in 18 settori, si ottiene la distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento riportata

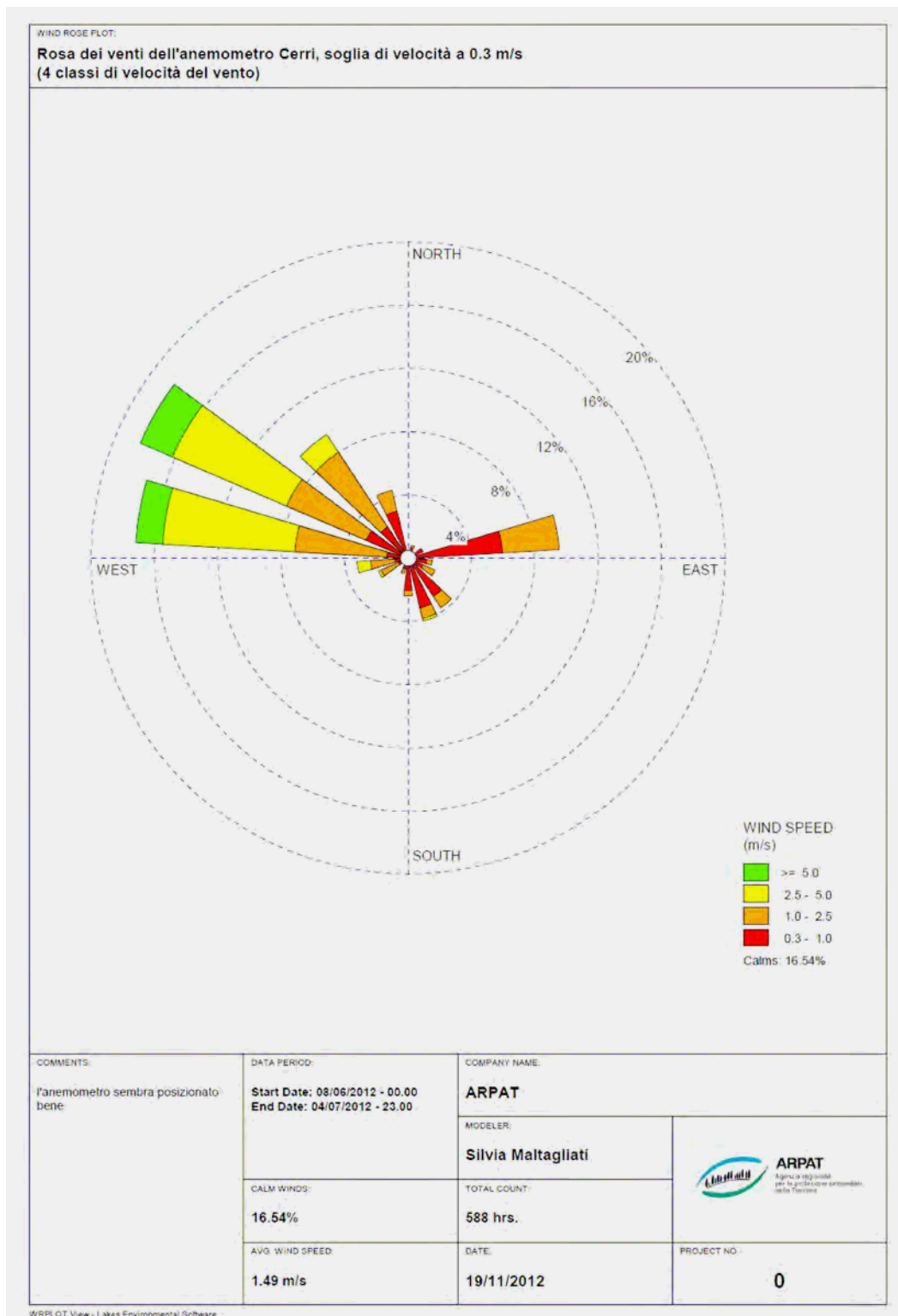
nella tabella seguente:

