

Snam Rete Gas

Stabilimento di Messina

**D5 – Relazione tecnica sui dati
meteoclimatici**

Saipem

INDICE

1	IL sistema modellistico CALMET/CALPUFF	3
1.1	Criteri di selezione	3
1.2	CALMET	4
1.3	CALPUFF	4
2	CONDIZIONI METEOCLIMATICHE	5
2.1.1	Caratterizzazione anemologica	6
2.1.2	Precipitazione	8
2.1.3	Temperatura	9
2.1.4	Umidità relativa	10
3	DATI DI INPUT	11
3.1	CALMET	11
3.2	CALPUFF	15
4	BIBLIOGRAFIA	17

1 IL SISTEMA MODELLISTICO CALMET/CALPUFF

1.1 Criteri di selezione

Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF (Scire et al., 2000a; Scire et al., 2000b) è stato scelto tra gli strumenti esistenti in base alle seguenti motivazioni (sulla base ad esempio di quanto suggerito in ANPA, 2000):

- Referenze. E' indicato dalla US-EPA (2005) come preferito per la simulazione del trasporto degli inquinanti su lunghe distanze (da 50 km a diverse centinaia di km) e suggerito anche per la simulazione su distanze relativamente brevi quando le condizioni di orografia complessa possono generare situazioni di stagnazione, di ricircolo dei venti e variazioni spazio temporali delle condizioni meteorologiche.
- Scala spaziale. Il modello prescelto è in grado di riprodurre efficacemente i fenomeni alla scala locale e nelle immediate vicinanze della sorgente (e.g. building downwash).
- Scala temporale. Il modello CALPUFF è in grado di predire per uno o più anni valori medi orari di concentrazione, quindi permette di determinare i parametri di interesse per la normativa vigente (numero di superamenti, percentili, ecc.).
- Complessità dell'area di studio. Il modello meteorologico diagnostico CALMET permette di riprodurre gli effetti dovuti all'orografia del territorio (presenza di rilievi), alle disomogeneità superficiali (presenza di discontinuità terra-mare, città campagna, presenza grandi masse di acqua interne) e alle condizioni meteorologiche non omogenee (regimi di brezza di monte-valle, brezze di mare, inversioni termiche, calme di vento a bassa quota).
- Tipologia di inquinante. Tutti gli inquinanti di interesse nello studio (CO, NOX, SO2 e PM10) sono prevalentemente di origine primaria, quindi possono essere efficacemente simulati dal modello di dispersione CALPUFF. Il modello è inoltre in grado di descrivere processi di rimozione (deposizione secca e deposizione umida) specifici per ciascun inquinante.
- Tipologia delle sorgenti. Tutte le sorgenti di interesse nello studio sono di tipo puntuale (o puntiforme), e vengono gestite dal modello CALPUFF. Oltre al *building downwash* a cui si è già accennato, il modello descrive altri fenomeni tipici di questa tipologia di sorgenti, quali il *plume rise*, lo *stack tip downwash* ed altri ancora.
- Tipologia di analisi. Lo studio prevede l'effettuazione di un'analisi di dettaglio tenendo conto dei dati meteorologici locali su base oraria per un periodo temporale di un anno. I valori di concentrazione media oraria ottenuti saranno ulteriormente processati per ottenere i parametri di interesse normativo.

- Disponibilità dei dati di input. Il sistema CALMET/CALPUFF richiede molti più dati di input rispetto ad un modello di tipo Gaussiano. Sono necessarie ad esempio misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria, almeno un radiosondaggio ogni 12 ore, informazioni sull'orografia e sull'utilizzo del suolo. A fronte di questa maggiore richiesta di dati, tutti disponibili per lo studio in oggetto, il sistema modellistica fornisce informazioni molto più dettagliate e precise rispetto a modelli più semplici basati su una meteorologia puntuale.

Nel seguito viene fornita una breve descrizione dei modelli CALMET e CALPUFF.

1.2 CALMET

CALMET (Scire et al., 2000b) è un modello meteorologico diagnostico, cioè in grado di ricostruire il campo di vento 3D su un dominio di calcolo con orografia complessa a partire da misure al suolo, da almeno un profilo verticale e dai dati di orografia e utilizzo del suolo. Esso contiene inoltre degli algoritmi per il calcolo di parametri micrometeorologici 2D fondamentali nell'applicazione di modelli di dispersione in atmosfera, come, ad esempio, l'altezza di rimescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov, la velocità di frizione e la velocità convettiva.

Il modulo per la ricostruzione del campo di vento utilizza un approccio costituito da due passi successivi. Nel primo passo modifica il vento iniziale (Initial Guess Field) in funzione degli effetti cinematici del terreno e dei venti di pendenza e produce un primo campo di vento. Nel secondo passo questo campo di vento viene modificato tramite una analisi oggettiva che introduce i dati misurati ed utilizza l'equazione di continuità.

L'output di CALMET viene utilizzato in maniera diretta dal modello di dispersione Lagrangiano a puff CALPUFF (Scire et al., 2000a) e dal modello di dispersione Euleriano fotochimico CALGRID (Yamartino et al., 1989; Yamartino et al., 1992). CALMET è stato recentemente modificato allo scopo di migliorare gli algoritmi di interpolazione della temperatura e del calcolo delle componenti diretta, riflessa e diffusa della radiazione solare tenendo conto dell'ombra indotta dall'orografia (Bellasio et al., 2005).

Lo studio descritto in questo documento è stato realizzato utilizzando la versione del modello CALMET ufficialmente suggerita dalla US-EPA (Versione 5.8, Livello 070623).

1.3 CALPUFF

CALPUFF (Scire et al., 2000a) è un modello di dispersione Lagrangiano a puff non stazionario. Esso simula il trasporto, la rimozione per deposizione secca ed umida, ed alcune semplici trasformazioni chimiche per diverse specie inquinanti contemporaneamente. Il campo meteorologico in input a CALPUFF può essere variabile

sia nello spazio che nel tempo. Il modello CALPUFF utilizza in maniera diretta l'output prodotto dal modello meteorologico diagnostico CALMET. Oltre a un campo meteorologico tridimensionale complesso, CALPUFF può utilizzare in input anche misure di vento provenienti da una singola centralina, tuttavia ciò non permette di usufruire pienamente delle sue capacità di trattare campi meteorologici variabili nello spazio.

CALPUFF può essere utilizzato per simulare la dispersione su diverse scale. Esso infatti contiene sia algoritmi per la descrizione di effetti importanti in prossimità della sorgente che algoritmi importanti su scale regionali. Tra i primi ci sono fenomeni come il *building downwash*, legato alla presenza di edifici vicino al camino, il *transitional plume rise* o il *partial plume penetration*, importanti nel caso di emissioni da camini di dimensioni paragonabili a quelle dello strato limite. Tra i secondi invece ci sono fenomeni come la deposizione secca e umida, lo *shear* verticale del vento che provoca il trasporto dell'inquinante con velocità e direzioni diverse in funzione della quota, o la descrizione della dispersione sul mare o vicino alle zone costiere.

Le sorgenti di emissione simulate dal modello possono essere puntuali, areali, lineari o volumetriche. Il rateo e gli altri parametri di emissione (velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.) possono essere costanti o variabili nel tempo.

CALPUFF ha la peculiarità di utilizzare 3 tipologie di domini di calcolo:

- il dominio meteorologico è definito dalla simulazione di CALMET ed è la massima area su cui possono essere effettuate simulazioni di dispersione;
- il dominio computazionale indica il dominio all'interno del quale vengono considerate le sorgenti emissive e su cui vengono simulati i fenomeni di avvezione e dispersione degli inquinanti; esso può al massimo coincidere con il dominio meteorologico;
- il dominio di campionamento è il dominio su cui vengono forniti gli output di concentrazione; esso può al massimo coincidere con il dominio computazionale.

CALPUFF produce in output per tutte le specie simulate valori orari di concentrazione, deposizione secca e deposizione umida e, per applicazioni in cui la visibilità è un parametro di interesse, coefficienti di estinzione.

2 CONDIZIONI METEOCLIMATICHE

Le condizioni meteo-climatiche locali, definendo la capacità dell'atmosfera di disperdere più o meno rapidamente gli inquinanti in essa immessi, rappresentano il quadro base per qualsiasi considerazione riguardante l'inquinamento atmosferico.

In questo capitolo, allo scopo di fornire un inquadramento climatologico a livello regionale, vengono illustrati i risultati ottenuti dall'analisi delle variabili meteorologiche locali, misurate cioè da stazioni distanti non più di qualche decina di chilometri dall'area oggetto dello studio.

Nei paragrafi successivi è riportata la caratterizzazione meteorologica locale dell'area di studio, effettuata sulla base dei dati storici riportati nell'archivio SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale) di APAT (<http://www.scia.sinanet.apat.it>). La stazione considerata per l'analisi climatologica è quella sinottica di Messina posta a 59 m s.l.m. alla distanza di circa 7.5 km dalla centrale di compressione, in direzione Sud-Est.

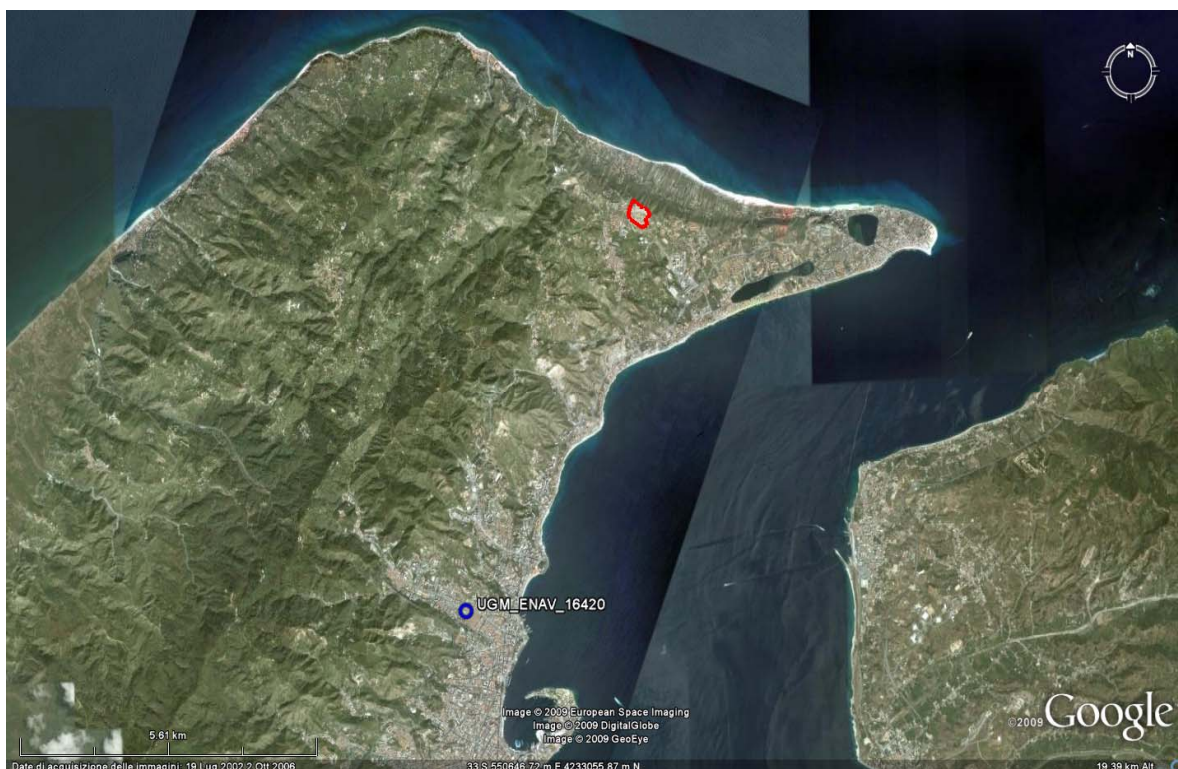


Figura 2.1. Posizione della stazione sinottica utilizzata per l'analisi climatologica. L'area in cui è ubicata la Centrale di Compressione è indicata con una linea rossa.

2.1.1 Caratterizzazione anemologica

In *Figura 2.2* viene riportata la rosa dei venti costruita a partire dai dati SCIA della stazione sinottica di Messina. Come indicato nel sito SCIA, le frequenze di direzione e velocità del vento sono state ottenute da almeno 15 anni, anche non consecutivi, di dati validi. Nella descrizione seguente le calme di vento devono essere intese come vento di intensità inferiore a 0.5 m/s.

Nella stazione di Messina le calme di vento riguardano il 22.4% delle misure, mentre nel 37.7% dei casi il vento è compreso tra 0.5 m/s e 3 m/s. La direzione di provenienza del vento più frequente è la Nord Nord Ovest con 10.8% degli eventi, con venti da deboli a forti. Sono frequenti anche i venti da Nord Nord Est (7.7% degli eventi) e i venti da Nord Est (7% dei casi). Per quanto riguarda i venti provenienti dal settore meridionale, sono

frequenti i venti da Sud Sud Ovest (8.5% degli eventi) e i venti da Sud (6.1% dei casi). In generale, sono poco probabili e caratterizzati da velocità minore i venti da Est.

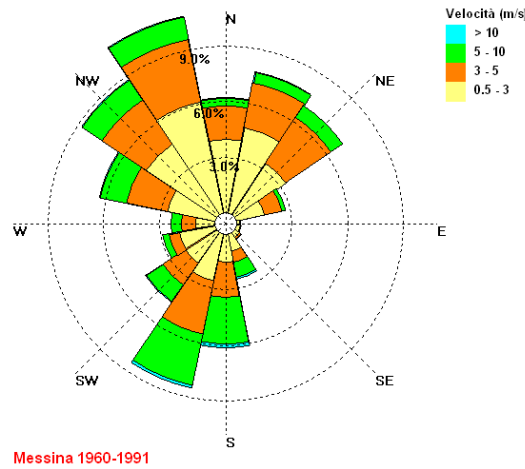


Figura 2.2. Rosa dei venti derivata dai dati climatologici del sito SCIA di Messina (Stazione sinottica UGM ENAV, cod. 16420).

L'andamento della velocità minima, media e massima delle medie mensili di velocità del vento registrate dalla stazione sinottica UGM ENAV di Messina nel periodo 1978 - 2008 viene mostrato in *Figura 2.3*. Analogamente l'andamento della velocità minima, media e massima delle massime velocità del vento mensili viene mostrato in *Figura 2.4*. La media delle velocità medie mensili è sempre abbastanza elevata, mantenendosi sempre sopra i 2 m/s; il mese caratterizzato dalla maggiore velocità media del vento è aprile. Le più elevate velocità massime del vento vengono registrate in inverno e in primavera. La massima velocità assoluta è stata misurata nel mese di marzo ed è pari a 47.4 m/s.

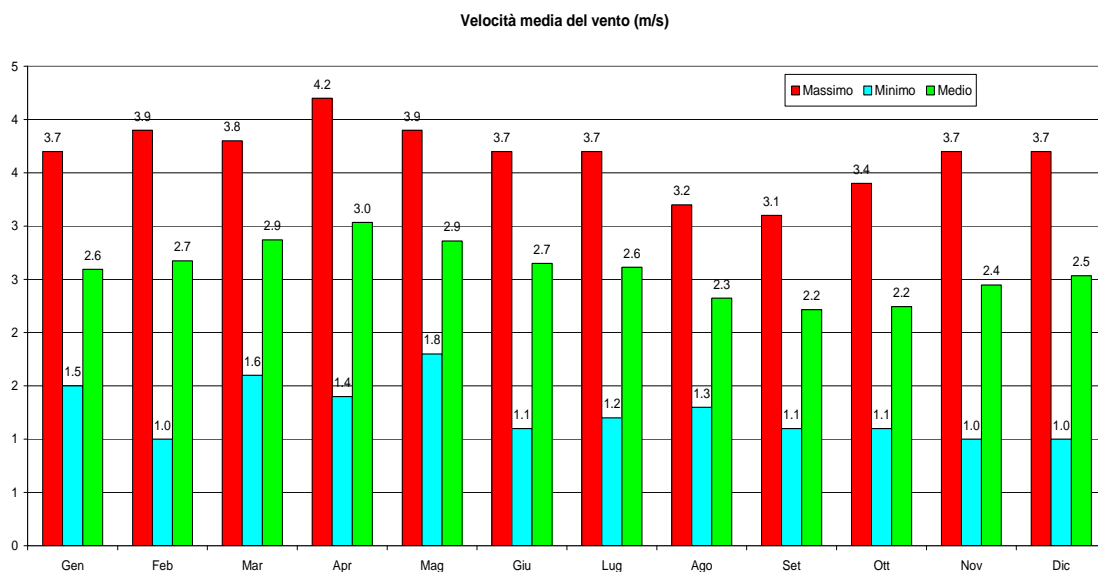


Figura 2.3. Valori minimi, medi e massimi mensili della velocità media mensile del vento misurata dalla stazione sinottica UGM ENAV di Messina.

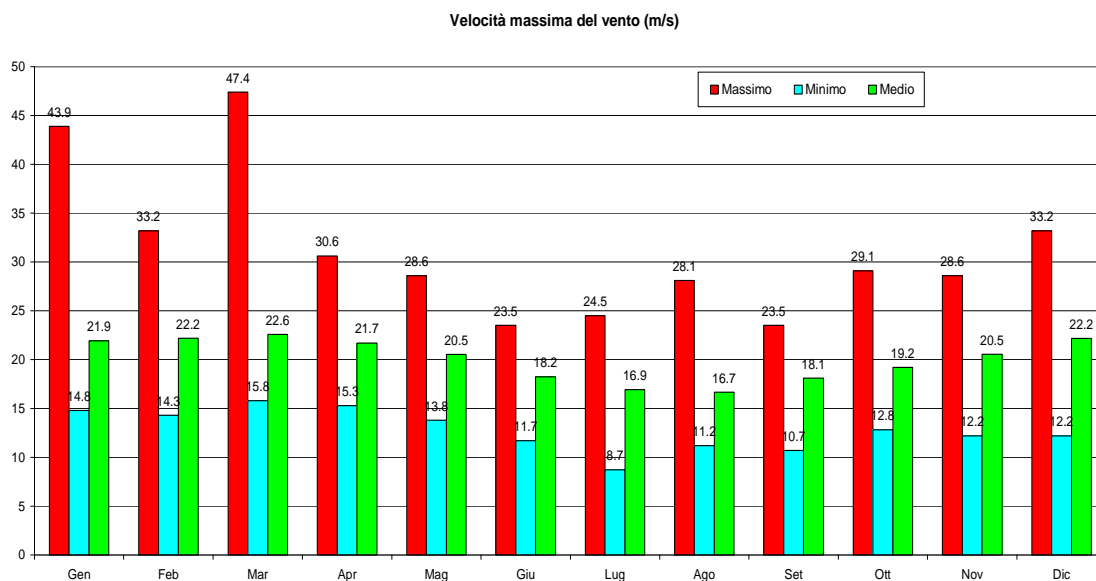


Figura 2.4. Valori minimi, medi e massimi mensili della velocità massima mensile del vento misurata dalla stazione sinottica UGM ENAV di Messina.

2.1.2 Precipitazione

In questo paragrafo vengono riepilogate le precipitazioni medie mensili relative al periodo temporale 1978-2008, statistica disponibile sul sito SCIA di APAT.

Le precipitazioni medie mensili ed i loro valori minimi e massimi negli anni nella stazione sinottica di Messina sono mostrate in [Figura 2.5](#). La massima precipitazione mensile viene registrata nel mese di ottobre, dove si raggiungono 371 mm; in ottobre è particolarmente elevata anche la precipitazione media (106 mm). I mesi mediamente più piovosi sono novembre e dicembre con 114 e 112 mm rispettivamente. I mesi mediamente meno piovosi sono quelli estivi, da giugno ad agosto.

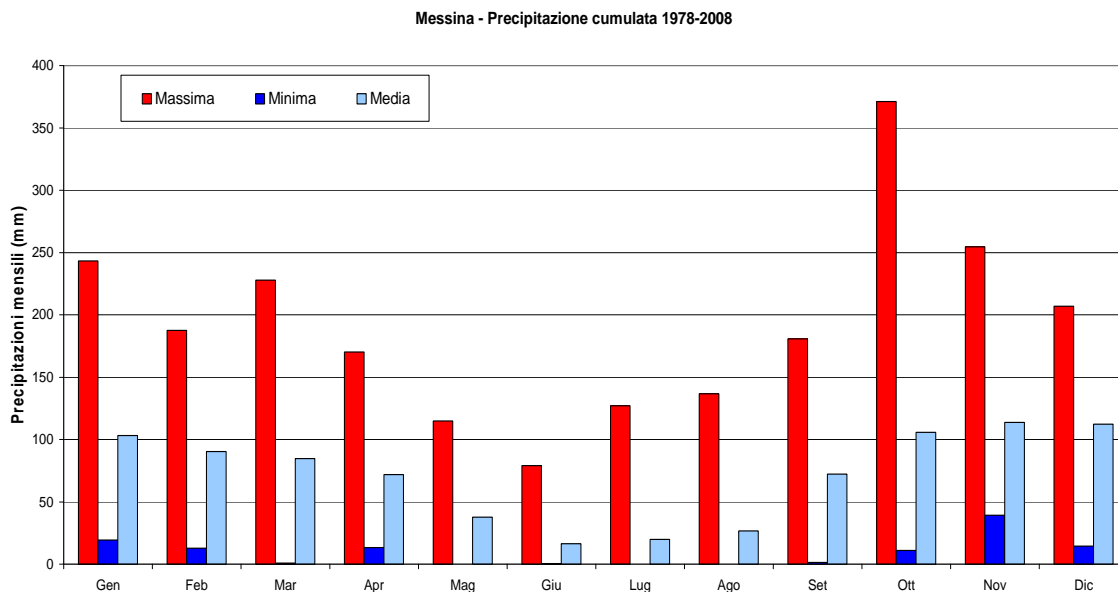


Figura 2.5. Precipitazione cumulata mensile: massima, minima e media negli anni 1978-2008 nella stazione di Messina.

2.1.3 Temperatura

Nella stazione sinottica di Messina sono disponibili per il periodo 1978-2008 i dati di temperatura media, minima assoluta e massima assoluta su base mensile. Il dato medio mensile di ciascun anno è stato utilizzato per calcolare le statistiche relative all'intero periodo 1978-2008, che sono illustrate in [Figura 2.6](#). I mesi più caldi sono luglio e agosto, con una temperatura media di 27 °C e 28 °C rispettivamente; i mesi più freddi sono gennaio e febbraio con una temperatura media di 12 °C. Le minime dei valori medi mensili si mantengono sempre abbondantemente sopra lo zero: a febbraio si registra la minima più bassa dei valori medi mensili pari a 8 °C. La massima dei valori medi mensili si registra nel mese di agosto ed è pari a 30 °C.

In [Figura 2.7](#) sono riportati i valori di temperatura massima e minima mensile assoluta per il periodo 1978-2008 nella stazione di Messina. La temperatura minima non scende mai al di sotto dello zero: il valor minimo assoluto mensile è 1 °C nel mese di febbraio. Le temperature massime assolute sono invece molto elevate nei mesi di giugno e luglio: rispettivamente 43.4 e 43.6 °C.

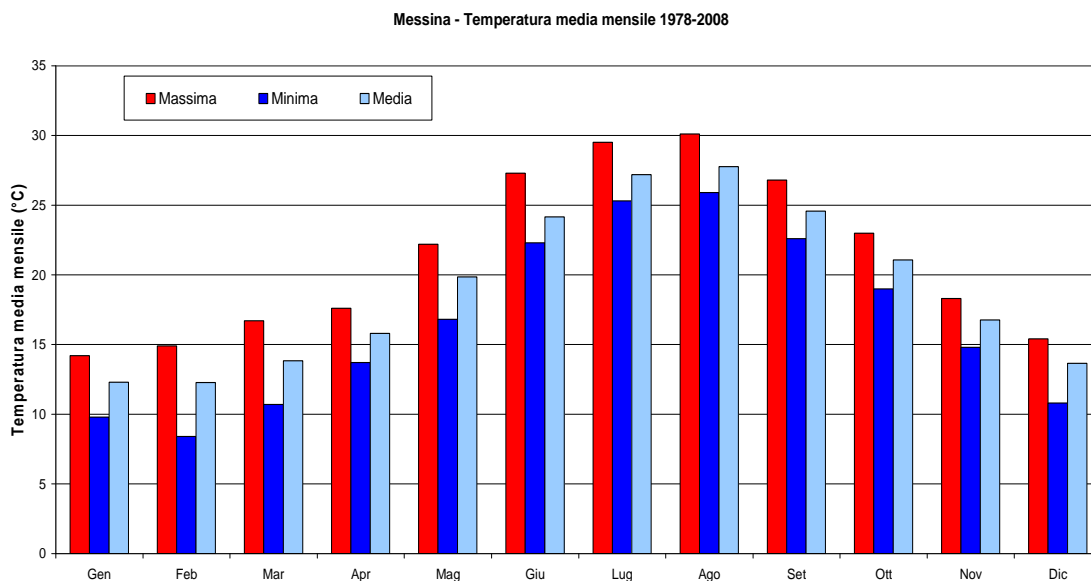


Figura 2.6. Temperature medie, minime e massime mensili per il periodo 1978-2008 nella stazione sinottica di Messina.

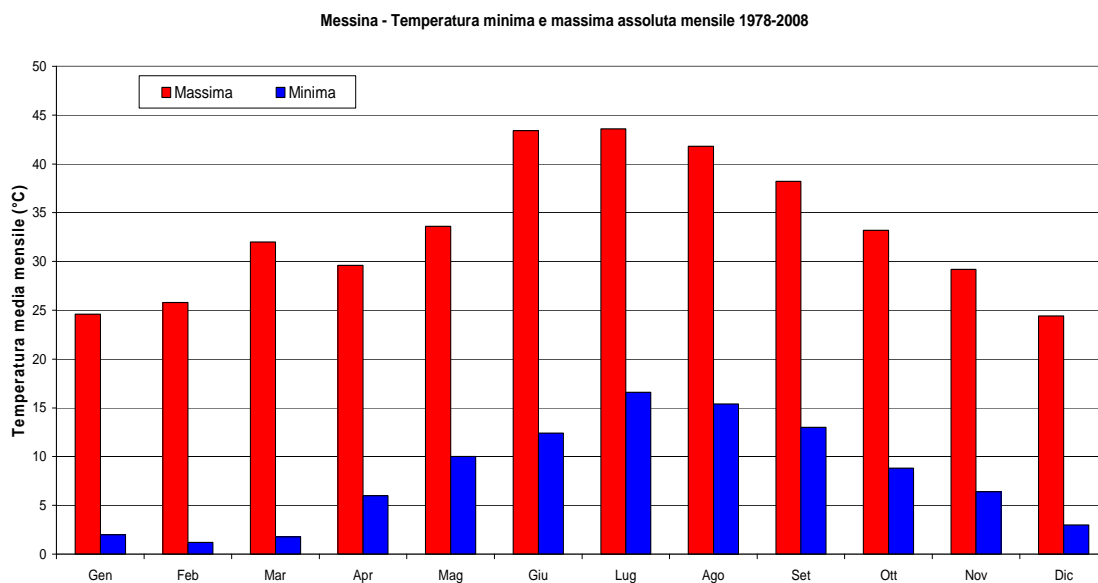


Figura 2.7. Temperatura massima e minima mensile assoluta per il periodo 1978-2008 nella stazione sinottica di Messina.

2.1.4 Umidità relativa

Il grafico dell'andamento mensile dell'umidità relativa nella stazione di Messina è illustrato in [Figura 2.8](#) per il periodo 1978-2008. In generale l'umidità relativa media non subisce grandi variazioni durante l'anno, ma mantiene valori compresi tra il 69% e il 76%.

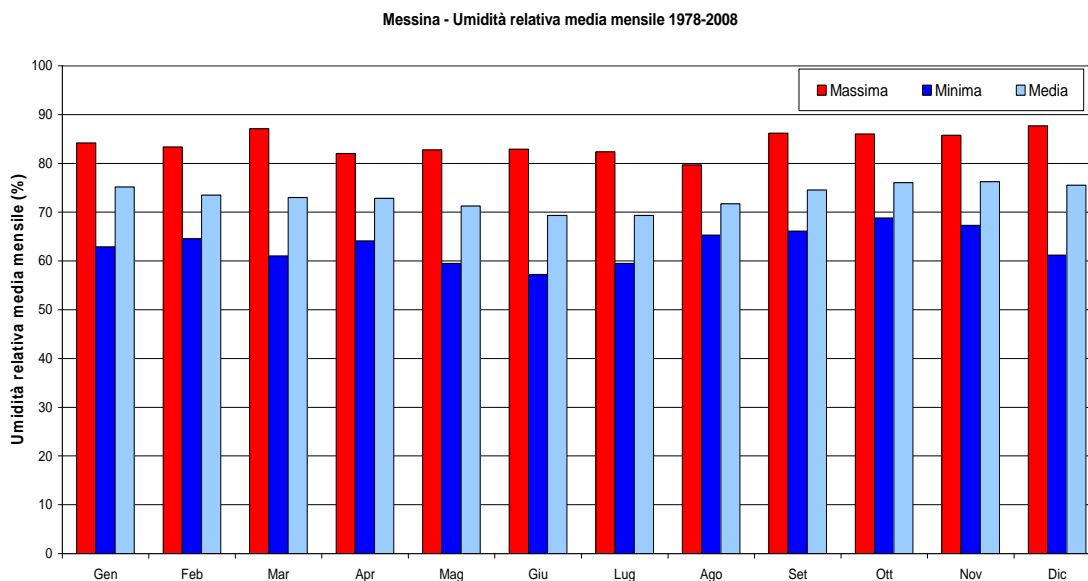


Figura 2.8. Andamento dei valori mensili dell'umidità relativa nella stazione di Messina (1978-2008).

3 DATI DI INPUT

3.1 CALMET

Il dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET (rappresentato in Figura 5.1 con un rettangolo verde) comprende parte della Sicilia, parte della Calabria e una vasta zona di mare.

Le coordinate UTM 33S dell'angolo di Sud Ovest del dominio di CALMET sono $X = 528000$ m, $Y = 4208000$ m; la dimensione del dominio di simulazione è di 38×42 km². Il dominio del modello meteorologico CALMET è stato scelto più grande del dominio del modello di dispersione atmosferica CALPUFF, che è comunque in grado di innestarsi all'interno di un dominio di CALMET di maggiore estensione.

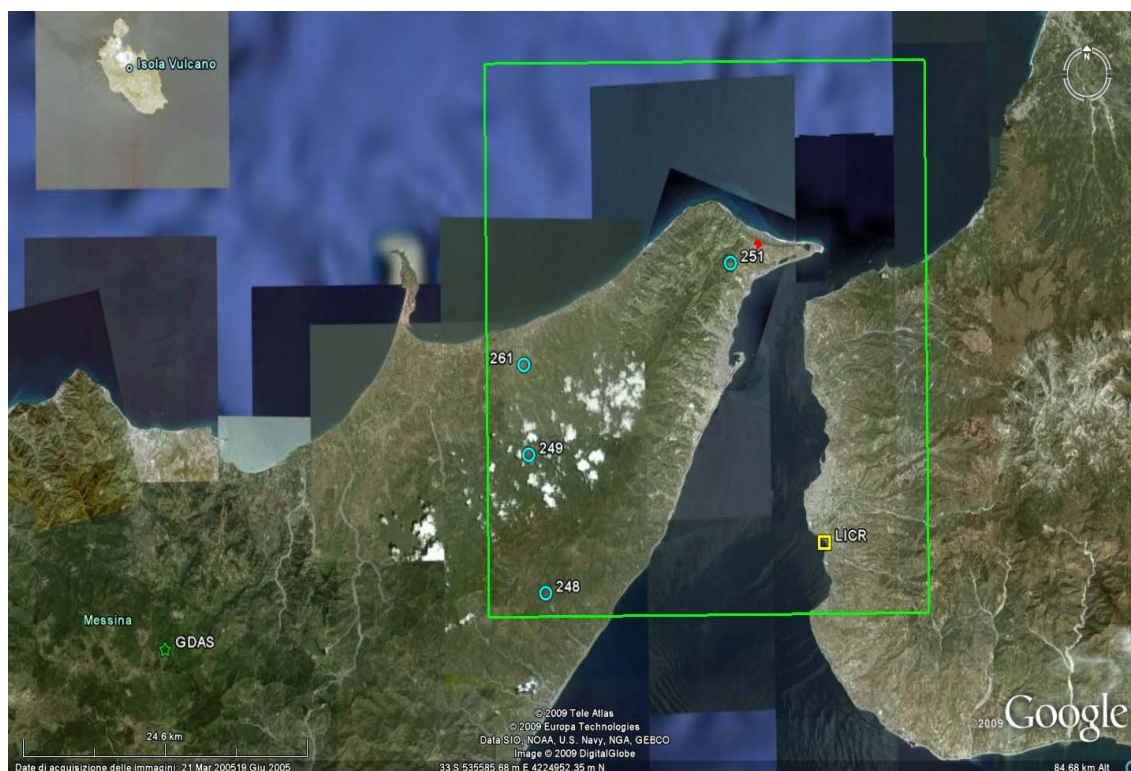


Figura 3.1. Dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET.

La zona di studio è situata all'interno di un'area con orografia non molto complessa, caratterizzata dalla presenza di montagne e di interfaccia terra mare.

L'orografia media e l'utilizzo del suolo sono stati determinati per ogni cella del dominio di calcolo descritto a partire da dati originali che hanno una risoluzione di 30" (cioè circa 700 m in longitudine e 900 m in latitudine). Sia i dati di orografia così ottenuti che i dati di utilizzo del suolo (derivati da CORINE) sono stati verificati utilizzando mappe satellitari. La mappa di utilizzo del suolo ottenuta a seguito del procedimento descritto è mostrata in Figura 5.2. L'orografia media sulle celle di lato pari a 500 m (Figura 5.3) varia da 0 metri (mare) a circa 1100 m nella zona a Sud Ovest del dominio.

In direzione verticale sono state utilizzate 8 griglie di calcolo per un'altezza totale di 3000 m. Il periodo temporale di simulazione è l'intero anno 2007.

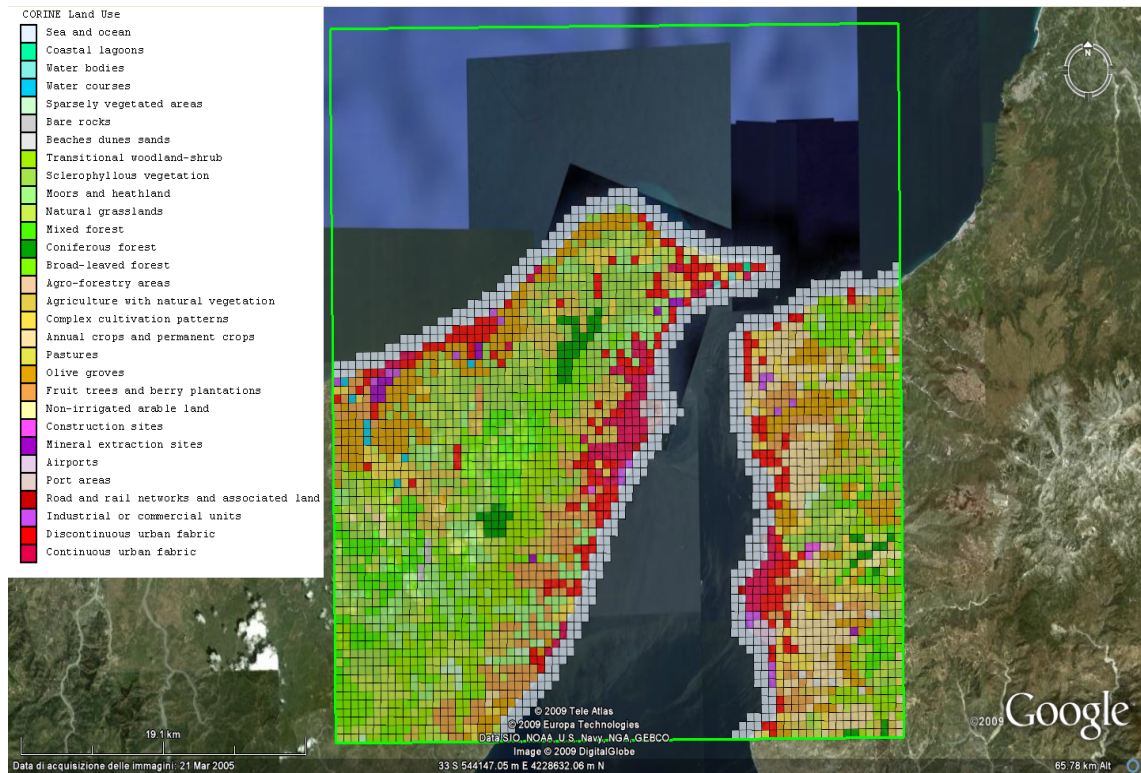


Figura 3.2. Utilizzo del suolo sul dominio discretizzato con celle di 500 m.

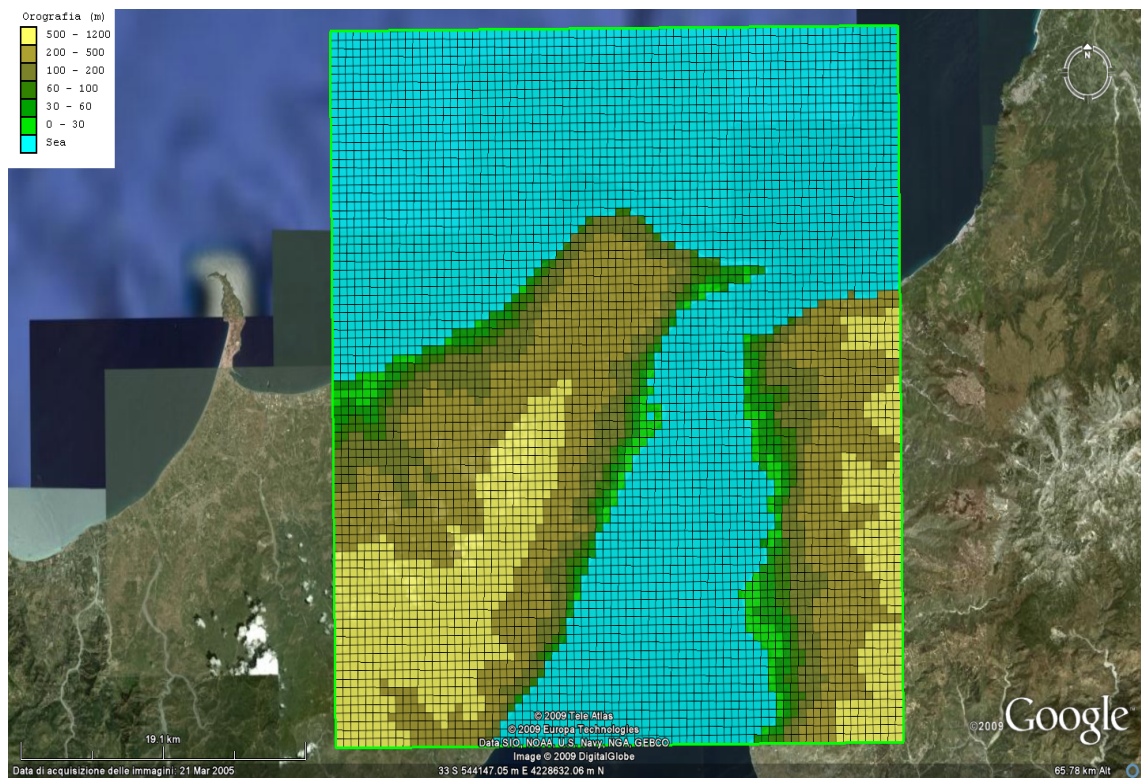


Figura 3.3. Orografia sul dominio discretizzato con celle di 500 m.

Il modello CALMET necessita in ingresso di misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria e di almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore. Tali informazioni sono state ottenute:

- dalle stazioni del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) di Messina (251), Torregrotta (261), Fiumedinisi (248) e San Pier Niceto (249);
- dai dati METAR dell'aeroporto di Reggio Calabria (codice ICAO LICR);
- dal profilo GDAS (Global Data Assimilation System) di coordinate longitudine 15 gradi, latitudine 38 gradi.

Per quanto riguarda il profilo verticale era stato inizialmente acquisito il radiosondaggio dell'aeroporto di Trapani Birgi relativo all'anno 2007. L'analisi effettuata sui dati meteorologici in quota ha evidenziato numerosi dati non validi che hanno reso il profilo non utilizzabile; per tale motivo si è ricorsi all'utilizzo del profilo GDAS, che risulta inoltre più vicino all'area di studio rispetto all'aeroporto di Trapani Birgi.

I dati meteorologici necessari a CALMET dalle stazioni di superficie sono velocità e direzione del vento, altezza del cielo, copertura nuvolosa, temperatura, umidità relativa, pressione e codice di precipitazione. I dati meteorologici necessari in quota sono pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento.

Le rose del vento ottenute a partire dalle misure effettuate durante l'anno 2007 per le stazioni in superficie vengono riportate in Figura 3.4.

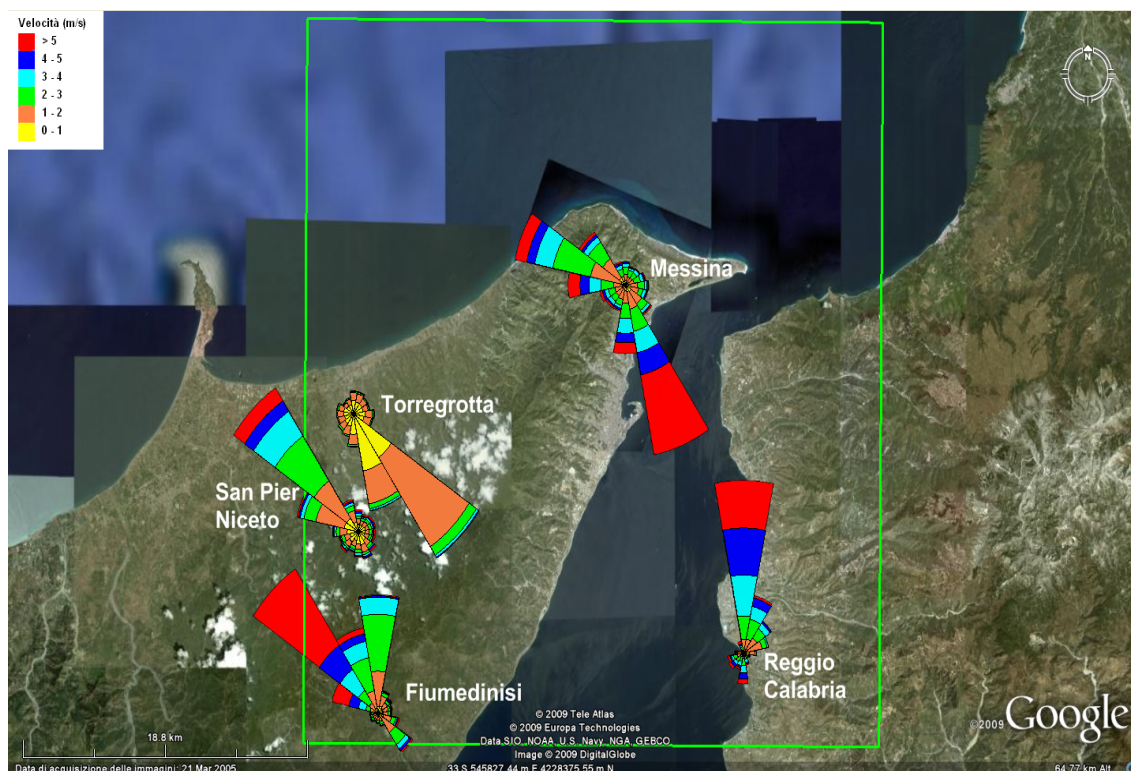


Figura 3.4. Rose dei venti delle stazioni superficiali (anno 2007) e loro posizioni.

Le rose del vento mostrate in Figura 3.4 hanno caratteristiche diverse tra loro. Le rose del vento delle stazioni di San Pier Niceto e Fiumedinisi mostrano una direzione prevalente da Nord Ovest, apparentemente dovuta alla loro posizione, all'interno di valli che si incanalano verso il mare. La stazione di Torregrotta, situata molto vicino al mare in una zona pianeggiante, è caratterizzata da venti provenienti in prevalenza da Sud Est, probabilmente dovuti a fenomeni di brezza. La stazione di Messina, che risente della presenza del mare a Nord e a Sud è caratterizzata da venti prevalenti da Sud Est e Nord Ovest. Infine, la stazione METAR di Reggio Calabria è caratterizzata da venti prevalenti da Nord.

3.2 CALPUFF

Le simulazioni di dispersione sono state effettuate su un sottodominio del dominio meteorologico, selezionato in maniera tale da essere ragionevolmente sicuri che esso contenga i massimi di concentrazione. A tal fine è stato definito un dominio computazionale di 20x20 km² (Figura 3.5). All'interno di tale dominio è stato definito il dominio di campionamento delle concentrazioni, di dimensione pari a 12,5x9 km². Il grigliato di output delle concentrazioni ha maglie quadrate di dimensione pari a 250 m, avendo applicato un fattore di nesting rispetto alle griglie del modello meteorologico pari a 2. Il dominio computazionale del modello CALPUFF è il dominio all'interno del quale il modello di dispersione simula la dispersione dei puff rilasciati da ciascuna sorgente. Il dominio di campionamento non può mai superare il dominio computazionale ed è l'area all'interno della quale vengono calcolate le concentrazioni.

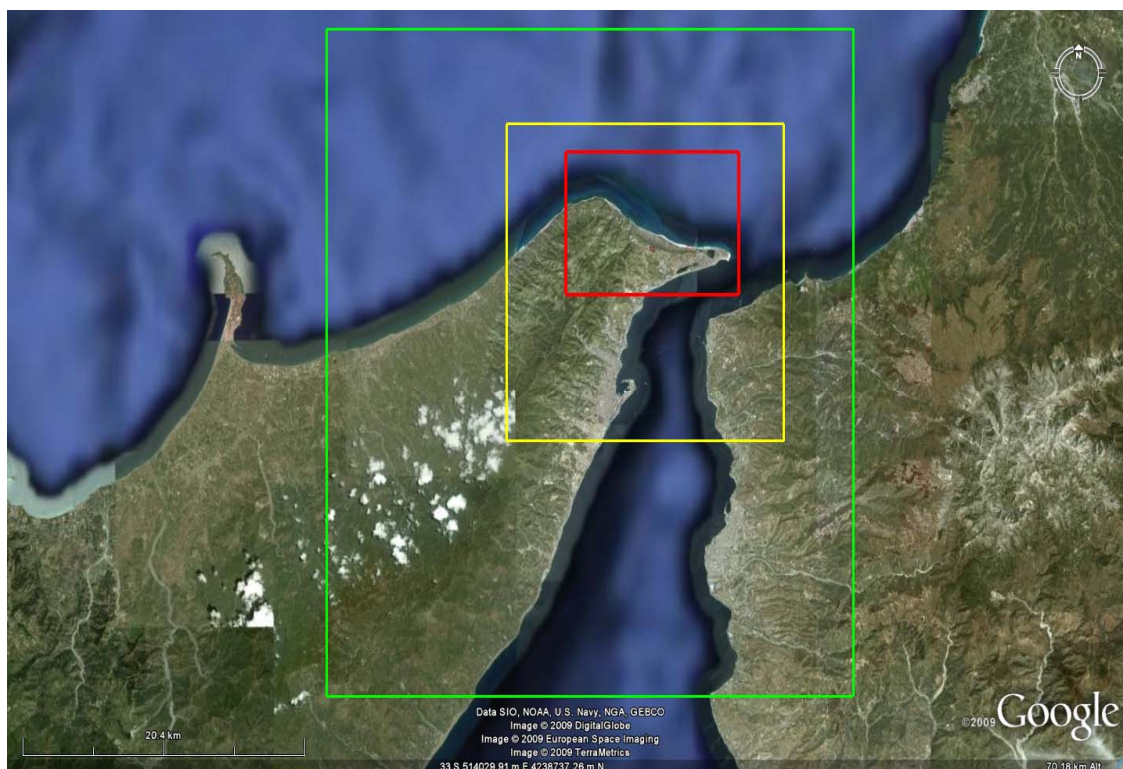


Figura 3.5. Domini di simulazione di CALMET (verde), CALPUFF computazionale (giallo) e CALPUFF campionamento (rosso).

Le simulazioni di dispersione atmosferica degli inquinanti sono state effettuate utilizzando il modello CALPUFF. Il modello è stato utilizzato con le seguenti opzioni:

- è stata calcolata la deposizione secca ed umida degli inquinanti al fine di ottenere una stima il più possibile realistica delle concentrazioni;
- è stata simulata la dispersione in condizioni convettive per mezzo delle probability density functions (PDF) in modo tale da riprodurre il comportamento asimmetrico degli updrafts e dei downdrafts;
- è stato simulato il Thermal Internal Boundary Layer (TIBL) per mezzo della digitalizzazione della linea di costa (in bianco in Figura 3.5), al fine di simulare la brusca variazione dei parametri atmosferici delle masse d'aria che si muovono dal mare verso la terra;
- è stato applicato il meccanismo chimico condensato RIVAD/ARM3 (Morris et al., 1988) per il calcolo delle concentrazioni di NO_2 a partire dalle emissioni di NO_x .

4 BIBLIOGRAFIA

ANPA (2000) I modelli nella valutazione della qualità dell'aria. RTI CTN_ACE 2/2000.

Bellasio R., G.Maffeis, J.Scire, M.G.Longoni, R.Bianconi and N.Quaranta (2005) Algorithms to account for topographic shading effects and surface temperature dependence on terrain elevation in diagnostic meteorological models. *Boundary-Layer Meteorology*, 114: 595-614.

Morris R.E., Kessler R.C., Douglas S.G., Styles K.R. and Moore G.E. (1988) Rocky mountain acid deposition model assessment: acid rain mountain mesoscale model (ARM3). US-EPA, Atmospheric Sciences Research Laboratory, Research Triangle Park, NC.

Scire, J.S., D.G. Strimaitis and R.J. Yamartino, 2000a: A user's guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.

Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau and R.J. Yamartino, 2000b: A user's guide for the CALMET meteorological model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.

US-EPA (2005). Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule. *Federal Register*, Vol. 70, N. 216, November 9, 2005. Rules and Regulations.

Yamartino, R.J., J.S. Scire , S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1989: CALGRID: A Mesoscale Photochemical Grid Model. Volume I: Model Formulation Document. California Air Resources Board, Sacramento, CA.

Yamartino, R.J., J.S. Scire , S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1992: CALGRID mesoscale photochemical grid model. I – Model formulation, *Atmospheric Environ.*, 26A, 1493-1512.