



ENI SpA

Raffineria di Livorno

Bioraffineria Livorno

[ID_VIP: 9362] Studio di Impatto Ambientale

Integrazioni Volontarie alla “Proposta di richiesta di integrazioni e chiarimenti” da parte di Regione Toscana

Appendice A: Approfondimento sui dati di input

utilizzati per lo Studio Specialistico di Qualità dell’Aria

Progetto: n° 2226321

Identificatore: Int_Regione_BioRaLi_AppA



REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	VALIDATO	DATA
0	Emissione	Team di Lavoro HPC	V. Capiaghi (HPC) M. Pellegatta (HPC)	A. Cappellini (HPC)	Luglio 2023



HPC Italia Srl – via Francesco Ferrucci 17/A – Milano



Sommario

1. PREMESSA	3
2. CATENA MODELLISTICA ADOTTATA	4
2.1 Modello WRF	5
2.1 Modello Calmet	5
2.2 Modello Calpuff	6
3. RICOSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO	10
3.1 Domini spaziale e temporale di calcolo	10
3.2 Input CALMET	12
3.2.1 Dati meteorologici	12
3.2.2 Orografia	13
3.2.3 Uso del suolo	14



1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto "Bioraffineria Livorno" è prevista la realizzazione e l'integrazione nel sito industriale esistente di una sezione impiantistica di bioraffinazione in grado di processare differenti tipologie di alimentazione, e caratterizzata da un'ampia flessibilità ad ottenere prodotti energetici bio derivanti da scarti e ricicli produttivi per un mercato in evoluzione, sfruttando l'integrazione con la logistica e le utilities già esistenti.

Il presente documento riporta un approfondimento sulla metodologica applicata nell'*Allegato 7.1 - Studio Specialistico di Qualità dell'Aria*. Nello specifico verranno trattate:

- la descrizione della catena modellistica utilizzata nelle simulazioni;
- la ricostruzione dell'input meteorologico utilizzato.

2. CATENA MODELLISTICA ADOTTATA

La valutazione dell'impatto atmosferico è stata effettuata mediante l'applicazione della catena modellistica WRF-CALMET-CALPUFF, dove WRF e CALMET sono i modelli meteorologici e CALPUFF il modello per il calcolo delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera.

Nella figura seguente si riporta uno schema di flusso della catena modellistica utilizzata, comprensiva dei principali preprocessori e post-processor impiegati.