Settore di provenienza (°)	0.3-1.0 <i>m/s</i>	1.0-2.5 <i>m/s</i>	2.5-5 <i>m/s</i>	>5 <i>m/s</i>	TOTALE
350-10	0.34	0.00	0.00	0.00	0.31
10-30	0.68	0.17	0.00	0.00	0.77
30-50	0.51	0.00	0.00	0.00	0.46
50-70	1.02	0.00	0.00	0.00	0.93
70-90	5.95	3.57	0.00	0.00	8.66
90-110	1.19	0.34	0.00	0.00	1.39
110-130	1.02	0.85	0.00	0.00	1.70
130-150	2.89	0.85	0.00	0.00	3.40
150-170	3.23	0.68	0.17	0.00	3.71
170-190	2.04	0.34	0.00	0.00	2.16
190-210	0.68	0.34	0.00	0.00	0.93
210-230	0.34	0.00	0.00	0.00	0.31
230-250	0.68	1.19	0.17	0.00	1.85
250-270	0.85	1.53	0.85	0.00	2.94
270-290	1.36	5.78	8.33	1.70	15.61
290-310	2.89	5.44	7.82	2.21	16.69
310-330	2.38	5.61	1.36	0.00	8.50
330-350	3.06	1.36	0.00	0.00	4.02
totale					74.34
calms					16.54
missing-incomplete					9.12

Dai valori della distribuzione si nota che la direzione di provenienza prevalente è tra O-NO e NO, con frequenza totale pari a circa 32.3% in cui si registrano anche le velocità del vento maggiori (solo in questo settore si hanno ore con velocità >5 m/s); il settore secondo in frequenza corrisponde alla direzione di provenienza E-NE ed è caratterizzato da venti deboli; infine il settore SE e quelli più meridionali (S-SE e S) sono caratterizzati da venti molto deboli con una frequenza totale pari a circa 9%, tra l'altro presenti anche nel settore prevalente citato (E-NE) con una frequenza pari a circa 5% (su 36 settori è identicamente nulla solo la frequenza del settore 225°-235°). Si hanno tuttavia molte ore di calma di vento pari al 16.5% del totale.

Queste considerazioni si visualizzano agevolmente per mezzo della rosa dei venti, nella figura

sottostante.



Nel successivo periodo l'*autolaboratorio1* è stato posizionato presso l'azienda Barnini, purtroppo in una posizione potenzialmente influenzata dalla vicinanza ad un capannone di grandi dimensioni,

capace di deviare l'aerodinamica del sito (nella figura sottostante si vede il capannone della ditta Barnini e, segnalata con una freccia bianca, la postazione dell'*autolaboratorio1*).



