

Ditta Miteni S.p.A. di Trissino

Simulazione modellistica della dispersione in atmosfera di PFOA

(Attività di Supporto al DAP Vicenza)

Sommario

Premessa.....	2
1 Oggetto delle simulazioni.....	2
2 Obiettivo delle simulazioni	2
3 Impostazione delle simulazioni	2
3.1 Strumento modellistico.....	2
3.2 Domini e configurazioni di calcolo	3
3.3 Inquinanti valutati e loro trattazione.....	3
3.4 Arco temporale delle simulazioni.....	3
3.5 Parametri emissivi	3
3.5.1 Fonte dei dati a disposizione.....	3
3.5.2 Emissioni simulate.....	4
4 I risultati delle simulazioni	4
4.1 Concentrazioni.....	4
4.2 Flussi di deposizione	9
5 Conclusioni	12
Riferimenti bibliografici essenziali	12

Premessa

La presente relazione espone gli esiti delle simulazioni di dispersione in atmosfera svolte dall'Ufficio Inventari e Modellistica (IMA) a supporto delle indagini ambientali svolte dal Dipartimento Provinciale di Vicenza sulla contaminazione ambientale di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nel territorio di Trissino.

In particolare il Dipartimento provinciale di Vicenza ha richiesto il supporto specialistico di IMA per l'elaborazione modellistica delle ricadute di emissione di PFAS provenienti dalla ditta Miteni S.p.A.

1 Oggetto delle simulazioni

Le simulazioni modellistiche hanno riguardato la dispersione in atmosfera:

1. dei fumi emessi dal camino E17, caratterizzati secondo quanto risultato nel controllo a camino di ARPAV del 16 febbraio 2017
2. del vapore acqueo emesso dal tiraggio forzato delle ventole delle due torri evaporative dell'impianto Miteni; il calcolo di ricaduta al suolo è stato svolto considerando una contaminazione dell'acqua utilizzata dalle torri pari a concentrazioni di acido perfluorottanoico (PFOA) di 500 ng/l (valore comunicato dal Dipartimento di Vicenza).

2 Obiettivo delle simulazioni

L'obiettivo principale dell'attività modellistica è fornire elementi utili per le indagini ambientali in corso, integrando le informazioni ricavabili con le misure in campo con i peculiari elementi informativi di un'applicazione modellistica:

- estensione della valutazione puntuale delle misure ad una valutazione spaziale (mappatura);
- valutazione delle aree maggiormente investite da ricadute al suolo;
- estensione della valutazione da un periodo di tempo limitato (campagne di monitoraggio) a periodi temporali maggiori (periodo annuale);
- valutazione delle condizioni meteorologiche ed emissive più critiche in termini di concentrazioni e deposizioni al suolo;
- valutazione per ipotesi emissive differenziate (scenari).

Nel caso dell'impianto Miteni l'applicazione modellistica è svolta per comprendere la significatività dell'apporto atmosferico rispetto alla contaminazione ambientale veicolata dalle acque.

Si precisa che, a parità di condizioni meteo e della spinta ipotizzata per i pennacchi (velocità e temperatura dei fumi o del vapore emesso dalle torri), la concentrazione stimata al suolo può essere riscalata proporzionalmente qualora si ipotizzi una diversa concentrazione di tale contaminante nei fumi o nelle acque utilizzate dalle torri.

3 Impostazione delle simulazioni

3.1 Strumento modellistico

Le simulazioni sono state condotte utilizzando il modello di dispersione non stazionario CALPUFF (Scire et al., 2001, v. 5.8), in catena al preprocessore meteorologico CALMET (Scire et al., 2000, v. 5.8).

CALPUFF è un modello non stazionario¹ a puff gaussiani per il calcolo della dispersione degli inquinanti rilasciati da diverse categorie di sorgenti emissive (puntuali, areali, lineari, volumetriche). CALPUFF implementa algoritmi per la trattazione della deposizione secca e umida, di alcune trasformazioni chimiche e di alcuni effetti prossimi alla sorgente (*building downwash*, fumigazione, innalzamento progressivo del pennacchio) nonché considera un'eventuale penetrazione parziale nello strato

¹ Consente di simulare gli effetti di condizioni meteorologiche variabili nel tempo e nello spazio.

rimescolato. Pur essendo prevista l'opzione dell'utilizzo di dati meteorologici puntuali (similmente ai più comuni modelli gaussiani stazionari), le piene potenzialità del codice di CALPUFF vengono attivate se utilizzato in congiunzione con i campi meteorologici tridimensionali generati da CALMET. CALMET, a sua volta, è un modello meteorologico diagnostico che, a partire da dati osservati (al suolo e di profilo) e da dati geofisici produce campi orari tridimensionali di vento e bidimensionali di diverse variabili meteorologiche e micrometeorologiche.

CALPUFF è indicato dalla US-EPA² come modello di riferimento per applicazioni che coinvolgono il trasporto di inquinanti su lunghe distanze, oppure per applicazioni in campo vicino quando sono importanti effetti non stazionari come variabilità delle condizioni meteorologiche, calme di vento, discontinuità terra-mare, ecc. (http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm).

