

## PROGETTO VARIANTE TECNICA

CUNICOLO ESPLORATIVO LA MADDALENA  
(CUP J41C07000000001)

## STUDI COMPLEMENTARI PER IL CUNICOLO ESPLORATIVO DELLA MADDALENA

*Verifica di ottemperanza alla Delibera CIPE 86/2010**Allegato 2: Prescrizione n. 4*

## RAPPORTO FINALE SULLO STUDIO ANEMOLOGICO E SIMULAZIONI ATMOSFERICHE

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	Luglio 2011	Emissione	Irene Zaniratti	Mirna Terenziani	Lorenzo Morra
A	10 - 08- 11	Emissione finale	Irene Zaniratti	Mirna Terenziani	Lorenzo Morra

N° DOC	P	P	2	M	S	1	G	I	A	0	2	2	8	A	A	P	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero				Indice	Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	MS1	//	//	02	00	00	10	28
--------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse BP 80631 F-73006

CHAMBERY CEDEX (France)

Tél.: +33 (0) 4.79.68.56.50 - Fax: +33 (0) 4.79.68.56.59

RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03439556952

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)

## SOMMARIO - TABLE DES MATIERES

1	PREMESSA.....	5
2	STUDIO ANEMOLOGICO DELL' AREA DI INTERVENTO .....	6
2.1	PREMESSA E METODOLOGIA DI STUDIO .....	6
2.2	INQUADRAMENTO DELL' AREA DI INTERVENTO .....	7
2.3	ANALISI DEL VENTO NELL' AREA VASTA .....	9
2.3.1	Atlante eolico italiano.....	9
2.3.2	Inquadramento anemologico della Val di Susa.....	13
2.3.3	Foehn.....	36
2.4	ANALISI DEI DATI DELLA STAZIONE FINIERE .....	39
2.4.1	Stazione e dati disponibili.....	39
2.4.2	Rose dei venti e classi di velocità .....	43
2.4.3	Fenomeno delle brezze .....	55
2.4.4	Confronto con i risultati della campagna di misura ante operam del cunicolo esplorativo di Venaus .....	63
2.4.5	Dati meteorologici da modello .....	69
2.5	CONCLUSIONI .....	84
3	STUDIO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI.....	85
3.1	PREMESSA E METODOLOGIA DI STUDIO .....	85
3.2	MODELLAZIONE DELLA DISPERSIONE .....	87
3.2.1	Il modello AERMOD .....	87
3.2.2	Scenari di simulazione e sorgenti emissive.....	89
3.2.3	Impostazione della modellizzazione .....	109
3.2.4	Risultati delle simulazioni .....	114
3.3	CONCLUSIONI .....	154
4	DEFINIZIONE DI EVENTUALI ULTERIORI SPECIFICHE MISURE MITIGATIVE E CONCLUSIONI .....	155

## SINTESI – RESUME

Il presente documento risponde alla Prescrizione 4 della Delibera CIPE 86/2010 che ha autorizzato la realizzazione del Cunicolo Esplorativo della Maddalena e contiene gli studi anemologici e di dispersione degli inquinanti in atmosfera effettuati per la fase di cantiere.

Lo studio anemologico, propedeutico alla valutazione di dispersione degli inquinanti al suolo, parte da un'analisi del territorio nel quale si inserisce il sito interessato: il comune di Chiomonte è localizzato nella Val di Susa, caratterizzata da una situazione anemologica particolare, tipica di un ambiente vallivo delle Alpi, contraddistinto da fenomeni specifici, quali il Foehn e il regime di brezza.

I dati presentati sono stati anche confrontati con quelli prodotti nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale del Cunicolo Esplorativo di Venaus in stazioni comunque interessate dal Cunicolo Esplorativo della Maddalena.

Lo studio, che si fonda sui risultati dello studio anemologico, prende in considerazione i principali inquinanti atmosferici (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e benzene) e ne studia la dispersione su un dominio discreto e ai principali recettori sensibili individuati sul territorio, in due differenti scenari annuali, ritenuti maggiormente significativi: lo scenario "Scavo tradizionale" e lo scenario "Anno tipo", il primo caratteristico delle prime attività di cantiere e il secondo rappresentativo dello svolgimento tipologico delle lavorazioni.

Le elaborazioni prodotte hanno evidenziato che gli incrementi prodotti dalle attività del cantiere non sono tali da alterare significativamente la qualità della componente e il rispetto dei limiti di legge è stato verificato ai principali recettori individuati sul territorio.

La note se pose l'objét de repondre à la prescription 4 de la Delibera CIPE 86/2010 qui a approuvé la Galerie de reconnaissance de la Maddalena et développe les études anemologiques et de dispersion des polluants dans l'atmosphère pou la phase de chantier..

L'étude anémologique, qui est préliminaire à l'évaluation de la dispersion des polluants, analyse le territoire affecté par les travaux: Chiomonte est situé dans le Val di Susa, une situation particulière à niveau anemologique, typique d'une vallée alpine, caractérisée par des phénomènes particuliers, tels que le foehn et le régime de brise.

Les données présentées ont également été comparés avec ceux produits par le plan de suivi de la galerie de reconnaissance de Venaus, dans les sites aussi intéressés par la Galerie de Reconnaissance de la Maddalena.

L'étude, qui est basé sur les résultats de l'étude anémologique, prend en compte les principaux polluants atmosphériques (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et le benzène) et la dispersion. L'étude est fait sur un domaine discret et sur les principaux récepteurs sensibles identifiés dans la zone. L'étude est fait sur deux scénarios différents annuelles jugées les plus importantes: le scénario "Excavation traditionnelle" et le scénario «année type».

Les calculs effectués ont montré que les augmentations produites par les travaux ne sont pas susceptibles de modifier significativement la qualité de la composante en respectant les limites de la loi.



## 1        **PREMESSA**

La presente relazione risponde alla Prescrizione 4 della Delibera CIPE 86/2010 che ha autorizzato la realizzazione del Cunicolo Esplorativo della Maddalena:

*“studio anemologico di dettaglio al fine di definire ulteriori specifiche misure mitigative per evitare superamenti [dei limiti previsti dalla normativa vigente], imputabili alle emissioni di polveri e degli altri principali inquinanti”.*

Tale studio è propedeutico alla progettazione esecutiva in quanto è mirato all'individuazione di eventuali ulteriori mitigazioni per garantire il rispetto dei limiti di legge in materia di qualità ambientale.

Al fine di ottemperare a tale richiesta è stato svolto uno studio anemologico dell'area di intervento, a partire dall'inquadramento all'interno dell'ambito territoriale peculiare nel quale è sito: la Val di Susa. Per lo studio delle caratteristiche anemologiche si è fatto riferimento ai dati misurati nella vicina centralina fissa Finiere, di ARPA Piemonte, ai risultati del monitoraggio ante operam invernale e primaverile effettuato per il progetto del cunicolo esplorativo di Venaus, effettuati nel 2005 nei pressi del sito oggetto del presente studio e, infine, ai dati elaborati da ARPAP dai modelli “Minerve” e “Surfpro”.

Questi ultimi sono stati l'input meteorologico del modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera, che ha preso in considerazione sia uno scenario annuale che caratterizzasse le lavorazioni tipo del cantiere a regime, sia uno scenario annuale che desse una fotografia delle prime fasi di scavo, effettuate in tradizionale. I risultati numerici del modello dispersivo sono stati elaborati in modo tale da poter essere confrontati con i limiti di legge a lungo periodo (medie annuali) e a breve periodo (percentili).

Anticipando i risultati di tali analisi, non è risultato necessario indicare ulteriori e specifiche misure di mitigazione, rispetto a quelle indicate nel progetto definitivo e nel SIA e integrate nella modellizzazione, in quanto risulta garantito il rispetto dei limiti di legge ai recettori individuati sul territorio.

## **2 STUDIO ANEMOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO**

### **2.1 PREMESSA E METODOLOGIA DI STUDIO**

Il presente capitolo rappresenta lo Studio anemologico dell'area di Chiomonte, sito di realizzazione dell'imbocco del Cunicolo esplorativo di La Maddalena.

Esso ha lo scopo di caratterizzare il sito oggetto di studio dal punto di vista dei venti. Tale studio è infatti propedeutico alla valutazione della dispersione degli inquinanti generati dalle attività previste.

Lo studio parte da un'analisi del territorio nel quale si inserisce il sito interessato: il comune di Chiomonte è localizzato nella Val di Susa, valle alpina orientata W-E e percorsa dal fiume Dora Riparia. Tale localizzazione determina una caratterizzazione anemologica particolare, tipica di un ambiente vallivo delle Alpi, contraddistinto da fenomeni specifici, quali il Foehn e il regime di brezza.

L'inquadramento generale dell'ambito territoriale è basato sull'analisi di documenti ed elaborazioni reperibili in letteratura, in particolare l'"Atlante eolico italiano", redatto da CESI, *Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano S.p.A.* e "Il vento in Piemonte", ARPA Piemonte, 2007.

Nell'ambito dell'inquadramento anemologico di area vasta, il presente studio prende, quindi, in considerazioni i principali parametri del vento, velocità e direzione, per le stazioni site nella Val di Susa, facenti parte della rete di monitoraggio di ARPA Piemonte. Le serie storiche, i dati giornalieri di tali centraline e i documenti citati forniscono la base per lo studio delle caratteristiche anemologiche dell'ambito.

In particolare, vengono approfonditi i fenomeni anemologici specifici, quali il Foehn, le brezze di valle e di monte, le calme e le raffiche di vento.

Infine vengono analizzati i dati orari dell'anno 2010 registrati dalla stazione Finiere, sita nel comune di Chiomonte, attiva dall'anno 1990 e predisposta alla misura dei parametri meteorologici: precipitazioni, temperatura, velocità e direzione del vento. Tali dati, necessari per uno studio sito-specifico, vengono quindi elaborati, tramite analisi statistiche e realizzazione di appositi grafici, quali le rose dei venti, per delineare il quadro anemologico del sito.

## 2.2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'ambito territoriale del progetto del cunicolo esplorativo della Maddalena interessa principalmente i settori medi della Val di Susa, la parte terminale della Val Clarea che si sviluppa sul versante sinistro della Dora Riparia.

La Val di Susa è una valle alpina situata nella porzione occidentale del Piemonte, ad ovest di Torino. Essa è percorsa dal fiume Dora Riparia ed è toccata dalle Alpi Cozie (sulla destra della Dora e del Cenischia) e dalle Alpi Graie (sulla sinistra dei medesimi corsi d'acqua).

La valle presenta numerose vallate laterali:

- ✓ Valle Argentera
- ✓ Val Thuras
- ✓ Valle della Piccola Dora
- ✓ Valle della Rho
- ✓ Valle del Frejus
- ✓ Vallone di Rochemolles
- ✓ Val Clarea
- ✓ Val Cenischia

I comuni strettamente interessati dall'intervento sono:

- ✓ Comune di Chiomonte in cui è localizzato l'imbocco della galleria, l'area di cantiere, la zona di deposito della Maddalena e gran parte della viabilità esistente che consente, dal cantiere, di raggiungere la SS 24;
- ✓ Comune di Giaglione che è interessato in sotterraneo da gran parte dello sviluppo della cunicolo esplorativo, che in superficie è sito in prossimità del cantiere con la sua borgata Clarea

Il centro abitato di Chiomonte è quello più vicino all'area di cantiere, dista circa 900 m in linea d'aria, ed è localizzato sulla destra orografica della Dora Riparia, mentre il cantiere è localizzato in sponda sinistra.

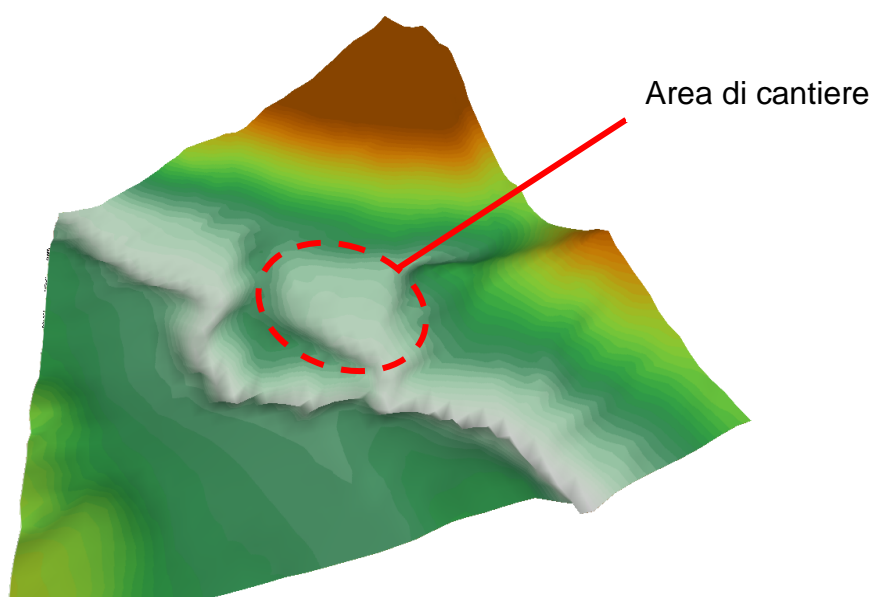
L'area che sarà interessata dall'imbocco e dal cantiere del cunicolo (cfr figura seguente) è localizzata in una depressione morfologica in prossimità della confluenza tra il torrente Clarea e la Dora Riparia. Gli elementi morfologici principali sono costituiti dal versante compreso tra il Clarea e la Dora Riparia (localizzato sulla sinistra della foto) e il rilievo morfologico che si affaccia direttamente sulla Dora Riparia (localizzato sulla destra della foto).

Al centro della depressione è localizzato il Viadotto Autostradale della A 32, le cui pile hanno un'altezza superiore a 35 m, sotto il quale sarà installato il cantiere che andrà ad interferire principalmente con le aree prative che caratterizzano il pianoro a forma di conca compreso tra i due rilievi. L'imbocco, localizzato sulla sinistra della foto e coperto dal viadotto, interessa aree parzialmente terrazzate su cui si è sviluppata una vegetazione di carattere arboreo.



**Figura 1: Vista dell'area che ospiterà il cantiere**

Di seguito si riporta la modellizzazione 3D del terreno relativa all'area del cantiere.





## 2.3 ANALISI DEL VENTO NELL'AREA VASTA

### 2.3.1 Atlante eolico italiano

Nel 2002 è stato pubblicato "**Atlante Eolico Italiano**", studio redatto da CESI, *Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano S.p.A.*, con lo scopo di fornire dati ed informazioni sulla distribuzione delle risorse eoliche sul territorio italiano ed aiutare ad individuare le aree dove tali risorse possono essere interessanti per lo sfruttamento energetico.

La costruzione dell'atlante eolico del territorio nazionale ha visto, in prima battuta, la modellizzazione numerica per la simulazione di campi di vento, attuata mediante modelli matematici che tengono conto per quanto possibile degli effetti prodotti da rilievi montuosi ed ostacoli in genere, oltre che della rugosità superficiale del terreno. La simulazione è stata sviluppata nel corso del 2000 e 2001 dall'Università degli Studi di Genova - Dipartimento di Fisica, che ha utilizzato il proprio modello WINDS (*Windfield Interpolation by Non Divergent Schemes*), derivato dal modello capostipite NOABL con l'inserimento di appropriati algoritmi e modifiche finalizzate a migliorarne le prestazioni.

Il territorio italiano è stato suddiviso in 24 "aree geografiche", parzialmente sovrapposte tra loro, di dimensioni dell'ordine di 200x200 km<sup>2</sup>. Le simulazioni, conseguentemente, sono state eseguite separatamente per ciascuna area, con composizione finale dei risultati. Gli input relativi all'orografia e alla copertura del terreno sono stati costruiti utilizzando i database dell'U.S. Geological Survey (USGS), opportunamente rigigliati. La dimensione verticale del dominio di calcolo si estende dal suolo fino a 5000 m s.l.m. La griglia, rispetto alla direzione verticale, è stata infittita in prossimità del terreno per meglio rappresentare lo strato limite superficiale dell'atmosfera.

L'input statistico del modello è costituito dalle ri-analisi del General Circulation Model (GCM) dello European Centre for Medium Range Weather Forecast (ECMWF), acquisite per un periodo temporale di 10 anni, a partire dal 1 Gennaio 1990 fino al 31 Dicembre 1999. Questo insieme di informazioni è stato utilizzato per estrarre le frequenze climatologiche della velocità e della direzione del vento a 5000 m s.l.m., al di sopra di tutto il territorio italiano.

Il calcolo ha portato, per ognuna delle 24 aree, alla determinazione di un valore di velocità media annua del vento in ogni nodo del dominio tridimensionale di simulazione. Dai valori ai nodi di questo dominio si sono successivamente estratte, per interpolazione, valori di velocità media annua del vento a quote arbitrarie prefissate sopra il livello del terreno.

Successivamente sono state individuate 240 stazioni anemologiche con caratteristiche di rappresentatività e idoneità dei dati raccolti, con le quali è stato condotto in modo completo il processo di taratura della mappa WINDS.

L'Atlante eolico si compone quindi di 27 tavole che rappresentano tre serie distinte di velocità del vento, a tre altezze dal suolo diverse: 25m, 50 m e 75 m.

L'area interessata dal progetto in esame è rappresentata sulla Tavola 1 del quadro d'insieme.

Di seguito si riportano gli stralci delle tavole riportante le velocità dei venti alle tre altezze considerate dallo studio. L'assenza di colore indica velocità medie inferiori a 3 m/s.

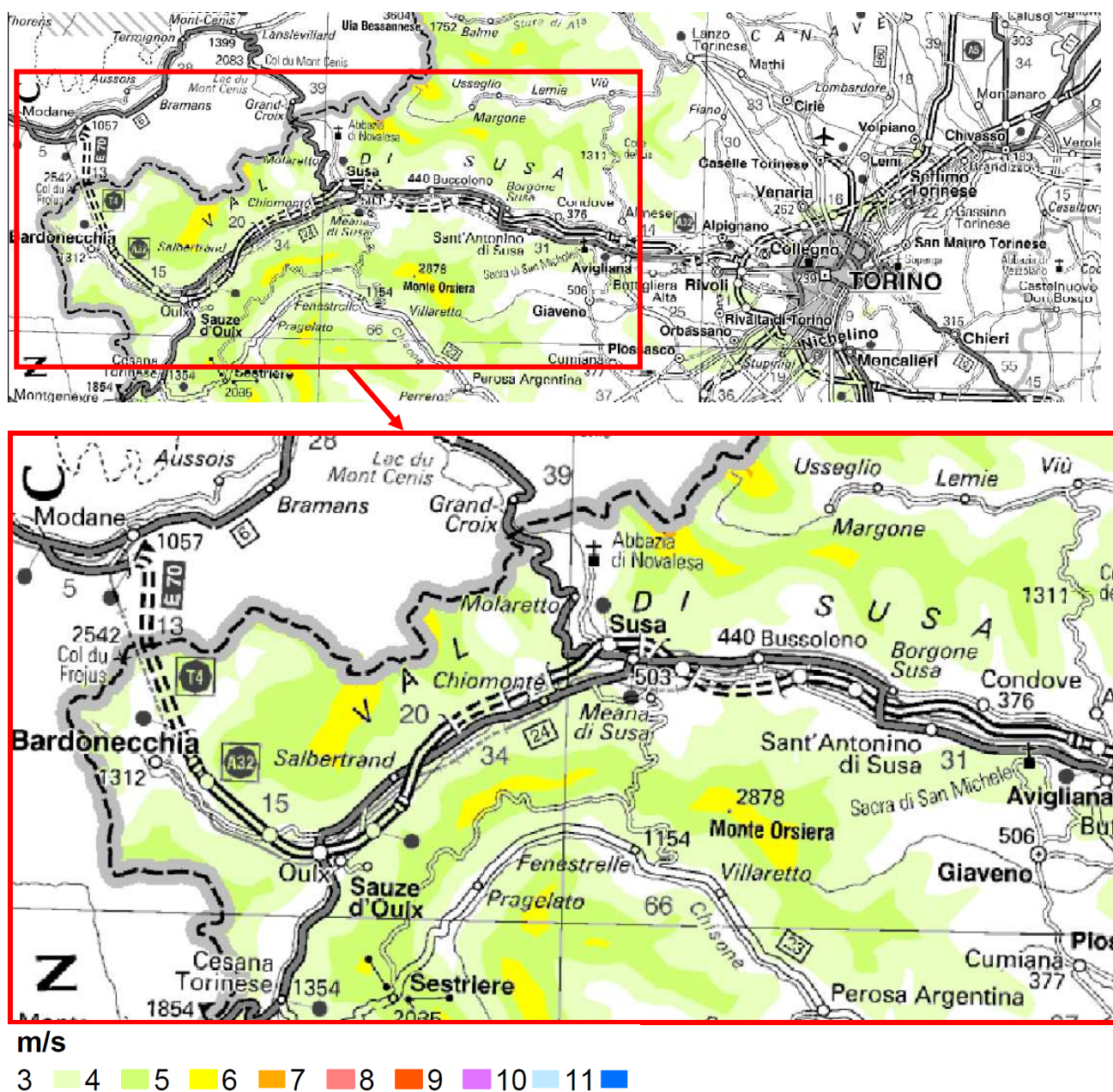
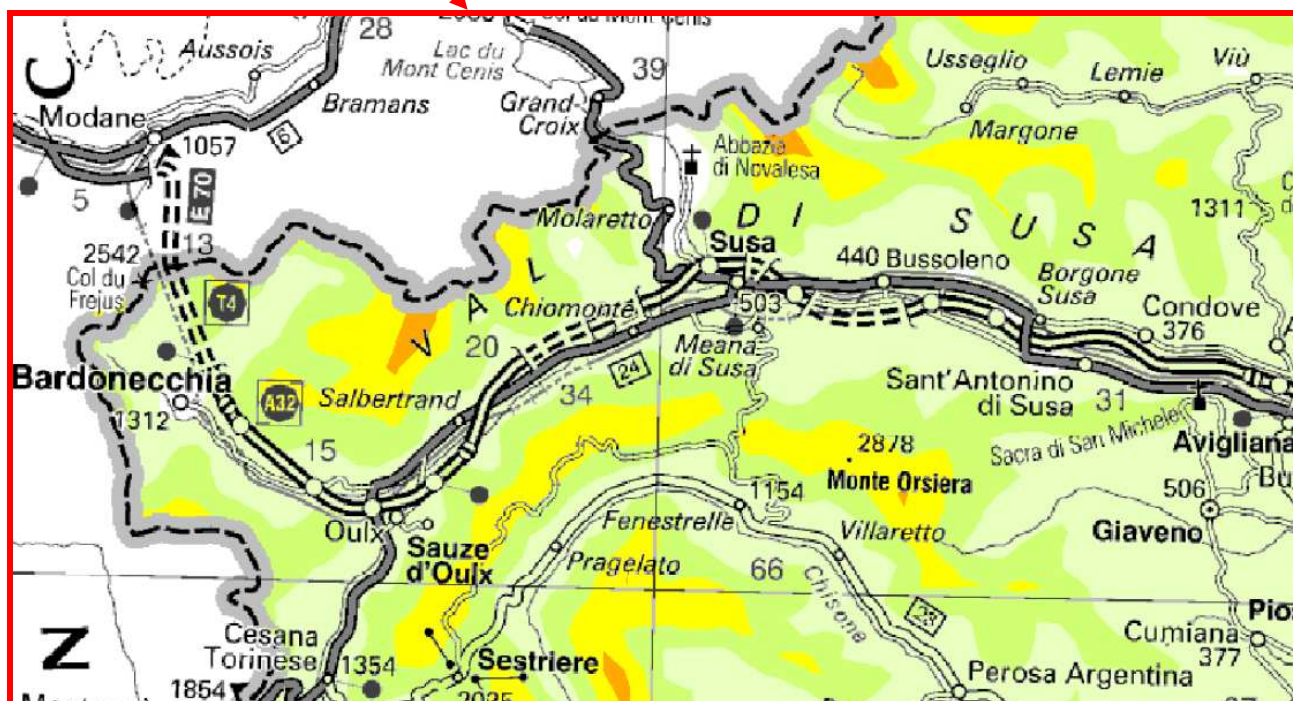
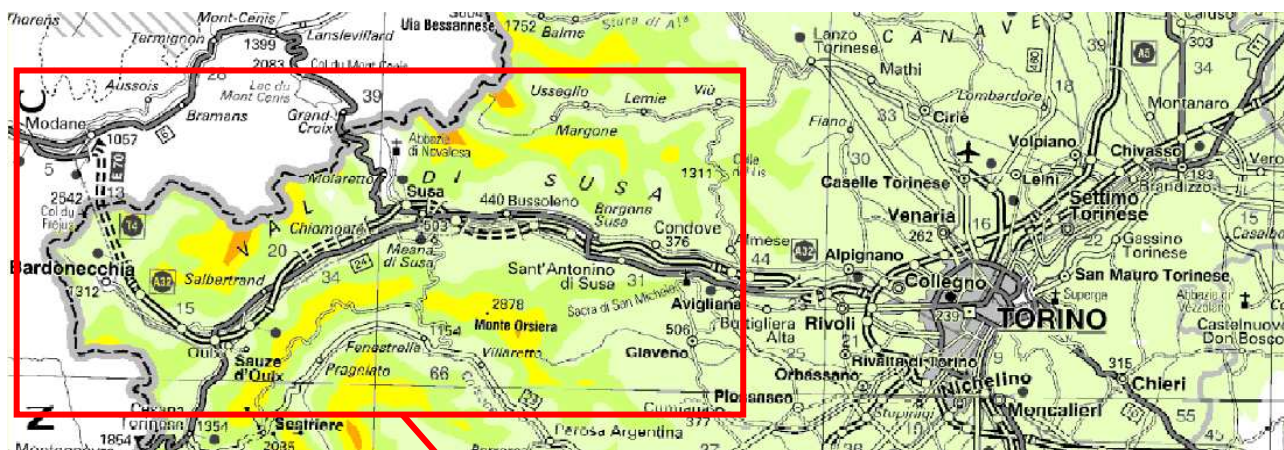


Figura 2: Mappa della velocità media annua del vento a 25 m s.l.t.





m/s



Figura 3: Mappa della velocità media annua del vento a 50 m s.l.t.



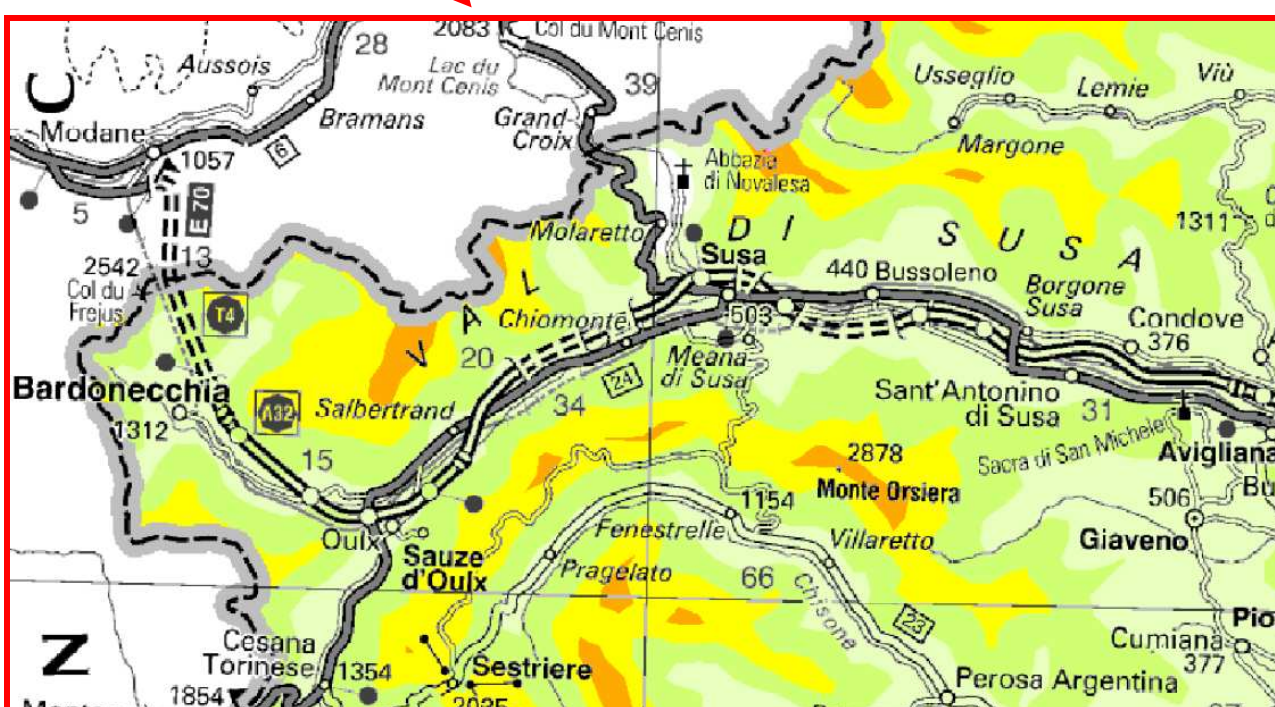
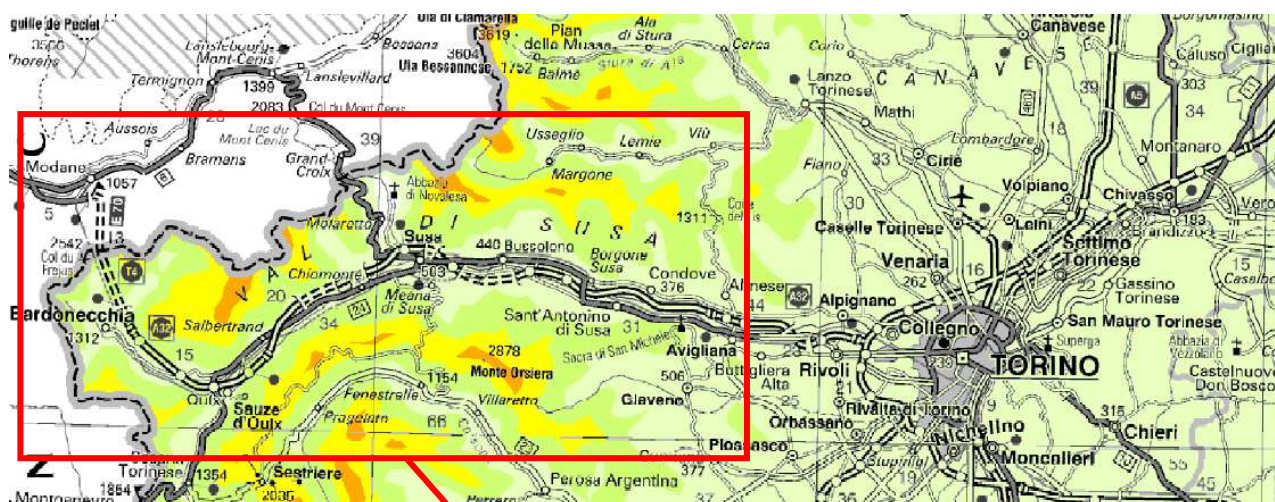


Figura 4: Mappa della velocità media annua del vento a 75 m s.l.t.

I campi di vento riportati negli stralci cartografici precedenti confermano innanzitutto il legame dei fenomeni anemologici con la morfologia della Val di Susa, la cui conformazione incanala i venti.

Il territorio nel quale si inserisce il sito oggetto di intervento è mediamente ventoso rispetto alle zone pianeggianti sottostanti, della zona di Torino, proprio a causa della conformazione orografica della valle. La Val di Susa presenta una situazione anemologica simile alle valli circostanti, con venti caratterizzati da velocità più intense man mano che la quota di indagine aumenta.

### **2.3.2 Inquadramento anemologico della Val di Susa**

Lungo la Val di Susa sono distribuite 12 stazioni meteorologiche, appartenenti ad ARPA Piemonte. Di seguito si riportano la localizzazione e le caratteristiche di tali stazioni e alcune elaborazioni statistiche effettuate nello studio Il vento in Piemonte, pubblicato nel 2007 da ARPA Piemonte: in particolare il regime anemologico è distinto in unimodale (U), bimodale (B) e trimodale (T), a seconda che presenti una, due o tre direzioni preferenziali di vento.

Il documento analizza i dati misurati dal 1990 al 2005.

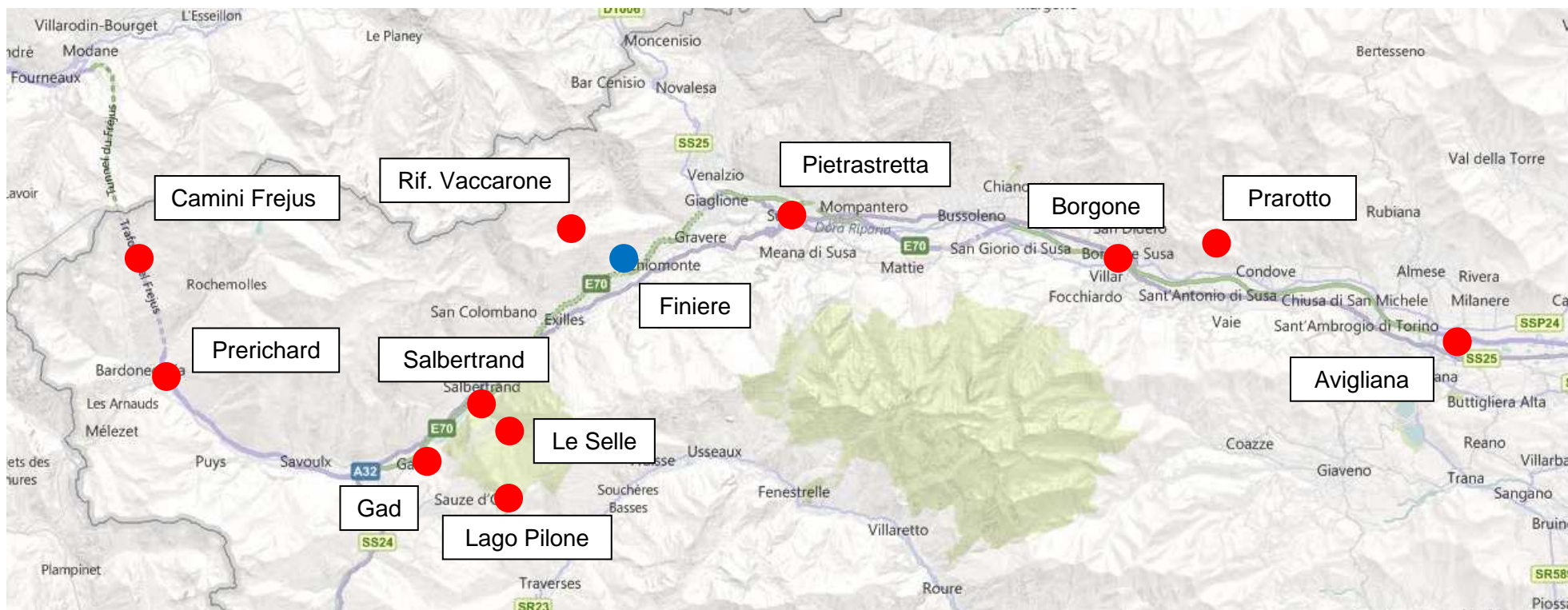


Figura 5: Localizzazione delle stazioni meteorologiche della Val di Susa – in blu la stazione di Finiere, sita nel comune di Chiomonte



Tabella 1: stazioni meteorologiche della Val di Susa (Il vento in Piemonte, ARPA Piemonte)

STAZIONE	COMUNE	QUOTA	LONGITUDINE NORD	LATITUDINE EST	ANNO DI ATTIVAZIONE	DIREZIONE DEL VENTO	REGIME ANEMOLOGICO	VELOCITA' DEL VENTO MEDIA ANNUALE (m/s)
<b>Camini Frejus</b>	Bardonecchia	1800	45.07	6.41	1990	N	T	1.8
<b>Prerichard</b>	Bardonecchia	1353	45.04	6.43	1990	N	B	1.9
<b>Gad</b>	Oulx	1065	45.02	6.5	1990	NE	B	3.7
<b>Salbertrand</b>	Salbertrand	1010	45.04	6.53	1990	NE	B	2.4
<b>Le selle</b>	Salbertrand	1980	45.03	6.55	1991	NE	T	1.9
<b>Lago Pilone</b>	Sauze d'Oulx	2280	45.00	6.52	1988	-	-	1.7
<b>Finiere</b>	Chiomonte	813	45.07	6.58	1991	SW	B	2.8
<b>Rif. Varracone</b>	Giaglione	2745	45.09	6.55	1996	W	U	3.1
<b>Pietrastretta</b>	Susa	520	45.08	7.03	1990	NW	B	3.3
<b>Borgone</b>	Borgone Susa	400	45.07	7.14	1991	NW	B	1.9
<b>Prarotto</b>	Condove	1440	45.08	7.14	1997	E	B	1.5
<b>Avigliana</b>	Avigliana	340	45.05	7.23	1991	W	B	1.7

Come si può notare dai dati della tabella precedente, la direzione predominante per ciascuna stazione varia in funzione della localizzazione di questa, come rappresentato sinteticamente nell'immagine seguente. La conformazione della valle che presenta un orientamento est-ovest, determina un corridoio all'interno del quale i venti soffiano prevalentemente da ovest e un parte da est. Le stazioni localizzate a quote inferiori sono caratterizzate da direzione predominante allineata con l'asse vallivo principale, mentre alcune stazioni, quali Le Selle, Rifugio Vaccarone e Camini Frejus, sono influenzate dalla morfologia delle valli laterali presso le quali sono posizionate.

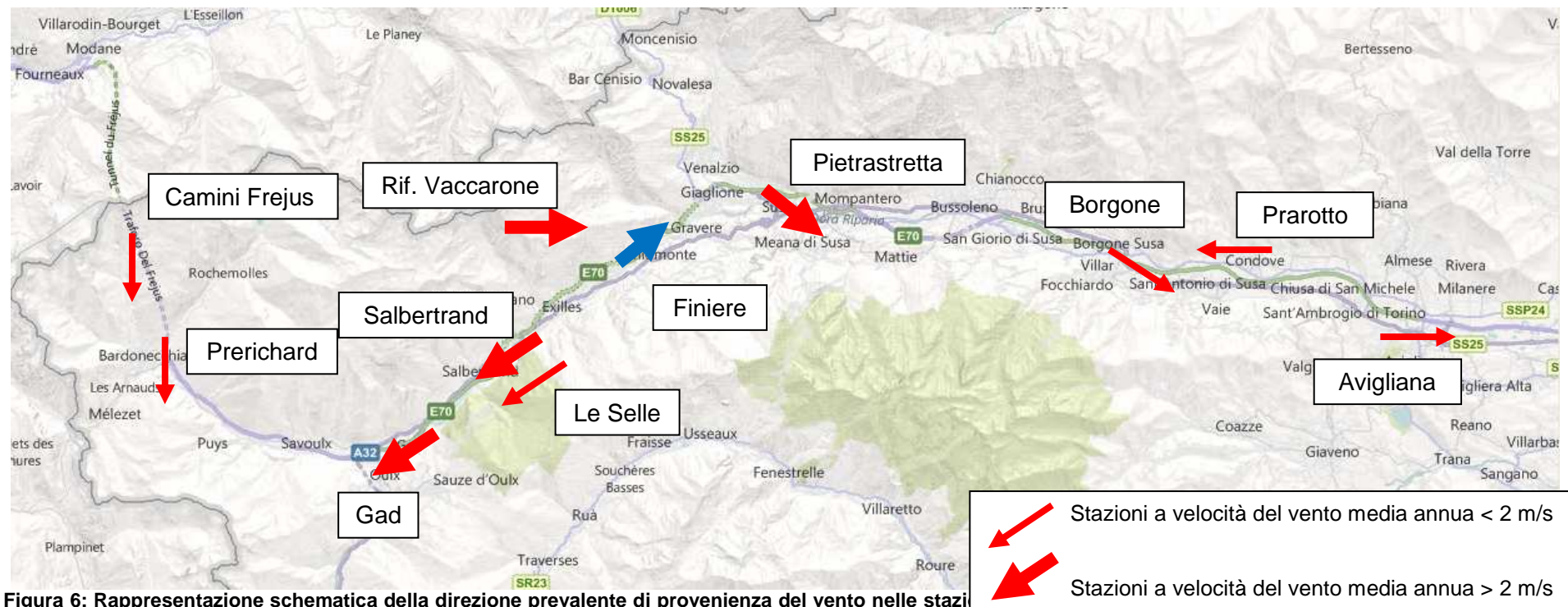




Figura 6: Rappresentazione schematica della direzione prevalente di provenienza del vento nelle stazioni

 Stazioni a velocità del vento media annua  $< 2 \text{ m/s}$   
 Stazioni a velocità del vento media annua  $> 2 \text{ m/s}$



Anche il **regime anemologico** conferma quanto appena illustrato: le stazioni sopra citate, influenzate dalle valli laterali presentano andamento anemologico unimodale o trimodale. Le altre stazioni sono caratterizzate da due direzioni di provenienza dei venti.

Per quanto riguarda la **velocità del vento**, non si notano particolari correlazioni tra la quota della stazione e il dato di intensità del vento. Il valore medio annuo più basso è della stazione Prarotto (Condove), pari a 1,5 m/s, mentre quello più elevato è afferibile alla stazione Gad (Oulx), 3,7 m/s.

Di seguito si riportano i dati di velocità del vento mensile e stagionale per le stazioni della Val di Susa.

