Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica
"Giulio Natta"
Laboratorio Olfattometrico
Politecnico di Milano

tel. 02.2399.3206
fax.02.2399.3291

Piazza Leonardo Da Vinci, 32
20133 - MILANO

ARPA UMBRIA – DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI TERNI

Via Carlo Alberto Dalla Chiesa – 05100 Terni

ZONE INDUSTRIALI NARNI SCALO, NERA MONTORO E SAN LIBERATO

STUDIO DI IMPATTO MEDIANTE SIMULAZIONE DELLA DISPERSIONE ATMOSFERICA

Milano, aprile 2013

Dott. Ing. Selena Sironi

Dott. Ing. Laura Capelli

Dott. Ing. Licinia Dentoni

INDICE

1. Introduzione 4

2. Modello micrometeorologico 6

2.1. Dati di ingresso 6
2.1.1. Narni Scalo 6
2.1.2. Nera Montoro e San Liberato 6

2.2. Normalizzazione dei dati meteorologici grezzi 7

2.3. Analisi delle rose dei venti 7
2.3.1. Narni Scalo 8
2.3.2. Nera Montoro e San Liberato 10

Calcolo dei parametri micrometeorologici 12

3. Modello emissivo 13

3.1. Origine dei dati di emissione 13

3.2. Impianti e sorgenti emissive considerati 13

3.3. Tipologia di sorgenti 15
3.3.1. Sorgenti puntuali 15
3.3.2. Sorgenti areali senza flusso indotto 15

3.4. Elenco e caratteristiche delle sorgenti considerate 17

4. Modello cartografico 20

4.1. Dominio di spazio delle simulazioni 20

4.2. Effetti dei rilievi orografici 20

5. Modello di dispersione 21

5.1. Descrizione del modello 21

5.2. Effetti delle fluttuazioni istantanee di concentrazione di odore 22

5.3. Elaborazione dei risultati 23
5.3.1. Limiti di accettabilità dell'impianto 23
5.3.2. Calcolo dei percentili di concentrazione 25

6. Presentazione e valutazione dei risultati 27

Allegati

Allegato 1. Impatto olfattivo nell'area industriale di Narni Scalo: Mappa del 98° percentile su base annua delle concentrazioni orarie di picco di odore

Allegato 2. Impatto olfattivo nell'area industriale di Nera Montoro e San Liberato: Mappa del 98° percentile su base annua delle concentrazioni orarie di picco di odore

1. INTRODUZIONE

Il presente studio ha come obiettivo la determinazione dell'impatto olfattivo relativo alle zone industriali di Narni Scalo, Nera Montoro e San Liberato (TR).

In particolare, le aziende coinvolte nell'indagine sono:

- Depuratore Narni Fumaria, SGL Carbon e Tarkett a Narni Scalo;
- Adica, Alcantara, Bayer Sheet Europe, Depuratore Consorzio Montoro e Uniplast a Nera Montoro;
- Acciai Rivestiti Valdarno, Ondulit e SCB a San Liberato.

L'impatto delle emissioni in atmosfera è determinato applicando un modello di dispersione atmosferica, che calcola la concentrazione degli inquinanti nell'aria ambiente al suolo, elaborando i dati di emissione, i dati meteorologici ed i dati di profilo del terreno.

I dati di emissione utilizzati per la simulazione sono rappresentati dai valori di portata di odore associati alle singole sorgenti monitorate appartenenti ai diversi stabilimenti presenti nelle zone industriali oggetto di studio.

I valori di concentrazione di odore utilizzati per la valutazione delle portate di odore sono stati determinati tramite un monitoraggio olfattometrico avvenuto tra lunedì 16 luglio 2012 e martedì 17 luglio 2012 (cfr. Rapporto di Prova N° 1.40/2012), mentre i dati di flusso, le caratteristiche geometriche e le frequenze di funzionamento delle diverse sorgenti sono stati forniti dalle aziende monitorate.

Da un punto di vista geografico, le tre zone industriali studiate possono essere raggruppate in due zone distinte, quella di Narni Scalo e, situate a qualche km a sud-ovest rispetto a questa, le zone industriali di Nera Montoro e San Liberato (Figura 1).

Data la distanza fra le due zone, e la diversa conformazione del terreno, ai fini della simulazione della dispersione delle emissioni di odore, le due suddette zone (zona industriale Narni scalo vs. zona industriale Nera Montoro e San Liberato) devono essere trattate separatamente, applicando due modelli distinti che utilizzino opportuni dati meteorologici, emissivi, di orografia del terreno.

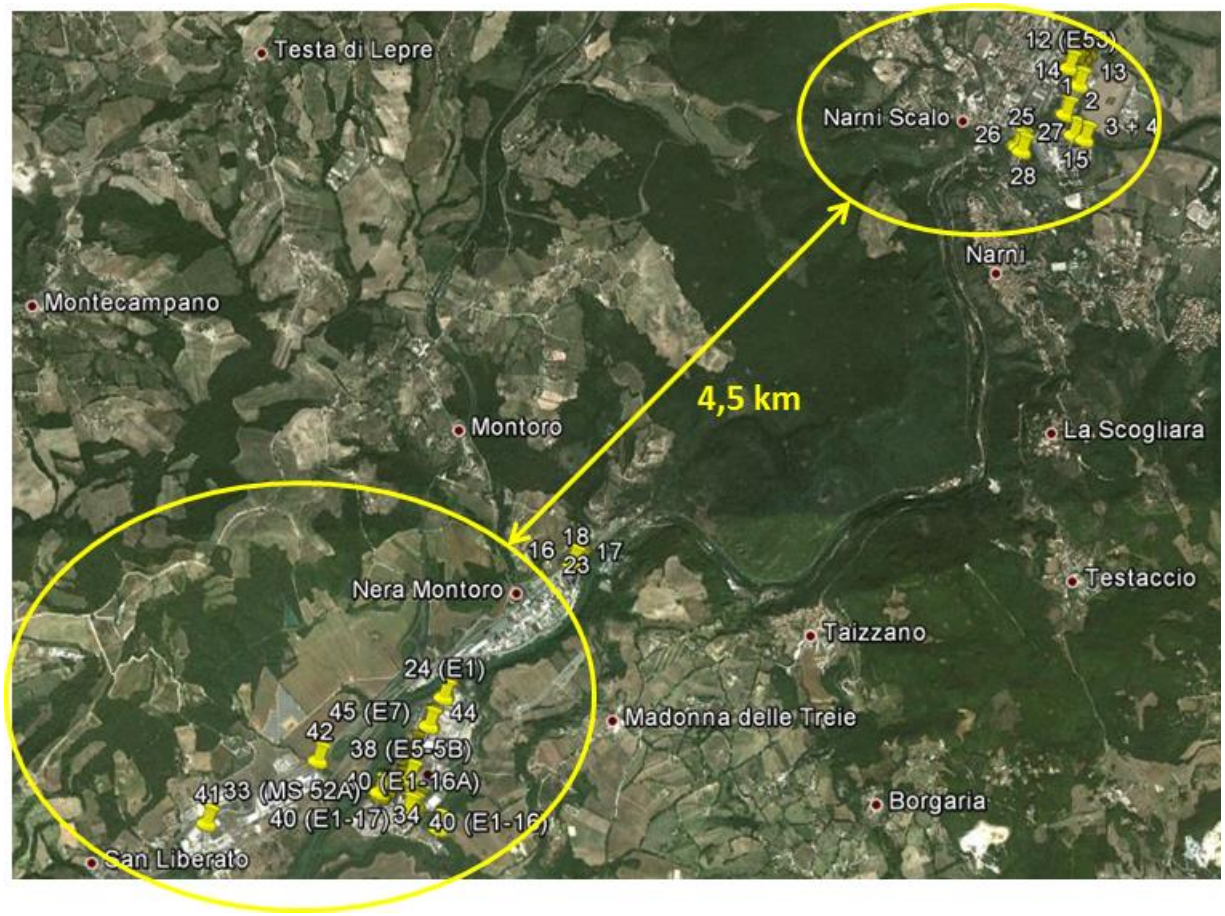


Figura 1. Localizzazione geografica delle zone industriali studiate

In particolare, i dati meteorologici necessari alla simulazione della dispersione sono stati messi a disposizione Provincia di Terni e dall'azienda Alcantara, per quanto riguarda rispettivamente la zona industriale di Narni Scalo la prima, e quelle Nera Montoro e San Liberato la seconda.