L'utilizzo della catena CALMET-CALPUFF è dunque stata considerata idonea al caso studio che deve trattare sorgenti (camini dell'impianto) posizionati a ridosso della zona collinare di Trissino.

3.2 Domini e configurazioni di calcolo

L'input meteorologico è stato elaborato dall'Ufficio Agrometeorologia e Meteorologia Ambientale del CMT, tramite il modello CALMET su un dominio di dimensione 8x8 km² centrato sulla zona dell'impianto Miteni, con griglia a risoluzione di 250 m.

Le concentrazioni e le deposizioni sono state stimate tramite CALPUFF sul medesimo dominio e con la medesima risoluzione di 250 m.

3.3 Inquinanti valutati e loro trattazione

La trattazione dell'acido perfluorottanoico (PFOA) è stata svolta con CALPUFF simulandone la dispersione come specie veicolate dal particolato fine. Il PFOA, infatti, si trova allo stato solido sotto i 45-50° C (il punto di ebollizione inoltre è di 189°C).

La parametrizzazione del particolato in CALPUFF richiede nello specifico di definire una media geometrica del diametro delle particelle e una deviazione standard geometrica di tale media. La granulometria impostata nella simulazione corrisponde ad una distribuzione della dimensione del particolato di tipo lognormale unimodale con moda su 0.84 µm e con deviazione standard 2 µm. Per i coefficienti di scavenging³ per le precipitazioni liquide e solide, usati per il calcolo della deposizione umida, sono stati mantenuti i valori di default proposti da CALPUFF per le polveri fini (precipitazioni liquide: $1 \cdot 10^{-4}$, precipitazioni solide: $3 \cdot 10^{-5}$).

3.4 Arco temporale delle simulazioni

La simulazione modellistica ha riguardato l'intero anno solare 2016.

3.5 Parametri emissivi

Per il calcolo di dispersione con CALPUFF è necessario indicare per ciascun camino i seguenti dati:

- localizzazione;
- altezza e diametro del camino;
- velocità e temperatura di uscita dei fumi;
- flusso di massa dell'inquinante.

3.5.1 Fonte dei dati a disposizione

I dati necessari per l'applicazione modellistica sono stati desunti dalle seguenti fonti.

- geolocalizzazione del camino e delle torri evaporative tramite google earth e planimetria impianto;

² Environmental Protection Agency degli USA.

³ Coefficiente di rimozione empirico dipendente dal tipo di precipitazione (acquosa o congelata) e dalla natura dell'inquinante.

- altezza e diametro per camino E17 da dati forniti dal DAP di Vicenza;
- descrizione delle torri evaporative da scheda fornitore (fornita dalla ditta);
- concentrazione fumi camino E17 da misura ARPAV del 16/2/2017, pari a 300 ng/Nm³
- concentrazione acque delle torri evaporative, da ipotesi di contaminazione pari a 500 ng/l, corrispondente a quanto indicato dal DAP di Vicenza.

3.5.2 Emissioni simulate

In Tabella 1 sono descritte le sorgente modellizzate.

In Tabella 1: caratteristiche fisiche delle sorgenti e dei fumi modellizzati.

Sorgente	X Coord UTM32	Y Coord UTM32	Altezza	Diametro	Velocità effluente	Temp. effluente	Portata effluente	Flusso di massa PFOA
	m	m	m	m	m/s	°C	m ³ /s	g/s
Camino E17	686386	5047184	20	0.24	6.5	48	0.29	7.44 · 10 ⁻⁸
Torre raffreddamento 1	686403	5047325	8	4	1.9	25	23.65	1.3 · 10 ⁻⁷
Torre raffreddamento 2	686399	5047327	8	4	1.9	25	23.65	1.3 · 10 ⁻⁷

Il rilascio dalle torri di raffreddamento è stato ipotizzato e parametrizzato a partire dal quantitativo annuo di acqua di reintegro comunicata dalla ditta e pari a 16872 m³/anno. Il flusso di massa emesso di PFOA è stato ottenuto dividendo tale quantitativo per ciascuna ora dell'anno e considerando una contaminazione delle acque pari a 500 ng/L. La velocità dell'effluente (l'aria ricca di vapore acqueo) è stata ipotizzata da valori ritrovati in letteratura tecnica per torri evaporative con ventole simili.

Dal confronto dei flussi di massa in In Tabella 1 si osserva che, secondo la ricostruzione delle emissioni adottata, le due torri evaporative emetterebbero circa 4 volte il flusso di massa stimato all'emissione dal camino E17 a partire dalla misure di controllo ARPAV di febbraio 2017.

4 I risultati delle simulazioni

4.1 Concentrazioni

In Figura 1 è presentata la mappe delle concentrazioni medie annue di PFOA stimate dal modello per il camino E17 e in Figura 2 per le torri evaporative.

La concentrazione annua massima al suolo per il contributo del camino E17 è stimata avvenire a circa 60 m a Sud del camino, all'interno del confine dell'azienda, ed è pari a 4.2×10^{-3} ng/m³, ovvero **4 pg/m³**.