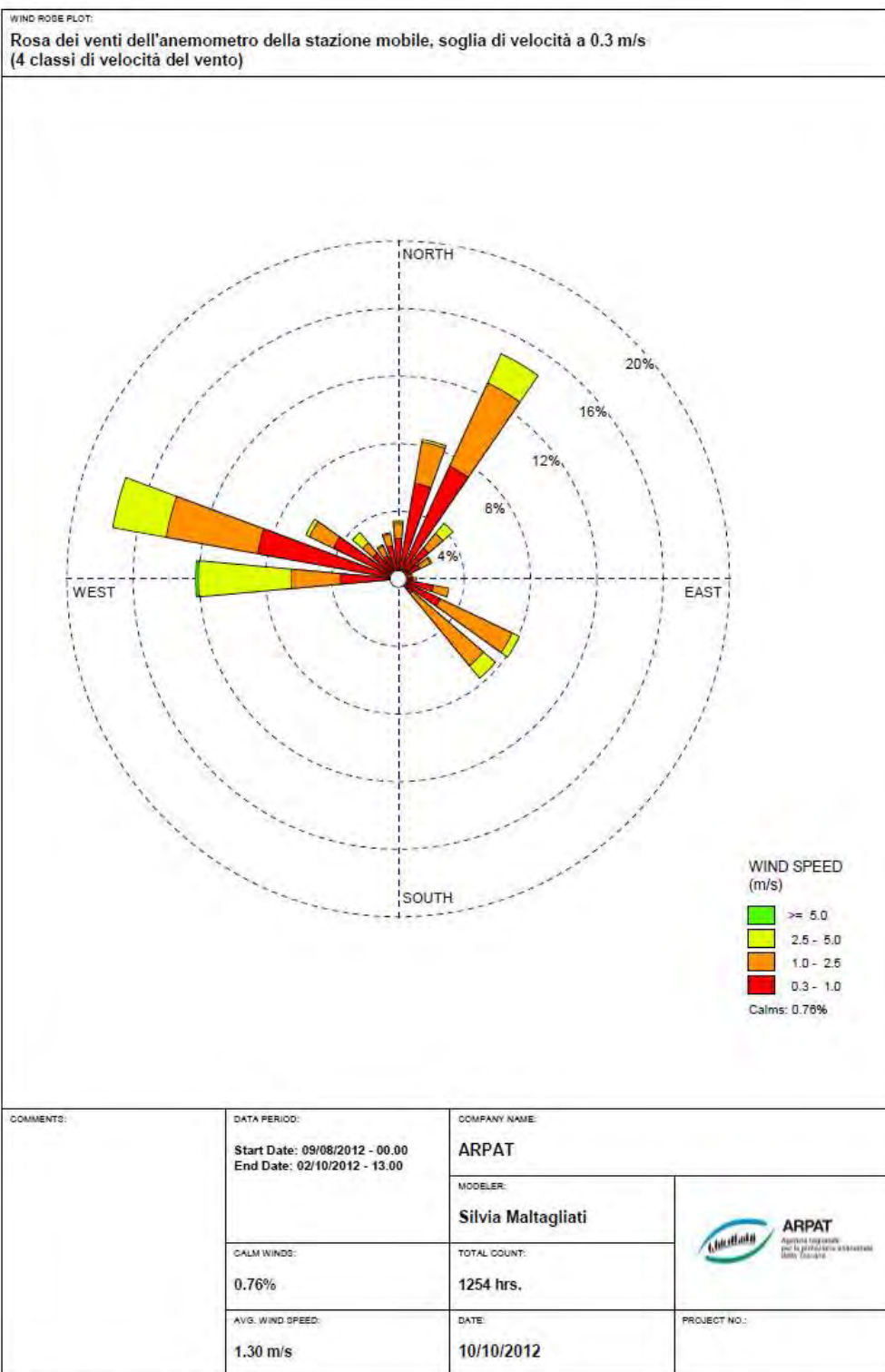
Il monitoraggio ha avuto una durata superiore a quello condotto nel periodo precedente, in quanto esteso tra 09/08/2012 e 2/11/2012, ed i dati anemologici registrati hanno mostrato la distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento (nei 18 settori per le 4 classi di velocità) nella tabella riportata di seguito. Da questa si evince che la direzione di provenienza prevalente è tra O-NO e NO, con frequenza totale pari a circa 31%, in cui si registrano anche le velocità del vento maggiori ( $>5$  m/s); il secondo settore, in termini di frequenza, corrisponde alla direzione di provenienza N-NE, con frequenza 17%, ed è caratterizzato da venti deboli; infine il settore S è totalmente mancante e tutti i settori compresi nell'intervallo  $170^{\circ}$ - $250^{\circ}$  presentano una frequenza  $<0.05\%$ <sup>5</sup>. Quest'ultima circostanza è probabilmente dovuta alla posizione dell'anemometro rispetto all'edificio dell'azienda Barnini, che lo rende praticamente schermato rispetto ai venti provenienti dai settori meridionali.

---

<sup>5</sup> Calcolando la distribuzione di frequenza su 36 settori si rileva che sono identicamente nulli i settori da  $175^{\circ}$ - $205^{\circ}$  e  $215^{\circ}$ - $235^{\circ}$  e tutti quelli compresi tra  $165^{\circ}$ - $255^{\circ}$  hanno frequenza  $<0.05\%$ .