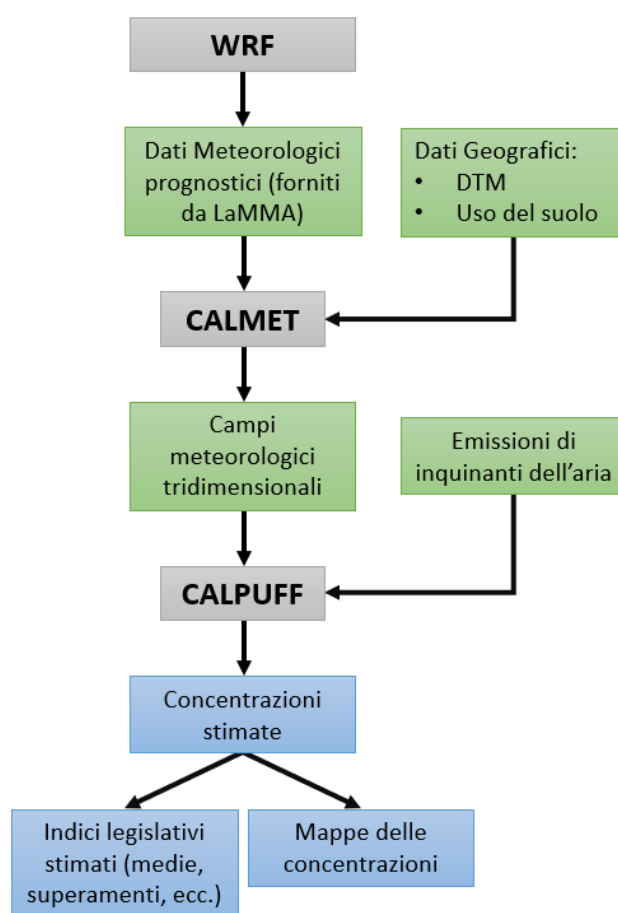


Figura 2-1 - Schema di flusso della catena modellistica

WRF è un modello prognostico state-of-the-art tra i più avanzati a livello di ricerca scientifica, CALMET è un modello diagnostico state-of-the-art tra i più utilizzati ed infine, CALPUFF è il modello suggerito da numerose agenzie nazionali per l'ambiente, come ISPRA italiana ed EPA americana, per studi di valutazione di impatto ambientale in situazioni complesse. Tutti i modelli proposti sono aperti, pubblici e ampiamente referenziati a livello di pubblicazioni internazionali.



Si evidenzia inoltre che il rapporto “Linee guida per la scelta e l’uso dei modelli” redatto dal Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in aria (CTN-ACE) nel 2004 indica il modello CALPUFF tra i modelli adeguati per applicazioni in aree urbane ed a scala locale.

2.1 MODELLO WRF

Weather Research and Forecasting (WRF) è un sistema di previsioni meteorologiche numeriche su mesoscala di nuova generazione, sviluppato per soddisfare ricerche operative sia meteorologiche che atmosferiche.

WRF è nato principalmente dalla collaborazione tra il National Center for Atmospheric Research (NCAR), il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), il Forecast System Laboratory (FSL), la Air Force Weather Agency (AFWA), il Naval Research Laboratory, la University of Oklahoma e la Federal Aviation Administration (FAA)¹.

I principali componenti di questa complessa suite modellistica sono:

- WPS (WRF Pre-Processing System), il preprocessore utile a predisporre gli input meteorologici costituito da:
 - Geogrid, definisce il dominio di simulazione e interpola i dati geografici e di uso del suolo sulla griglia di calcolo;
 - Ungrib, estrae i campi meteorologici dalle analisi meteorologiche di modelli a livello globale, quali GFS o ECMWF;
 - Metgrid, interpola orizzontalmente i campi di analisi estratti da ungrib, sulla griglia di calcolo definita da geogrid;
- OBSGRID e WRFDA integrano i dati osservati delle stazioni al suolo e dei radiosondaggi all’interno delle simulazioni;
- REAL legge i campi di input e li interpola lungo la struttura verticale di WRF, creando le condizioni iniziali e al contorno tridimensionali della griglia di calcolo;
- WRF-ARW: è la componente chiave del sistema modellistico, simula i campi meteorologici in accordo con le parametrizzazioni chimiche e fisiche definite dall’utente.

2.1 MODELLO CALMET

CALMET è un modello meteorologico diagnostico a griglia che comprende un generatore di un campo di temperatura e velocità del vento tridimensionali, e di campi bidimensionali dei parametri micrometeorologici valutati in ogni punto del grigliato scelto quali la lunghezza di Monin-Obukhov, l’altezza di rimescolamento e la velocità di attrito.

¹ Per maggiori informazioni sul modello WRF consultare il sito: www.wrf-model.org



Il sistema a griglia usato consiste di NZ strati verticali di (NXxNY) celle quadrate orizzontali. In totale il sistema lavora quindi su NXxNYxNZ volumi d'aria. Il modello opera in un sistema di coordinate in cui la coordinata verticale è l'altezza cartesiana calcolata rispetto all'orografia (sistema di coordinate "terrain following").

Il modello CALMET, essendo fondamentalmente un interpolatore attraverso la cosiddetta "objective analysis", necessita in primo luogo delle informazioni meteorologiche al suolo ricostruite a partire dai parametri misurati dalle stazioni meteorologiche o dal modello prognostico, utilizzate dal modello per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura. Secondariamente il modello CALMET necessita di una serie di informazioni sulla variabilità verticale dei dati meteorologici, in particolare pressione, direzione del vento, velocità del vento e temperatura in funzione della quota. Queste informazioni possono essere recuperate dai dati di output di un modello prognostico o dalle misure meteorologiche in quota della più vicina stazione che effettui almeno due radiosondaggi giornalieri. Inoltre, il modello CALMET, prevede l'inserimento in input di informazioni legate alla morfologia del suolo quali: uso del suolo (e parametri ad esso legati come albedo, roughness, Bowen ratio ...) e orografia.

2.2 MODELLO CALPUFF

Il modello utilizzato per lo svolgimento dei calcoli di dispersione degli inquinanti emessi nell'ambiente circostante l'impianto è la suite modellistica CALMET/CALPUFF (Exponent®), nata per gestire il noto modello gaussiano non stazionario multi-sorgente CALPUFF, sviluppato da Earth Tech Inc. su richiesta del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA).

Il sistema Calpuff è costituito dai seguenti modelli:

- CALMET: Preprocessore meteorologico per la preparazione dei campi di vento dinamici, tridimensionale e a divergenza nulla per il modello CALPUFF. I campi meteorologici vengono ricostruiti a partire da dati di superficie e da dati profilometrici in presenza di orografia complessa;
- CALPUFF: Modello diffusivo lagrangiano a puff gaussiani. Il modello permette di studiare la diffusione tridimensionale dinamica di inquinanti emessi da diverse tipologie di sorgenti (puntuali, areali, volumetriche e lineari); può essere utilizzato anche in presenza di situazioni di calma di vento;
- CALPOST: Programma di post-processamento dei risultati di concentrazione e deposizione ottenuti da CALPUFF

Il sistema CALPUFF è complessivamente un modello diffusivo tridimensionale non stazionario multi-sorgente di tipo gaussiano a puff, in cui la concentrazione viene calcolata come sommatoria dei contributi di singole nuvole di inquinante.

CALMET: È il preprocessore meteorologico di tipo diagnostico in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali (superficiali) di parametri quali, ad esempio, altezza di mescolamento, caratteristiche superficiali e parametri dispersivi. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso step successivi a partire da un campo di vento iniziale rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio (o recuperati dai dati di output di un modello prognostico) e



tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Il codice è inoltre dotato di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF: È un modello Lagrangiano Gaussiano a "puff", non stazionario, le cui caratteristiche principali sono:

- capacità di trattare sorgenti puntuali, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.);
- notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio della simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente quali transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso) ecc;
- capacità di trattare situazioni di orografia complessa e caratterizzate da una significativa rugosità, nelle quali gli effetti della fisionomia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
- capacità di trattare effetti a lungo raggio quali le trasformazioni chimiche, trasporto sopra l'acqua ed interazione tra zone marine e zone costiere;
- possibilità di applicazione ad inquinanti inerti e polveri, soggetti a rimozione a secco o ad umido e ad inquinanti reagenti: si possono considerare la formazione di inquinanti secondari, in fenomeno di smog fotochimica ecc.

Per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l'emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in pacchetti discreti di materiale (puff) la cui forma e dinamica dipendono sia dalle condizioni di rilascio che dalle condizioni meteorologiche locali.

Gli input di CALPUFF sono costituiti da:

- Dati meteorologici e territoriali, che vengono ricavati dal file di output del preprocessore CALMET, comprendente i dati orari dei parametri meteorologici, i campi tridimensionali di vento e temperatura, nonché dati geofisici quali altimetria, rugosità del terreno, uso del suolo;
- Dati emissivi, comprendenti le fonti di emissione (schematizzate in sorgenti puntuali, lineari e areali) e i relativi quantitativi di inquinanti emessi;

Il principale output di CALPUFF contiene, per ciascun inquinante analizzato, le concentrazioni o le deposizioni orarie valutate ad ogni recettore sensibile impostato.

CALPOST: elabora l'output del modello di simulazione CALPUFF costituito da una serie di matrici contenenti i valori orari delle concentrazioni degli inquinanti esaminati in corrispondenza della griglia di calcolo. La funzione di questo post processore è quella di gestire l'output di CALPUFF in funzione delle proprie esigenze per ricavare i parametri di interesse: ad esempio, i valori di concentrazione massima oraria o di media annua, calcolo dei percentili, ecc. Inoltre, CALPOST è in grado di produrre file direttamente interfacciabili con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni.



La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti (Scire et al., 2000a).

Le simulazioni modellistiche sono state condotte sulla base delle seguenti ipotesi:

- area di studio con orografia semplice (Opzione Complex Terrain disattivata);
- opzione *partial plume penetration* per il trattamento delle inversioni termiche in quota;
- utilizzo dei coefficienti di dispersione (σ_v e w) calcolati internamente a partire da variabili continue micrometeorologiche (MDISP=2);
- disattivazione degli effetti di deposizione secca e umida;
- considerazione degli effetti di *downwash* (algoritmi BPIP).
- attivazione dell'effetto di *stack tip downwash* (MTIP): se il rapporto tra la velocità di uscita del gas dal camino e la velocità del vento ambientale è inferiore a 1,5, il pennacchio può essere trascinato sottovento al camino. Questa opzione fa sì che l'altezza del camino venga modificata per adattarsi a questo effetto.

Le principali impostazioni applicate nelle simulazioni modellistiche effettuate sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 2-1 - Sintesi delle impostazioni modellistiche utilizzate nelle simulazioni

Nome e versione software utilizzato	CALPUFF v7.2.1 CALMET v6.5.0 CALPOST v7.1.0
Building downwash	Sì (BPIP)
Plume rise	Sì (MTRANS)
Stack tip Downwash	Sì (MTIP)
Partial plume penetration	Sì (MPARTL)
Deposizione secca	NO
Deposizione umida	NO
Reazioni chimiche	NO
Metodo utilizzato per calcolo coefficienti di dispersione (σ_v e w)	Continue micrometeorologiche (MDISP=2)
Tipologia griglia	Sovrapposizione di più griglie regolari
N. celle (nx,ny)	CALMET 20x20 CALPUFF Computational Grid: 20x20 Nested Grid: 761 recettori generati
Dimensione celle	CALMET 1000m CALPUFF Computational Grid: 500m Nested Grid: 100/200m rispettivamente fino a 1000/2000m dal centro
Coord XY (con u.m.) (UTM WGS84 Fuso 32)	CALMET (vertice sw) 598400m E 4817300m N CALPUFF Computational Grid (vertice sw) 598400m E 4817300m N Nested Grid (centro) 60810 m E 4826700m N

3. RICOSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO

3.1 DOMINI SPAZIALE E TEMPORALE DI CALCOLO

I dati meteorologici, rappresentativi del regime meteoroclimatico dell'area di studio, sono stati elaborati con CALMET per l'utilizzo nelle simulazioni di dispersione con il modello CALPUFF, per l'intero anno solare 2020.

CALMET è stato inizializzato utilizzando dati meteorologici tridimensionali provenienti da un modello prognostico di mesoscala. I dati sono stati ricostruiti a partire dai risultati del modello meteorologico prognostico WRF-ARW su un dominio spaziale pari a 21x21 km, centrato sull'area di studio ed una risoluzione spaziale pari a 3 km per 12 livelli verticali. Il dataset "CALMET-ready" è stato fornito dal consorzio LaMMA (paragrafo 3.2.1).

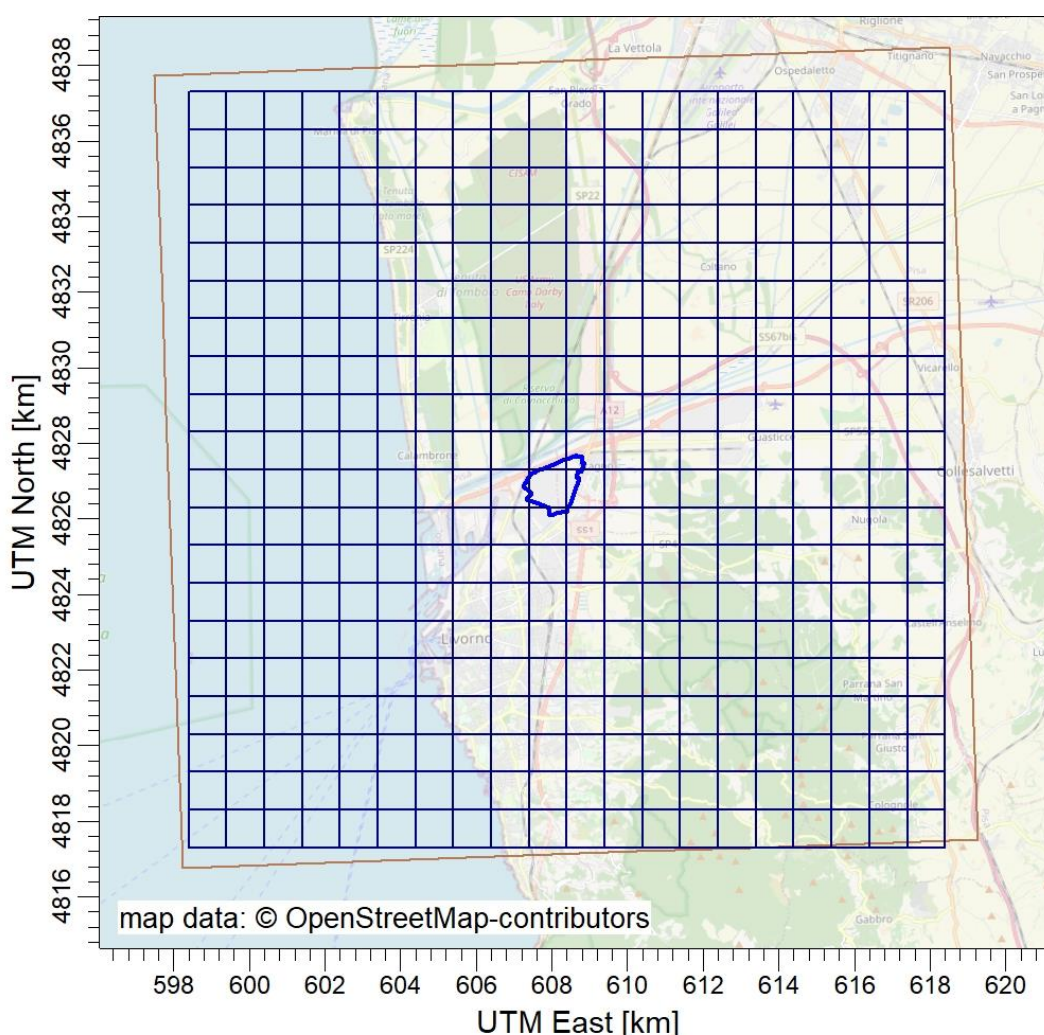


Figura 3-1 - Dominio del dataset WRF (□) e griglia di calcolo utilizzata in CALMET (□)

Nella figura seguente si riporta un esempio di campo di vento elaborato dal preprocessore meteorologico CALMET.

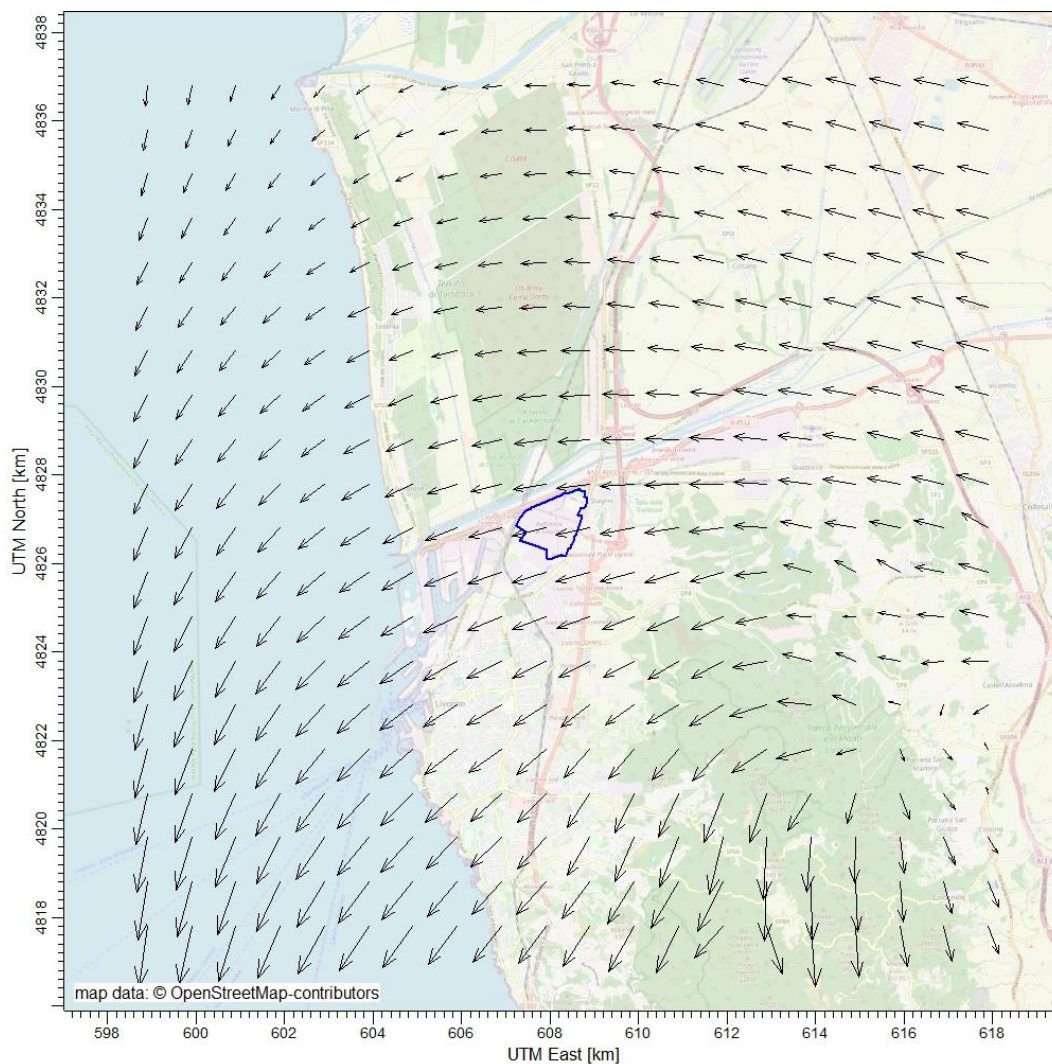


Figura 3-2 - Esempio di campo di vento orario estratto dal file di output di CALMET



3.2 INPUT CALMET

3.2.1 Dati meteorologici

Le informazioni meteorologiche al suolo ed in quota sono state ricostruite a partire dal modello prognostico WRF-ARW e sono stati forniti dal consorzio LaMMA in formato “CALMET ready”.

Il consorzio LaMMA² (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile) è un consorzio pubblico tra la Regione Toscana e il Consiglio Nazionale delle Ricerche, che vede nel 2007 la creazione di un proprio centro di calcolo (CED) su cui poter elaborare modelli numerici fisico-matematici ad alta risoluzione.

Il laboratorio utilizza il codice WRF, facendolo girare sul proprio cluster di calcolo a diverse risoluzioni e con più corse giornaliere che permettono di produrre previsioni operative ad alta risoluzione di dettaglio spaziale. Le configurazioni attuali sono specificamente ottimizzate per il territorio italiano ed in particolare toscano tramite l'introduzione di parametri locali (quali uso suolo e tipo di vegetazione).

Il modello impiegato “WRF_3km” gira su una griglia lambertiana a 3 km di risoluzione su di una area che copre la penisola italiana con 50 livelli verticali senza parametrizzazione dei cumuli (convezione esplicita).

I dati di analisi e di condizioni al contorno sono ottenuti dai seguenti modelli:

- modello globale GFS (Global Forecasting System) del National Center for Env Prediction (NCEP) a 0.25 gradi di risoluzione;
- modello globale IFS (Integrated Forecasting System) del Centro Europeo (ECMWF) a 0.125 gradi di risoluzione.

Nello specifico, per il presente studio, è stato fornito dal consorzio LaMMA un dataset meteo 3D avente un dominio spaziale di 21x21 km, con risoluzione 3 km, per l'anno di riferimento 2020, comprensivo di tutti i parametri meteorologici necessari per la simulazione. Nella tabella seguente vengono mostrate le coordinate dei vertici del dominio.

Tabella 3-1 - Coordinate vertici dominio LaMMA

<i>EPSG: 32632</i>	X	Y
Nord-Est	618400	4837300
Sud-Ovest	597400	4816300

² Per maggiori informazioni sul consorzio LaMMA consultare il sito: <http://www.lamma.rete.toscana.it/>

3.2.2 Orografia

L'orografia della zona in esame è implementata nel modello di dispersione tramite i valori del DTM (Digital Terrain Model) dell'area di interesse, ricostruito sulla base dei dati SRTM3 (Shuttle Radar Topography Mission, USGS - EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA) con risoluzione spaziale di circa 90 m.

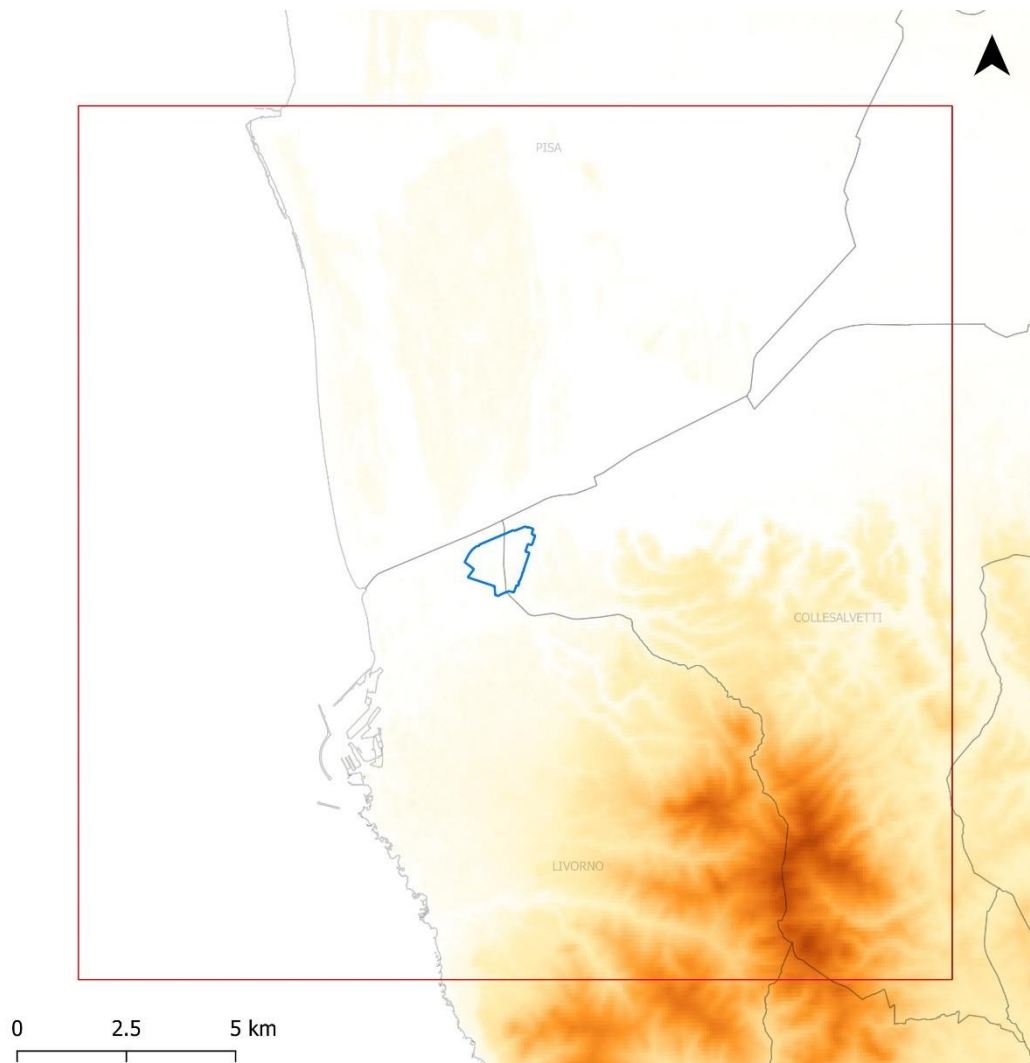


Figura 3-3 - DTM utilizzato in input (dominio di calcolo: □).