La concentrazione annua massima al suolo per il contributo delle torri evaporative è stimata avvenire a circa 200 m a Sud delle torri, all'interno del confine dell'azienda, ed è pari a 24×10^{-3} ng/m³, ovvero **24 pg/m³**.

I valori massimi di concentrazione annua al suolo di PFOA stimati ai confini dell'azienda sono:

- per il camino E17 pari a **2 pg/m³**
- per le torri evaporative pari a **10 pg/m³**

Figura 1. Concentrazione media annua di PFOA (ng/m³) dovuta all'emissione del camino E17 (area ampia e zoom).

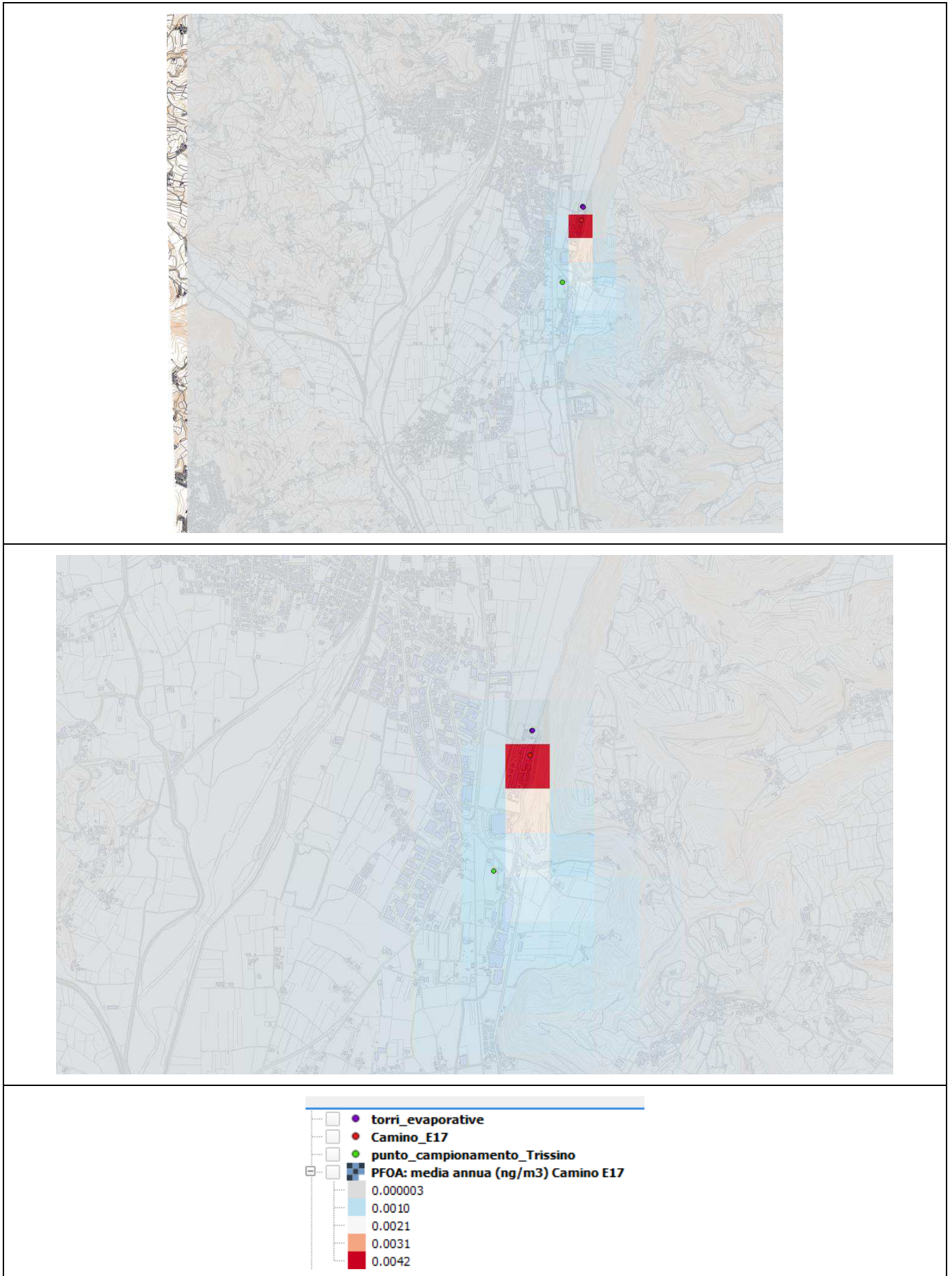
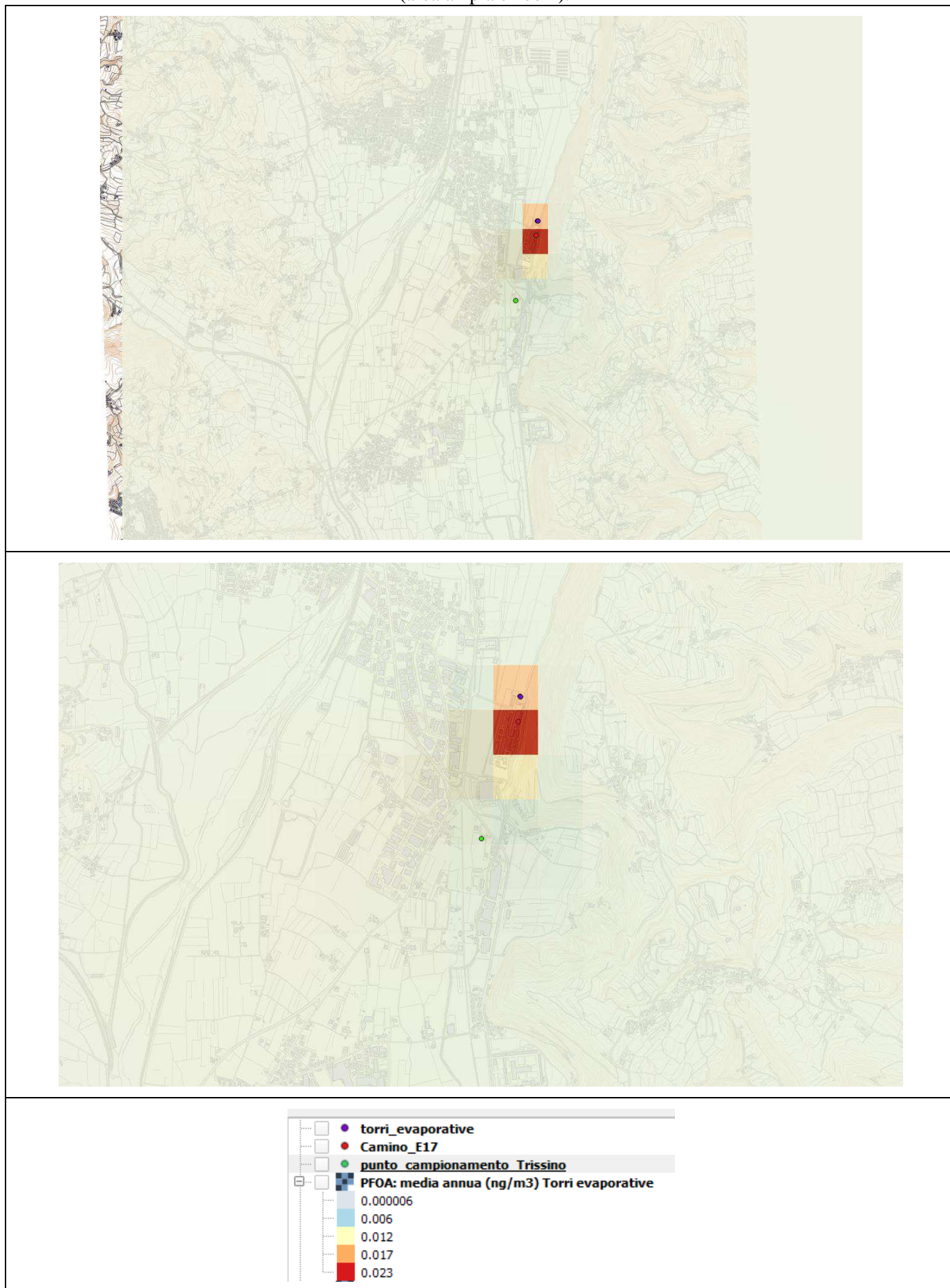