Settore di provenienza (°)	0.3-1.0 <i>m/s</i>	1.0-2.5 <i>m/s</i>	2.5-5 <i>m/s</i>	>5 <i>m/s</i>	TOTALE
350-10	3.82	1.36	0.10	0.05	5.13
10-30	10.32	6.84	0.91	0.00	17.40
30-50	5.23	2.37	1.16	0.00	8.43
50-70	2.26	0.86	0.05	0.00	3.05
70-90	1.35	0.45	0.05	0.00	1.79
90-110	3.27	0.70	0.00	0.00	3.83
110-130	4.98	5.33	0.45	0.00	10.37
130-150	1.50	4.48	0.50	0.00	6.25
150-170	0.05	0.05	0.00	0.00	0.10
170-190	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05
190-210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210-230	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05
230-250	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05
250-270	1.01	0.30	0.10	0.05	1.41
270-290	10.27	7.04	6.99	0.15	23.56
290-310	4.93	2.06	0.50	0.00	7.22
310-330	2.01	0.70	0.35	0.00	2.96
330-350	2.11	0.70	0.20	0.00	2.91
totale					94.57
calms					1.75
missing-incomplete					3.68

Queste considerazioni si visualizzano agevolmente per mezzo della rosa dei venti, riportata di seguito.



## 6.2 Autolaboratorio2

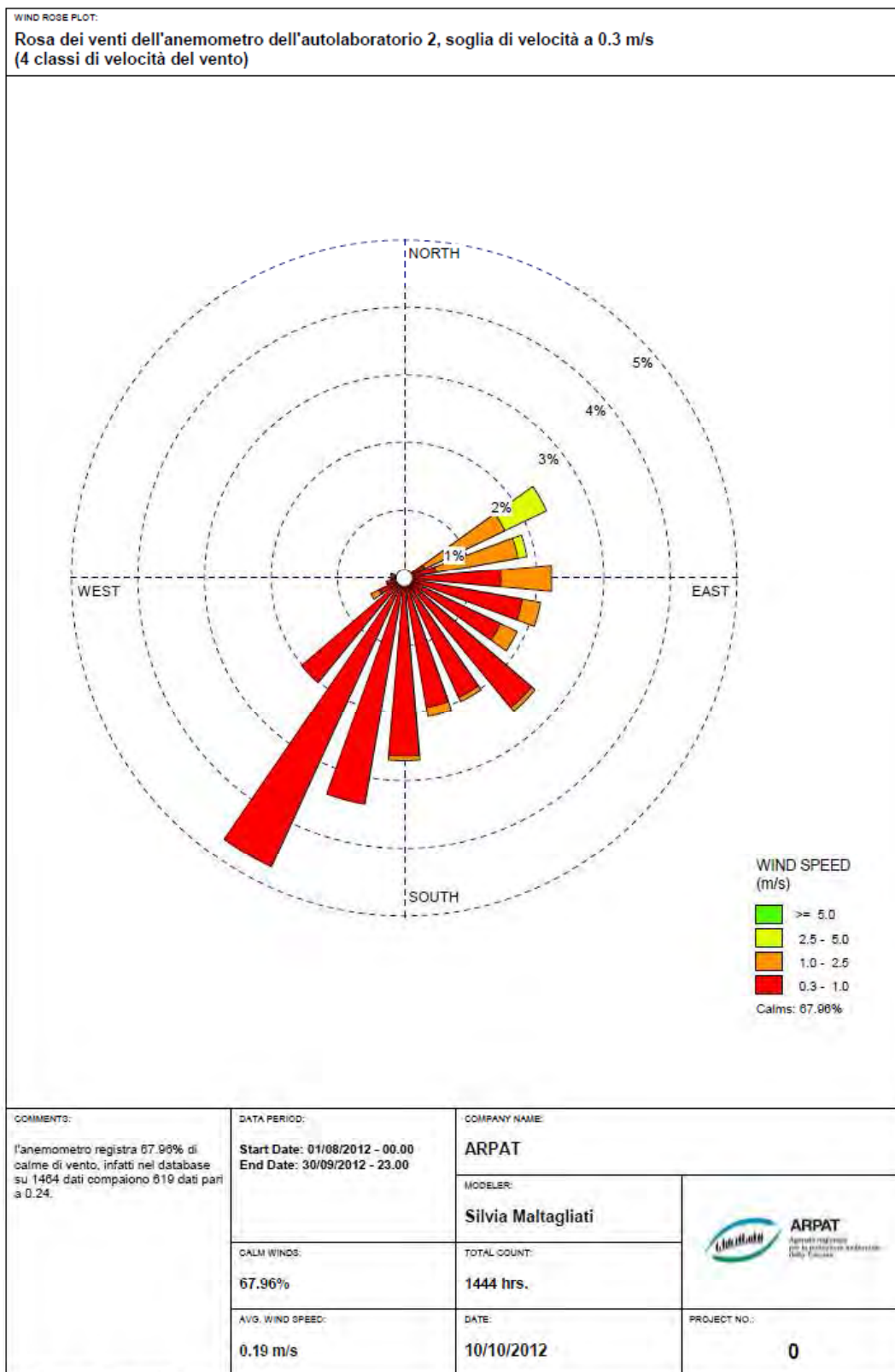
L'autolaboratorio2 è stato posizionato in campo libero, ma il suo anemometro è poco sporgente rispetto al tetto del mezzo, come si vede dalla foto. Questo posizionamento non è adeguato alla misura del vento in campo aperto e probabilmente è corresponsabile del fatto che su 1464 dati orari di velocità del vento, ben 619 valori sono identicamente pari a  $0.24\text{ m/s}$  e 358 pari a  $0.23\text{ m/s}$ , per un totale di 68% delle misure corrispondenti alla calma di vento. E' evidente un malfunzionamento dello strumento.