Tabella 2: Dati di velocità del vento mensili e stagionali per le stazioni della Val di Susa in m/s (Il vento di Piemonte, ARPA Piemonte)

STAZIONE	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Primavera	Estate	Autunno	Inverno
<b>Camini Frejus</b>	1.6	2.0	2.6	2.4	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1.3	2.0	1.9	1.8	2.3	1.6	1.4
<b>Prerichard</b>	1.7	2.0	2.3	2.2	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	2.2	2.0	1.7
<b>Gad</b>	3.0	3.6	4.2	4.3	4.2	4.1	4.3	4.1	3.9	3.3	3.0	2.9	3.2	4.2	4.2	3.4
<b>Salbertrand</b>	2.4	2.6	2.7	2.8	2.7	2.6	2.6	2.4	2.3	2.0	2.0	2.1	2.4	2.7	2.5	2.1
<b>Le selle</b>	2.1	2.4	2.2	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	2.0	2.4	2.3	1.9	1.8	1.8
<b>Lago Pilone</b>	1.8	2.0	1.8	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.6	1.6
<b>Finiere</b>	<b>2.6</b>	<b>2.7</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.9</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.8</b>	<b>2.5</b>	<b>2.7</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.7</b>
<b>Rif. Varracone</b>	3.4	4.2	3.6	3.1	2.6	2.7	2.9	2.2	2.3	3.3	3.1	3.8	3.8	3.1	2.6	2.9
<b>Pietrastretta</b>	2.7	3.4	3.9	3.7	3.5	3.5	3.8	3.5	3.2	2.7	2.6	2.7	2.9	3.7	3.6	2.8
<b>Borgone</b>	1.5	2.0	2.5	2.5	2.2	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.5	1.5	1.7	2.4	2.0	2.4
<b>Prarotto</b>	1.2	1.2	1.5	1.8	2.0	1.8	1.8	1.6	1.7	1.4	1.1	1.2	1.2	1.8	1.7	1.4
<b>Avigliana</b>	1.5	1.9	1.9	1.9	1.6	1.7	1.8	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8	1.7	1.5

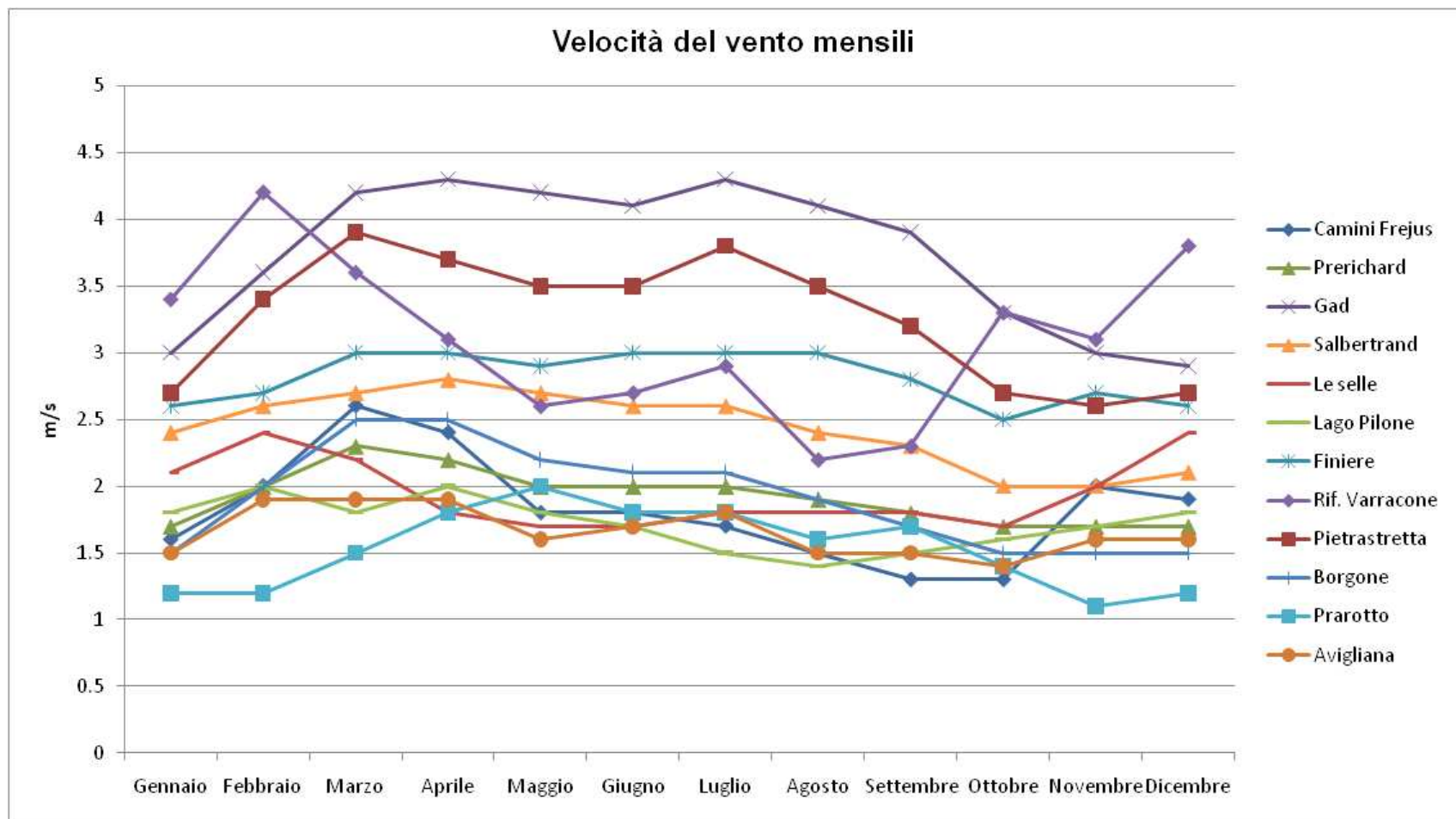


Figura 7: velocità del vento mensili per le stazioni della Val di Susa

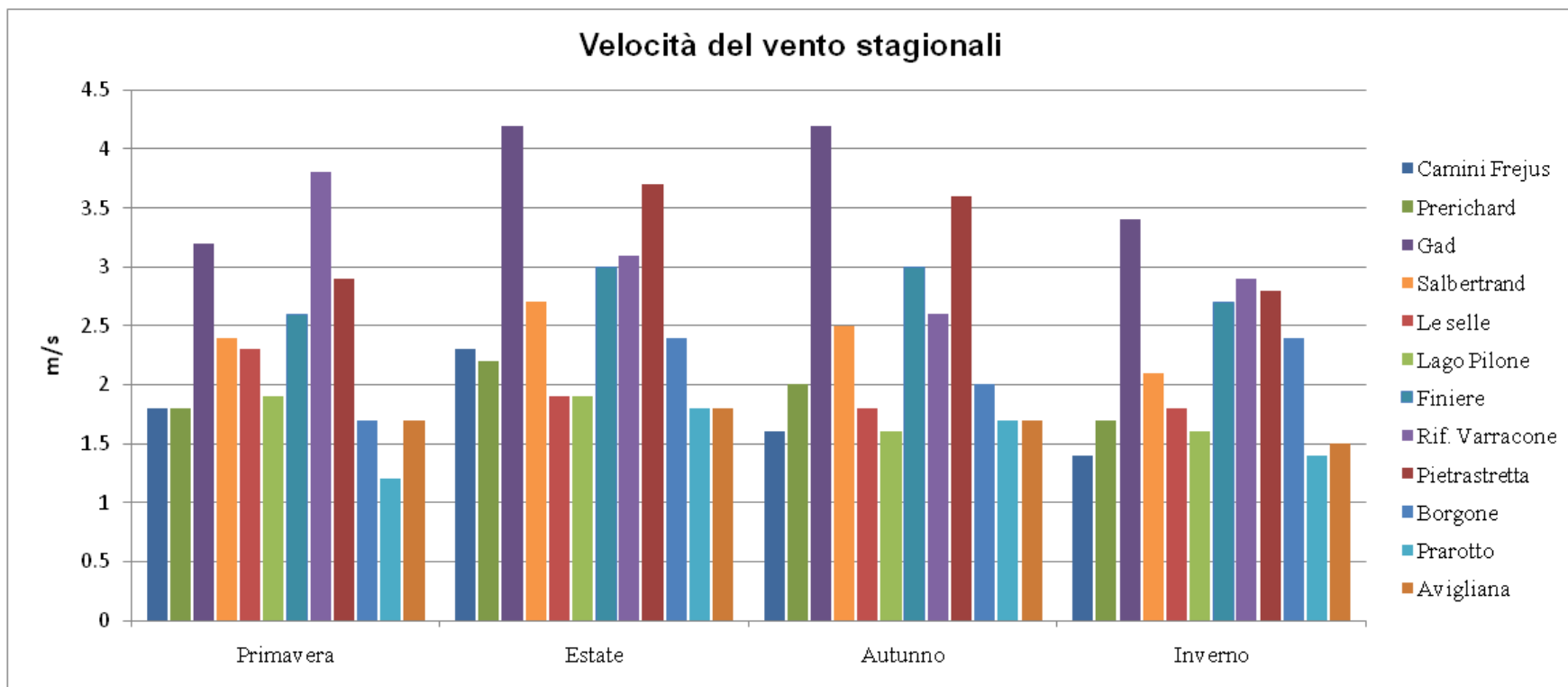


Figura 8: velocità del vento stagionali per le stazioni della Val di Susa

Di seguito si riportano i dati delle massime raffiche di vento, definite come il massimo valore di velocità registrato nell'arco della giornata, registrate nel periodo 1990 – 2003 per le stazioni site in Val di Susa. Per la stazione Finiere a massima raffica registrata si è verificata il 22 dicembre del 1991 e risulta pari a 27.5 m/s.

**Tabella 3: Dati di raffica di vento per le stazioni della Val di Susa tra il 1990 e il 2003 (Il vento di Piemonte, ARPA Piemonte)**

STAZIONE	RAFFICA DI VENTO [m/s]	DATA
<b>Camini Frejus</b>	32.7	28/01/1994
<b>Prerichard</b>	22.2	28/03/1995
<b>Gad</b>	29.2	28/03/1995
<b>Salbertrand</b>	30.8	09/02/2000
<b>Le selle</b>	34.8	22/12/1991
<b>Lago Pilone</b>	26.5	06/11/2002
<b>Finiere</b>	27.5	22/12/1991
<b>Rif. Varracone</b>	41.1	20/03/2002
<b>Pietrastretta</b>	40.4	19/03/2002
<b>Borgone</b>	31.6	22/12/1991
<b>Prarotto</b>	23.8	05/02/1999
<b>Avigliana</b>	31.8	22/12/1991

Per quanto attiene la direzione del vento, si riportano di seguito i dati della distribuzione mensile e stagionale della direzione prevalente del vento (tratti dallo studio "Il vento in Piemonte") e le rose di venti elaborate sulla base dei dati giornalieri dall'anno di attivazione di ciascuna stazione della Val di Susa al 2010 (per la stazione Finiere, sita nel comune di Chiomonte, si rimanda al paragrafo dedicato).

Il confronto tra la tabella seguente e le rose dei venti evidenzia la sostanziale conformità delle valutazioni, ad eccezione della stazione *Le selle* per la quale l'elaborazione dei dati giornalieri mostra una predominanza della direzione E, rispetto alla NE indicata nell'elaborato ARPA. È necessario rilevare che per tale stazione circa il 25% dei dati sono risultati mancanti o non validi: tale fattore può aver alterato il risultato complessivo dell'elaborazione.

Le rose di venti evidenziano la tipologia di regime del vento: unimodale, bimodale e trimodale, sintetizzato nella Tabella 1.

Il *regime unimodale* è caratterizzato da una frequenza massima di provenienza del vento: nel caso delle stazioni della Val di Susa questo è principalmente imputabile all'incanalamento nella vallata.

Il *regime bimodale* presenta due massimi nella frequenza di direzione del vento, dovuti ai regimi di brezza diurni e notturni o alla specifica conformazione della valle e dell'area in cui è sita la stazione.

Per concludere, il *regime trimodale*, che presenta tre massimi, è tipico delle stazioni a quota maggiore.

Tabella 4: Dati di direzione del vento mensili e stagionali per le stazioni della Val di Susa in m/s (Il vento di Piemonte, ARPA Piemonte)

STAZIONE	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Primavera	Estate	Autunno	Inverno
<b>Camini Frejus</b>	NE	N	N	N	N	N	SW	SW	SW	SW3	N	N	NE	N	SW	SW
<b>Prerichard</b>	NNW	NNW	NW	NW	SSE	SSE	SSE	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NNW	NW	SSE	NNW
<b>Gad</b>	W	WSW	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	W	WSW	WSW	WSW	ENE	ENE	ENE
<b>Salbertrand</b>	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	SW	NE	NE	NE
<b>Le selle</b>	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	E	E	E	E	NNE	NNE	NNE	E	NNE	NNE
<b>Finiere</b>	<b>WSW</b>	<b>WSW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>WSW</b>	<b>SW</b>	<b>WSW</b>	<b>WSW</b>	<b>SW</b>	<b>SW</b>	<b>SSW</b>
<b>Rif. Varracone</b>	W	W	WNW	W	W	WNW	WNW	W	W	W	W	W	W	W	WNW	W
<b>Pietrastretta</b>	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW
<b>Borgone</b>	NW	SE	NW	E	ESE	E	E	E	ESE	SE	NW	NW	NW	ESE	E	SE
<b>Prarotto</b>	W	W	E	E	E	E	E	E	ENE	ENE	ENE	W	W	E	E	ENE
<b>Avigliana</b>	W	W	W	ESE	ESE	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W

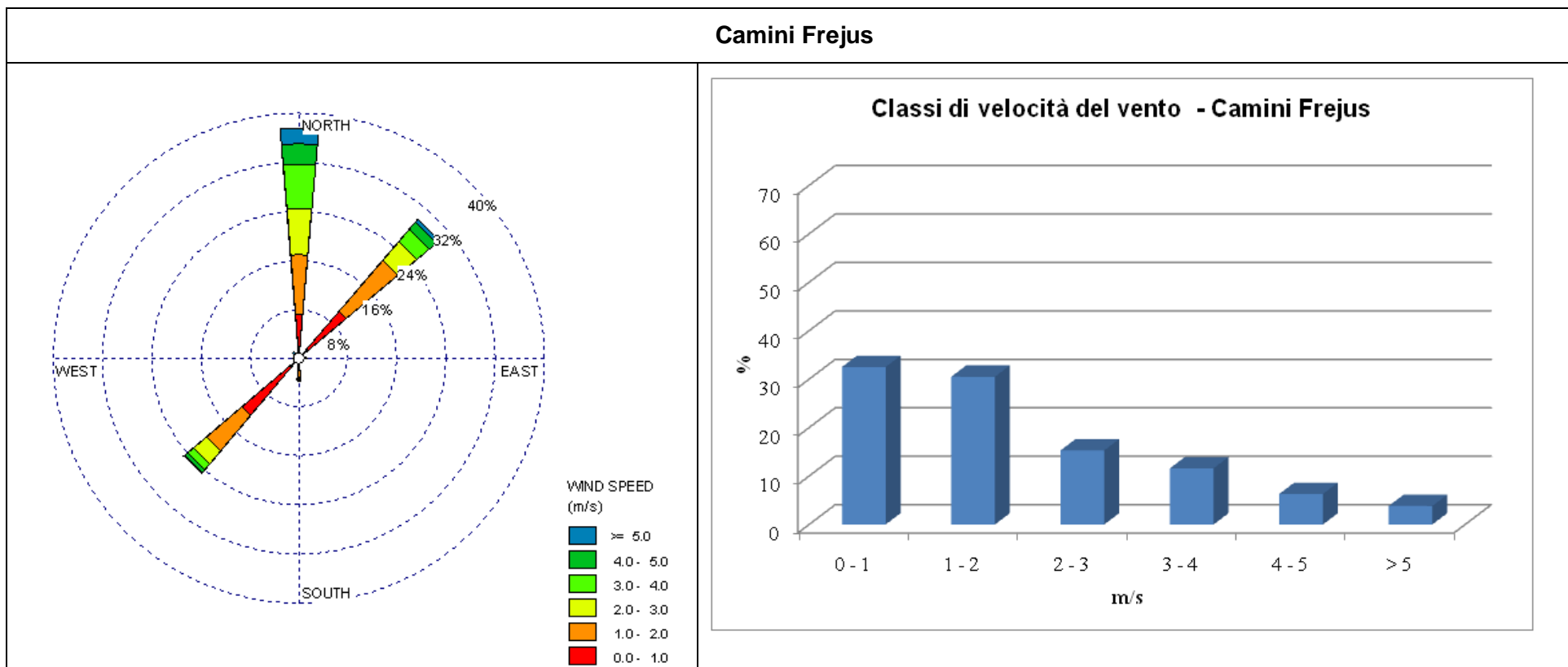


Figura 9: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Camini Frejus



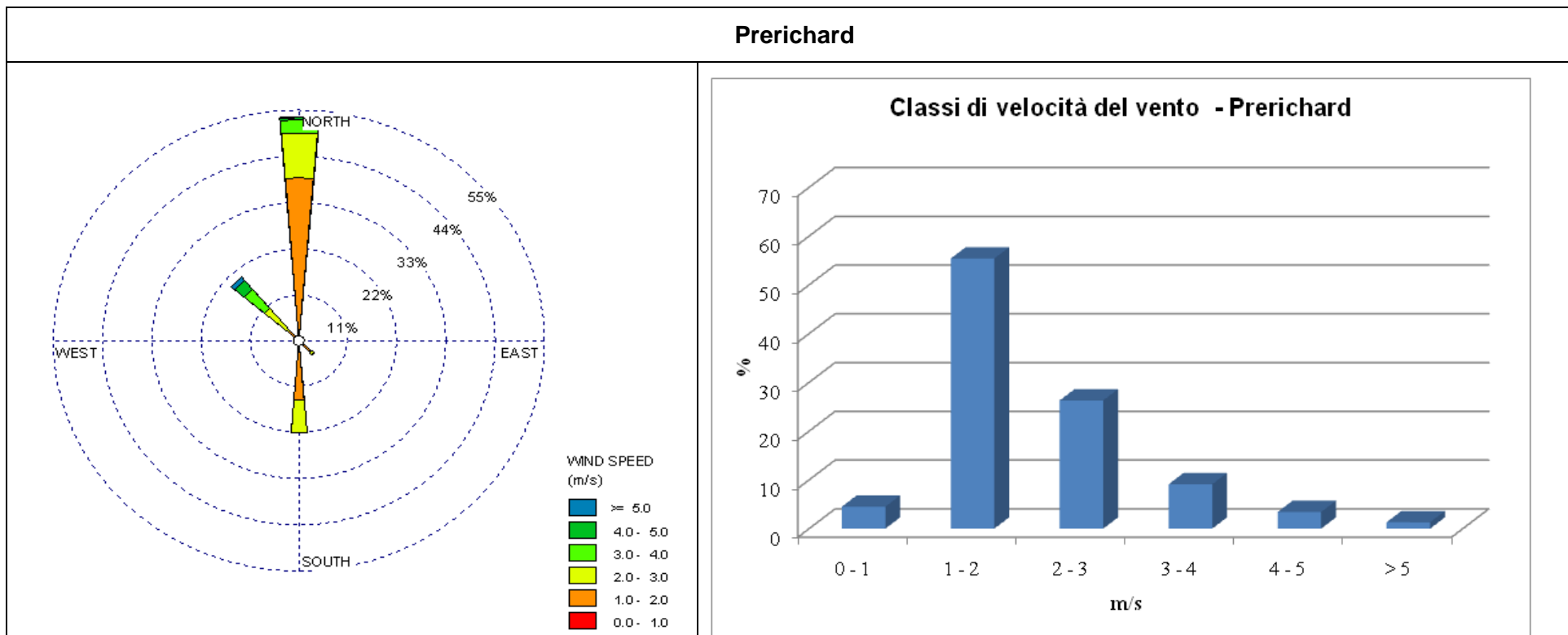


Figura 10: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Prerichard

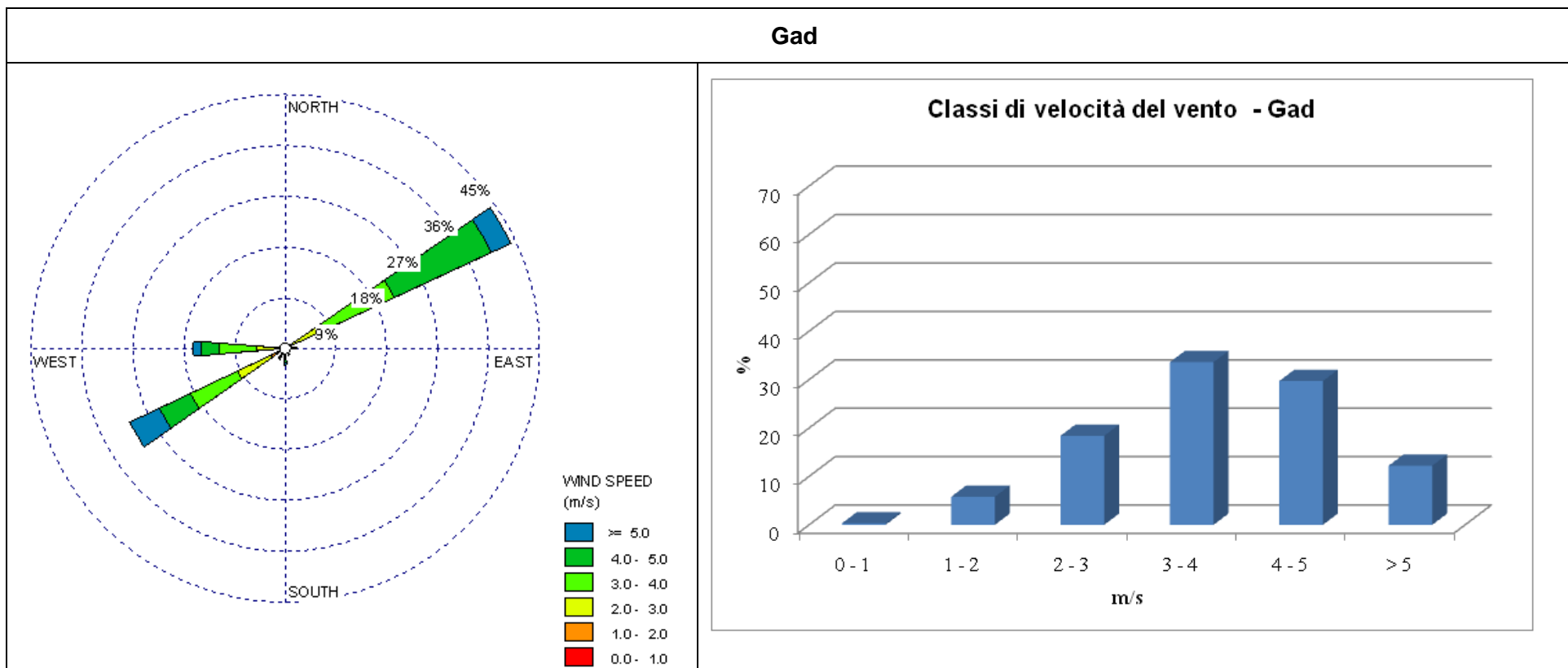


Figura 11: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di gad

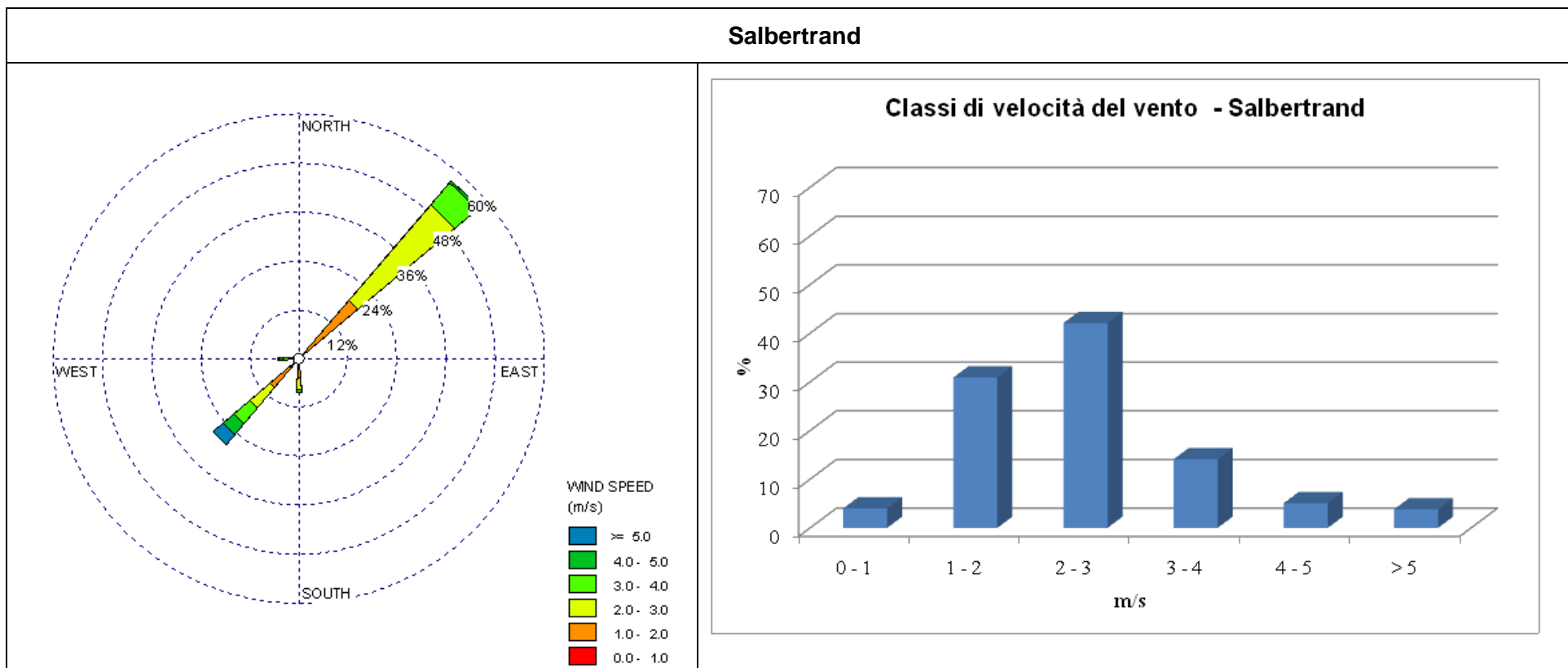


Figura 12: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Salbertrand

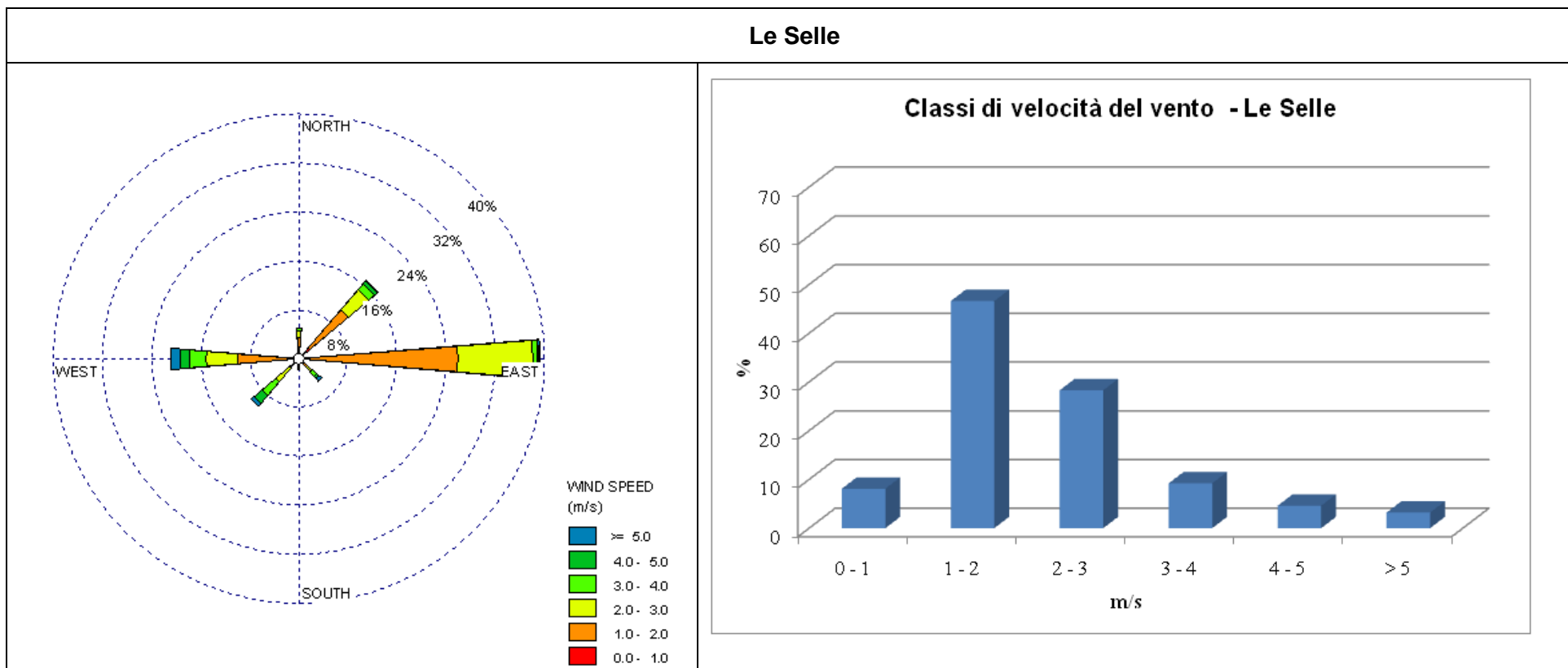


Figura 13: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Le Selle

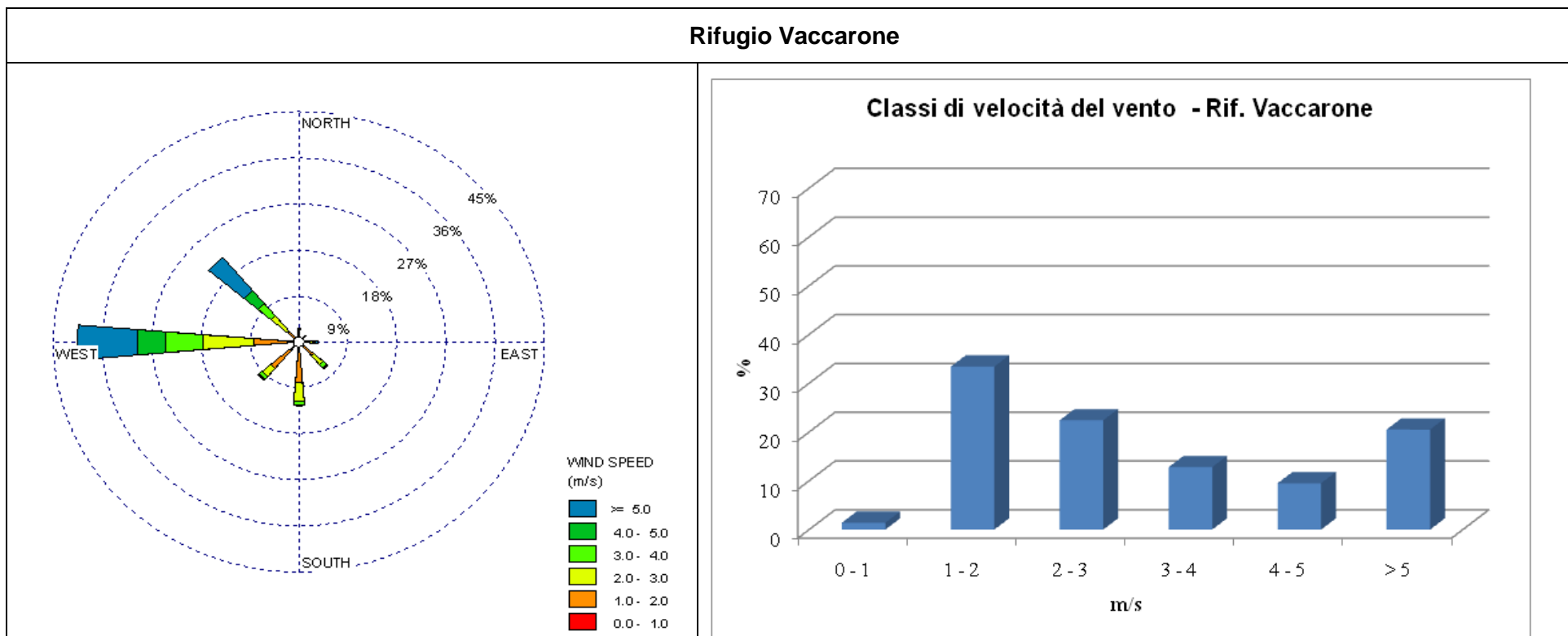


Figura 14: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Rifugio Vaccarone

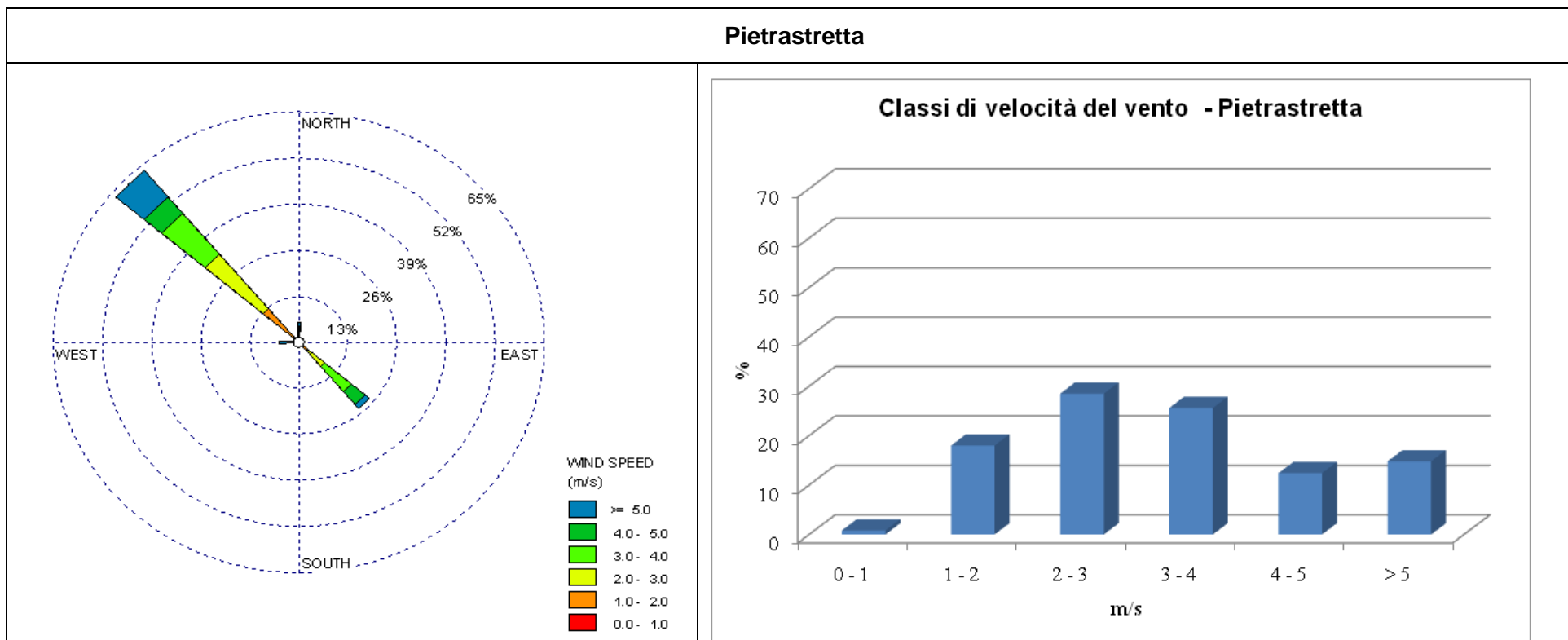


Figura 15: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Pietrastretta

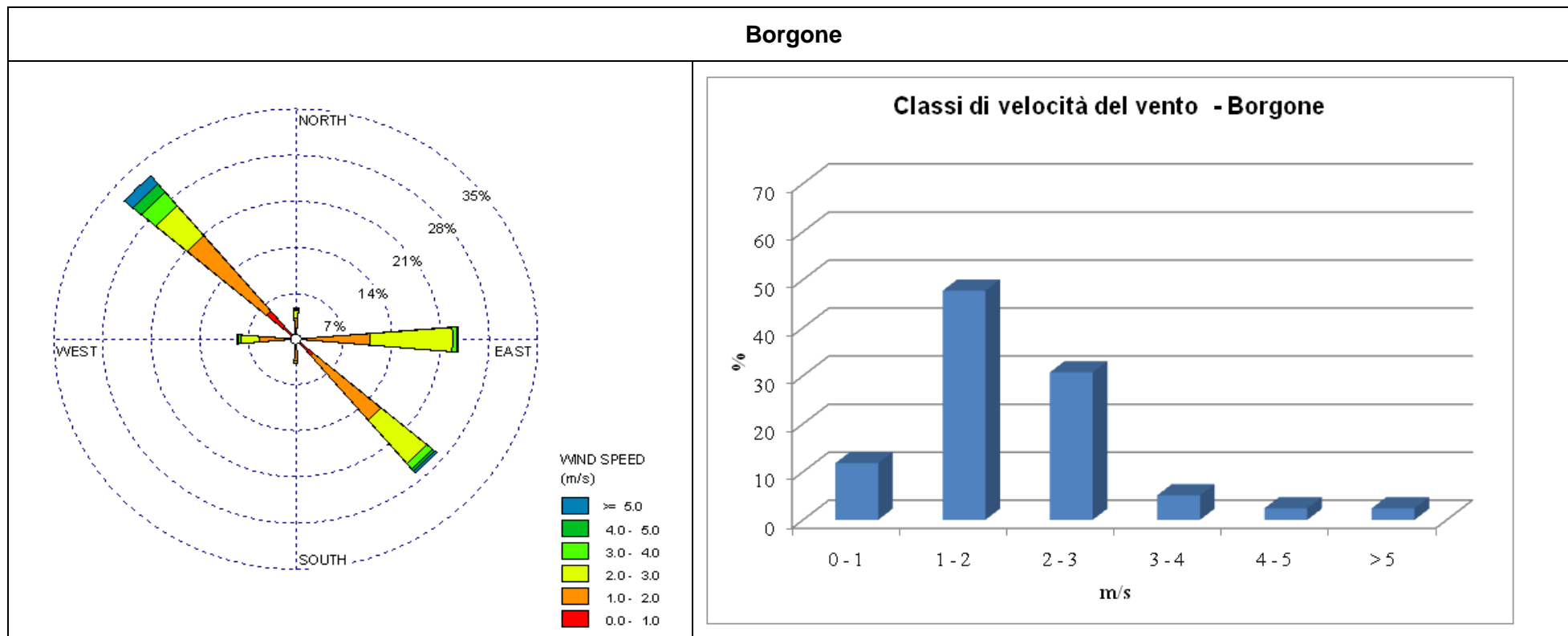


Figura 16: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Borgone

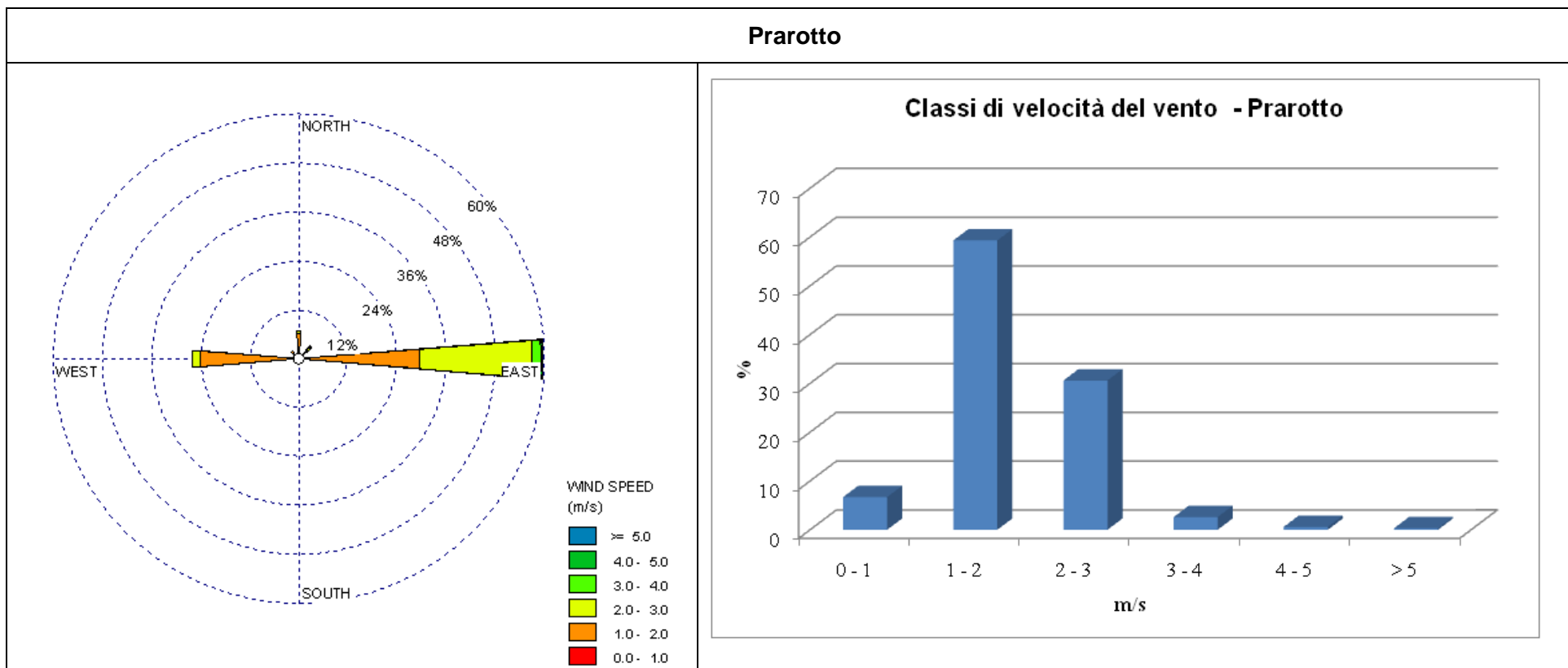


Figura 17: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Prarotto



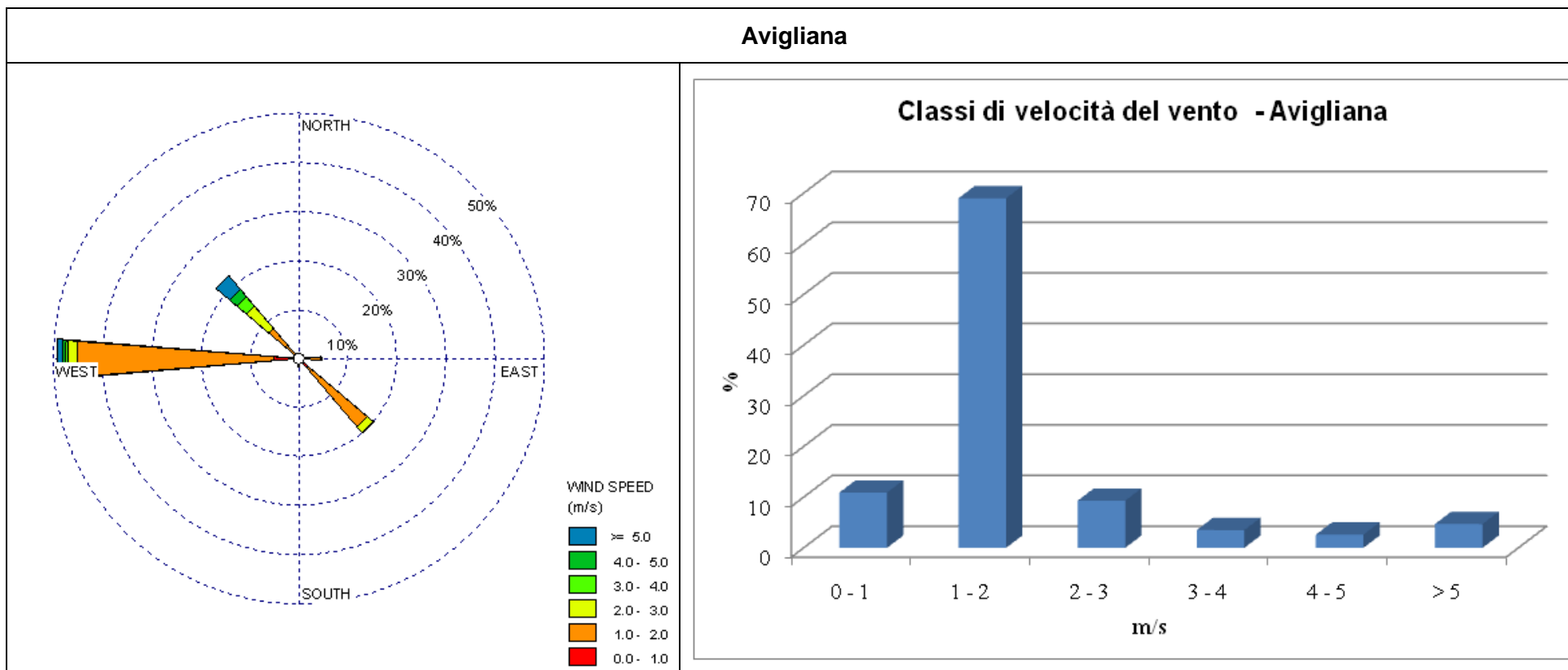


Figura 18: rosa dei venti e classi di velocità del vento della stazione di Avigliana

I fenomeni di **calma di vento** sono particolarmente importanti per la dispersione degli inquinanti, poiché ne favoriscono il ristagno nei bassi strati dell'atmosfera, quindi rappresentano un dato rilevante nello studio delle caratteristiche anemologiche di un sito.