3.2.3 Uso del suolo

Le informazioni di uso del suolo, ricavate dal dataset CORINE Land Cover, V2006, con risoluzione 250 m, sovrimposte alla griglia di calcolo utilizzata in CALMET, sono state inserite permettendo inoltre di definire i parametri di superficie richiesti dal modello di dispersione (rugosità superficiale, albedo, rapporto di Bowen, flusso di calore dal suolo, indice di superficie fogliare). I valori dei parametri sono stati elaborati sulla base delle corrispondenze con le categorie della classificazione USGS Land Use, utilizzando i valori di default presenti nel data-set interno al preprocessore meteorologico CALMET.

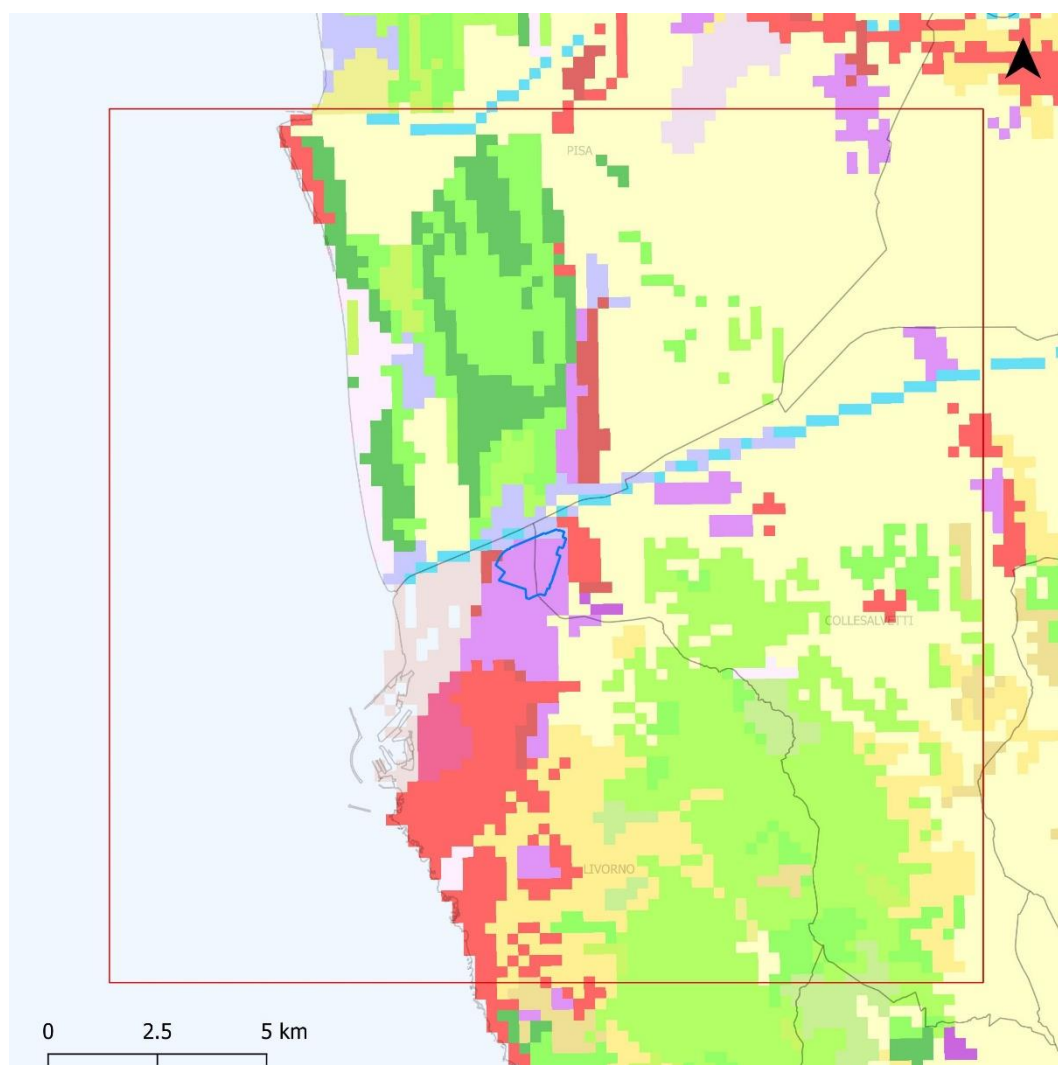


Figura 3-4 – Land Use utilizzato in input (dominio di calcolo: □).