Si riportano per completezza la distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza del vento e la rosa dei venti.



Settore di provenienza (°)	0.3-1.0 <i>m/s</i>	1.0-2.5 <i>m/s</i>	2.5-5 <i>m/s</i>	>5 <i>m/s</i>	TOTALE
350-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10-30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30-50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50-70	0.42	1.45	0.69	0.00	2.53
70-90	1.25	1.59	0.14	0.00	2.94
90-110	2.15	0.55	0.00	0.00	2.66
110-130	2.35	0.28	0.00	0.00	2.60
130-150	3.19	0.07	0.00	0.00	3.21
150-170	2.35	0.21	0.00	0.00	2.53
170-190	3.19	0.07	0.00	0.00	3.21
190-210	5.61	0.00	0.00	0.00	5.53
210-230	3.95	0.00	0.00	0.00	3.89
230-250	0.83	0.14	0.00	0.00	0.96
250-270	0.35	0.00	0.00	0.00	0.34
270-290	0.28	0.00	0.00	0.00	0.27
290-310	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
310-330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330-350	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
totale					30.67
calms					67.96
missing-incomplete					1.37





In conclusione i dati di velocità del vento dell'*autolaboratorio2* sono invalidi (sia orari sia al minuto) e quindi non possono essere impiegati nella presente analisi.

Riguardo i dati di direzione di provenienza del vento, è evidente la completa mancanza delle direzioni **settentrionali**, tra  $292.5^\circ$  e  $52.5^\circ$  che conferma che l'anemometro, come già premesso, è posizionato in modo inadeguato e probabilmente malfunzionante.

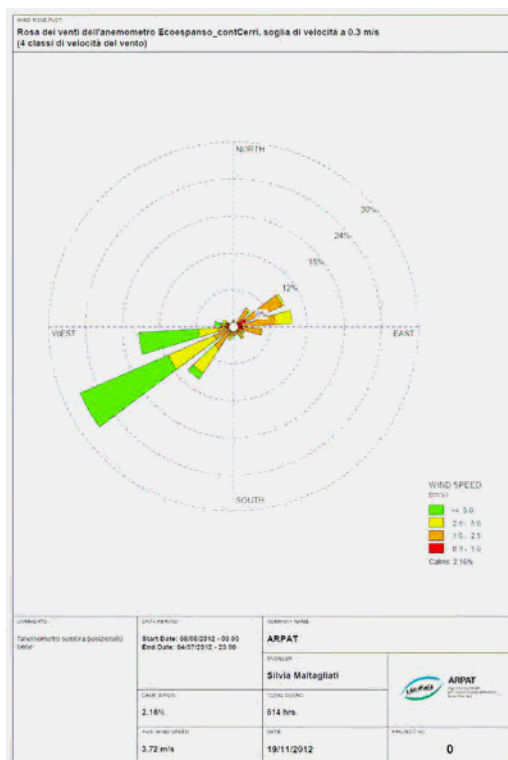
### 6.3 EcoEspanso

I dati anemologici della stazione sita sul tetto di uno degli edifici della ditta EcoEspanso sono relativi ad intervalli in buona parte sovrapposti con i periodi del monitoraggio dell'*autolaboratorio1* e quindi possono essere in parte confrontati con questi. Conviene tuttavia però distinguere tra il primo periodo di monitoraggio ed il secondo.