La calma di vento è definita, nella scala di Beaufort, come vento di intensità inferiore a 0.2 m/s (o < 1 km/h). Il documento "Il vento in Piemonte" ha analizzato la frequenza di accadimento di tali condizioni, considerando un giorno come "giorno di calma di vento", nel caso se verificchino due ipotesi:

- valore medio di velocità inferiore ad 1 m/s
- raffica di vento massima inferiore a 3.4 m/s.

Secondo queste ipotesi, sono stati calcolati i giorni di calma di vento per le stazioni della Val di Susa, riportati di seguito, per il periodo 1990 – 2001.

Come si può notare, la stazione Finiere è caratterizzata da un numero molto basso di giorni di calma di vento.

Tabella 5: giorni di calma di vento per le stazioni della Val di Susa (Il vento di Piemonte, ARPA Piemonte)

STAZIONE	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Totale	Media
<b>Camini Frejus</b>	9	27	21	11	25	19	21	29	25	27	2	21	237	20
<b>Piastretta</b>	0	1	1	2	1	3	3	2	1	1	1	2	18	2
<b>Prerichard</b>	1	0	2	2	0	4	5	7	3	2	14	1	41	3
<b>Gad</b>	0	0	1	1	0	0	3	1	0	0	0	0	6	1
<b>Finiere</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<b>Avigliana</b>	-	8	6	6	8	9	9	11	12	7	27	9	112	10
<b>Borgone</b>	-	4	12	9	13	13	19	28	7	8	14	13	140	13
<b>Le selle</b>	-	3	3	6	2	3	4	1	5	3	4	3	37	3
<b>Rif. Varracone</b>	-	-	-	-	-	-	0	1	0	7	1	1	10	2
<b>Lago Pilone</b>	9	10	4	6	2	9	8	15	8	12	0	0	83	7
<b>Prarotto</b>	-	-	-	-	-	-	-	11	14	13	9	10	57	11
<b>Salbertrand</b>	0	2	3	1	0	0	1	0	1	0	19	1	28	2

### 2.3.3 Foehn

Il *foehn* (o Favonio) è una corrente d'aria calda discendente, che si manifesta sul versante sottovento quando una massa d'aria supera una catena montuosa. L'orografia del territorio influenza la direzione, la velocità e la temperatura di tale massa d'aria.

Esistono due differenti teorie che spiegano il verificarsi del fenomeno del foehn.

La prima definisce il foehn come un vento catabatico caldo e secco: la massa d'aria che lo genera sale lungo il versante sopravvento della montagna fino alla cresta. Quando raggiunge il livello di condensazione avviene la formazione di nubi e precipitazioni. Nel versante sottovento l'aria scende riscaldandosi diabaticamente. Il foehn porta una situazione meteorologica caratterizzata da alta temperatura e bassa umidità relativa.

La seconda teoria assume che la massa d'aria che genera il foehn provenga da un livello di circa 2000-2500 metri nel versante sopravvento e che da qui discenda lungo il versante sottovento, con l'ausilio del regime sinottico, che costringe meccanicamente l'aria ad entrare nelle vallate sottovento.

I principali fenomeni che si verificano, nella regione sottovento, durante un evento di foehn sono tre (Kuhn, 1989):

- ✓ vento forte a raffiche irregolari;
- ✓ aumento della temperatura;
- ✓ abbassamento dell'umidità relativa.

Generalmente il fenomeno di foehn è caratterizzato da un solo giorno di azione del vento di caduta e raramente supera i tre giorni continuativi, in funzione della persistenza della situazione barica che lo determina. Le stagioni che presentano maggior frequenza del fenomeno sono quella autunnale e quella primaverile.

Il fenomeno di *foehn* è accompagnato, sul versante opposto, quello sopravvento, dal fenomeno di *stau*, che consiste nella salita forzata dell'aria con conseguente formazione di nubi e precipitazioni.

La Valle di Susa rientra tra le valli generalmente interessate dal fenomeno di *foehn*, con una media di 20 giorni all'anno.

Anno	2000	2001	2002	2003	2004	Somma	Media
<b>Giorni di foehn in Val di susa</b>	20	12	24	17	24	97	19

Il documento "Il vento in Piemonte" analizza i dati rilevati da alcune stazioni della valle Susa e, più precisamente da Ovest verso Est, Prerichard, Graviere ed Avigliana. Esso effettua un confronto tra i dati semiorari di umidità relativa e di direzione del vento e tra temperatura e velocità del vento per l'evento di *foehn* del 3-8 ottobre 2003.

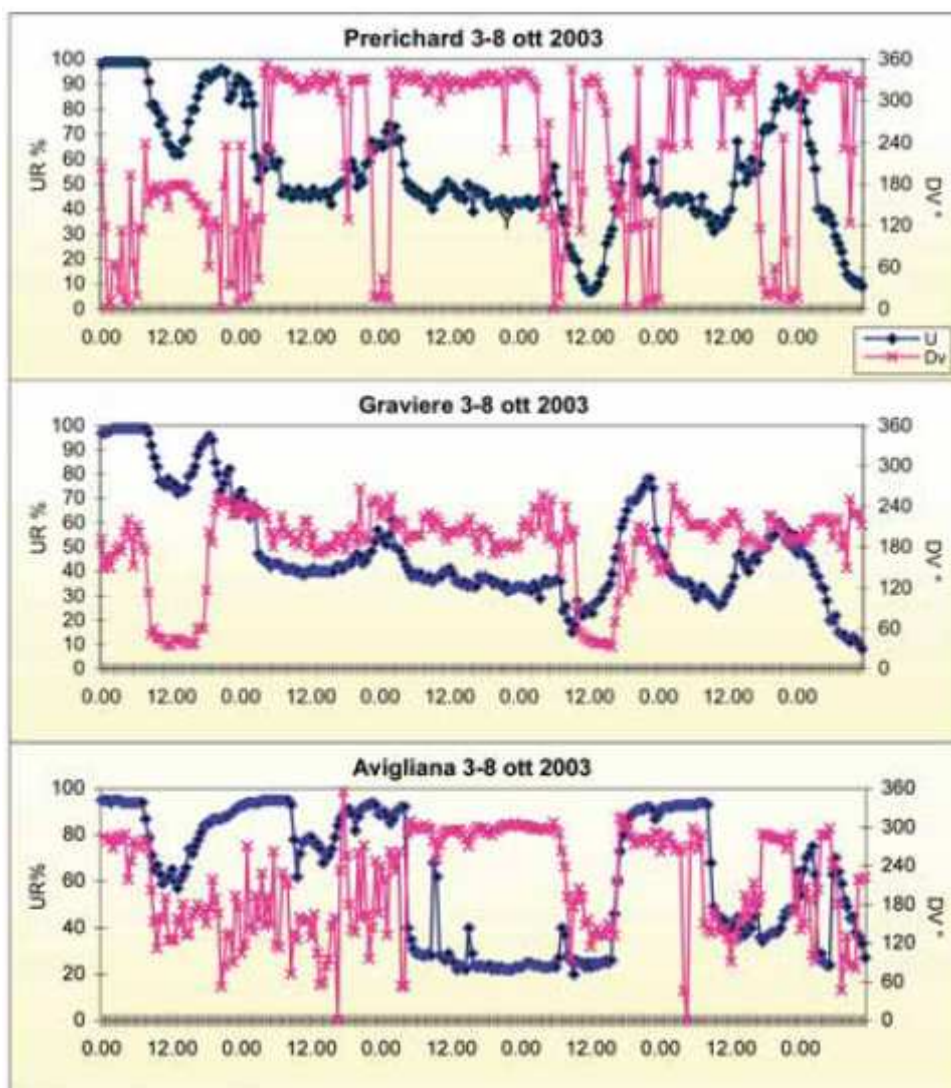


Figura 19: Analisi dell'episodio di foehn verificatosi dal 3 al 8 ottobre 2003: andamenti semi-orari dell'umidità relativa e della direzione del vento per alcune stazioni della valle di Susa (Il vento in Piemonte, ARPA Piemonte)

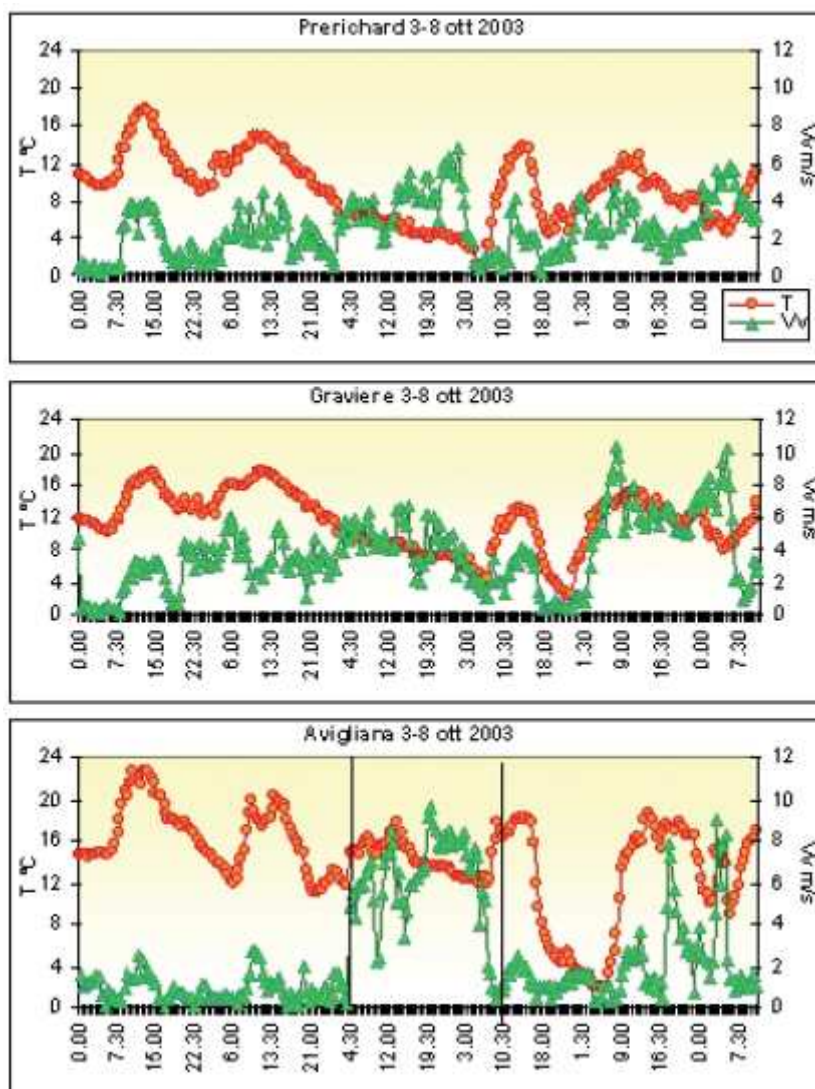


Figura 20: Analisi dell'episodio di foehn verificatosi dal 3 al 8 ottobre 2003: andamenti semi-orari della temperatura massima e della velocità del vento per alcune stazioni della valle di Susa (Il vento in Piemonte, ARPA Piemonte)

I parametri che risultano più attinenti a svelare la presenza del vento di caduta sono l'umidità relativa, che risulta costante per la durata dell'episodio intorno a valori di 30-40% e la direzione del vento che presenta un'uniforme direzione prevalente (in questi casi Nord, Ovest).

Il fenomeno del *foehn* può avere due conseguenze diametralmente opposte sulla dispersione degli inquinanti in atmosfera: quando il vento caldo giunge fino a valle esso contribuisce alla diluizione dei contaminanti, svolgendo un'azione positiva. Quando, invece, il fenomeno è limitato agli strati più alti, esso costituisce un fattore penalizzante per la qualità dell'aria in quanto partecipa all'azione di accumulo sul fondovalle: esso infatti comprime gli strati d'aria sottostanti.



## 2.4 ANALISI DEI DATI DELLA STAZIONE FINIERE

### 2.4.1 Stazione e dati disponibili

La rete di monitoraggio di ARPA Piemonte dispone di una stazione sita sul territorio comunale di Chiomonte, denominata Finiere (coordinate UTM X 340117, UTM Y 4998152, quota 813 m s.l.m.).

Di seguito si riporta un inquadramento su CTR e su foto aerea, nel quale si localizzano l'area di intervento e la centralina meteorologica, che distano circa 2 km in linea d'aria.

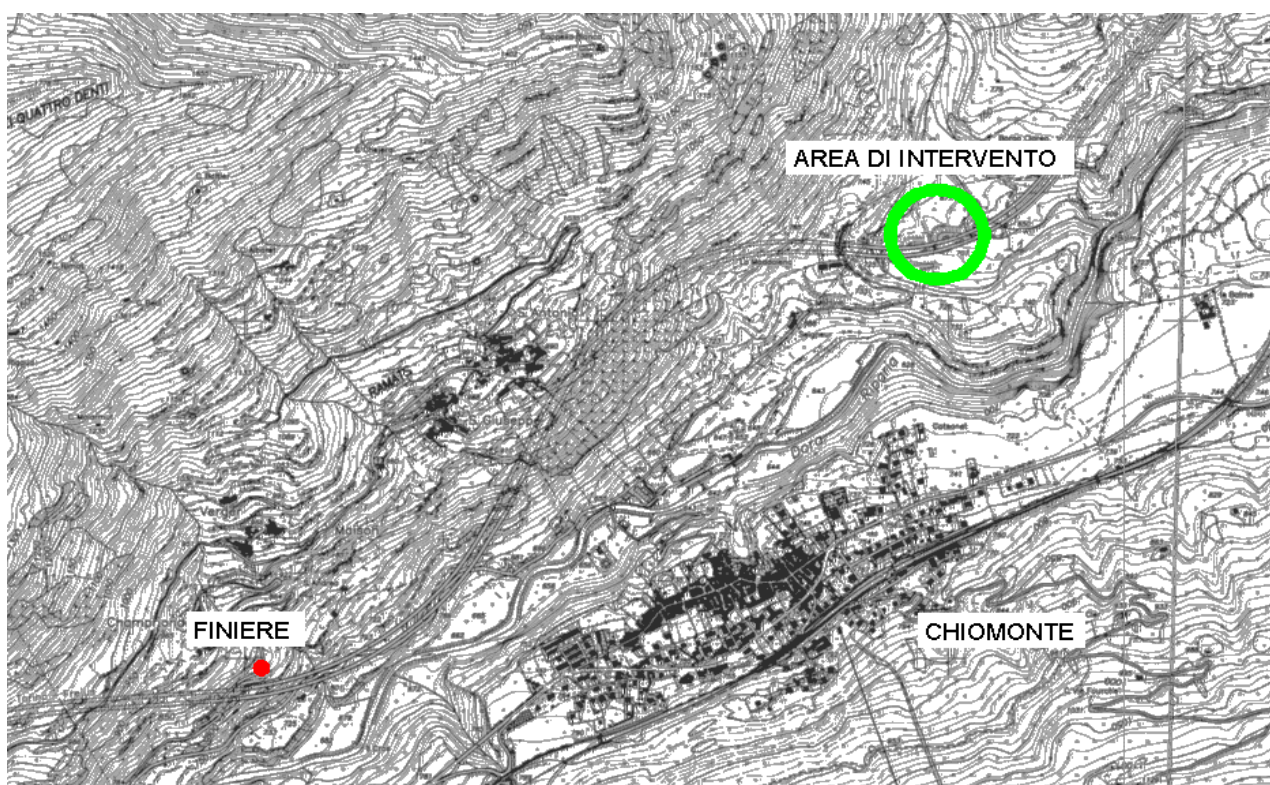


Figura 21: Stralcio CTR con localizzazione della stazione Finiere e del sito di intervento





Figura 22: Foto aerea con localizzazione della stazione Finiere e del sito di intervento



Figura 23: Fotografie della stazione di Finiere (ARPA Piemonte)

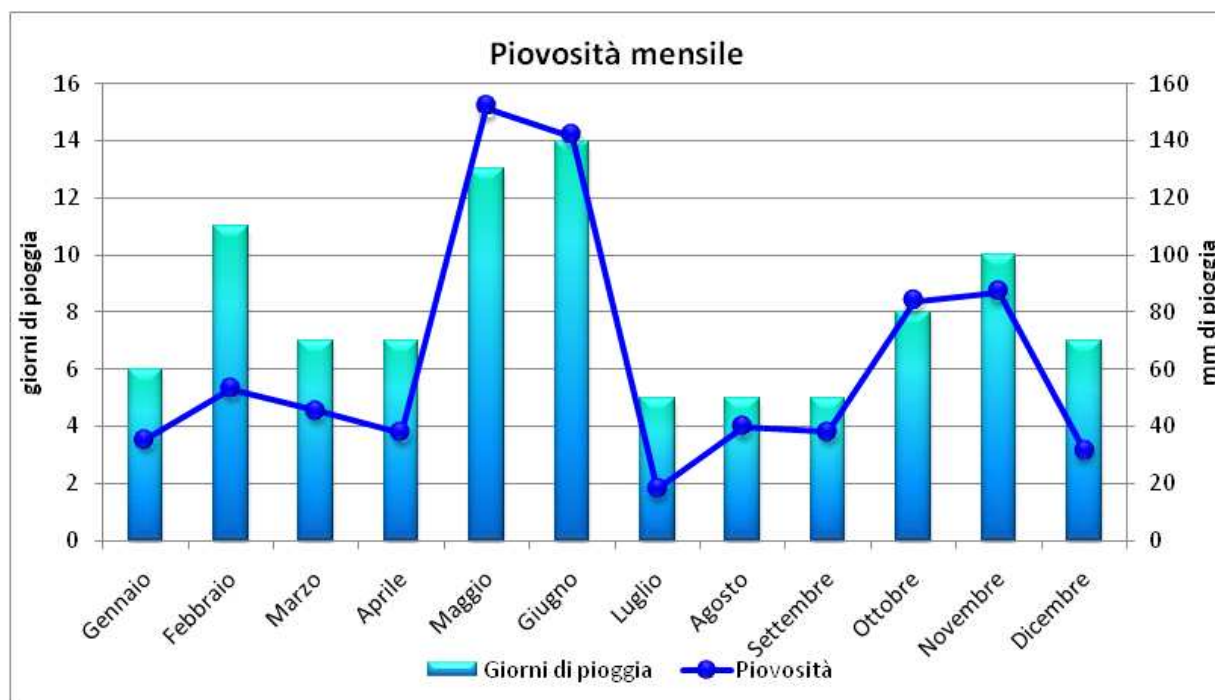


La stazione Finiere è attiva dal 19 dicembre del 1990 ed è adibita alla misura dei seguenti parametri:

- ✓ Velocità Vento
- ✓ Direzione Vento
- ✓ Igrometro
- ✓ Pluviometro
- ✓ Termometro aria

Nei paragrafi seguenti sono stati analizzati i dati forniti da ARPA Piemonte per l'anno 2010.

Durante tale anno si sono registrati 98 giorni di pioggia, con un totale di 763 mm di pioggia caduti. I dati mensili sono riportati di seguito:



**Figura 24: Piovosità registrata nella stazione Finiere nell'anno 2010**

Per quanto riguarda le temperature misurate la stazione è stata caratterizzata da una temperatura media annuale di 9,8 °C. La media delle temperature massime è pari a 21,2°C; la temperatura massima registrata è stata pari a 31,1°C, il 4 luglio. La media delle temperature minime è di 1 °C: il valore più basso misurato è pari a -9,9°C, registrato il 23 gennaio.

Di seguito si riportano gli andamenti mensili di tali parametri:

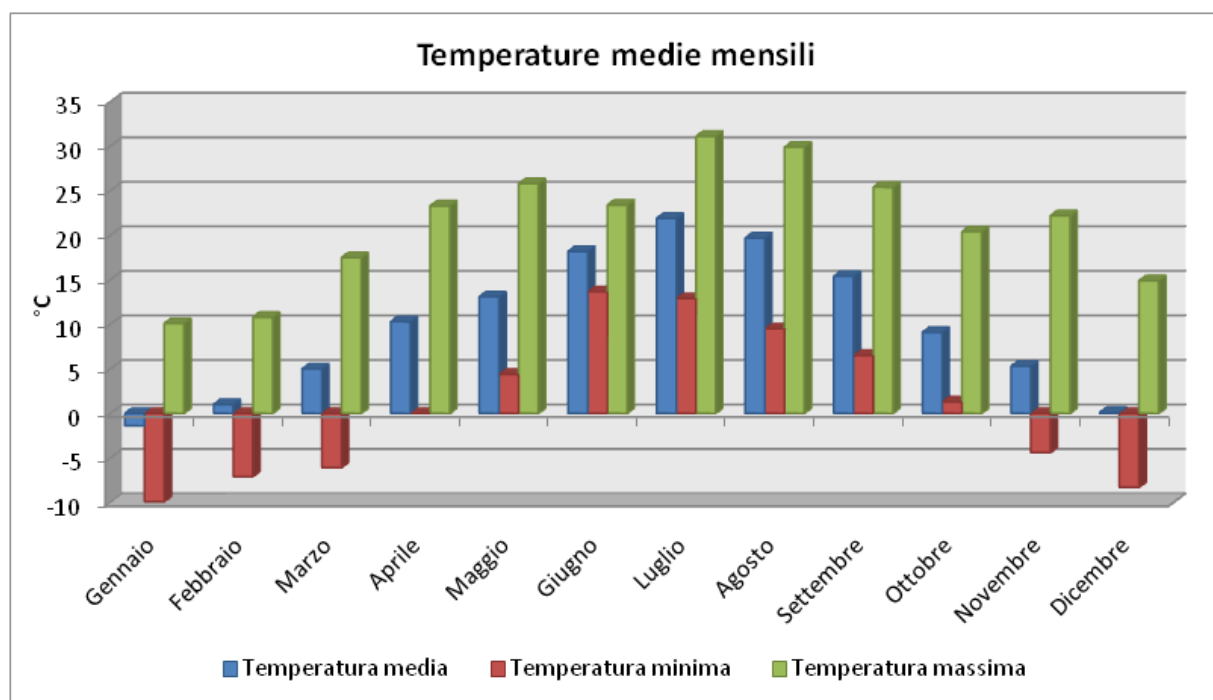


Figura 25: Temperature medie nella stazione Finiere nell'anno 2010

## 2.4.2 Rose dei venti e classi di velocità

Sono state elaborate le rose dei venti sulla base dei dati di vento forniti da ARPA Piemonte per l'anno 2010, misurati nella stazione Finiere.

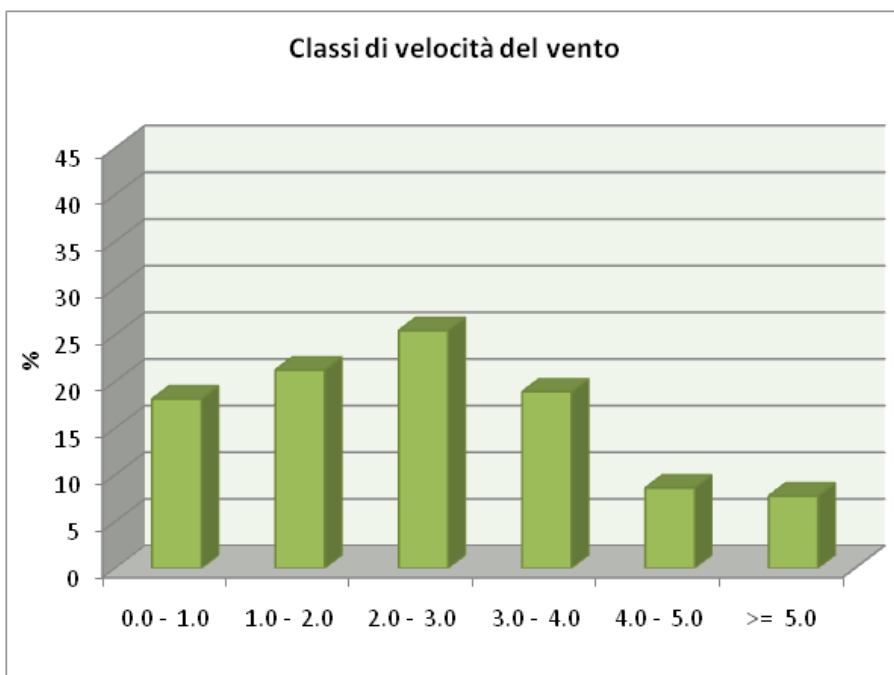
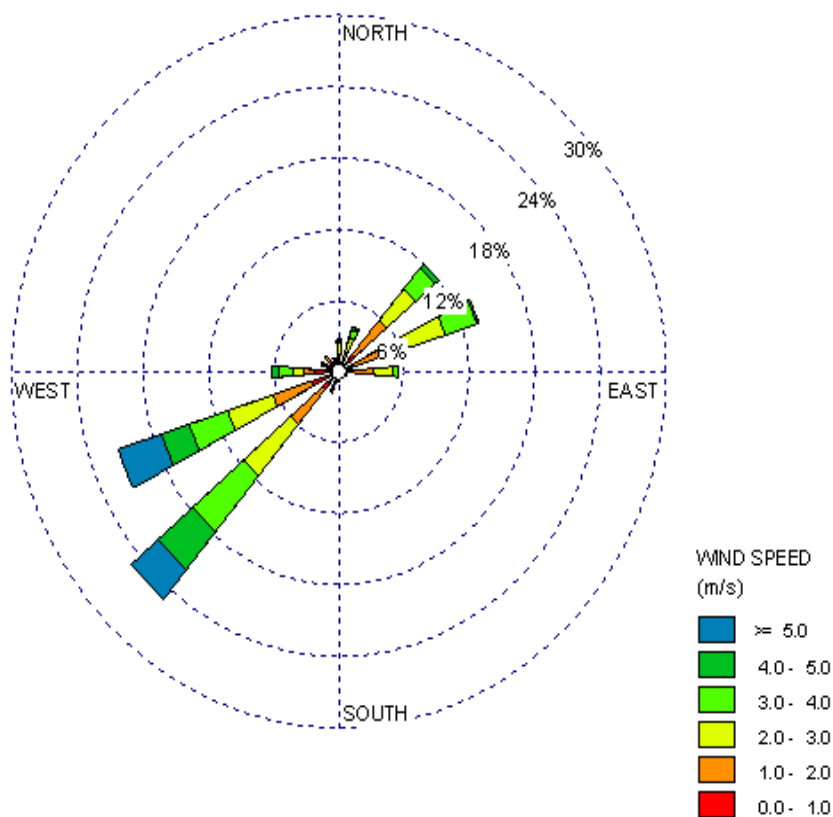
Le rose dei venti sono rappresentazioni grafiche che permettono di visualizzare la direzione di provenienza dei venti in base ai punti cardinali. Oltre alla direzione viene rappresentata, tramite scala cromatica, l'intensità del vento, in m/s, ad essa correlata.

La percentuale delle ore validate, su cui sono state effettuate le considerazioni successive, è pari al 82,3% circa.

Di seguito si riportano le rose dei venti annuale e stagionali, le classi di velocità del vento e le relative JFF (*Joint Frequency Function*) che riportano, per ciascun settore di direzione di provenienza del vento e per ciascuna classe di velocità, la percentuale di accadimento. Dalle elaborazioni vengono confermati alcuni dati sintetici:

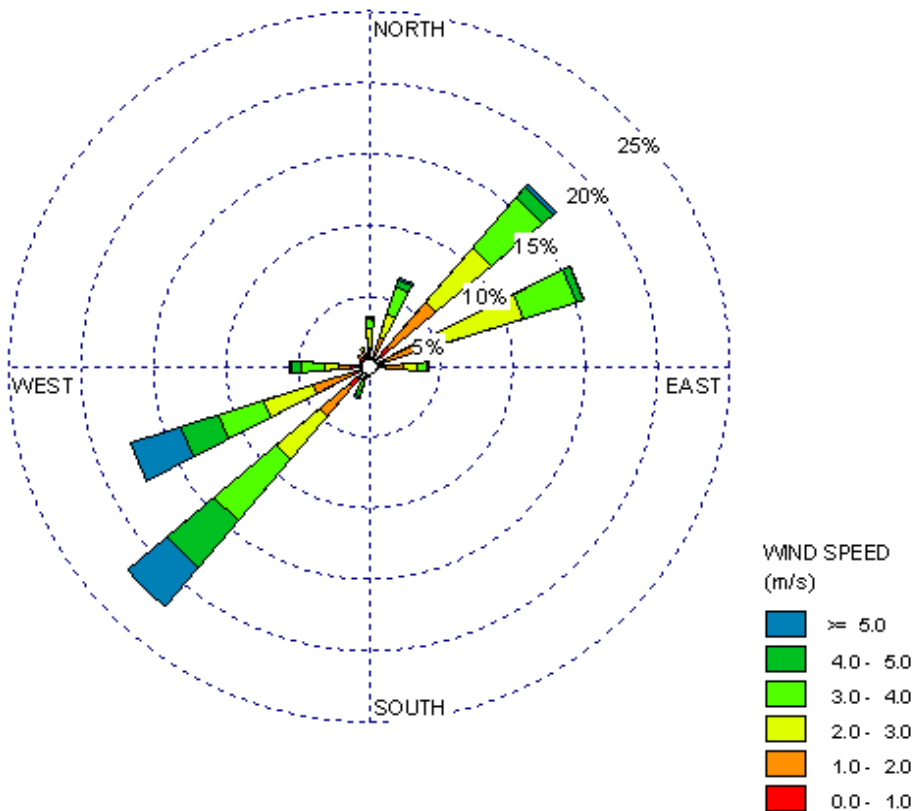
- Direzione predominante del vento: SW
- Regime anemologico: bimodale legato al fenomeno delle brezze e all'incanalamento nella valle

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento annuali (2010 – Stazione Finiere)

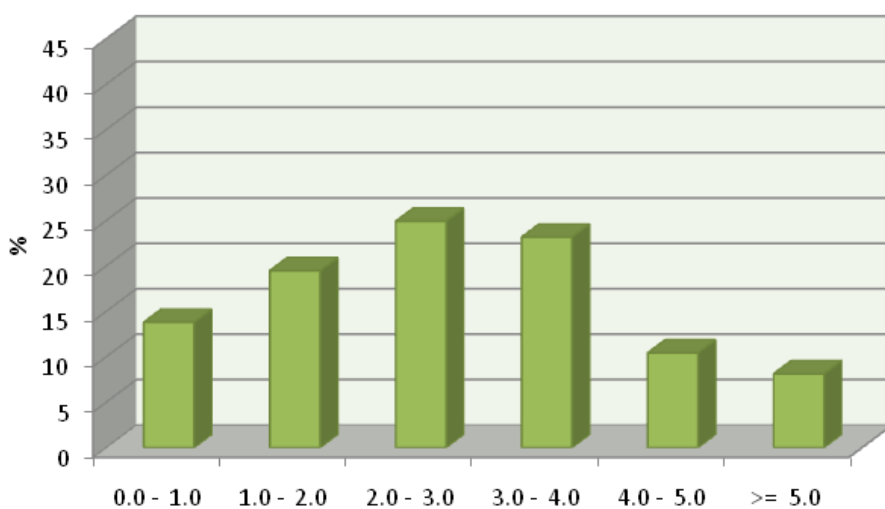


Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	0.888	0.597	0.957	0.291	0.014	0.042	2.789
NNE	0.957	0.874	1.179	0.791	0.194	0.056	4.052
NE	1.943	3.746	3.510	2.345	0.389	0.069	12.002
ENE	1.568	2.969	5.717	3.011	0.194	0.014	13.473
E	1.415	1.832	1.804	0.444	0.056	0.014	5.564
ESE	0.319	0.347	0.111	0.028	0.014	0.000	0.819
SE	0.305	0.153	0.028	0.000	0.028	0.000	0.513
SSE	0.208	0.111	0.042	0.014	0.014	0.000	0.389
S	0.291	0.319	0.236	0.139	0.000	0.000	0.985
SSW	0.347	0.347	0.389	0.624	0.180	0.069	1.956
SW	2.081	3.830	5.550	6.175	4.093	3.233	24.962
WSW	2.650	3.760	4.357	3.677	2.678	4.121	21.243
W	2.373	0.971	0.985	1.166	0.666	0.097	6.258
WNW	0.805	0.430	0.333	0.139	0.069	0.014	1.790
NW	1.318	0.513	0.069	0.000	0.000	0.000	1.901
NNW	0.652	0.430	0.180	0.042	0.000	0.000	1.304
<b>Sub-Total</b>	18.121	21.229	25.448	18.884	8.589	7.729	82.272
<b>Missing/Incomplete</b>							17.730
<b>Total</b>							100.000

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Primavera  
(2010 – Stazione Finiere)

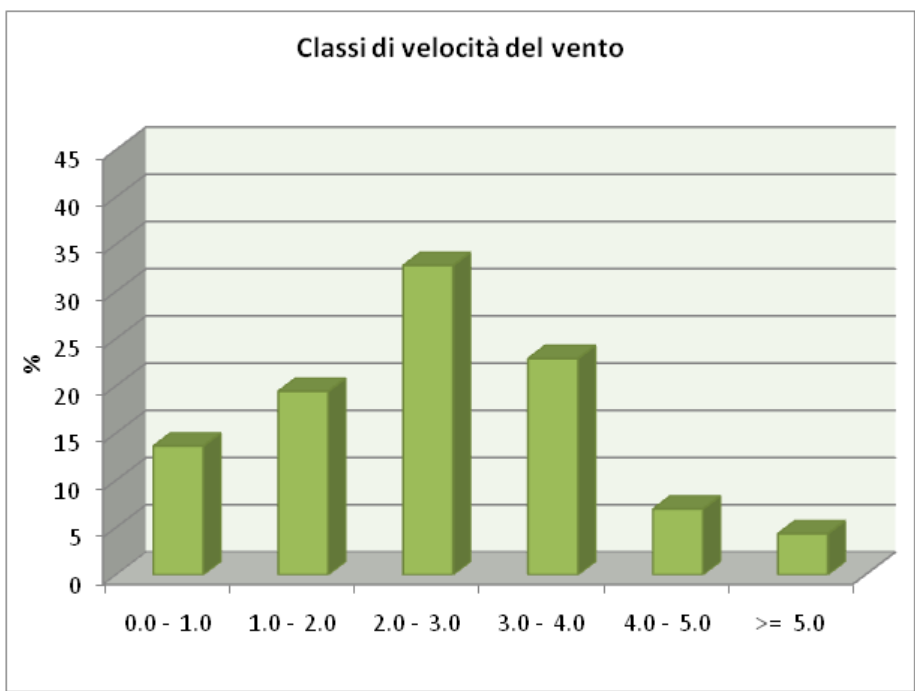
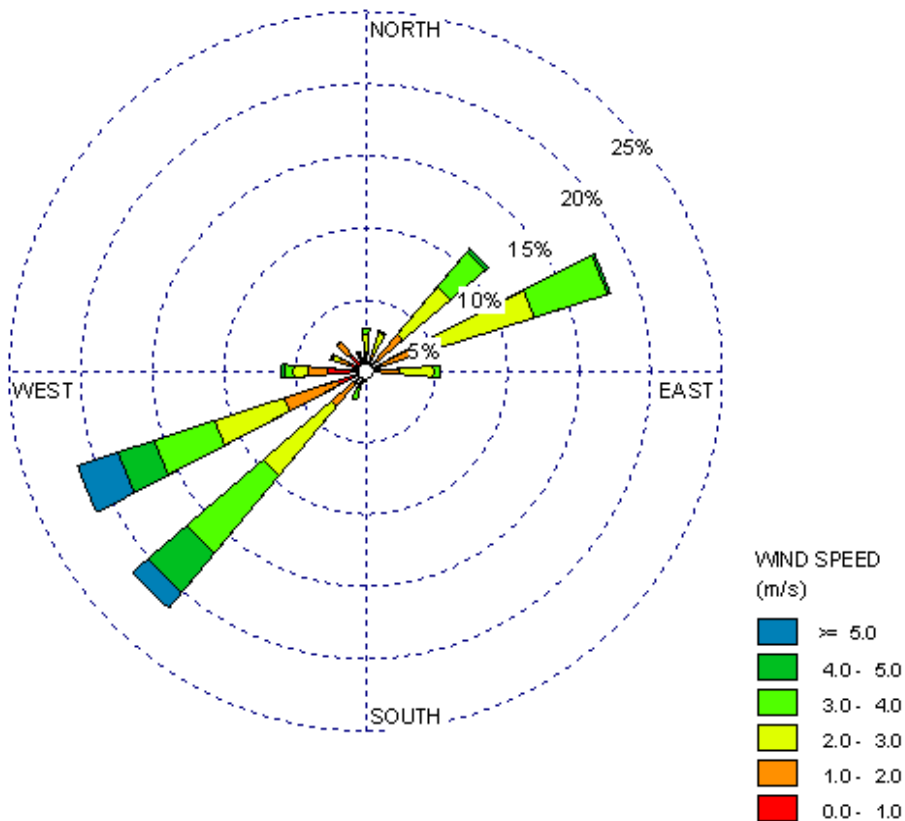


Classi di velocità del vento



Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	0.78608	0.56148	1.45985	0.56148	0.05615	0.1123	3.53734
NNE	1.12296	1.12296	1.68445	2.02134	0.50533	0.16844	6.62549
NE	1.90904	4.15497	4.94104	4.60415	1.01067	0.28074	16.9006
ENE	1.34756	3.48119	6.4009	3.81808	0.50533	0.05615	15.6092
E	1.01067	1.34756	1.06682	0.56148	0.16844	0.05615	4.21112
ESE	0.22459	0.33689	0.1123	0	0	0	0.67378
SE	0.1123	0.05615	0.05615	0	0	0	0.22459
SSE	0.28074	0.22459	0	0.05615	0	0	0.56148
S	0.22459	0.39304	0.1123	0.1123	0	0	0.84222
SSW	0.39304	0.28074	0.28074	0.84222	0.44919	0.16844	2.41437
SW	1.85289	2.75126	3.93038	5.61482	4.32341	3.53734	22.0101
WSW	1.34756	2.80741	3.59349	3.2566	2.75126	3.64964	17.406
W	1.34756	0.84222	0.95452	1.68445	0.67378	0.1123	5.61482
WNW	0.33689	0.28074	0.1123	0.05615	0	0	0.78608
NW	0.84222	0.28074	0	0	0	0	1.12296
NNW	0.67378	0.56148	0.22459	0	0	0	1.45985
Sub-Total	13.8125	19.4834	24.9298	23.1892	10.4436	8.14149	53.4193
Missing/Incomplete							46.58
Total							100

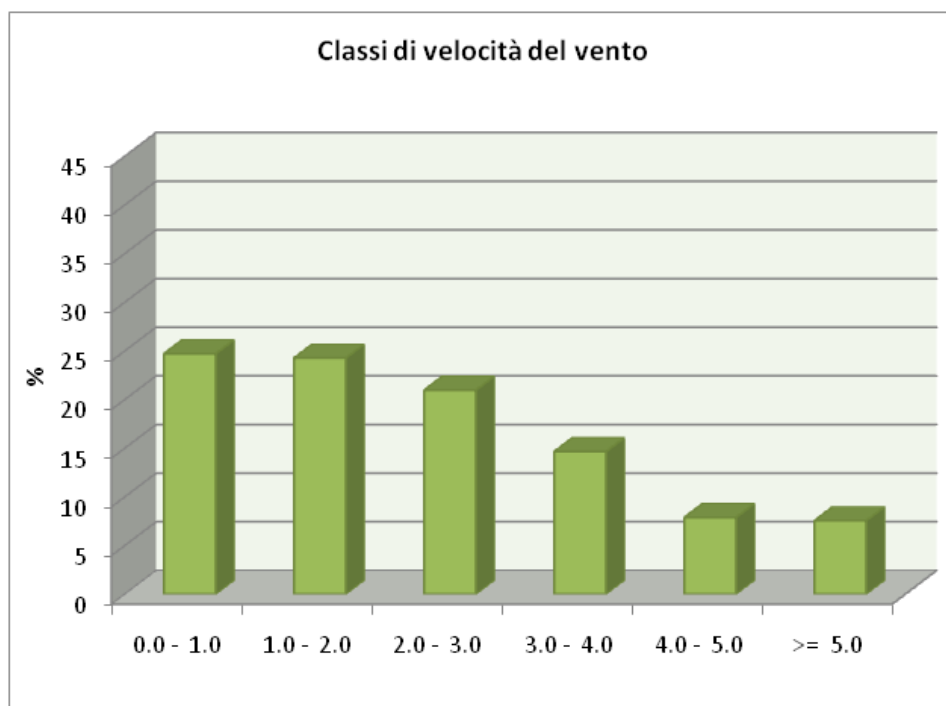
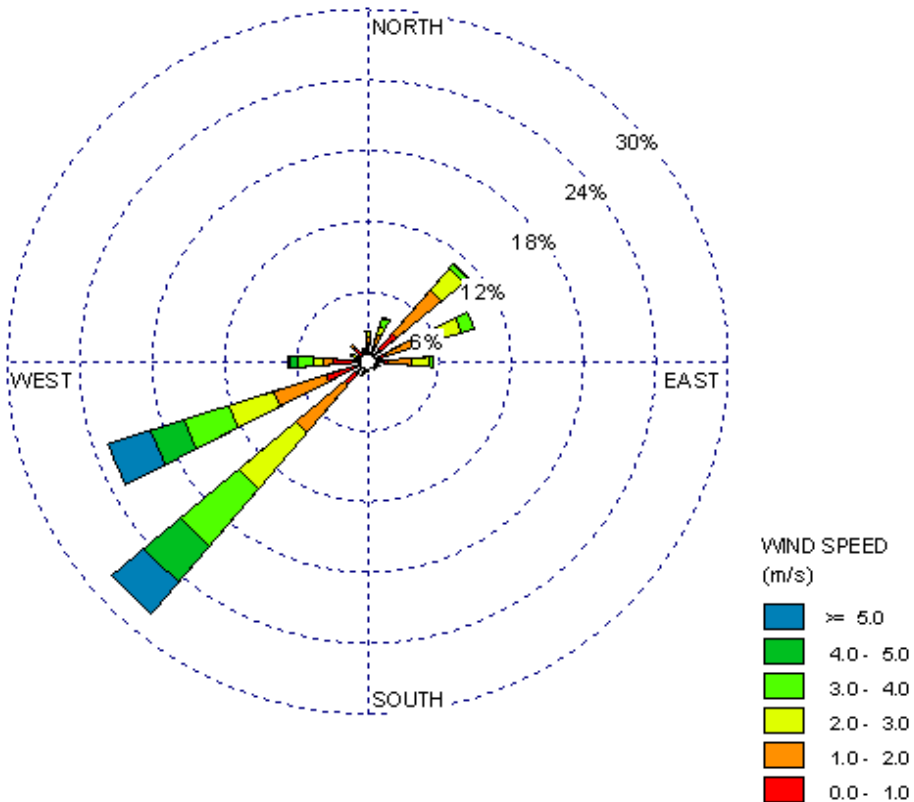
Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Estate  
(2010 – Stazione Finiere)