Figura 2. Concentrazione media annua di PFOA (ng/m^3) dovuta all'emissione delle torri evaporative (area ampia e zoom).



In Figura 3 è presentata la mappa delle concentrazioni di PFOA massime giornaliere di un anno stimate dal modello per il camino E17 e in Figura 4 per le torri evaporative.

La concentrazione giornaliera massima al suolo per il contributo del camino E17 è stimata avvenire a circa 60 m a Sud del camino, all'interno del confine dell'azienda, ed è pari a $17 \times 10^{-3} \text{ ng/m}^3$, ovvero **17 $\mu\text{g/m}^3$** .

La concentrazione giornaliera massima al suolo del contributo delle torri evaporative è stimata avvenire a circa 55 m a Sud delle torri, all'interno del confine dell'azienda, ed è pari a $61 \times 10^{-3} \text{ ng/m}^3$, ovvero **61 $\mu\text{g/m}^3$** .

Figura 3. Concentrazione massima giornaliera di PFOA (ng/m^3) dovuta all'emissione del camino E17.

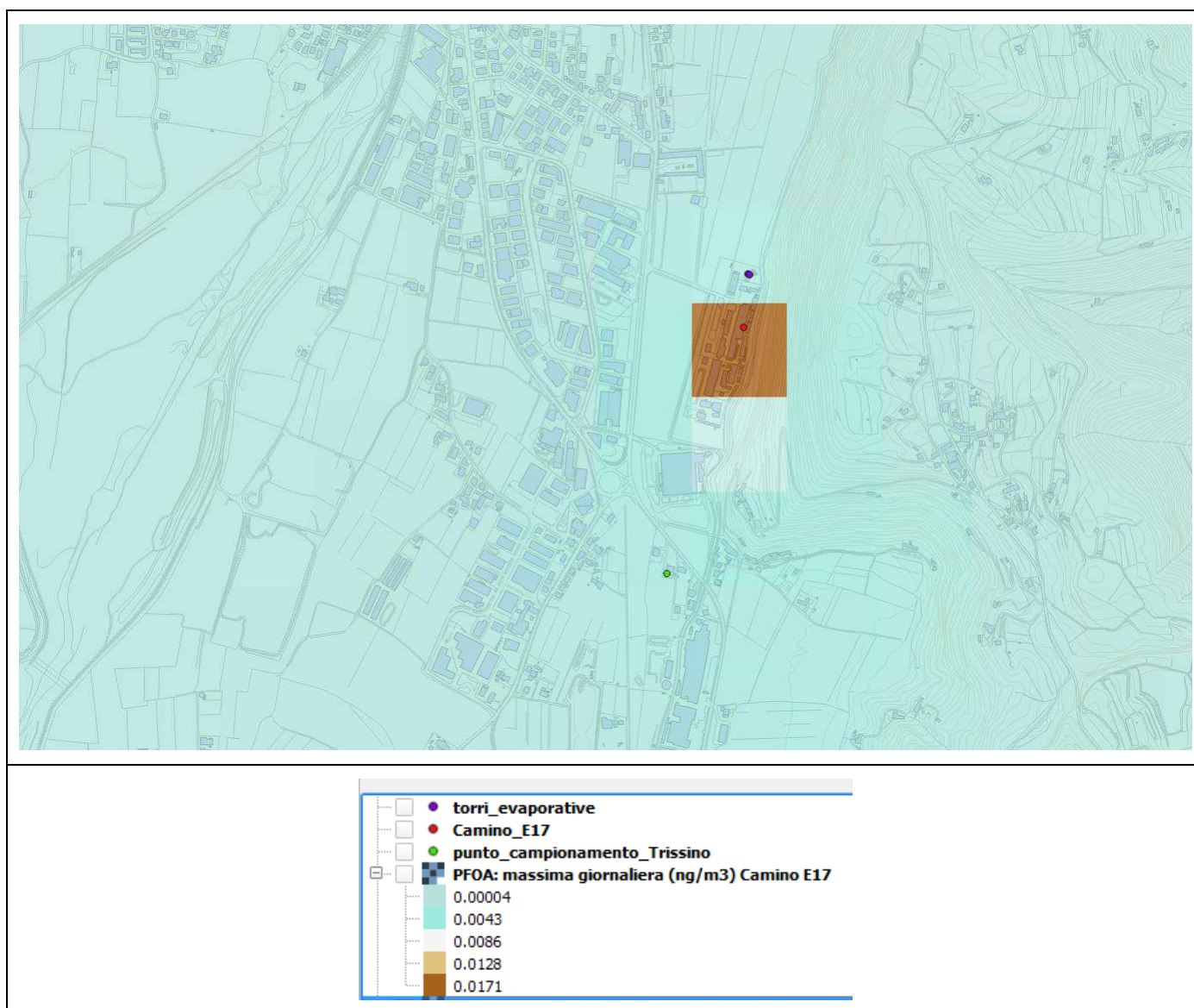
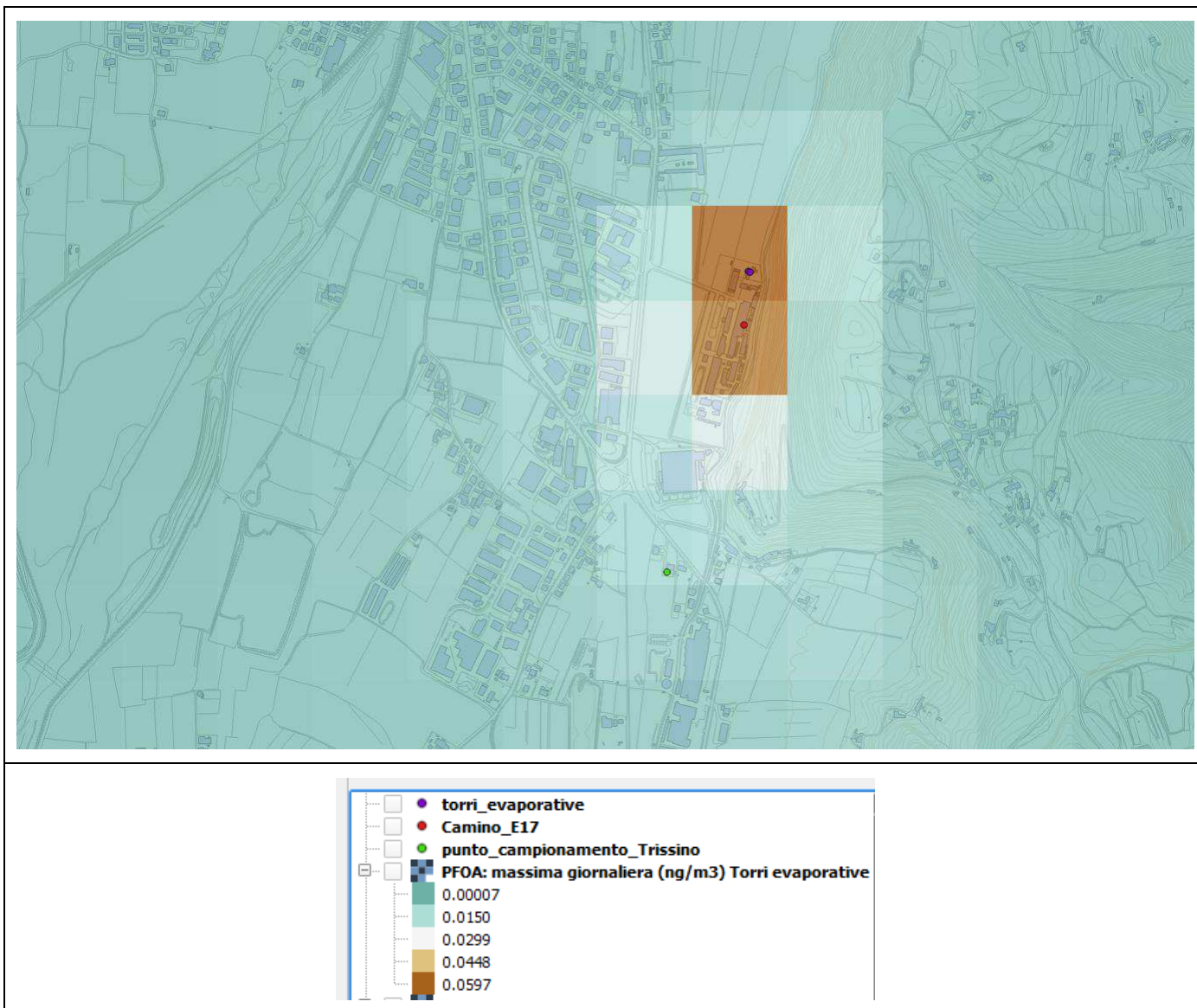