#### Primo periodo di monitoraggio

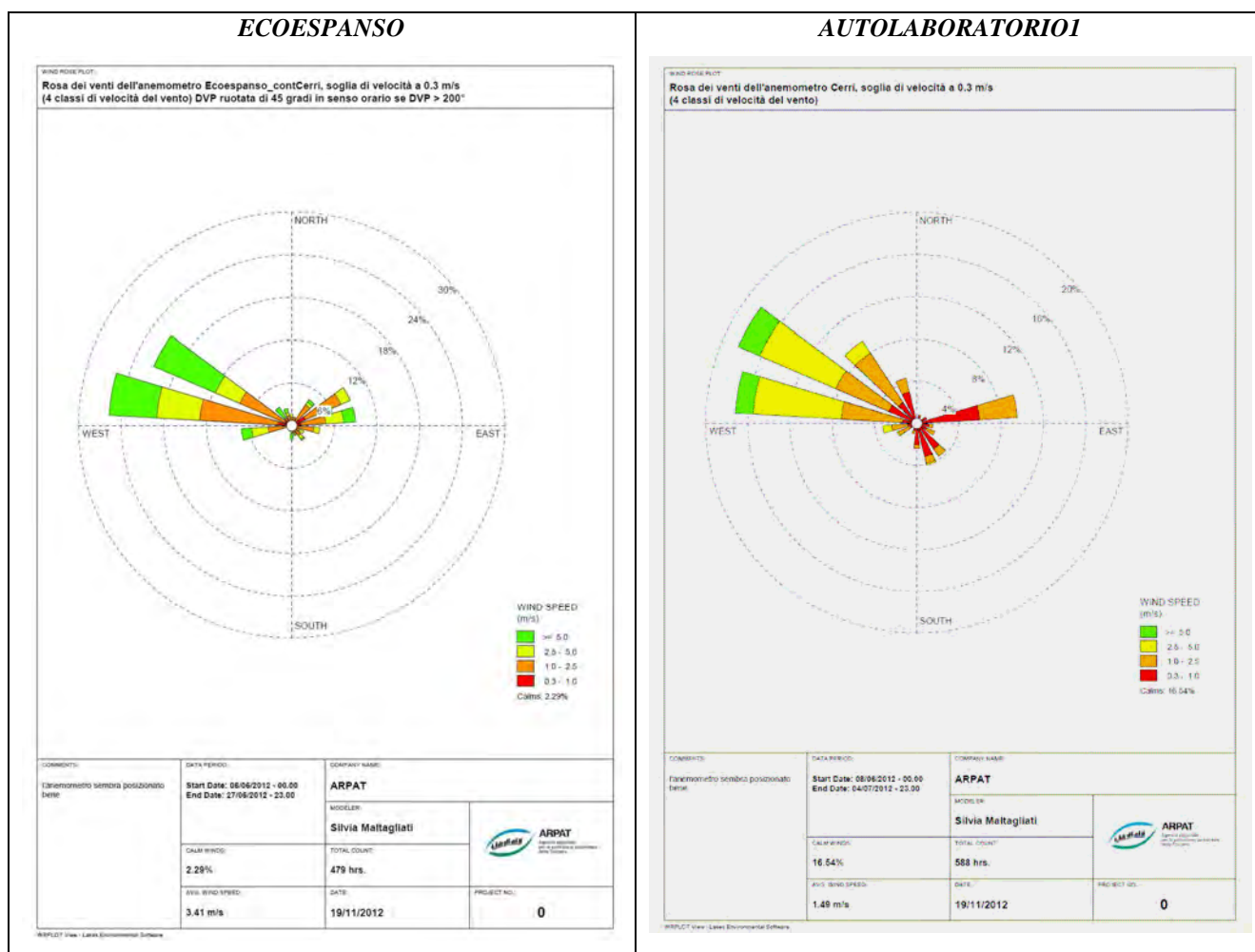
Il periodo complessivo, 8/6/2012-4/7/2012, è coperto dai dati EcoEspanso per i seguenti intervalli: 8/6/2012-17/6/2012 (ore 10:00), 20/6/2012 (ore 8:00)-30/6/2012 (ore 20:00), 3/7/2012-4/7/2012.