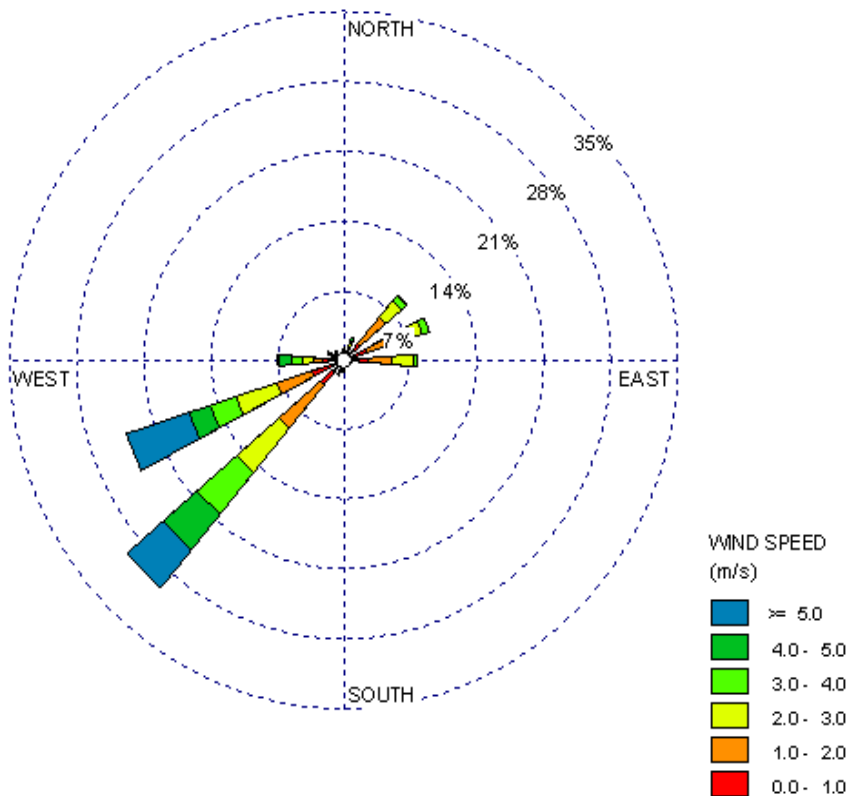
Wind Classes (m/s)/ Directions		0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N		0.57971	0.82126	1.25604	0.38647	0	0	3.04348
NNE		0.67633	0.72464	1.49758	0.14493	0	0	3.04348
NE		0.72464	2.70531	4.29952	3.18841	0.28986	0	11.2077
ENE		0.91787	2.56039	8.9372	5.36232	0.19324	0	17.971
E		0.67633	1.73913	2.36715	0.5314	0	0	5.31401
ESE		0.28986	0.24155	0.04831	0	0	0	0.57971
SE		0.09662	0.04831	0	0	0	0	0.14493
SSE		0.04831	0	0.04831	0	0	0	0.09662
S		0.19324	0.28986	0.24155	0.09662	0	0	0.82126
SSW		0.14493	0.48309	0.67633	0.82126	0.04831	0	2.17391
SW		0.96618	2.31884	6.18357	7.05314	3.52657	1.40097	21.4493
WSW		2.1256	3.91304	5.12077	4.44444	2.657	2.94686	21.2077
W		2.75362	1.30435	1.0628	0.62802	0.19324	0	5.94203
WNW		1.30435	0.67633	0.48309	0.14493	0.04831	0	2.657
NW		1.5942	1.11111	0.14493	0	0	0	2.85024
NNW		0.5314	0.48309	0.38647	0.09662	0	0	1.49758
Sub-Total		13.6232	19.4203	32.7536	22.8986	6.95652	4.34783	57.135
Missing/Incomplete								42.87
Total								100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Autunno  
(2010 – Stazione Finiere)

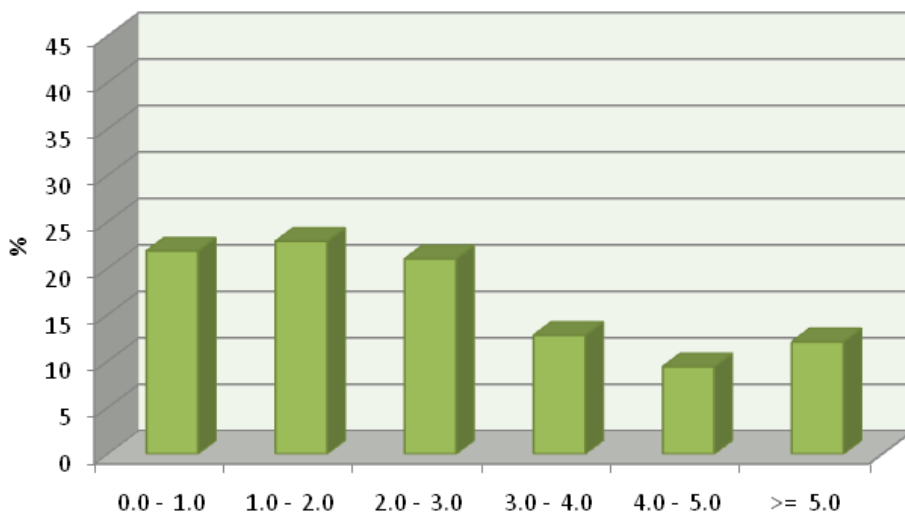


Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.62102	0.61487	0.50307	0	0	0	2.73896
NNE	1.45333	1.06205	0.67077	0.78256	0.11179	0	4.08049
NE	3.24203	4.86305	2.40358	0.39128	0.11179	0	11.0117
ENE	1.67691	2.57127	3.9687	1.11794	0	0	9.33482
E	1.78871	1.84461	1.50922	0.39128	0	0	5.53382
ESE	0.50307	0.61487	0.0559	0	0	0	1.17384
SE	0.67077	0.27949	0	0	0	0	0.95025
SSE	0.33538	0.11179	0.0559	0	0	0	0.50307
S	0.39128	0.22359	0.27949	0.0559	0	0	0.95025
SSW	0.39128	0.39128	0.16769	0.27949	0.0559	0.11179	1.39743
SW	2.62717	5.25433	6.26048	6.31638	4.02459	3.52152	28.0045
WSW	3.74511	4.52767	3.9128	3.9128	2.90665	3.68921	22.6942
W	2.90665	0.89435	0.78256	1.28563	0.61487	0.22359	6.70766
WNW	0.83846	0.27949	0.33538	0.11179	0.0559	0	1.62102
NW	1.67691	0.33538	0	0	0	0	2.0123
NNW	0.83846	0.39128	0.0559	0	0	0	1.28563
Sub-Total	24.7065	24.2594	20.9614	14.6451	7.8815	7.54612	53.5308
Missing/Incomplete							46.47
Total							100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Inverno  
(2010 – Stazione Finiere)



Classi di velocità del vento



Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	0.52185	0.32616	0.26093	0.13046	0	0.06523	1.30463
NNE	0.58708	0.58708	0.78278	0.26093	0.19569	0.06523	2.4788
NE	2.21787	3.58774	2.08741	0.71755	0.13046	0	8.74103
ENE	2.60926	3.45727	2.60926	0.78278	0	0	9.45858
ENE	2.54403	2.60926	2.28311	0.26093	0.06523	0	7.76256
ESE	0.26093	0.19569	0.19569	0.13046	0.06523	0	0.84801
SE	0.39139	0.26093	0.06523	0	0.13046	0	0.84801
SSE	0.19569	0.13046	0.06523	0	0.06523	0	0.45662
S	0.32616	0.39139	0.32616	0.32616	0	0	1.36986
SSW	0.52185	0.19569	0.32616	0.45662	0.19569	0	1.69602
SW	3.32681	5.67515	5.80561	5.41422	4.63144	4.9576	29.8108
WSW	3.65297	3.78343	4.50098	2.80496	2.34834	6.84932	23.94
WSW	2.41357	0.78278	1.17417	1.17417	1.36986	0.06523	6.97978
WNW	0.58708	0.45662	0.39139	0.26093	0.19569	0.06523	1.95695
NW	1.10894	0.19569	0.13046	0	0	0	1.43509
NNW	0.58708	0.26093	0	0.06523	0	0	0.91324
Sub-Total	21.8526	22.8963	21.0046	12.7854	9.39335	12.0678	49.676
Missing/Incomplete							50.32
Total							100

### 2.4.2.1 Calme di vento

Nel seguito sono valutate le frequenze delle classi di velocità del vento, nelle quali sono evidenziate le calme di vento, definite come velocità inferiore a 0,5 m/s, riscontrate dai dati forniti da ARPA Piemonte per l'anno 2010: la frequenza di accadimento delle calme di vento è pari a circa l'8%. Questo dato è confermato dalle misure effettuate durante il monitoraggio ante operam realizzato alle stazioni di Chiomonte (cfr. paragrafi successivi).

Le calme di vento sono distribuite per il 63% di notte e il 37% di giorno.

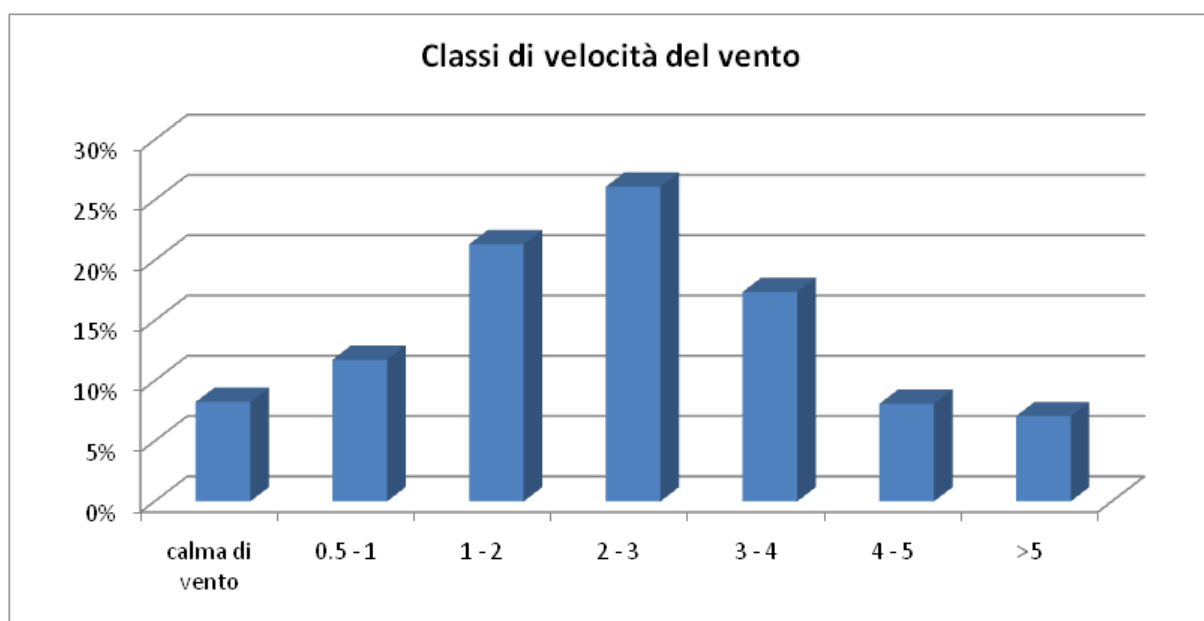


Figura 26: classi di velocità del vento

### 2.4.3 Fenomeno delle brezze

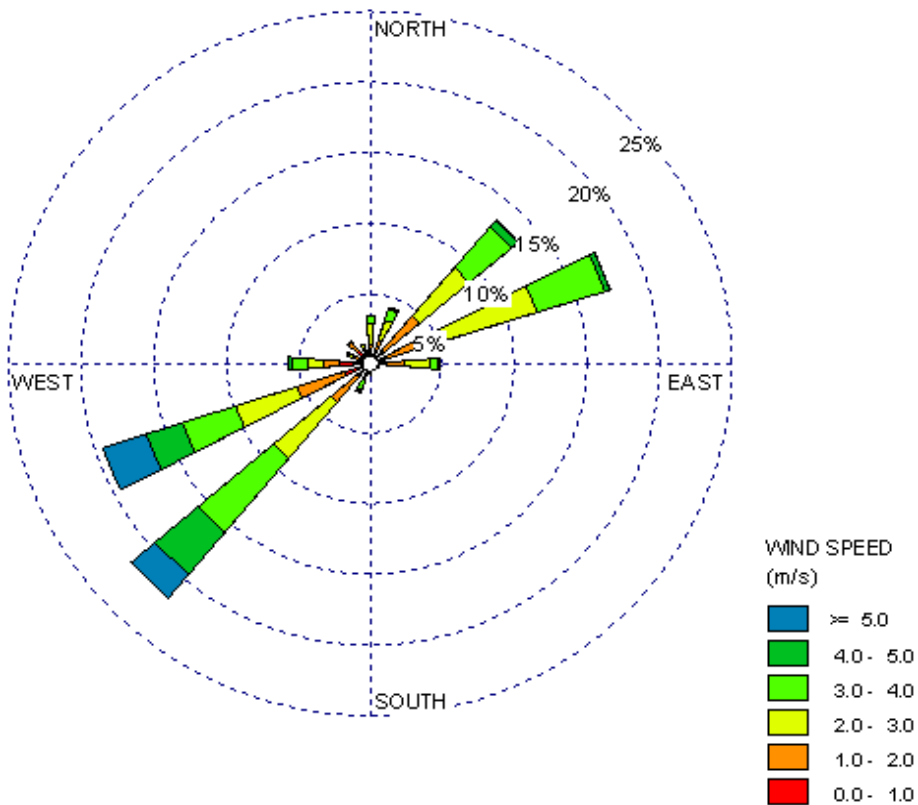
Sono stati inoltre elaborati i dati in modo da ricavare informazioni sui tipici fenomeni di brezza di valle e di monte che si instaurano in un contesto vallivo quale quello della Val di Susa.

In tali zone, infatti, non intervengono unicamente fenomeni dinamici legati all'orografia del territorio, ma anche termici, connessi al riscaldamento del terreno, soprattutto durante i mesi più caldi, da marzo-aprile a settembre-ottobre, in presenza di forte irradiazioni solare. Di giorno i massicci alpini si riscaldano e la temperatura rilevata ad una determinata quota risulta maggiore di quella registrata alla stessa quota in libera atmosfera sopra la pianura. Questa differenza di temperatura e di pressione atmosferica genera un movimento di masse di aria dalla pianura verso le montagne, prevalentemente lungo gli assi vallivi.

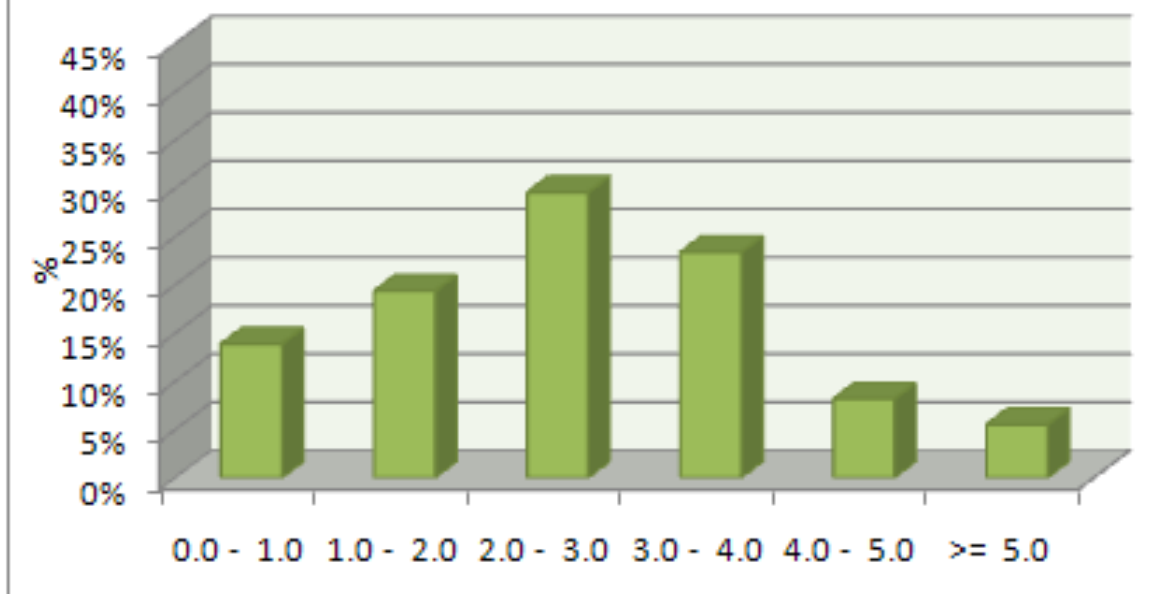
Durante le ore notturne il fenomeno si inverte in quanto l'escursione termica giornaliera in montagna è molto maggiore determinando un abbassamento della temperatura più marcato rispetto alle aree sopra la pianura.

Di seguito si riportano gli rose dei venti elaborate sui dati orari diurni e notturni nel periodo aprile-settembre, misurati nella stazione Finiere di Chiomonte, nel 2010.

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento diurno e notturno nel periodo aprile-settembre (2010 – Stazione Finiere)



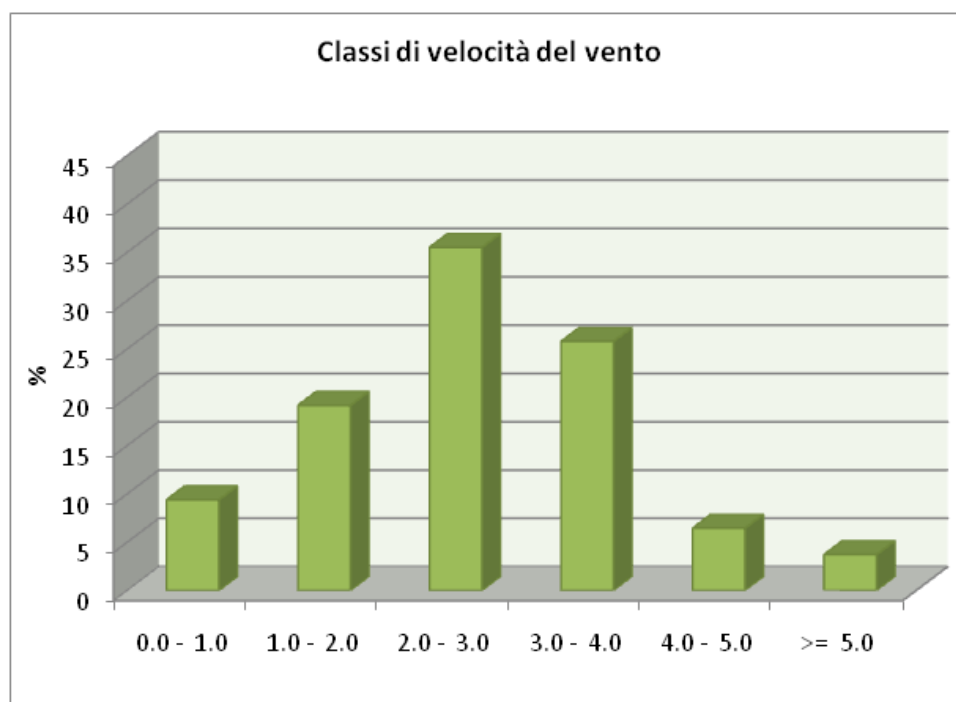
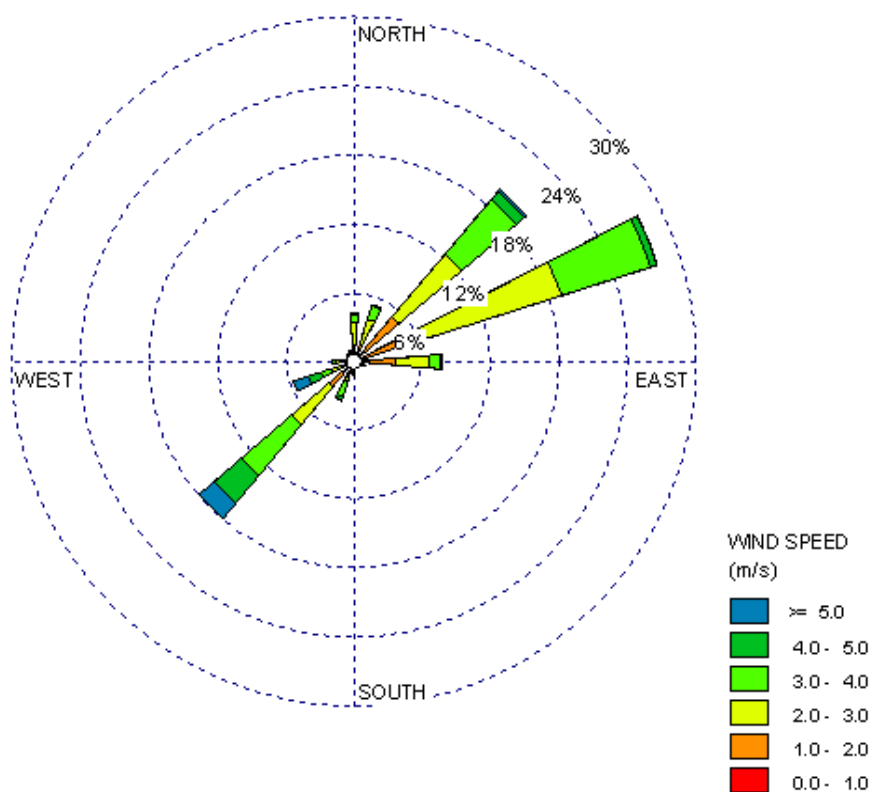
Classi di velocità del vento





Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	0.722	0.722	1.470	0.490	0.026	0.052	3.481
NNE	0.903	0.877	1.521	0.825	0.129	0.026	4.281
NE	1.212	3.249	4.513	3.791	0.567	0.129	13.461
ENE	1.031	3.069	7.994	4.899	0.361	0.026	17.380
E	0.799	1.547	1.805	0.567	0.077	0.026	4.822
ESE	0.232	0.361	0.103	0.000	0.000	0.000	0.696
SE	0.103	0.052	0.026	0.000	0.000	0.000	0.181
SSE	0.181	0.103	0.026	0.026	0.000	0.000	0.335
S	0.232	0.309	0.206	0.103	0.000	0.000	0.851
SSW	0.258	0.387	0.567	0.799	0.181	0.052	2.243
SW	1.367	2.295	5.183	6.782	3.920	2.140	21.686
WSW	1.934	3.455	4.435	3.842	2.630	3.094	19.391
W	2.192	1.135	1.031	1.109	0.284	0.000	5.750
WNW	0.903	0.490	0.309	0.103	0.026	0.000	1.831
NW	1.264	0.774	0.077	0.000	0.000	0.000	2.114
NNW	0.567	0.542	0.335	0.052	0.000	0.000	1.496
<b>Sub-Total</b>	13.899	19.366	29.603	23.388	8.200	5.544	71.405
<b>Missing/Incomplete</b>							29
<b>Total</b>							100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento diurno nel periodo aprile-settembre (2010 – Stazione Finiere)

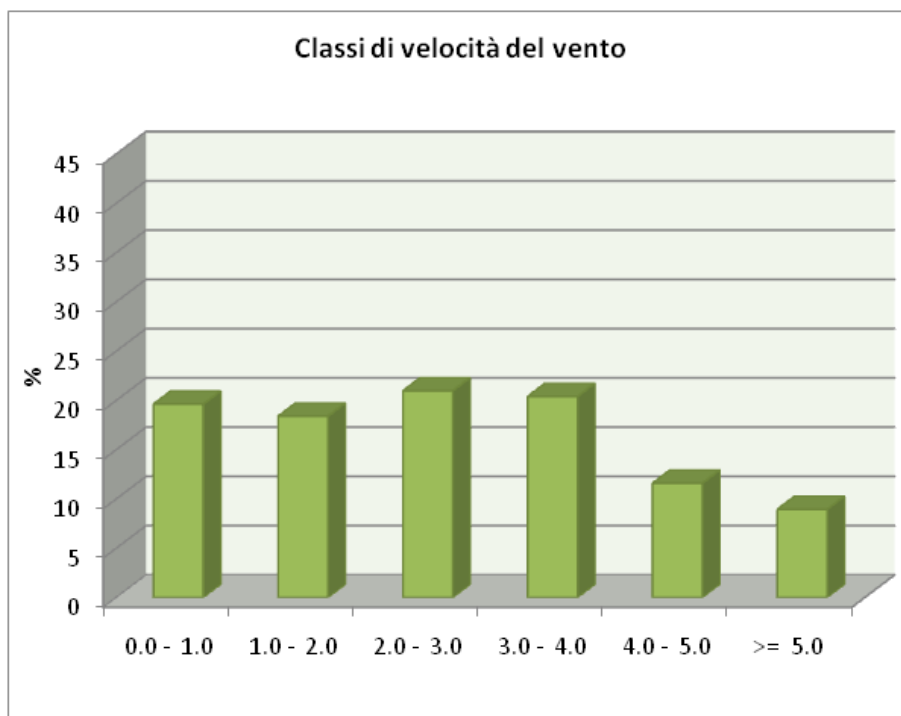
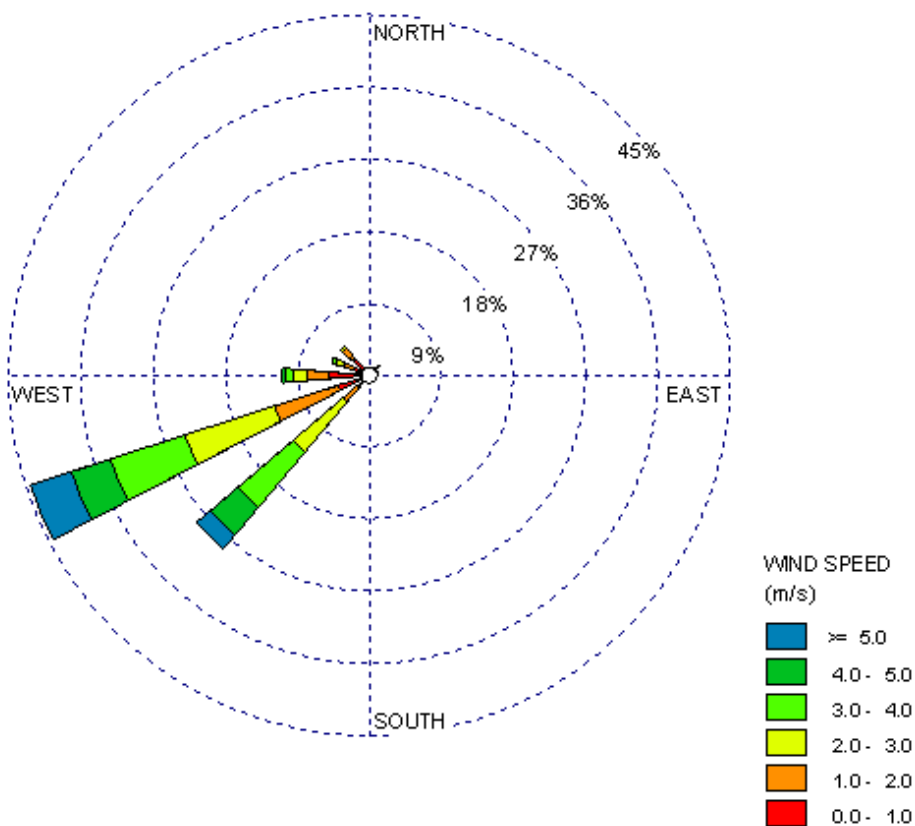


Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	0.598	0.811	2.006	0.726	0.043	0.085	4.268
NNE	0.726	0.982	2.262	1.195	0.085	0.043	5.292
NE	1.024	4.183	7.128	6.274	0.896	0.213	19.718
ENE	1.152	4.695	13.231	8.109	0.598	0.043	27.828
E	1.152	2.561	2.988	0.939	0.128	0.043	7.81
ESE	0.384	0.598	0.171	0	0	0	1.152
SE	0.171	0.085	0.043	0	0	0	0.299
SSE	0.299	0.171	0.043	0.043	0	0	0.555
S	0.341	0.512	0.341	0.171	0	0	1.366
SSW	0.384	0.64	0.939	1.323	0.299	0.085	3.671
SW	0.854	2.091	4.268	5.762	3.116	1.793	17.883
WSW	0.341	0.768	1.067	0.896	1.195	1.408	5.676
W	0.726	0.341	0.64	0.256	0.085	0	2.049
WNW	0.213	0.085	0.043	0	0	0	0.341
NW	0.555	0.299	0.043	0	0	0	0.896
NNW	0.469	0.341	0.299	0.085	0	0	1.195
<b>Sub-Total</b>	9.39	19.163	35.51	25.779	6.445	3.713	60.139
<b>Missing/Incomplete</b>							40
<b>Total</b>							100

Si può notare dalla rosa dei venti che nel periodo preso in considerazione, aprile-settembre, caratterizzato da maggiore irradiazione solare, nelle ore diurne (dalle 6 alle 19) la componente di direzione del vento NE – ENE risulta molto più importante rispetto all'andamento medio annuale, confermando la presenza dei fenomeni di brezza, precedentemente anticipati.

Durante la notte, nello stesso periodo, invece, si verifica il fenomeno opposto, per cui il vento tende a soffiare da monte a valle. La rosa dei venti seguenti mostra appunto tale andamento, notevolmente marcato. Rispetto alla brezza di valle diurna, quella notturna è caratterizzata da intensità del vento inferiori.

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento notturno nel periodo aprile-settembre (2010 – Stazione Finiere)



Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	0.860	0.143	0.215	0	0	0	1.218
NNE	1.218	0.430	0.358	0.215	0.215	0	2.436
NE	1.361	1.862	0.501	0	0.072	0	3.797
ENE	0.860	0.430	0	0	0	0	1.289
E	0.287	0	0	0	0	0	0.287
ESE	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0.072	0	0	0	0	0	0.072
SW	1.934	2.650	7.092	9.169	5.444	2.865	29.155
WSW	4.155	7.880	10.100	8.668	5.158	6.089	42.049
W	4.226	2.364	1.648	2.077	0.645	0	10.960
WNW	1.648	0.931	0.788	0.287	0.072	0	3.725
NW	2.436	1.289	0.143	0	0	0	3.868
NNW	0.573	0.430	0.143	0	0	0	1.146
<b>Sub-Total</b>	19.628	18.410	20.989	20.416	11.605	8.954	66.730
<b>Missing/Incomplete</b>							33.27
<b>Total</b>							100

Per la stazione di Finiere sono stati confrontati, tramite l'elaborazione di uno scatterplot, le grandezze della velocità media giornaliera del vento e il valore massimo della raffica registrato lo stesso giorno. I dati presentano una correlazione quasi lineare.

Studi condotti sui fenomeni delle raffiche di vento hanno evidenziato che stazioni poste a quote superiori ai 1800 m presentano tendenza pressoché lineari, con correlazione  $R^2 = 0.57$ . Nelle stazioni di pianura o a quote inferiori il valore  $R^2$  risulta maggiore e la funzione di tendenza presenta una struttura esponenziale.

La stazione Finiere è sita a 813 m s.l.m., in una situazione intermedia: la linea di tendenza non ha andamento puramente lineare, ma presenta comunque una correlazione  $R^2$  pari a 0.541 prossima a quella tipica delle stazioni di alta quota, evidenziando quindi il legame tra la velocità media del vento e il valore di massima raffica.

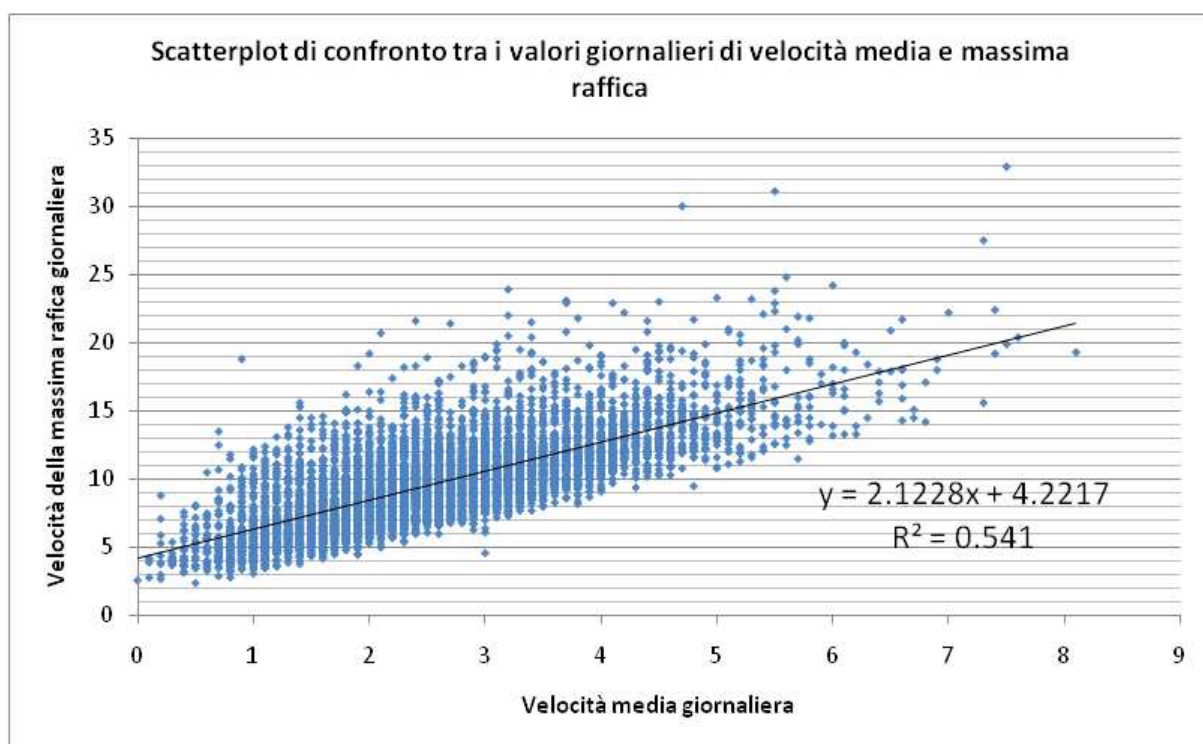


Figura 27: Scatterplot di confronto tra i valori giornalieri di velocità media e massima raffica





#### **2.4.4 Confronto con i risultati della campagna di misura ante operam del cunicolo esplorativo di Venaus**

Nell'ambito del Piano di monitoraggio ante operam realizzato per l'esecuzione del Cunicolo Esplorativo di Venaus, sono state predisposte le attività di monitoraggio ambientale esterno per diverse componenti ambientali, tra cui l'atmosfera. Alcune di queste misure, benché riferite a un'opera differente per tracciato e localizzazione del cantiere, sono state realizzate in stazioni interessate anche dal Cunicolo Esplorativo della Maddalena.

Nel piano di monitoraggio predisposto erano previste stazioni di misura nel comune di Chiomonte:

A 5.1	Chiomonte Abitazioni fronte area discarica
A 5.4	Chiomonte Frazione La Maddalena

A5.1		
COMUNE:	Chiomonte	
LOCALITÀ:	Via I° Maggio	
QUOTA S.L.M. (m):	709	
COORDINATE UTM (WGS84):	32T 0341888 E 4998626 N	
DESCRIZIONE:		
Stazione ubicata al limite del centro abitato di Chiomonte, prospiciente (sud-est) l'area della discarica di Colombera.		
A5.4		
COMUNE:	Chiomonte	
LOCALITÀ:	Frazione La Maddalena	
QUOTA S.L.M. (m):	728	
COORDINATE UTM (WGS84):	32T 0341672 E 4999128 N	
DESCRIZIONE:		
Stazione ubicata presso l'area del sito archeologico della Maddalena in prossimità della A32, prospiciente (nord-ovest) l'area della discarica di Colombera.		

La seconda stazione, in particolare, è sita in località La Maddalena, in prossimità del sito di intervento.

Nella stazione sita in località La Maddalena, sono state effettuate due campagne di misura, una invernale, nel periodo compreso tra il 29 gennaio 2005 ed il 12 febbraio 2005, e una primaverile, tra il 23 aprile 2005 ed il 7 maggio 2005.

Dai risultati delle misure specifiche effettuate in tali stazioni emerge quanto segue.

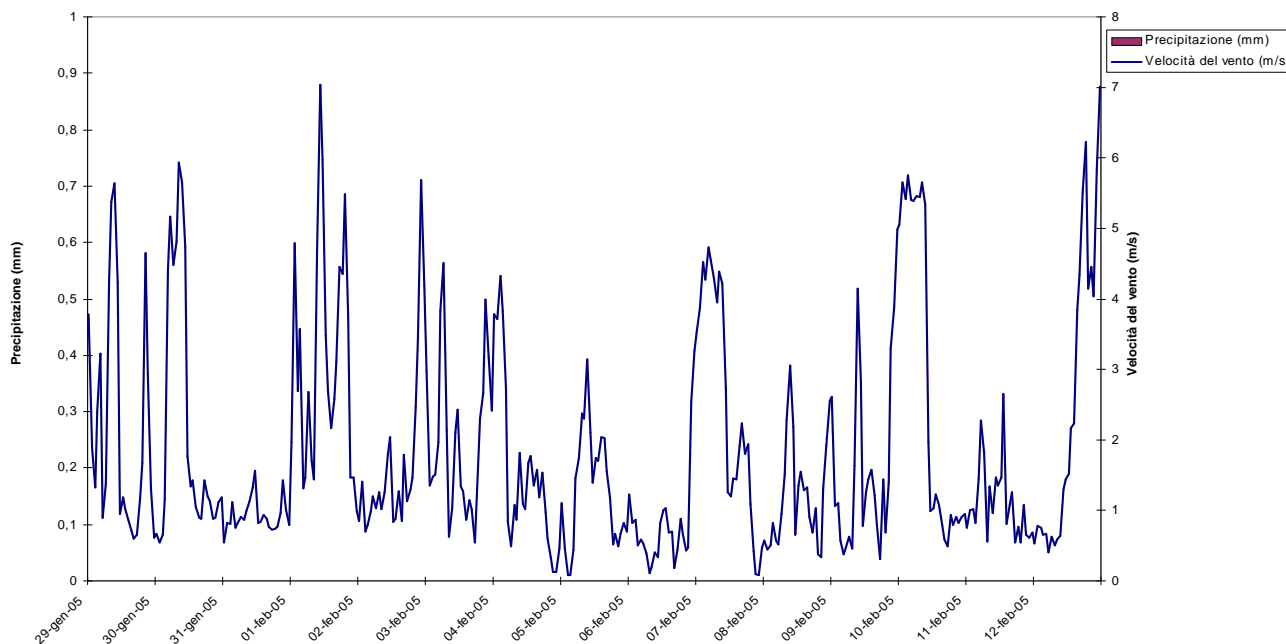
Campagna invernale

Nella tabella seguente vengono riportare in forma sintetica le condizioni meteorologiche osservate nel periodo.

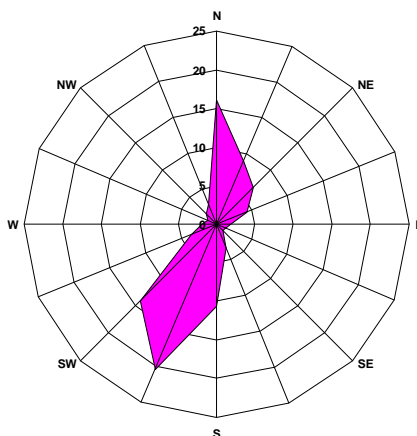
**Tabella 6: Stazione A5.4. – Chiomonte, Frazione La Maddalena, campagna invernale del monitoraggio ante-operam del cunicolo esplorativo di Venaus**

	Temperatura (°C)	Umidità (%)	Pressione (hPa)	Radiazione (W/m <sup>2</sup> )	Velocità Vento (m/s)	Precipitazione (mm)
<b>Valore Minimo</b>	-8,4	17	920	0,2	0,1	
<b>Valore Medio</b>	1,5	48	935	122,1	1,8	
<b>Valore Massimo</b>	15,6	87	945	660,5	7,0	0,0
<b>Somma</b>						0,0

QUALITA' ARIA TRAFFICO  
Inverno 2005  
**PRECIPITAZIONE (mm) - VELOCITA' DEL VENTO (m/s)**  
Stazione A5.4



QUALITA' ARIA TRAFFICO  
Inverno 2005  
ROSA DEI VENTI  
Stazione A5.4



In sintesi le condizioni meteorologiche registrate nel periodo di indagine sono state caratterizzate da:

- Direzione prevalente dei venti è risultata nei settori compresi tra N e NE est e nei settori compresi tra SW e S;
- Le velocità associate si situano su livelli medi con punte massime nel periodo di 7,0 m/s. Gli episodi di calma di vento sono pari al 9% dei casi;
- Nel periodo di indagine non si sono osservate precipitazioni atmosferiche.

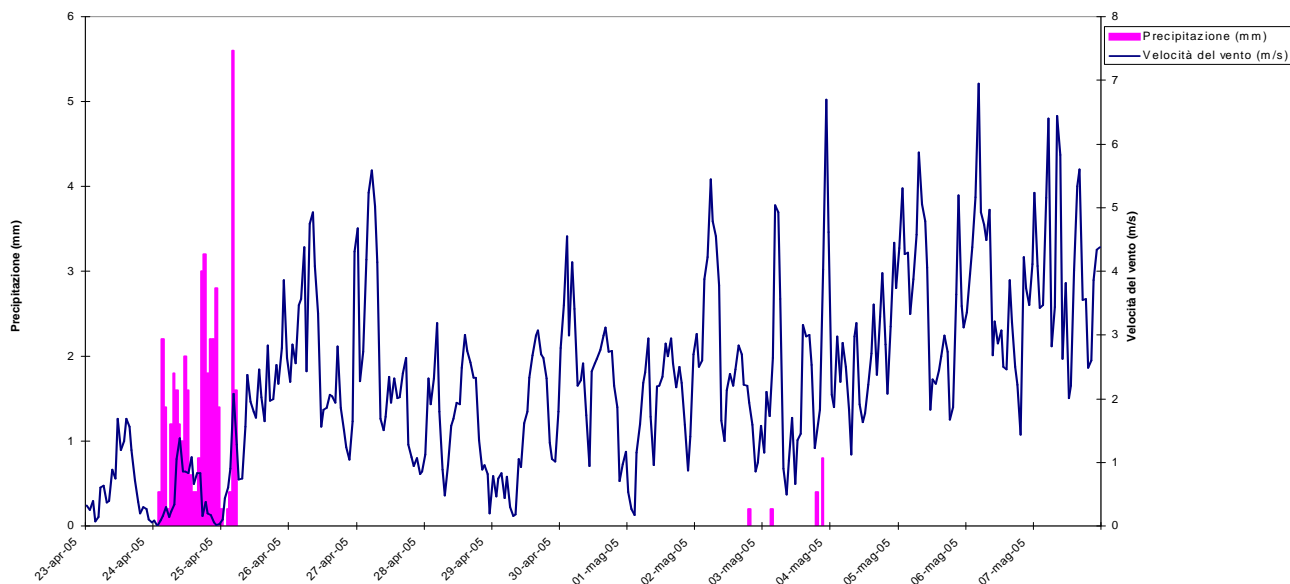
Campagna primaverile

In tabella seguente vengono riportare in forma sintetica le condizioni meteorologiche osservate nel periodo.