Figura 4. Concentrazione massima giornaliera di PFOA (ng/m^3) dovuta all'emissione delle torri evaporative



La massima concentrazione giornaliera in un anno stimata al suolo per il PFOA ai confini dell'azienda è:

- per il camino E17 pari a **6 pg/m^3**
- per le torri evaporative pari a **24 pg/m^3**

In corrispondenza del sito di Via Stazione a Trissino, posto a circa 350 metri dal confine sud dell'azienda a Sud Ovest dell'impianto, i valori di concentrazione di PFOA stimati dal modello sono i seguenti:

- per il camino E17, media annua pari a **1 pg/m^3** e massimo giornaliero pari a **3 pg/m^3**
- per le torri evaporative, media annua pari a **4 pg/m^3** e massimo giornaliero pari a **13 pg/m^3**

In Tabella 2 sono riportati i valori delle concentrazioni massime al suolo di PFOA stimate per la media annua e il massimo giornaliero della simulazione della dispersione del camino E17, nonché le coordinate di tali punti e la distanza dal camino.

Tabella 2. Simulazione camino E17: punti di massima ricaduta al suolo e distanza dal camino.

Simulazione camino E17		X_UTM32	Y_UTM32	distanza (m)	
Concentrazione PFOA (pg/m^3)		(km)	(km)	da camino E17	
Media annua	4	686.375	5047.125	60	
Massimo giornaliero	17	686.375	5047.125	60	

In Tabella 3 sono riportati i valori delle concentrazioni massime al suolo di PFOA stimate per la media annua e il massimo giornaliero della simulazione della dispersione delle torri evaporative, nonché le coordinate di tali punti e le distanze dalle due torri.