La rosa dei venti corrispondente appare:



Confrontando questa rosa dei venti con quella dell'*autolaboratorio1* non si rileva alcuna conformità.

Senonché, dall'analisi dei dati orari, è sembrato di individuare una similitudine di andamento delle direzioni di provenienza del vento, con uno scarto di 45° nei settori occidentali. Provando a "correggere" i dati di direzione di provenienza del vento misurati dall'anemometro installato presso la ditta Eco Espanso, si è raggiunto il seguente risultato di maggiore aderenza tra i due set di dati messi a confronto:

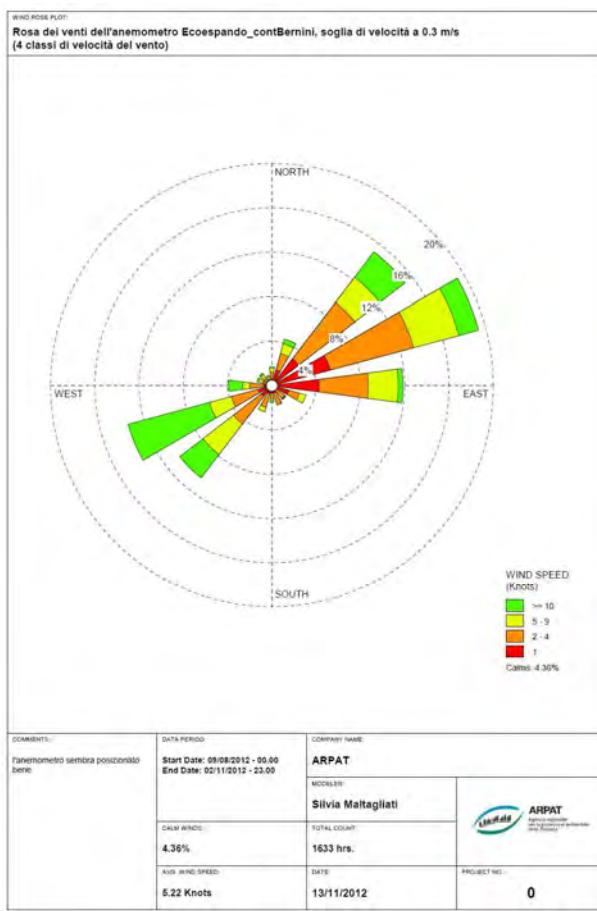


Si nota che la velocità del vento misurata dall'anemometro di Eco Espanso è in generale maggiore di quella misurata dall'anemometro dell'autolaboratorio1, in coerenza con la maggiore quota del primo rispetto al secondo.