Corografie, cartografie e dati orografici sono stati estrapolati da Google Earth.

2. MODELLO MICROMETEOROLOGICO

2.1. DATI DI INGRESSO

2.1.1. Narni Scalo

I dati meteorologici necessari alla simulazione della dispersione delle emissioni nella zona industriale di Narni Scalo sono stati messi a disposizione dalla Provincia di Terni, e sono stati registrati da una stazione meteorologica installata sul tetto di una scuola situata in via Camporeali, nel centro di Terni (42°33'56'' Nord e 12°38'50'' Est). Tale stazione è stata scelta in quanto considerata maggiormente rappresentativa rispetto alle condizioni della zona studiata.

L'elenco dei parametri meteorologici registrati dalla stazione e utilizzati per il modello sono riportati in Tabella 1.

Parametro meteorologico	Tipo di elaborazione	Unità di misura	Periodo
Temperatura dell'aria	media su 1 h	°C	
Velocità del vento	media su 15 min	m/s	
Direzione del vento	prevalente su 15 min	gradi sessagesimali	dal 01/09/2011
Radiazione solare globale	media su 1 h	kJ/m^2	al 31/08/2012
Umidità relativa dell'aria	media su 1 h	%	
Precipitazione	totale su 10 min	mm	

Tabella 1. Parametri meteorologici impiegati provenienti dalla centralina meteorologica di via Camporeali, Terni

2.1.2. Nera Montoro e San Liberato

I dati meteorologici necessari alla simulazione della dispersione delle emissioni nelle zone industriali di Nera Montoro e San Liberato sono stati messi a disposizione dell'azienda Alcantara, che dispone di una centralina meteorologica all'interno del proprio stabilimento (42°28'52" Nord e 12°27'52" Est).

L'elenco dei parametri meteorologici registrati dalla suddetta stazione e utilizzati per il modello relativo alla zona industriale di Nera Montoro sono riportati in Tabella 2.

Parametro meteorologico	Tipo di elaborazione	Unità di misura	Periodo
Temperatura dell'aria	media su 10 min	°C	
Velocità del vento	media su 10 min	m/s	
Direzione del vento	prevalente su 10 min	gradi sessagesimali	dal 01/09/2011
Radiazione solare globale	media su 10 min	kJ/m^2	al 31/08/2012
Umidità relativa dell'aria	media su 10 min	%	
Precipitazione	totale su 10 min	mm	

Tabella 2. Parametri meteorologici impiegati provenienti dalla centralina meteorologica dell'azienda Alcantara

2.2. NORMALIZZAZIONE DEI DATI METEOROLOGICI GREZZI

I dati grezzi a disposizione sono stati sottoposti ad un processo di elaborazione iniziale (normalizzazione), poiché presentano alcune vacanze (dati registrati invalidi o non registrati).

Le vacanze presenti nei dati di durata inferiore a 6 ore sono state completate per interpolazione lineare fra i due dati validi adiacenti. Le vacanze più ampie sono state completate, per le ore di vacanza, dai dati medi calcolati per la medesima grandezza (a partire dall'intero insieme di dati validi) in funzione del mese e dell'ora.

Poiché alcuni dati meteorologici sono registrati dalla stazione con frequenza superiore a quella richiesta dal modello di dispersione utilizzato, sono state eseguite delle elaborazioni per calcolare i dati con frequenza oraria.

2.3. ANALISI DELLE ROSE DEI VENTI

Nelle figure a seguire sono illustrate le rose dei vettori del vento ottenute dall'analisi dei dati meteo.

Nella prassi meteorologica, nelle rose dei venti è consuetudine, per convenzione, indicare l'angolo di direzione di provenienza del vento. Ad esempio, quando si indica che il vento ha angolo 90°, si intende che esso soffia da est a ovest.

Al contrario, nell'ambito della simulazione della dispersione degli inquinanti, è più efficace rappresentare non già la direzione del vento (ossia l'angolo di provenienza), ma piuttosto il vettore del vento (ossia la direzione verso cui il vento soffia). Quest'ultima è la convenzione assunta nel presente studio.

Quindi, nel presente studio, quando si indica, ad esempio, che il vento ha angolo 90°, si intende che esso soffia da ovest a est.

I valori delle ore che compaiono in Figura 3 e in Figura 6 indicano, secondo la consueta convenzione, i 60 minuti precedenti: ad esempio, l'ora 16 indica i 60 minuti fra le 15.00 e le 16.00.

2.3.1. Narni Scalo

La Figura 2 mostra la rosa generale dei vettori di direzione del vento ricavata dai dati rilevati dalla centralina meteo del centro di Terni, impiegati per la simulazione della dispersione delle emissioni della zona industriale di Narni Scalo. Essa evidenzia, presso il sito geografico in esame, la presenza di due direzioni prevalenti del vento, una diretta sostanzialmente verso est-nord-est (direzione del vettore del vento compresa nel settore fra i 45° e i 90°), e l'altra diretta verso ovest.

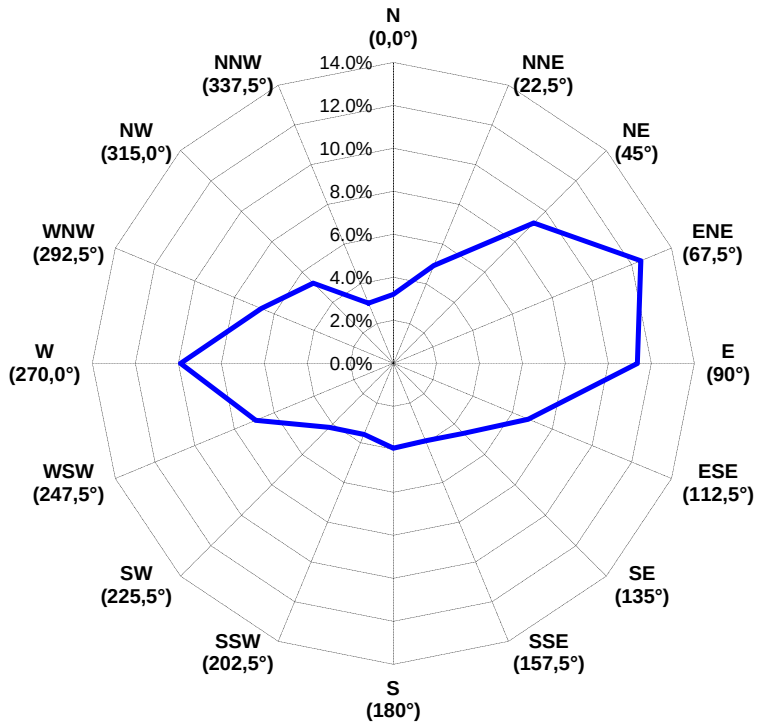


Figura 2. Rosa generale dei vettori di direzione del vento

La Figura 3 riporta la rosa dei vettori del vento in funzione dell'ora del giorno.

E' possibile osservare che nelle ore serali (16÷21), notturne (22÷03) e mattutine (04÷09) le direzioni dei venti ricalcano quelle già indicate nella rosa generale dei venti, mentre nelle ore pomeridiane (10÷15) prevale il vento diretto verso est-nord-est.