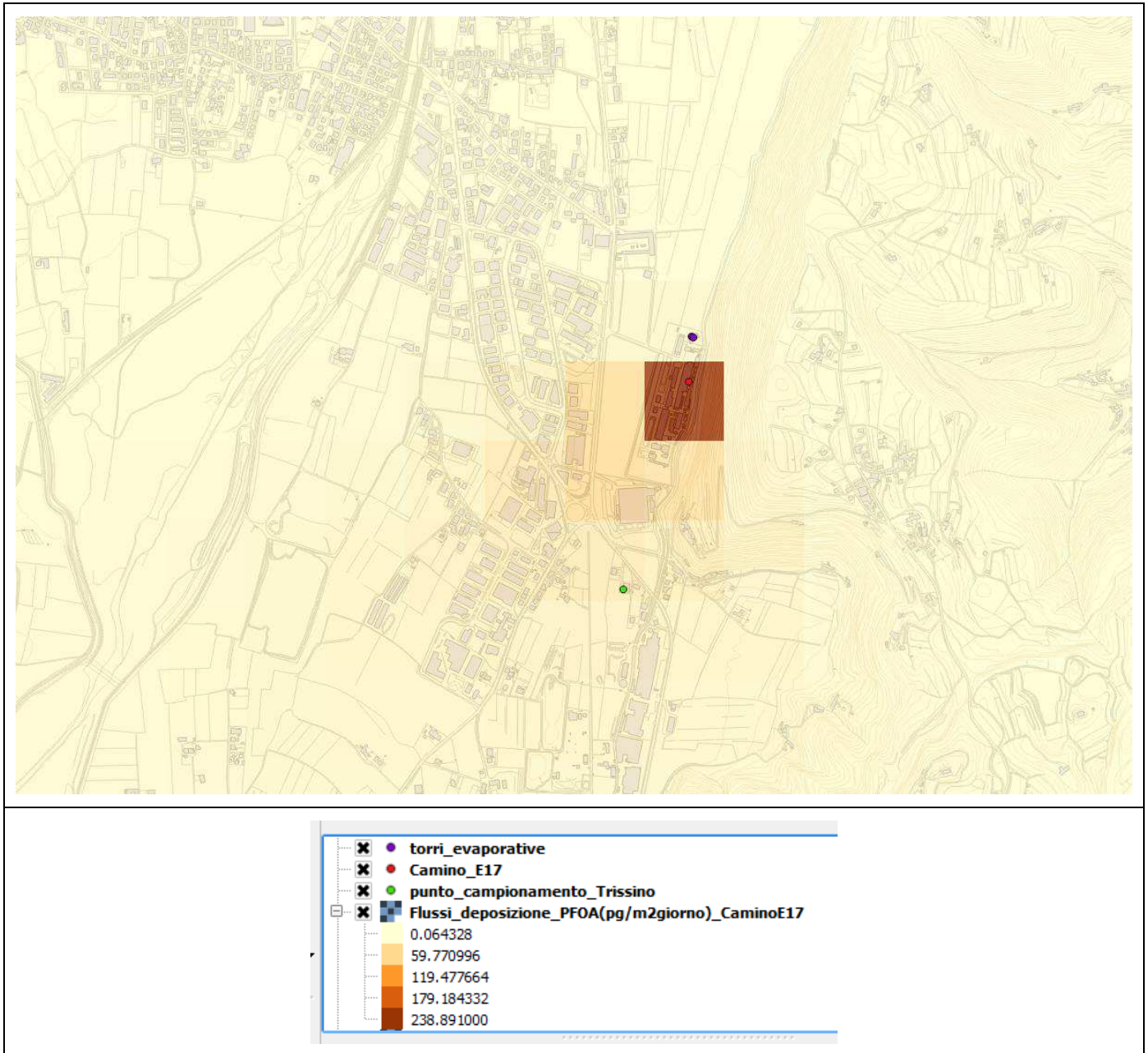
Tabella 3. Simulazione torri evaporative: punti di massima ricaduta al suolo e distanza dalle torri,

Simulazione torri evaporative		X_UTM32	Y_UTM32	distanza (m)	
Concentrazione PFOA (pg/m^3)		(km)	(km)	da torre 1	da torre 2
Media annua	24	686.375	5047.125	203	202
Massimo giornaliero	61	686.375	5047.375	54	57