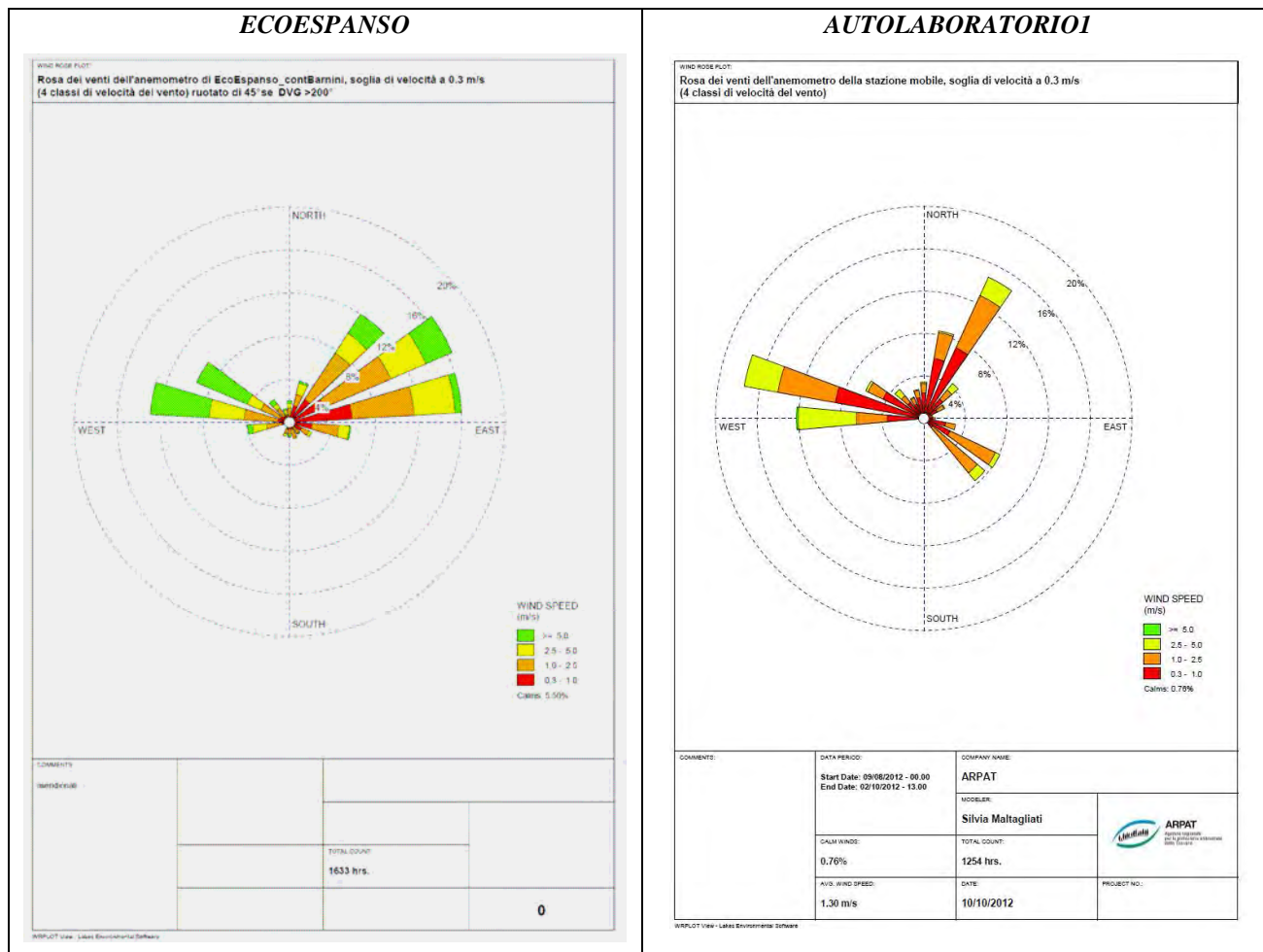
### Secondo periodo di monitoraggio

Il periodo complessivo, 9/8/2012-2/11/2012, è coperto dai dati EcoEspanso per l'intera durata.

La rosa dei venti corrispondente appare molto simile a quella del periodo precedente e poco coerente con quella dell'autolaboratorio1.



Anche in questo caso si è proceduto a “correggere” i settori occidentali e si è raggiunto un risultato di maggiore aderenza tra i due set di dati messi a confronto (vedi figura seguente). Anche in questo caso le velocità del vento sono superiori nelle misure dell’anemometro di Eco Espanso.



## 6.4 Selezione del dataset meteorologico

La difformità dei due dataset è critica e non consente una loro sovrapposizione o complementarità. D'altra parte il periodo di osservazione, soprattutto nei mesi agosto/settembre 2012, è stato caratterizzato sicuramente da frequenti episodi di calma di vento che hanno certamente reso più difficoltose e imprecise le misure anemologiche.

In conclusione, dovendo selezionare un dataset meteorologico, per il maggiore controllo anche strumentale a cui è sottoposto l'*autolaboratorio1*, si è preferito quest'ultimo come unico riferimento anche per i dati anemologici. Rispetto a questa scelta tuttavia, si deve tener conto della limitazione sulle direzioni di provenienza del vento nella posizione presso l'azienda Barnini, che non consente di analizzare eventuali emissioni odorigene provenienti dai settori meridionali rispetto alla posizione dell'autolaboratorio.