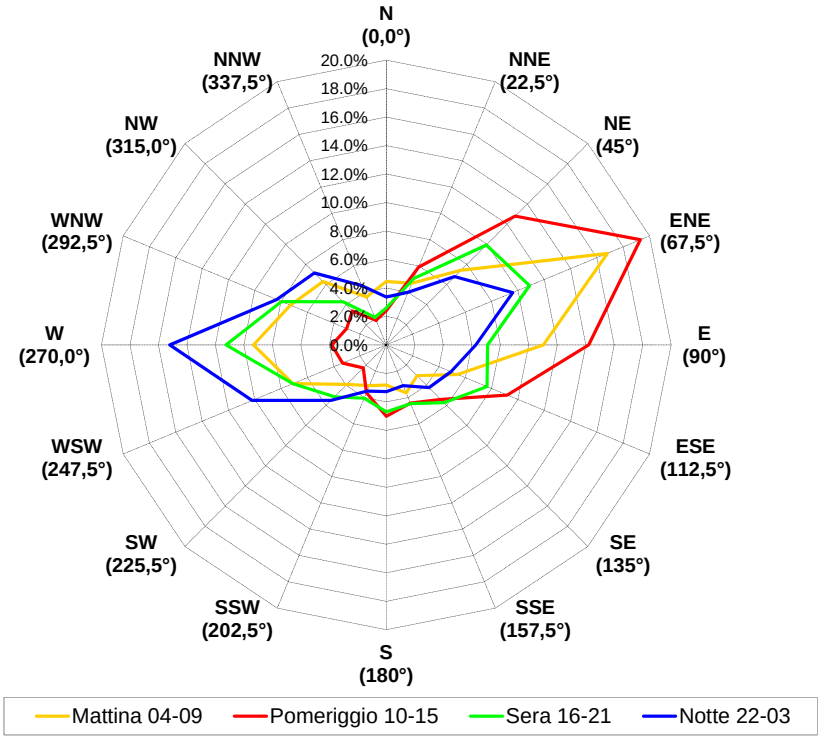


Figura 3. Rosa dei vettori di direzione del vento secondo l'ora del giorno

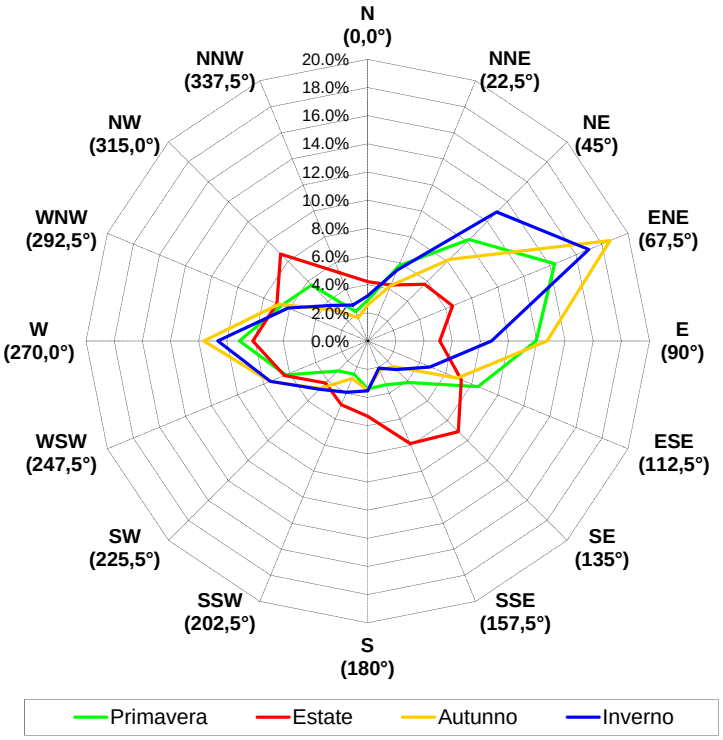


Figura 4. Rosa dei vettori di direzione del vento secondo la stagione dell'anno

La Figura 4 riporta la rosa dei vettori del vento in funzione della stagione dell'anno. Essa evidenzia come in primavera, autunno e inverno siano individuabili le due direzioni del vento

già evidenziate nelle rose dei venti precedenti (una più marcata verso est-nord-est e una meno marcata verso ovest), mentre in estate risulta non individuabile una direzione prevalente del vento.

2.3.2. Nera Montoro e San Liberato

La Figura 5 mostra la rosa generale dei vettori di direzione del vento ricavata dai dati rilevati dalla centralina meteo dell'azienda Alcantara, impiegati per la simulazione della dispersione delle emissioni delle zone industriali di Nera Montoro e San Liberato. Essa evidenzia che, presso il sito geografico in esame, è chiaramente individuabile una direzione prevalente del vento, diretta verso est-sud-est (direzione del vettore del vento compresa nel settore fra i 90° e i 135°).

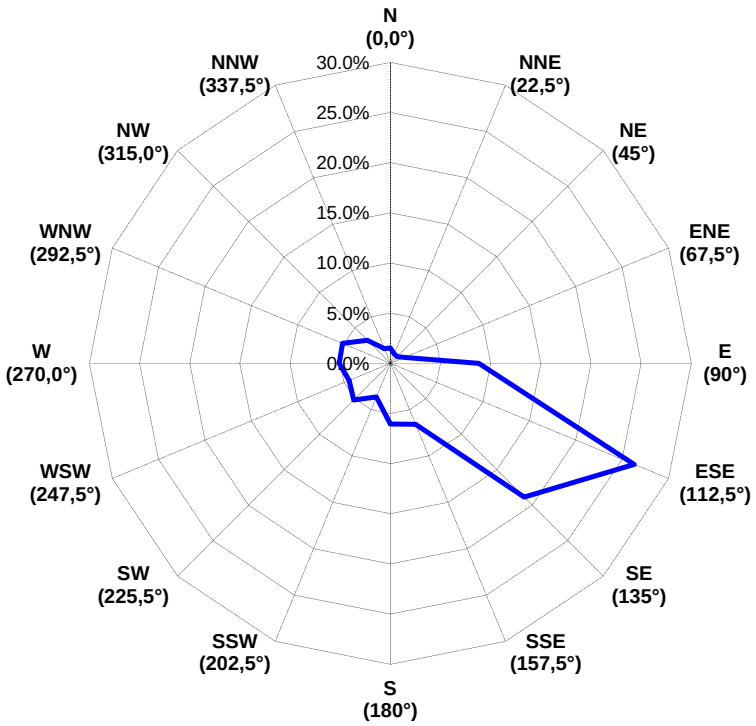


Figura 5. Rosa generale dei vettori di direzione del vento

La Figura 6 riporta la rosa dei vettori del vento in funzione dell'ora del giorno.

Essa evidenzia come la presenza di un vento prevalente diretto verso est-sud est sia maggiormente marcata nelle ore notturne (22÷03), mentre nelle ore pomeridiane non è individuabile una direzione prevalente del vento.

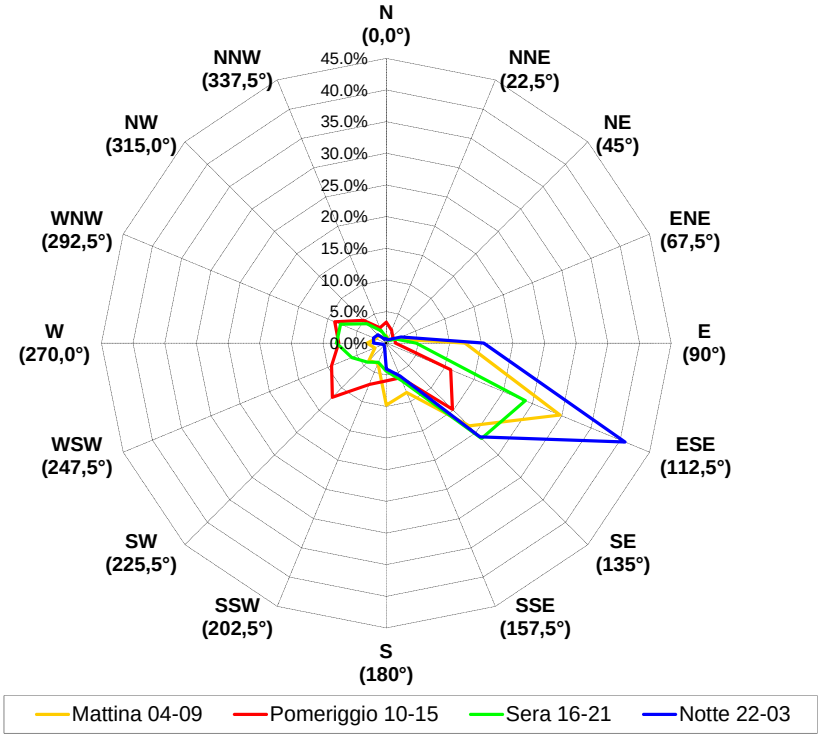


Figura 6. Rosa dei vettori di direzione del vento secondo l'ora del giorno

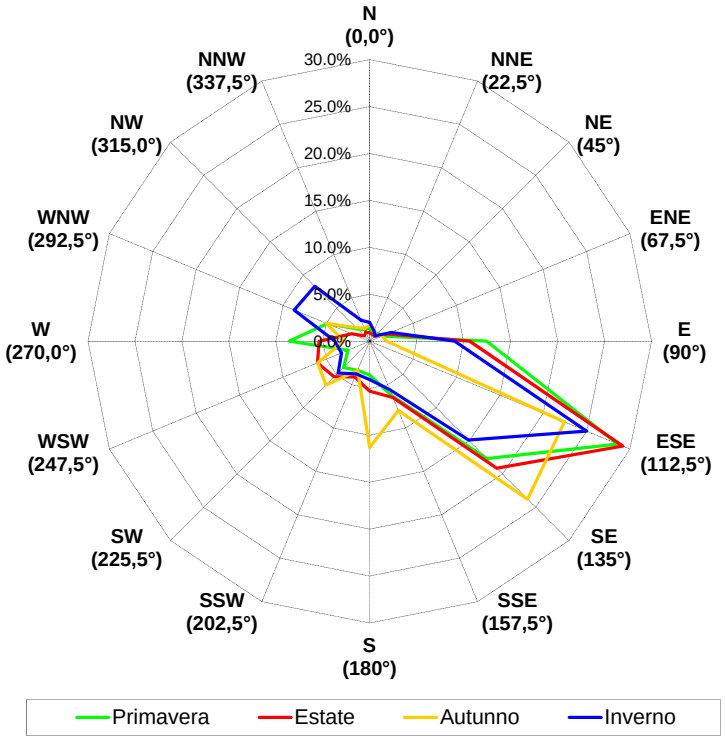


Figura 7. Rosa dei vettori di direzione del vento secondo la stagione dell'anno

La Figura 7 riporta la rosa dei vettori del vento in funzione della stagione dell'anno. Essa mostra come in tutte le stagioni dell'anno sia individuabile la direzione prevalente del vento già evidenziata nelle rose dei venti precedenti (vento prevalente diretto verso est-sud-est).

CALCOLO DEI PARAMETRI MICROMETEOROLOGICI

I parametri di output del pre-processore impiegato per il calcolo delle variabili micrometeorologiche (parametri di turbolenza atmosferica) sono elencati in Tabella 3.

Parametro micrometeorologico	Sigla	Forma	Metodo di calcolo
Radiazione solare netta	Q_*	media oraria	D.J. Thomson "ADMS3 - The Met Input Module", P05/01N/03, Cambridge Environmental Research Consultants (CERC), Novembre 2003.
Flusso di calore sensibile superficiale	Q_h	media oraria	
Velocità d'attrito	u_*	media oraria	
Lunghezza di Monin-Obukhov	L_{MO}	media oraria	
Velocità di scala convettiva	w_*	media oraria	
Altezza di mescolamento	MH	media oraria	J.S. Scire, F.R. Robe, M.E. Fernau, R.J. Yamartino "A User's Guide for the CALMET Meteorological Model", Earth Tech Inc., Gennaio 2005.

Tabella 3. Parametri calcolati dal modello micrometeorologico

Ciascuno di questi parametri è stato calcolato ed introdotto nel modello di dispersione per ciascuna ora del periodo di simulazione. Tale approccio è dettato dalla necessità di calcolare le concentrazioni di inquinante al suolo per ogni singola ora, così da poter esprimere numericamente l'impatto mediante un assegnato percentile su base annua delle concentrazioni orarie di inquinante.

I dati meteorologici sono organizzati, per l'elaborazione da parte del modello di dispersione, in forma tipo-ISC, ossia mono-stazione.

3. MODELLO EMISSIVO

3.1. ORIGINE DEI DATI DI EMISSIONE

Nel presente studio sono stati impiegati i dati di concentrazione determinati dal Laboratorio Olfattometrico del Politecnico di Milano tramite il monitoraggio olfattometrico avvenuto tra lunedì 16 luglio 2012 e martedì 17 luglio 2012 (cfr. Rapporto di Prova N° 1.40/2012). Inoltre, al fine del calcolo delle portate di odore, sono stati impiegati anche i dati di portata, le caratteristiche geometriche e le frequenze di funzionamento delle singole sorgenti forniti dalle aziende oggetto di studio.

3.2. IMPIANTI E SORGENTI EMISSIVE CONSIDERATI

Nello studio di simulazione della dispersione delle emissioni di odore sono state considerate le principali sorgenti determinate sulla base del monitoraggio olfattometrico effettuato tra lunedì 16 luglio 2012 e martedì 17 luglio 2012 (cfr. Rapporto di Prova N° 1.40/2012).

Nel caso specifico, sono state considerate unicamente le sorgenti olfattive alle quali fosse possibile associare una portata di aria, ossia le sorgenti puntuali (convogliate) o areali con flusso indotto (attive), per le quali è possibile determinare una portata gassosa mediante misure fisiche di velocità all'uscita della sorgente stessa, e le sorgenti areali senza flusso indotto (passive), campionate mediante opportuna tecnica "wind tunnel", mediante la quale una portata gassosa definita è fatta fluire sulla superficie da campionare al fine di simulare l'effetto del vento. Sono pertanto stati esclusi dalla modellazione delle emissioni i campioni di aria ambiente prelevati presso le aziende.

Durante il monitoraggio olfattometrico, nel caso in cui in un impianto fossero presenti più sorgenti dello stesso tipo, che per qualità e concentrazione delle emissioni potessero essere considerate simili fra loro, è stata campionata un'unica sorgente, che, ai fini della simulazione, è poi stata considerata come rappresentativa, in termini di concentrazione di odore, di tutte le altre sorgenti simili.

Per la simulazione della dispersione delle emissioni di odore sono state escluse tutte le sorgenti in corrispondenza delle quali sia stata riscontrata una concentrazione di odore

inferiore alle 80 ou_E/m^3, o per le quali la portata di odore fosse inferiore alle 500 ou_E/s. Tale scelta è motivata dal fatto che al di sotto di questi valori l'emissione di odore possa essere considerato trascurabile (aria inodore), ed è in linea con quanto previsto dall'Allegato 1 alla Linea Guida di Regione Lombardia relativa alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno (DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018).

Data la distanza fra le due zone industriali studiate, e la diversa conformazione del terreno, sono state effettuate due modellazioni distinte, una per la zona industriale di Narni Scalo, che comprende il depuratore Narni Fumaria, la SGL Carbon e la Tarkett, e una per la zona che comprende Nera Montoro e San Liberato, dove sono presenti rispettivamente la Adica, la Alcantara, la Bayer Sheet Europe, il depuratore Consorzio Montoro e la Uniplast (Nera Montoro); e la Acciai Rivestiti Valdarno, la Ondulit e la SCB (San Liberato).

Le sorgenti di odore appartenenti a tutte le zone industriali studite considerate per il presente studio sono elencate in Tabella 4.

Zona industriale	Camp.	Impianto	Denominazione	Tipo
Narni Scalo	2	SGL Carbon	E202	SP
	3-4	SGL Carbon	E25	SP
	5	Tarkett	E38	SP
	6	Tarkett	E60	SP
	7	Tarkett	E8	SP
	8	Tarkett	E52	SP
	9	Tarkett	E41	SP
	25	Depuratore Narni Funaria	Cassone fanghi	SA
	26	Depuratore Narni Funaria	Vasca di ossidazione biologica	SA
	27	Depuratore Narni Funaria	Vasca di stabilizzazione aerobica dei fanghi	SA
	28	Depuratore Narni Funaria	Arrivo Refluo	SA
Nera Montoro, San Liberato	17	Adica	E 28	SP
	20	Adica	E 30	SP
	24	Uniplast	E1	SP
	24	Uniplast	E2	SP
	29	Alcantara	Cassone	SA
	30	Alcantara	S40-41-42	SA
	31	Alcantara	Sed-MS50-MS41	SA
	32	Alcantara	S50a-b-c-d-bio	SA
	33	Alcantara	MS52a	SA
	36	Alcantara	E4-15	SP
	40	Alcantara	E1-16a	SP
	41	SCB	E3	SP

Tabella 4. Elenco delle sorgenti considerate

3.3. TIPOLOGIA DI SORGENTI

Il calcolo della portata di odore emessa da ciascuna sorgente è diverso a seconda della tipologia di sorgente presa in esame. In particolare le sorgenti considerate nel presente studio si distinguono in:

- sorgenti puntuali (e.g. camini) o areali con flusso indotto (e.g. biofiltri): la portata di odore emessa dipende dalla quota del punto di emissione (e.g. altezza del camino) e dalla portata volumetrica dei gas emessi;
- sorgenti areali senza flusso indotto (e.g. vasche): la superficie di queste sorgenti è esposta direttamente al vento, quindi la portata di odore emessa dipende dalla velocità del vento sulla superficie emissiva.

In Tabella 4 le sorgenti di tipo puntuale sono indicate con la sigla “SP”, mentre quelle areali sono identificate dalla sigla “SA”.

3.3.1. Sorgenti puntuali

Per quanto riguarda i camini e le sorgenti areali con flusso indotto (attive), e più in generale per tutte le sorgenti emissive puntuali, ai fini di una valutazione delle emissioni odorigene non è sufficiente considerare unicamente il valore di concentrazione di odore, bensì è necessario fare riferimento alla portata di odore (OER – Odour Emission Rate), calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di aria emessa, ed espressa in unità odorimetriche al secondo (ou_E/s).

$$OER = c_{od} \cdot Q_{aria}$$

Per convenzione (EN 13725:2003), l’OER è espresso normalizzando la portata di aria a 20°C.

3.3.2. Sorgenti areali senza flusso indotto

Anche per quanto riguarda le vasche di trattamento delle acque, e più in generale le sorgenti di odore areali senza flusso indotto, ai fini di una valutazione delle emissioni odorigene non è sufficiente considerare unicamente il valore di concentrazione di odore. In questo caso è necessario fare riferimento ad altri parametri, quali il flusso specifico e la portata di odore.

Il flusso specifico di odore (SOER – Specific Odour Emission Rate) è una grandezza che, nel caso di una sorgente areale senza flusso indotto, indica le unità odorimetriche emesse per unità di tempo e di superficie. Tale parametro, espresso in unità odorimetriche per metro quadrato e per secondo ($ou_E/s/m^2$) è calcolato moltiplicando il valore di concentrazione di odore per la portata di aria neutra introdotta nella cappa dinamica utilizzata per il campionamento, e successivamente dividendo per l'area di base della cappa stessa:

$$SOER = \frac{c_{od} \cdot Q_{aria}}{A_{base,WT}}$$

La concentrazione di odore all'uscita della cappa, ossia la quantità di sostanze odorigene che passano dalla fase liquida alla fase gas per effetto della corrente di aria inviata nella cappa (convezione forzata) è funzione della velocità della corrente stessa sul pelo libero della superficie liquida.

Più precisamente, considerando che il trasferimento di materia dalla fase liquida alla fase gas avviene secondo le leggi della teoria dello strato limite di Prandtl, è possibile calcolare che la concentrazione di odore è proporzionale all'inverso della radice della velocità:

$$c_{od} \propto \frac{1}{\sqrt{v}} = v^{-\frac{1}{2}}$$

Per questo motivo, anche il flusso specifico di odore è funzione della velocità dell'aria inviata sotto cappa, ed in particolare esso è proporzionale alla radice della velocità stessa:

$$SOER \propto v^{\frac{1}{2}}$$

Nel caso specifico, il flusso specifico di odore è stato in prima battuta valutato considerando la quantità di aria inviata sotto cappa al momento del campionamento, pari a 2500 l/h, che corrispondono ad una velocità dell'aria a contatto con la superficie liquida, all'interno del corpo centrale della cappa, pari a ca. 3,5 cm/s.

Al fine di valutare l'entità delle emissioni di odore in funzione delle condizioni di ventilazione è sufficiente sfruttare le relazioni che legano concentrazione e flusso specifico alla velocità dell'aria inviata sotto cappa.

Anche nel caso delle sorgenti areali senza flusso indotto, la grandezza che consente di valutare le emissioni di odore è la portata di odore (OER – Odour Emission Rate), espressa in

unità odorimetriche al secondo (ou_E/s), e calcolata in questo caso come prodotto fra il flusso specifico di odore e la superficie della sorgente.

$$OER = SOER \cdot A_{sorgente}$$

Nel caso in cui si valuti l'emissione di un vasca di trattamento delle acque, come superficie emissiva si considera la superficie della vasca stessa.

Poiché la portata di odore risulta essere una funzione della velocità dell'aria sulla superficie monitorata, nel caso della valutazione della dispersione delle emissioni di odore da sorgenti areali, la portata di odore è ricalcolata per ciascuna ora del dominio della simulazione facendo riferimento al valore di velocità del vento misurato dalla centralina meteorologica.

3.4. ELENCO E CARATTERISTICHE DELLE SORGENTI CONSIDERATE

La Tabella 5 e la Tabella 6 riportano l'elenco delle sorgenti e tutte le relative caratteristiche impiegate ai fini della simulazione della dispersione delle emissioni di odore, rispettivamente per quanto riguarda le sorgenti emissive della zona industriale di Narni Scalo (Tabella 5), e per la zona industriale che comprende Nera Montoro e San Liberato (Tabella 6).

Si ricorda che, per quanto riguarda le sorgenti puntuali, l'OER è espresso normalizzando la portata di aria a 20°C (EN 13725:2003), mentre per quanto riguarda le sorgenti areali, i dati di concentrazione, di flusso specifico e di portata di odore riportati in Tabella 6 sono riferiti ad una velocità dell'aria di 3,5 cm/s.

Si sottolinea che, per quanto riguarda la SCB, è stato necessario tenere conto della ridottissima frequenza di funzionamento dell'impianto. Sulla base dei tabulati relativi al periodo di simulazione forniti dall'azienda, che riportano gli orari di funzionamento giorno per giorno, a scopo cautelativo, per la simulazione si è considerato che l'impianto lavorasse mediamente 1 ora al giorno, in particolare dalle 8.00 alle 9.00.

Impianto	Denominazione	Coord. UTM E	Coord. UTM N	Quota (m s.l.m.)	Altezza (m)	Diametro equiv. (m)	Sezione/ Superficie (mq)	T (°C)	v_{eff} (m/s)	Durata (h/d)	Durata (d/w)	Geom. sorgente	Q a 0°C (mc/h)	c_{ed} (ou_E/mc)	OER (ou_E/s)
SGL Carbon	E202	296463	4711357	92	28	0.37	0.108	26	16.5	24	7	circ, vert	5960	810	1439
SGL Carbon	E25	296607	4711154	94	130	5.14	20.750	44	6.6	24	7	circ, vert	457036	885	120586
Tarkett	E38	296664	4711811	96	11	0.9	0.636	93	9.7	24	7	circ, vert	20721	580	3583
Tarkett	E60	296629	4711799	97	17	0.85	0.563	32	4.8	24	7	rett, vert	8975	810	2167
Tarkett	E8	296622	4711778	97	15.5	0.6	0.284	30	15.6	24	7	rett, vert	14816	970	4285
Tarkett	E52	296597	4711744	97	45	0.35	0.096	29	25.3	24	7	circ, vert	8149	860	2089
Tarkett	E41	296573	4711706	98	14	0.45	0.159	205	5.2	24	7	circ, vert	2795	910	758
Tarkett	E42 bis	296542	4711764	97	15	0.87	0.594	29	8.9	24	7	circ, vert	17684	580	3058
Depuratore	Cassone fanghi	296120	4711123	89	3	4.24	14.136		0.035	24	7			410	32
Depuratore	Vasca di ossidazione bi	296106	4711105	89	1.4	9.63	72.906		0.035	24	7			140	57
Depuratore	Vasca di stabilizzazione	296100	4711126	89	0.9	14.18	157.920		0.035	24	7			150	132
Depuratore	Arrivo Refluo	296135	4711077	90	1	6.68	35.098		0.035	24	7			720	140

Tabella 5. Elenco e caratteristiche delle sorgenti emissive della zone industriale di Narni Scalo

Impianto	Denominazione	Coord. UTM E	Coord. UTM N	Quota (m s.l.m.)	Altezza (m)	Diametro equiv (m)	Sezione/ Superficie (mq)	T (°C)	v_{est} (m/s)	Durata (h/d)	Durata (d/w)	Geom. sorgente	c_{ed} (ou_E/mc)	OER (ou_E/s)
Adica	E28	292725	4708089	81	15	0.45	0.159	33	13	24	5	circ	720	1600
Adica	E30	292764	4708094	80	13	0.5	0.196	27	7	24	5	circ	770	1143
Uniplast	E1	291758	4707158	79	17	0.8	0.503	29	6.5	24	5	circ	180	633
Uniplast	E2	291768	4707179	78	17	1.8	2.545	31	1.3	24	5	circ, vert	180	636
Alcantara	Cassone	291287	4706506	75	1.8	4.37	15	20	0.035	24	7		19000	1583
Alcantara	S40-41-42	291337	4706505	76	1.2	15.55	190	20	0.035	24	7		25000	26389
Alcantara	Sed-MS50-MS41	291293	4706518	75	4.8	15.3	183.882	20	0.035	24	7		6500	6640
Alcantara	S50a-b-c-d-bio	291297	4706465	76	3.35	18.53	269.560	20	0.035	24	7		290	434
Alcantara	MS52a	291284	4706492	75	1.8	8.44	56	20	0.035	24	7		25000	7778
Alcantara	E4-15	291488	4706673	77	16	1	0.785	28	6.6	24	7	circ, vert	170	950
Alcantara	E1-16a	291515	4706356	78	14	0.54	0.225	34	11.4	24	7	rett	200	552
SCB	E3	290036	4706308	67	20	1.2	1.131	75	7.3	1	2	circ	44000	391856

Tabella 6. Elenco e caratteristiche delle sorgenti emissive della zona industriale comprensiva di Nera Montoro e San Liberato

4. MODELLO CARTOGRAFICO

4.1. DOMINIO DI SPAZIO DELLE SIMULAZIONI

Le griglie di recettori stese sul dominio spaziale di simulazione sono in entrambi i casi di 4000 m x 4000 m, con un punto ogni 100 m. Le dimensioni dei domini di simulazione sono state scelte in modo da includervi tutta la zona industriale di Narni Scalo in un caso, e le zone industriali di Nera Montoro e San Liberato nell'altro.

4.2. EFFETTI DEI RILIEVI OROGRAFICI

La presenza di rilievi orografici nell'area di studio è stata studiata grazie all'opzione di *Partial plume path adjustment* di CALPUFF. Nel modello è stata introdotta come dato di ingresso la matrice delle quote altimetriche del terreno nel dominio di spazio considerato, per ciascun recettore.

5. MODELLO DI DISPERSIONE

5.1. DESCRIZIONE DEL MODELLO

Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA).

CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN_ACE 4/2001 "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale – Aria Clima Emissioni, 2001.

Il modello di dispersione CALPUFF, nel modo in cui è impiegato nell'ambito del presente studio, è classificabile nella tipologia 2 della scheda 9 della norma UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici", ma ha alcune caratteristiche avanzate tali da classificarlo nella tipologia 3 della medesima scheda 9.

CALPUFF è uno dei *preferred models* adottati ufficialmente da US EPA per la stima della qualità dell'aria, con le seguenti motivazioni (Appendix W to Part 51 - Guideline on Air Quality Models. Federal Register, Vol. 68, No. 72, Tuesday, April 15, 2003 / Rules and Regulations):

- «In some public comments there was a general consensus that the technical basis of the CALPUFF modeling system has merit and provides substantial capabilities to not only address long range transport, but to address transport and dispersion effects in some complex wind situations».
- «CALPUFF in its current configuration is suitable for regulatory use for long range transport, and on a case-by-case basis for complex wind situations».

Si rimanda al documento citato per quanto riguarda il rapporto sugli studi circa la validazione e la stima dell'accuratezza del modello.

Fra le ragioni che suggeriscono l'impiego di CALPUFF nel caso in esame, si possono elencare le seguenti.

- L'algoritmo principale di CALPUFF implementa un modello di dispersione non stazionario a puff gaussiano. Questo permette la trattazione rigorosa ed esplicita anche dei periodi nei quali il vento è debole o assente, a differenza dei più noti modelli a pennacchio gaussiano (Gaussian plume models).
- I coefficienti di dispersione sono calcolati dai parametri di turbolenza (u_*, w_*, L_{MO}), anziché dalle classi di stabilità Pasquill-Gifford-Turner. Vale a dire che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete.
- Alle sorgenti emissive possono essere assegnate emissioni variabili nel tempo, ora dopo ora.
- Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo puff è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. In altre parole, il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti dell'aria ascendenti (le comunemente dette "termiche") e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti ai vortici di grande scala.

5.2. EFFETTI DELLE FLUTTUAZIONI ISTANTANEE DI CONCENTRAZIONE DI ODORE

Affinché un odore sia percepibile è sufficiente che la sua concentrazione in aria superi la soglia di percezione anche solo per il tempo di un respiro (in media 3.6 secondi). La concentrazione di odore, così come qualunque variabile scalare dell'atmosfera, fluttua istantaneamente per effetto della turbolenza. Poiché il modello di dispersione impiegato produce come output, per ciascuna ora e ciascun recettore, la media oraria della concentrazione di odore, è necessario dedurre da questa la concentrazione oraria di picco, definita come la concentrazione che in un'ora è oltrepassata con probabilità 10^{-3}, cioè per più di 3.6 secondi. Studi scientifici (NSW Environment Protection Authority, "Technical Notes. Draft Policy: Assessment and Management of Odour from Stationary Sources in NSW",

Sydney, 2001) dimostrano, a questo proposito, che la stima della concentrazione di picco può essere condotta moltiplicando la concentrazione media oraria per un coefficiente (*peak-to-mean ratio*) dedotto sperimentalmente, e dipendente soprattutto dalla morfologia della sorgente. Nel presente studio è stato adottato un *peak-to-mean ratio* di 2.3, considerando quanto segue.

- La sorgenti in esame sono modellizzabili, secondo i casi, come sorgenti areali o puntiformi aventi una bassa quota del punto di emissione e soggette ad effetto-scia. Per questo tipo di sorgenti è consigliato un P/M compreso fra 1.9 e 2.5, preferibilmente di 2.3 (NSW-EPA, "Technical Notes [...]", cit., p. 85)
- E' comunque possibile mantenere un P/M pari a 2,3 anche nel caso di sorgenti ad alta quota, in quanto l'effetto sulle concentrazioni medie del serpeggio in direzione verticale (più precisamente: l'effetto dell'asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle fluttuazioni della componente "z" del vettore velocità istantanea) è esplicitamente descritto da CALPUFF mediante la distribuzione non gaussiana delle concentrazioni all'interno del puff lungo la verticale.
- Poiché il rapporto fra la quota (effettiva) dei punti di emissione e l'altezza media dello strato limite convettivo è z/h<0,., e poiché la quota effettiva del punto di emissione rispetto al suolo è inferiore all'altezza media del "surface layer" (circa 50 m), l'effetto sulle concentrazioni di picco del serpeggio in direzione verticale è modesto e i moti convettivi hanno semmai l'effetto di far decrescere la concentrazione istantanea al suolo piuttosto che crescere (Luhar A.K., Hibberd M.F., Borgas M.S. "A skewed meandering plume model for concentration statistics in the convective boundary layer" Atmospheric Environment 34 (2000) p. 3610. Arya S.P. "Air pollution meteorology and dispersion" (1999) Oxford University Press, New York, USA, p. 189).

5.3. ELABORAZIONE DEI RISULTATI

5.3.1. Limiti di accettabilità dell'impianto

Per quanto riguarda l'odore, attualmente, in Italia, non esistono riferimenti che riportino limiti di accettabilità in immissione.

Tuttavia, è importante sottolineare che la Regione Lombardia ha recentemente emanato una linea guida specifica relativa alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno (DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018).

La suddetta linea guida prevede che "il progettista di un nuovo impianto o di una modifica sostanziale con ripercussioni sulle emissioni odorigene o in caso di conclamate problematiche olfattive, deve, partendo da dati di bibliografia o da esperienze consolidate o da indagini mirate, ricercare tutte le possibili fonti di disturbo olfattivo, associare a queste fonti una portata d'odore (ou_E/s) e, sulla base dei dati metereologici … e l'orografia del territorio, utilizzare un modello di dispersione … per verificare quale sarà l'entità del disturbo olfattivo provocato nel raggio di 3 km dai confini dello stabilimento sui ricettori presenti in questa area".

La linea guida prevede che, sulla base della modellazione della dispersione dell'odore siano "redatte delle mappe di impatto dove devono essere riportati i valori di concentrazione orarie di picco di odore al 98° percentile su base annuale, così come risultanti dalla simulazione a 1, 3 e 5 ou_E/m^3", considerando che all'1 ou_E/m^3il 50% della popolazione percepisce l'odore, a 3 ou_E/m^3 l'85% della popolazione percepisce l'odore e a 5 ou_E/m^3 il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

Per quanto riguarda l'estero, uno dei primi riferimenti normativi in cui vengano indicati dei criteri di accettabilità in immissione è la linea guida dell'Agenzia Ambientale del Regno Unito (UK-EA) "IPPC-H4. Integrated Pollution Prevention and Control - Draft. Horizontal guidance for Odour. Part 1 – Regulation and Permitting" (Environmental Agency, Bristol, 2002).

I limiti di riferimento della suddetta linea guida dipendono dal tono edonico, ossia dalla gradevolezza/sgradevolezza degli odori emessi dall'impianto in esame. Nel caso di odori considerati sgradevoli, i limiti sono più restrittivi, mentre il valore limite di concentrazione di odore si alza per emissioni di qualità più gradevole.

Nel caso specifico, i criteri indicativi di valutazione di accettabilità di esposizione agli odori espressi nella linea guida UK-EA, in termini di concentrazione di odore a livello del suolo, sono riportati in Figura 8.

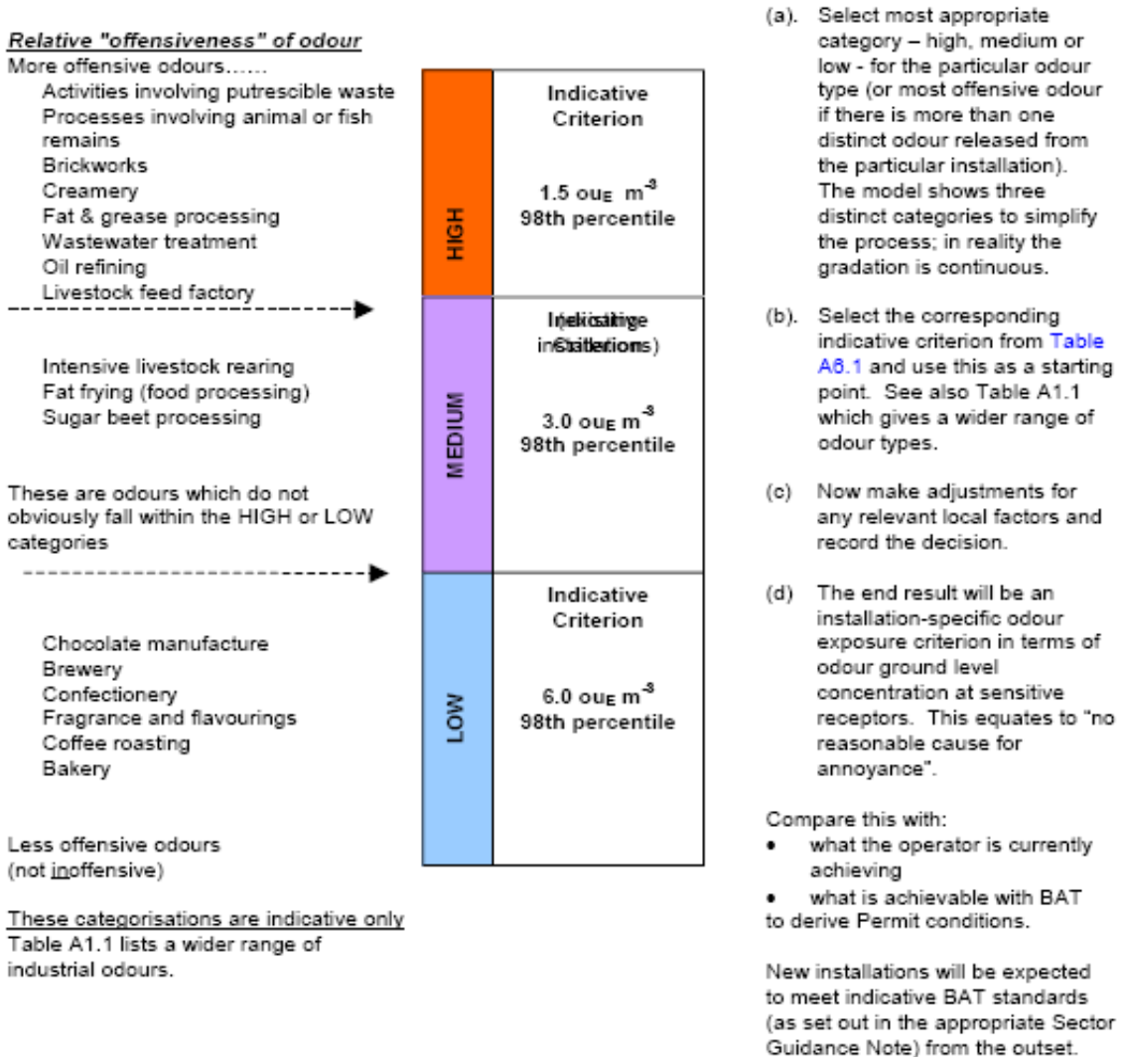


Figura 8. Criteri di valutazione di accettabilità di esposizione agli odori secondo la linea guida UK-EA

5.3.2. Calcolo dei percentili di concentrazione

Per ciascuno dei recettori idealmente disposti sul territorio circostante al sito in esame e per ogni ora del dominio di tempo della simulazione, CALPUFF calcola la concentrazione media oraria di ciascuno degli inquinanti presi in esame nel presente studio. Tutte le concentrazioni di odore restituite dal modello sono inoltre moltiplicate per il *peak-to-mean ratio*, così da ottenere le concentrazioni di picco di odore per ogni recettore e per ogni ora del dominio di tempo.

Dalla matrice delle concentrazioni al suolo, per ogni ora del dominio di tempo, per ogni recettore, sono estratti i percentili di ordine 98 e i massimi delle concentrazioni medie orarie (un valore per ciascun recettore).

Nel caso della concentrazione di odore, come definito dalla norma EN 13725:2003, l'odore di un campione aeriforme avente concentrazione di odore pari a 1 ou_E/m^3 è percepibile solo dal 50% degli individui. Quindi, ad esempio, se presso un dato recettore il 98° percentile delle concentrazioni orarie è di 1 ou_E/m^3, la concentrazione di picco di odore simulata nell'aria al suolo è inferiore a 1 ou_E/m^3 per il 98% delle ore nell'anno considerato; quindi il 50% della popolazione non può percepire l'odore emesso dalle sorgenti in esame (nemmeno i picchi di odore) per più del 2% delle ore su base annua.

6. PRESENTAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISULTATI

I 2 allegati riportano le mappe del 98° percentile su base annua della concentrazione di picco di odore relative alle emissioni rispettivamente della zona industriale di Narni Scalo (Allegato 1) e di quella di Nera Montoro e San Liberato (Allegato 2). Sullo sfondo di ciascuna delle mappe è visibile la corografia della zona.

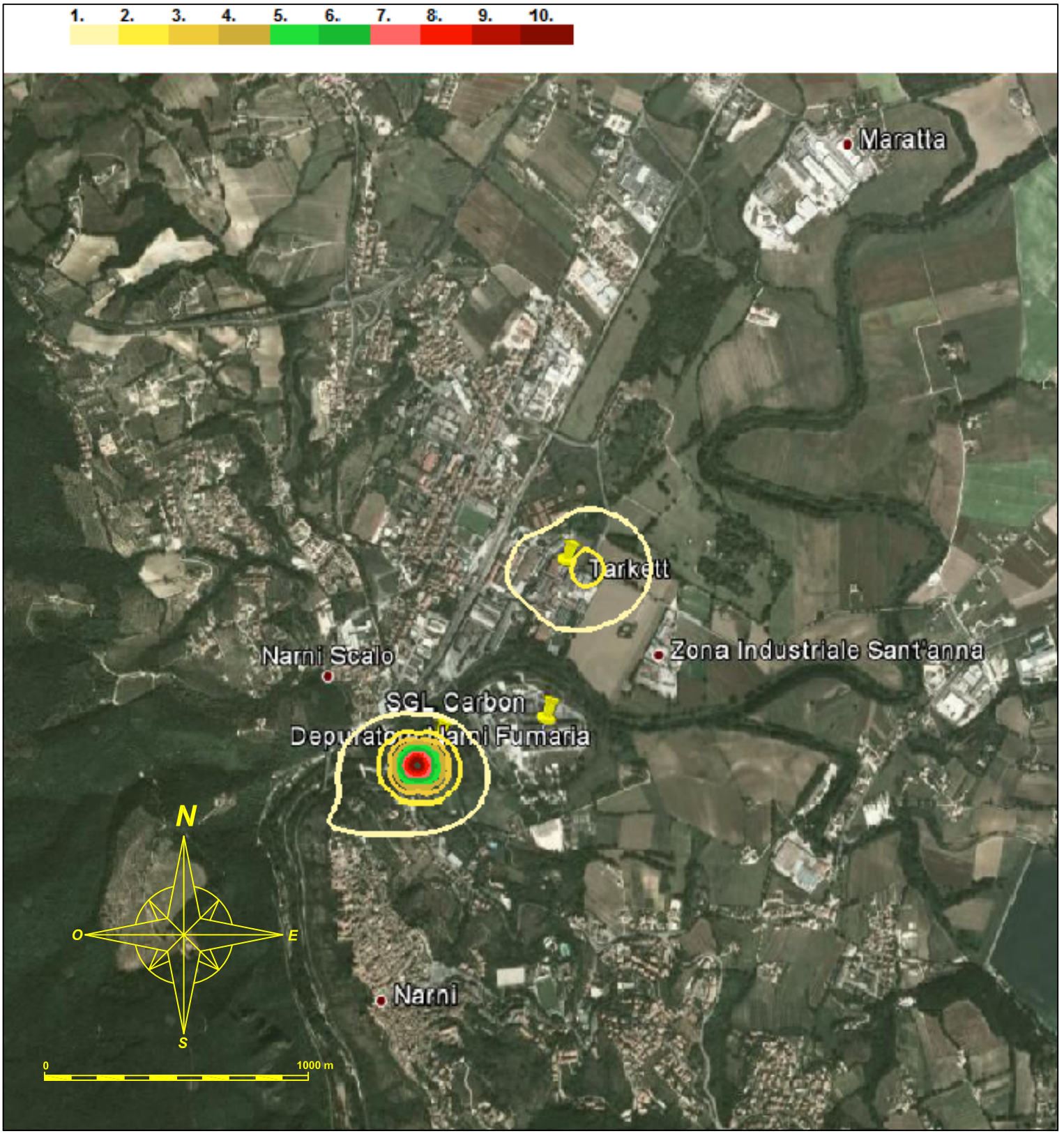
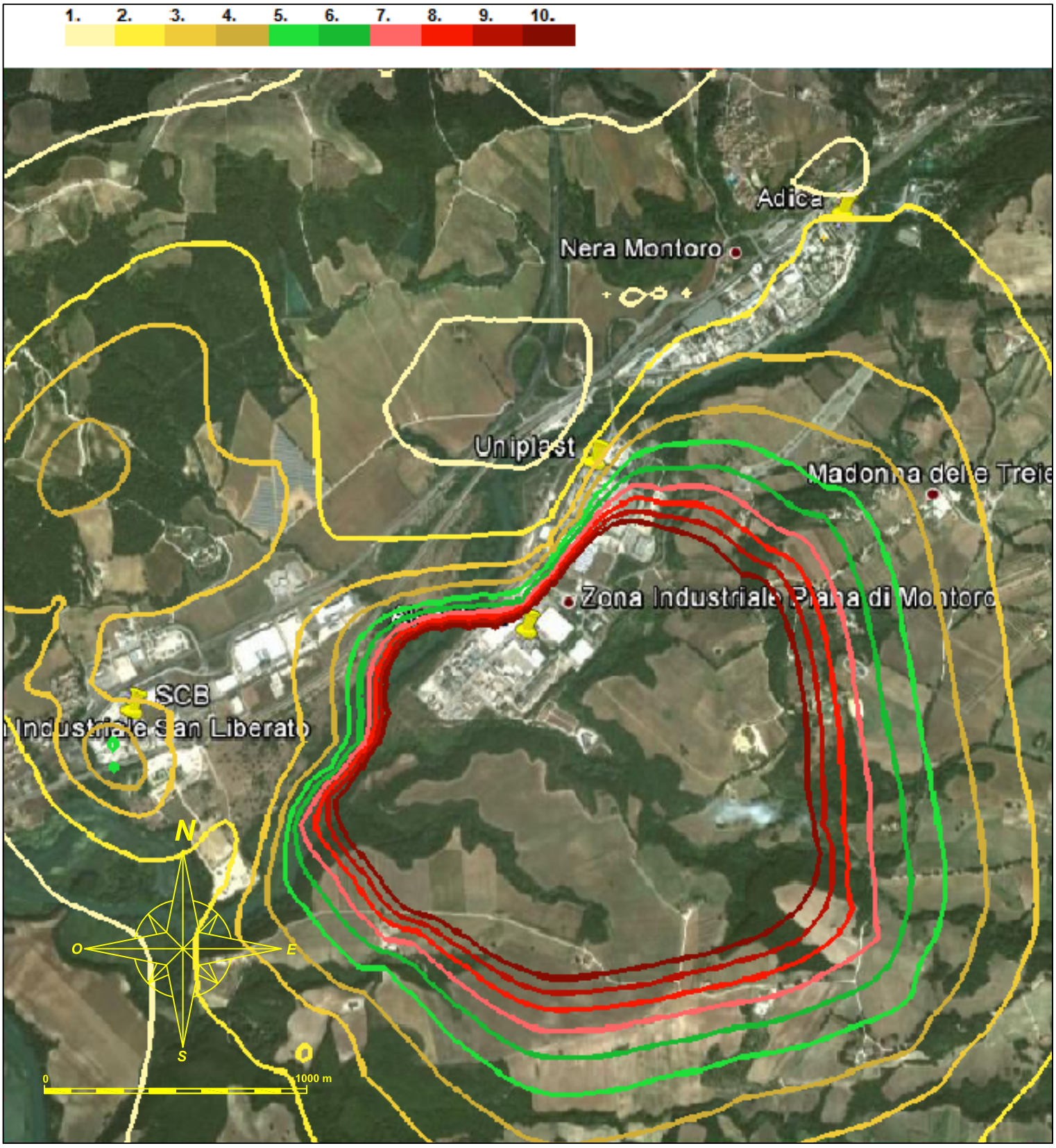
Le mappe riportano, indicate con colori differenti, le isoplete relative rispettivamente al 98° percentile della concentrazione oraria di picco di odore. In alto a sinistra è riportata una barra numerata che indica il valore di concentrazione in aria ambiente che è costante su ciascuna delle isoplete riportate. La scala adottata per la rappresentazione dei risultati dello studio è compresa fra 1 e 10 ou_E/m^3.

E' opportuno ribadire che le concentrazioni visibili sulle mappe relative al 98° percentile non sono medie annuali, ma sono le concentrazioni (incrementate anche del fattore dovuto alle fluttuazioni istantanee; cfr. paragrafo 5.2) che sono superate per più del 2% delle ore all'anno.

L'Allegato 1 riporta la mappa del 98° percentile su base annua della concentrazione di picco di odore relative alle emissioni della zona industriale di Narni Scalo, in una scala compresa fra 1 e 10 ou_E/m^3. Dalla mappa è possibile osservare che, sebbene l'impatto olfattivo relativo agli impianti presenti non sia nullo (in particolare per quanto riguarda la Tarkett e il depuratore), questo sia comunque talmente ridotto da poter essere ritenuto poco significativo.

L'Allegato 2 la mappa del 98° percentile su base annua della concentrazione di picco di odore relative alle emissioni della zona industriale che comprende Nera Montoro e San Liberatolo, in una scala compresa fra 1 e 10 ou_E/m^3. Dalla mappa appare evidente una situazione di impatto olfattivo non trascurabile, di cui i maggiori responsabili risultano essere la Alcantara, in particolare per quanto riguarda l'impianto di depurazione asservito all'azienda, e la SCB, sebbene nel caso di quest'ultima l'impatto sia limitato dalla bassa frequenza di funzionamento (per il modello è stata considerata cautelativamente una frequenza di funzionamento di 1 ora al giorno, nonostante quella effettiva sia mediamente inferiore).

Allegato 1. Impatto olfattivo nell'area industriale di Narni Scalo:
Mappa del 98° percentile su base annua della concentrazione di picco di odore



Allegato 2. Impatto olfattivo nell'area industriale di Nera Montoro e San Liberato: Mappa del 98° percentile su base annua della concentrazione di picco di odore