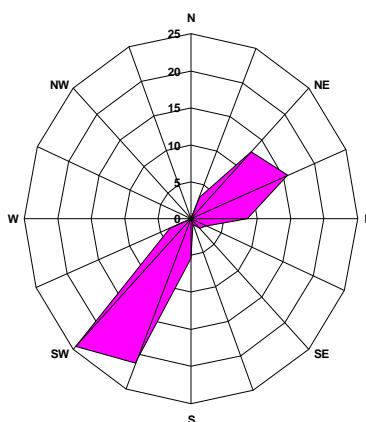
**Tabella 7: Stazione A5.4. – Chiomonte, Frazione La Maddalena, campagna primaverile del monitoraggio ante-operam del cunicolo esplorativo di Venaus**

	Temperatura (°C)	Umidità (%)	Pressione (hPa)	Radiazione (W/m2)	Velocità Vento (m/s)	Precipitazione (mm)
<b>Valore Minimo</b>	3,1	20	920	0,0	0,0	
<b>Valore Medio</b>	14,8	52	928	272,3	2,3	
<b>Valore Massimo</b>	23,0	90	933	1068,4	7,0	5,6
<b>Somma</b>						43

QUALITA' ARIA TRAFFICO  
Primavera 2005  
PRECIPITAZIONE (mm) - VELOCITA' DEL VENTO (m/s)  
Stazione A 5.4



QUALITA' ARIA TRAFFICO  
Primavera 2005  
ROSA DEI VENTI  
Stazione A5.4



In sintesi le condizioni meteorologiche registrate nel periodo di indagine sono state caratterizzate da:

- Direzione prevalente dei venti è risultata nei settori compresi tra NE ed E e nei settori compresi tra SW e SSW;
- Le velocità associate si mantengono su livelli medio alti con punte massime nel periodo di 7,0 m/s. Gli episodi di calma di vento sono pari al 11% dei casi;
- Nel periodo di indagine si sono osservate precipitazioni atmosferiche concentrate prevalentemente nella giornata del 24 aprile. In totale, nel corso del periodo di indagine si sono registrati 43 mm di pioggia.

#### 2.4.4.1 Conclusioni del confronto

Il confronto effettuato ha evidenziato la congruenza dei dati misurati nella centralina di Finiere rispetto a quelli misurati nei pressi del sito oggetto di intervento durante la campagna di monitoraggio ante operam, sebbene questi ultimi siano limitati ad un periodo molto circoscritto: in particolare risultano coerenti i dati di direzione, velocità e calme di vento.



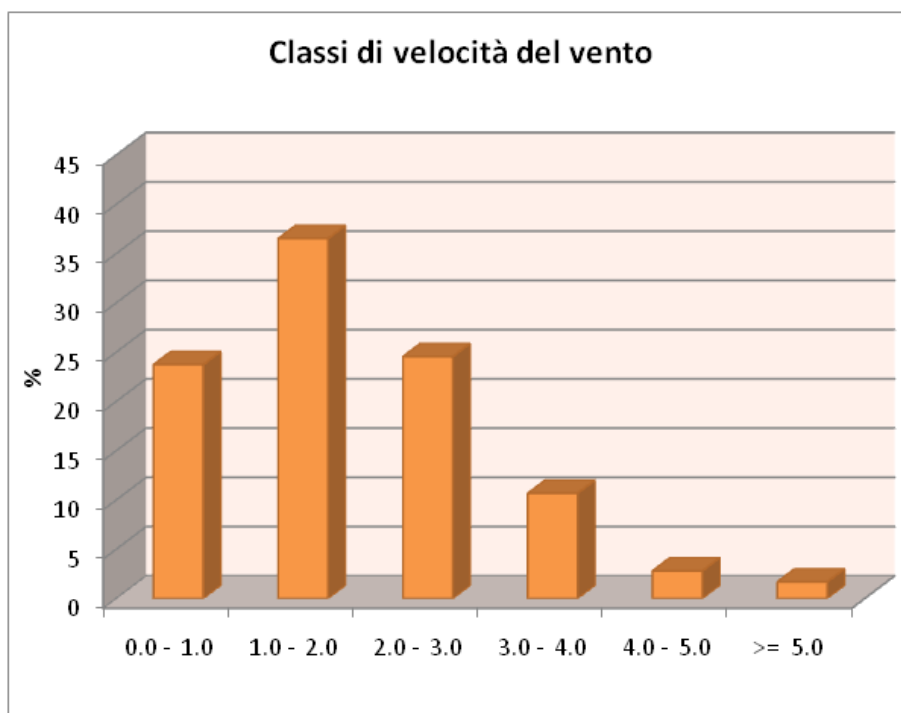
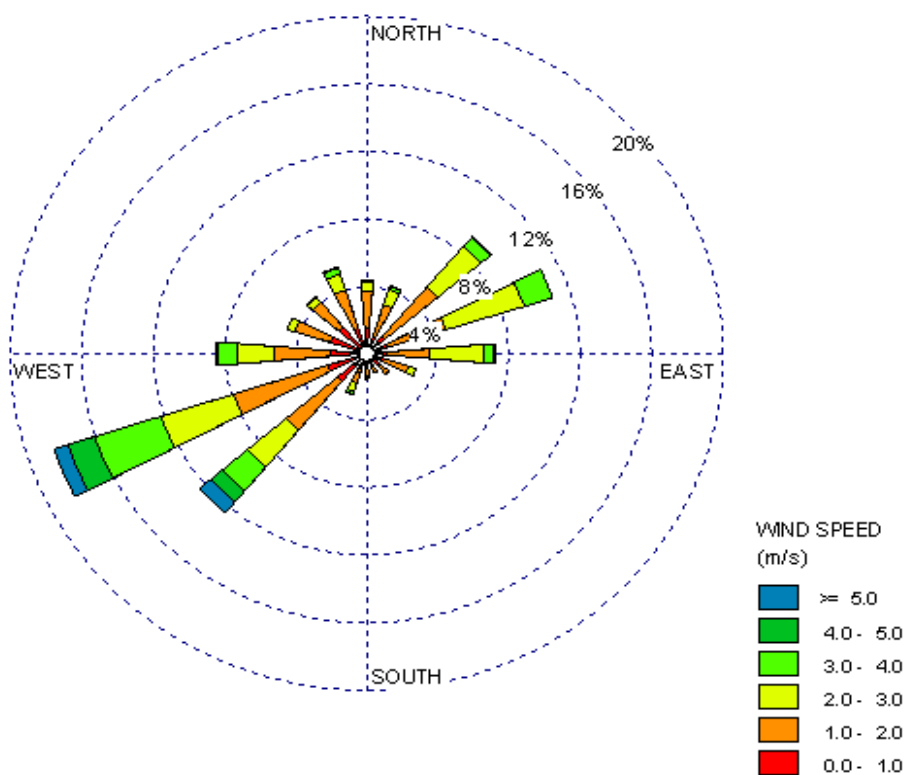
## 2.4.5 Dati meteorologici da modello

Per lo studio della dispersione degli inquinanti in atmosfera legati alle attività connesse alla realizzazione del cunicolo esplorativo della Maddalena, di cui il presente studio anemologico costituisce un'analisi propedeutica, sono stati richiesti al Servizio Meteorologico di ARPA Piemonte i dati meteorologici orari interpolati dai modelli meteorologici "Minerve" e "Surfpro" per il sito in esame, in particolare per la coordinata WGS84 (32 N): 341936.93, 4999233.76.

I campi di vento e temperatura sono prodotti mediante l'utilizzo di un modello diagnostico mass-consistent, mentre i campi dei parametri di turbolenza dello strato limite planetario sono ottenuti con un processore di turbolenza diagnostico basato sulla teoria di similarità di Monin-Obukhov e su metodi di bilancio energetico superficiale.

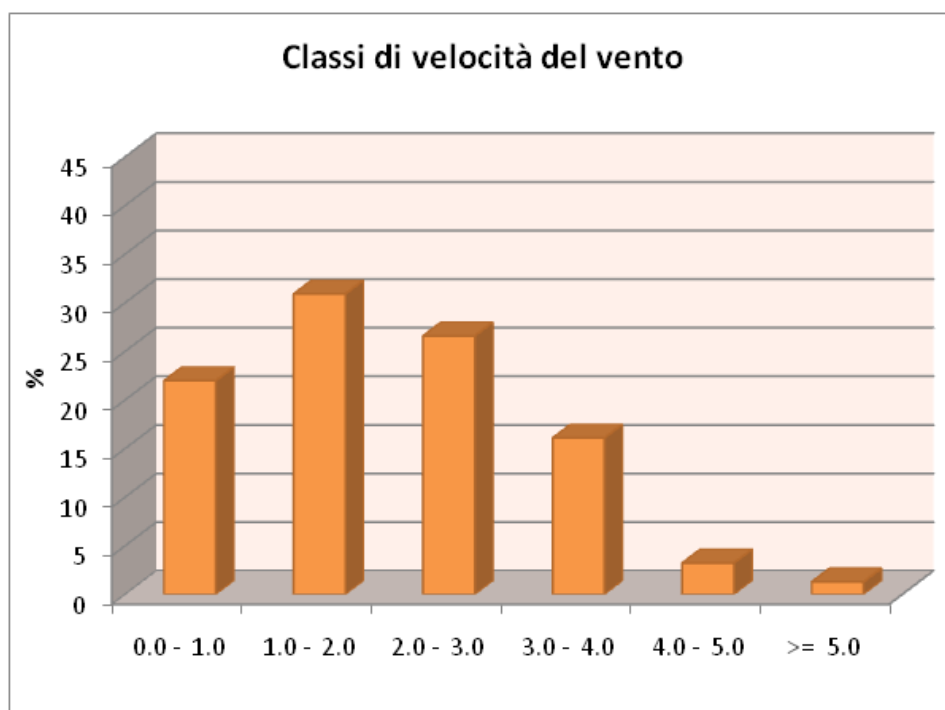
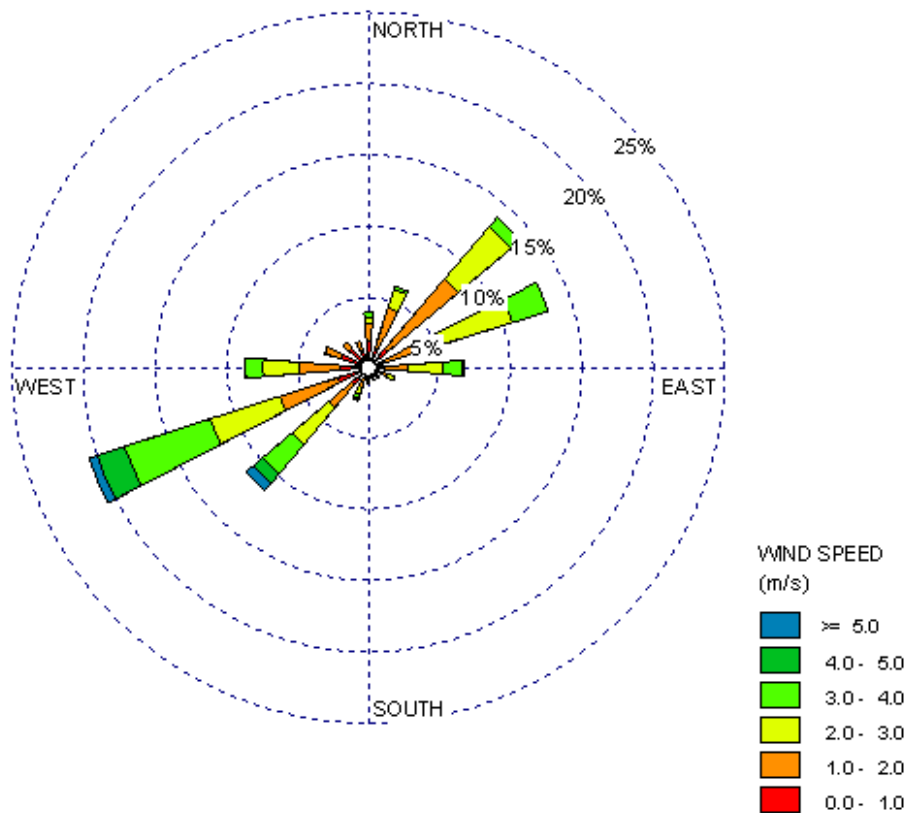
Per valutare la rappresentatività dei dati simulati da tali modelli si è proceduto all'elaborazione di rose dei venti, distribuzione delle classi di velocità del vento e JFF (*Joint Frequency Function*), al fine di effettuare un confronto con i dati misurati nella vicina stazione di Finiere.

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento annuale (dati da modello ARPA)



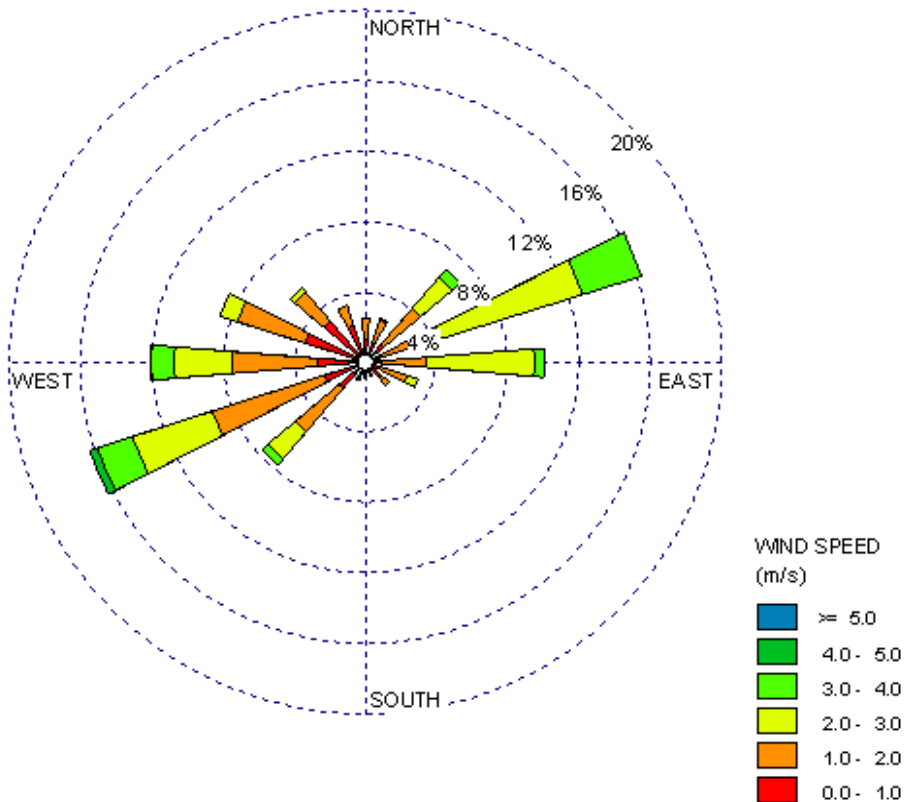
Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.53689	2.16302	0.54645	0.148	0	0	4.39435
NNE	1.12705	1.94672	0.95628	0.18215	0.05692	0.01138	4.28051
NE	1.35474	3.85929	3.16485	0.71721	0.05692	0	9.15301
ENE	1.22951	3.48361	4.56512	1.6735	0	0	10.9517
E	1.14982	2.36794	3.10792	0.54645	0.02277	0	7.1949
ESE	1.11566	1.40027	0.4326	0.02277	0	0	2.97131
SE	0.99044	0.63752	0.05692	0.01138	0	0	1.69627
SSE	0.7969	0.50091	0.01138	0	0	0	1.3092
S	0.87659	0.48953	0.15938	0.02277	0.01138	0	1.55965
SSW	1.01321	0.87659	0.52368	0.15938	0.04554	0.02277	2.64117
SW	2.24271	3.73406	2.85747	1.83288	0.86521	0.83106	12.3634
WSW	2.36794	5.5214	4.26913	3.87067	1.57104	0.80829	18.4085
W	2.0378	3.18761	2.04918	1.07013	0.11384	0.01138	8.46995
WNW	2.18579	2.08333	0.44399	0	0	0	4.71311
NW	2.1061	1.90118	0.40984	0.04554	0	0	4.46266
NNW	1.60519	2.37933	1.00182	0.37568	0.06831	0	5.43033
Sub-Total	23.7363	36.5323	24.556	10.6785	2.81193	1.68488	100
Missing/Incomplete							0
Total							100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Primavera  
(dati da modello ARPA)

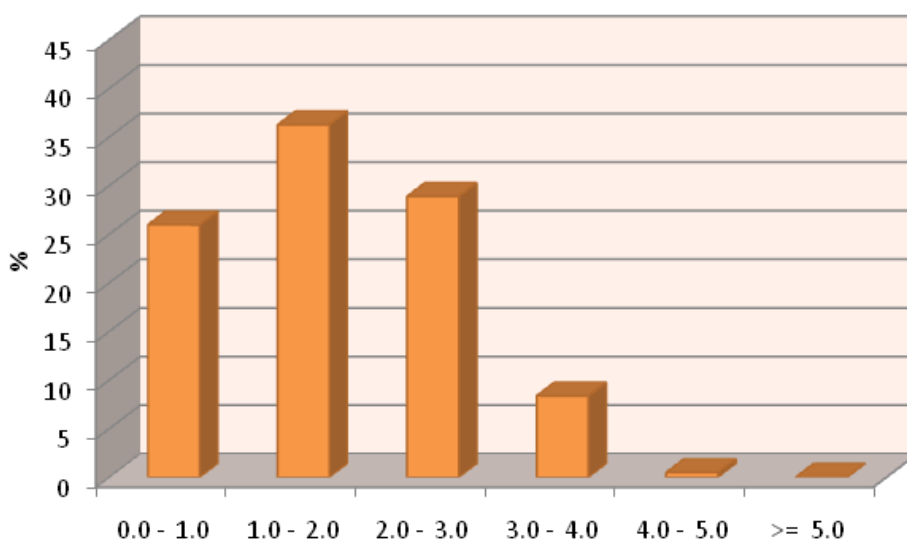


Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.94746	1.17754	0.49819	0.31703	0	0	3.94022
NNE	1.49457	2.98913	1.3587	0.22645	0	0	6.06884
NE	1.7663	6.43116	4.84601	0.9058	0	0	13.9493
ENE	1.26812	4.12138	5.20833	2.62681	0	0	13.2246
ENE	1.08696	1.72101	2.44565	1.40399	0.09058	0	6.74819
ESE	0.63406	0.86051	0.49819	0	0	0	1.99275
SE	0.4529	0.4529	0.09058	0.04529	0	0	1.04167
SSE	0.63406	0.36232	0	0	0	0	0.99638
S	0.49819	0.49819	0.13587	0.04529	0.04529	0	1.22283
SSW	0.86051	0.67935	0.4529	0.31703	0.09058	0.09058	2.49094
SW	1.63043	2.08333	3.39674	2.6721	0.9058	0.58877	11.2772
WSW	2.30978	4.25725	5.11775	6.29529	1.99275	0.58877	20.5616
WSW	2.08333	2.85326	2.49094	1.22283	0.09058	0	8.74094
WNW	2.12862	1.13225	0.04529	0	0	0	3.30616
NW	1.85688	0.58877	0	0	0	0	2.44565
NNW	1.31341	0.67935	0	0	0	0	1.99275
Sub-Total	21.9656	30.8877	26.5851	16.0779	3.21558	1.26812	100
Missing/Incomplete							0
Total							100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Estate  
(dati da modello ARPA)



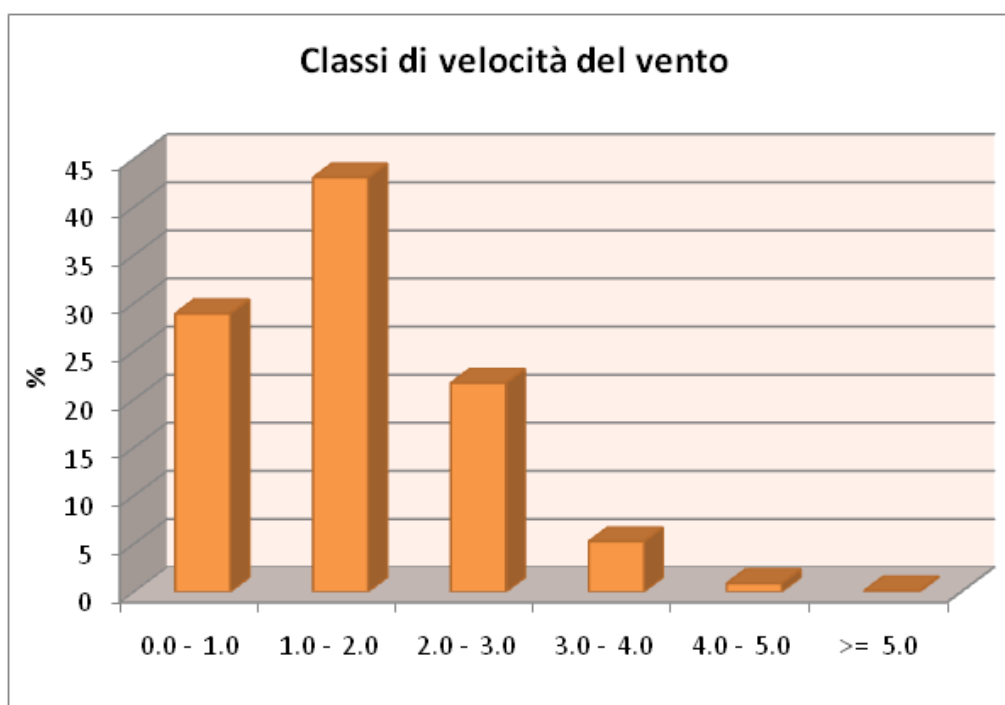
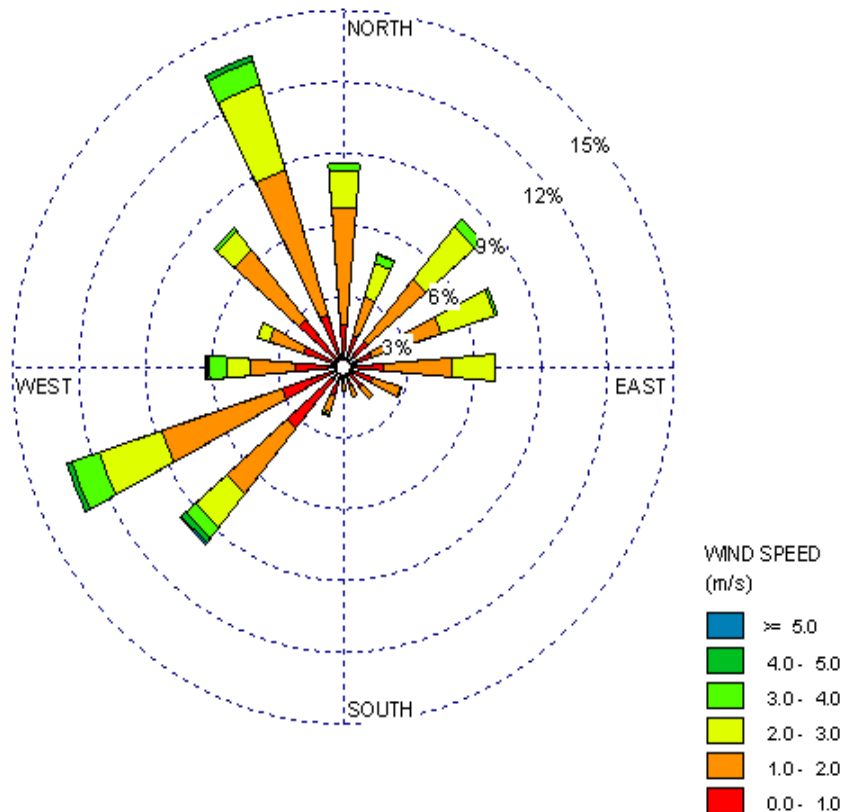
Classi di velocità del vento



Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.37411	1.19681	0	0	0	0	2.57092
NNE	1.19681	1.37411	0.08865	0	0	0	2.65957
NE	1.37411	2.65957	2.34929	0.57624	0	0	6.95922
ENE	0.97518	3.50177	8.28901	3.45745	0	0	16.2234
E	0.93085	2.48227	6.0727	0.57624	0	0	10.0621
ESE	0.8422	1.6844	0.62057	0	0	0	3.14716
SE	1.19681	0.57624	0.04433	0	0	0	1.81738
SSE	0.62057	0.31028	0	0	0	0	0.93085
S	0.75355	0.1773	0.04433	0	0	0	0.97518
SSW	0.66489	0.35461	0.13298	0	0	0	1.15248
SW	1.95035	3.28014	1.99468	0.44326	0	0	7.66844
WSW	2.43794	6.60461	4.69858	2.03901	0.44326	0	16.2234
W	2.7039	4.78723	3.23582	1.28546	0.04433	0	12.0567
WNW	3.59043	3.98936	1.0195	0	0	0	8.59929
NW	3.10284	2.12766	0.31028	0	0	0	5.54078
NNW	2.26064	1.15248	0	0	0	0	3.41312
<b>Sub-Total</b>	25.9752	36.2589	28.9007	8.37766	0.48759	0	100
<b>Missing/Incomplete</b>							0
<b>Total</b>							100

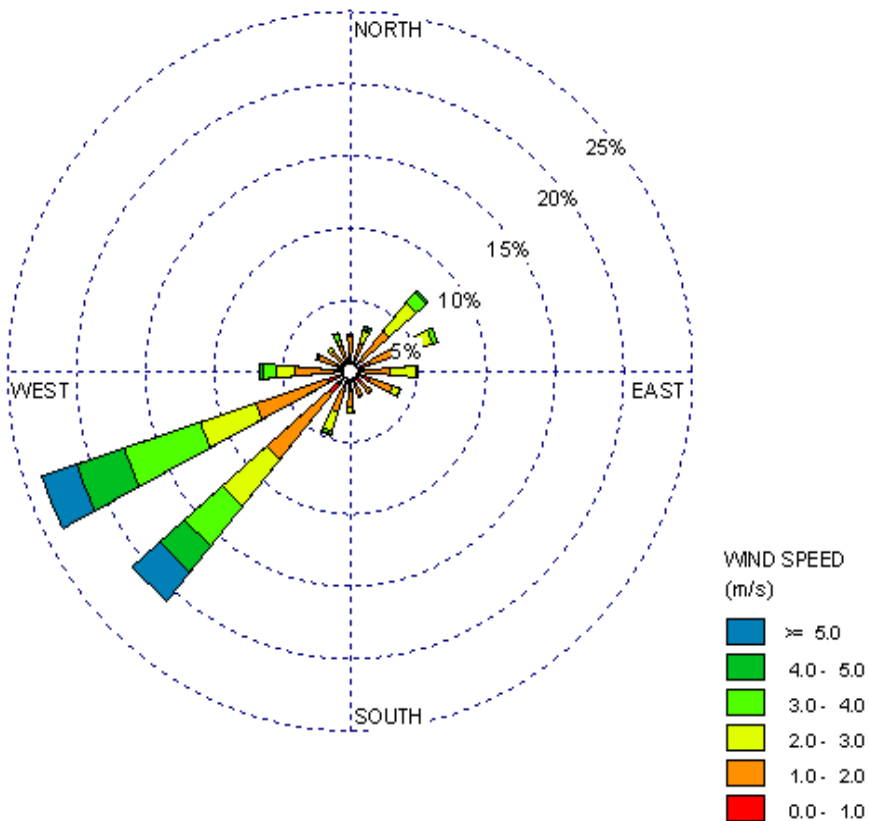


Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Autunno  
(dati da modello ARPA)

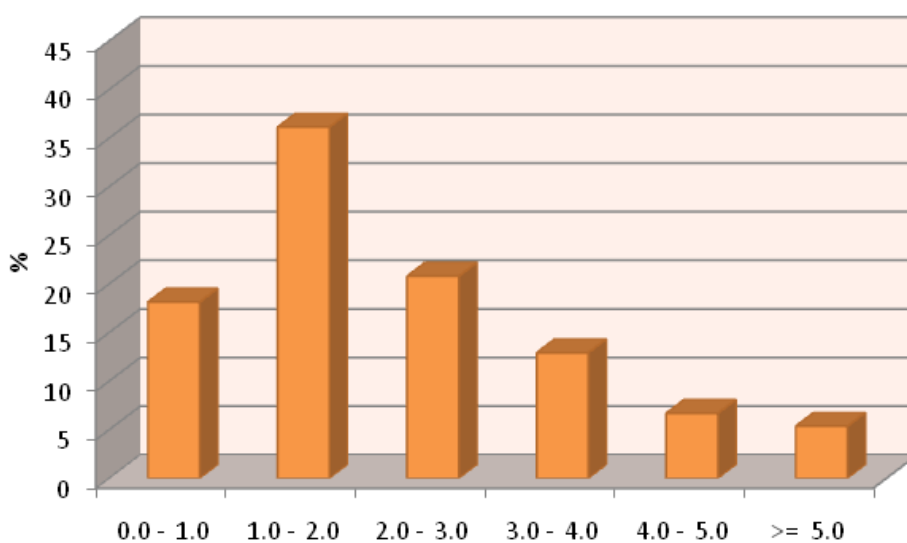


Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.82584	4.86891	1.59176	0.2809	0	0	8.56742
NNE	1.45131	1.68539	1.49813	0.37453	0.04682	0	5.05618
NE	1.49813	3.4176	2.85581	0.46816	0	0	8.2397
ENE	1.40449	3.27715	2.52809	0.14045	0	0	7.35019
E	1.82584	3.1367	1.91948	0	0	0	6.88202
ESE	1.45131	1.31086	0.04682	0	0	0	2.80899
SE	1.17041	0.65543	0	0	0	0	1.82584
SSE	0.8427	0.51498	0	0	0	0	1.35768
S	0.74906	0.2809	0	0	0	0	1.02996
SSW	1.26404	0.74906	0.09363	0.09363	0	0	2.20037
SW	3.37079	3.60487	1.82584	0.60861	0.23408	0.09363	9.73783
WSW	2.94944	5.71161	2.94944	1.31086	0.23408	0	13.1554
W	2.20037	2.05993	1.07678	0.74906	0.14045	0.04682	6.27341
WNW	1.91948	1.63858	0.5618	0	0	0	4.11985
NW	2.66854	3.79213	1.02996	0.18727	0	0	7.6779
NNW	2.34082	6.36704	3.74532	1.02996	0.23408	0	13.7172
Sub-Total	28.9326	43.0712	21.7228	5.24345	0.88951	0.14045	100
Missing/Incomplete							0
Total							100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento stagionale – Inverno  
(dati da modello ARPA)

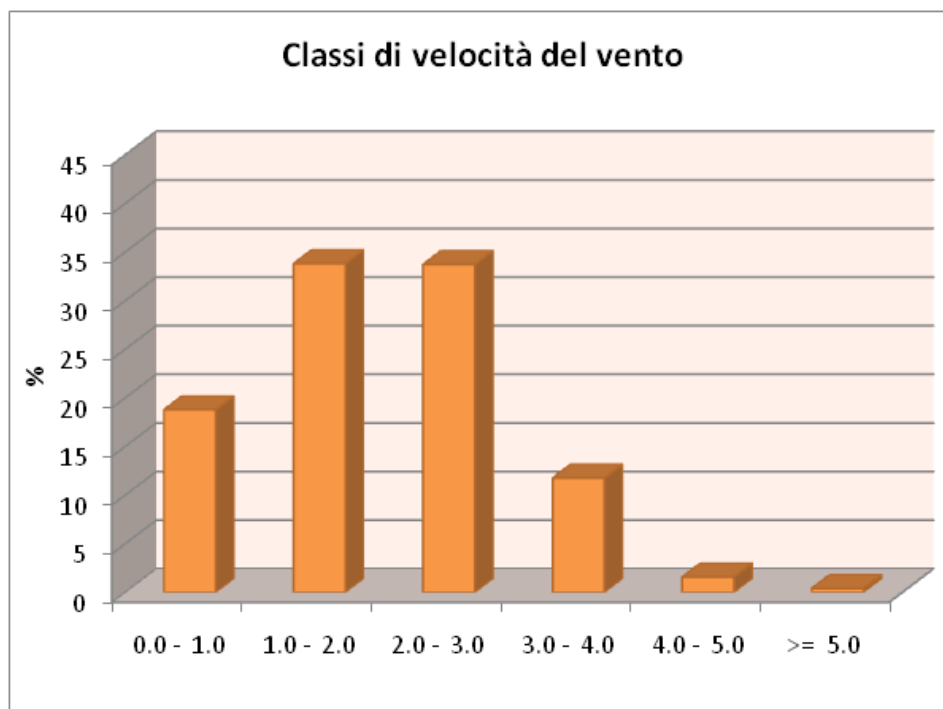
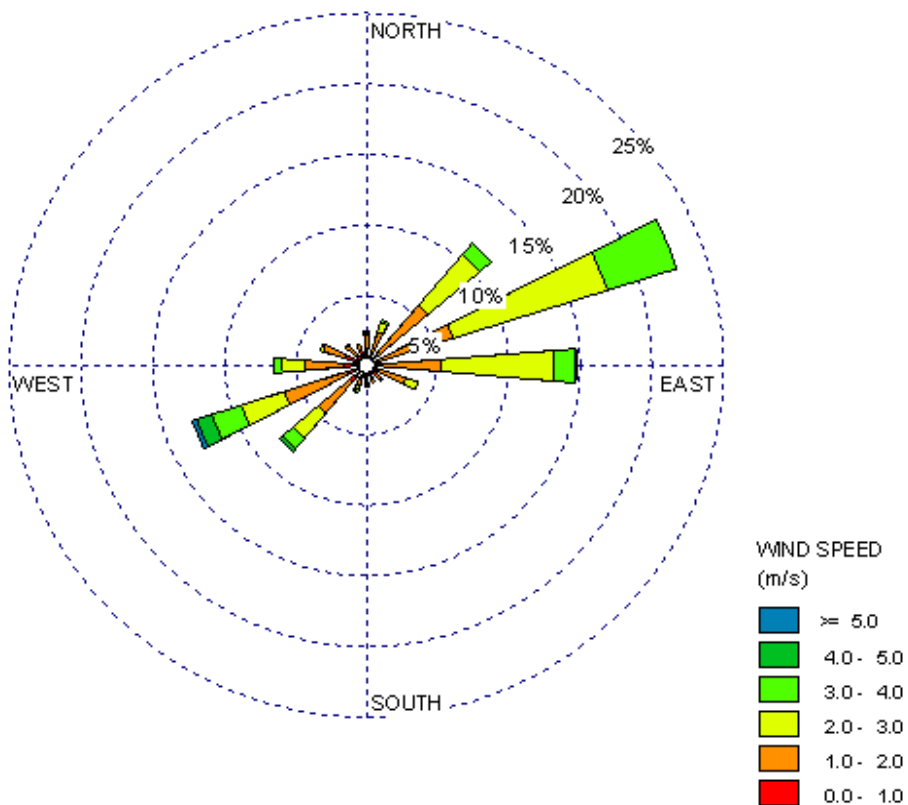


Classi di velocità del vento



Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.00733	1.51099	0.13736	0	0	0	2.65568
NNE	0.3663	1.73993	0.91575	0.13736	0.18315	0.04579	3.38828
NE	0.77839	2.9304	2.60989	0.91575	0.22894	0	7.46337
ENE	1.28205	3.02198	2.06044	0.3663	0	0	6.73077
ENE	0.77839	2.15201	1.87729	0.18315	0	0	4.99084
ESE	1.55678	1.73993	0.54945	0.09158	0	0	3.93773
SE	1.14469	0.86996	0.09158	0	0	0	2.10623
SSE	1.0989	0.82418	0.04579	0	0	0	1.96886
S	1.51099	1.00733	0.45788	0.04579	0	0	3.02198
SSW	1.28205	1.73993	1.41941	0.22894	0.09158	0	4.7619
SW	2.06044	5.99817	4.21245	3.61722	2.33516	2.65568	20.8791
WSW	1.78571	5.49451	4.25824	5.81502	3.61722	2.65568	23.6264
WSW	1.14469	2.97619	1.32784	1.00733	0.18315	0	6.63919
WNW	1.05311	1.51099	0.13736	0	0	0	2.70147
NW	0.77839	1.14469	0.32051	0	0	0	2.24359
NNW	0.50366	1.4652	0.3663	0.50366	0.04579	0	2.88462
Sub-Total	18.1319	36.1264	20.7875	12.9121	6.68498	5.35714	100
Missing/Incomplete							0
Total							100

Rose dei venti, dati di velocità e direzione del vento diurno nel periodo aprile-settembre  
(dati da modello ARPA)



Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.32709	0.89774	0.19516	0.1171	0	0	2.53708
NNE	0.9758	1.56128	0.74161	0.15613	0	0	3.43482
NE	0.9758	4.64481	4.7619	1.01483	0	0	11.3973
ENE	0.93677	5.46448	11.2802	5.03513	0	0	22.7166
ENE	1.24902	4.0203	7.88447	1.48322	0.07806	0	14.7151
ESE	1.01483	1.9516	0.89774	0	0	0	3.86417
SE	1.01483	0.42935	0.07806	0.03903	0	0	1.56128
SSE	0.81967	0.54645	0	0	0	0	1.36612
S	0.89774	0.50742	0.15613	0.03903	0.03903	0	1.63934
SSW	0.8587	0.66354	0.35129	0.19516	0.03903	0.03903	2.14676
SW	1.60031	2.88837	2.34192	0.93677	0.27322	0.03903	8.07963
WSW	1.56128	4.52771	3.16159	2.14676	1.13193	0.31226	12.8415
WSW	1.63934	2.77127	1.52225	0.58548	0	0	6.51835
WNW	1.63934	1.60031	0.23419	0	0	0	3.47385
NW	1.01483	0.93677	0.1171	0	0	0	2.0687
NNW	1.24902	0.39032	0	0	0	0	1.63934
Sub-Total	18.7744	33.8017	33.7237	11.7486	1.56128	0.39032	100
Missing/Incomplete							0
Total							100

### 2.4.5.1 Classi di stabilità atmosferica

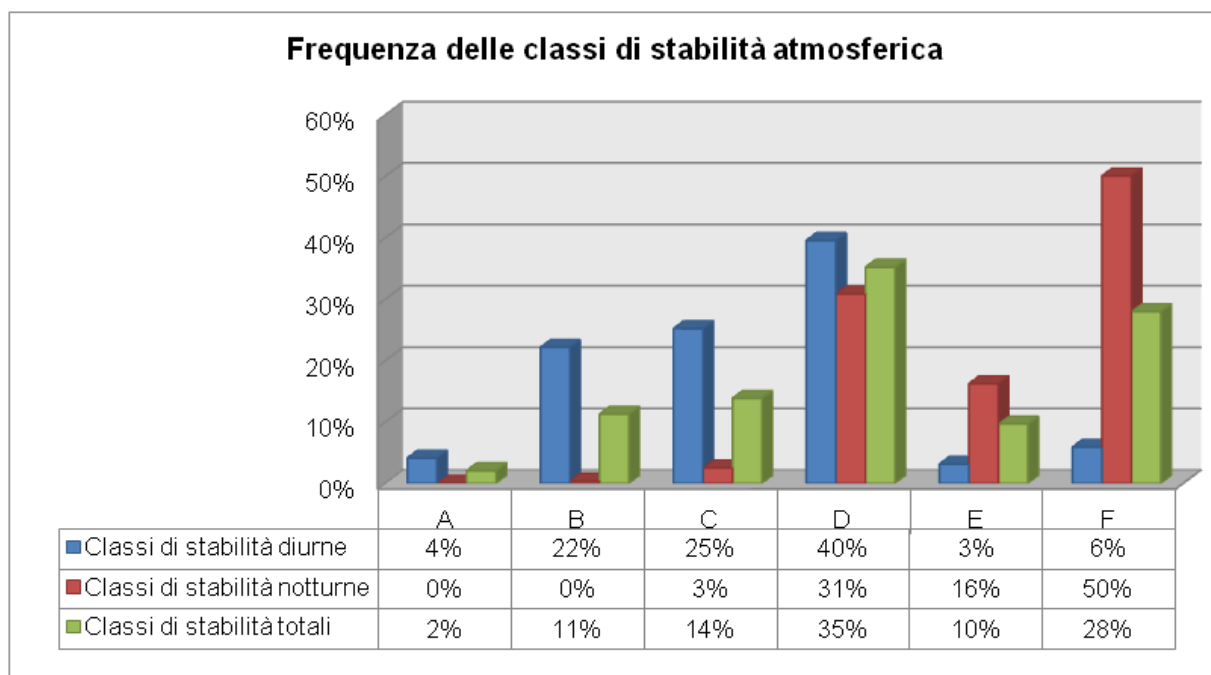
Le classi di stabilità atmosferica sono un metodo di classificazione della stabilità atmosferica creato da Frank Pasquill nel 1961.

La turbolenza atmosferica viene suddivisa in sei categorie di stabilità chiamate A, B, C, D, E e F, dove la categoria A è la più instabile e la categoria F identifica la più stabile (o meno turbolenta).

Di seguito, sono elencate le sei categorie e il grafico successivo fornisce la frequenza di accadimento delle classi di stabilità diurne, notturne e totali, secondo i dati meteorologici forniti da modello.

**Tabella 8:** Classi di stabilità atmosferica di Pasquill

Classe di stabilità	Definizione
A	molto instabile
B	instabile
C	leggermente instabile
D	neutrale
E	leggermente stabile
F	stabile



**Figura 28:** frequenza delle classi di stabilità atmosferica

Come si può notare dal grafico precedente, durante le ore diurne le classi di stabilità che denotano maggiore turbolenza sono più frequenti, mentre durante la notte sono predominanti le classi dalla D alla F.

In generale la classe di stabilità più frequente è la D.

#### **2.4.5.2 Conclusioni del confronto**

Il confronto effettuato ha dimostrato la congruità tra i dati forniti dal modello previsionale meteorologico, utilizzati nelle simulazioni di dispersione degli inquinanti, e i dati misurati nella stazione fissa di Finiere.

I dati da modello risultano quindi rappresentativi delle condizioni meteorologiche locali.



## 2.5 CONCLUSIONI

Il presente studio ha delineato le principali caratteristiche meteorologiche del sito oggetto dell'intervento, permettendo di conoscerne le peculiarità dal punto di vista del regime anemologico.

Dopo aver inquadrato il sito nel contesto anemologico che contraddistingue la Val di Susa, l'analisi è stata condotta sulla base dei seguenti dati:

- ✓ banche dati storiche, provenienti dalla stazione Finiere, su base temporale giornaliera e oraria,
- ✓ campagne di misura effettuate nei pressi dell'area di intervento, in periodo sia invernale che primaverile, durante la campagna di monitoraggio ante operam,
- ✓ dati elaborati da modello previsionale ARPA per il sito oggetto di studio.

Le elaborazioni effettuate hanno innanzitutto confermato la congruità dei dati a disposizione e l'analisi dei dati da modello ha permesso di considerare questi ultimi rappresentativi per le successive modellizzazioni di dispersione degli inquinanti al suolo, nelle quali sono stati inseriti.

### 3 STUDIO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

#### 3.1 PREMESSA E METODOLOGIA DI STUDIO

Lo studio della emissione, dispersione e ricaduta al suolo degli inquinanti atmosferici ha lo scopo di valutare gli impatti sulla componente atmosfera indotti dalle lavorazioni necessarie per la realizzazione del cunicolo esplorativo della Maddalena.

Il progetto, infatti, prevede attività e lavorazioni per un totale di 5 anni, che partiranno dalla preparazione dell'area di cantiere alle successive attività di scavo della galleria vera e propria, alle attività correlate, quale lo stoccaggio dello smarino, la frantumazione di quota parte di questo, ecc.

Tali lavorazioni determinano un impatto sull'ambiente in termini di emissione di inquinanti in atmosfera, quali polveri ( $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ ) e contaminanti che derivano dalla combustione nei motori dei mezzi utilizzati (polveri, biossido di azoto  $NO_2$ , biossido di zolfo  $SO_2$  e benzene).

Lo scopo del presente studio è quello di valutare gli impatti di queste attività sulla qualità dell'aria circostante e verificare il rispetto dei limiti di concentrazione di inquinanti dettati dalla normativa vigente.

La modellizzazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera è stata effettuata utilizzando il modello AERMOD, modello gaussiano sviluppato dall'AMS (American Meteorological Society) come evoluzione del modello ISC3 e raccomandato da U.S. EPA (Unites States Environmental Protection Agency), attualmente uno dei modelli maggiormente utilizzati a livello nazionale e internazionale.

Vista la durata del cantiere e la diversa natura delle lavorazioni che in esso si svolgeranno, si è scelto di modellizzare due scenari di dispersione:

- l'anno di scavo in tradizionale: questo scenario prende in considerazione le fasi iniziali dello scavo della galleria geognostica (successive alle fasi di preparazione dell'area vera e propria, ritenute meno impattanti). Per i primi 250 m del cunicolo, infatti, è previsto lo scavo in tradizionale per la durata di circa 3 mesi, con metodo DBM (Drill and Blast Method), seguito dallo scavo meccanizzato con TBM (Tunnel Boring Machine). Tale scenario è considerato il più impattante dal punto di vista delle emissioni in atmosfera.
- l'anno tipo: questo scenario è caratterizzato dallo scavo meccanizzato con TBM e rappresenta l'anno tipo, in quanto questa lavorazione si protrarrà per almeno 3 anni e rappresenta l'attività principale del cantiere a regime: quindi, sebbene tale scenario non

rappresenti quello più impattante, è stato preso in considerazione proprio per la sua durata nel tempo.

Nei paragrafi successivi verranno dettagliati entrambi gli scenari sopra descritti.

Il database delle condizioni meteo climatiche utilizzato nel modello di dispersione deriva dai dati elaborati da ARPA Piemonte per il sito oggetto di indagine. Tali dati, di tipo orario, della durata di un anno, sono interpolati dai modelli meteorologici "Minerve" e "Surfpro", a diverse altezze da piano campagna.

I risultati terranno conto delle concentrazioni di fondo, dove disponibili, affinché sia possibile un confronto con i limiti di legge, sia a lungo che a breve termine.

## 3.2 MODELLAZIONE DELLA DISPERSIONE

### 3.2.1 Il modello AERMOD

AERMOD è un modello sviluppato in ambito EPA dall'American Meteorological Society (AMS)/Environmental Protection Agency (EPA) Regulatory Model Improvement Committee (AERMIC), come evoluzione del modello ISC3.

Si tratta di un modello di calcolo stazionario in cui la dispersione in atmosfera dell'inquinante viene simulata adottando una distribuzione della concentrazione differente in funzione della stabilità dello strato limite atmosferico:

- Nel caso di strato limite stabile la concentrazione è considerata gaussiana sia nella direzione orizzontale che in quella verticale
- Nel caso di strato limite instabile, invece, il codice descrive la concentrazione in aria adottando una distribuzione gaussiana nella direzione orizzontale e una funzione densità di probabilità bi-gaussiana per la direzione verticale (Willis e Deardorff, 1981; Briggs, 1993).

Per tale ragione AERMOD è ritenuto un modello ibrido di nuova generazione.

AERMOD è in grado di simulare sorgenti puntiformi, areali e volumetriche e calcolare il contributo di ciascuna ai recettori individuati dall'utente, sotto forma sia di griglia sia di recettori discreti.

Il codice consente simulazioni di due tipologie differenti:

- ✓ *short term*, che individua le condizioni peggiori, fornendo concentrazioni medie a breve termine, orarie o giornaliere
- ✓ *long term*, che fornisce le concentrazioni a lungo termine, in genere su un arco temporale di un anno, valutando le conseguenze di emissioni prolungate nel tempo, al variare delle condizioni meteorologiche al contorno.

Il modello è corredato da due preprocessori, AERMET per l'elaborazione dei dati meteorologici e il calcolo dei parametri dispersivi dell'atmosfera, e AERMAP, per i dati orografici del territorio analizzato.

AERMOD è infine in grado di tenere in conto fenomeni peculiari che determinano evoluzioni differenti del pennacchio:

- ✓ *plume rise*, l'effetto sul pennacchio legato ai flussi turbolenti, sia di natura meccanica che convettiva, che tendono a manifestare una spinta discendente sottovento agli edifici

eventualmente presenti e una spinta ascendente collegata ai flussi turbolenti diretti verso l'alto;

- ✓ *buoyancy*, ossia la spinta di galleggiamento del pennacchio legato alle differenze di densità e di temperatura rispetto all'aria esterna;
- ✓ *plume lofting*, per il quale una porzione di massa del pennacchio sale e rimane nella parte superiore dello strato limite prima di essere mescolata dalla turbolenza;
- ✓ penetrazione del plume in presenza di inversioni termiche in quota;
- ✓ *building downwash*, ossia dell'effetto di distorsione del flusso del pennacchio causato dalla presenza di edifici di notevoli dimensioni e la possibilità che tale distorsione trascini il pennacchio al suolo.

### 3.2.2 Scenari di simulazione e sorgenti emissive

#### 3.2.2.1 Scenari di simulazione

Come anticipato nel paragrafo introduttivo, sono stati presi in considerazione due scenari differenti, rappresentativi di altrettante situazioni caratteristiche della realizzazione dell'opera. È stato infatti analizzato il cronoprogramma delle attività di cantiere, riportato nella figura seguente, al fine di individuare l'anno di simulazione più significativo e quello più impattante.

Prima di entrare nel merito delle singole lavorazioni e quindi delle singole sorgenti si riportano di seguito alcuni dati generali inerenti il progetto oggetto di studio:

**Tabella 9: parametri generali di progetto**

Parametro	Valore
Sezione di scavo in tradizionale	60 mq
Lunghezza dello scavo in tradizionale	250 m
Sezione di scavo in TBM	31 mq
Lunghezza totale dello scavo in TBM	7292 m
Densità del materiale scavato	2.65 ton/mc
Fattore di rigonfiamento del materiale in mucchio	1.35

Il progetto prevede inoltre una serie di mitigazioni, di seguito elencate:

- ✓ Nebulizzazione
- ✓ Captazione e abbattimento
- ✓ Bagnatura delle piste
- ✓ Bassa velocità di transito
- ✓ Bagnatura dei cumuli
- ✓ Basse altezze di getto.

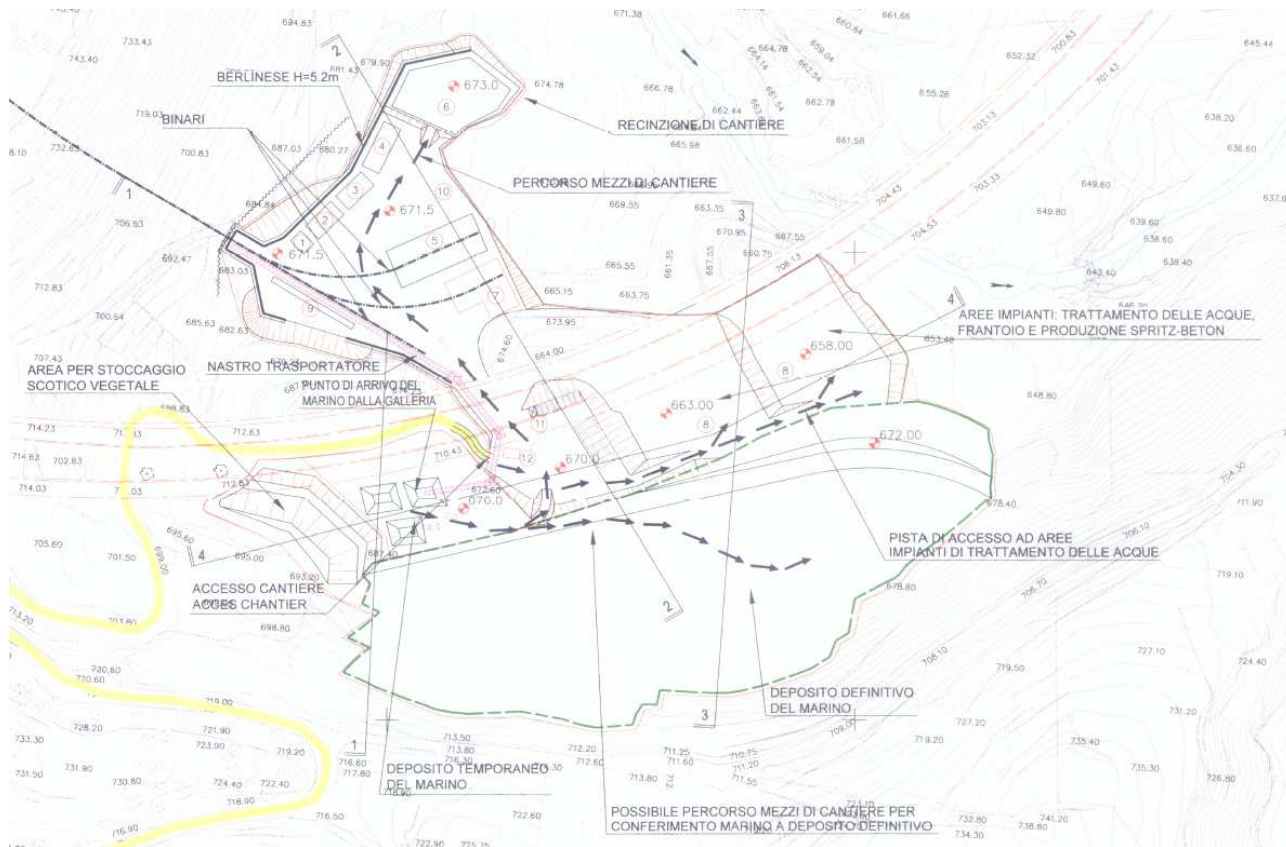


Figura 29: layout del cantiere

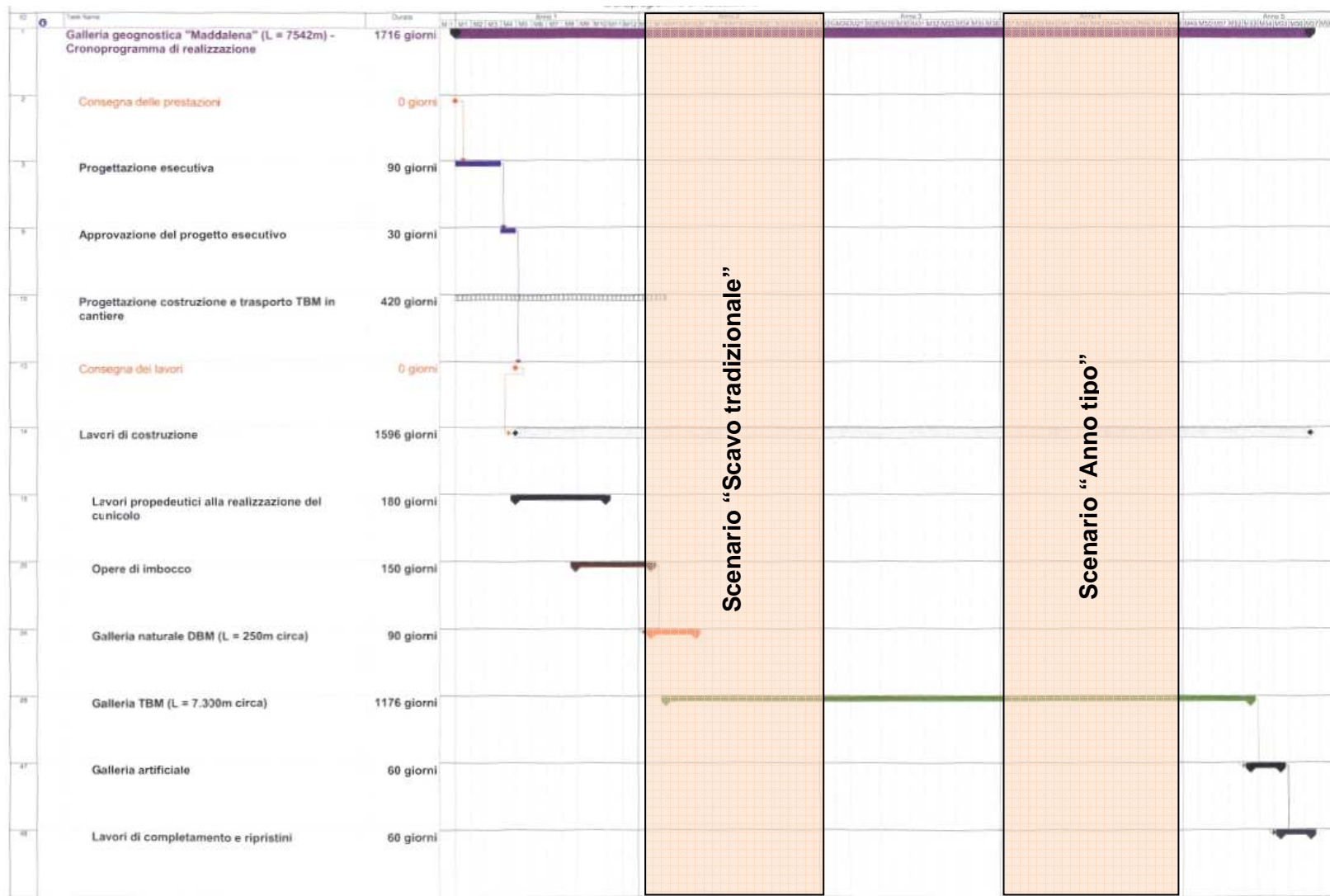


Figura 30: cronoprogramma dei lavori



### **Scenario “Scavo tradizionale”**

Dopo le attività preliminari di preparazione dell'area di cantiere, il cronoprogramma prevede l'inizio delle attività di scavo del cunicolo vero e proprio, che verrà effettuato per i primi 250 m in scavo con metodo tradizionale (DBM) a causa della natura geologica del materiale. Tale attività è prevista per tre mesi e l'estrazione dello smarino avverrà su gomma, dal fronte di scavo al sito di stoccaggio. Successivamente comincerà lo scavo con TBM che comporta l'estrazione e il trasporto del materiale di scavo dal fronte al sito di stoccaggio tramite nastri trasportatori. Questo primo scenario, che complessivamente avrà durata di un anno, prevede quindi le seguenti attività che determinano emissioni in atmosfera:

- ✓ Scavo del cunicolo in tradizionale e successivamente con TBM
- ✓ Trasferimento del materiale di scavo al sito di stoccaggio su gomma, durante lo scavo tradizionale e tramite nastro trasportatore durante l'uso della TBM
- ✓ Consolidamento dell'area di stoccaggio
- ✓ Stoccaggio dello smarino
- ✓ Frantumazione di parte del materiale di scavo per la produzione di spritz beton, a partire dallo scavo con TBM
- ✓ Transito di mezzi all'interno del cantiere

Di seguito vengono specificati, per ciascuna sorgente, gli inquinanti emessi introdotti nel modello dispersivo:

Tabella 10: inquinanti emessi per ciascuna sorgente considerata nello scenario "Scavo tradizionale"

Sorgente	Tipologia	Lavorazione	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene
<b>Imbocco</b>	Areale	Scavo del cunicolo in tradizionale	✓	✓			
		Scavo del cunicolo con TBM	✓	✓			
		Trasporto dello smarino su gomma Tratto interno al cunicolo (scavo in tradizionale)	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Trasporto esterno</b>	Lineare	Trasporto dello smarino su gomma Tratto esterno al cunicolo (scavo in tradizionale)	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Area di stoccaggio</b>	Areale	Consolidamento dell'area di stoccaggio	✓	✓	✓	✓	✓
		Stoccaggio dello smarino – transito di mezzi	✓	✓	✓	✓	✓
		Stoccaggio dello smarino – movimentazione del materiale	✓	✓			
<b>Cumuli di smarino</b>	Volumetrica	Stoccaggio temporaneo dello smarino	✓	✓			
<b>Nastro trasportatore</b>	Lineare	Trasporto dello smarino su nastro trasportatore (scavo con TBM)	✓	✓			
<b>Frantoio</b>	Volumetrica	Frantumazione di parte dello smarino	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Area di cantiere</b>	Areale	Transito di mezzi all'interno del cantiere	✓	✓	✓	✓	✓

## Scenario “Anno tipo”

La tipologia e la durata delle diverse attività di cantiere determinano, quale lavorazione maggiormente rappresentativa, lo scavo meccanizzato con TBM. Tale attività ha una durata complessiva di circa 3 anni, quindi è stato scelto un anno di attività della TBM quale scenario tipo.

Secondo il cronoprogramma durante questo scenario saranno presenti nell'area di cantiere le seguenti attività:

- ✓ Scavo del cunicolo tramite TBM
- ✓ Trasferimento del materiale di scavo al sito di stoccaggio tramite nastro trasportatore
- ✓ Stoccaggio dello smarino
- ✓ Frantumazione di parte del materiale di scavo per la produzione di spritz beton
- ✓ Transito di mezzi all'interno del cantiere

Di seguito vengono specificati, per ciascuna sorgente, gli inquinanti emessi introdotti nel modello dispersivo:

**Tabella 11: inquinanti emessi per ciascuna sorgente considerata nello scenario “Anno tipo”**

Sorgente	Tipologia	Lavorazione	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene
<b>Imbocco</b>	Areale	Scavo del cunicolo con TBM	✓	✓			
<b>Area di stoccaggio</b>	Areale	Stoccaggio dello smarino – transito di mezzi	✓	✓	✓	✓	✓
		Stoccaggio dello smarino – movimentazione del materiale	✓	✓			
<b>Cumuli di smarino</b>	Volumetrica	Stoccaggio temporaneo dello smarino	✓	✓			
<b>Nastro trasportatore</b>	Lineare	Trasporto dello smarino su nastro trasportatore	✓	✓			
<b>Frantoio</b>	Volumetrica	Frantumazione di parte dello smarino	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Area di cantiere</b>	Areale	Transito di mezzi all'interno del cantiere	✓	✓	✓	✓	✓

### **3.2.2.2 Sorgenti emissive**

Per ciascuno scenario sono state quindi considerate una serie di attività che determinano emissioni di inquinanti in atmosfera e che sono quindi considerate quali sorgenti all'interno del modello di dispersione.

La tabella seguente riassume le azioni mitigative che agiscono su ciascuna sorgente emissiva. La natura di tali accorgimenti progettuali ha efficacia unicamente sulle polveri di tipo minerale. Le polveri e gli altri inquinanti che derivano dalla combustione nei motori dei mezzi di cantiere non vengono abbattute da tali sistemi mitigativi.

Tabella 12: azioni mitigative per ciascuna sorgente emissiva considerata

Mitigazione	Scavo del cunicolo in tradizionale	Scavo del cunicolo con TBM	Trasporto dello smarino su gomma Tratto interno al cunicolo (scavo in tradizionale)	Trasporto dello smarino su gomma Tratto esterno al cunicolo (scavo in tradizionale)	Consolidamento dell'area di stoccaggio	Cumuli	Stoccaggio dello smarino – transito di mezzi	Stoccaggio dello smarino – movimentazione del materiale	Trasporto dello smarino su nastro trasportatore (scavo con TBM)	Transito di mezzi all'interno del cantiere
Nebulizzazione	✓	✓								
Captazione e abbattimento	✓	✓								
Bagnatura delle piste			✓	✓		✓	✓			✓
Bassa velocità di transito			✓	✓		✓	✓			✓
Bagnatura dei cumuli								✓		
Basse altezze di getto								✓		

Per ciascuna azione mitigativa è stata valutata un'efficienza, tratta da dati di progetto, esperienze pregresse in casi analoghi o dalla letteratura, tra cui il documento *WRAP – Fugitive Dust Handbook*, del 2006:

Tabella 13: efficienza delle azioni mitigative

Mitigazione	Efficienza della mitigazione
Nebulizzazione	80%
Captazione	50%
Abbattimento tramite filtri	90%
Bagnatura delle piste	90%
Bassa velocità di transito	57%
Bagnatura dei cumuli	50%
Basse altezze di getto	10%

Di seguito si riportano i valori dei fattori emissivi introdotti nel modello di dispersione per ciascuna sorgente, nello scenario "Scavo tradizionale" e "Anno tipo", ricordando che nel primo caso, all'interno dello stesso anno di simulazione, sono previste entrambe le tecniche di scavo, con metodo DBM e meccanico. Nei paragrafi successivi sono descritte le lavorazioni considerate e la procedura utilizzata per la quantificazione delle emissioni.

**Scenario "Scavo tradizionale"**

Tabella 14: fattori emissivi in g/s per ciascuna sorgente considerate nello scenario "Scavo tradizionale"

ATTIVITA'		SCAVO TRADIZIONALE					SCAVO CON TBM				
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene
Scavo in tradizionale	Foratura	4.95·10 <sup>-1</sup>	4.95·10 <sup>-1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	Volata	5.9·10 <sup>-2</sup>	5.9·10 <sup>-2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trasporto dello smarino su gomma interno al cunicolo	1.13·10 <sup>-3</sup>	1.18·10 <sup>-4</sup>	1.43·10 <sup>-5</sup>	5.31·10 <sup>-8</sup>	2.1·10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-	-
Scavo con TBM		-	-	-	-	-	1.53·10 <sup>-4</sup>	7.7·10 <sup>-5</sup>	-	-	-
Consolidamento dell'area di stoccaggio		1.1·10 <sup>-2</sup>	5·10 <sup>-3</sup>	1.4·10 <sup>-2</sup>	5.24·10 <sup>-5</sup>	1.7·10 <sup>-4</sup>	1.1·10 <sup>-2</sup>	5·10 <sup>-3</sup>	1.4·10 <sup>-2</sup>	5.24·10 <sup>-5</sup>	1.7·10 <sup>-4</sup>
Cumuli		8.6·10 <sup>-3</sup>	2.5·10 <sup>-3</sup>	-	-	-	8.6·10 <sup>-3</sup>	2.5·10 <sup>-3</sup>	-	-	-
Trasporto dello smarino su gomma esterno al cunicolo		1.8·10 <sup>-3</sup>	1.89·10 <sup>-4</sup>	2.29·10 <sup>-5</sup>	8.50·10 <sup>-8</sup>	3.54·10 <sup>-7</sup>					
Stoccaggio dello smarino – Transito di mezzi		1.35·10 <sup>-3</sup>	1.38·10 <sup>-4</sup>	1.72·10 <sup>-5</sup>	6.37·10 <sup>-8</sup>	2.07·10 <sup>-7</sup>	1.58·10 <sup>-3</sup>	1.62·10 <sup>-4</sup>	2.01·10 <sup>-5</sup>	7.48·10 <sup>-8</sup>	2.43·10 <sup>-7</sup>
Stoccaggio dello smarino – Movimentazione del materiale		8.61·10 <sup>-3</sup>	2.49·10 <sup>-3</sup>	-	-	-	9.98·10 <sup>-3</sup>	2.89·10 <sup>-3</sup>	-	-	-
Trasporto su nastro trasportatore		-	-	-	-	-	3.26·10 <sup>-3</sup>	1.63·10 <sup>-3</sup>	-	-	-
Frantumazione di parte dello smarino		-	-	-	-	-	2.8·10 <sup>-1</sup>	1.4·10 <sup>-1</sup>	1.1·10 <sup>-2</sup>	1.5·10 <sup>-5</sup>	1.20·10 <sup>-4</sup>
Transito di mezzi all'interno del cantiere		1.42·10 <sup>-3</sup>	1.5·10 <sup>-4</sup>	1.14·10 <sup>-5</sup>	5.36·10 <sup>-8</sup>	3.04·10 <sup>-8</sup>	1.42·10 <sup>-3</sup>	1.5·10 <sup>-4</sup>	1.14·10 <sup>-5</sup>	5.36·10 <sup>-8</sup>	3.04·10 <sup>-8</sup>

**Scenario "ANNO TIPO"**

Tabella 15: fattori emissivi in g/s per ciascuna sorgente considerate nello scenario "Anno tipo"

ATTIVITA'	SCAVO CON TBM				
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Benzene
Scavo con TBM	1.5·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	-	-	-
Cumuli	9.8·10 <sup>-3</sup>	2.85·10 <sup>-3</sup>	-	-	-
Stoccaggio dello smarino – Transito di mezzi	1.52·10 <sup>-3</sup>	1.56·10 <sup>-4</sup>	1.94·10 <sup>-5</sup>	7.20·10 <sup>-8</sup>	2.34·10 <sup>-7</sup>
Stoccaggio dello smarino – Movimentazione del materiale	9.8·10 <sup>-3</sup>	2.85·10 <sup>-3</sup>	-	-	-
Trasporto su nastro trasportatore	3.21·10 <sup>-3</sup>	1.61·10 <sup>-3</sup>	-	-	-
Frantumazione di parte dello smarino	2.9·10 <sup>-1</sup>	1.44·10 <sup>-1</sup>	1·10 <sup>-2</sup>	3.71·10 <sup>-5</sup>	1.2·10 <sup>-4</sup>
Transito di mezzi all'interno del cantiere	1.42·10 <sup>-3</sup>	1.46·10 <sup>-4</sup>	1.14·10 <sup>-5</sup>	5.36·10 <sup>-8</sup>	3.04·10 <sup>-8</sup>



### 3.2.2.2.1 Scavo con metodo tradizionale

Lo scavo dei primi 250 m del cunicolo è previsto con metodo tradizionale DBM (Drill and Blast Method), costituito da una fase di foratura, seguita dalla volata con esplosivo e lo sgombero del materiale disgregato. Durante tale lavorazione, prevista della durata di 3 mesi totali, il trasporto dello smarino è ipotizzato su gomma: appositi mezzi verranno riempiti con il materiale disgregato ed effettueranno il tragitto di collegamento fino al sito di stoccaggio.

Di seguito si esplicitano le assunzioni effettuate per la stima dei fattori emissivi di tale attività, tenendo conto delle azioni mitigative previste in fase di progetto.

L'attività di scavo in tradizionale è stata "scomposta" in tre differenti lavorazioni che si susseguono:

- ✓ la foratura;
- ✓ la volata;
- ✓ il trasporto del materiale al sito di deposito.

Ciascuna di queste attività è stata caratterizzata facendo ricorso a dati o equazioni empiriche reperibili in letteratura.

#### **FORATURA**

Per quanto riguarda la foratura è stata applicata la formula riportata nel documento *Emission Inventory Guidance – Mineral Handling and Processing Industries* (Mojave Desert Air Quality Management District) di seguito riportata:

$$E = E_f \times N$$

Dove:

E: fattore di emissione in pounds/anno

E<sub>f</sub>: fattore di emissione in pounds per foro (vedi tabella seguente)

<b>E<sub>f</sub> (PM<sub>10</sub>)</b>	0.68 pounds/foro
<b>E<sub>f</sub> (PM<sub>2,5</sub>)</b>	0.68 pounds/foro

N: numero di fori all'anno

È stato assunto un numero medio di fori a volata pari a 105.

## **VOLATA**

Il fattore emissivo della volata, prevista in media due volte al giorno, è tratto dalle equazioni empiriche del documento sopra citato:

$$E = k \times N \times 0.0005 \times A^{1.5}$$

Dove:

E: fattore di emissione in pounds/anno

k: fattore connesso alla dimensione delle particelle (vedi tabella seguente)

<b>k (PTS)</b>	1.00
<b>k (PM<sub>10</sub>)</b>	0.52
<b>k (PM<sub>2,5</sub>)</b>	0.52

N: numero di fori all'anno

A: sezione rimossa in piedi quadri

### **3.2.2.2 Transito di mezzi su piste non asfaltate**

Tra le attività di cantiere simulate ricorre il transito di mezzi su piste non pavimentate, al quale vengono applicate le mitigazioni precedentemente indicate (bassa velocità di transito e bagnatura delle piste) con efficacia sulle sole polveri minerali sollevate.

La metodologia utilizzata per la stima dei fattori di emissione delle sorgenti che contemplano tale attività è la medesima: sono state calcolate le polveri (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>) sollevate dal passaggio dei mezzi su strade sterrate, definite "minerali", e le emissioni dei motori a combustione degli stessi mezzi (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e benzene).

L'attività rappresentata dal transito di mezzi di trasporto e macchinari da cantiere genera un sollevamento di polveri, dovuto all'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste ad opera delle ruote dei mezzi. Il sollevamento viene indotto dalla rotazione delle ruote e le polveri vengono disperse dai vortici turbolenti che si creano sotto il mezzo stesso. Nel caso di strade non pavimentate il fenomeno di innalzamento di polveri persiste anche dopo il transito del mezzo.

Alla base del fenomeno vi è quindi la presenza sul tratto stradale di materiale soggetto alla comminazione ad opera del transito dei mezzi stessi o in generale di materiale di dimensioni tali da

determinare la sua aerodispersione (in genere si tratta di silt, con dimensione inferiore ai 75 µm) che può essere trasportato dalle aree di cantiere da parte del vento o dei mezzi transitanti. Su tale aspetto è possibile intervenire al fine di mitigare l'entità dell'impatto.

I fattori determinanti tale fenomeni sono quindi di seguito sintetizzati:

- ✓ situazione geologica del sito, che determina la presenza di silt e la distribuzione granulometrica del materiale costitutivo di piste e piazzali non pavimentati o del materiale perso su piste e piazzali pavimentati;
- ✓ intensità delle attività di cantiere;
- ✓ presenza di copertura vegetativa nel sito;
- ✓ contenuto di umidità del materiale aerodisperdibile;
- ✓ regime pluviometrico, umidità e temperatura ambientale locali;
- ✓ modalità organizzative e logistiche delle attività sul sito.

Il sollevamento di polveri connesso al transito di mezzi su piste non pavimentate è stato valutato applicando l'espressione empirica proposta dall'EPA statunitense nel documento AP42, al capitolo 13.2.2, *Miscellaneous Sources*.

$$E = k \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^b = [\text{lb/veicolo} \cdot \text{miglio}]$$

Dove:  $s$  = contenuto di silt della superficie stradale [%]

$W$  = peso medio dei mezzi di trasporto [ton]

Parametro	Dimensione	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
<b>k</b>	(lb/veicolo*miglio)	1.5	0.15
<b>a</b>	(-)	0.9	0.9
<b>b</b>	(-)	0.45	0.45

Si considera la conversione:  $1 \frac{\text{lb}}{\text{veicolo} \cdot \text{miglio}} = 281,9 \frac{\text{g}}{\text{veicolo} \cdot \text{km}}$

Per il calcolo del fattore emissivo si è adottato un contenuto in silt del 10% e il peso dei mezzi pari a 32 ton.

Per la stima del particolato e degli altri inquinanti emessi dai motori dei mezzi si è fatto riferimento al database fornito da SinaNet (rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale), basato sul parco veicolare aggiornato al 2009.

Di seguito si riportano i fattori emissivi di  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  stimati per l'attività di transito dei mezzi, sia di tipo minerale che da combustione. Si nota che il rapporto tra questi fattori emissivi si mantiene costante in funzione della tipologia di mezzi considerati: i  $PM_{10}$  derivanti dai motori dei mezzi pesanti sono circa lo 0.3% del totale (che sale a 0,35% per mezzi di servizio più leggeri che circolano all'interno del cantiere), mentre per quanto riguarda i  $PM_{2,5}$  tale valore risulta più alto, e varia da 2.64% a 3.03%. Rispetto al totale, comunque, il particolato derivante dalla combustione, potenzialmente più pericoloso perché sulla sua superficie possono essere adsorbiti inquinanti tossici, può essere considerato trascurabile.

Tabella 16: fattori emissivi in g/s di PM<sub>10</sub> minerale ed esausto

Fattori di emissione PM <sub>10</sub> (g/s)	Scenario "Scavo tradizionale"					Scenario "Anno tipo"	
	Trasporto su gomma dello smarino (tratto interno al cunicolo)	Trasporto su gomma dello smarino (tratto esterno al cunicolo)	Stoccaggio smarino – transito dei mezzi (Scavo tradizionale)	Stoccaggio smarino – transito dei mezzi (Scavo TBM)	Spostamenti interni al cantiere	Stoccaggio smarino – transito dei mezzi	Spostamenti interni al cantiere
Particolato minerale mitigato	$1.12 \cdot 10^{-3}$	$1.79 \cdot 10^{-3}$	$1.34 \cdot 10^{-3}$	$1.58 \cdot 10^{-3}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$	$1.52 \cdot 10^{-3}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$
Particolato da combustione	$6.79 \cdot 10^{-6}$	$1.09 \cdot 10^{-5}$	$4.08 \cdot 10^{-6}$	$4.79 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$4.6 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Incidenza del particolato da combustione sul particolato totale	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.35%	0.30%	0.35%

Tabella 17: fattori emissivi in g/s di PM<sub>2.5</sub> minerale ed esausto

Fattori di emissione PM <sub>2.5</sub> (g/s)	Scenario "Scavo tradizionale"					Scenario "Scavo TBM"	
	Trasporto su gomma dello smarino (tratto interno al cunicolo)	Trasporto su gomma dello smarino (tratto esterno al cunicolo)	Stoccaggio smarino – transito dei mezzi (Scavo tradizionale)	Stoccaggio smarino – transito dei mezzi (Scavo TBM)	Spostamenti interni al cantiere	Stoccaggio smarino – transito dei mezzi	Spostamenti interni al cantiere
Particolato minerale mitigato	$1.12 \cdot 10^{-4}$	$1.79 \cdot 10^{-4}$	$1.34 \cdot 10^{-4}$	$1.58 \cdot 10^{-4}$	$1.42 \cdot 10^{-4}$	$1.58 \cdot 10^{-4}$	$1.42 \cdot 10^{-4}$
Particolato da combustione	$3.04 \cdot 10^{-6}$	$9.71 \cdot 10^{-6}$	$3.64 \cdot 10^{-6}$	$4.28 \cdot 10^{-6}$	$4.4 \cdot 10^{-6}$	$4.28 \cdot 10^{-6}$	$4.4 \cdot 10^{-6}$
Incidenza del particolato da combustione sul particolato totale	2.64%	2.64%	2.64%	2.64%	3.03%	2.64%	3.03%

### 3.2.2.2.3 Scavo meccanizzato con TBM

Lo scavo con TBM dà luogo all'emissione di polveri,  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ : il macchinario, infatti, sarà alimentato elettricamente e non comporterà l'emissione di inquinanti da combustione. Per tale lavorazione, non esistendo in letteratura fattori emissivi specifici, è stata considerata l'emissione dovuta all'estrazione di materiale roccioso, quantificata per i  $PM_{10}$  pari a 7,35 kg/kg estratto.

L'emissione valutata al fronte di scavo è mitigata con i sistemi illustrati nei precedenti paragrafi.

### 3.2.2.2.4 Trasporto su nastro trasportatore e frantumazione dello smarino

Durante lo scavo meccanizzato l'allontanamento del materiale dal fronte di scavo è previsto su nastro trasportatore, fino al sito di deposito.

Il fattore emissivo di tale attività, che non prevede mitigazioni, è tratto dal documento, già citato, dell'EPA americana, AP 42, capitolo 11.19.2 *Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing*.

Lo stesso paragrafo descrive e quantifica le emissioni derivanti non solo dal processo di trasporto su nastro, ma anche dalla frantumazione del materiale.

Per la prima attività è stimata un'emissione pari a  $5.5 \cdot 10^{-4}$  kg/Mg per i  $PM_{10}$ . Considerando i quantitativi rimossi nei mesi di scavo previsti nelle due simulazioni e la lunghezza del nastro trasportatore, si deducono un'emissione pari a 0.0032 g/s di  $PM_{10}$  e 0.0016 g/s di  $PM_{2,5}$ .

L'emissione di polveri minerali dovuta alla frantumazione, tratta dai dati di letteratura citati, invece, è stata assunta pari a 0.0075 kg/Mg per i  $PM_{10}$  e 0.00375 kg/Mg per i  $PM_{2,5}$ . A tali valori sono state sommate le emissioni di polveri derivanti dal motore del frantoio. I fattori emissivi degli altri inquinanti ( $NO_2$ ,  $SO_2$  e benzene) sono stati calcolati considerando l'emissione dei mezzi in funzione delle quantità di gasolio consumato all'ora. È da notare che il materiale estratto durante lo scavo in tradizionale, a causa della sua natura geologica, non è idoneo alla produzione di spritz beton: durante i tre mesi di scavo con metodo DBM, quindi, non verrà effettuata la frantumazione.

### 3.2.2.2.5 Consolidamento dell'area di stoccaggio

Il progetto in esame prevede il consolidamento del sito di stoccaggio dei materiali, tramite jet grouting. L'inizio di tale attività è precedente, secondo il cronoprogramma, all'inizio del primo anno di simulazione (scenario "Scavo tradizionale"), perciò in concomitanza con tale scenario parte del sito di deposito risulterà già consolidato e le lavorazioni verranno svolte solo sulla parte restante dell'area. Durante tale scenario questa operazione avrà una durata complessiva di circa 7 mesi e si svolgeranno parzialmente durante lo scavo tradizionale e parzialmente durante lo scavo

meccanizzato: sono previste le sole emissioni dei motori dei mezzi che lavoreranno sul sito, in quanto l'operazione di perforazione è effettuata con l'impiego di fanghi che mitigano l'emissione di polveri. Vista la natura della lavorazione si ritiene il sollevamento di polveri dovuto agli spostamenti di tali mezzi trascurabili.

Anche in questo caso si è fatto riferimento al database di SinaNet per la stima delle emissioni: in particolare, ipotizzando la potenza dei motori impiegati pari a circa 100 kW, si è fatto riferimento al fattore emissivo espresso in g di inquinante emesso per kg di combustibile consumato.

### 3.2.2.2.6 Stoccaggio del materiale e formazione dei cumuli

Le operazioni di stoccaggio dello smarino all'interno del sito di deposito sono state analizzate facendo ricorso alle equazioni empiriche fornite da EPA, nel documento, già citato in precedenza, AP42. Il materiale verrà steso sul sito: è stata scelta l'attività di formazione di cumuli, trattata nel capitolo 13.2.4 "Aggregate Handling and Storage Piles".

La generazione di emissioni di polveri da operazioni di stoccaggio in cumuli è dovuta:

- ✓ alle attività di formazione di un nuovo cumulo in particolare legato ai fenomeni di:
  - separazione e dispersione della parte di materiale a granulometria più fine da parte del vento;
  - formazione di nube di polvere nel momento in cui il materiale in caduta raggiunge il cumulo;
- ✓ all'azione erosiva del vento su un cumulo formato.

Tale lavorazione è prevista su tutta l'area di deposito definitivo e in corrispondenza dello stoccaggio temporaneo dello smarino.

L'espressione empirica è riportata di seguito:

$$E = k \cdot \frac{0.0016 \cdot \left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} = [\text{kg/ton}]$$

Con: U: velocità media del vento [m/s]

M: contenuto di umidità del materiale [%]

k: coefficiente adimensionale funzione della dimensione delle particelle sollevate

**Tabella 18: valori del coefficiente k in funzione della dimensione del particolare sospeso**



Diametro del particolato stoccato [ $\mu\text{m}$ ]	k [-]
< 30	0,74
< 15	0,48
< 10	0,38
< 5	0,20
< 2.5	0,11

La formula empirica proposta dall'E.P.A. è valida solo nel caso in cui i parametri introdotti siano compresi nei seguenti range:

- ✓ contenuto di silt: 0,44% – 19%
- ✓ contenuto di umidità del terreno: 0,25% – 4,8%
- ✓ velocità media del vento: 0,6 – 6,7 m/s

La formula, inoltre, prende in considerazione i seguenti fenomeni:

- ✓ movimentazione del materiale per la formazione degli cumuli temporanei di stoccaggio;
- ✓ emissioni determinate dai mezzi operanti nell'area di stoccaggio;
- ✓ erosione del vento sui cumuli e nelle aree circostanti;
- ✓ movimentazione del materiale nelle fasi di carico dei mezzi deputati al suo conferimento finale.

È stato assunto il valore di velocità del vento pari a 2 m/s, per il quale si fa riferimento al paragrafo 2.4 del presente documento, e il contenuto di umidità del terreno pari a 0,5%.

A tale lavorazione sono applicate le seguenti misure mitigative:

- ✓ bagnatura dei cumuli,
- ✓ basse altezze di getto.

### 3.2.3 Impostazione della modellizzazione

#### 3.2.3.1 Dominio e orografia del sito

L'area di simulazione è costituita da un reticolo di calcolo di lunghezza pari a 4 km e larghezza pari a 3 km, suddiviso in maglie quadrate di 50 m di ampiezza.

L'orografia dell'area di studio è stata inserita nel modello: è stato utilizzato il rilievo del terreno effettuato da LTF sull'area. Il rilievo ha un dettaglio di 2 m su un'area di circa 1 km quadrato centrata sull'area di cantiere, mentre nelle zone limitrofe il dettaglio è di 5 m.

Il rilievo, che non ha estensione sufficiente a coprire l'intero dominio simulato, è stato integrato con i dati morfologici del terreno desunti dalle basi cartografiche regionali.

Il risultato della modellizzazione del terreno è rappresentato nel seguente render.

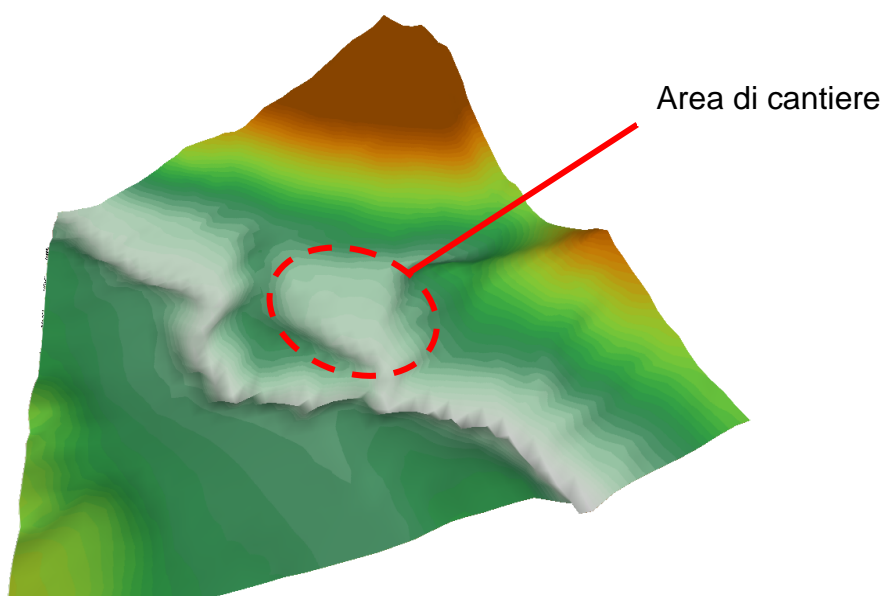


Figura 31: render della modellizzazione del terreno

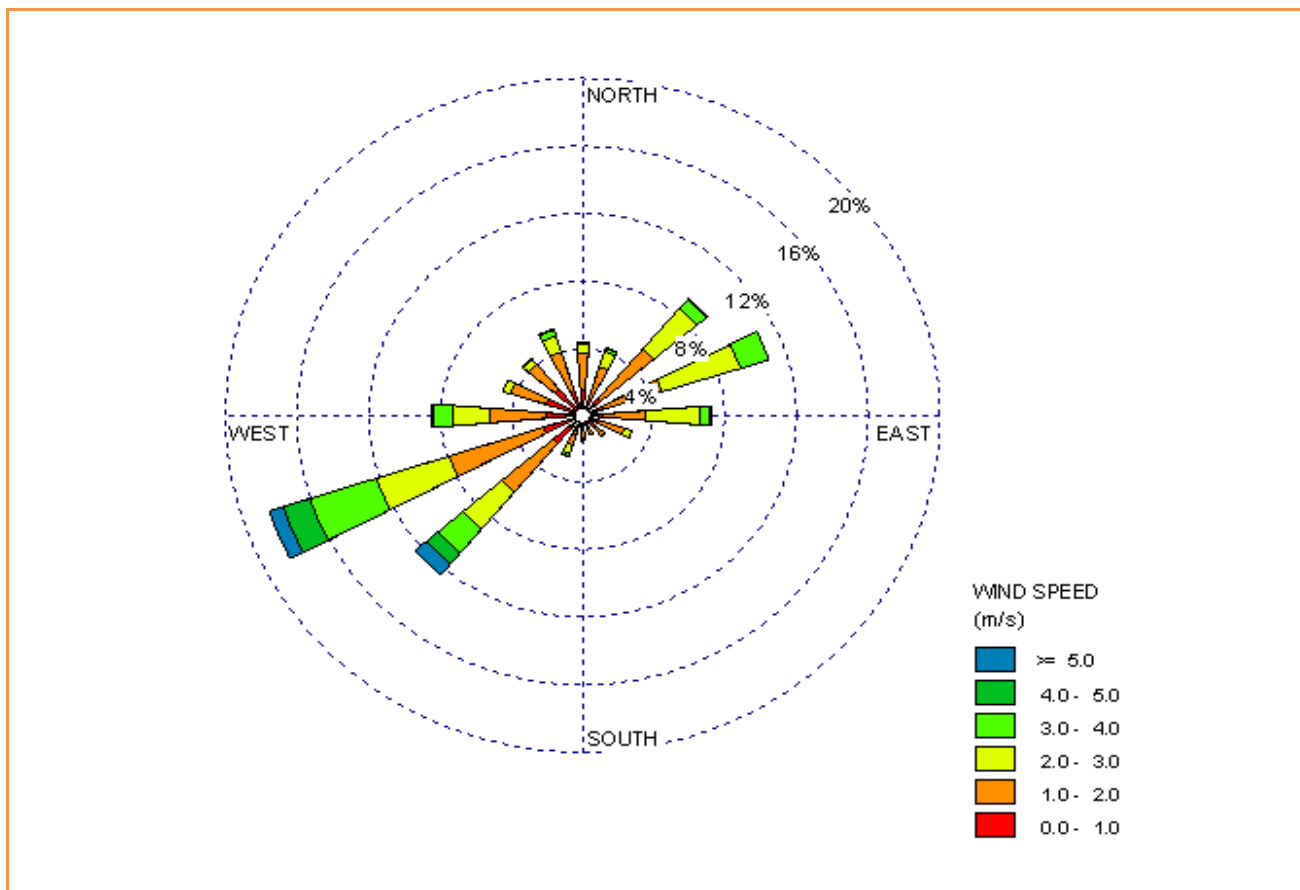
#### 3.2.3.2 Dati meteorologici

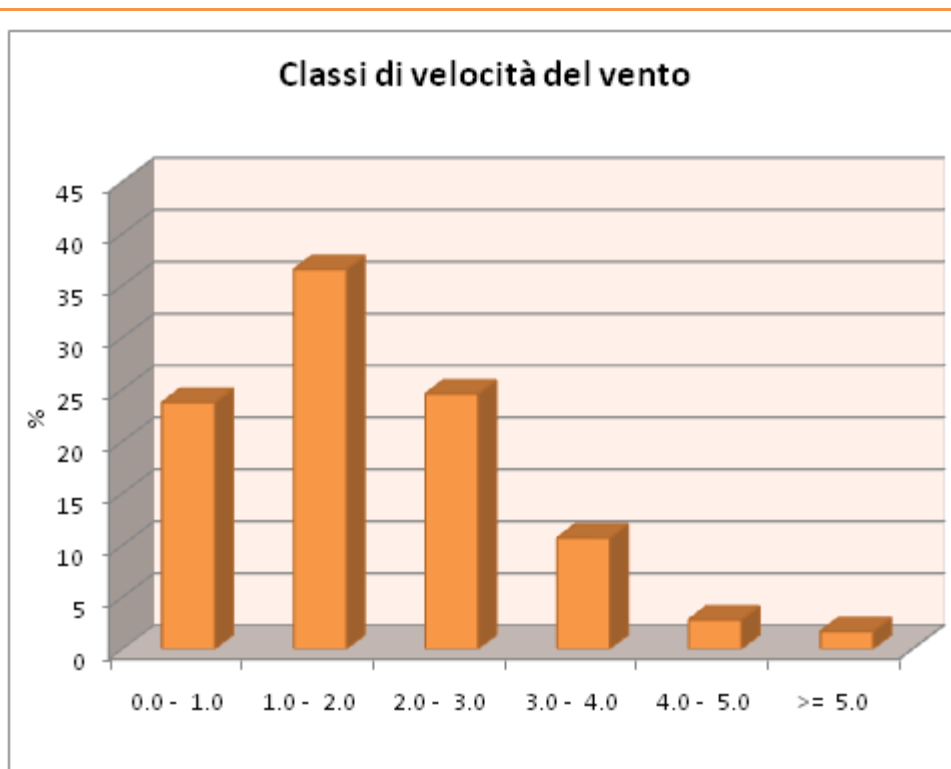
Al fine di effettuare una simulazione rappresentativa della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera si è fatta richiesta al Servizio Meteorologico di ARPA Piemonte di dati meteorologici orari interpolati dai modelli meteorologici "Minerve" e "Surfpro" per l'anno 2008, idonei alla modellizzazione necessaria e relativi al sito di intervento.

I campi di vento e temperatura sono prodotti mediante l'utilizzo di un modello diagnostico mass-consistent, mentre i campi dei parametri di turbolenza dello strato limite planetario sono ottenuti

con un processore di turbolenza diagnostico basato sulla teoria di similarità di Monin-Obukhov e su metodi di bilancio energetico superficiale.

La rosa dei venti annuale e le classi di velocità dei venti ricavate dai questi dati, già elaborate nel dettaglio nel documento MS1\_0201\_02-00-00\_10\_01 "Studio anemologico dell'area di intervento", sono riportate di seguito:





Wind Classes (m/s)/ Directions	0.0 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	Total (%)
N	1.53689	2.16302	0.54645	0.148	0	0	4.39435
NNE	1.12705	1.94672	0.95628	0.18215	0.05692	0.01138	4.28051
NE	1.35474	3.85929	3.16485	0.71721	0.05692	0	9.15301
ENE	1.22951	3.48361	4.56512	1.6735	0	0	10.9517
E	1.14982	2.36794	3.10792	0.54645	0.02277	0	7.1949
ESE	1.11566	1.40027	0.4326	0.02277	0	0	2.97131
SE	0.99044	0.63752	0.05692	0.01138	0	0	1.69627
SSE	0.7969	0.50091	0.01138	0	0	0	1.3092
S	0.87659	0.48953	0.15938	0.02277	0.01138	0	1.55965
SSW	1.01321	0.87659	0.52368	0.15938	0.04554	0.02277	2.64117
SW	2.24271	3.73406	2.85747	1.83288	0.86521	0.83106	12.3634
WSW	2.36794	5.5214	4.26913	3.87067	1.57104	0.80829	18.4085
W	2.0378	3.18761	2.04918	1.07013	0.11384	0.01138	8.46995
WNW	2.18579	2.08333	0.44399	0	0	0	4.71311
NW	2.1061	1.90118	0.40984	0.04554	0	0	4.46266
NNW	1.60519	2.37933	1.00182	0.37568	0.06831	0	5.43033
<b>Sub-Total</b>	23.7363	36.5323	24.556	10.6785	2.81193	1.68488	100
<b>Missing/Incomplete</b>							0
<b>Total</b>							100

### **3.2.3.3 Recettori**

Le concentrazioni al suolo sono state calcolate sulla griglia di maglia 50 m. Oltre a tale rete sono stati inseriti recettori puntuali, in corrispondenza di elementi potenzialmente impattati sul territorio.

Le caratteristiche di tali recettori sono riportate di seguito (le coordinate son espresse nel sistema di riferimento LTF2004):

Tabella 19: recettori discreti inseriti nel modello di dispersione

<b>COD.</b>	<b>COORD X</b>	<b>COORD Y</b>	<b>QUOTA (m)</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>REC1</b>	163359	43868	724.0	Museo archeologico "La Maddalena"
<b>REC2</b>	163316	43863	723.38	Azienda agricola
<b>REC3</b>	163249	43708	691.1	Chiomonte - Regione Seigneur
<b>REC4</b>	163598	43402	720.4	Chiomonte – Fraz. Cotsonet
<b>REC5</b>	163059	43020	733	Chiomonte
<b>REC6</b>	162509	43612	991.2	Chiomonte – S. Antonio
<b>REC7</b>	163929	43258	736.9	Chiomonte – SS24
<b>REC8</b>	164413	43761	723.2	Chiomonte – Fraz. Le Balme
<b>REC9</b>	165150	43727	739.9	Gravere
<b>REC10</b>	165126	44762	696.8	Giaglione – Fraz. S. Giovanni
<b>REC11</b>	164957	45210	826.6	Giaglione – Fraz. S. Antonio
<b>REC12</b>	163508	45114	1062.2	Giaglione – C. Boliu
<b>REC13</b>	164011	45073	1052.0	Giaglione – Fraz. Cresto
<b>REC14</b>	163757	44156	617.06	Borgo Clarea

### 3.2.4 Risultati delle simulazioni

Il modello fornisce le concentrazioni orarie di inquinante presso ciascun punto del reticolo scelto riferite alle condizioni meteorologiche impostate; per ciascun inquinante sono stati calcolati al livello del suolo i valori di concentrazione medi, massimi o percentili necessari per effettuare i confronti con gli standard di qualità dell'aria (SQA) previsti.

Al fine di visualizzare l'impatto in aria delle emissioni del cantiere, i risultati delle simulazioni sono stati rappresentati mediante mappe di isoconcentrazione, ottenute interpolando i valori medi delle concentrazioni presso ciascun punto del reticolo.

I risultati ottenuti dal modello sono di due tipi:

- **Mappe della concentrazione media annuale:** si tratta della concentrazione media calcolata su base annuale. Questi risultati devono essere confrontati con il relativo limite di legge, quanto previsto ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $NO_2$  e benzene). Gli incrementi di concentrazione derivanti dalle attività di cantiere simulate sono state sommate al valore di fondo medio annuale di ciascun inquinante, di cui si disponga dei dati misurati su base annuale. Questo è stato possibile per quanto riguarda i  $PM_{10}$ , i  $PM_{2,5}$  (con specifiche assunzioni illustrate nel seguito) e l' $NO_2$ , in quanto contaminanti misurati nella stazione fissa di Susa. In Val di Susa non sono presenti sensori per la misura di benzene perciò i risultati ottenuti dalla modellizzazione sono stati presentati come solo incremento di concentrazione media annuale. Come termine di paragone è stato utilizzato il valore annuale misurato alla stazione di Torino – Consolata, sebbene rappresentativo di una situazione sensibilmente differente da quella propria dell'area di intervento, come illustrato nel seguito. Tale valore è stato scelto per dimostrare che il benzene non rappresenta sul territorio provinciale una criticità, sebbene il dato valutato sia quello del capoluogo, quindi cautelativo.
- **Mappe dei percentili:** la normativa in materia di qualità dell'aria pone dei limiti anche sulle concentrazioni orarie e giornaliere di alcuni inquinanti, che possono essere superate un numero massimo di volte in un anno, variabile in funzione del contaminante considerato. Quindi, per la verifica dell'impatto a breve termine, sono stati calcolati i percentili corrispondenti delle concentrazioni medie orarie e/o giornaliere di  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  e  $SO_2$ . Le mappe realizzate rappresentano i percentili delle concentrazioni medie dovute alle attività

simulate, mentre sui recettori discreti sono stati calcolati i percentili sulle concentrazioni totali, somma dell'incremento legato al cantiere e della concentrazione orarie o giornaliera di fondo, confrontabili con la normativa e rappresentativi dei reali impatti sulla qualità dell'aria a breve termine. Per quanto riguarda l' $\text{SO}_2$ , non sono presenti, in Val di Susa, stazioni adibite alla misura di tale inquinante, perciò non è stato possibile effettuare tale calcolo. È stato comunque preso, a titolo comparativo, il valore di fondo misurato alla stazione Torino – Consolata. La scelta di questo dato, come già anticipato precedentemente, è legata al numero limitato di centraline adibite alla misura di biossido di zolfo sul territorio provinciale: sebbene le concentrazioni siano tipiche di una realtà maggiormente esposta all'inquinamento atmosferico, questo contaminante non è caratterizzato da livelli critici.

Di seguito si riporta l'elenco delle mappe prodotte.



**SCENARIO "SCAVO TRADIZIONALE"**

MS1_0203_02-00-00_30_03	Mappa della concentrazione annuale di PM <sub>10</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0205_02-00-00_30_05	Mappa del 90.4° percentile degli incrementi medi giornalieri di PM <sub>10</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0206_02-00-00_30_06	Mappa della concentrazione annuale di PM <sub>2,5</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0207_02-00-00_30_07	Mappa della concentrazione annuale di NO <sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0209_02-00-00_30_09	Mappa del 99.8° percentile degli incrementi medi o rari di NO <sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0212_02-00-00_30_12	Mappa del 99.7° percentile degli incrementi medi orari di SO <sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0213_02-00-00_30_13	Mappa del 99.2° percentile degli incrementi medi giornalieri di SO <sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale
MS1_0214_02-00-00_30_14	Mappa degli incrementi della concentrazione media annuale di benzene - Scenario scavo in tradizionale

**SCENARIO "ANNO TIPO"**

MS1_0215_02-00-00_30_15	Mappa della concentrazione annuale di PM <sub>10</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0217_02-00-00_30_17	Mappa del 90.4° percentile degli incrementi medi giornalieri di PM <sub>10</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0218_02-00-00_30_18	Mappa della concentrazione annuale di PM <sub>2,5</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0219_02-00-00_30_19	Mappa della concentrazione annuale di NO <sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0221_02-00-00_30_21	Mappa del 99.8° percentile degli incrementi medi o rari di NO <sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0224_02-00-00_30_24	Mappa del 99.7° percentile degli incrementi medi orari di SO <sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0225_02-00-00_30_25	Mappa del 99.2° percentile degli incrementi medi giornalieri di SO <sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo
MS1_0226_02-00-00_30_26	Mappa degli incrementi della concentrazione media annuale di benzene - Scenario dell'anno tipo

### 3.2.4.1 PM<sub>10</sub>

#### Inquadramento normativo

Il D.Lgs. 155 del 2010 riunisce in un unico *corpus* normativo la disciplina in materia di qualità dell'aria in relazione a tutte le sostanze normate nei precedenti decreti. Per quanto riguarda il PM<sub>10</sub> è previsto quanto segue:

Valori limite PM <sub>10</sub>		
Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza
1 giorno	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005

La possibilità di superare il limite giornaliero a massimo 35 volte all'anno si traduce nella condizione che il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere sia inferiore a 50 µg/m<sup>3</sup>.

#### Stato di qualità attuale della componente

Con particolato atmosferico, abbreviato generalmente con la sigla PM (particulate matter), si intende l'insieme delle particelle solide e liquide (aerosol) presenti in atmosfera, di qualunque composizione e dimensione. La natura del particolato, quindi, è molto varia: esso è costituito da tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'atmosfera. Il particolato può avere origine naturale e comprendere:

- le polveri sospese;
- il materiale organico disperso dai vegetali (polline, frammenti di piante e foglie, ecc);
- il materiale inorganico generato dall'erosione del suolo e di manufatti, o prodotto da agenti naturali quali vento e pioggia;

oppure antropica, specie nelle aree urbane. In questo caso esso può essere composto da:

- prodotti dalle lavorazioni industriali (cantieri, fonderie, cementifici);
- emissioni di scarico dei motori, specie quelli di tipo diesel;
- materiale derivante dall'erosione di asfalto, freni, pneumatici, frizioni.

L'insieme delle particelle sospese viene indicato con la sigla PTS (polveri totali sospese). Queste vengono convenzionalmente suddivise in funzione della loro dimensione per valutarne l'impatto sulla salute umana. A seconda del diametro aerodinamico medio, infatti, le particelle sono in grado di penetrare nel sistema respiratorio umano e raggiungere diversi livelli di esso. I  $PM_{10}$ , con diametro inferiore ai 10  $\mu m$ , possono interessare le parti alte del sistema respiratorio, mentre i  $PM_{2,5}$  possono depositarsi direttamente negli alveoli polmonari dai quali non possono più essere rimossi.

La pericolosità di queste particelle è legata soprattutto alla loro capacità adsorbente che permette ad alcune sostanze tossiche di fissarsi sulla loro superficie, quali ad esempio gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) o alcuni metalli pesanti.

Il  $PM_{10}$  è misurato in Val di Susa presso due stazioni fisse, quella di Susa –Repubblica e di Oulx – Roma. Cautelativamente è stato scelto il dato di Susa del 2010.

Di seguito si riportano i dati relativi al particolato fine registrati in tale stazione e forniti da ARPA Piemonte tramite il servizio AriaWeb.

Giorni validi:	356
Percentuale giorni validi:	98%
Media delle medie mensili (a):	21.6
Media delle medie giornaliere (b):	21.6
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)	21
Data del 35simo superamento livello giornaliero protezione della salute (50)	—

Di seguito si riporta il grafico dell'andamento mensile delle concentrazioni di  $PM_{10}$ , nel quale si nota che durante i mesi invernali vengono registrati valori più elevati e si verificano i superamenti del limite giornaliero.

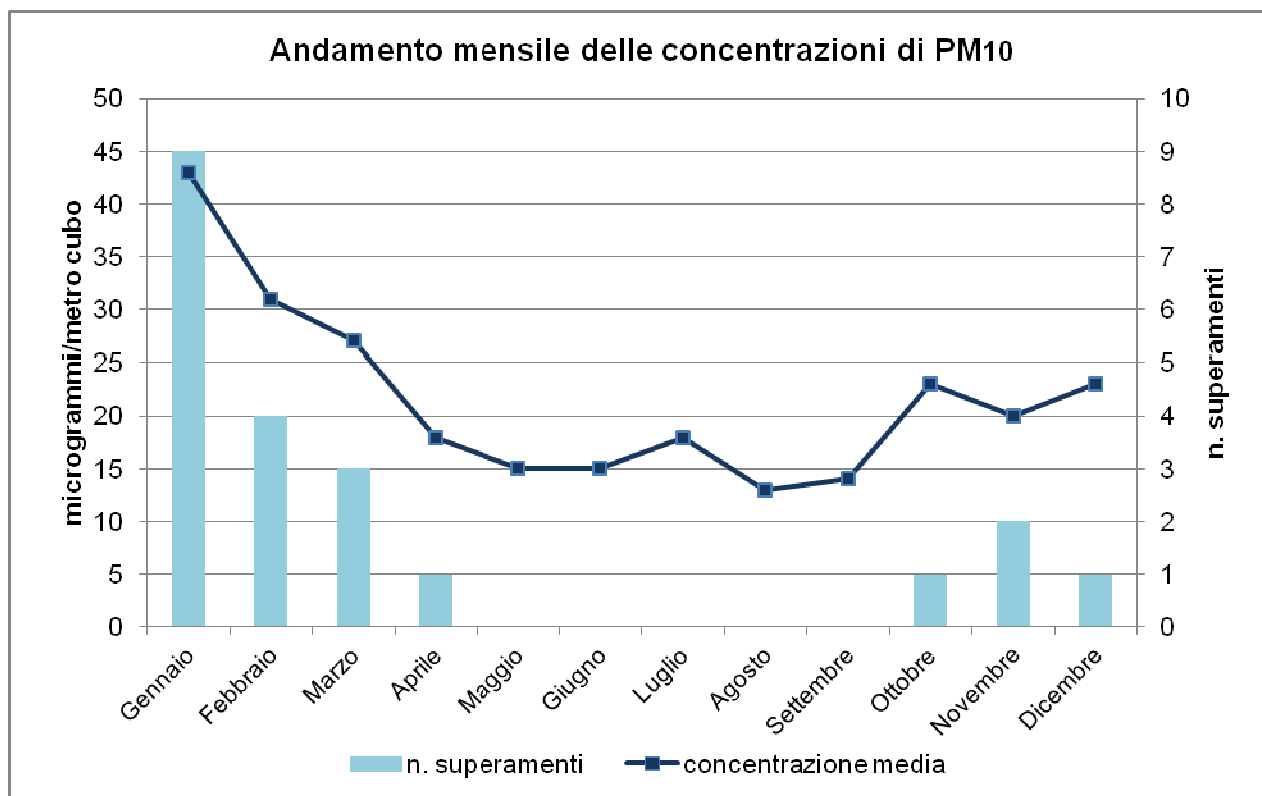


Figura 32: andamento mensile delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>

Il 90,4° percentile dei dati validi è pari a 40,0 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite di legge pari a 50 µg/m<sup>3</sup>.

Il monitoraggio ante operam effettuato per mezzo di stazione mobile nei pressi del sito interessato dall'intervento, ha avuto come oggetto, non solo la misura dei parametri meteorologici, ma anche quelli di qualità dell'aria. In particolare, durante le due campagne, invernale (tra il 29 gennaio 2005 ed il 12 febbraio 2005) e primaverile (tra il 23 aprile 2005 ed il 7 maggio 2005), effettuate, sono stati misurati i PM<sub>10</sub>.

Di seguito si riportano i risultati di tali monitoraggi.

Tabella 20: Stazione A5.4. – Chiomonte, Frazione La Maddalena – concentrazione di PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup>

	VALORE MEDIO	VALORE MINIMO	VALORE MASSIMO	SCARTO QUADRATICO MEDIO
Periodo invernale	33,7	5,6	65,8	17,4
Periodo primaverile	19,3	3,0	45,6	14,2

I dati confermano l'andamento registrato alla stazione di Susa, con valori più elevati durante i mesi invernali, ma complessivamente più bassi del limite di legge.

### **Impatto sulla componente – Scenario “Scavo tradizionale”**

L'elaborato MS1\_0203\_02-00-00\_30\_03 - *Mappa della concentrazione annuale di PM<sub>10</sub> - Scenario scavo in tradizionale* riporta le concentrazioni medie annuali, somma del contributo legato alle attività del cantiere e il valore medio di fondo registrato nella stazione di Susa nel 2010.

Le aree di massima ricaduta sono localizzate, come prevedibile, all'interno dell'area di cantiere, in particolare nei pressi dell'area di imbocco e di stoccaggio.

L'elaborato MS1\_0205\_02-00-00\_30\_05 - *Mappa del 90.4° percentile degli incrementi medi giornalieri di PM<sub>10</sub> - Scenario scavo in tradizionale* mostra il 90.4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere, cioè il valore di concentrazione massimo registrato escludendo i 35 valori più alti. Questa elaborazione, che di fatto tende a eliminare i picchi delle concentrazioni e quindi gli eventi da considerarsi eccezionali, indica chiaramente che i valori di concentrazione massimi assoluti registrati per ciascun recettore costituiscono un evento singolare: i valori che corrispondono al 90.4° percentile sono infatti note volmente più bassi rispetto al massimo calcolato (cfr. Tabella 21).

Di seguito si riportano, per ciascun recettore, i seguenti valori di concentrazione:

- ✓ concentrazione media annuale, con e senza il contributo della concentrazione di fondo rappresentativa della zona (pari a 21,6 µg/m<sup>3</sup>)
- ✓ massimo incremento di concentrazione giornaliera,
- ✓ 90.4° percentile della concentrazione media giornaliera dovuta al cantiere
- ✓ 90.4° percentile della concentrazione media giornaliera complessiva comprendente i valori di fondo (concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> registrate presso la stazione di Susa nel 2010)

Questo ultimo valore è stato ottenuto calcolando il 90.4° percentile dei valori medi di concentrazione di ogni giorno dell'intero anno di simulazione, ottenuti come somma della concentrazione media di fondo per ciascun giorno (il cui 90.4° percentile è pari a 40 µg/m<sup>3</sup>) e dell'incremento del relativo giorno dovuto alle attività del cantiere.

Tabella 21: valori di concentrazione di PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario "Scavo tradizionale"

PM <sub>10</sub> - SCENARIO " SCAVO TRADIZIONALE "							
COD.	CONC. MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 40 µg/m <sup>3</sup> )			90.4° PERC. INCREMENTI MEDI GIORNALIERI [µg/m <sup>3</sup> ]	90,4° PERC. MEDIE GIORNALIERE TOTALI [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 50 µg/m <sup>3</sup> )		
	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 21.6 µg/m <sup>3</sup> )	INCREMENTO %	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 40 µg/m <sup>3</sup> )*	INCREMENTO %	SUPERAMENTI TOTALI (LIMITE DI LEGGE: 35) (fondo superamenti: 21)
REC1	0.57	22.17	2.65%	1.71	40.009	0.02%	23
REC2	0.50	22.10	2.31%	1.63	40.006	0.01%	23
REC3	0.36	21.96	1.68%	0.96	40.018	0.04%	23
REC4	0.20	21.80	0.94%	0.51	40.215	0.54%	23
REC5	0.06	21.66	0.27%	0.15	40.097	0.24%	23
REC6	0.04	21.64	0.19%	0.11	40.000	0.00%	23
REC7	0.11	21.71	0.53%	0.37	40.098	0.25%	23
REC8	0.18	21.78	0.83%	0.31	40.010	0.03%	23
REC9	0.06	21.66	0.26%	0.12	40.004	0.01%	23
REC10	0.09	21.69	0.44%	0.24	40.004	0.01%	23
REC11	0.03	21.63	0.16%	0.11	40.000	0%	23
REC12	0.01	21.61	0.05%	0.02	40.000	0%	23
REC13	0.02	21.62	0.10%	0.02	40.000	0%	23
REC14	1.02	22.62	4.70%	1.96	40.066	0.16%	24

\* Si intende il 90.4°percentile delle concentrazioni di fondo giornaliere

Il contributo delle sorgenti alla concentrazione di fondo non è significativo e non determina superamenti del valore limite annuale attualmente vigente ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

I valori del 90,4° percentile delle medie giornalier e risultano notevolmente inferiori al valore limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  presso tutti i recettori, anche considerando il contributo della concentrazione di fondo. L'incremento di concentrazione di  $\text{PM}_{10}$  su media giornaliera in seguito alle attività simulate può essere definito trascurabile. Si noti che il valore del 90,4° percentile della concentrazione media giornaliera totale non coincide con la somma del 90,4° percentile di fondo e il 90,4° percentile degli incrementi calcolati dalla simulazione, perché il primo valore viene quantificato sommando giorno per giorno l'incremento e il fondo e poi calcolando il percentile su questa serie di dati.

Le attività del cantiere determinano l'incremento dei superamenti del limite di legge per la concentrazione media giornaliera pari a 2 giorni all'anno per tutti i recettori, eccetto che per il Borgo Clarea presso il quale si registrano 3 superamenti in più rispetto al fondo di Susa. Si noti che la concentrazione di fondo determina già il verificarsi di 21 superamenti, che risultano indipendenti dalle emissioni del cantiere. Queste determinano però il verificarsi di ulteriori superamenti, comunque limitati e tali da non oltrepassare il limite di legge.

### **Impatto sulla componente – Scenario “Anno tipo”**

Le stesse analisi sono state condotte per lo scenario “Anno tipo”.

L'elaborato MS1\_0215\_02-00-00\_30\_15 - *Mappa della concentrazione annuale di  $\text{PM}_{10}$  - Scenario dell'anno tipo* riporta le concentrazioni medie annuali, somma del contributo legato alle attività del cantiere e il valore medio di fondo registrato nella stazione di Susa nel 2010 ( $21,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Rispetto alla simulazione effettuata per l'anno di scavo in tradizionale si nota, come già evidenziato dal riassunto dei fattori emissivi, che le concentrazioni di polveri sono notevolmente più basse e i valori massimi stimati interessano in particolare l'area di stoccaggio dello smarino e non più quella di imbocco del cunicolo, proprio a causa del cambiamento di tecnica di scavo.

Anche i valori del 90,4° percentile (cfr. elaborato MS1\_0217\_02-00-00\_30\_17 - *Mappa del 90,4° percentile degli incrementi medi giornalieri di  $\text{PM}_{10}$  - Scenario dell'anno tipo*) sono sensibilmente più bassi di quelli stimati per lo scenario precedente.

Di seguito si riportano, per ciascun recettore discreto, i valori di concentrazione calcolati:



Tabella 22: valori di concentrazione di PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario "Anno tipo"

PM <sub>10</sub> - SCENARIO "ANNO TIPO"							
COD.	CONC. MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 40 µg/m <sup>3</sup> )			90.4° PERC. INCREMENTI MEDI GIORNALIERI [µg/m <sup>3</sup> ]	90,4° PERC. MEDIE GIORNALIERE TOTALI [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 50 µg/m <sup>3</sup> )		
	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 21.6 µg/m <sup>3</sup> )	INCREMENTO %	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 40 µg/m <sup>3</sup> ) *	INCREMENTO %	SUPERAMENTI TOTALI (LIMITE DI LEGGE: 35) (fondo superamenti: 21)
REC1	0.26	21.86	1.19%	0.75	40.009	0.02%	23
REC2	0.20	21.80	0.94%	0.61	40.006	0.02%	23
REC3	0.24	21.84	1.11%	0.64	40.018	0.04%	23
REC4	0.13	21.73	0.60%	0.46	40.226	0.57%	23
REC5	0.04	21.64	0.20%	0.15	40.098	0.25%	23
REC6	0.02	21.62	0.11%	0.06	40.000	0.00%	23
REC7	0.10	21.70	0.45%	0.31	40.083	0.21%	23
REC8	0.08	21.68	0.38%	0.25	40.009	0.02%	23
REC9	0.03	21.63	0.13%	0.09	40.004	0.01%	23
REC10	0.07	21.67	0.30%	0.19	40.003	0.01%	23
REC11	0.03	21.63	0.13%	0.09	40.000	0.00%	23
REC12	0.01	21.61	0.05%	0.01	40.000	0.00%	23
REC13	0.01	21.61	0.07%	0.02	40.000	0.00%	23
REC14	0.47	22.07	2.19%	1.09	40.070	0.17%	24

\* Si intende il 90.4°percentile delle concentrazioni di fondo giornaliere

Il confronto tra i risultati esposti nelle tabelle precedenti mostrano che lo scenario "Scavo tradizionale" determina un incremento della concentrazione media annuale superiore a quello generato durante l'anno tipo, con episodi di picchi di concentrazione giornaliera più acuti. Tuttavia, l'analisi dei percentili dimostra che l'impatto sulla qualità sul breve periodo è paragonabile tra i due scenari. Il numero di superamenti del limite di concentrazione media giornaliera è pari a quelli determinati nello scenario "Scavo tradizionale".

## **Conclusioni**

Dalle analisi precedenti emerge quanto segue:

- i limiti di legge, sia annuale che giornaliero, vengono sempre rispettati;
- entrambi gli scenari determinano aumenti della concentrazione media annuale, di una quantità comunque modesta (dell'ordine di pochi punti percentuali) che consente il mantenimento del rispetto del limite di legge;
- lo scenario "Scavo tradizionale" definisce picchi di concentrazione giornaliera più elevati rispetto allo scenario dell'anno tipo. Si tratta tuttavia di valori spot, per entrambi gli scenari: l'analisi del 90.4° percentile sugli incrementi medi giornalieri evidenzia che si tratta di eventi isolati;
- l'analisi dell'impatto sul breve periodo (90.4° percentile sulle concentrazioni medie giornaliere totali) evidenzia che la ricaduta sulla qualità dell'aria è trascurabile per entrambi gli scenari: il percentile risulta inferiore al limite di legge pari a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il numero di superamenti del limite giornaliero, sebbene incrementato di 2 unità (ad eccezione del Borgo Clarea per il quale si registrano 3 superamenti in più rispetto a quelli registrati nel 2010 a Susa), è inferiore a quanto permesso dalla normativa (si noti che i 21 superamenti di fondo sono determinati dalle concentrazioni di Susa e quindi indipendenti dalle attività effettuate);
- Borgo Clarea risulta il recettore maggiormente impattato (sebbene si rispettino sempre i limiti di legge) sia per quanto riguarda il limite annuale che per il numero di superamenti di quello giornaliero. I recettori 5 e 7 (siti nel comune di Chiomonte) risentono maggiormente dell'impatto sul breve periodo.

### 3.2.4.2 PM<sub>2.5</sub>

#### Inquadramento normativo

Il D.Lgs. 155 del 2010 riunisce in un unico *corpus* normativo la disciplina in materia di qualità dell'aria in relazione a tutte le sostanze normate nei precedenti decreti. Per quanto riguarda il PM<sub>2.5</sub> è previsto quanto segue:

Valori limite PM <sub>2.5</sub>			
FASE 1			
Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>	20 % il 11 giugno 2008, con una riduzione il 1° gennaio successivo e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2015	1 gennaio 2015
FASE 2			
	<i>Valore limite da stabilire con successivo decreto</i>	20 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2020

#### Stato di qualità attuale della componente

Solo con il decreto del 2010 il PM<sub>2.5</sub> è entrato a far parte della rosa di inquinanti normati dalla legge italiana. Attualmente la rete di monitoraggio presente sul territorio non è ancora stata adeguata per la misura di questo componente. Studi in merito alla qualità dell'aria ambiente hanno tuttavia analizzato il rapporto tra PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, ad esempio i documenti "Uno sguardo all'aria" redatto da ARPA Piemonte e Provincia di Torino. Questi studi evidenziano una relazione tra i due inquinanti. Cautelativamente, in mancanza di dati diretti, si è assunto PM<sub>2.5</sub> pari all'80% circa del PM<sub>10</sub>. La concentrazione di fondo per questo inquinante è quindi stata considerata pari a 17 µg/m<sup>3</sup>.

#### Impatto sulla componente – Scenario "Scavo tradizionale"

L'elaborato MS1\_0206\_02-00-00\_30\_06 - *Mappa della concentrazione annuale di PM<sub>2.5</sub> - Scenario scavo in tradizionale* riporta le concentrazioni medie annuali, somma del contributo legato alle attività del cantiere e il valore medio di fondo, assunto con le considerazioni precedentemente illustrate.

Le aree di massima ricaduta sono localizzate, come prevedibile, all'interno dell'area di cantiere, in particolare nei pressi dell'area di imbocco, coerentemente con quanto stimato per i PM10.

I valori stimati, comprensivi della concentrazione di fondo, sono inferiori al limite di legge.

Di seguito si riportano, per ciascun recettore, i valori della concentrazione media annuale, con e senza il contributo della concentrazione di fondo rappresentativa della zona (assunta pari a 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Tabella 23: valori di concentrazione di PM<sub>2.5</sub> in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sui recettori nello Scenario "Scavo tradizionale"**

<b>PM<sub>2.5</sub> - SCENARIO " SCAVO TRADIZIONALE "</b>			
<b>COD.</b>	<b>CONC. MEDIA ANNUALE (LIMITE DI LEGGE: 25 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		
	<b>SORGENTE</b>	<b>SORGENTE + FONDO (fondo: 17 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>INCREMENTO %</b>
<b>REC1</b>	0.34	17.34	1.98%
<b>REC2</b>	0.31	17.31	1.80%
<b>REC3</b>	0.16	17.16	0.96%
<b>REC4</b>	0.11	17.11	0.66%
<b>REC5</b>	0.02	17.02	0.13%
<b>REC6</b>	0.02	17.02	0.13%
<b>REC7</b>	0.04	17.04	0.26%
<b>REC8</b>	0.12	17.12	0.68%
<b>REC9</b>	0.03	17.03	0.20%
<b>REC10</b>	0.05	17.05	0.29%
<b>REC11</b>	0.02	17.02	0.09%
<b>REC12</b>	0.00	17.00	0.02%
<b>REC13</b>	0.01	17.01	0.07%
<b>REC14</b>	0.69	17.69	4.05%

I dati riportati evidenziano che le attività di cantiere previste non determinano superamenti del limite di legge. Inoltre, l'incremento delle concentrazioni nell'anno dello scenario "Scavo tradizionale" non sono rilevanti.

**Impatto sulla componente – Scenario “Anno tipo”**

Le stesse analisi sono state condotte per lo scenario “Anno tipo”.

L'elaborato MS1\_0218\_02-00-00\_30\_18 - *Mappa della concentrazione annuale di PM<sub>2.5</sub> - Scenario dell'anno tipo* riporta le concentrazioni medie annuali, somma del contributo legato alle attività del cantiere e il valore medio di fondo stimato (17 µg/m<sup>3</sup>). Rispetto alla simulazione effettuata per l'anno di scavo in tradizionale si nota che le concentrazioni di polveri sottili sono notevolmente più basse e i valori massimi stimati interessano in particolare l'area di stoccaggio dello smarino e non più quella di imbocco del cunicolo, proprio a causa del cambiamento di tecnica di scavo, come già evidenziato per i PM10. Anche in questo caso non si verificano superamenti dei limiti di legge.

**Tabella 24: valori di concentrazione di PM<sub>2.5</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario “Anno tipo”**

<b>PM<sub>2.5</sub> - SCENARIO " ANNO TIPO "</b>			
<b>COD.</b>	<b>CONC. MEDIA ANNUALE (LIMITE DI LEGGE: 25 µg/m<sup>3</sup>)</b>		
	<b>SORGENTE</b>	<b>SORGENTE + FONDO (fondo: 17 µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>INCREMENTO %</b>
<b>REC1</b>	0.084	17.08	0.49%
<b>REC2</b>	0.066	17.07	0.39%
<b>REC3</b>	0.075	17.07	0.44%
<b>REC4</b>	0.040	17.04	0.23%
<b>REC5</b>	0.013	17.01	0.08%
<b>REC6</b>	0.008	17.01	0.05%
<b>REC7</b>	0.029	17.03	0.17%
<b>REC8</b>	0.025	17.02	0.15%
<b>REC9</b>	0.009	17.01	0.05%
<b>REC10</b>	0.020	17.02	0.12%
<b>REC11</b>	0.009	17.01	0.05%
<b>REC12</b>	0.003	17.00	0.02%
<b>REC13</b>	0.005	17.00	0.03%
<b>REC14</b>	0.163	17.16	0.96%

I valori di concentrazione per tale scenario sono inferiori rispetto a quelli valutati per lo scenario precedente. Gli impatti determinati dalle attività risultano quindi particolarmente contenuti.

## **Conclusioni**

Dalle analisi precedenti emerge quanto segue:

- Il limite di legge annuale è sempre rispettato, considerando una concentrazione di fondo ambientale stimata in modo cautelativo (pari a circa l'80% di quella di PM10);
- entrambi gli scenari determinano aumenti della concentrazione media annuale, di una quantità comunque modesta (dell'ordine di pochi punti percentuali) che consente il mantenimento del rispetto del limite di legge;
- Borgo Clarea risulta il recettore maggiormente impattato (sebbene si rispettino sempre i limiti di legge) per quanto riguarda il limite annuale

### 3.2.4.3 NO<sub>2</sub>

#### Inquadramento normativo

Il D.Lgs. 155 del 2010 riunisce in un unico *corpus* normativo la disciplina in materia di qualità dell'aria in relazione a tutte le sostanze normate nei precedenti decreti. Per quanto riguarda gli NO<sub>2</sub> è previsto quanto segue:

Valori limite Biossido di azoto			
1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010
Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	50 % il 19 luglio 1999, con una riduzione il 1° gennaio 2001 e successivamente ogni 12 mesi secondo una percentuale annua costante fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

#### Stato di qualità attuale della componente

Gli ossidi di azoto vengono prodotti durante i fenomeni di combustione in quanto essi coinvolgono, quale comburente, l'aria che è composta da circa il 78% di azoto molecolare che viene in questo modo ossidato a NO. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un inquinante secondario che si forma in modo naturale dal NO e che svolge un ruolo fondamentale nella formazione di smog fotochimico, rappresentato dalla presenza di ozono nella troposfera. In generale gli ossidi dell'azoto sono caratterizzati dal colore rosso-bruno e da un odore forte e pungente.

Il settore dei trasporti è il più importante responsabile della produzione di NO<sub>x</sub>. La sua produzione dai processi di combustione dei motori dipende dalla tipologia di questi e dalle modalità di guida (velocità ed accelerazione), per cui nelle città, dove la guida è caratterizzata da continue accelerazioni e frenate, si riscontrano concentrazioni maggiori di questa classe di inquinanti atmosferici.

Anche gli ossidi dell'azoto sono sostanze pericolose per la salute umana in quanto dannose per l'apparato respiratorio.

L'NO<sub>2</sub> è misurato in Val di Susa presso due stazioni fisse, quella di Susa –Repubblica e di Oulx – Roma. Cautelativamente è stato scelto il dato di Susa del 2010.

Di seguito si riportano i dati relativi al biossido di azoto fine registrati in tale stazione e forniti da ARPA Piemonte tramite il servizio AriaWeb.

Ore valide:	8655
Percentuale ore valide:	99%
Media dei valori orari:	24.9
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)	0
Numero di superamenti livello allarme (400)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (400)	0

La media annuale è inferiore al limite imposto pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Non si verificano superamenti del limite giornaliero, per il quale sono previsti 18 superamenti massimi all'anno (corrispondenti al 99.8°percentile).

Di seguito si riporta il grafico dell'andamento mensile delle concentrazioni di  $\text{NO}_2$ , nel quale si nota che durante i mesi invernali vengono registrati valori più elevati, nonostante il limite di legge orario vengo sempre rispettato e non si registrino superamenti di questo.

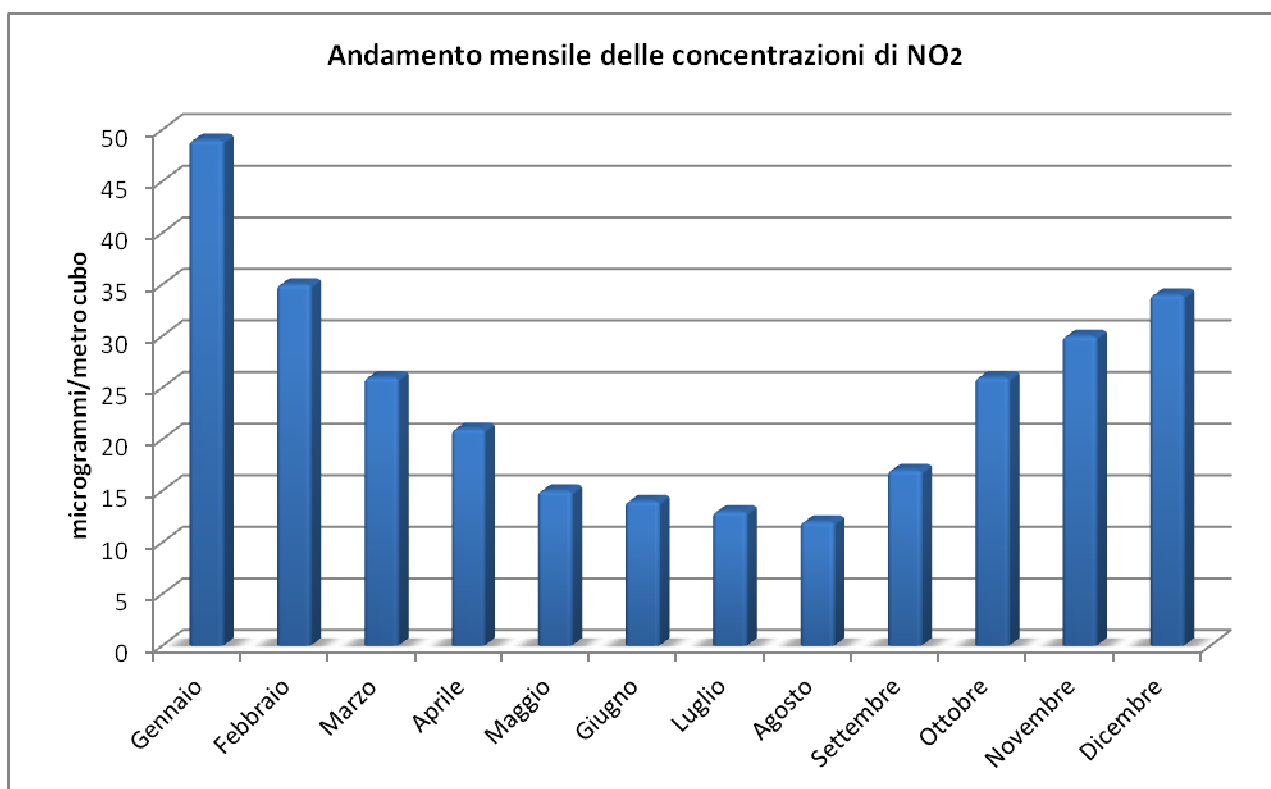


Figura 33: andamento mensile delle concentrazioni di  $\text{NO}_2$



Il grafico successivo riporta i valori di concentrazione medi per ciascuna ora del giorno: come si può notare i massimi giornalieri si verificano durante le ore di punta del traffico. Anche i massimi registrati comunque sono al di sotto del limite di legge.

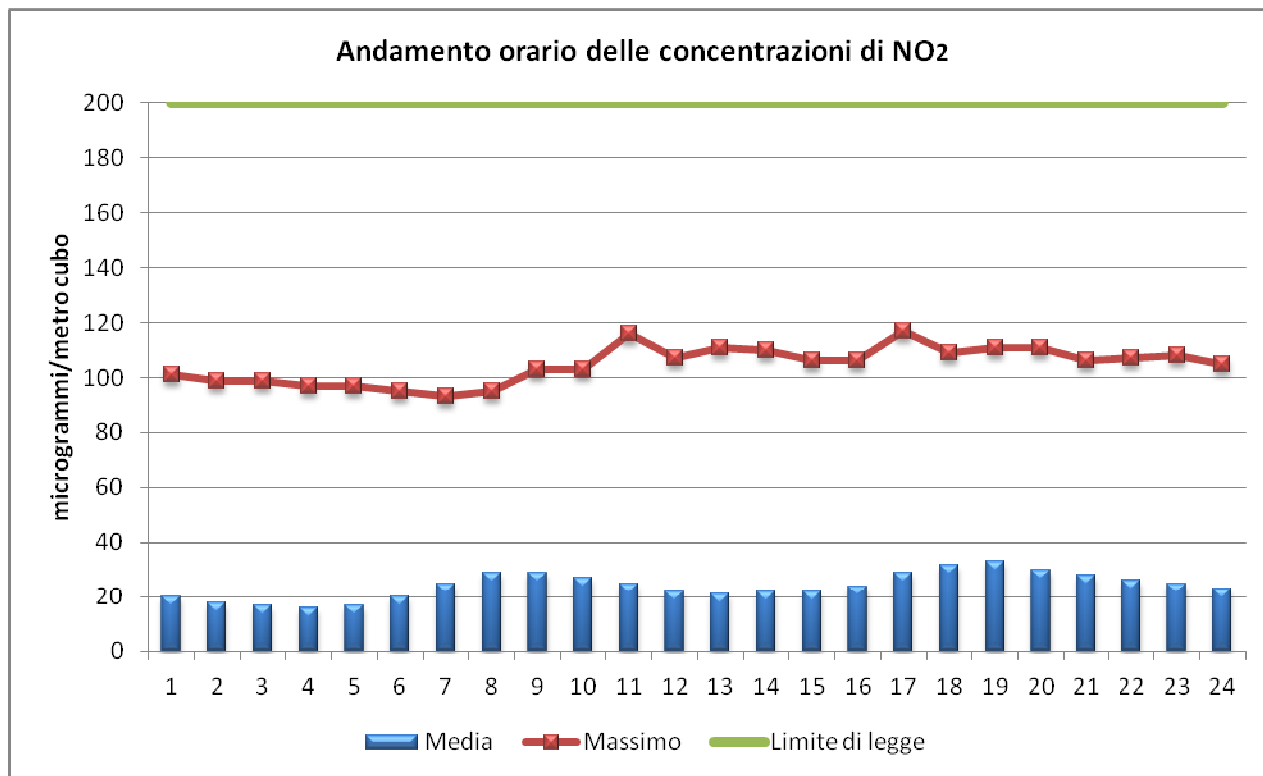


Figura 34: andamento orario delle concentrazioni di NO2

Il 99.8° percentile dei dati validi è pari a 110.482  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferiore al limite di legge pari a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Durante il monitoraggio ante operam eseguito da mezzo mobile alla stazione di Chiomonte La Maddalena, è stato misurato l'NO<sub>2</sub>.

Di seguito si riportano i risultati di tali monitoraggi.

Tabella 25: Stazione A5.4. – Chiomonte, Frazione La Maddalena – concentrazione di NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>

	VALORE MEDIO	VALORE MINIMO	VALORE MASSIMO	SCARTO QUADRATICO MEDIO
Periodo invernale	67	38	85	16
Periodo primaverile	40	8	71	22

I dati confermano l'andamento registrato alla stazione di Susa, con valori più elevati durante i mesi invernali, ma complessivamente più bassi del limite di legge.

### **Impatto sulla componente – Scenario “Scavo tradizionale”**

L'elaborato MS1\_0207\_02-00-00\_30\_07 - *Mapa della concentrazione annuale di NO<sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale* riporta le concentrazioni medie annuali, somma del contributo legato alle attività del cantiere e il valore medio di fondo registrato nella stazione di Susa nel 2010.

Le aree di massima ricaduta sono localizzate, come prevedibile, all'interno dell'area di cantiere, in particolare nei pressi dell'area di stoccaggio, dove si svolgono le lavorazioni di consolidamento del sito, e nei pressi del frantoio.

L'elaborato MS1\_0209\_02-00-00\_30\_09 - *Mapa del 99.8° percentile degli incrementi medi orari di NO<sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale* mostra il 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie, cioè il valore di concentrazione massimo registrato escludendo i 18 valori più alti. Questa elaborazione indica chiaramente che i valori di concentrazione massimi assoluti registrati per ciascun recettore costituiscono un'eccezione: i valori che corrispondono al 99.8° percentile sono infatti più bassi rispetto al massimo calcolato (cfr. Tabella 26).

Di seguito si riportano, per ciascun recettore, i seguenti valori di concentrazione:

- ✓ concentrazione media annuale, con e senza il contributo della concentrazione di fondo rappresentativa della zona (pari a 24,9 µg/m<sup>3</sup>),
- ✓ massimo incremento di concentrazione oraria,
- ✓ 99.8° percentile della concentrazione media oraria do vista al cantiere,
- ✓ 99.8° percentile della concentrazione media oraria con plessiva comprendente i valori di fondo (concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> registrate presso la stazione di Susa nel 2010).

Questo ultimo valore è stato ottenuto calcolando il 99.8° percentile dei valori medi di concentrazione di ogni ora dell'intero anno di simulazione, ottenuti come somma della

concentrazione media di fondo di ciascuna ora (il cui 99.8° percentile è pari a  $110.4820 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e dell'incremento della relativa ora dovuto alle attività del cantiere.

Tabella 26: valori di concentrazione di NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario "Scavo tradizionale"

NO <sub>2</sub> - SCENARIO " SCAVO TRADIZIONALE "							
COD.	CONC. MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 40 µg/m <sup>3</sup> )			99.8° PERC. INCREMENTI MEDI ORARI [µg/m <sup>3</sup> ]	99.8° PERC. MEDIE ORARIE TOTALI [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 200 µg/m <sup>3</sup> )		
	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 24.9 µg/m <sup>3</sup> )	INCREMENTO %	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 110.4820 µg/m <sup>3</sup> )*	INCREMENTO %	SUPERAMENTI TOTALI (fondo superamenti: 0)
REC1	0.018	24.918	0.07%	1.34	110.4825	0.00043%	0
REC2	0.016	24.916	0.06%	1.13	110.4824	0.00035%	0
REC3	0.018	24.918	0.07%	1.91	110.4823	0.00031%	0
REC4	0.012	24.912	0.05%	1.23	110.4890	0.00631%	0
REC5	0.006	24.906	0.02%	0.86	110.4995	0.01582%	0
REC6	0.003	24.903	0.01%	0.16	110.4820	0.00003%	0
REC7	0.013	24.913	0.05%	2.29	110.4822	0.00017%	0
REC8	0.012	24.912	0.05%	1.78	110.4822	0.00020%	0
REC9	0.004	24.904	0.02%	0.46	110.4820	0.00004%	0
REC10	0.005	24.905	0.02%	0.80	110.4820	0.00003%	0
REC11	0.002	24.902	0.01%	0.13	110.4820	0.00002%	0
REC12	0.001	24.901	0.01%	0.05	110.4820	0.00003%	0
REC13	0.001	24.901	0.00%	0.06	110.4820	0.00003%	0
REC14	0.039	24.939	0.16%	1.70	110.4848	0.00252%	0

\* Si intende il 99.8°percentile delle concentrazioni di fondo orarie

Il contributo delle sorgenti alla concentrazione di fondo non è significativo e non determina superamenti del valore limite annuale attualmente vigente ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

I valori del 99.8° percentile delle medie orarie risultano notevolmente inferiori al valore limite di  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  presso tutti i recettori, anche considerando il contributo della concentrazione di fondo. L'incremento di concentrazione di  $\text{NO}_2$  su media oraria in seguito alle attività simulate può essere definito trascurabile. Si noti che il valore del 99.8° percentile della concentrazione media giornaliera totale non coincide con la somma del 99.8° percentile di fondo e il 99.8° percentile degli incrementi calcolati dalla simulazione, perché il primo valore viene quantificato sommando giorno per giorno l'incremento e il fondo e poi calcolando il percentile su questa serie di dati.

Le attività del cantiere non determinano superamenti del limite di legge per la concentrazione media oraria, conservando lo stato attuale di qualità della componente.

### **Impatto sulla componente – Scenario “Anno tipo”**

Le stesse analisi sono state condotte per lo scenario “Anno tipo”.

L'elaborato MS1\_0219\_02-00-00\_30\_19 - *Mappa della concentrazione annuale di  $\text{NO}_2$  - Scenario dell'anno tipo* riporta le concentrazioni medie annuali, somma del contributo legato alle attività del cantiere e il valore medio di fondo registrato nella stazione di Susa nel 2010 ( $24.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Rispetto alla simulazione effettuata per l'anno di scavo in tradizionale si nota che le concentrazioni di  $\text{NO}_2$  sono notevolmente più basse. I punti di massima ricaduta si evidenziano all'interno del cantiere, in corrispondenza della frantumazioni, in quanto l'attività di consolidamento del sito di stoccaggio non è più attuata nello scenario “Anno tipo”.

Anche i valori del 99.8° percentile (cfr. elaborato MS1\_0221\_02-00-00\_30\_21 - *Mappa del 99.8° percentile degli incrementi medi orari di  $\text{NO}_2$  - Scenario dell'anno tipo*) sono sensibilmente più bassi dello scenario precedente.

Di seguito si riportano, per ciascun recettore discreto, i valori di concentrazione calcolati:

Tabella 27: valori di concentrazione di NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario "Anno tipo"

NO <sub>2</sub> - SCENARIO " ANNO TIPO "							
COD.	CONC. MEDIA ANNUALE [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 40 µg/m <sup>3</sup> )			99.8° PERC. INCREMENTI MEDI ORARI [µg/m <sup>3</sup> ]	99.8° PERC. MEDIE ORARIE TOTALI [µg/m <sup>3</sup> ] (LIMITE DI LEGGE: 200 µg/m <sup>3</sup> )		
	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 24.9 µg/m <sup>3</sup> )	INCREMENTO %	SORGENTE	SORGENTE + FONDO (fondo: 110.4820 µg/m <sup>3</sup> )*	INCREMENTO %	SUPERAMENTI TOTALI (fondo superamenti: 0)
REC1	0.00053	24.90053	0.0021%	0.0810	110.48201	0.000005%	0
REC2	0.00044	24.90044	0.0018%	0.0688	110.48200	0%	0
REC3	0.00042	24.90042	0.0017%	0.0391	110.48201	0.000009%	0
REC4	0.00014	24.90014	0.0006%	0.0080	110.48212	0.000108%	0
REC5	0.00006	24.90006	0.0002%	0.0045	110.48206	0.000056%	0
REC6	0.00005	24.90005	0.0002%	0.0074	110.48200	0%	0
REC7	0.00010	24.90010	0.0004%	0.0048	110.48200	0%	0
REC8	0.00010	24.90010	0.0004%	0.0065	110.48200	0%	0
REC9	0.00003	24.90003	0.0001%	0.0030	110.48200	0%	0
REC10	0.00007	24.90007	0.0003%	0.0048	110.48200	0%	0
REC11	0.00003	24.90003	0.0001%	0.0027	110.48202	0.000014%	0
REC12	0.00001	24.90001	0.0000%	0.0018	110.48200	0%	0
REC13	0.00002	24.90002	0.0001%	0.0029	110.48200	0%	0
REC14	0.00058	24.90058	0.0023%	0.0318	110.48220	0.000178%	0

\* Si intende il 99.8°percentile delle concentrazioni di fondo orarie

Il confronto tra i risultati esposti nelle tabelle precedenti mostrano che lo scenario “Scavo tradizionale” determina un incremento delle concentrazioni medie annuali e orarie superiore a quello generato durante l’anno tipo. In entrambi i casi i limiti di legge vengono rispettati. Inoltre le attività previste non determinano superamenti del limite orario imposto per legge.

## **Conclusioni**

Dalle analisi precedenti emerge quanto segue:

- i limiti di legge, sia annuale che orario, vengono sempre rispettati;
- entrambi gli scenari determinano aumenti della concentrazione media annuale, di una quantità particolarmente contenuta (inferiore al punto percentuale) che consente il mantenimento del rispetto del limite di legge;
- lo scenario “Scavo tradizionale” definisce picchi di concentrazione giornaliera più elevati rispetto allo scenario dell’anno tipo: tuttavia questi non sono tali da determinare alcun superamento del limite di legge sulla media oraria. Si tratta comunque di valori spot, per entrambi gli scenari: l’analisi del percentile sugli incrementi medi orari evidenzia che si tratta di eventi isolati;
- l’analisi dell’impatto sul breve periodo (99.8° percentile sulle concentrazioni medie orarie totali) determina che la ricaduta sulla qualità dell’aria è trascurabile per entrambi gli scenari: il percentile risulta inferiore al limite di legge pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il numero di superamenti del limite giornaliero non viene incrementato;
- Borgo Clarea risulta il recettore maggiormente impattato (sebbene si rispettino sempre i limiti di legge) sia per quanto riguarda il limite annuale che per l’impatto sul breve periodo. Si tratta comunque di incrementi modesti che non alterano di fatto la qualità dell’aria.

### 3.2.4.4 SO<sub>2</sub>

#### Inquadramento normativo

Il D.Lgs. 155 del 2010 riunisce in un unico *corpus* normativo la disciplina in materia di qualità dell'aria in relazione a tutte le sostanze normate nei precedenti decreti. Per quanto riguarda l'SO<sub>2</sub> è previsto quanto segue:

Valori limite Biossido di zolfo	
1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile
1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile

La possibilità di superare il limite giornaliero al massimo 3 volte all'anno si traduce nella condizione che il 99.2° percentile delle concentrazioni giornalier e sia inferiore a 125 µg/m<sup>3</sup>. Il 99.7° percentile delle medie orarie corrisponde invece al vincolo dei 24 superamenti massimi annuali di 350 µg/m<sup>3</sup>.

#### Stato di qualità attuale della componente

Il biossido di zolfo (o anidride solforosa) è un gas incolore di odore pungente. Esso deriva dall'ossidazione dello zolfo; la combustione di sostanze contenenti zolfo (come combustibili fossili quali carbone, petroli e suoi derivati) costituisce la principale fonte di emissione. Il settore dei trasporti contribuisce in minima parte all'immissione in atmosfera di questo inquinante gassoso responsabile del fenomeno di acidificazione delle acque meteoriche. Tra le tipologie di vettore, quelle alimentate a diesel sono le maggiori responsabili della produzione di SO<sub>2</sub>. Le concentrazioni più elevate si presentano nei mesi invernali, nei quali la combustione dei sistemi di riscaldamento è molto importante. Il biossido di azoto è inoltre dannoso per la salute, in quanto irritante per gli occhi e la gola e in generale per le vie respiratorie. Le politiche ambientali degli ultimi anni hanno portato ad una riduzione dell'utilizzo di zolfo nei combustibili con conseguente diminuzione delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> in atmosfera.

L'SO<sub>2</sub> non è un inquinante monitorato nella Val di Susa. Non esistono quindi dati di fondo sufficienti per definire la situazione della qualità dell'aria per tale sostanza.



A titolo indicativo di seguito si riportano i dati sintetici delle misure effettuate per l'SO<sub>2</sub> presso la stazione di Torino – Consolata; i valori forniscono un quadro della situazione sul territorio della provincia di Torino, evidenziando che l'inquinante non presenta criticità. Si tratta di un ambito notevolmente diverso da quello oggetto di indagine, che tuttavia non presenta superamenti dei limiti: i dati misurati nella campagna di monitoraggio effettuata presso La Maddalena confermano che si tratta di un inquinante non critico.

Ore valide:	8610
Percentuale ore valide:	98%
Giorni validi:	359
Percentuale giorni validi:	98%
Media delle medie giornaliere:	6
Media dei valori orari:	6
Massimo orario registrato	77
Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)	0
Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)	0
Numero di superamenti livello allarme (500)	0
Numero di giorni con almeno un superamento livello allarme (500)	0

Di seguito si riporta il grafico dell'andamento mensile delle concentrazioni di SO<sub>2</sub>, nel quale si nota che durante i mesi invernali vengono registrati valori lievemente più elevati, nonostante il limite di legge venga sempre rispettato.

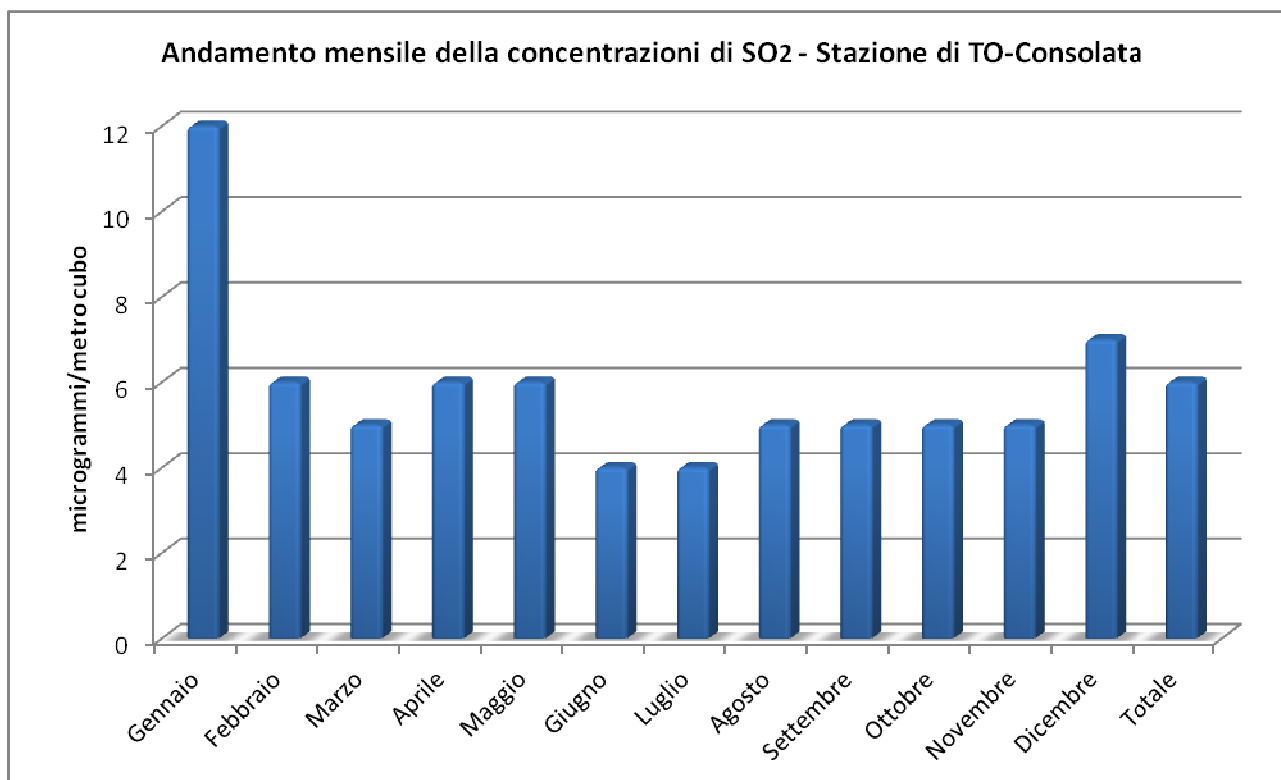
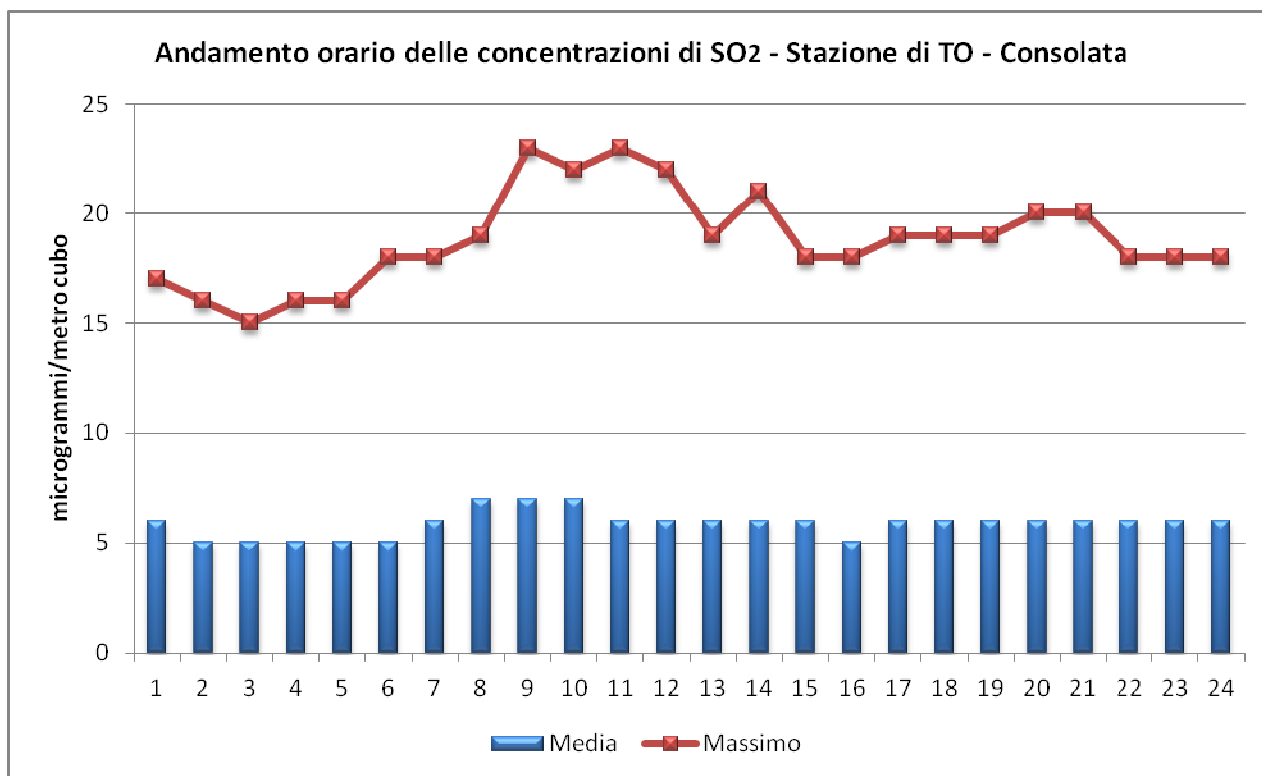


Figura 35: andamento mensile delle concentrazioni di SO<sub>2</sub>

Il grafico successivo riporta i valori di concentrazione medi per ciascuna ora del giorno: come si può notare i massimi giornalieri si verificano durante le ore di punta del traffico. Anche i massimi registrati comunque sono molto al di sotto del limite di legge.

Il 99.2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere è pari a 15.3 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite di legge pari a 125 µg/m<sup>3</sup>. Il 99.7° percentile delle concentrazioni medie orarie è pari a 19 µg/m<sup>3</sup>, inferiore al limite di legge pari a 350 µg/m<sup>3</sup>.



I valori di concentrazione riportati sono abbondantemente sotto i limiti di legge, nonostante siano riferiti ad una stazione sita in un grande centro urbano quale Torino.

A maggior ragione si può ritenere che il sito oggetto di intervento non presenti situazioni di inquinamento peggiore. A conferma di ciò si riportano i risultati del monitoraggio ante operam effettuato per mezzo di stazione mobile nei pressi del sito interessato dall'intervento, che ha avuto come oggetto la misura degli SO<sub>2</sub>.

Di seguito si riportano i risultati di tali monitoraggi.

**Tabella 28: Stazione A5.4. – Chiomonte, Frazione La Maddalena – concentrazione di SO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

	VALORE MEDIO GIORNALIERO	VALORE MINIMO GIORNALIERO	VALORE MASSIMO GIORNALIERO	SCARTO QUADRATICO MEDIO
Periodo invernale	1,8	1,0	2,8	0,5
Periodo primaverile	1,6	1,0	2,6	0,6

### **Impatto sulla componente – Scenario “Scavo tradizionale”**

L'elaborato MS1\_0210\_02-00-00\_30\_10 - *Mappa dei massimi incrementi della concentrazione giornaliera di SO<sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale* rappresenta l'interpolazione dei valori di concentrazione giornaliera massimi calcolati per ciascun punto griglia e ciascun recettore discreto, i quali possono verificarsi in date diverse e che quindi non rappresentano una fotografia realistica degli impatti. I valori massimi vengono registrati all'interno, in particolare nei pressi dell'area di stoccaggio.

L'elaborato MS1\_0211\_02-00-00\_30\_11 - *Mappa dei massimi incrementi della concentrazione oraria di SO<sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale* rappresenta l'interpolazione dei valori di concentrazione oraria massimi calcolati per ciascun punto griglia e ciascun recettore discreto. Rispetto ai massimi su base giornaliera, gli incrementi massimi orari sono chiaramente più elevati, sebbene poco significativi. Anche in questo caso i massimi valori riscontrati sono nei pressi dell'area di stoccaggio.

L'elaborato MS1\_0212\_02-00-00\_30\_12 - *Mappa del 99.7° percentile degli incrementi medi orari di SO<sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale* mostra il 99.7° percentile delle concentrazioni medie orarie, cioè il valore di concentrazione massimo registrato escludendo i 24 valori più alti. I valori stimati in questo modo sono circa un ordine di grandezza più piccoli rispetto a quelli massimi riportati nella precedente elaborazione. Questi valori non sono tali da alterare lo stato di qualità dell'aria per il biossido di zolfo, né tanto meno da determinare superamenti dei limiti.

L'elaborato MS1\_0213\_02-00-00\_30\_13 - *Mappa del 99.2° percentile degli incrementi medi giornalieri di SO<sub>2</sub> - Scenario scavo in tradizionale* mostra il 99.2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere, cioè il valore di concentrazione massimo registrato escludendo i 3 valori più alti. Anche in questo caso gli incrementi non risultano significativi.

Di seguito si riportano, per ciascun recettore, i seguenti valori di concentrazione:

- ✓ massimo incremento di concentrazione giornaliera,
- ✓ massimo incremento di concentrazione oraria,
- ✓ 99.7° percentile della concentrazione media oraria dovuta al cantiere,
- ✓ 99.2° percentile della concentrazione media giornaliera dovuta al cantiere.

Poiché non esiste un dato di fondo per la zona in esame non sono stati calcolati i percentili sulle concentrazioni complessive. Si ritiene, tuttavia, che, visto che questo inquinante non è ritenuto critico sul territorio della provincia di Torino, neanche in aree maggiormente esposte, quale in

capoluogo, e vista l'entità degli incrementi valutati, non si ritiene che le emissioni indotte dalle attività siano tali da generare situazioni di criticità o di superamenti dei limiti.

Tabella 29: valori di concentrazione di SO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario "Scavo tradizionale"

<b>SO<sub>2</sub> - SCENARIO " SCAVO TRADIZIONALE "</b>				
<b>COD.</b>	<b>CONC. MASSIMA ORARIA [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>CONC. MASSIMA GIORNALIERA [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>99.7° PERC. INCREMENTI MEDI ORARI [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>99.2° PERC. INCREMENTI MEDI GIORNALIERI [µg/m<sup>3</sup>]</b>
	<b>SORGENTE</b>	<b>SORGENTE</b>	<b>SORGENTE</b>	<b>SORGENTE</b>
REC1	0.024	0.0018	0.00019	0.00123
REC2	0.021	0.0016	0.00016	0.00107
REC3	0.018	0.0012	0.00009	0.00096
REC4	0.020	0.0014	0.00003	0.00066
REC5	0.008	0.0006	0.00001	0.00045
REC6	0.007	0.0003	0.00002	0.00021
REC7	0.017	0.0019	0.00002	0.00100
REC8	0.018	0.0012	0.00002	0.00089
REC9	0.007	0.0009	0.00001	0.00028
REC10	0.006	0.0006	0.00002	0.00029
REC11	0.005	0.0002	0.00001	0.00014
REC12	0.007	0.0003	0	0.00008
REC13	0.004	0.0002	0.00001	0.00013
REC14	0.044	0.0021	0.00009	0.00180

Considerando i dati della centralina di Torino – Consolata i valori stimati dalla modellizzazione possono ritenersi trascurabili e quindi non tali da alterare lo stato di qualità dell'aria per il biossido di zolfo.

### **Impatto sulla componente – Scenario “Anno tipo”**

Per lo scenario “Anno tipo” sono state effettuate le stesse elaborazioni e sono stati prodotte le seguenti mappe:

- ✓ MS1\_0222\_02-00-00\_30\_22 - *Mappa dei massimi incrementi della concentrazione giornaliera di SO<sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo*
- ✓ MS1\_0223\_02-00-00\_30\_23 - *Mappa dei massimi incrementi della concentrazione oraria di SO<sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo*
- ✓ MS1\_0224\_02-00-00\_30\_24 - *Mappa del 99.7°percentile degli incrementi medi orari di SO<sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo*
- ✓ MS1\_0225\_02-00-00\_30\_25 - *Mappa del 99.2° percentile degli incrementi medi giornalieri di SO<sub>2</sub> - Scenario dell'anno tipo*

Di seguito si riportano i dati di concentrazione calcolati.

Tabella 30: valori di concentrazione di SO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup> sui recettori nello Scenario "Anno tipo"

SO <sub>2</sub> - SCENARIO " ANNO TIPO "				
COD.	CONC. MASSIMA ORARIA [µg/m <sup>3</sup> ]	CONC. MASSIMA GIORNALIERA [µg/m <sup>3</sup> ]	99.7° PERC. INCREMENTI MEDI ORARI [µg/m <sup>3</sup> ]	99.2° PERC. INCREMENTI MEDI GIORNALIERI [µg/m <sup>3</sup> ]
	SORGENTE	SORGENTE	SORGENTE	SORGENTE
REC1	0.00078	0.00006	0.00019	0.00003
REC2	0.00068	0.00006	0.00016	0.00003
REC3	0.00073	0.00006	0.00009	0.00003
REC4	0.00027	0.00002	0.00003	0
REC5	0.00010	0.00001	0.00001	0
REC6	0.00007	0.00001	0.00002	0
REC7	0.00035	0.00002	0.00002	0
REC8	0.00013	0.00001	0.00002	0
REC9	0.00003	0	0.00001	0
REC10	0.00006	0	0.00002	0
REC11	0.00005	0	0.00001	0
REC12	0.00002	0	0	0
REC13	0.00008	0.00001	0.00001	0
REC14	0.00218	0.00017	0.00009	0.00002



Rispetto ai risultati, già modesti, riscontrati nello scenario “Scavo tradizionale”, in quest’ultimo scenario alcuni recettori non risultano interessati da alcun incremento della concentrazione, in particolare per quanto riguarda i valori giornalieri.

## **Conclusioni**

Dalle analisi precedenti emerge quanto segue:

- nonostante non sia noto il valore di fondo dell’SO<sub>2</sub>, si ritiene che gli incrementi dovuti alle attività di cantiere siano trascurabili in quanto particolarmente esigui. Inoltre, questo inquinante non presenta criticità neanche in ambienti normalmente più inquinanti: alla stazione di Torino – Consolata, infatti, durante il 2010 il massimo valore orario registrato è pari a 77 µg/m<sup>3</sup>, ben al di sotto dei 350 consentiti per legge;
- lo scenario “Scavo tradizionale” determina incrementi superiori rispetto a quello dell’anno tipo, dovuto principalmente all’attività di consolidamento del sito e alla tecnologia di scavo.

### 3.2.4.5 Benzene

#### Inquadramento normativo

Il D.Lgs. 155 del 2010 norma il benzene come segue:

Valori limite Benzene			
Anno civile	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100 %) il 13 dicembre 2000, con una riduzione il 1° gennaio 2006 e successivamente ogni 12 mesi di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a raggiungere lo 0 % entro il 1° gennaio 2010	1° gennaio 2010

#### Stato di qualità attuale della componente

Il benzene è il più semplice idrocarburo aromatico: si tratta di una sostanza liquida, incolore ed infiammabile. Esso è un derivato del petrolio che viene utilizzato in numerose lavorazioni come materia prima (per la produzione della plastica) o come solvente. Esso è presente anche nelle benzine come antidetonante.

Il traffico veicolare è quindi una delle più importanti sorgenti di benzene in atmosfera, soprattutto i motori alimentati a benzina.

Il benzene è una sostanza cancerogena, quindi molto dannosa per la salute umana. Per tale motivo la normativa italiana ha imposto dei limiti al contenuto di benzene nelle benzine. Inoltre il miglioramento della tecnologia dei motori dei mezzi di trasporto porterà presumibilmente ad un miglioramento della qualità dell'aria legata a tale inquinante.

Come per il biossido di zolfo, anche il benzene non è un inquinante monitorato nella Val di Susa. Esso tuttavia non presenta criticità, neanche alla stazione di Torino – Consolata, di cui si riportano i dati del 2010:

Ore valide:	8678
Percentuale ore valide:	99%
Giorni validi:	364
Percentuale giorni validi:	100%
Media dei valori orari:	4.0

Il benzene è stato oggetto di monitoraggio durante le misure ante operam condotte nel sito La Maddalena nel 2005. I dati emersi dalle due campagne, invernale e primaverile, sono riportati di seguito: si nota che i valori sono estremamente contenuti ed escludono situazioni critiche. Il periodo invernale si conferma essere quello maggiormente sfavorevole.

Tabella 31: Stazione A5.4. – Chiomonte, Frazione La Maddalena – concentrazione di benzene in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

	VALORE MEDIO GIORNALIERO	VALORE MINIMO GIORNALIERO	VALORE MASSIMO GIORNALIERO	SCARTO QUADRATICO MEDIO
Periodo invernale	1,12	0,38	2,04	0,45
Periodo primaverile	0,47	0,18	0,97	0,22

### **Impatto sulla componente – Scenario “Scavo tradizionale”**

Per il benzene è stata prodotta la mappa degli incrementi medi annuali (elaborato MS1\_0214\_02-00-00\_30\_14 - *Mappa dei incrementi della concentrazione media annuale di benzene - Scenario scavo in tradizionale*), non essendo stato possibile aggiungere a tali valori un fondo ambientale rappresentativo.

Tali valori sono tuttavia estremamente contenuti e non si ritiene determinino superamenti del limite annuale di legge.

Il massimo incremento si verifica all'interno dell'area di cantiere, nei pressi del sito di stoccaggio.

Di seguito si riportano, per ciascun recettore, gli incrementi della concentrazione media annuale di benzene.

Tabella 32: valori di concentrazione di benzene in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sui recettori nello Scenario "Scavo tradizionale"

Benzene - SCENARIO " SCAVO TRADIZIONALE "	
COD.	CONC. MEDIA ANNUALE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	SORGENTE
REC1	0.00022
REC2	0.00019
REC3	0.00022
REC4	0.00014
REC5	0.00007
REC6	0.00003
REC7	0.00015
REC8	0.00014
REC9	0.00005
REC10	0.00006
REC11	0.00002
REC12	0.00002
REC13	0.00001
REC14	0.00046

### **Impatto sulla componente – Scenario "Anno tipo"**

Anche per lo scenario dell'anno tipo sono stati valutati gli incrementi medi annuali ed è stato prodotto l'elaborato MS1\_0226\_02-00-00\_30\_26 - *Mappa dei incrementi della concentrazione media annuale di benzene - Scenario dell'anno tipo.*

Poiché in tale scenario non sono previste le lavorazioni di consolidamento del sito di stoccaggio e il transito dei mezzi per lo spostamento dello smarino dal fronte di scavo ai cumuli temporanei, le concentrazioni stimate sono più basse di quelle calcolate nello scenario "Scavo tradizionale". Quindi, per quanto detto precedentemente, non si ritiene che il contributo dato dalle attività del cantiere sia tale da alterare lo stato di qualità della componente.

Di seguito si riportano i valori degli incrementi annuali calcolati per ciascun recettore.

Tabella 33: valori di concentrazione di benzene in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sui recettori nello Scenario "Anno tipo"

Benzene - SCENARIO " SCAVO TRADIZIONALE "	
COD.	CONC. MEDIA ANNUALE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	SORGENTE
REC1	0.00001
REC2	0.00001
REC3	0
REC4	0
REC5	0
REC6	0
REC7	0
REC8	0
REC9	0
REC10	0
REC11	0
REC12	0
REC13	0
REC14	0.00001

Nella maggior parte dei recettori non si registrano incrementi della concentrazione. Gli unici recettori interessati sono quelli maggiormente prossimi al cantiere. Le entità di tali incrementi comunque sono dell'ordine di  $10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che può essere considerato trascurabile a confronto del limite di legge vigente e in considerazione dei livelli misurati non solo alla stazione mobile durante la campagna di monitoraggio ante operam, ma anche alla stazione di Torino – Consolata nel 2010.

## **Conclusioni**

Dalle analisi precedenti emerge quanto segue:

- lo scenario "Scavo tradizionale" determina incrementi superiori rispetto a quello dell'anno tipo, dovuto principalmente all'attività di consolidamento del sito e alla tecnologia di scavo. Durante lo scenario "Anno tipo" solo i tre recettori più prossimi registrano incrementi di benzene;

- nonostante non sia noto il valore di fondo del benzene, si ritiene che gli incrementi dovuti alle attività di cantiere siano trascurabili in quanto particolarmente esigui.

### **3.3 CONCLUSIONI**

Le previsioni dei valori di concentrazione al suolo degli inquinanti atmosferici emessi dalle sorgenti considerate hanno evidenziato il rispetto della legislazione vigente per tutti gli inquinanti di cui si dispone di un dato significativo di concentrazione di fondo ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $NO_2$ ), presso tutti i recettori sensibili individuati. Per i restanti inquinanti ( $SO_2$  e benzene) i contributi stimati sono tali da non determinare impatti significativi sulla qualità dell'aria ambiente, considerando inoltre che non si tratta di inquinanti critici.

Concludendo, quindi, l'impatto generato dalla ricaduta al suolo degli inquinanti emessi in aria si può ritenere conforme alla legislazione vigente e tale da non alterare significativamente lo stato attuale dell'ambiente.

## **4           DEFINIZIONE DI EVENTUALI ULTERIORI SPECIFICHE MISURE MITIGATIVE E CONCLUSIONI**

I risultati dello studio di dispersione degli inquinanti evidenziano che le attività previste per la realizzazione del Cunicolo esplorativo della Maddalena non alterano in modo significativo i livelli di qualità dell'aria ambiente, garantendo il rispetto dei limiti di legge ai recettori individuati, sia per quanto riguarda il lungo periodo (medie annuali) che il breve periodo (percentili delle medie orarie o giornaliere, a seconda dell'inquinante indagato). Per tale ragione non si ritiene necessario indicare ulteriori azioni mitigative da mettere in atto durante la fase di costruzione. A tal proposito si sottolinea la bontà delle mitigazioni individuate nel progetto definitivo e nel SIA che sono state opportunamente considerate nelle simulazioni di cui al presente studio