4.2 Flussi di deposizione

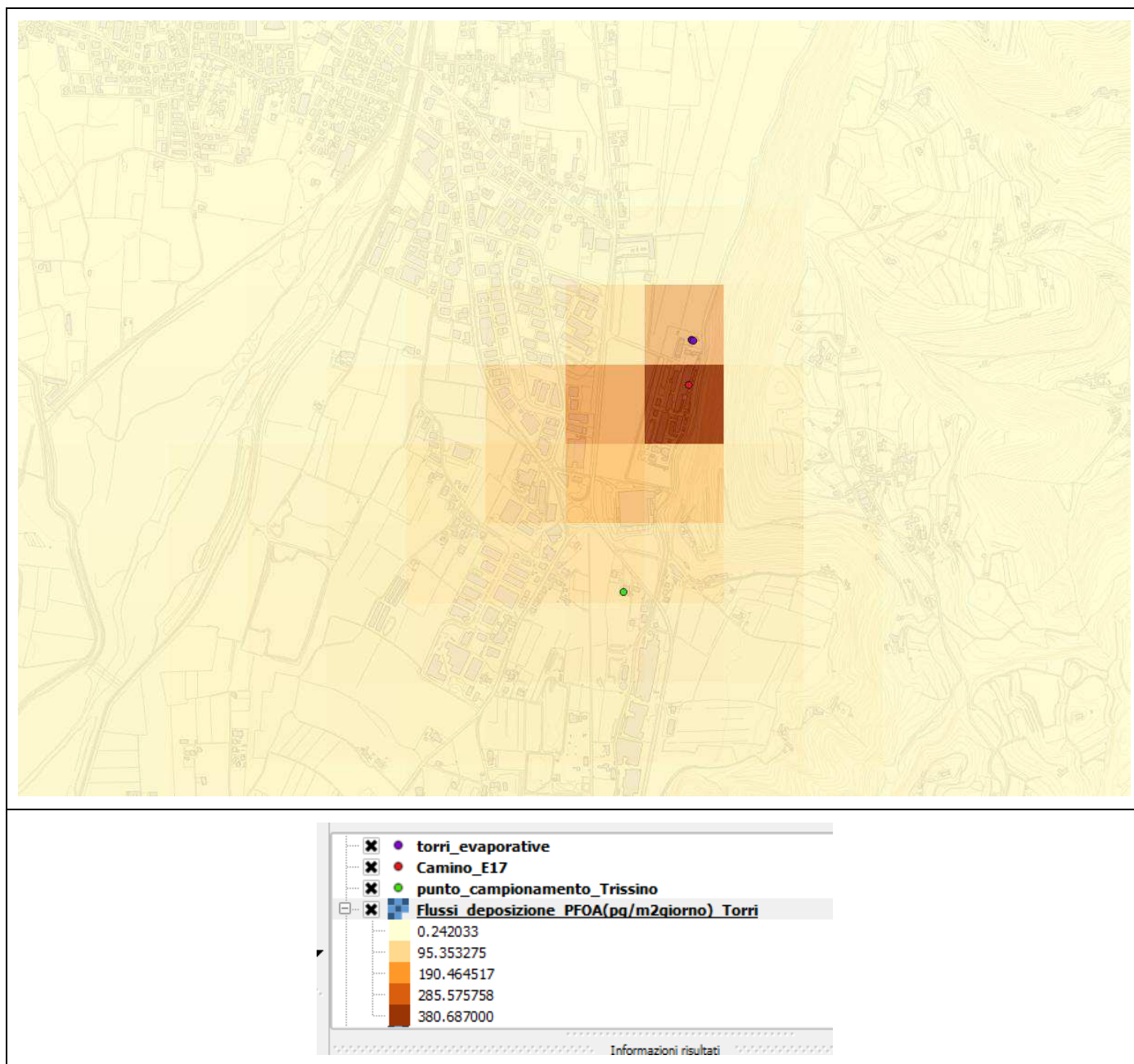
In Figura 5 è presentata la mappa dei flussi di deposizione giornalieri medi di un anno stimati per il PFOA emesso dal camino E17. Il massimo flusso di deposizione è calcolato avvenire nel medesimo punto della concentrazione massima al suolo, ovvero il punto a 60 metri circa a Sud del camino, all'interno dei confini dell'azienda. Tale posizione corrisponde al punto recettore del modello più prossimo al camino di cui si è modellizzata l'emissione. Il valore stimato è di **239 ($\text{pg}/(\text{m}^2 \text{ giorno})$)**.

Figura 5. Flussi di deposizioni orari di PFOA mediati su tutto l'anno ($\text{pg}/(\text{m}^2 \text{giorno})$) stimati a partire dall'emissione del camino E17



In Figura 6 è presentata la mappa dei flussi di deposizione orari medi di un anno stimati per il PFOA emesso dalle torri evaporative. Il massimo flusso di deposizione è calcolato avvenire a 200 metri circa a Sud delle torri, sempre all'interno dei confini dell'azienda. Il valore stimato è di **380 ($\text{pg}/(\text{m}^2 \text{giorno})$)**.

Figura 6. Flussi di deposizioni orari di PFOA mediati su tutto l'anno (ng/(m2 sec)) stimati a partire dall'emissione delle torri evaporative.



5 Conclusioni

Nel presente relazione sono stati presentati i risultati delle stime modellistiche della dispersione in atmosfera di acido perfluorottanoico (PFOA) proveniente dai fumi emessi dal camino E17 e dalle torri evaporative.

Le stime modellistiche sono state svolte considerando la dispersione di PFOA in forma particolata con granulometria fine.

La modellizzazione ha trattato le emissioni di PFOA dal camino E17 e dalle torri evaporative: emissioni eventualmente associate ad altre fasi lavorative non sono state prese in considerazione.

Lo scenario emissivo modellizzato ha assunto una concentrazione costante ed ininterrotta per tutto l'arco dell'anno da parte delle sorgenti emissive considerate. L'anno meteorologico modellizzato è il 2016.

Assumendo la contaminazione delle acque di raffreddamento utilizzate nelle torri pari a 500 ng/l di PFOA e un rilascio dalle torri pari ai quantitativi di acqua reintegrata nel circuito in un anno, si è stimato che esse diano un contributo di inquinamento maggiore rispetto ai fumi emessi dal camino E17 e simulati utilizzando la concentrazione a camino di PFOA misurata nell'analisi ARPAV di febbraio 2016, pari a 300 ng/Nm³.

I calcoli di dispersione svolti con il modello stimano sia per le concentrazioni che per le deposizioni valori massime al suolo che avvengono a ridosso delle sorgenti emissive e comunque entro i confini dell'azienda.

Nella relazione sono presentati le stime di concentrazione al suolo e delle deposizioni per l'intera area di studio, in forma di mappe.

Riferimenti bibliografici essenziali

Scire J.S., Robe F.R., Fernau M.E. and Yamartino R.J., 2000. A User's Guide for the CALMET Meteorological Model. Earth Tech, Inc., Concord, MA.

Scire J.S., Strimaitis D.G. and Yamartino R.J., 2001. A user's Guide for the CALPUFF Dispersion Model, Earth Tech, Concord, MA.

Sitografia

<http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>

http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm