



**PNRR STS –DIMOSTRATORE DI VOLO
CODICE PROGETTO: ITPNRRCUPJ58G21000020007**

Ricerca e sviluppo di nuove tecnologie per accelerare la transizione verso una nuova generazione di lanciatori ecologici e con massimizzazione del contenuto industriale italiano con dimostrazione in volo delle tecnologie selezionate

**Relazione di Incidenza Ambientale (VInCA)
(ALLEGATI)**



*G. Fruttuoso
L. Plebani
M. Tolio
A. De Placidi
L. D'Andrea*

Colleferro , 16 Marzo 2026

Firmato digitalmente da

Giancarlo Fruttuoso

O = Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di Firenze
Data e ora della firma:
16/03/2026 18:41:18

Leonardo D'Andrea

ALLEGATO 1 - Inquadramento generale e SIC (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)

ALLEGATO 2 - Inquadramento infrastrutture, beni ed elementi del PPR (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)

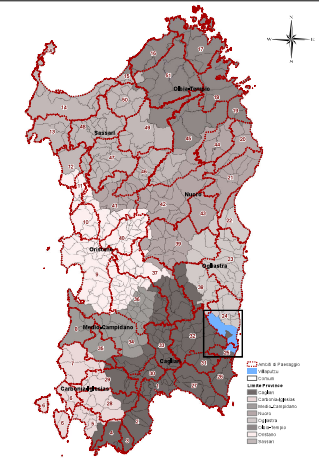
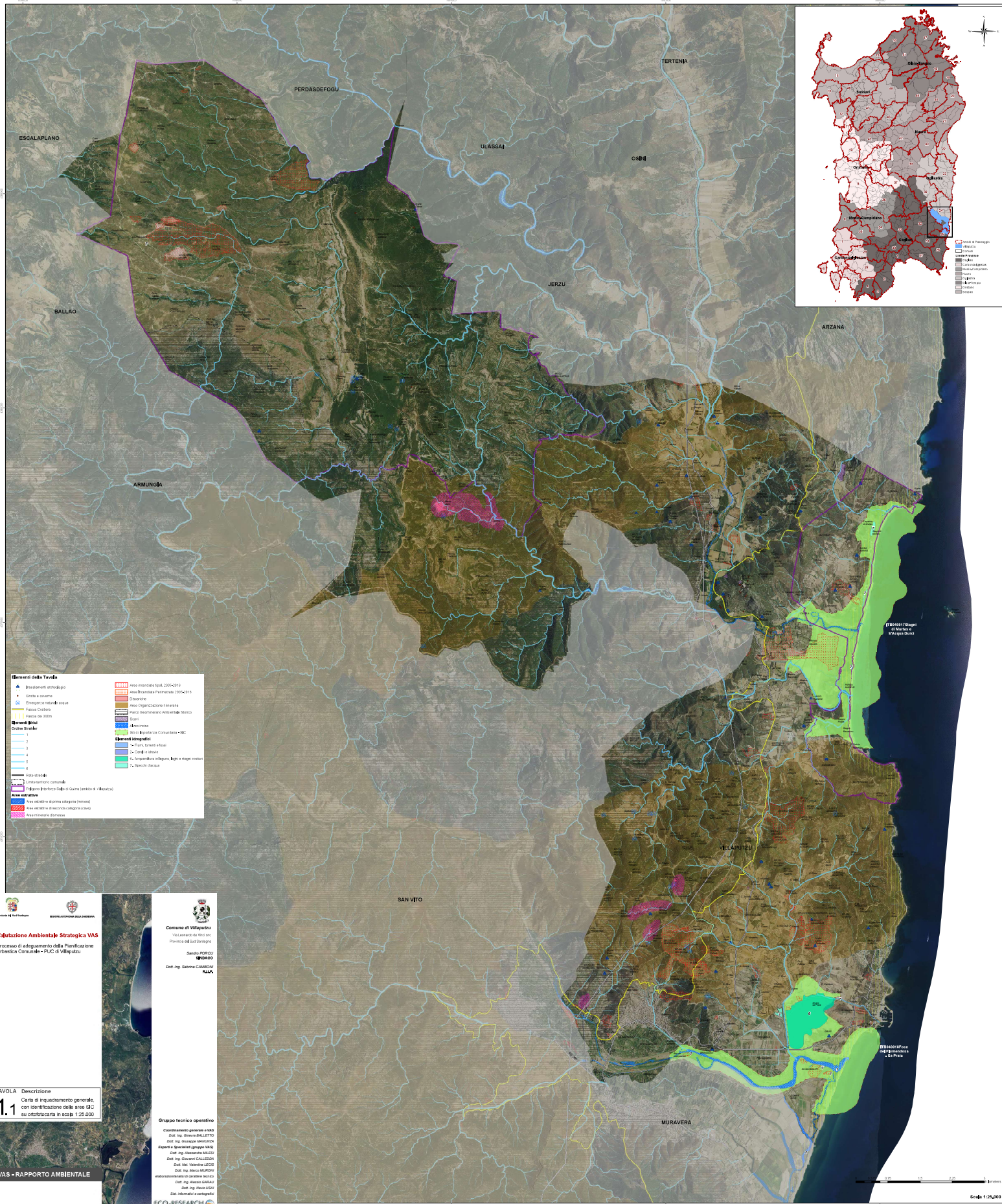
ALLEGATO 3 - Inquadramento elementi e tematismi del PPR_1 (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)

ALLEGATO 4 - Ambiti di Paesaggio Locale – APL (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)

ALLEGATO 5 - Valutazione previsionale di impatto acustico - Area di cantiere – Attività cantieristiche e viabilità interna per le aree di cantiere

ALLEGATO 6 - Modellizzazioni delle emissioni del lancio suborbitale e delle diffusione inquinanti

ALLEGATO 1 - Inquadramento generale e SIC (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)



Elementi della Tavola

- ▲ Risparmio energetico
- ▲ Ordine a servizio
- ▲ Categorie speciali di tutela
- ▲ Faccia Cristiana
- ▲ Faccia con 302m

Elementi Strutturali

- ▲ Rete viaria
- ▲ Linee ferroviarie comunali
- ▲ Rete idrica
- ▲ Rete elettrica
- ▲ Rete idrica di prima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di seconda categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di terza categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quarta categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quinta categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di sesta categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di settima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di ottava categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di nona categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di decima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di undicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di dodicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di tredicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quattordicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quindicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di sedicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di diciassettesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di diciottesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di diciannovesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di ventesima categoria (preziosi)

Elementi Strutturali

- ▲ Rete viaria
- ▲ Linee ferroviarie comunali
- ▲ Rete idrica
- ▲ Rete elettrica
- ▲ Rete idrica di prima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di seconda categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di terza categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quarta categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quinta categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di sesta categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di settima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di ottava categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di nona categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di decima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di undicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di dodicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di tredicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quattordicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di quindicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di sedicesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di diciassettesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di diciannovesima categoria (preziosi)
- ▲ Rete idrica di ventesima categoria (preziosi)

Valutazione Ambientale Strategica VAS
 Processo di adeguamento della Pianificazione Urbanistica Comunale - P.U.C. di Villasutzu

TAVOLA 1.1 Descrizione
 Carta di inquadramento generale, con identificazione delle aree SIC su ortofotocarta in scala 1:25.000

VAS - RAPPORTO AMBIENTALE

Settembre 2019

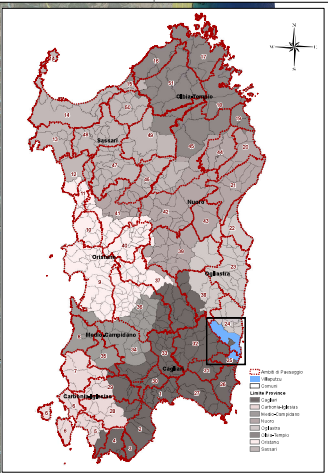
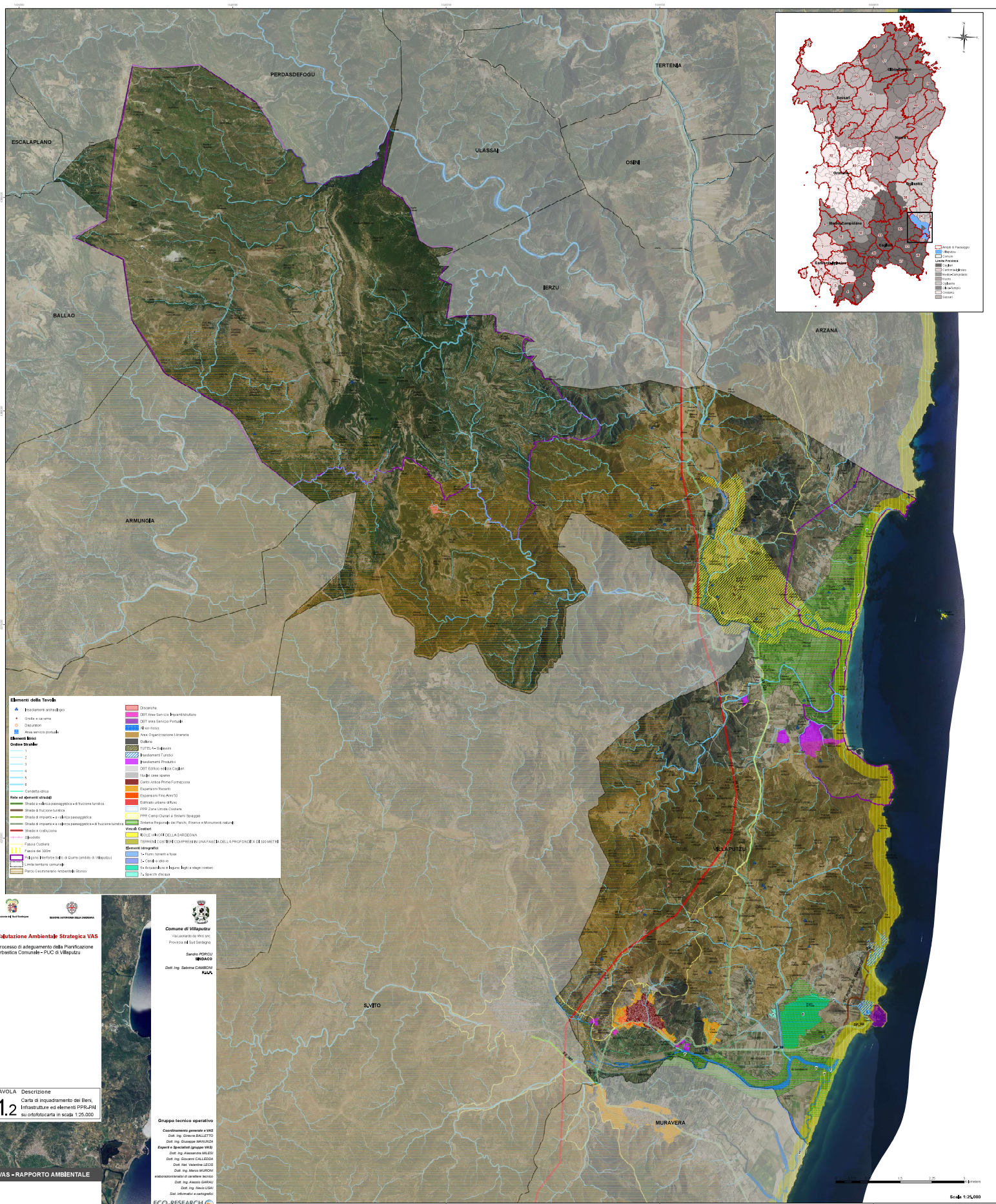
Comune di Villasutzu
 Via Lomello 10 - 07020 Villasutzu (CA)
 P.le della Libertà 10 - 07020 Villasutzu (CA)

Gruppo tecnico operativo
 Coordinamento generale VAS
 Dott. Ing. Giovanni BALLESTO
 Dott. Ing. Giuseppe BIANCHI
 Esperto e Specialista (Gruppo VAS)
 Dott. Ing. Alessandro MELI
 Dott. Ing. Giovanni CALABRO
 Dott. Ing. Valter LECIS
 Dott. Ing. Marco MURRU
 elaborazioni cartografiche di carattere tecnico
 Dott. Ing. Alessio GIBIARDI
 Dott. Ing. Irene USAI
 Dott. Ing. Marco MURRU

ECO-RESEARCH

Scala 1:25,000

ALLEGATO 2 - Inquadramento infrastrutture, beni ed elementi del PPR (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)



Elementi della Tavola

- Prodotto urbanistico
- Strada a rasoio
- Dissesto
- Area servizio pubblico

Elementi Urbanistici

Ordine Urbanistico

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Reti ed elementi speciali

- Strada a rasoio paesaggistica - 8 funzione turistica
- Strada a rasoio paesaggistica - 9 funzione turistica
- Strada a rasoio - 10 funzione paesaggistica
- Strada a rasoio - 11 funzione paesaggistica
- Strada a rasoio - 12 funzione turistica
- Strada a rasoio - 13 funzione turistica
- Strada a rasoio - 14 funzione turistica
- Strada a rasoio - 15 funzione turistica
- Strada a rasoio - 16 funzione turistica
- Strada a rasoio - 17 funzione turistica
- Strada a rasoio - 18 funzione turistica
- Strada a rasoio - 19 funzione turistica
- Strada a rasoio - 20 funzione turistica
- Strada a rasoio - 21 funzione turistica
- Strada a rasoio - 22 funzione turistica
- Strada a rasoio - 23 funzione turistica
- Strada a rasoio - 24 funzione turistica
- Strada a rasoio - 25 funzione turistica
- Strada a rasoio - 26 funzione turistica
- Strada a rasoio - 27 funzione turistica
- Strada a rasoio - 28 funzione turistica
- Strada a rasoio - 29 funzione turistica
- Strada a rasoio - 30 funzione turistica
- Strada a rasoio - 31 funzione turistica
- Strada a rasoio - 32 funzione turistica
- Strada a rasoio - 33 funzione turistica
- Strada a rasoio - 34 funzione turistica
- Strada a rasoio - 35 funzione turistica
- Strada a rasoio - 36 funzione turistica
- Strada a rasoio - 37 funzione turistica
- Strada a rasoio - 38 funzione turistica
- Strada a rasoio - 39 funzione turistica
- Strada a rasoio - 40 funzione turistica
- Strada a rasoio - 41 funzione turistica
- Strada a rasoio - 42 funzione turistica
- Strada a rasoio - 43 funzione turistica
- Strada a rasoio - 44 funzione turistica
- Strada a rasoio - 45 funzione turistica
- Strada a rasoio - 46 funzione turistica
- Strada a rasoio - 47 funzione turistica
- Strada a rasoio - 48 funzione turistica
- Strada a rasoio - 49 funzione turistica
- Strada a rasoio - 50 funzione turistica
- Strada a rasoio - 51 funzione turistica
- Strada a rasoio - 52 funzione turistica
- Strada a rasoio - 53 funzione turistica
- Strada a rasoio - 54 funzione turistica
- Strada a rasoio - 55 funzione turistica
- Strada a rasoio - 56 funzione turistica
- Strada a rasoio - 57 funzione turistica
- Strada a rasoio - 58 funzione turistica
- Strada a rasoio - 59 funzione turistica
- Strada a rasoio - 60 funzione turistica
- Strada a rasoio - 61 funzione turistica
- Strada a rasoio - 62 funzione turistica
- Strada a rasoio - 63 funzione turistica
- Strada a rasoio - 64 funzione turistica
- Strada a rasoio - 65 funzione turistica
- Strada a rasoio - 66 funzione turistica
- Strada a rasoio - 67 funzione turistica
- Strada a rasoio - 68 funzione turistica
- Strada a rasoio - 69 funzione turistica
- Strada a rasoio - 70 funzione turistica
- Strada a rasoio - 71 funzione turistica
- Strada a rasoio - 72 funzione turistica
- Strada a rasoio - 73 funzione turistica
- Strada a rasoio - 74 funzione turistica
- Strada a rasoio - 75 funzione turistica
- Strada a rasoio - 76 funzione turistica
- Strada a rasoio - 77 funzione turistica
- Strada a rasoio - 78 funzione turistica
- Strada a rasoio - 79 funzione turistica
- Strada a rasoio - 80 funzione turistica
- Strada a rasoio - 81 funzione turistica
- Strada a rasoio - 82 funzione turistica
- Strada a rasoio - 83 funzione turistica
- Strada a rasoio - 84 funzione turistica
- Strada a rasoio - 85 funzione turistica
- Strada a rasoio - 86 funzione turistica
- Strada a rasoio - 87 funzione turistica
- Strada a rasoio - 88 funzione turistica
- Strada a rasoio - 89 funzione turistica
- Strada a rasoio - 90 funzione turistica
- Strada a rasoio - 91 funzione turistica
- Strada a rasoio - 92 funzione turistica
- Strada a rasoio - 93 funzione turistica
- Strada a rasoio - 94 funzione turistica
- Strada a rasoio - 95 funzione turistica
- Strada a rasoio - 96 funzione turistica
- Strada a rasoio - 97 funzione turistica
- Strada a rasoio - 98 funzione turistica
- Strada a rasoio - 99 funzione turistica
- Strada a rasoio - 100 funzione turistica

Elementi Impianti

- Impianto fotovoltaico
- Impianto eolico
- Impianto idroelettrico
- Impianto geotermico
- Impianto idrico
- Impianto idrico - 1
- Impianto idrico - 2
- Impianto idrico - 3
- Impianto idrico - 4
- Impianto idrico - 5
- Impianto idrico - 6
- Impianto idrico - 7
- Impianto idrico - 8
- Impianto idrico - 9
- Impianto idrico - 10
- Impianto idrico - 11
- Impianto idrico - 12
- Impianto idrico - 13
- Impianto idrico - 14
- Impianto idrico - 15
- Impianto idrico - 16
- Impianto idrico - 17
- Impianto idrico - 18
- Impianto idrico - 19
- Impianto idrico - 20
- Impianto idrico - 21
- Impianto idrico - 22
- Impianto idrico - 23
- Impianto idrico - 24
- Impianto idrico - 25
- Impianto idrico - 26
- Impianto idrico - 27
- Impianto idrico - 28
- Impianto idrico - 29
- Impianto idrico - 30
- Impianto idrico - 31
- Impianto idrico - 32
- Impianto idrico - 33
- Impianto idrico - 34
- Impianto idrico - 35
- Impianto idrico - 36
- Impianto idrico - 37
- Impianto idrico - 38
- Impianto idrico - 39
- Impianto idrico - 40
- Impianto idrico - 41
- Impianto idrico - 42
- Impianto idrico - 43
- Impianto idrico - 44
- Impianto idrico - 45
- Impianto idrico - 46
- Impianto idrico - 47
- Impianto idrico - 48
- Impianto idrico - 49
- Impianto idrico - 50
- Impianto idrico - 51
- Impianto idrico - 52
- Impianto idrico - 53
- Impianto idrico - 54
- Impianto idrico - 55
- Impianto idrico - 56
- Impianto idrico - 57
- Impianto idrico - 58
- Impianto idrico - 59
- Impianto idrico - 60
- Impianto idrico - 61
- Impianto idrico - 62
- Impianto idrico - 63
- Impianto idrico - 64
- Impianto idrico - 65
- Impianto idrico - 66
- Impianto idrico - 67
- Impianto idrico - 68
- Impianto idrico - 69
- Impianto idrico - 70
- Impianto idrico - 71
- Impianto idrico - 72
- Impianto idrico - 73
- Impianto idrico - 74
- Impianto idrico - 75
- Impianto idrico - 76
- Impianto idrico - 77
- Impianto idrico - 78
- Impianto idrico - 79
- Impianto idrico - 80
- Impianto idrico - 81
- Impianto idrico - 82
- Impianto idrico - 83
- Impianto idrico - 84
- Impianto idrico - 85
- Impianto idrico - 86
- Impianto idrico - 87
- Impianto idrico - 88
- Impianto idrico - 89
- Impianto idrico - 90
- Impianto idrico - 91
- Impianto idrico - 92
- Impianto idrico - 93
- Impianto idrico - 94
- Impianto idrico - 95
- Impianto idrico - 96
- Impianto idrico - 97
- Impianto idrico - 98
- Impianto idrico - 99
- Impianto idrico - 100

Valutazione Ambientale Strategica VAS
 Processo di adeguamento della Pianificazione Urbanistica Comunale - P.U.C. di Villaputzu

TAVOLA Descrizione
1.2 Carta di Impedimento dei Beni, Infrastrutture ed elementi PPR-PM su ortofotocarta in scala 1:25.000

VAS - RAPPORTO AMBIENTALE

Settembre 2019

Comune di Villaputzu
 Via Leonardo da Vinci, 100
 07020 Villaputzu (CA) Sardegna

Simone PORCU
 Sindaco

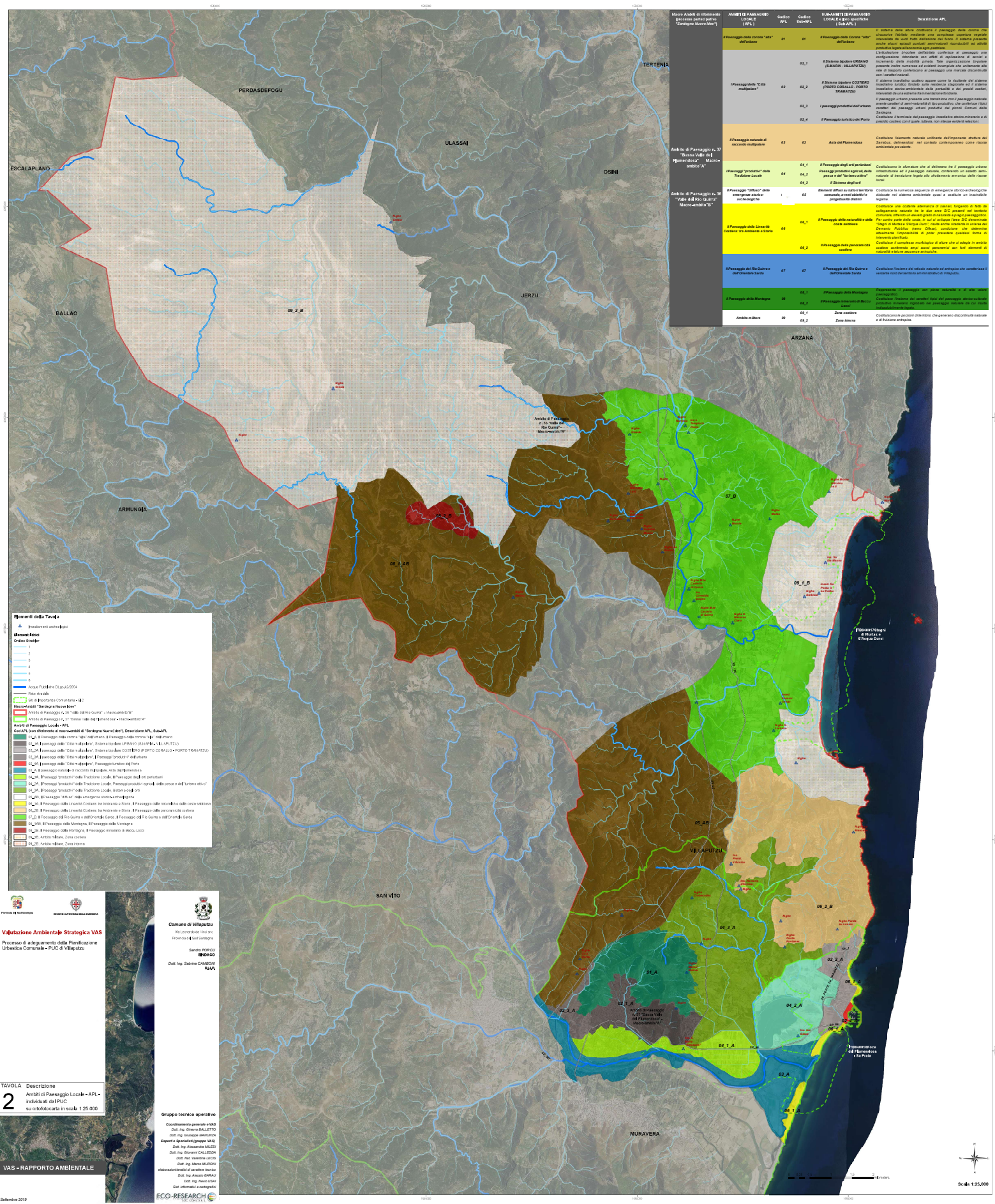
Dott. Ing. Sabrina CALABON
 PAUP

Gruppo tecnico operativo
 Coordinamento generale a VAS
 Dott. Ing. Giovanni BALLESTO
 Dott. Ing. Giovanni BALLESTO
 Esperto e Specialista (Gruppo VAS)
 Dott. Ing. Alessandro MILETI
 Dott. Ing. Giovanni CALABON
 Dott. Ing. Stefano LECOS
 Dott. Ing. Marco MURRU
 Collaboratori di cantiere tecnico
 Dott. Ing. Sabrina CALABON
 Dott. Ing. Irene USATI
 Dott. Ing. Marco MURRU

ECO-RESEARCH

**ALLEGATO 3 - Inquadramento elementi e tematismi del PPR_1 (da VAS Comune di Villaputzu
– Settembre 2019)**

ALLEGATO 4 - Ambiti di Paesaggio Locale – APL (da VAS Comune di Villaputzu – Settembre 2019)



Motto Anelli di riferimento (Intervento partecipativo "Strategia Nuova Area")	AMBITO DI PASSAGGIO LOCALE (APL)	Codice APL	Codice Sub-APL	SUBAMBITO DI PASSAGGIO LOCALE (SAPL) (SAPL)	Descrizione APL		
Ambito di Passaggio n. 01 "Strada Nuova Area"	#Passaggio della zona "del" dell'urban	01	01	01	Il sistema delle acque sotterranee e il paesaggio delle zone di interesse rurale, mediante una complessa opera di vegetazione arborea di cui l'area è dotata, ha fatto sì che siano presenti anche alcuni nuclei rurali, semi-rurali, ricorrendo ad edifici preesistenti, soprattutto agricoli.		
					02,1	#Passaggio della zona "del" dell'urban	L'urbanizzazione è stata realizzata in modo da integrare il paesaggio rurale, attraverso l'uso di materiali edili tradizionali, la scelta di volumetrie compatte e l'uso di colori tenui, armonizzando l'architettura con l'ambiente rurale.
					02,2	#Passaggio della "Città" dell'urban	Il sistema urbano è stato realizzato in modo da integrare il paesaggio rurale, attraverso l'uso di materiali edili tradizionali, la scelta di volumetrie compatte e l'uso di colori tenui, armonizzando l'architettura con l'ambiente rurale.
					02,3	#Passaggio della "Città" dell'urban	Il sistema urbano è stato realizzato in modo da integrare il paesaggio rurale, attraverso l'uso di materiali edili tradizionali, la scelta di volumetrie compatte e l'uso di colori tenui, armonizzando l'architettura con l'ambiente rurale.
Ambito di Passaggio n. 02 "Bassa Valle del" "Strada Nuova Area"	#Passaggio rurale di recupero naturale	02	02	02	Costituisce l'elemento naturale unitario dell'intero sistema del territorio, caratterizzato dal costante collegamento con i nuclei urbani preesistenti.		
					04,1	#Passaggio degli "edifici"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
					04,2	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
					04,3	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
Ambito di Passaggio n. 03 "Vale di Rio Quira" "Macrambita"	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	03	03	03	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.		
					04,1	#Passaggio degli "edifici"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
					04,2	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
					04,3	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
Ambito di Passaggio n. 04 "Vale di Rio Quira" "Macrambita"	#Passaggio della "Strada Nuova Area"	04	04	04	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.		
					04,1	#Passaggio degli "edifici"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
					04,2	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
					04,3	#Passaggio "urbano" della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.
Ambito militare	#Passaggio della "Strada Nuova Area"	05	05	05	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.		
					05,1	#Passaggio della "Strada Nuova Area"	Costituisce la struttura che si delimita nel paesaggio urbano, attraverso il rispetto per il patrimonio storico, culturale e paesaggistico, con particolare attenzione alla tutela delle vedute panoramiche.

Elementi della Tavola

A Elementi cartografici

Simboli

Colori

1
2
3
4
5

Acque

Acque Pubbliche Dignitate

Strade

Strada Comunale

Strade Nazionali

Strada Nazionale

Strade Regionali

Strada Regionale

Strade Provinciali

Strada Provinciale

Strade Locali

Strada Locale

Strade Intercomunali

Strada Intercomunale

Strade Interregionali

Strada Interregionale

Strade Internazionali

Strada Internazionale

Strade Europee

Strada Europea

Strade Globali

Strada Globale

Strade Speciali

Strada Speciale

Strade Uniche

Strada Unica

Strade Multiple

Strada Multiple

Strade Complesse

Strada Complesse

Strade Semplici

Strada Semplici

Strade Complicate

Strada Complicate

Strade Semplici e Complicate

Strada Semplici e Complicate

Strade Complesse e Semplici

Strada Complesse e Semplici

Strade Semplici, Complesse e Semplici

Strada Semplici, Complesse e Semplici

Strade Complesse, Semplici e Semplici

Strada Complesse, Semplici e Semplici

Strade Semplici, Complesse e Semplici

Strada Semplici, Complesse e Semplici

Strade Complesse, Semplici e Semplici

Strada Complesse, Semplici e Semplici

Strade Semplici, Complesse e Semplici

Strada Semplici, Complesse e Semplici

Strade Complesse, Semplici e Semplici

Strada Complesse, Semplici e Semplici

Comune di Villaputzu

VIA SARDINIA 100 07020

Valutazione Ambientale Strategica VAS

Processo di adeguamento della Pianificazione Urbanistica Comunale - PUC di Villaputzu

Gruppo tecnico operativo

Coordinamento generale a VAS
 Dott. Ing. Giovanni BALLESTO
 Dott. Ing. Giovanni BALLESTO
 Esperto e Specialista (gruppo VAS)
 Dott. Ing. Assunta MILETTI
 Dott. Ing. Giovanni CALABRO
 Dott. Ing. Giovanni LEO
 Dott. Ing. Marco MARINO
 Elaborazioni cartografiche di carattere tecnico
 Dott. Ing. Marco MARINO
 Dott. Ing. Irene USI
 Dott. Ing. Irene USI
 Elaborazioni cartografiche di carattere tecnico

VAS - RAPPORTO AMBIENTALE

Settembre 2019

ECO-RESEARCH

TAVOLA

Descrizione

2

Anelli di Passaggio Locale - APL - individuati dal PUC individualmente in scala 1:25.000

VAS - RAPPORTO AMBIENTALE

Settembre 2019



**ALLEGATO 5 - Valutazione previsionale di impatto acustico - Area di cantiere – Attività
cantieristiche e viabilità interna per le aree di cantiere**



**PNRR STS –DIMOSTRATORE DI VOLO
CODICE PROGETTO: ITPNRRCUPJ58G21000020007**

Ricerca e sviluppo di nuove tecnologie per accelerare la transizione verso una nuova generazione di lanciatori ecologici e con massimizzazione del contenuto industriale italiano con dimostrazione in volo delle tecnologie selezionate

AREA DI CANTIERE – ATTIVITA' CANTIERISTICHE E VIABILITÀ INTERNA PER LE AREE DI CANTIERE

**VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO CONFORME AI DISPOSTI DELLA
LEGGE QUADRO N° 447/95 E SUCCESSIVI DECRETI DI ATTUAZIONE ED A QUELLI DELLE
LINEE GUIDA RUMORE DEL 14 NOVEMBRE 2008 (REGIONE SARDEGNA)**

A007/2026

INDICE

1) PREMESSA.....	3
1.1) QUADRO NORMATIVO	4
2) DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' OGGETTO DELLA PRESENTE VALUTAZIONE.....	5
3) DESCRIZIONE DELL'AREA DI PROGETTO	6
4) INQUADRAMENTO URBANISTICO VINCOLISTICO ED ACUSTICO.....	9
5) INQUADRAMENTO DELL'AREA DI CANTIERE, DELLE SORGENTI CONSIDERATE E DEI DATI ACUSTICI.....	14
6) VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO	22
6.1) DATI ACUSTICI DI INPUT	31
7) RISULTATI DELLA SIMULAZIONE MATEMATICA	31
8) ACCURATEZZA DEL MODELLO MATEMATICO.....	36
9) CONCLUSIONI	37
9.1) APPROFONDIMENTO IN ORDINE AI LIMITI PREVISTI DALLA NORMATIVA VIGENTE	37

1) PREMESSA

Il progetto: PNRR STS – Dimostratore di volo - Codice progetto ITPNRRRCUPJ58G21000020007
- Ricerca e sviluppo di nuove tecnologie per accelerare la transizione verso una nuova generazione di lanciatori ecologici e con massimizzazione del contenuto industriale italiano con dimostrazione in volo delle tecnologie selezionate, prevede la realizzazione delle seguenti opere da installare presso la zona Nike del Poligono Sperimentale e di Addestramento Interforze del Salto di Quirra - Distaccamento di Capo San Lorenzo:

- Impianto temporaneo poggiato a terra senza scavi
- Platee su terreno riportato
- Ancoraggi su platee
- Impianto composto da skidmobili, shelter e isocontainer
- Rimozione completa di tutte le opere e ripristino dello status quo

La presente valutazione previsionale di impatto acustico riguarda la fase di cantierizzazione. La stessa sarà eseguita conformemente ai disposti della Legge Quadro n° 447/95 e successivi decreti di attuazione ed a quelli delle linee guida rumore del 14 novembre 2008 (regione Sardegna).

1.1) QUADRO NORMATIVO

Di seguito, a titolo indicativo, si riporta un elenco delle principali norme relative alla valutazione previsionale di cui si tratta:

Di seguito si riporta un elenco delle principali norme relative alla valutazione previsionale di cui si tratta:

LEGGE 26 OTTOBRE 1995, N. 447 - LEGGE QUADRO SULL'INQUINAMENTO ACUSTICO

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 14 NOVEMBRE 1997 - DETERMINAZIONE DEI VALORI LIMITE DELLE SORGENTI SONORE

DECRETO DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE 16 MARZO 1998 - TECNICHE DI RILEVAMENTO E DI MISURAZIONE DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 18 NOVEMBRE 1998, N. 459 - REGOLAMENTO RECANTE NORME DI ESECUZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 26 OTTOBRE 1995, N. 447, IN MATERIA DI INQUINAMENTO ACUSTICO DERIVANTE DA TRAFFICO FERROVIARIO.

LINEE GUIDA RUMORE DEL 14 NOVEMBRE 2008 (REGIONE SARDEGNA)

2) DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' OGGETTO DELLA PRESENTE VALUTAZIONE

Attività di cantierizzazione relativa all'infrastruttura di lancio progettata dalla società Novaeka S.r.l su incarico della società Avio S.p.a. da installare presso la zona Nike del Poligono Sperimentale e di Addestramento Interforze del Salto di Quirra - Distaccamento di Capo San Lorenzo.

In sintesi, l'attività di cantierizzazione cui alla presente valutazione previsionale di impatto acustico è la seguente:

- Realizzazione impianto temporaneo appoggiato a terra senza scavi.
- Realizzazione platee su terreno riportato.
- Realizzazione ancoraggi su platee.

L'attività di cantierizzazione si svolgerà esclusivamente durante il periodo diurno (06.00 – 22.00).

3) DESCRIZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

Le aree di installazione dell'impianto sono collocate all'interno della zona Nike del Poligono Sperimentale e di Addestramento Interforze del Salto di Quirra - Distaccamento di Capo San Lorenzo e sono suddivise nel modo seguente:

- Zona Centro Comando e Controllo: Lat. 39°31'42.65"N Long. 9°37'52.95"E WGS84 e quota s.l.m. pari a circa 8m;
- Zona Impianto: Lat. 39°31'38.55"N Long. 9°37'58.25"E WGS84 e quota s.l.m. pari a circa 4m;
- Zona Lanciatore: Lat. 39°31'37.80"N Long. 9°38'00.90"E WGS84 e quota s.l.m. pari a circa 3m;

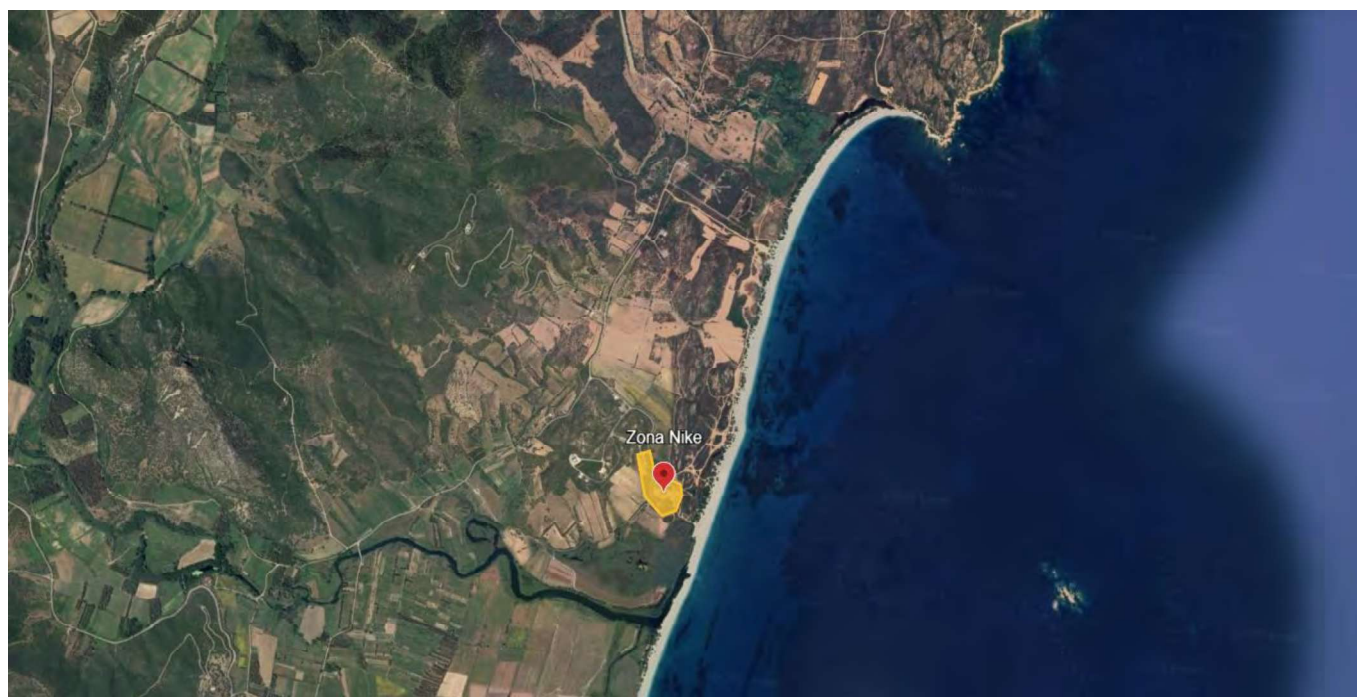


Figura 1: Zona Nike - Poligono Sperimentale e di Addestramento Interforze del Salto di Quirra



Figura 2: Zone di interesse nell'area del poligono

L'area in cui si prevede di posizionare tutti gli elementi impiantistici risulta attualmente asfaltata e leggermente incassata rispetto ad un bordo perimetrale rialzato che la contorna per quasi tutto il perimetro lasciando liberi i varchi che consentono il passaggio della viabilità interna. Le dimensioni dell'intera area sono di circa 62 x 78 m ma rispetto allo sviluppo dell'intera area disponibile l'ingombro indicativo delle parti impiantistiche sarà inferiore come superficie occupata.

Anche in questo caso la vegetazione prevalente e quasi esclusiva risulta essere quella della macchia mediterranea con alcuni arbusti e cespugli di media altezza che lungo il lato arrivano a ridosso e quasi a coprire alcuni manufatti, che si sviluppano al di fuori dell'ampia area principale, ad un piano fuori terra, anch'essi con tetto piano – tranne un fabbricato che presenta una vegetazione più povera sulla copertura con profilo semiottagonale.

A ridosso è presente uno dei due cul de sac prima citati che costituisce l'area di base, avente dimensioni di circa 12 x10 m, destinata alla torcia per lo smaltimento controllato del metano.

Come descritto in precedenza nell'immediata vicinanza di quest'area, e leggermente ad Est, avvicinandoci alla costa, è presente l'area in cui sarà posizionato il Lanciatore con il suo elemento a tralicchio di sostegno e poco distante la vasca di smaltimento dell'Azoto Liquido.

L'area risulta complessivamente composta di tre riquadri dei quali quello centrale con dimensioni di circa 25 x 25 m (destinato al Lanciatore) e due aree leggermente più piccole, con dimensioni di circa 15 x 15 m, in cui sarà posizionata la vasca di smaltimento all'interno dell'area più a Sud mentre l'altra rimarrà libera.

Questi piazzali sono costituiti da pavimentazione in cemento e a ridosso di queste non sono presenti manufatti ma solamente la strada di penetrazione che qui ha l'altro suo termine.

Anche queste aree sono contornate dalla vegetazione costituita da macchia mediterranea che circonda tutte le aree sopra descritte.



Figura 3: Zona di posizionamento degli elementi costituenti Impianti e Lanciatore vista da Est

4) INQUADRAMENTO URBANISTICO VINCOLISTICO ED ACUSTICO

Caratterizzazione delle zone di intervento

REGIONE:	Sardegna
PROVINCIA:	Città Metropolitana di Cagliari
COMUNE:	Villaputzu
INDIRIZZO:	Poligono Interforze del Salto di Quirra - Distaccamento di Capo san Lorenzo - Zona "Nike" - Loc. Murtas - Accesso area da Strada Comunale Murtas
OPERA CORRELATA A:	Postazione Militare
CARATTERE DELL'INTERVENTO:	Temporaneo - Rimovibile
DESTINAZIONE D'USO DEL SUOLO:	Area Militare

Tabella 1 – Caratterizzazione zone di intervento

L'area risulta sottoposta a vincolo paesaggistico, secondo l'art.143 del D.Lgs N°42/04 e succ. mod. del Piano Paesaggistico Regionale della Sardegna (Ambito n.24 "Salto di Quirra" – Foglio n.549-I) e gli artt. 5 e 9 delle Norme Tecniche di Attuazione (Beni Identitari) e vincolo di tutela derivante dalla Zona Speciale di Conservazione.

Di seguito si riportano le tavole planimetriche necessarie all'inquadramento urbanistico del progetto, nonché la zonizzazione acustica comunale vigente necessaria per l'inquadramento acustico dello stesso.



Figura 4: Stralcio dell'ortofoto

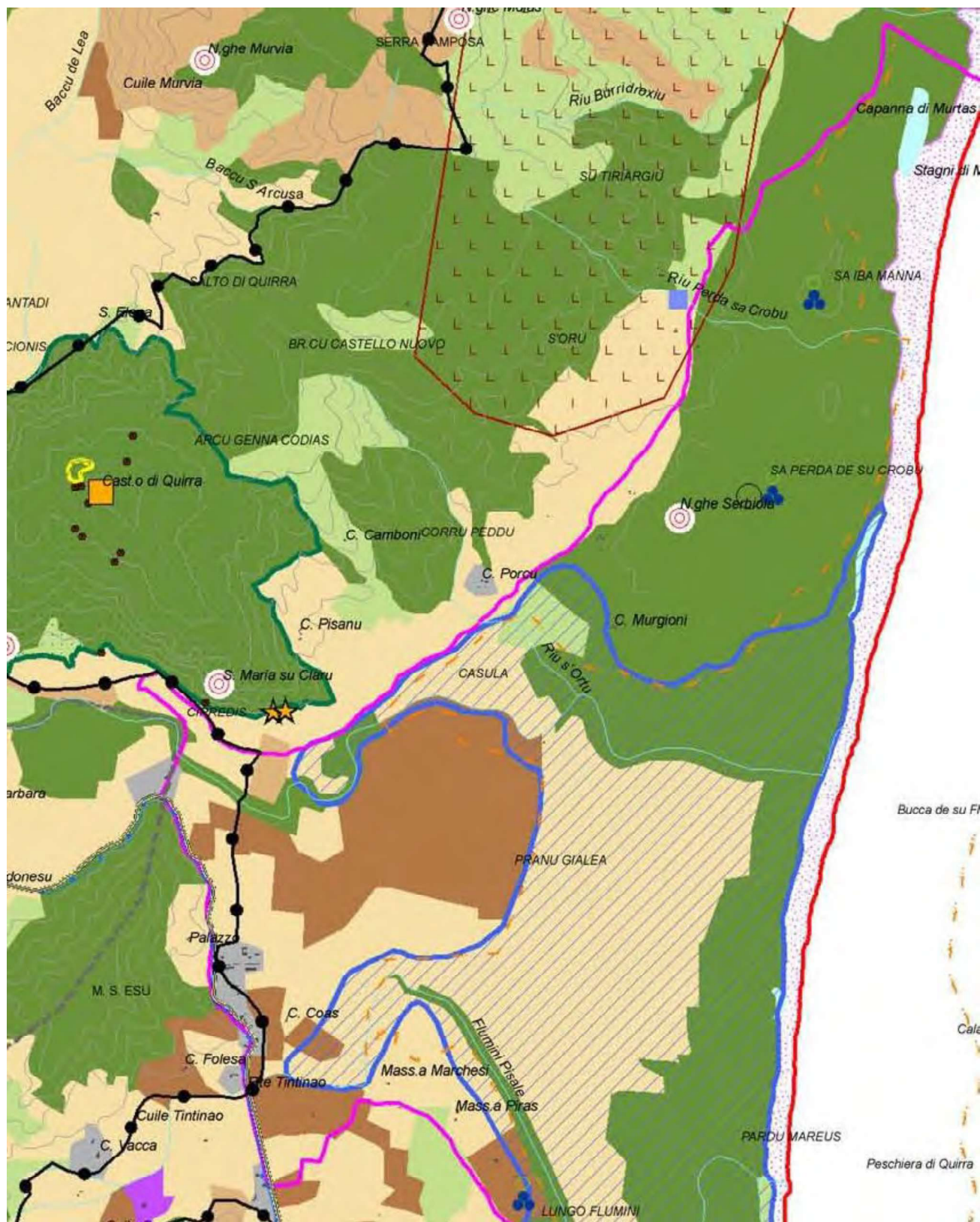


Figura 5: Stralcio del P.P.R.

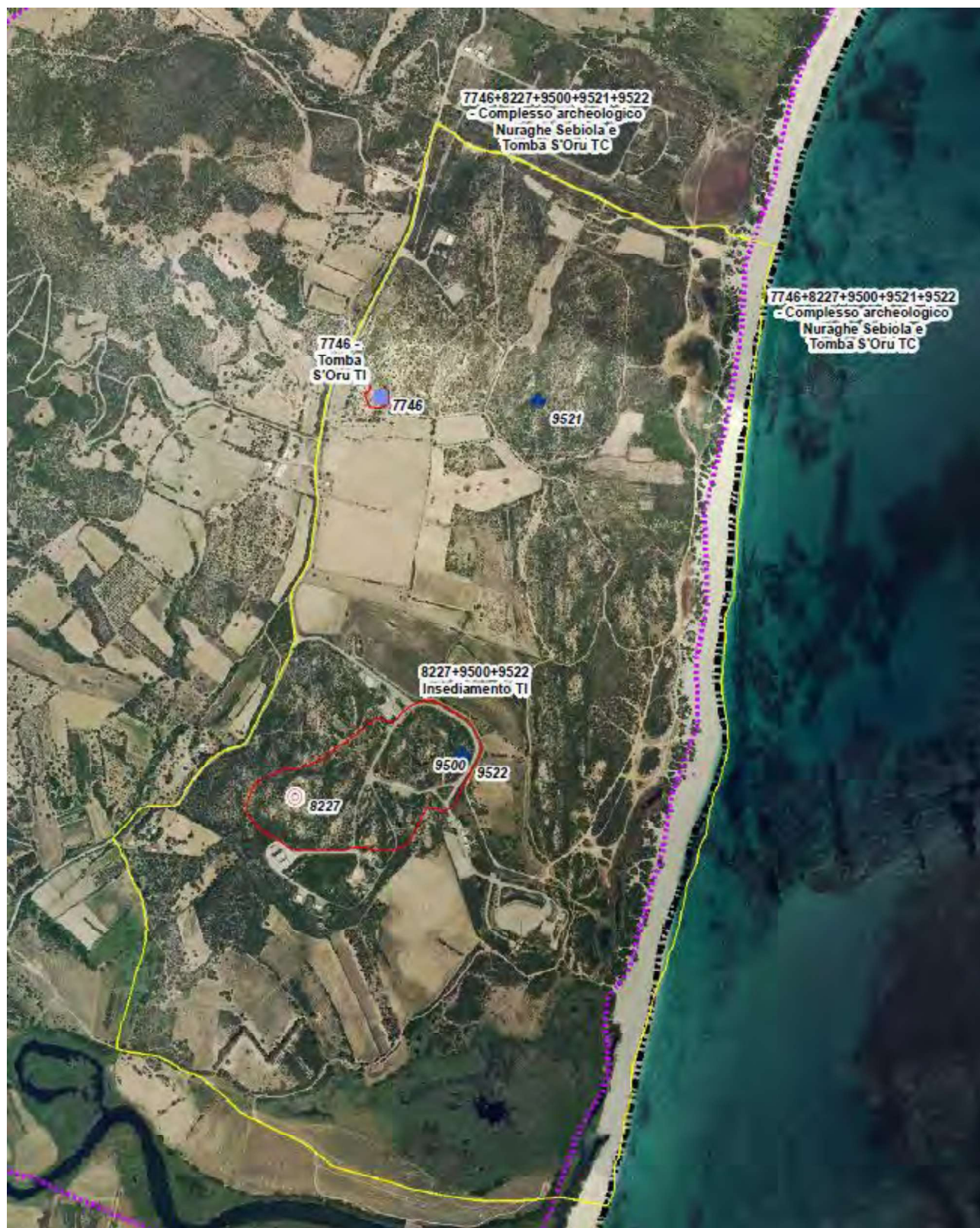


Figura 6: Stralcio della Carta dei Beni Storico-Culturali e discesa di scala del Piano Urbanistico Comunale (tavola T.SC.01a)

Classi di destinazione d'uso del territorio	
	Classe I: aree particolarmente protette
	Classe II: aree destinate ad uso prevalentemente residenziale
	Classe III: aree di tipo misto
	Classe IV: aree di intensa attività umana
	Classe V: aree prevalentemente industriali
	Classe VI: aree esclusivamente industriali

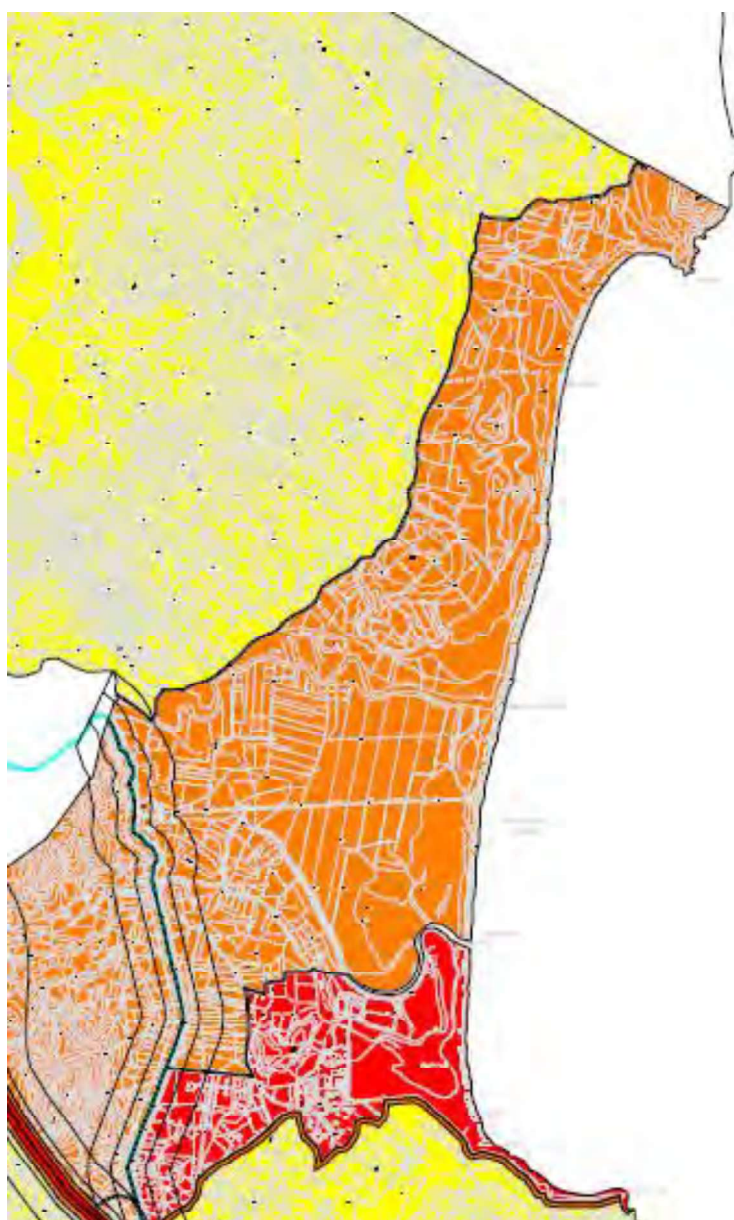


Figura 7: Stralcio della zonizzazione acustica vigente

5) INQUADRAMENTO DELL'AREA DI CANTIERE, DELLE SORGENTI CONSIDERATE E DEI DATI ACUSTICI

In questo capitolo si riportano le tavole che rappresentano l'area di cantiere oggetto della presente valutazione, le strade di accesso al cantiere, la rappresentazione delle sorgenti considerate e l'indicazione dei livelli di potenza acustica, che sono stati impiegati ai fini della modellizzazione matematica di dettaglio di cui si tratta nel prossimo capitolo.



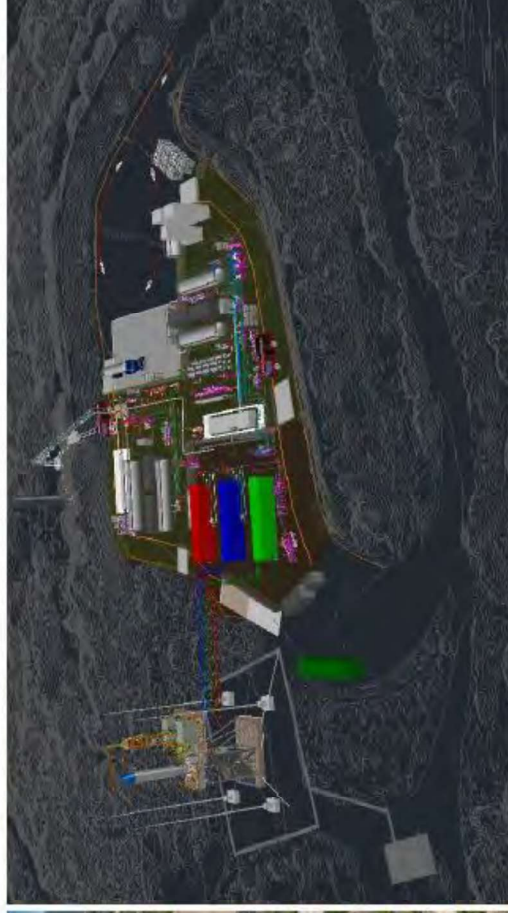
Figura 8: Strade di accesso al cantiere

ARCHITETTURA GENERALE RAMPA DI LANCIO



**ZONA NIKE – ANTE OPERAM
AREA IMPIANTI E PAD**

- Impianto **temporaneo poggiato a terra** senza scavi
- Platee su terreno riportato
- Ancoraggi su platee
- Impianto composto da **skid mobili, shelter e isocontainer**
- **Rimozione completa** di tutte le opere e ripristino dello status quo



**ZONA NIKE – POST OPERAM
AREA IMPIANTI E PAD**

Figura 9: Area di cantiere – Architettura generale

LAVORI CIVILI 2/2

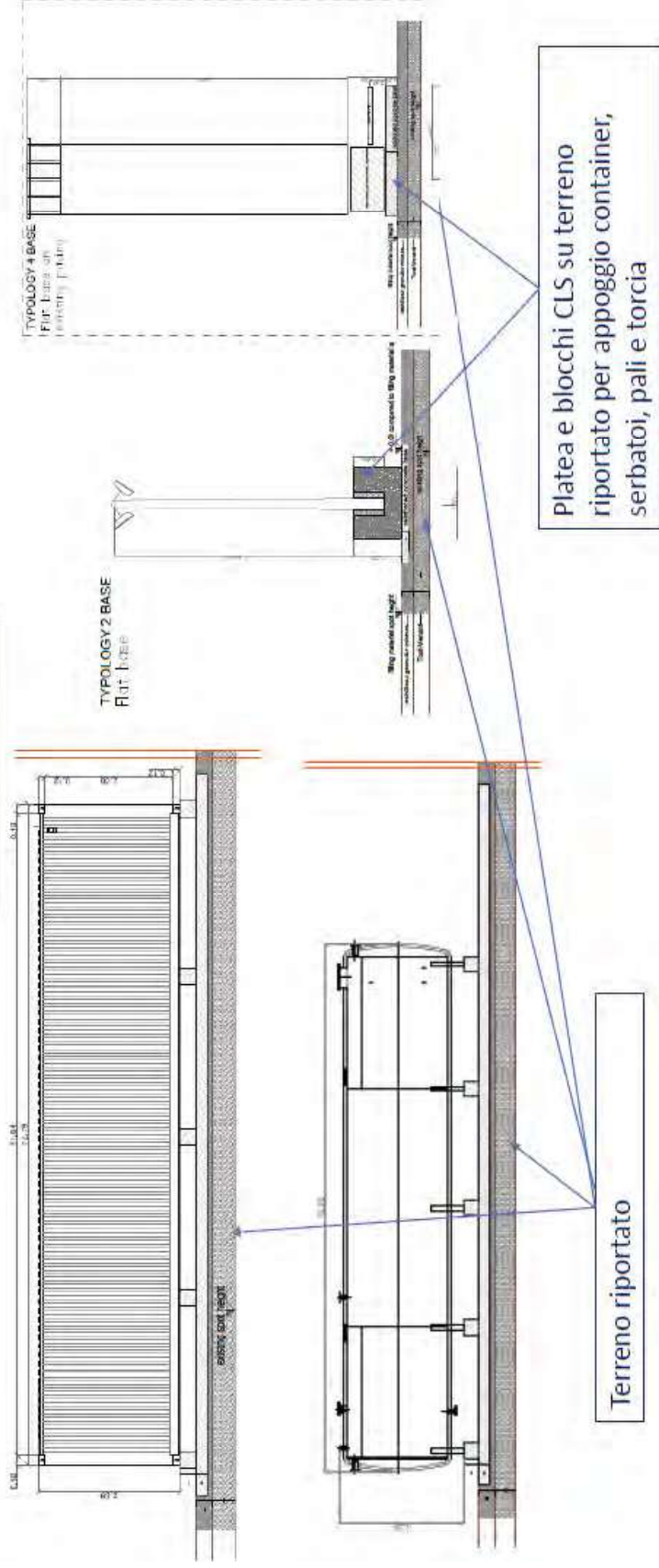
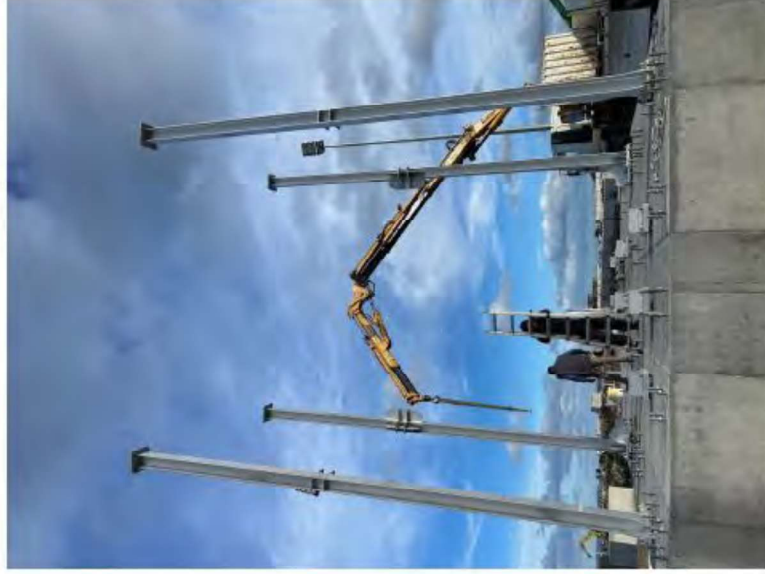


Figura 1 1: Area di cantiere – Lavori civili 2/2

PAD



- **PAD POGGIATO A TERRA SU Nr. 5 BLOCCHI TRASPORTABILI**
- **COLONNE MONTABILI E SMONTABILI**
- **DEFLETTORE DI FIAMMA**

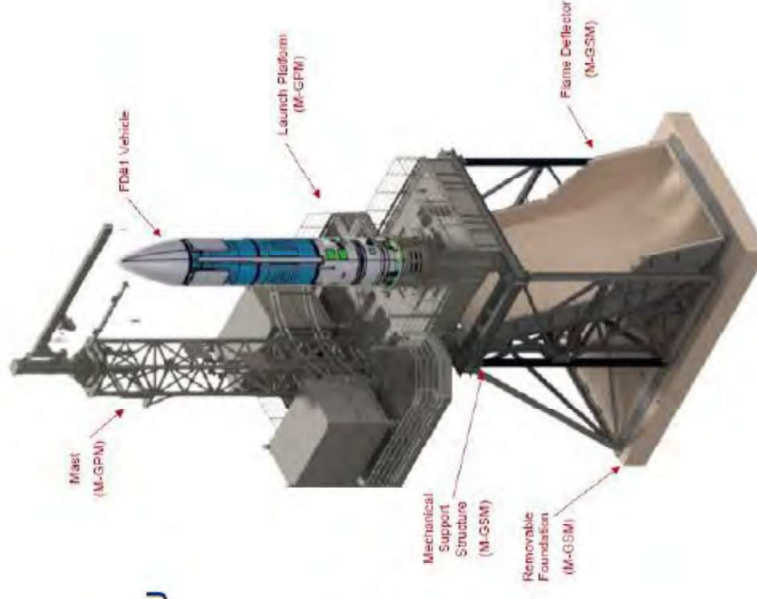


Figura 12: Area di cantiere – PAD

Si riporta a titolo esemplificativo e non esaustivo l'elenco delle macchine, da considerarsi in termini di sorgenti acustiche, necessario per lo svolgimento dei lavori:

1) Viabilità intera di accesso al cantiere

Numero di mezzi utilizzati per:

- Predisposizione strato di TOUT VENANT
 - o Nr. 150 camion (6 viaggi al giorno – distanza provenienza 45 minuti cava a Villaputzu)
- Predisposizione strato di STABILIZZATO MISTO NATURALE
 - o Nr. 35 camion (fino a max 6 trasporti/die da Cava PORCU nel Comune di San Priamo/ San Vito in alternativa da Perdasdefogu)
- Trasporto CLS
 - o Nr. 90 betonpompe (2/g nel periodo di realizzazione dei getti)
- Trasporto armature per realizzazione di opere in c.a.
 - o Nr. 100 camion (FREM – Zona industriale Cagliari – 5/settimana)
- Trasporto attrezzature premontate
 - o Nr. 100 camion (Non trasporti eccezionali)
- Trasporto container
 - o Nr. 50 ribassati
- Trasporto LEOGBLOCK
 - o Nr. 30 camion

Si è considerato che, nella peggiore delle ipotesi, sulle strade di accesso al cantiere si potranno trovare contemporaneamente in transito i seguenti mezzi: n° 2 autocarri; n° 2 Betonpompe.

2) Cantiere

Elenco di tutte le macchine necessarie:

- o Autogrù 150ton
- o Autogrù 100ton
- o Beton-pompa
- o Camion
- o Ribassati
- o Escavatori cingolati
- o Escavatori gommati
- o Camion gru
- o Rullo vibrante
- o Magnetometri
- o Stazioni totali
- o Droni

Nella pagina che segue si riporta una tabella con le informazioni, tecniche e acustiche relative alle sorgenti impiegate nella modellizzazione.

Area circoscritta del cantiere

N° sorgente	Tipologia	Marca /Modello	Quantità	Area impiego	di	Lw dB(A) Unitario	Lw dB(A) Complessivo	Altezza sorgente (m.)	Fonte
1	Autogrù 150 ton.	Da definire	1	Cantiere		101	101	2	letteratura
2	Autogrù 100 ton.	Da definire	1	Cantiere		101	101	2	letteratura
3	Beton-Pompa	Da definire	1	Cantiere		105	105	2	letteratura
4	Camion con rimorchio ribassato	Da definire	1	Cantiere		101	101	2	letteratura
5	Camion Gru	Da definire	1	Cantiere		101	101	2	letteratura
6	Escavatore cingolato	Da definire	2	Cantiere		103	106	2	D.Lgs n. 262 del 2002 (*)
7	Escavatore gommato	Da definire	2	Cantiere		101	104	2	D.Lgs n. 262 del 2002 (*)
8	Rullo vibrante	Da definire	1	Cantiere		106	106	2	D.Lgs n. 262 del 2002 (*)
9	Autocarro	Da definire	2	Cantiere		101	104	2	letteratura
10	Drone	Da definire	1	Cantiere		92	92	6	letteratura

(*) Riferimenti normativi in allegato 1

Viabilità interna di accesso al cantiere

N° sorgente	Tipologia	Marca /Modello	Quantità	Area di impiego	Lw dB(A) Unitario	Lw dB(A) Complessivo	Altezza sorgente (m.)	Fonte
11	Autocarro	Da definire	2	Viabilità interna accesso al cantiere	101	104	2	letteratura
12	Beton-Pompa	Da definire	2	Viabilità interna accesso al cantiere	100	103	2	letteratura

Tabella 2 – Sorgenti con indicazione delle caratteristiche tecniche e acustiche

Nella figura che segue si riporta la collocazione indicativa delle sorgenti, scelta per la modellizzazione matematica. Come spiegato in precedenza, la scelta è finalizzata esclusivamente alla modellizzazione matematica e non corrisponde in alcun modo a quella che sarà la collocazione definitiva delle macchine che, ad oggi, non è possibile prevedere:



Figura 13 – Collocazione indicativa delle sorgenti ai fini della modellizzazione matematica

6) VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

Nel presente capitolo si riportano, le modellizzazioni eseguite secondo il suddetto schema:

Ai fini della presente modellizzazione matematica finalizzata alla valutazione previsionale di impatto acustico, considerato che le sorgenti principali operano esclusivamente in periodo diurno, le caratteristiche temporali di funzionamento simulate sono: diurne (06.00 – 22.00).

Le caratteristiche acustiche delle sorgenti considerate sono per lo più di carattere continuo nel tempo e costante in intensità durante il loro funzionamento. È comunque accertata la contemporaneità di esercizio delle principali sorgenti che hanno emissioni acustiche nei confronti dell'ambiente esterno.

L'analisi dei diversi scenari condotta con supporto informatico, è stata effettuata come di seguito meglio specificato:

- 1) scelta del modello matematico;
- 2) ricostruzione con software AUTOCAD del dominio di interesse;
- 3) definizione dell'algoritmo caratteristico;
- 4) caratterizzazione acustica delle superfici del dominio di interesse;
- 5) risultati dei calcoli effettuati con il modello matematico.

Il modello matematico utilizzato è SOUNDPLAN ¹.

SOUNDPLAN, più precisamente, modella la fisica della propagazione acustica, comprese le riflessioni speculari e diffuse contro pareti fisicamente definite, l'assorbimento delle pareti e del mezzo, la diffrazione attraverso degli schermi e la trasmissione attraverso le pareti. SOUNDPLAN è basato sui principi dell'acustica geometrica.

Nell'acustica geometrica si assume che le onde sonore si comportino come raggi sonori, così come nell'ottica geometrica le onde luminose sono assimilate a raggi di luce. I raggi sonori sono riflessi dalle superfici solide e perdono parte della loro energia ad ogni riflessione.

¹ <https://www.soundplan.eu/en/software/soundplannoise/current-version>

La simulazione di SoundPlan si basa su un metodo “ray-tracing”. Si tratta di una tecnica che consiste nella discretizzazione dell’energia emessa dalla sorgente in raggi sonori lanciati in tutte le direzioni. I raggi si propagano rettilinei e rimbalzano seguendo la legge della riflessione speculare. Il livello energetico di ciascun raggio decresce progressivamente in funzione dell’assorbimento degli ostacoli incontrati e dell’assorbimento dell’aria e di quant’altro si sia predefinito.

In particolare, SoundPlan applica un ray-tracing inverso, per cui dal punto ricevitore vengono inviati dei raggi che esplorano tutta la geometria modellizzata entro un intervallo angolare predefinito. Tale ricerca si ripete per ogni incremento angolare di 1°.

Per ogni segmento angolare il software calcolerà il contributo al livello di immissione risultante da ogni dato numero di sorgenti incontrate. I modelli numerici basati sul ray-tracing consentono inoltre una rappresentazione della rumorosità ambientale più efficace attraverso mappe isofoniche opportunamente tematizzate.

Con questo metodo l'emissione di una sorgente puntiforme viene considerata utilizzando un numero discreto di raggi sonori prodotti dalla sorgente stessa, orientati secondo una distribuzione probabilistica il cui cammino (traccia) viene analizzato, nel campo acustico in esame, considerando le riflessioni con gli ostacoli di tipo speculare in modo del tutto analogo ai raggi luminosi.

In ogni punto di interesse del campo acustico in esame il modello sommerà le energie acustiche degli n raggi della sorgente che giungono nel punto stesso.

In particolare, il calcolo della distribuzione sonora dei diversi scenari analizzati è stato eseguito mediante l'ausilio del programma "SoundPlan" (versione 9.1).

Il software è validato a livello internazionale e progettato con diversi anni di ricerca per modellare la propagazione acustica in ambiente esterno, sviluppato sulla base di algoritmi che rispettano diversi standard acustici, tra i quali lo standard ISO 9613-2 e il metodo NMPB 95 rispondente alla legge francese del maggio 1995. Nel caso in oggetto le simulazioni sono state svolte utilizzando il modello di calcolo ISO 9613-2.

I parametri presi in considerazione dal modello corrispondono a quelle grandezze che fisicamente influenzano la generazione e la propagazione del rumore. Più precisamente sono la disposizione e la forma degli edifici presenti nell'area di studio, la topografia del sito, le eventuali barriere antirumore, la tipologia del terreno, i parametri meteorologici della zona, e le caratteristiche del traffico presente: flusso, la velocità e la composizione. Esso permette il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale, da insediamenti industriali (sorgenti esterne ed interne), il calcolo di barriere acustiche e delle concentrazioni degli elementi inquinanti dell'aria. Permette la modellizzazione acustica in accordo con decine di standards nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo del Ray Tracing, è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

Sostanzialmente tale tecnica simula l'arrivo ai ricettori di "raggi" che rappresentano i fronti d'onda provenienti dalle diverse sorgenti. In questo modo sulla base del percorso che il raggio attraversa per raggiungere il ricettore vengono calcolati l'assorbimento da parte dell'aria (per questo vengono date in input le condizioni meteorologiche), l'attenuazione dovuta alla distanza, la diffrazione dei raggi stessi ad opera di eventuali ostacoli e le riflessioni sulle superfici verticali. Quindi tale metodologia si presta molto bene al calcolo dei livelli di pressione sonora in aree complesse.

Un ulteriore vantaggio nell'utilizzo di questa tecnica sta nel fatto che i raggi fisicamente rilevanti si possono ottenere con test logici su tutti i raggi possibili alleggerendo così la fase computazionale vera e propria. Inoltre, è possibile scegliere la distanza angolare fra un raggio e l'altro in modo da scegliere il compromesso migliore fra precisione del risultato, complessità dell'area e tempi di calcolo. Il modello è in grado di stimare il livello di pressione sonora in corrispondenza dei punti individuati visualizzando l'andamento delle curve isofoniche in un'area selezionata.

Dalle caratteristiche di funzionamento del modello matematico adottato si ricava la necessità di ricostruire il dominio in esame in tre dimensioni per tutte le zone di interesse.

Nelle immagini che seguono si riporta un estratto della ricostruzione in 3 dimensioni effettuata, che risulta la base del dominio all'interno del quale si sono eseguiti i calcoli.

Tavola 1 – Dominio



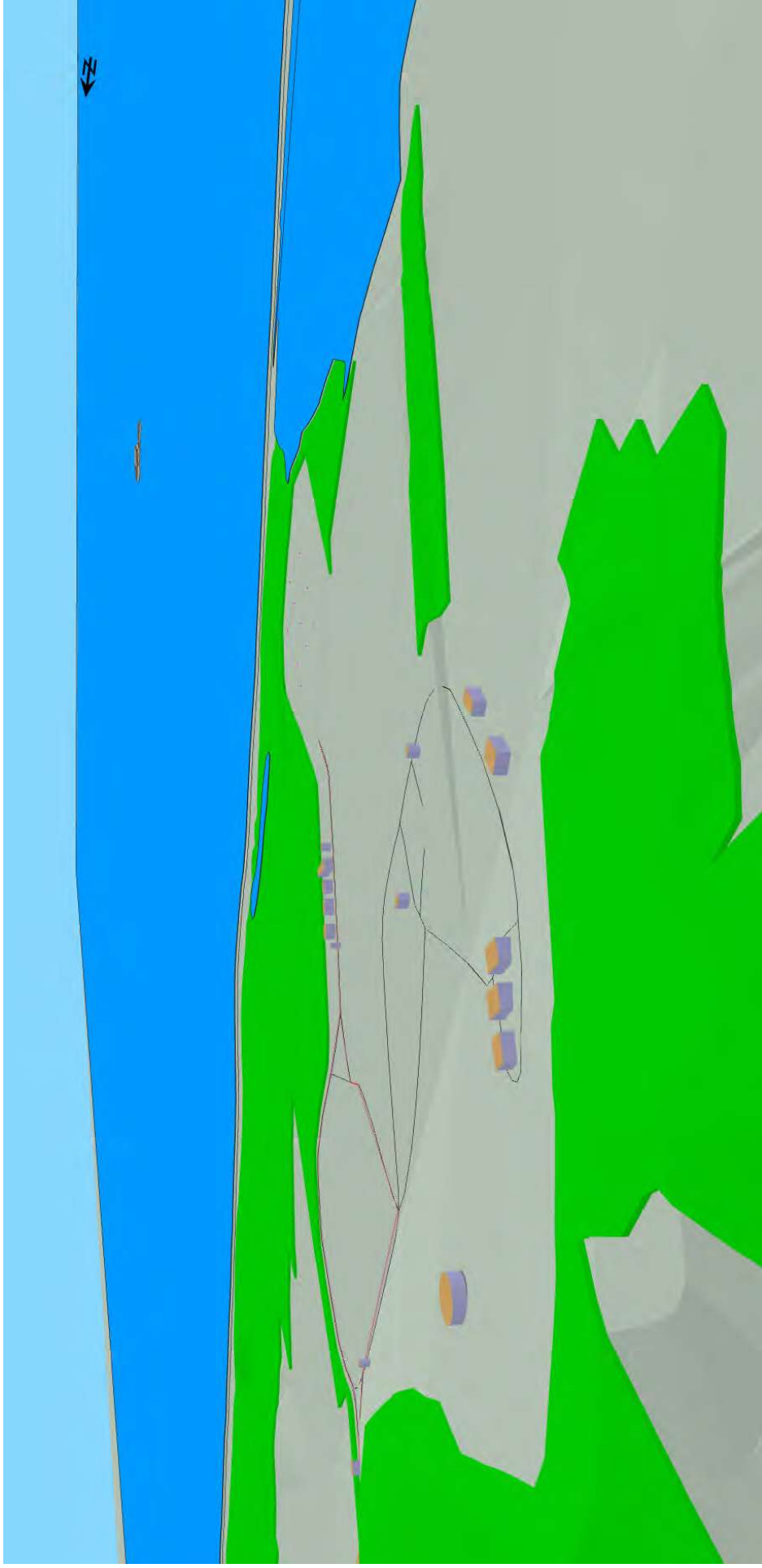
Tavola 1.1 – Dominio (Zoom 1)



Tavola 1.2 – Dominio (Zoom 2)



Tavola 1.3 – Dominio (Zoom 3)



Ad ogni superficie si è associato un comportamento acustico di assorbimento considerando i coefficienti di Sabine noti in letteratura per i seguenti materiali:

- terreno e vegetazione

- superfici edifici industriali

(cautelativamente si sono considerati questi edifici come altamente riflettenti)

- edifici intonacati

Di seguito si riportano i coefficienti di assorbimento considerati:

Tabella 3

MATERIALE	FREQUENZA (HZ)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TERRENO	0.23	0.34	0.55	0.60	0.42	0.55	0.56	0.57
SUPERFICI RIFLETTENTI	0.15	0.14	0.11	0.10	0.06	0.05	0.05	0.05
INTONACO	0.02	0.03	0.05	0.04	0.06	0.08	0.08	0.1

Come già evidenziato anche nella scelta dei coefficienti di Sabine ci si è posti nelle condizioni più sfavorevoli considerando un'elevata riflessione per i capannoni industriali.

Nelle pagine che seguono si riportano gli esiti della simulazione con il modello matematico.

6.1) DATI ACUSTICI DI INPUT

Come anticipato, considerando come base di lavoro le tavole e le tabelle con le sorgenti, si è proceduto al calcolo della potenza acustica di ogni una di esse, ai fini della modellizzazione matematica di dettaglio.

Per quanto riguarda le sorgenti è stato sufficiente ricostruire tridimensionalmente la sorgente ed attribuire il livello di potenza acustica alla stessa.

7) RISULTATI DELLA SIMULAZIONE MATEMATICA

Nella modellizzazione acustica, le mappe orizzontali con curve di livello sono strumenti utilizzati per rappresentare la distribuzione spaziale di grandezze acustiche, come il livello di pressione sonora o l'intensità del suono, su una superficie bidimensionale.

Mappe orizzontali: Queste rappresentazioni sono utili per vedere l'effetto della topografia, delle strutture e delle sorgenti sonore nel paesaggio acustico. Le mappe orizzontali possono fornire una visione chiara delle aree a maggior o minor impatto acustico, facilitando decisioni riguardo alla pianificazione urbana, alla gestione del rumore e alla protezione ambientale.

Nelle pagine che seguono si riportano le mappe orizzontali con le curve di livello poste a + 1 m. rispetto al piano di campagna.

Tavola 2 – MAPPA DEL RUMORE ORIZZONTALE a quota +1.00m - VISTA GLOBALE

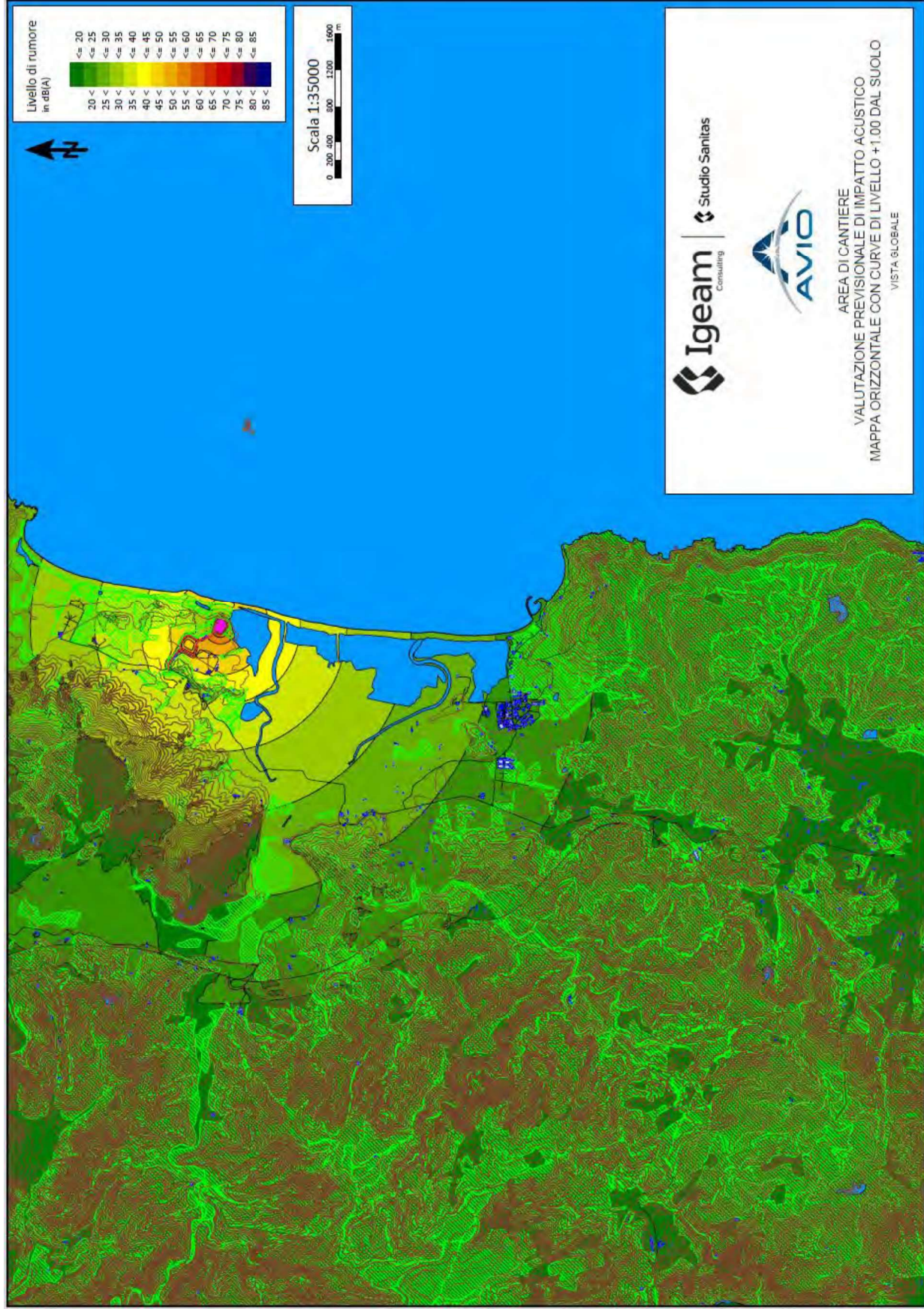


Tavola 3 – MAPPA DEL RUMORE ORIZZONTALE a quota +1.00m - INGRANDIMENTO

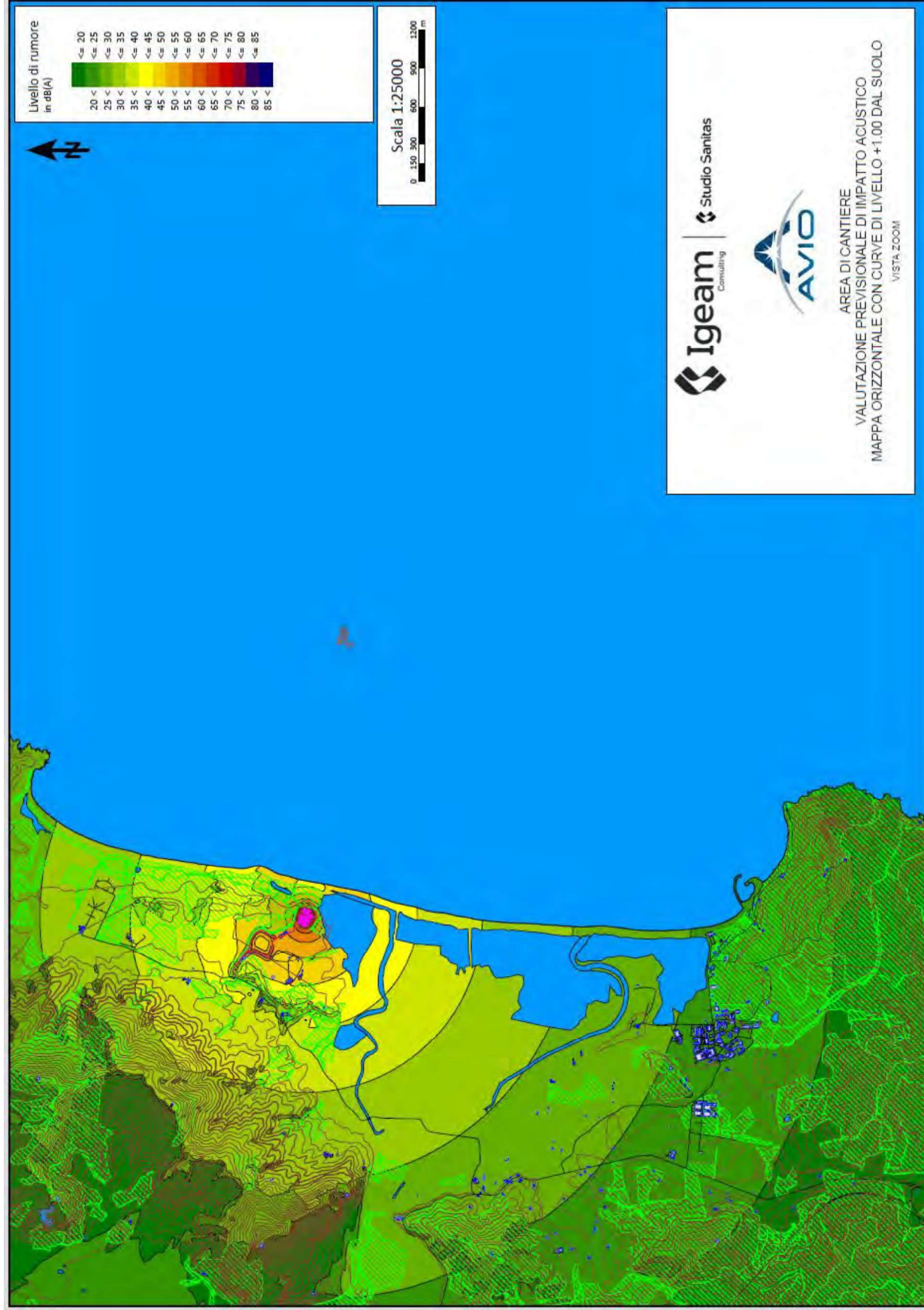


Tavola 4 – MAPPA DEL RUMORE ORIZZONTALE a quota +1.00m – ZOOM AREA CANTIERE E COSTA

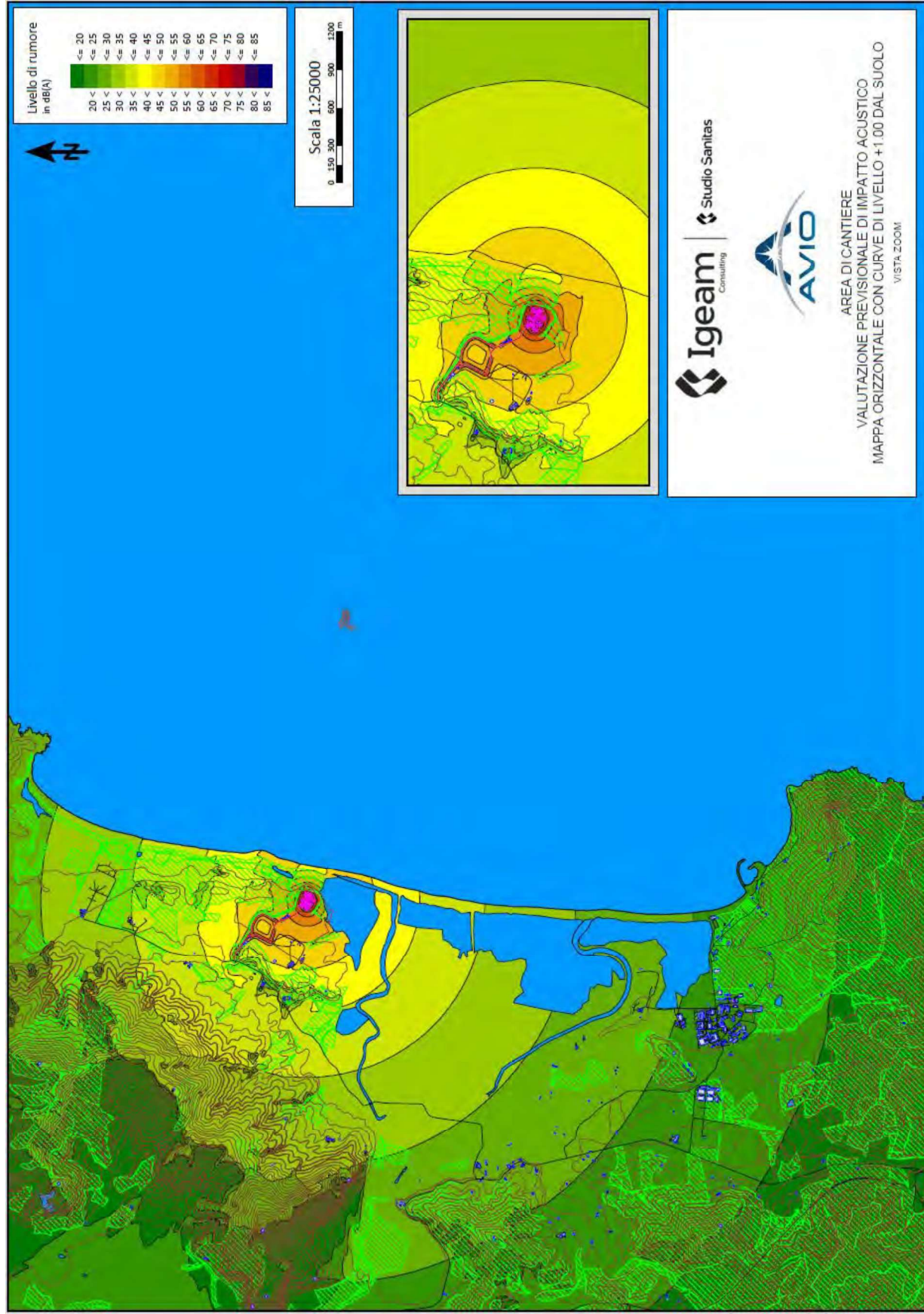
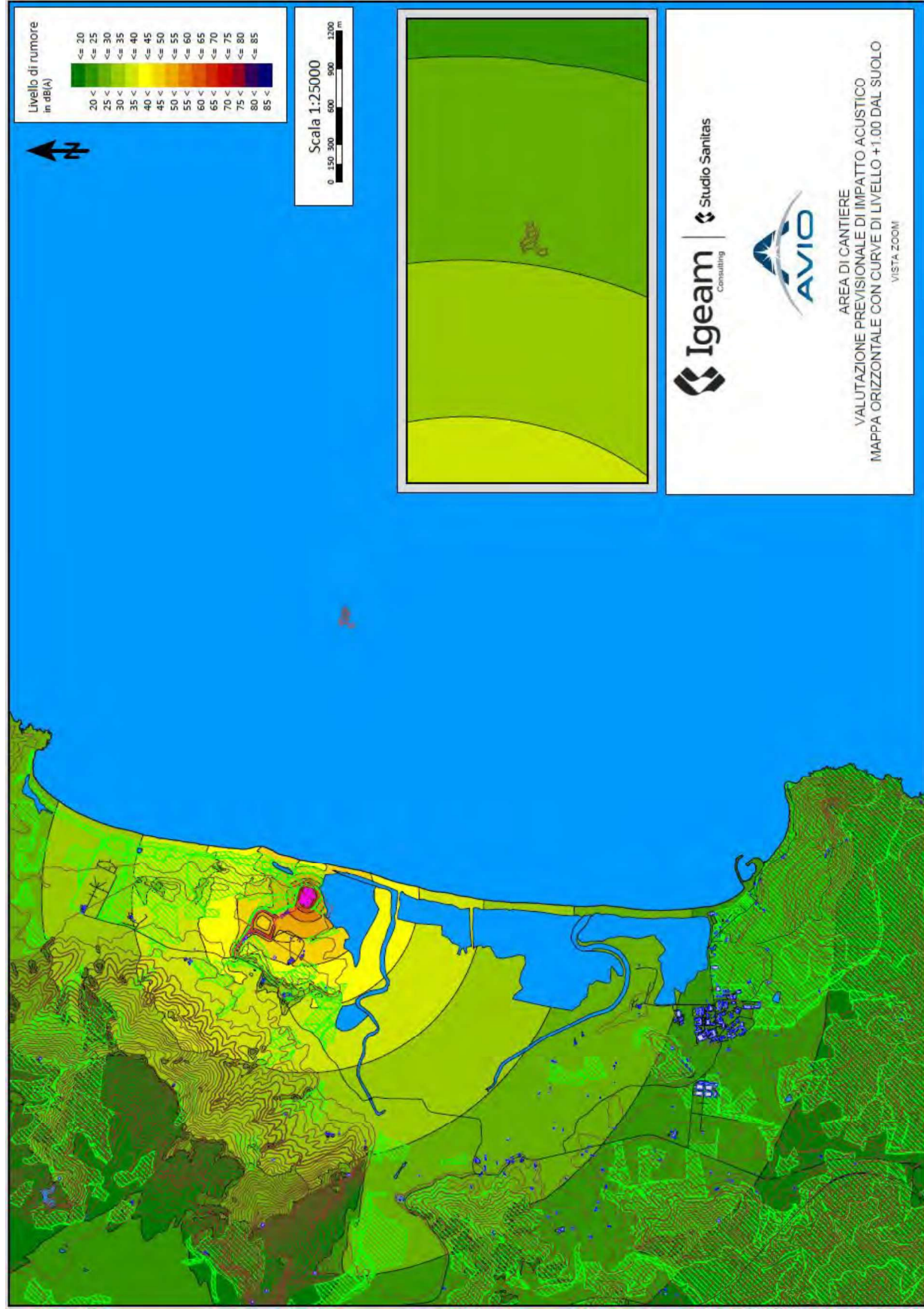


Tavola 5 – MAPPA DEL RUMORE ORIZZONTALE a quota +1.00m – ZOOM ISOLA DI QUIRRA



8) ACCURATEZZA DEL MODELLO MATEMATICO

A titolo esclusivamente indicativo, si rappresenta come per casi analoghi a quello analizzato nel presente studio sia considerata “normale” l’accuratezza associabile alla previsione di livelli sonori globali pari a: +/- 3 dB

9) CONCLUSIONI

La presente valutazione previsionale risponde ai disposti della Legge Quadro n° 447/95 e successivi decreti di attuazione ed a quelli linee guida rumore del 14 novembre 2008 (regione Sardegna).

9.1) APPROFONDIMENTO IN ORDINE AI LIMITI PREVISTI DALLA NORMATIVA VIGENTE

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni effettuate (Tavole 2, 3, 4 e 5), alle condizioni di progetto riportate nella presente relazione tecnica (Figura 13 – Tabella 2), si evince che le emissioni acustiche generate dalle sorgenti considerate, immediatamente all'esterno del perimetro di cantiere, verso le scarpate che portano alla spiaggia e quindi al mare risultano essere:

- Lato est; generalmente inferiori a 55.0 dB(A)
- Lato nord/est; generalmente inferiori a 55.0 dB(A)
- Lato sud/est; generalmente inferiori a 55.0 dB(A)

In ordine a ciò, è possibile confrontare i già menzionati livelli con i limiti stabiliti dalla zonizzazione acustica vigente (Figura 7).

Si riportano gli esiti di tale verifica nella tabella che segue:

Lato	Livello atteso dB(A)	Classe zonizzazione acustica vigente	Limiti assoluti di	
			immissione	emissione
			Diurno	Diurno
EST	< 55	III	60	55
NORD/EST	< 55			
SUD/ EST	< 55			

TABELLA 4

Per quanto concerne la verifica del rispetto del limite differenziale, tale limite, dove applicabile, deve essere verificato, come previsto dalla legge, all'interno degli ambienti abitativi o di vita, in quanto preposto a valutare l'eventuale disturbo delle persone all'interno della propria abitazione o degli ambienti di vita.

In assenza di ricettori, ambienti abitativi o ambienti di vita, come nel caso in specie, tale limite non risulta essere applicabile.

Brescia, li 19.02.2026

Il tecnico acustico

Geom. Imperatori Enrico

*(Tecnico competente in acustica abilitato
inserito nell'Elenco Nazionale dei Tecnici
Competenti in Acustica, istituito ai sensi
dell'art. 21 del d.lgs. 42/2017^(*))*



Il tecnico acustico modellista

P.I. J. Paul Marvin Concepcion



^(*) Di seguito si riporta copia dell'*Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica*, istituito ai sensi dell'art. 21 del d.lgs. 42/2017 per quanto di interesse.

Numero Iscrizione Elenco Nazionale	1843
Regione	Lombardia
Numero Iscrizione Elenco Regionale	
Cognome	IMPERATORI
Nome	ENRICO
Titolo studio	DIPLOMA DI SCUOLA MEDIA SUPERIORE GEOMETRA
Estremi provvedimento	N. 3873/1998
Luogo nascita	BRESCIA (BS)
Data nascita	20/06/1969
Codice fiscale	MPRNR69H20B157B
Regione	Lombardia
Provincia	BS
Comune	Mazzano
Via	VIA DEI GELSI
Cap	25080
Civico	7/B
Nazionalità	ITALIANA
Data pubblicazione in elenco	10/12/2018

ALLEGATO 1

La **Commissione Europea** ha definito dei requisiti armonizzati relativi all'emissione acustica nell'ambiente per attrezzature e macchine destinate a funzionare all'aperto, i quali sono stati indicati nella Direttiva 2000/14/CE recante "*Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio, dell'8 maggio 2000, sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto*", entrata in vigore il 3 gennaio 2002.

In Italia, il recepimento di tale direttiva è avvenuto con l'emanazione del D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 recante "*Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto*", il quale ha definito i valori di emissione acustica, le procedure di valutazione della conformità, la marcatura, la documentazione tecnica e la rilevazione dei dati sull'emissione sonora relativi alle macchine ed alle attrezzature destinate a funzionare all'aperto, al fine di tutelare sia la salute ed il benessere delle persone sia l'ambiente.

Per le macchine ed attrezzature soggette ai limiti di emissione acustica, il livello di potenza sonora garantito non può superare i valori riportati nella tabella riportata nella pagina che segue (modificata dalla Direttiva 2005/88/CE).

Tipo di macchina	Potenza netta installata P in kW potenza elettrica P_{el} (* in kW massa dell'apparecchio m in kg ampiezza di taglio L in cm	Livello ammesso di potenza sonora in dB/1 pW	
		Fase I A partire da 3 gennaio 2002	Fase II A partire da 3 gennaio 2006
Mezzi di compattazione (rulli vibranti, piastre vibranti e vibrocospatori)	$P \leq 8$	108	105 ⁽²⁾
	$8 < P \leq 70$	109	106 ⁽²⁾
	$P > 70$	$89 + 11 \log P$	$86 + 11 \log P$ ⁽²⁾
Apripista, pale caricatrici, teme cingolati	$P \leq 55$	106	103 ⁽²⁾
	$P > 55$	$87 + 11 \log P$	$84 + 11 \log P$ ⁽²⁾
Apripista, pale caricatrici, teme gommati: dumper, motolivellatrici; compattatori di rifiuti con pala caricatrice, carrelli elevatori con carico a sbalzo e motore a combustione, gru mobili, mezzi di compattazione (rulli statici) vibrofinitrici, compressori idraulici	$P \leq 55$	104	101 ⁽²⁾ ⁽³⁾
	$P > 55$	$85 + 11 \log P$	$82 + 11 \log P$ ⁽²⁾ ⁽³⁾
Escavatori, montacarichi per materiali da cantiere, argani motozappe	$P \leq 15$	96	93
	$P > 15$	$83 + 11 \log P$	$80 + 11 \log P$
Martelli demolitori tenuti a mano	$m \leq 15$	107	105
	$15 < m < 30$	$94 + 11 \log m$	$92 + 11 \log m$ ⁽²⁾
	$m \geq 30$	$96 + 11 \log m$	$94 + 11 \log m$
Gru a torre		$98 + \log P$	$96 + \log P$
Gruppi elettrogeni e gruppi elettrogeni di saldatura	$P_{el} \leq 2$	$97 + \log P_{el}$	$95 + \log P_{el}$
	$2 < P_{el} \leq 10$	$98 + \log P_{el}$	$96 + \log P_{el}$
	$P_{el} > 10$	$97 + \log P_{el}$	$95 + \log P_{el}$
Motocompressori	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \log P$	$95 + 2 \log P$
Tosaerba, tagliaerba elettrici e tagliabordi elettrici	$L \leq 50$	96	94 ⁽²⁾
	$50 < L \leq 70$	100	98
	$70 < L \leq 120$	100	98 ⁽²⁾
	$L > 120$	105	103 ⁽²⁾

⁽¹⁾ P_{el} per gruppi elettrogeni di saldatura: corrente convenzionale di saldatura moltiplicata per la tensione convenzionale a carico relativa al valore più basso del fattore di utilizzazione del tempo indicato dal fabbricante.
 P_{el} per gruppi elettrogeni potenza principale conformemente a ISO 8528-1:1993, punto 13.3.2

⁽²⁾ I valori della fase II sono meramente indicativi per i seguenti tipi di macchine e attrezzature:
 - rulli vibranti con operatore a piedi;
 - piastre vibranti (> 3 kW);
 - vibrocospatori;
 - apripista (muniti con cingoli d'acciaio);
 - pale caricatrici (muniti di cingoli d'acciaio > 55 kW);
 - carrelli elevatori con motore a combustione interna con carico a sbalzo;
 - vibrofinitrici dotate di rasiera con sistema di compattazione;
 - martelli demolitori con motore a combustione interna tenuti a mano ($15 < m < 30$)
 - tosaerba, tagliaerba elettrici e tagliabordi elettrici.

I valori definitivi dipenderanno dall'eventuale modifica della direttiva a seguito della relazione di cui all'articolo 20, paragrafo 1. Qualora la direttiva non subisse alcuna modifica, i valori della fase I si applicheranno anche alla fase II.

⁽³⁾ Per le gru mobili dotate di un solo motore, i valori della fase I si applicano fino al 3 gennaio 2008. Dopo tale data si applicano i valori della fase II.

Nel verificare il rispetto del livello di potenza sonora ammesso, il livello di potenza sonora misurato deve essere approssimato al numero intero (se la differenza è inferiore a 0,5 arrotondare per difetto; se la differenza è superiore o uguale a 0,5 arrotondare in eccesso).

ALLEGATO 6 - Modellizzazioni delle emissioni del lancio suborbitale e delle diffusione inquinanti

DITTA

AVIO S.p.A.
Via Ariana Km 5,2
00034 Colleferro (RM)

LOCALITÀ INTERVENTO

POLIGONO INTERFORZE
SALTO DI QUIRRA
Centro Prove IFD1, zona NIKE
Comune Villapitzu (CA)

PROGETTO

PNRR STS
ANALISI DI FATTIBILITÀ LANCIO SUBORBITALE DAL PISQ

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA
MODELLIZZAZIONI DELLE EMISSIONI DEL LANCIO SUBORBITALE E
DELLE DIFFUSIONE INQUINANTI

PROCEDIMENTO

ANALISI INTERNA

Z

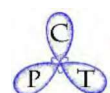
IL PROPONENTE	AVIO S.p.A.	IL TECNICO AMBIENTALE E ESPLOSIVISTA RESP. PROGETTO	Dott. Giustino TIBERIO Ord. Chimico TAM n. 4148 
---------------	-------------	--	--

DATA	REVISIONE	ELABORATO
febbraio 2026	0	1

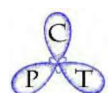


Chemistry Physics and Technology S.r.l.
Via Ascensione, 22 - 66021 Casalbordino (CH)
g.tiberio@cpt-ad.com cptsrls2021@pec.it

1.	PREMESSA	4
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
2.1	IDENTIFICAZIONE DEL SITO.....	5
2.2	LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE PRELIMIANRE DELL'ATTIVITÀ.....	6
2.3	INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI PRESENTI NELL'AREA	9
3.	IL MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO	10
3.1	GENERALITÀ SUL MODELLO CALPUFF	10
4.	CARATTERISTICHE DEL DOMINIO METEOCLIMATICI RICHIESTO	11
4.1.1	STAZIONI METEOROLOGICHE UTILIZZATE	13
4.1.2	STAZIONI SINOTTICHE.....	13
4.1.3	DATI RICAVALI DAL MODELLO METEOROLOGICA EUROPEO ECMWF – PROGETTO ERA5.....	13
4.1.4	STAZIONI SITO SPECIFICHE DA RETI REGIONALI/PROVINCIALI	14
4.1.5	STAZIONI PRIVATE FORNITE DA RICHIEDENTE	14
4.1.6	OROGRAFIA.....	14
4.1.7	USO DEL SUOLO	14
4.1.8	RAPPORTO GENERATO DAL SOFTWARE MMS CALPUFF PRODOTTO DA MAIND S.R.L.	17
4.2	ANALISI DELLE CONDIZIONI METEO CARATTERISTICHE REGISTRATE DURANTE L'ANNO 2024...	19
4.3	DESCRIZIONE DELLA SORGENTE EMISSIVA.....	22
4.3.1.1	CARATTERISTICHE DEL MOTORE SPAZIALE AVIO MR10	22
4.3.1.2	CARATTERISTICHE DEL PROPELENTE.....	23
4.3.1.3	DETTAGLI TECNICI DEL MOTORE (AGGIORNAMENTO 2026)	23
4.3.1.4	DEFINIZIONE DEL RAPPORTO DI MISCELA	23
4.3.1.4.1	CALCOLO DELLA MASSA DEL COMBUSTIBILE (METANO)	24
4.3.1.4.2	CALCOLO DELLA MASSA DELL'OSSIDANTE (OSSIGENO)	24
4.3.1.4.3	DETERMINAZIONE DEL FLUSSO DI INQUINANTI.....	24
4.3.2	PROCESSO CHE GENERA L'EMISSIONE	29
4.3.2.1	MODELLO A “TRIPLA CELLA”	31
4.3.3	ELABORAZIONE PRELIMINARE DEI DATI E PARAMETRIZZAZIONI DELLA SORGENTE.....	36
4.3.3.1.1	ALTEZZA DI MISCELAZIONE BREVE DEFINIZIONE	36
4.3.4	DETTAGLI PARAMETRIZZAZIONE SORGENTI	37
4.3.5	EDIFICI NELLE VICINANZE	40
4.4	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	41
4.4.1	DETERMINAZIONE VALORI LIMITE	41
4.5	VALORI MEDI PER L'INQUINANTE PER RECETTORE	42
4.5.1	DIFFUSIONE MEDIA ANNUA AREA STABILIMENTO “SCENARIO 1”	43



5. CONCLUSIONI **47**
BIBLIOGRAFIA **48**



1. PREMESSA

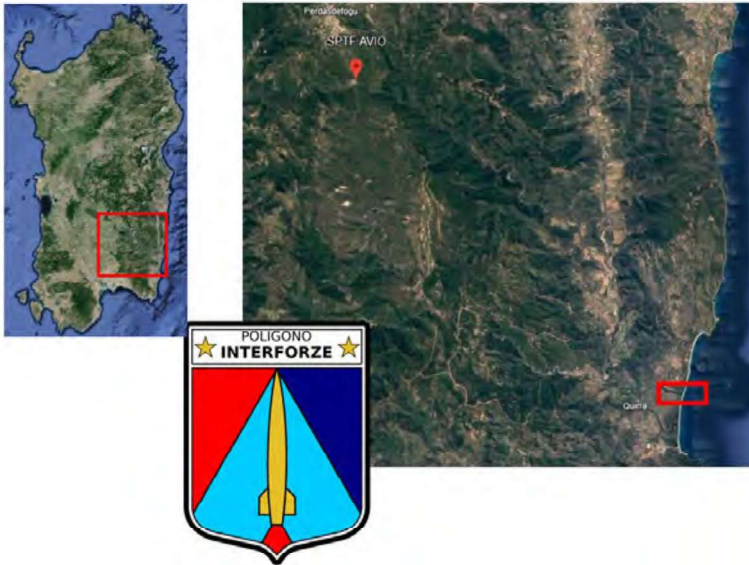
La AVIO S.p.A. è situata nel territorio del Comune di Colleferro (area industriale) e in parte nel territorio del Comune di Segni.

La principale attività di AVIO è la fabbricazione di moduli e di componenti per propulsori aeronautici, di sistemi propulsivi spaziali e per propulsione tattica. Nello stabilimento di Colleferro sono effettuate attività di produzione di propulsori a propellente per impiego razzo-missilistico.

Lo studio si propone di illustrare i risultati della simulazione modellistica, concernente la previsione sulla diffusione degli inquinanti a seguito delle campagne di test di lancio da eseguire presso il POLIGONO INTERFORZE SALTO DI QUIRRA PISQ zone NIKE nel Comune Villaputzu (CA). Lo studio sarà condotto mediante l'utilizzo del modello diffusivo universalmente riconosciuto noto come Calpuff. La universalità del modello Calpuff e l'utilizzo di dati orografici e meteorologici forniti da soggetti terzi (MIND S.r.l.) rende lo studio solido, indipendente e riproducibile anche da terzi noti i parametri di input e i dati meteorologici utilizzati.

Tutti gli elaborati tecnici, per la redazione del progetto, sono timbrati e firmati da parte dalla Chemistry Physics and Technology S.r.l. con sede a Casalbordino PIVA in Via Ascensione, 22 e Codice fiscale e Partita IVA 01693790444, studio professionale e società di consulenza con da professionisti abilitati a norma di legge e iscritti nei rispettivi Albi Professionali.

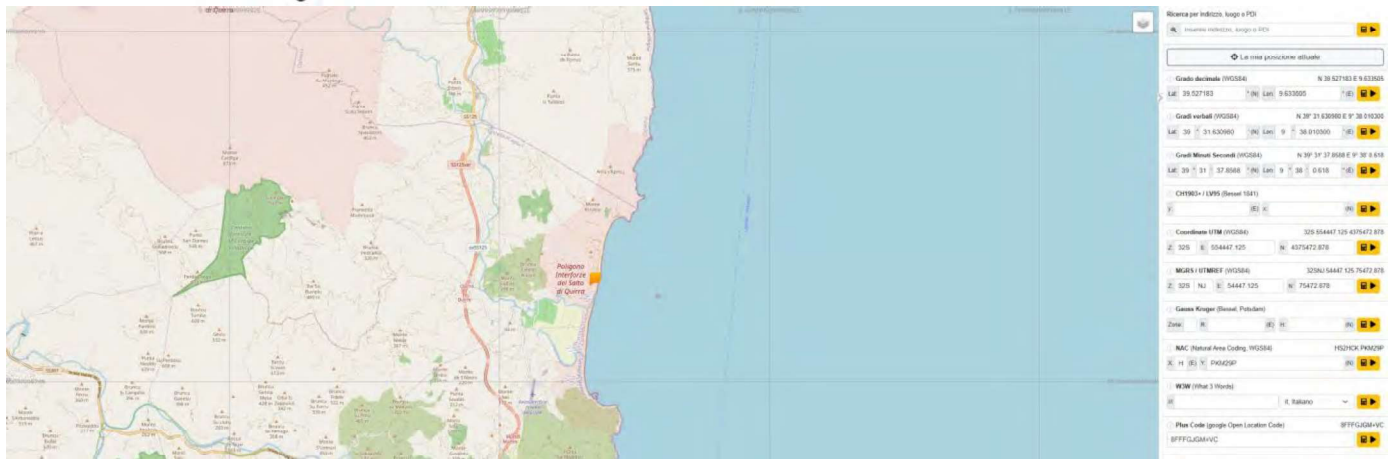
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE



Where: POLIGONO INTERFORZE
SALTO DI QUIRRA

Goal: Zone NIKE

Status: Area manager by Military Authority,
not used.



2.1 IDENTIFICAZIONE DEL SITO

- Latitudine: 39.527183 N
- Longitudine: 9.633505 E
- Quota ingresso: 287 m s.l.m.
- Comune: Villaputzu
- Provincia: Cagliari
- Regione: Sardegna

2.2 LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE PRELIMIANRE DELL'ATTIVITÀ

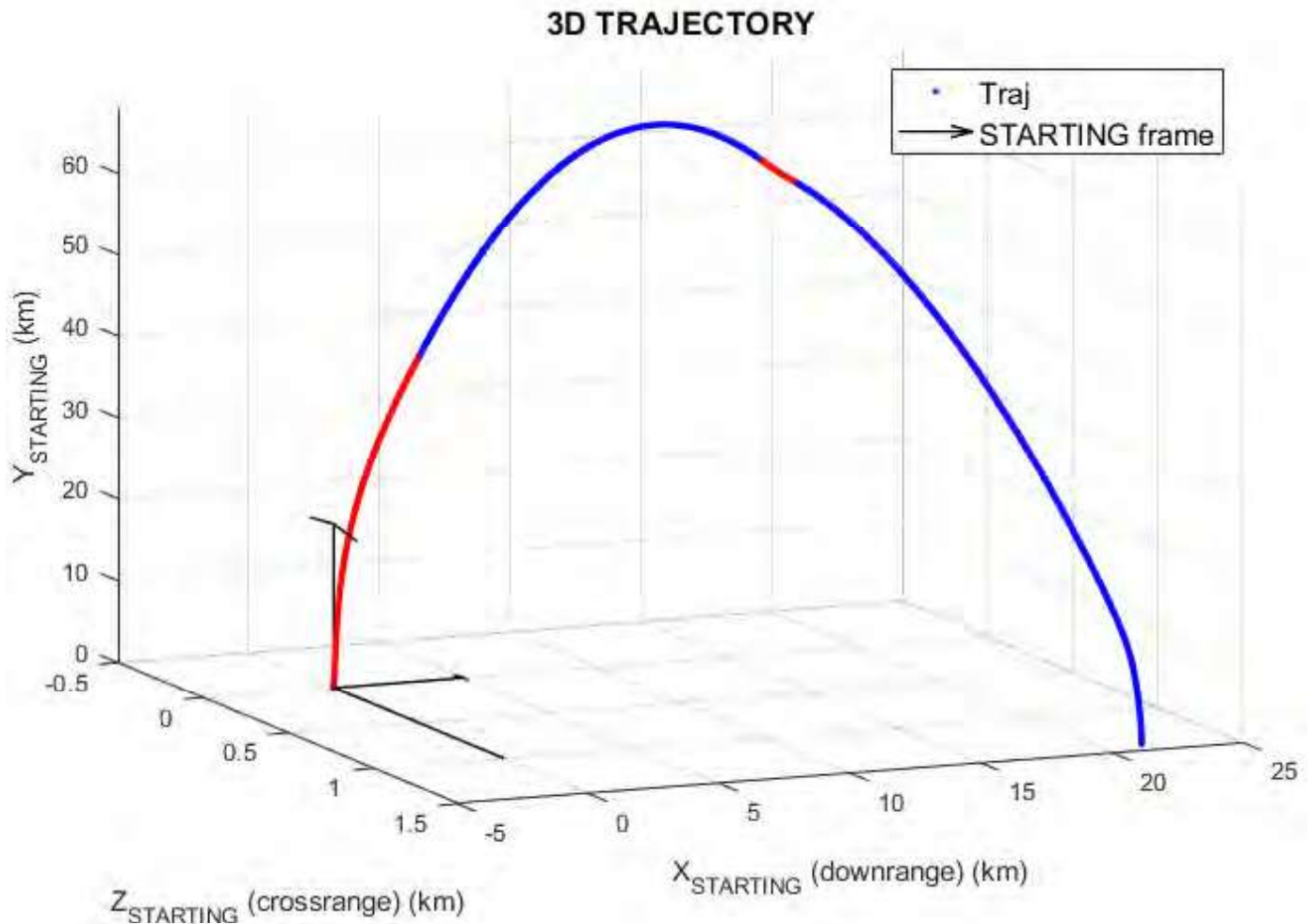
Il poligono militare oggetto del presente studio è identificato come POLIGONO INTERFORZE SALTO DI QUIRRA PISQ ed è localizzato all'interno del comune di Villaputzu (CA).

L'area definita per l'effettuazione è identificata come AREA Zone NIKE autorizzata all'effettuazione dei test di lancio per i motori per razzi di grandi dimensioni.



Figura 1 Immagine aerea area Zone NIKE con indicazione direzione getto dei gas in uscita dal deflettore

Le attività di test di lancio del razzo con motore LRE (Liquid Rocket Engine) MR10 consistono nel lancio del razzo secondo una traiettoria suborbitale secondo il seguente piano di volo.



L'unico processo preso in considerazione è quindi l'accensione del motore mediante l'apposito accenditore da remoto. Saranno simulate le sole fasi di spinta tenendo in considerazione la quota altimetrica del lancio fino ad una altezza massima di 4000m al di sopra della quale il modello diffusionale perde di validità.

Nello studio sono stati presi diversi aspetti relativi alla dispersione degli inquinanti, specialmente se le emissioni avvengono a quote superiori ai 4000 metri. Occorre infatti considerare:

- **Tipi di Emissioni:** Durante il lancio, i razzi emettono vari inquinanti, tra cui gas di scarico, particolato e altri composti chimici. Le emissioni possono variare a seconda del tipo di propellente utilizzato (liquido, solido o ibrido). Nel caso in analisi come mostrato di seguito gli inquinanti prodotti non permangono stabilmente sull'alta atmosfera rendendo quindi l'emissione ininfluenza in relazione agli affetti al suolo;

- Altezza di Emissione: oltre 4000 metri gli inquinanti vengono rilasciati in strati atmosferici più alti, dove possono disperdersi più facilmente. Gli inquinanti possono subire reazioni chimiche una volta rilasciati, perdendo parte della loro tossicità prima di raggiungere il suolo.

Tali aspetti saranno meglio dettagliati in seguito nel capitolo di definizione delle sorgenti emissive

Al fine del presente studio il lancio è stato suddiviso in 4 fasi:

- 1) Prima fase di accensione motori fino a quota di circa 40.000 m
- 2) Seconda fase balistica a motori spenti fino a quota di circa 70.000m
- 3) Terza fase di riaccensione motori durante la discesa;
- 4) Discesa a motori spenti fino ad Ammaraggio

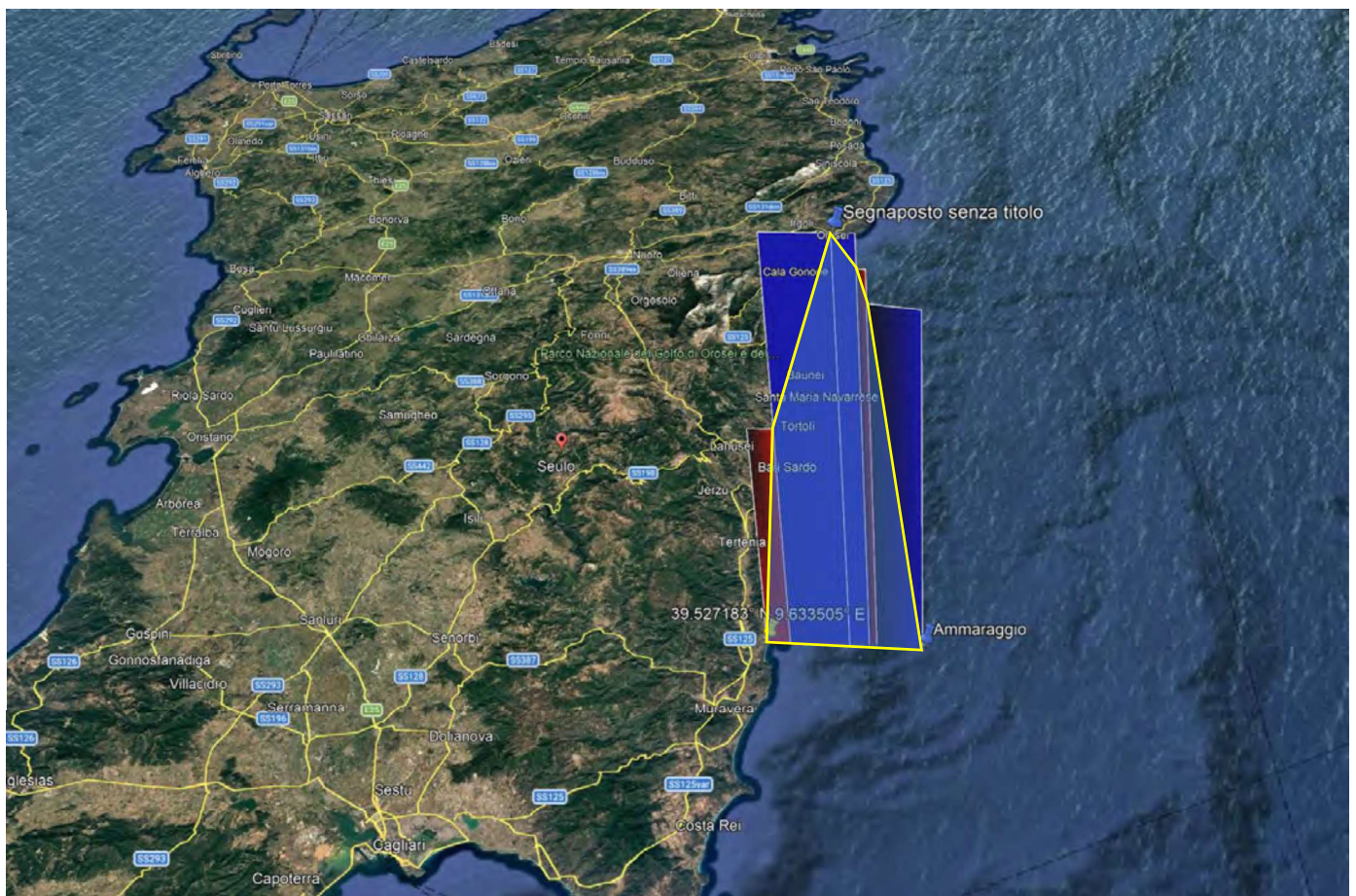


Figura 2 Schematizzazione in 3D Fasi di volo in rosso le fasi di accensione del motore in azzurro le fasi balistiche a motore spento.

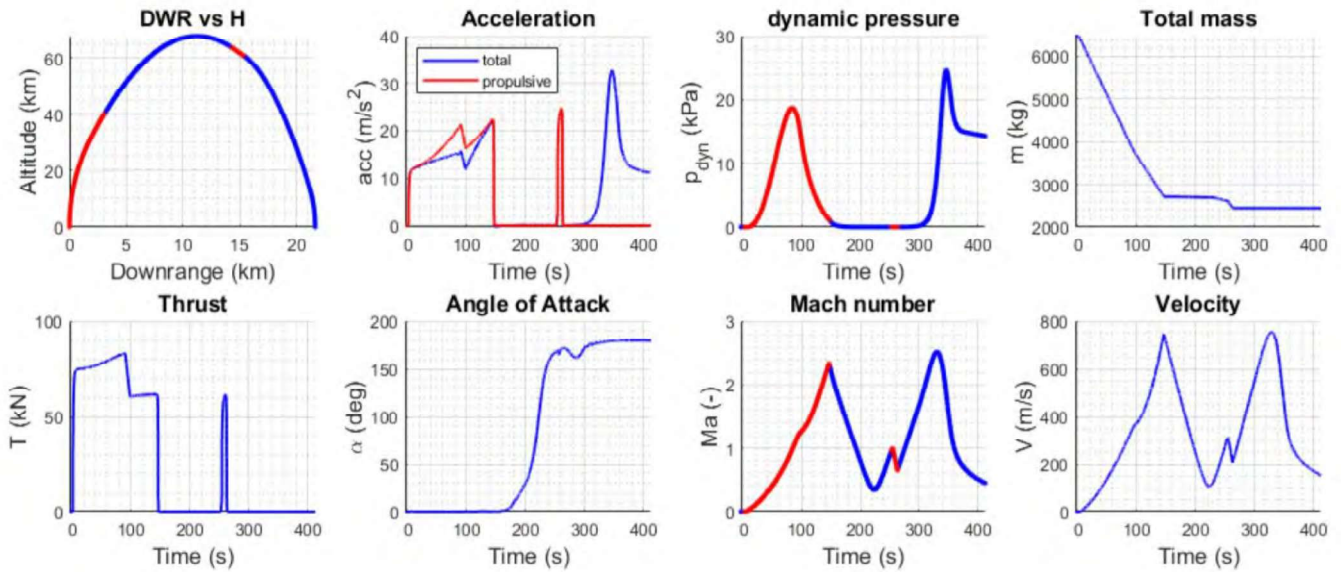


Figura 3 Dettagli fase di volo

Le fasi sono state schematizzate in Figura 2 dove sono state evidenziate le fasi di accensione motore e le fasi balistiche.

Ai fini del presente studio le fasi 2 e 4 non prevedono emissioni di inquinanti essendo a motore spento quindi non verranno prese in considerazione.

La fase 3 di breve riaccensione del motore avviene ad una quota troppo elevata (superiore a 4000) e quindi non valida per il modello (e fisicamente non rilevante ai fini della dispersione a terra degli inquinanti).

Lo studio ha quindi modellizzato la dispersione degli inquinanti nella fase 1 lungo il percorso del razzo tra la partenza e la quota di 4000 m.

2.3 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI PRESENTI NELL'AREA

Il sito si estende in un'area molto vasta di territorio a causa delle necessarie distanze di sicurezza da rispettare. Si faranno quindi riferimento alle distanze relative dell'area di test rispetto agli elementi sensibili principali per la definizione dei recettori presenti. L'impianto sorge lungo la costa, distante circa 10,5 km dal Comune più vicino (Villapitzu).

Di seguito le distanze con i centri abitati circostanti rispetto al banco di tiro.

Tabella 1 Localizzazione Recettori esterni (Centri Abitati)

Potenziale comune Recettore	Distanza dal banco di tiro [km]
Porto corallo	9.5
Comune Tertenia	19.0
Comune Perdasdefogu	23

Potenziale comune Recettore	Distanza dal banco di tiro [km]
Comune San Vito	12.0
Comune Armungia	21.6
Comune Villasalto	21.0
Contrata Barisoni (Tertenia)	13.3
Comune Villaputzu	10.5

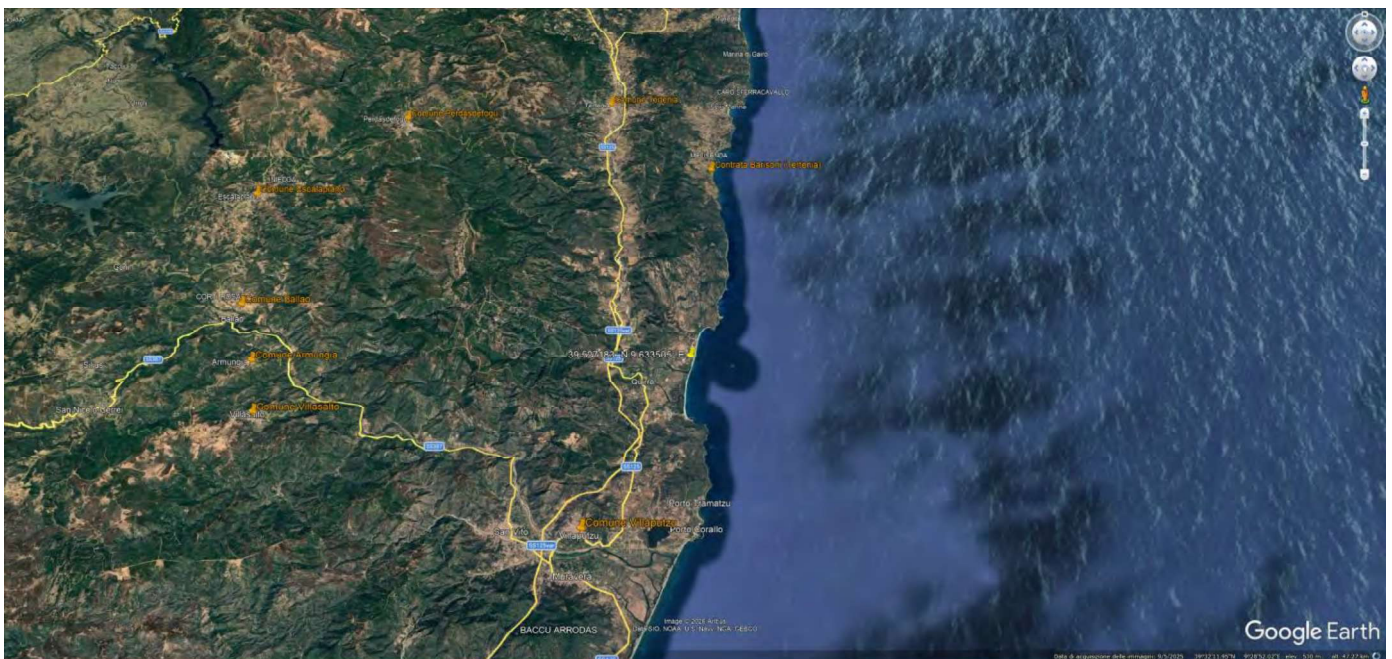


Figura 4 Centri abitati e Recettori interni più vicini al sito. Illustrata da immagine del razzo è identificata la postazione di tiro del banco.

Scuole, ospedali, case di riposo e strutture a maggior affollamento di persone “sensibili” si trovano a distanze oltre e 8,5 km. Non sono quindi ragionevoli prenderli come recettori sensibili. Saranno lasciati quindi i centri dei comuni.

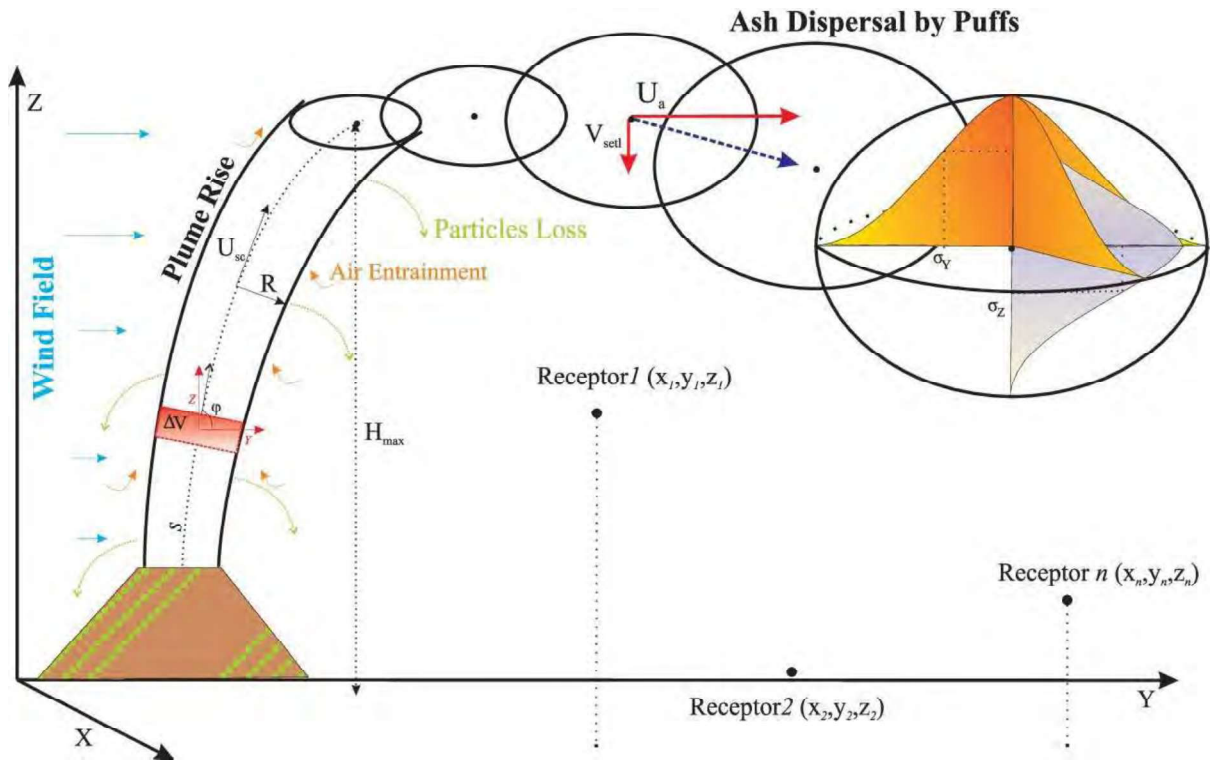
3. IL MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO

3.1 GENERALITÀ SUL MODELLO CALPUFF

Il modello CALPUFF è un modello lagrangiano non stazionario che simula la diffusione di inquinanti attraverso il rilascio di una serie continua di puff seguendone la traiettoria in base alle condizioni meteorologiche. Il modello è raccomandato dall’EPA (modelli per la qualità dell’aria.) ed è

stato sviluppato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e dell'EPA. Il modello contiene formulazioni per la modellistica della dispersione, il trasporto e la rimozione secca e umida di inquinanti in atmosfera al variare delle condizioni meteorologiche considerando l'impatto con il terreno e alcuni semplici schemi di trasformazioni chimiche.

Il sistema CALPUFF è composto da tre componenti principali che costituiscono il pre-processore dei dati meteo (CALMET), il modello di calcolo vero e proprio (CALPUFF) e il post-processore dei risultati (CALPOST). Sebbene sia possibile utilizzare CALPUFF anche con dati meteorologici orari relativi ad una singola stazione presente sul territorio il modello è stato progettato per essere utilizzato con campi meteorologici variabili su tutto il dominio di calcolo sia orizzontale che verticale.



Il preprocessore CALMET ricostruisce questi campi meteorologici tridimensionali utilizzando dati al suolo, dati profilometrici e dati orografici e di uso suolo al fine per considerare gli effetti del terreno sulla variazione dei campi meteorologici e di conseguenza sulla diffusione di inquinanti. Tali dati sono stati elaborati sulla base delle stazioni meteorologiche presenti nell'area dalla MIND S.r.l. e sono riferiti alle condizioni meteo dal 01/01/2024 al 31/12/2024 con un dettaglio orario.

4. CARATTERISTICHE DEL DOMINIO METEOCLIMATICI RICHIESTO

Origine SW $x = 539640.00$ m E - $y = 4360743.00$ m N UTM fuso 32 - WGS84

Dimensioni orizzontali totali 30 km x 30 km

Risoluzione orizzontale (dimensioni griglia) $dx = dy = 500$ m

Risoluzione verticale (quota livelli verticali) 0-20-50-100-200-500-1000-2000-4000 m sul livello del suolo

Caratteristiche dei punti richiesti

Piazzola A (39.527368° N, 9.632842° E) Cella (30,30)

Piazzola L (39.527167°N, 9.633583°E) Cella (30,30)

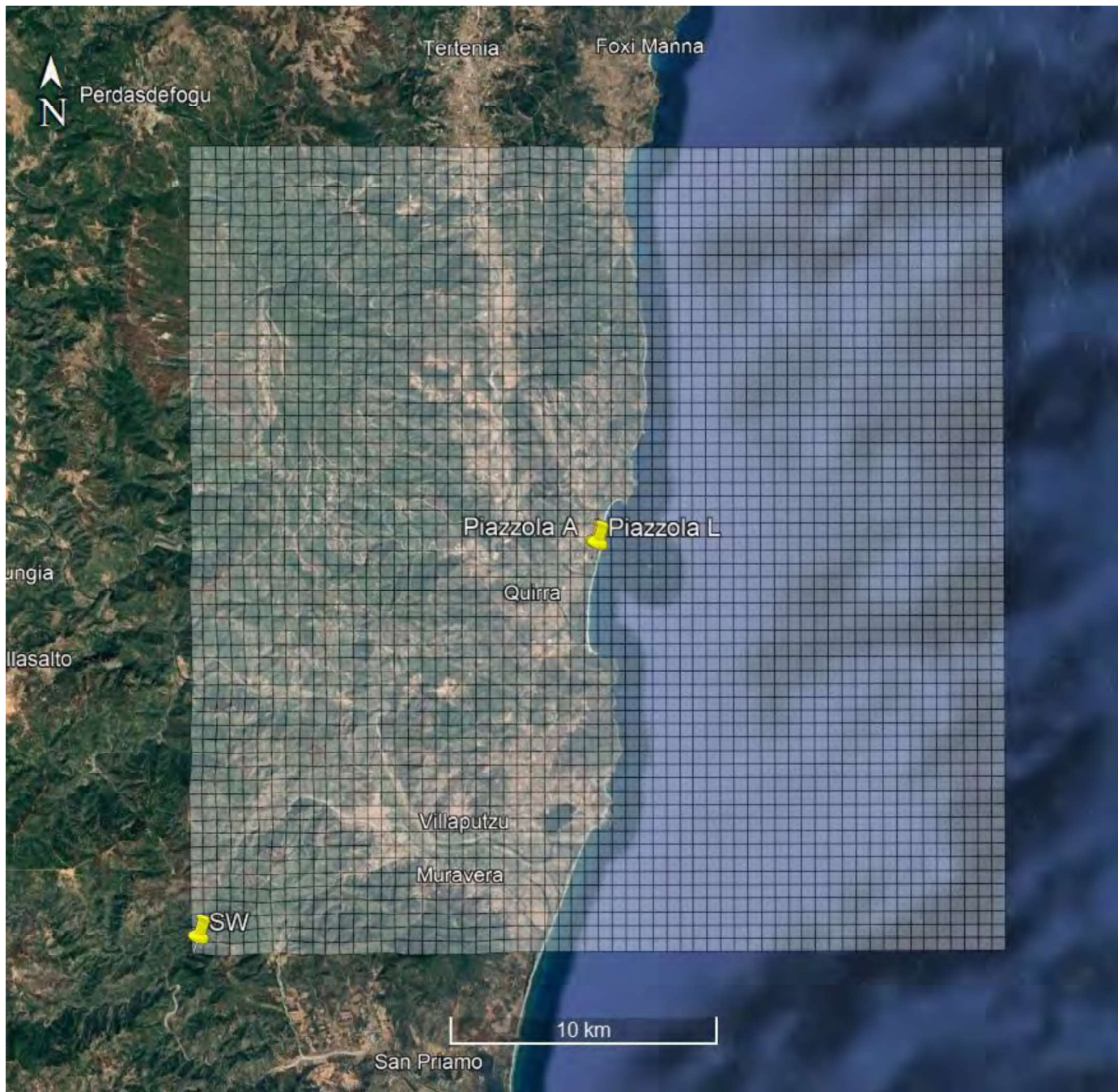


Figura 5 Dominio di calcolo utilizzato

I dati forniti sono stati ricostruiti per l'area descritta attraverso un'elaborazione "mass consistent" sul dominio tridimensionale effettuata con il modello meteorologico CALMET con le risoluzioni (orizzontali e verticali) indicate nella pagina precedente, dei dati rilevati nelle stazioni SYNOP ICAO (International Civil Aviation Organization) di superficie e profilometriche, presenti sul territorio nazionale, dati meteorologici sinottici di superficie e di profilo verticale ricavati dal modello di calcolo climatologico del centro meteorologico europeo ECMWF (dati forniti dal Progetto ERA5), e dei dati rilevati nelle stazioni locali sito-specifiche se disponibili.

Il modello CALMET ricostruisce per interpolazione 3D “mass consistent”, pesata sull’inverso del quadrato della distanza, un campo iniziale tridimensionale (FIRST GUESS) che viene modificato per incorporare gli effetti geomorfologici ed orografici del sito in esame alla risoluzione spaziale richiesta (campo meteo STEP 1); il processo di interpolazione avviene per strati orizzontali, l’interazione tra i vari strati orizzontali viene definita attraverso opportuni fattori di BIAS che permettono di pesare strato per strato l’influenza dei dati di superficie rispetto ai dati profilometrici (es: nel primo strato verticale adiacente al terreno che va da 0 a 20 metri sul suolo in genere viene azzerato il peso del profilo verticale rispetto a quello delle stazioni di superficie mentre negli strati verticali superiori al primo viene gradatamente aumentato il peso dei dati profilometrici rispetto a quelli di superficie fino ad azzerare il peso di questi ultimi dopo alcune centinaia di metri dal suolo).

Sul campo meteo (STEP 1) così definito vengono infine reinserite le osservabili misurate per ottenere il campo finale (STEP 2) all’interno del quale in questo modo vengono recuperate le informazioni sito-specifiche delle misure meteo.

Modello utilizzato: CALMET release 6.334

4.1.1 STAZIONI METEOROLOGICHE UTILIZZATE

4.1.2 STAZIONI SINOTTICHE

- stazioni di superficie SYNOP ICAO non disponibili
- stazioni di radiosondaggio SYNOP ICAO
16546 - Decimomannu profilo [39.353992°N - 8.971994°E]

4.1.3 DATI RICAVATI DAL MODELLO METEOROLOGICA EUROPEO ECMWF – PROGETTO ERA5

- **Dati ricavati dal modello meteorologica europeo ECMWF – Progetto ERA5**
- stazioni virtuali di superficie

30-30 ERA5 (ECMWF) [39.450000°N - 9.400000°E]
30-31 ERA5 (ECMWF) [39.550000°N - 9.400000°E]
30-32 ERA5 (ECMWF) [39.650000°N - 9.400000°E]
31-30 ERA5 (ECMWF) [39.450000°N - 9.500000°E]
31-31 ERA5 (ECMWF) [39.550000°N - 9.500000°E]
31-32 ERA5 (ECMWF) [39.650000°N - 9.500000°E]
32-30 ERA5 (ECMWF) [39.450000°N - 9.600000°E]
32-31 ERA5 (ECMWF) [39.550000°N - 9.600000°E]
32-32 ERA5 (ECMWF) [39.650000°N - 9.600000°E]
33-30 ERA5 (ECMWF) [39.450000°N - 9.700000°E]
33-31 ERA5 (ECMWF) [39.550000°N - 9.700000°E]
33-32 ERA5 (ECMWF) [39.650000°N - 9.700000°E]
34-30 ERA5 (ECMWF) [39.450000°N - 9.800000°E]
34-31 ERA5 (ECMWF) [39.550000°N - 9.800000°E]

34-32 ERA5 (ECMWF) [39.650000°N - 9.800000°E]

- stazioni virtuali di profilo verticale

non utilizzate

4.1.4 STAZIONI SITO SPECIFICHE DA RETI REGIONALI/PROVINCIALI

Non disponibili

4.1.5 STAZIONI PRIVATE FORNITE DA RICHIEDENTE

Non disponibili

4.1.6 OROGRAFIA

Risoluzione originaria del DTM : 3 archi di secondo (circa 90 m)

-

Fonte dati DTM: USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Non-Void Filled

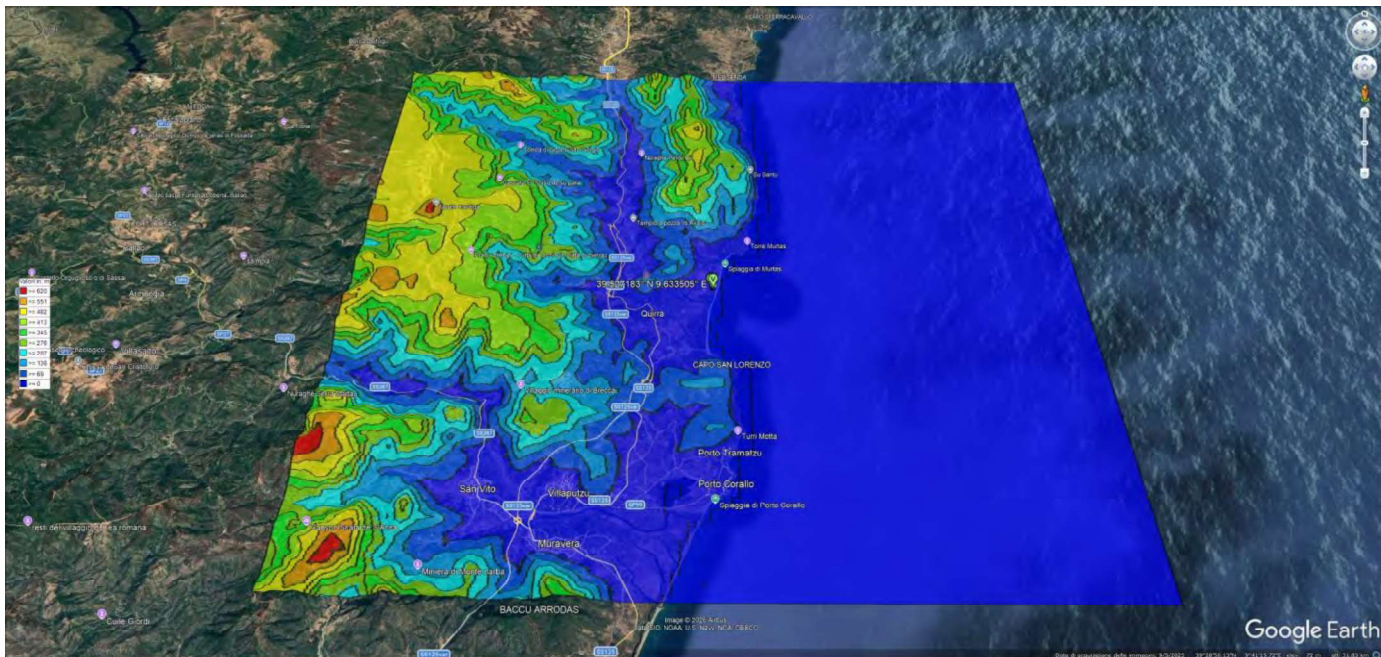


Figura 6 Orografia del Dominio di Calcolo

4.1.7 USO DEL SUOLO

Uso del suolo

- Risoluzione originaria uso suolo: 100 m
- Fonte dati Uso del Suolo: Classificazione CORINE Land Cover 1:100.000 aggiornata al 2012 delle regioni italiane (ISPRA - <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/copertura-del-suolo/corine-land-cover>)

Nelle immagini seguenti viene riportata la posizione delle stazioni meteorologiche utilizzate per la ricostruzione del campo meteorologico sull'area richiesta

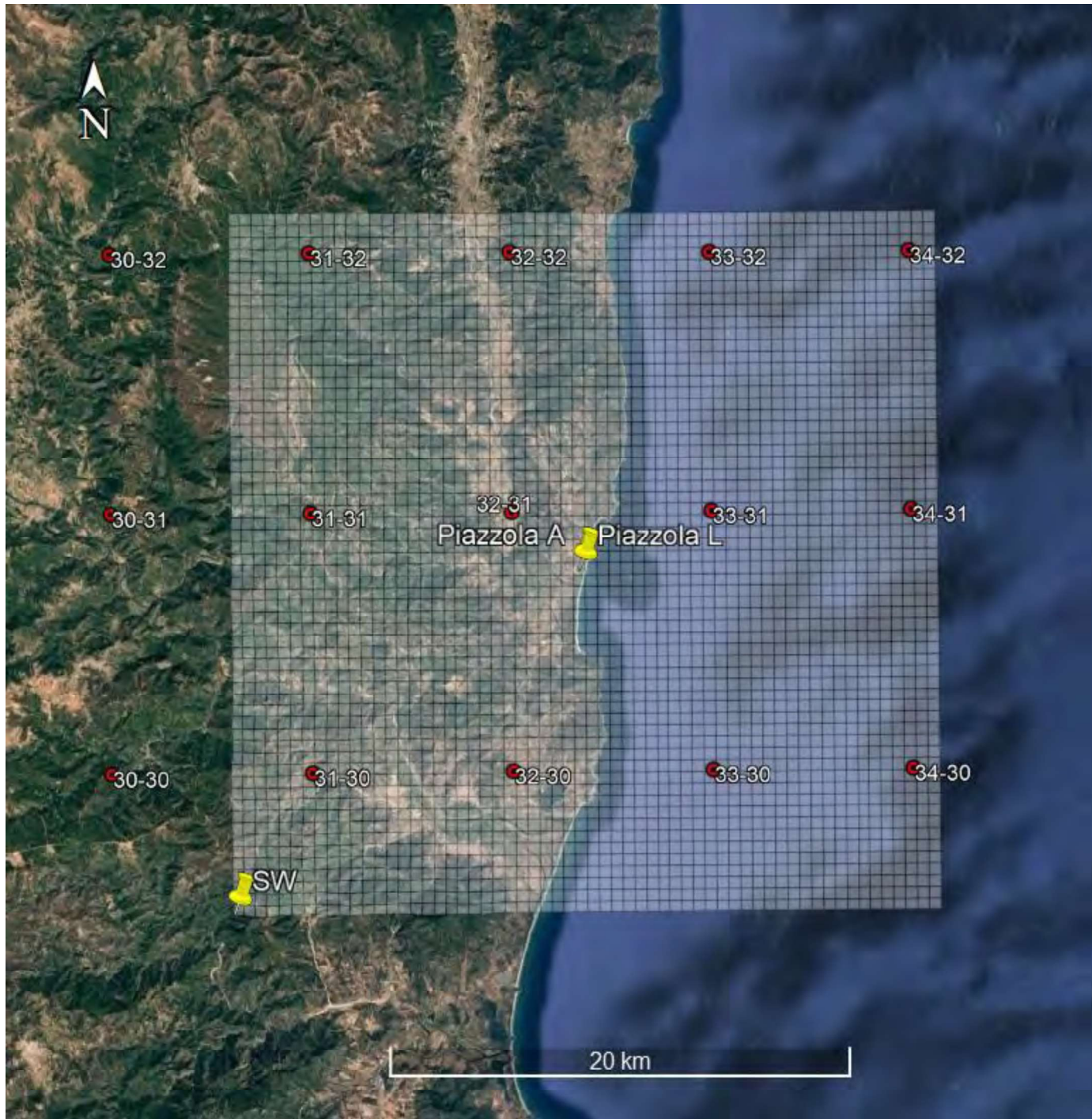


Figura 7 Stazioni di superficie sito-specifiche utilizzate per la ricostruzione meteo

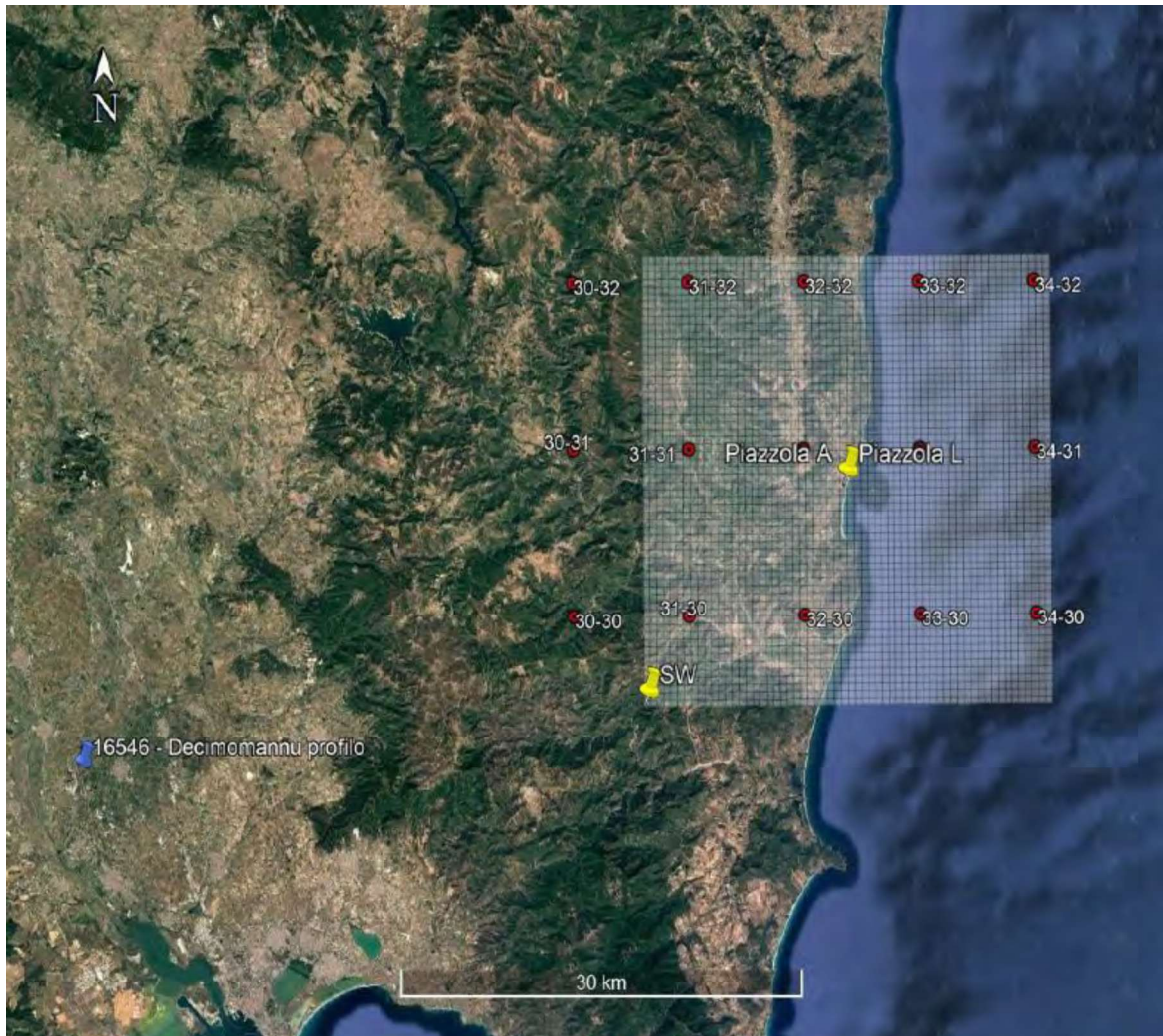
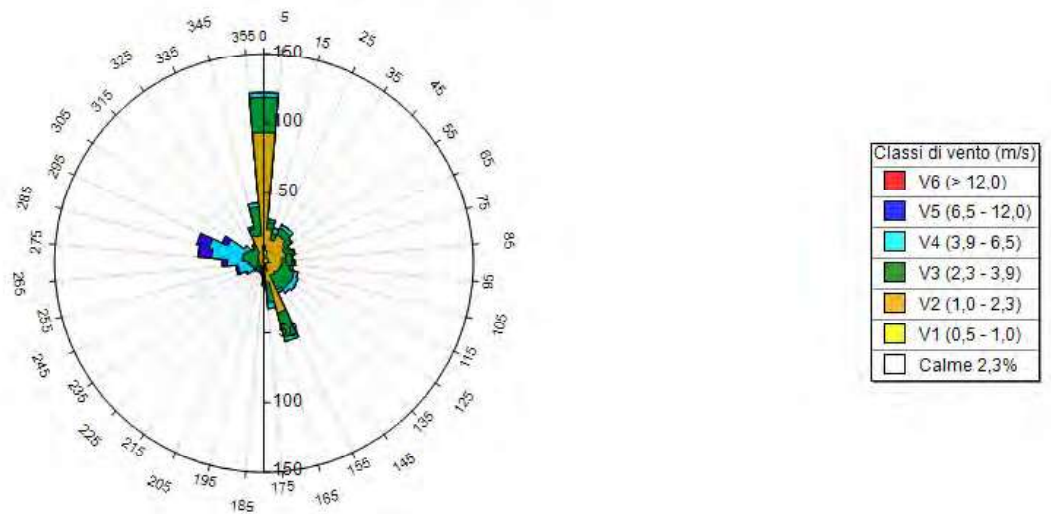


Figura 8 Stazioni di superficie e di profilo verticale utilizzate per la ricostruzione meteo

4.1.8 RAPPORTO GENERATO DAL SOFTWARE MMS CALPUFF PRODOTTO DA MAIND S.R.L.

Informazioni di base	
Elemento	Valore
Titolo del calcolo	NIKE_366_H24
File risultati	NIKE_366_H24
Data del calcolo	13/02/2026 19:46:00
Avvisi e segnalazioni	Calcolo completato senza segnalazioni
Versione del programma	Programma in versione completa.
Selezione degli elementi del progetto	Calcolo eseguito utilizzando tutti gli elementi presenti nel progetto
Inquinanti utilizzati nella simulazione	CO;
Periodo di calcolo	01/01/2024 00:00:00 <--> 01/01/2025 01:00:00 (8785 ore)
Tipo di dato meteorologico	Campi meteorologici 3D calcolati da CALMET
File dati meteo	C:\Users\gtibe\Desktop\Studi di dispersione\AVIO - NIKE\AVIO_NIKE.CPFRUN\Poligono_PISQ_2024_3d.3dmet
Reticolo dati meteorologici	(Xo,Yo)=539640,0 X(m); 4360743,0 Y(m) 32N ; (Nx,Ny)=60 x 60; (Dx,Dy)=500,0 DX(m) x 500,0 DY(m)
Reticolo di salvataggio	(Xo,Yo)=540265,0 X(m); 4361368,0 Y(m) 32N ; (Nx,Ny)=115 x 115; (Dx,Dy)=250,0 DX(m) x 250,0 DY(m)
Recettori discreti	10
Sorgenti puntiformi	0
Sorgenti areali	0
Sorgenti volumetriche	34
Linee di emissione	0
Salvataggio della deposizione	No
Dispersion coef. compute method	Coefficienti di dispersione calcolati utilizzando le variabili micrometeorologiche.
Calm wind speed limit (m/s)	0,50
Calcolo del transitional plume rise	Si
Calcolo dello stack tip downwash	Si
Calcolo del partial plume penetration nelle inversioni in quota	Si
Modello calcolo Building Downwash	ISC
Edifici	8

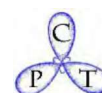
Rosa dei venti (velocità del vento in m/s)



AVIO S.p.A.
 MODELLIZZAZIONI DELLE EMISSIONI DEL LANCIO SUBORBITALE E DELLE DIFFUSIONE INQUINANTI

Tabella 2 Rosa dei venti in m/s

SECTORS	V1 (0,5 - 1,0)	V2 (1,0 - 2,3)	V3 (2,3 - 3,9)	V4 (3,9 - 6,5)	V5 (6,5 - 12,0)	V6 (> 12,0)	Totale	Vmed (m/s)
355,0 - 5,0	12,41	81,17	24,93	3,07	0,46	0,00	122,04	1,85
5,0 - 15,0	8,65	15,37	5,12	1,94	0,11	0,00	31,19	1,82
15,0 - 25,0	3,42	13,55	5,01	3,42	0,57	0,00	25,96	2,33
25,0 - 35,0	3,64	18,44	5,01	2,62	0,23	0,00	29,94	2,07
35,0 - 45,0	3,87	17,65	5,35	2,73	0,00	0,00	29,60	2,00
45,0 - 55,0	3,30	15,26	5,35	1,14	0,00	0,00	25,05	1,92
55,0 - 65,0	3,53	12,41	3,87	1,14	0,00	0,00	20,95	1,89
65,0 - 75,0	3,07	13,43	6,03	0,68	0,00	0,00	23,22	1,95
75,0 - 85,0	2,50	10,47	7,86	0,34	0,00	0,00	21,17	2,04
85,0 - 95,0	2,39	10,82	8,31	0,80	0,00	0,00	22,31	2,18
95,0 - 105,0	1,48	10,70	6,94	1,59	0,00	0,00	20,72	2,29
105,0 - 115,0	1,37	10,25	10,93	2,73	0,00	0,00	25,27	2,54
115,0 - 125,0	1,82	9,11	12,41	3,64	0,00	0,00	26,98	2,63
125,0 - 135,0	1,14	8,77	12,86	4,67	0,34	0,00	27,78	2,83
135,0 - 145,0	1,48	8,88	12,64	3,19	0,11	0,00	26,30	2,69
145,0 - 155,0	2,85	7,17	11,38	2,05	0,34	0,00	23,79	2,60
155,0 - 165,0	6,26	30,74	18,21	3,19	0,00	0,00	58,40	2,15
165,0 - 175,0	0,57	13,55	14,69	3,87	0,23	0,00	32,90	2,70
175,0 - 185,0	1,25	5,81	7,74	1,37	0,00	0,00	16,17	2,51
185,0 - 195,0	0,23	4,67	2,85	0,91	0,00	0,00	8,65	2,46
195,0 - 205,0	0,46	1,94	2,62	1,02	0,00	0,00	6,03	2,79
205,0 - 215,0	0,11	2,62	2,73	1,94	0,00	0,00	7,40	3,07
215,0 - 225,0	0,34	2,16	1,59	2,85	0,23	0,00	7,17	3,52
225,0 - 235,0	0,23	2,39	2,62	2,50	0,91	0,00	8,65	3,60
235,0 - 245,0	0,46	2,28	4,67	5,81	1,25	0,00	14,46	3,85
245,0 - 255,0	0,57	2,96	4,90	9,79	2,05	0,00	20,26	4,35
255,0 - 265,0	0,46	3,07	5,92	8,99	1,59	0,00	20,04	4,08
265,0 - 275,0	0,46	3,87	6,72	15,14	3,64	0,00	29,83	4,42
275,0 - 285,0	0,23	3,64	11,73	22,09	9,79	0,00	47,47	4,90
285,0 - 295,0	0,46	2,96	12,41	24,70	9,11	0,00	49,64	4,88
295,0 - 305,0	0,34	4,67	9,79	13,78	4,67	0,00	33,24	4,36
305,0 - 315,0	0,46	4,44	8,31	3,76	0,34	0,00	17,30	3,18
315,0 - 325,0	1,14	5,01	5,12	0,91	0,00	0,00	12,18	2,40
325,0 - 335,0	0,68	6,49	6,60	1,14	0,00	0,00	14,91	2,42
335,0 - 345,0	2,62	17,53	5,35	1,48	0,00	0,00	26,98	1,95
345,0 - 355,0	2,39	16,96	20,83	2,96	0,00	0,00	43,15	2,46
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme < 0,5	22,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,88	0,00
Totale	99,50	401,18	299,41	163,93	35,97	0,00	1000,00	0,00



4.2 ANALISI DELLE CONDIZIONI METEO CARATTERISTICHE REGISTRATE DURANTE L'ANNO 2024

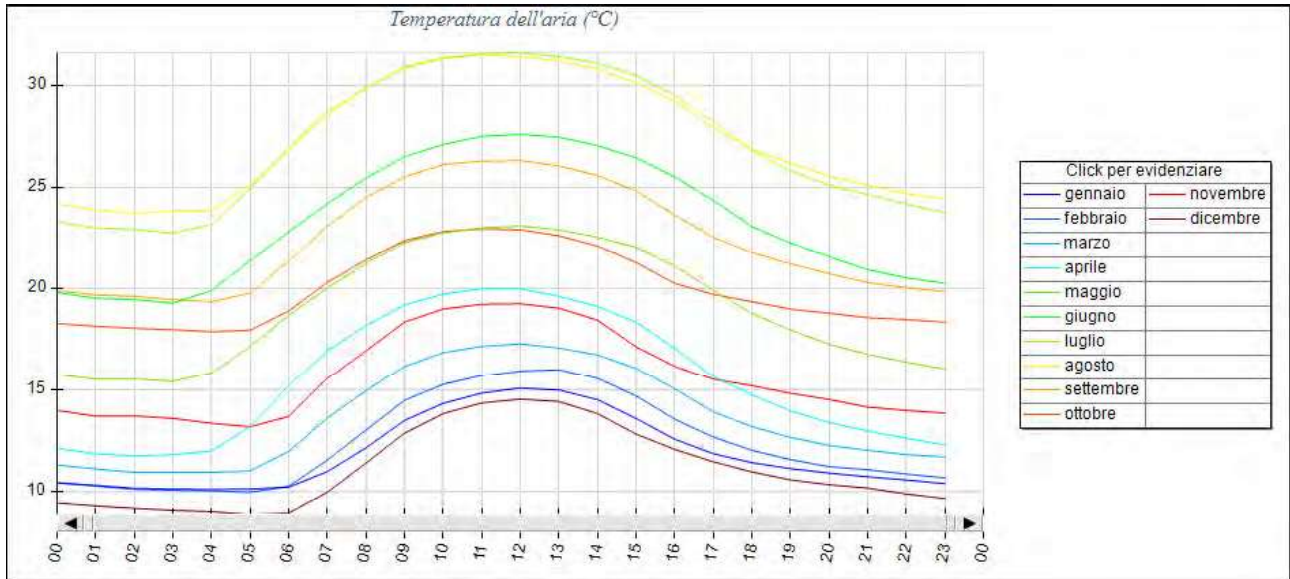


Figura 9 Temperatura media giornaliera per mese

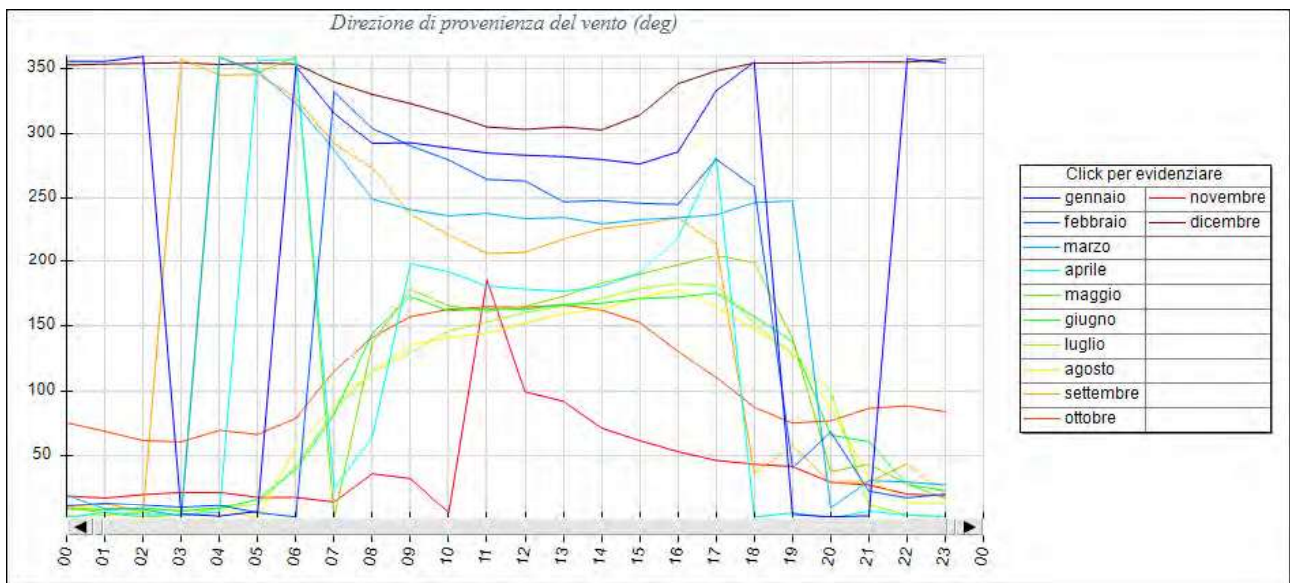


Figura 10 Direzione media giornaliera del vento per mese

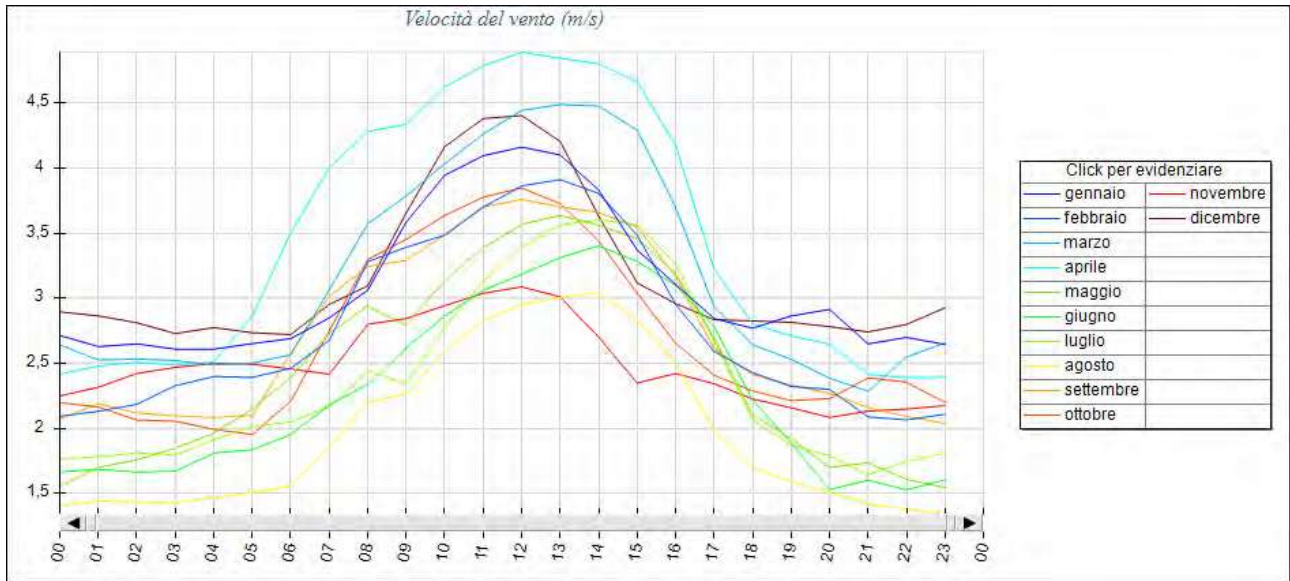


Figura 11 Velocità media giornaliera del vento per mese

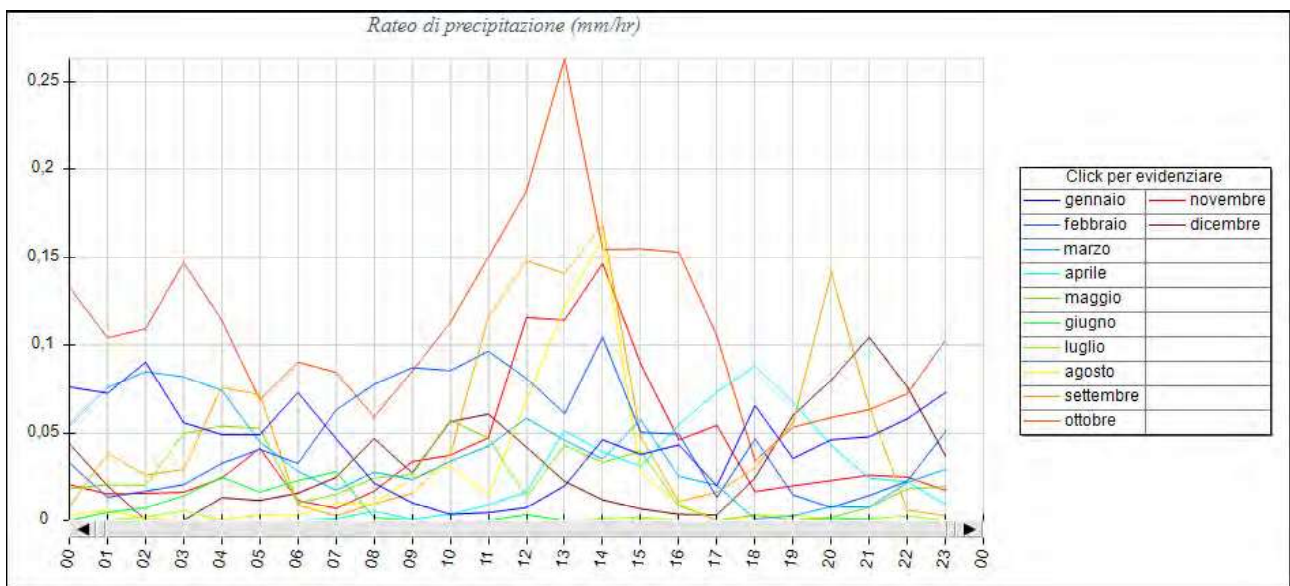


Figura 12 Precipitazioni medie giornaliere per mese

Calme di vento

Inverno 1,9%
 Primavera 2,2%
 Estate 3,0%
 Autunno 1,9%

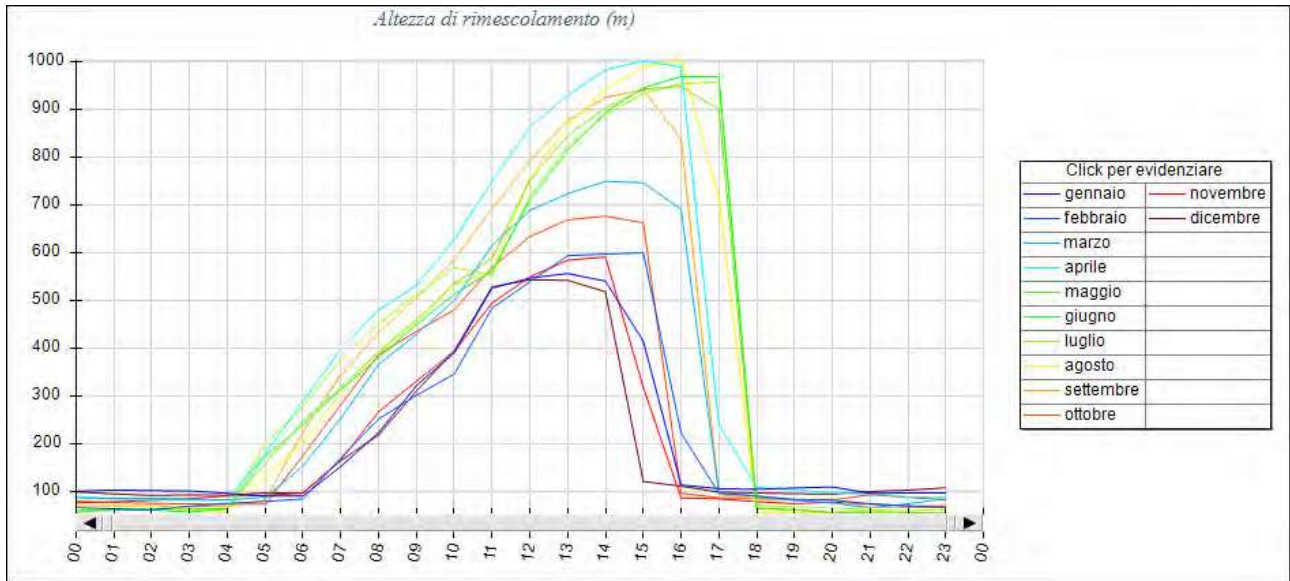


Figura 13 Altezza di mescolamento media mensile

Tabella 3 Altezze di mescolamento Medie Mensili Orarie in metri

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
0	100,14	65,25	86,46	89,22	53,97	57,98	60,97	50,88	67,93	79,58	76,01	98,85
1	102,84	62,11	84,87	84,36	61,28	59,41	61,82	50,52	69,97	76,75	77,87	94,73
2	101,43	59,24	85,66	81,61	62,87	59,71	63,53	50,82	69,58	74,76	81,29	91,30
3	100,86	69,06	83,66	81,66	60,75	55,58	61,60	51,13	67,99	73,61	84,64	92,79
4	95,92	74,76	81,97	81,67	62,57	62,01	61,57	53,68	68,95	73,15	90,45	91,80
5	90,11	78,65	87,57	178,96	158,99	173,97	199,59	132,29	81,64	72,77	91,62	97,10
6	90,55	83,97	153,23	288,79	247,34	239,60	277,47	201,33	224,92	175,28	96,28	96,66
7	152,21	169,86	253,02	398,36	316,84	312,99	376,02	304,84	344,65	281,36	165,98	164,44
8	222,98	251,65	365,76	479,35	391,69	379,92	451,23	392,82	432,37	386,46	266,70	218,08
9	321,35	300,98	429,11	531,21	459,47	449,56	511,13	453,83	505,47	434,82	330,78	309,95
10	390,10	345,62	499,72	626,91	534,05	512,45	568,91	532,97	585,63	480,39	392,87	393,83
11	525,64	483,80	615,11	749,23	588,23	561,15	552,32	560,23	691,91	569,01	494,13	527,98
12	546,43	538,61	688,26	862,52	750,75	709,39	719,12	755,76	791,53	633,45	549,09	542,95
13	556,12	593,38	723,58	929,23	845,05	813,48	821,67	864,57	875,90	668,69	584,07	541,78
14	540,07	596,63	749,06	982,45	903,30	894,27	888,64	941,48	924,91	676,08	590,77	517,91
15	414,51	599,62	746,27	1001,64	942,00	944,67	933,19	988,11	941,00	662,24	317,63	120,64
16	113,32	222,09	690,47	988,68	948,07	968,76	953,42	1002,26	837,75	96,14	86,38	110,80
17	105,60	95,91	96,96	240,36	899,20	968,61	957,77	715,45	93,43	86,27	84,24	98,31
18	104,16	89,97	90,23	108,38	62,64	64,73	70,37	53,77	84,61	85,26	78,45	96,69
19	107,03	83,06	81,59	103,87	60,03	59,85	67,01	54,08	82,25	81,93	74,17	95,11
20	109,21	81,98	75,87	96,73	54,32	54,41	64,48	53,69	83,39	81,85	77,33	94,34
21	95,87	73,89	64,95	94,47	55,96	52,13	59,74	53,32	66,04	92,94	73,29	99,54
22	96,71	69,36	73,97	88,46	53,61	51,40	57,82	52,39	65,11	87,49	68,94	102,34

L'altezza di rimescolamento non supera mai i 1.000 metri



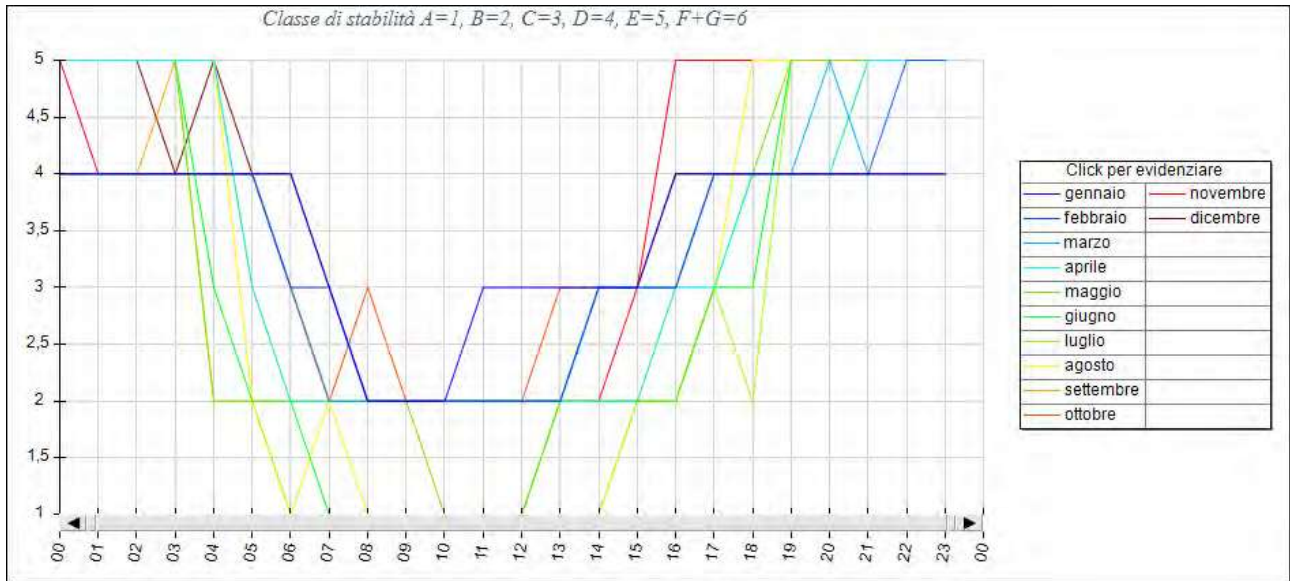


Figura 14 Classi di stabilità media mensile

4.3 DESCRIZIONE DELLA SORGENTE EMISSIVA

Il test di lancio che andremo ad verificare, PISQ, in zona NIKE sarà effettuato nella configurazione verticale con un motore LRE (Liquid Rocket Engine) MR10.

4.3.1.1 Caratteristiche del Motore Spaziale Avio MR10

A partire da ottobre 2024, l'azienda aerospaziale italiana **Avio** ha rinominato il suo innovativo motore **M10** in **MR10**, in onore dell'ingegnere Mikhail Rudnykh.



- **Tecnologia:** È un motore a propulsione liquida che utilizza **metano e ossigeno liquido (LOx-methane)**.
- **Caratteristiche:** È realizzato quasi interamente tramite **stampa 3D** (tecnologia SMS - *Single Material Stamping*) per ridurre costi e componenti.

- **Impiego:** È destinato allo stadio superiore del lanciatore europeo **Vega E** (evoluzione del Vega C), con una qualifica prevista per il **2026**.
- **Test:** Nel 2025 sono stati completati con successo test cruciali per l'integrazione nel razzo suborbitale FD1.

La massa totale di propellente caricata nello stadio superiore del lanciatore Vega E (denominato VUS - Vega Upper Stage), che integra il motore **MR10**, è di circa **11.500 kg**.

4.3.1.2 Caratteristiche del Propellente

Il motore MR10 è un propulsore a ciclo ad espansore che utilizza una combinazione criogenica di ossigeno liquido e metano liquido. La distribuzione della massa è così ripartita:

- **Propellenti:** Ossigeno Liquido (**LOx**) e Metano Liquido (**LCH4**).
- **Massa totale del propellente (m_p):** Circa 11.500kg (11,5 tonnellate).
- **Rapporto di miscela:** Il motore opera con un rapporto di massa tra ossidante e combustibile tipicamente compreso tra 3,2 e 3,6. (nel presente studio si utilizzerà il rapporto medio pari a 3,4).

4.3.1.3 Dettagli Tecnici del Motore (Aggiornamento 2026)

Con il completamento dei test di qualifica previsti per il 2025-2026, le specifiche operative del motore MR10 si sono consolidate per garantire le prestazioni del Vega E:

1. **Spinta (Thrust):** Il motore genera una spinta nel vuoto di circa 98kN (equivalenti a circa 10 tonnellate di forza).
2. **Efficienza:** Grazie all'uso del metano e del ciclo ad espansore, il motore raggiunge un impulso specifico (I_{sp}) elevato, superiore a 360s, ottimizzando il consumo della massa di propellente caricata.
3. **Configurazione:** La massa di 11.500kg è contenuta in due serbatoi separati realizzati con leghe di alluminio o materiali compositi, progettati per mantenere le temperature criogeniche necessarie per il metano (-161°C) e l'ossigeno (-183°C).

4.3.1.4 Definizione del rapporto di miscela

Il motore **MR10** (precedentemente M10) utilizza un rapporto di miscela ossidante/combustibile (O/F) pari a 3,4. Ciò significa che per ogni parte di metano, vengono utilizzate 3,4 parti di ossigeno. La massa totale (m_{tot}) è data dalla somma della massa dell'ossigeno (m_O) e della massa del metano (m_F):

$$m_{tot} = m_O + m_F$$

Equazione 1



4.3.1.4.1 Calcolo della massa del combustibile (Metano)

Utilizzando la relazione

$$m_O = 3,4 \cdot m_F$$

Equazione 2

, sostituiamo nella formula della massa totale:

$$\begin{aligned} 11.500 &= 3,4 \cdot m_F + m_F \\ 11.500 &= 4,4 \cdot m_F \\ m_F &= \frac{11.500}{4,4} \approx 2.613,6\text{kg} \end{aligned}$$

4.3.1.4.2 Calcolo della massa dell'ossidante (Ossigeno)

Sottraendo la massa del metano dalla massa totale:

$$m_O = 11.500 - 2.613,6 = 8.886,4\text{kg}$$

Nello stadio superiore del Vega E (VUS), la ripartizione teorica della massa del propellente al 2026 è di circa **8.886kg di ossigeno liquido (LOx)** e **2.614kg di metano liquido (LCH4)**.

4.3.1.4.3 Determinazione del flusso di inquinanti

Dall'analisi CFD fornita da AVIO le **frazioni massiche dei gas** risultanti dalla specifica simulazione del processo di combustione per il motore **MR10** sono riassunti nella Tabella 4. I dati tabellari mostrano la composizione percentuale in massa dei gas di scarico in quel punto specifico di analisi:

Tabella 4 Frazione massica fornita da Simulazione CFD (fornita da AVIO S.p.A.)

Gas	Frazione Massica	Percentuale in Massa
H₂O (Vapore acqueo)	4,54428E-01	45,44%
CO₂ (Anidride carbonica)	3,55275E-01	35,53%
CO (Monossido di carbonio)	1,79929E-01	17,99%
H₂ (Idrogeno)	7,31740E-03	0,73%
O₂ (Ossigeno)	2,98300E-04	0,03%
O (Ossigeno atomico)	5,13000E-05	0,01%



H (Idrogeno atomico)	1,26400E-04	0,01%
OH (Radicale ossidrile)	2,57470E-03	0,26%
Air (Aria)	0	0%

Questi valori indicano che i prodotti principali sono vapore acqueo e anidride carbonica, come previsto dalla combustione di metano ($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$), con una significativa presenza di monossido di carbonio e idrogeno non completamente ossidati.

Per calcolare il flusso di massa di ciascun gas, è necessario il **flusso di massa totale** dei gas di scarico in uscita dal motore **MR10**, un dato non presente nella tabella fornita e non recuperabile dalle informazioni disponibili. Tuttavia, possiamo derivare il flusso di massa totale del motore MR10 utilizzando i dati tecnici relativi alla sua performance:

1. **Spinta Nominale (F):** 98kN, ovvero 98.000N
2. **Impulso Specifico (I_{sp}):** 362s
3. **Gravità standard (g_0):** 9,81m/s².

Il **flusso di massa totale** (\dot{m}_{tot}) in uscita (che include tutti i gas elencati nella tabella) si calcola con la formula:

$$\dot{m}_{tot} = \frac{F}{I_{sp} \cdot g_0}$$

Equazione 3

Sostituendo i valori noti nella formula:

$$\dot{m}_{tot} = \frac{98.000\text{N}}{362\text{s} \cdot 9,81\text{m/s}^2}$$

$$\dot{m}_{tot} \approx 27,69\text{kg/s}$$

utilizzando le frazioni massiche fornite dalla simulazione CFD (Y_i) dalla sua tabella, possiamo stimare i flussi di massa ($\dot{m}_i = Y_i \cdot \dot{m}_{tot}$):

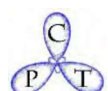


Tabella 5 Flussi di massa gas di combustione e inquinanti

Gas	Frazione Massica (Y_i)	Flusso di Massa (\dot{m}_i)	Considerato Inquinante ai fini della qualità dell'aria
CO ₂	3,55275E-01	9,84kg/s	No
CO	1,79929E-01	4,98kg/s	Sì
H ₂	7,31740E-03	0,20kg/s	NO
O ₂	2,98300E-04	0,008kg/s	No
O	5,13000E-05	0,001kg/s	No
H	1,26400E-04	0,003kg/s	No
OH	2,57470E-03	0,071kg/s	No
Totale Inquinanti	0,1878	4,98kg/s	

Per il CO durante il test saranno quindi rilasciati in atmosfera $4,98[\text{kg/s}] \times 362 [\text{s}] = 1.802,76 \text{ kg}$ di CO per ciascuno del motore MR10.

Le caratteristiche del getto propulsivo previste da simulazioni CFD (eseguite in AVIO) sono le seguenti:

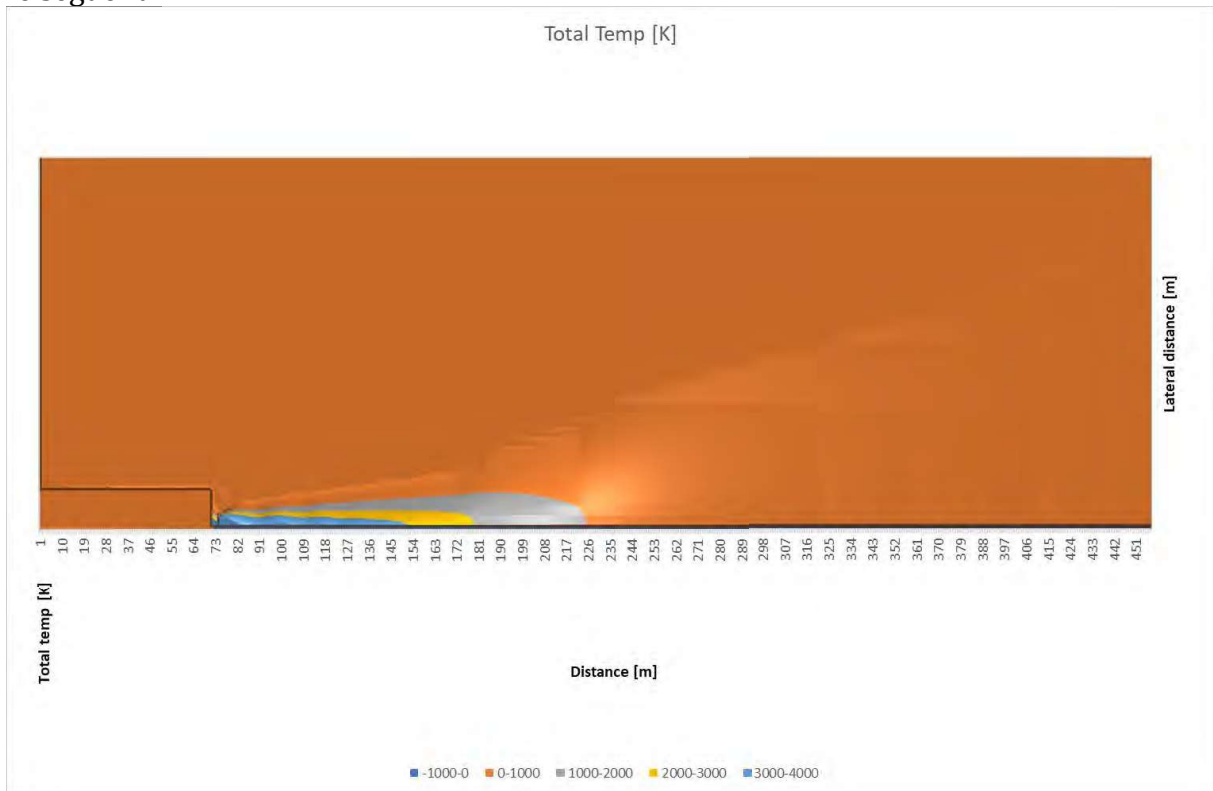


Figura 15 Temperatura in K nel getto propulsivo

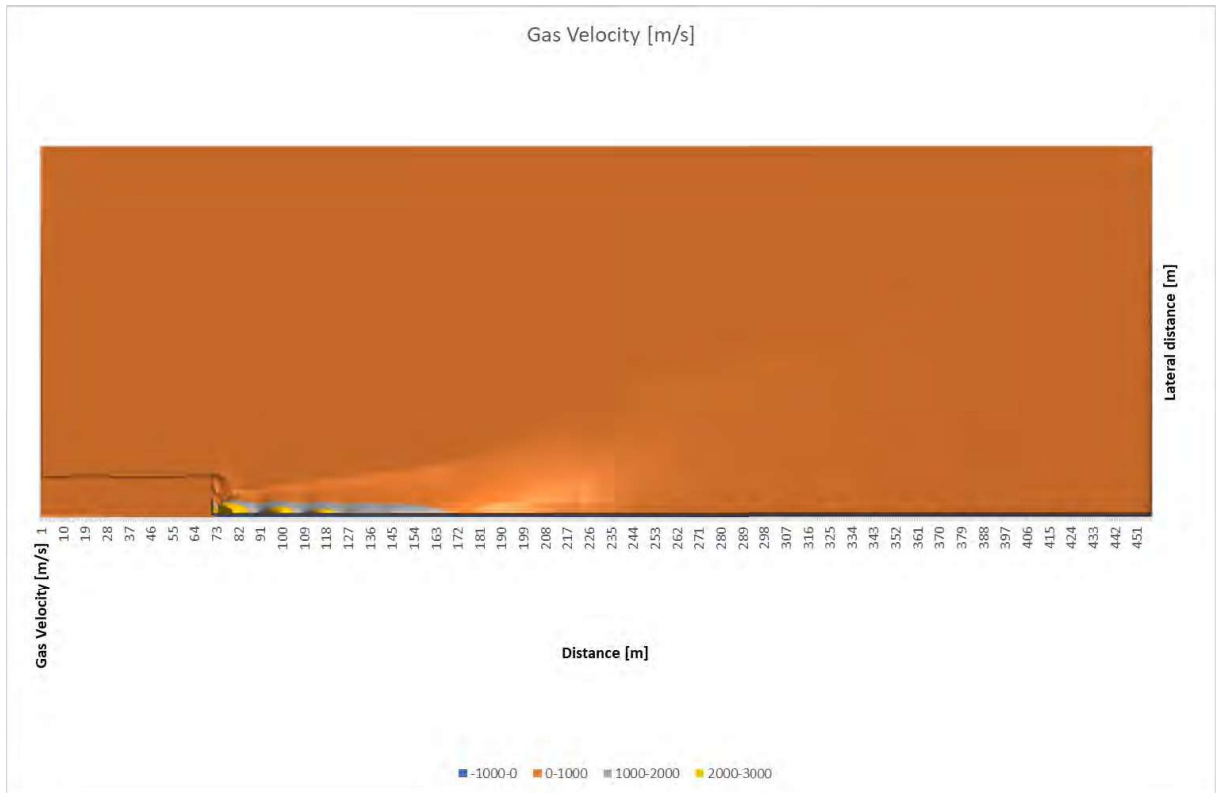


Figura 16 Velocità di fuoriuscita gas in m/s nel getto propulsivo

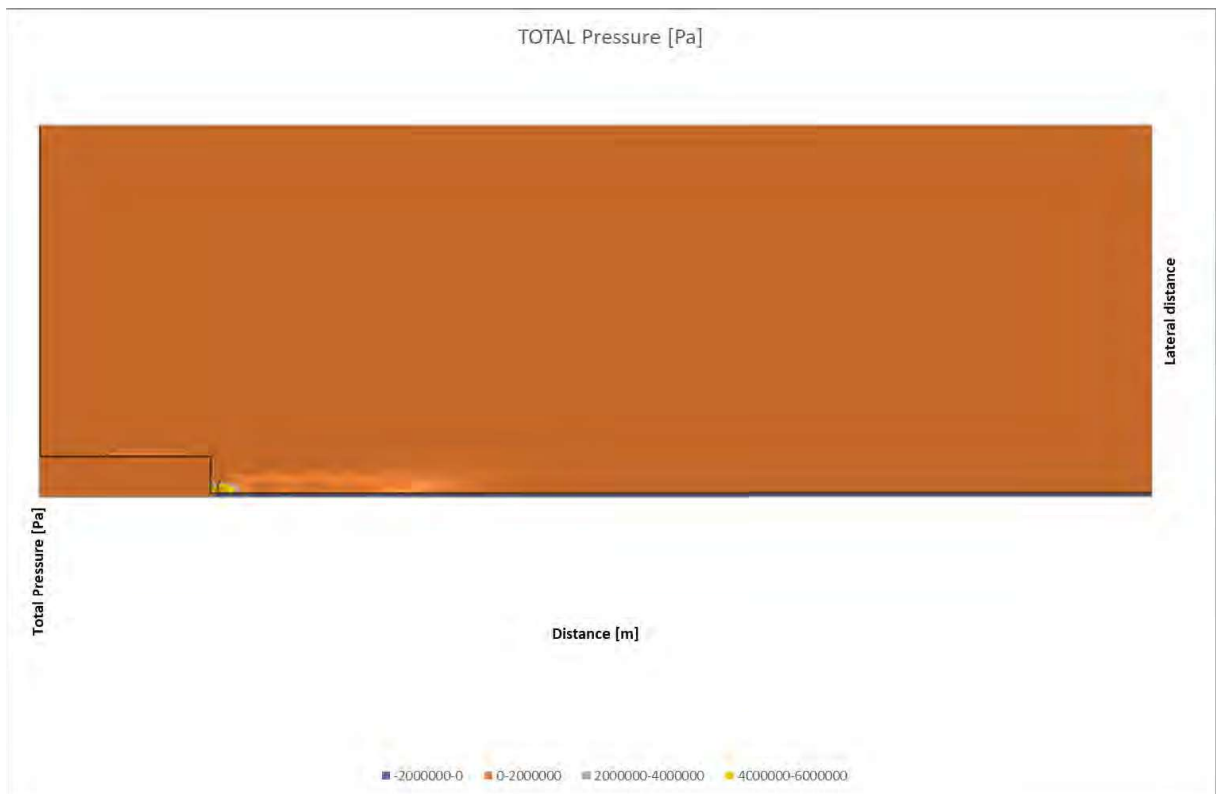


Figura 17 Pressione in Bar nel getto propulsivo

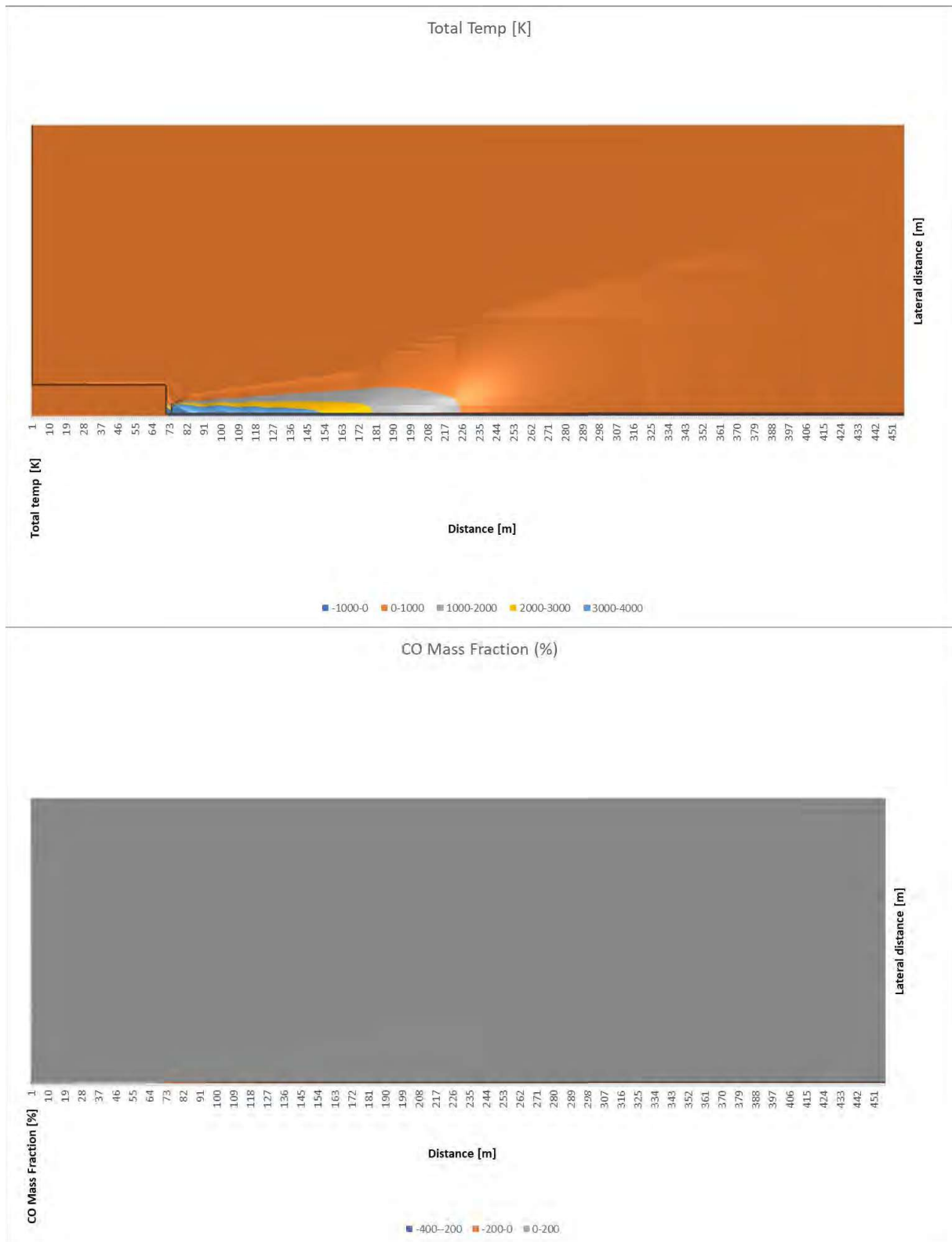


Figura 18 Concentrazione CO nel getto propulsivo

Lo studio prevede la determinazione degli impatti sull'aria mediante modello Calpuff per i seguenti inquinanti:

1. CO,

4.3.2 PROCESSO CHE GENERA L'EMISSIONE

Il test sarà eseguito mediante l'accensione controllata di un motore per razzi a propellente liquido di tipo MR10. In generale un razzo a combustibile liquida è costituito da un involucro, un ugello, due serbatoi per ossidante (O₂) e combustibile (CH₄) e un sistema di accensione. Il propellente all'interno è in forma criogenica liquida così da avere maggior densità. Il processo di spinta dura **meno di 363 secondi** in cui tutta la massa di propellente pari a **11.500 kg** è consumata. Il presente test ha quantità ridotte di propellente pari a circa 4500 kg.

Il propellente brucia in modo prevedibile producendo i gas di scarico che fuoriescono da un ugello. Le dimensioni dell'ugello sono calcolate in modo tale per mantenere una data pressione e produrre spinta dai gas di scarico pari a 95 kN.

Il modello di lancio prevede che il razzo decolli secondo le traiettorie previste "depositando" lungo tale traiettoria gli inquinanti. Nel modello sono stati utilizzati le seguenti assunzioni al fine di poter parametrizzare all'interno del modello Calpuff l'emissione del motore.

- 1) Il tratto considerato utile è solo quello di avvio del razzo fino ad una quota di 4000m;
- 2) Dal suolo fino a quota di 1000 m il percorso è stato suddiviso in 11 tratti per meglio distribuire gli inquinanti durante l'avvio. Dall'analisi dei dati di volo sono stati estrapolati i seguenti dati relativi alla durata della fase di salita che saranno utilizzati (mediante interpolazione lineare) per determinare i tempi di permanenza nei vari tratti;

Tabella 6 Descrizione tempi di salita da dati Forniti da AVIO

Time [s]	Mean [m]
-4	0
-3	0
-2	0
-1	0
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0,0857316
6	1,4254498
7	4,4773039
8	9,4148055
9	16,345307
10	25,349321
11	36,49365
12	49,834065

Time [s]	Mean [m]
13	65,425177
14	83,322424
15	103,5817
16	126,25844
17	151,40855
18	179,08756
19	209,35118
20	242,25394
21	277,84851
22	316,18634
23	357,31802
24	401,29782
25	448,18264
26	498,02681
27	550,88317
28	606,80275
29	665,83563
30	728,03126
31	793,43828

Time [s]	Mean [m]
32	862,10461
33	934,07747
34	1009,4037
35	1088,1291
36	1170,298
37	1255,9538
38	1345,139
39	1437,8955
40	1534,2646
41	1634,288
42	1738,0066
43	1845,4612
44	1956,6921
45	2071,74

Time [s]	Mean [m]
46	2190,644
47	2313,4419
48	2440,1715
49	2570,8718
50	2705,5828
51	2844,3449
52	2987,1991
53	3134,1876
54	3285,351
55	3440,7292
56	3600,3626
57	3764,2921
58	3932,5574
59	4105,1954

- 3) Da quota 1000m a 4000m (area in cui la quota inizia a diventare meno influente per gli effetti locali) l'emissione è stata considerata costante. A questa quota le dispersioni sono maggiori e quindi si è voluto verificare effetti a medio raggio con possibili ricadute;
- 4) Nessun contributo è stato considerato al di sopra dei 4000m.

In merito alle emissioni al di sopra dei 4000 m è necessario considerare che il monossido di carbonio (CO) è un gas che non ha colore, odore o sapore e viene prodotto principalmente dalla combustione incompleta di combustibili fossili, legno e altre fonti organiche. La sua interazione con l'atmosfera sopra i 4000 metri presenta diverse caratteristiche:

1. Diluizione: A quote elevate, il CO si disperde in un volume d'aria più ampio rispetto a quanto avviene a temperature più basse e pressioni più alte a livello del suolo. Questo porta a una rapida riduzione della concentrazione di CO nell'aria.
2. Reazioni Chimiche: A quote più elevate, il CO può reagire con altri composti atmosferici. In particolare, può ossidarsi in presenza di ossigeno per formare diossido di carbonio (CO₂). Questa reazione è accelerata dalla luce solare, che promuove reazioni atmosferiche di fotodissociazione. Di seguito alcune delle reazioni principali del CO a queste altitudini:

A. Ossidazione del Monossido di Carbonio:

Reazione: $[2 \text{ CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2]$

In questa reazione, il monossido di carbonio reagisce con l'ossigeno per formare diossido di carbonio (CO₂). Questo processo di ossidazione è più efficace in condizioni di alta esposizione alla luce solare, che fornisce l'energia necessaria per facilitare la reazione.

B. Reazioni con Idrossile (OH):

Reazione: $[\text{CO} + \text{OH} \rightarrow \text{H} + \text{CO}_2]$

Il CO può anche reagire con il radicale idrossile (OH), un composto altamente reattivo presente nell'atmosfera. Questa reazione porta alla formazione di CO₂ e idrogeno.

Tra le 2 reazioni prevale nettamente la seconda che contribuisce alla riduzione dei radicali ossidrilici a quelle quote (Jacob, 1999).

A queste quote il monossido di carbonio la sua vita media tende ad essere più breve a causa delle reazioni di ossidazione, portando a una rapida diminuzione della sua persistenza.

3. Inquinamento Stratosferico: è ben noto che il CO prevalga principalmente nella troposfera (la parte più bassa dell'atmosfera), una parte può raggiungere la stratosfera (oltre i 10-15 km) attraverso processi di turbolenza e movimento dell'aria. Tuttavia, il monossido di carbonio non ha un impatto negativo diretto sullo strato di ozono come altri composti.
4. Effetti Sulla Salute e Sull'Ambiente: Anche se il CO è tossico a livello del suolo e può influire negativamente sulla salute umana, la sua concentrazione diminuisce con l'altezza. Tuttavia, a quote più elevate, gli effetti diretti sulla salute umana sono generalmente irrilevanti, principalmente perché le attività umane si svolgono a basse quote.

Al di sopra dei 4000 metri, il monossido di carbonio tende a disperdersi e a reagire con altri composti atmosferici, riducendo la sua concentrazione e la sua durata nell'atmosfera.

4.3.2.1 MODELLO A “Tripla CELLA”

L'area in cui è situato il Banco di test è posizionata all'interno di un'area isolata ed il motore è posizionato verticalmente rivolto verso l'alto. A detta è installato un deflettore che trasferisce i gas emessi verticalmente a 90° (parallelo quindi al suolo).

Come modello diffusionale, basandosi sui dati CFD la sorgente emissiva radente il suolo è stata approssimata in 3 celle volumetriche di dimensioni differenti posizionate lungo la perpendicolare al piano del deflettore orientato verso EST.

Ciascuna delle 3 celle contiene un quantitativo pari a circa 1/3 dell'emissione totale del CO prodotta. Allontanandosi dall'ugello di uscita il getto diverge e quindi la dimensione della cella aumenta. Inoltre il modello Calpuff prevede che le sorgenti Volumetriche abbiano una pianta quadrata alla base per cui la cella è stata ridimensionata e posizionate nel punto mediano lungo il getto mantenendo il volume totale.

Di seguito sono riportati i calcoli effettuati per la determinazione dei parametri geometrici della cella:



Figura 19 Schema di rimescolamento modello a "Tripla CELLA" al suolo

Questo modello può essere inserito come 3 sorgenti volumetriche al suolo.

Successivamente il razzo prende quota e sono stati definiti **10 tratti verticali** ciascuno con la sorgente **suddivisa nelle 3 celle** come definito per la calla al suolo. Da terra a 1000 metri sono state create **33 sorgenti volumetriche** per descrivere la diffusione iniziale degli inquinanti.

Una rappresentazione grafica del tratto 1 è mostrata nella figura seguente:

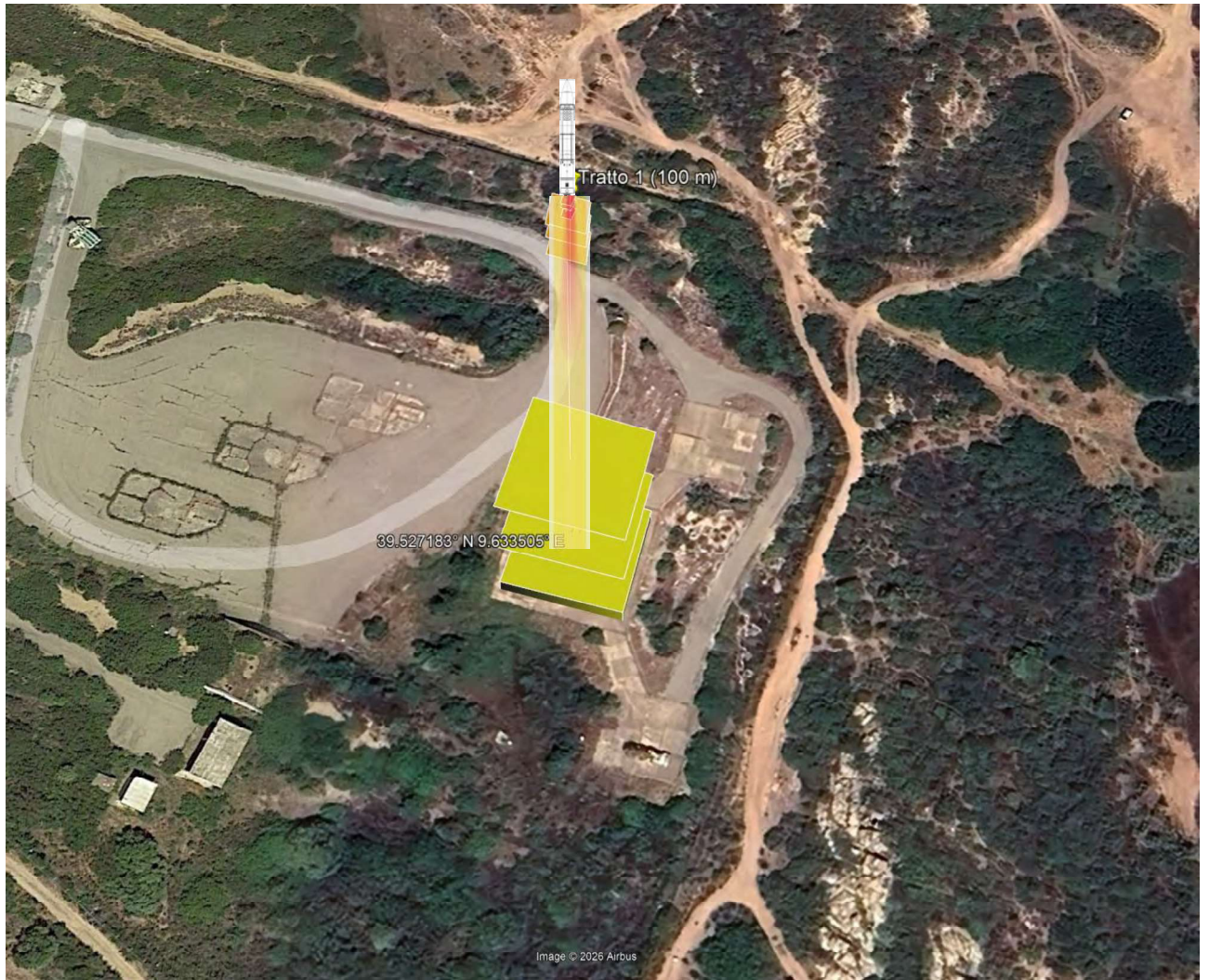


Figura 20 Schema di rimescolamento modello a "Tripla CELLA" al tratto 1 da 0 a 100m

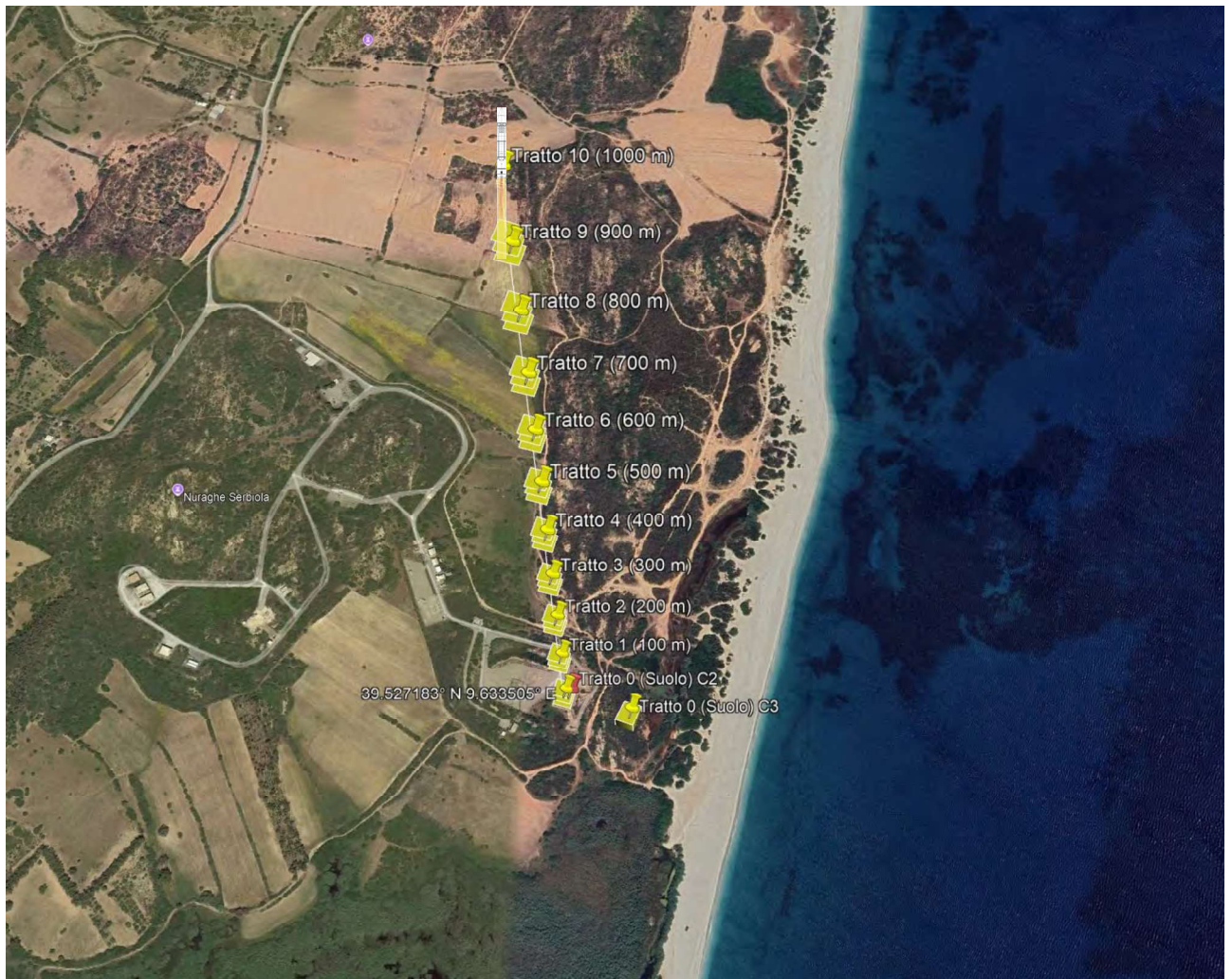


Figura 21 Schema di rimescolamento modello a "Tripla CELLA" al tratto da 0(suolo) a 10 da 0 a 1000m

Successivamente per il **tratto 11** tra 1000 e 4000 m è stata utilizzata una cella volumetrica unica contenente tutta l'emissione mediata al suo interno. Mentre per i primi 10 tratti lo spostamento orizzontale può essere considerato trascurabile per il tratto 11 è stata calcolato lo spostamento medio orizzontale fino al raggiungimento della quota di 5000 m e utilizzato il valore medio per il posizionamento della sorgente. La base della sorgente utilizzata è pari a quella dalla cella 3 maggiormente diffusa (50,91x50,91 m). Lo schema risultante è descritto nella successiva figura:



Figura 22 Sorgente volumetrica per tratto 11 da 1000 a 4000m

Sono state quindi calcolate sulla base dei dati ricevuti le seguenti grandezze:

- 1) Concentrazione all'interno del getto di gas (da analisi CFD e Termochimica)
- 2) Flussi di massa al secondo prodotti inquinanti rilevanti ai fini ambientali e di della qualità dell'aria in media dalla cella nell'ora di riferimento;
- 3) La traiettoria inserita, su cui sono state posizionate le sorgenti, è quella calcolata effettiva prevista.

Per considerare tutte le combinazioni meteo sia le condizioni più gravose possibile è stato definito il seguente SCENARIO EMISSIVO:

SCENARIO 1. 8.784 tiri: (pari a 1 tiro ogni ora di ogni giorno dell'anno). Questo è uno scenario ultra cautelativo che prevede una quantità di inquinante pari ad 8784 volte la massima effettiva del singolo lancio. L'effettuazione delle simulazioni in questo scenario permette di analizzare qualunque scenario meteo-climatica dell'area durante il periodo della intera giornata per l'effettuazione dei test.

Per i 3 scenari saranno mostrate le curve di dispersione ottenute direttamente dal software di simulazione per i 3 scenari emissivi proposti. Avendo una caratteristica lineare sarà possibile ridurre il numero di tiri e ottenere la distribuzione relativa semplicemente moltiplicando i valori ottenuti per un fattore di scala pari a N° Tiri nuova ipotesi/ N° tiri scenario simulato.

4.3.3 ELABORAZIONE PRELIMINARE DEI DATI E PARAMETRIZZAZIONI DELLA SORGENTE

I dati forniti da AVIO sono stati utilizzati per ottenere le informazioni necessarie alla caratterizzazione del processo emissivo da inserire come sorgente nel modello di dispersione Calpuff.

Il processo descritto non rappresenta una tipologia di sorgente direttamente analizzabile all'interno del modello dispersivo che prevede sorgenti del tipo:

- A. Puntiformi (costanti – emissione variabile) Camini/Torce
- B. Areali (costanti – emissione variabile)
- C. Lineari (costanti – emissione variabile)
- D. Volumetriche (costanti – emissione variabile)

La tipologia definisce le modalità di immissione nell'atmosfera degli inquinanti e influenza le seguenti propagazioni diffusive nell'area circostante.

4.3.3.1.1 ALTEZZA DI MISCELAZIONE BREVE DEFINIZIONE

Il ciclo diurno di riscaldamento diurno da parte del Sole e raffreddamento notturno influenza profondamente la stabilità dello strato limite planetario. Un modello diurno rappresentativo di latitudine media durante il bel tempo sulla terraferma è illustrato di seguito:

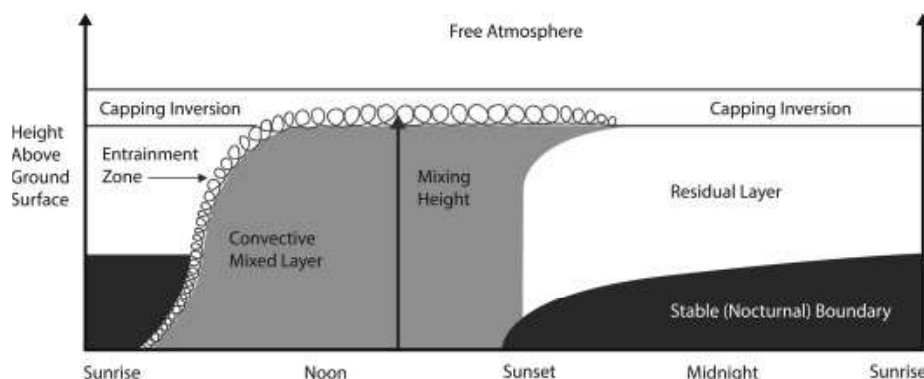


Figura 23 Modello diurno rappresentativo di miscelazione nello strato limite planetario durante il bel tempo sulla terraferma a media latitudine.

Dopo l'alba, l'aria vicino al suolo viene riscaldata dalla superficie terrestre che si riscalda. Quest'aria sale per galleggiamento, con conseguente turbolenza e trascinamento dell'aria sovrastante, con la conseguente crescita di uno strato di aria ben miscelata. Man mano che il riscaldamento solare continua, questo strato miscelato raggiunge infine un'altezza alla quale l'atmosfera è sufficientemente stabile da sopprimere un'ulteriore miscelazione verso l'alto. Questa altezza è chiamata altezza di miscelazione (H_{MIX}) e l'aria al di sotto di questa altezza è chiamata in vari modi strato limite convettivo (CBL), strato misto convettivo o semplicemente strato misto. ("Convettivo" denota l'advezione in direzione verticale, guidata dalla galleggiabilità.) Lo strato d'aria stabile sovrastante che separa il CBL dall'atmosfera libera è chiamato inversione di capping, all'interno del quale il gradiente termico effettivo è necessariamente inferiore al gradiente termico adiabatico.

In merito al nostro sistema emissivo è possibile ipotizzare che a seguito del rimescolamento dei gas a bassa quota nei primi secondi durante l'emissione è governata da fenomeni di mescolamento forzato collegato con le forti spinte e temperature. Di seguito però nella restante ora il processo sarà di natura convettiva a causa della temperatura superiore a quella atmosferica dei gas che saranno quindi trasportati verso l'alto fino al raggiungimento dell'altezza di mescolamento oltre la quale i gas resteranno stratificati in quota e quindi diffusi.

Tali altezze variano in base alle condizioni meteo-climatiche dell'area e durante la giornata e nelle stagioni. Sarà quindi fissata caso per caso tale altezza rendendo quindi variabile. In Figura 13 sono riportati i dati mediati per mese dell'altezza di mescolamento mediata nel mese nelle differenti ore della giornata.

4.3.4 Dettagli PARAMETRIZZAZIONE SORGENTI

L'emissione è stata parametrizzata secondo il modello a 3 celle utilizzando i dati sulla traiettoria (Tabella 6), mediante interpolazione sono stati calcolati i tempi di permanenza del razzo all'interno dei 12 Tratti da cui in combinazione con la produzione di inquinanti calcolata in Tabella 5 si sono ottenuti i flussi di massa (riferiti ad 1h) da utilizzare per le sorgenti come mostrati nella seguente tabella:

Tabella 7 Flussi di massa calcolati per le 34 sorgenti volumetriche

Quota (m),	Tempo dal avvio [s]	Permanenza nel tratto [s]	Consumo propellente	Emissione di CO	Flusso orario g/s	Flusso orario Cella 1	Flusso orario Cella 2	Flusso orario Cella 3
0	4,0000	4,0000	110	19,92	5,53	1,844	1,844	1,844
100	14,8232	10,8232	297,63819	53,9	14,97	4,991	4,991	4,991
200	18,6910	3,8678	106,364563	19,26	5,35	1,783	1,783	1,783
300	21,5778	2,8868	79,3866693	14,38	3,99	1,331	1,331	1,331
400	23,9705	2,3927	65,7990675	11,92	3,31	1,103	1,103	1,103
500	26,0373	2,0668	56,8381174	10,29	2,86	0,953	0,953	0,953
600	27,8783	1,8410	50,6279522	9,168	2,55	0,849	0,849	0,849
700	29,5493	1,6710	45,9513277	8,321	2,31	0,770	0,770	0,770
800	31,0956	1,5463	42,5219989	7,7	2,14	0,713	0,713	0,713
900	32,5265	1,4310	39,3515054	7,126	1,98	0,660	0,660	0,660
1.000	33,8752	1,3486	37,0875181	6,716	1,87	0,622	0,622	0,622
4.000	58,1375	24,2623	667,214417	120,8	33,56		33,563	

Tali flussi di massa sono stati utilizzati nel modello diffusionale con le caratteristiche geometriche definite in Tabella 8.

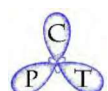


Tabella 8 Parametrizzazione delle Sorgenti emissiva a 3 Celle

Cella 1			
Distanza da asse motore	1,601	m	
Larghezza Cella 1	3,202	m	
Inizio posizione cella	0	m	
Fine posizione cella	-3,5	m	
Lunghezza Cella 1	3,5	m	
Somma	76,171557	Frazione sul totale	32,9%
Posizione media rispetto ugello	- 1,75	m	
Volume Cella	35,88	m³	
Base quadrata Sorgente Volumetrica	3,35	m	
Altezza Cella 1	3,20	m	
Velocità media Cella 1	333,80614	m/s	
Cella 2			
Distanza da asse motore	4,6	m	
Larghezza Cella 2	9,2	m	
Inizio posizione cella	-3,5	m	
Fine posizione cella	-9,7	m	
Lunghezza Cella 2	6,2	m	
Somma	76,544568	Frazione sul totale	33,1%
Posizione media rispetto ugello	- 6,60	m	
Volume Cella	524,77	m³	
Base quadrata Sorgente Volumetrica	7,55	m	
Altezza Cella 2	9,20	m	
Velocità media Cella 2	119,71515	m/s	
Cella 3			
Distanza da asse motore	8,4	m	
Larghezza Cella 3	16,8	m	
Inizio posizione cella	-9,7	m	
Fine posizione cella	-164	m	
Lunghezza Cella 3	154,3	m	
Somma	76,130728	Frazione sul totale	33,9%
Posizione media rispetto ugello	- 86,85	m	
Volume Cella	43.549,63	m³	
Base quadrata Sorgente Volumetrica	50,91	m	
Altezza Cella 3	16,80	m	
Velocità media Cella 3	77,380169	m/s	
Somma Totale Cella	100,0%		

4.3.5 EDIFICI NELLE VICINANZE

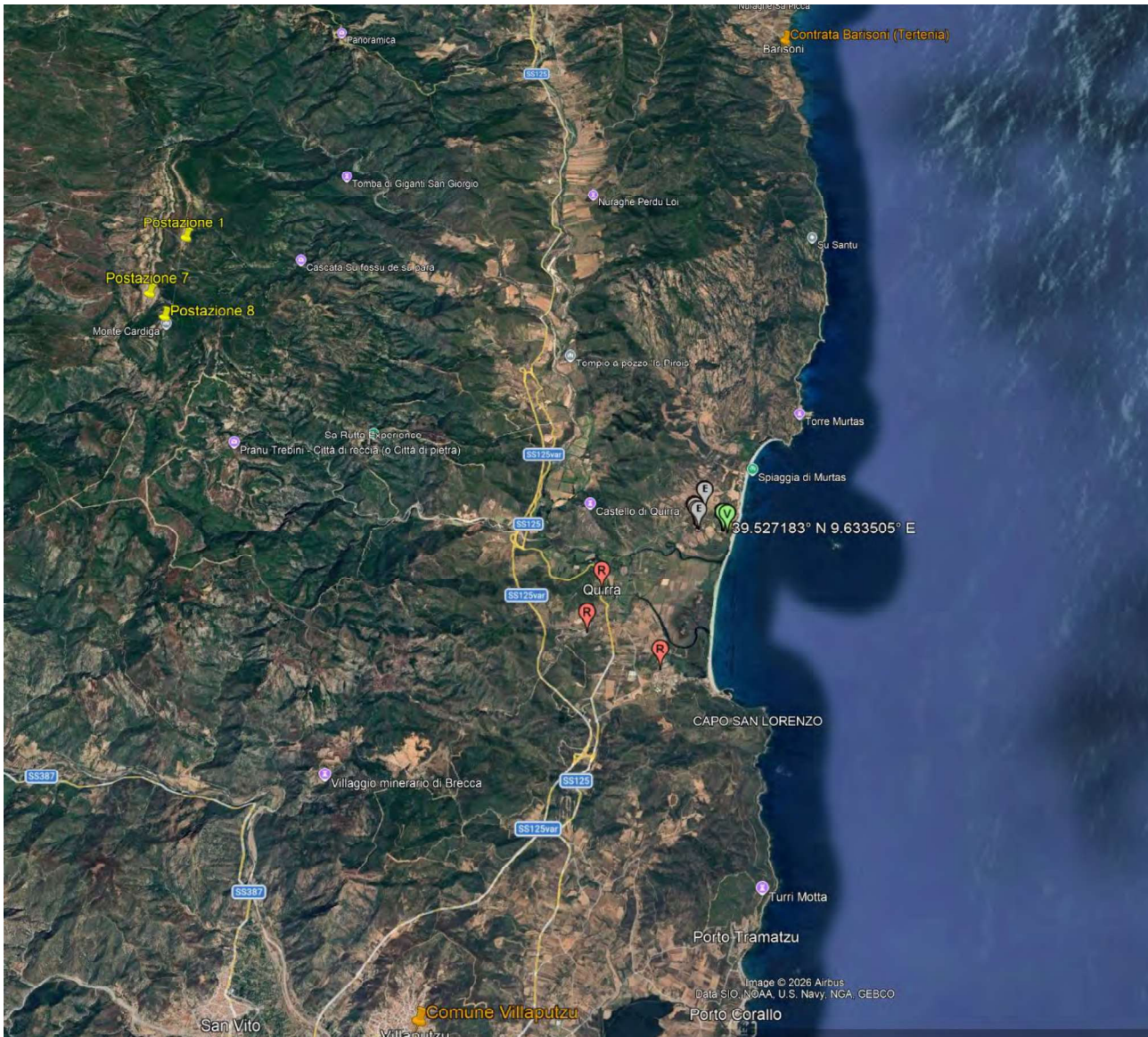
Al fine di tenere in debita considerazione gli effetti fluidodinamici degli edifici circostanti sono stati inseriti nel modello gli edifici rilevanti in un'area di circa 500 m dall'area di test.

Gli edifici hanno le seguenti coordinate:

Sigla	Altezza (m)	Z(m)	Zona UTM	Emisfero	Coordinate vertici X,Y(m)							
					X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Edificio 1	4	16	32	N	553893	4375621	553899	4375612	553911	4375620	553905	4375629
Edificio 2	4	15	32	N	553903	4375606	553904	4375605	553907	4375598	553921	4375606
Edificio 3	4	16	32	N	553881	4375636	553888	4375626	553898	4375633	553892	4375644
Edificio 4	4	14	32	N	553938	4375542	553934	4375532	553946	4375527	553950	4375537
Edificio 5	4	13	32	N	553971	4375516	553984	4375512	553987	4375518	553974	4375524
Edificio 6	4	18	32	N	554065	4376001	554059	4375992	554068	4375986	554074	4375995
Edificio 7	4	18	32	N	554075	4375984	554091	4375973	554097	4375980	554081	4375992
Edificio 8	4	17	32	N	554075	4375974	554086	4375965	554090	4375973	554079	4375981
Edificio 1	4	16	32	N	553893	4375621	553899	4375612	553911	4375620	553905	4375629
Edificio 2	4	15	32	N	553903	4375606	553904	4375605	553907	4375598	553921	4375606

Di seguito si riepilogano in mappa la posizione degli edifici (segnalini grigi) impostati nel modello Calpuff.

Tabella 9 Riepilogo in mappa della posizione delle sorgenti (segnalini verdi), dei recettori (segnalini gialli, arancioni e rossi) e degli edifici (segnalini grigi) impostati nel modello Calpuff.



4.4 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Di seguito i risultati delle simulazioni con le parametrizzazioni descritte nei paragrafi precedenti.

4.4.1 DETERMINAZIONE VALORI LIMITE

I parametri emissivi limite sono previsti per gli inquinanti definiti nell'analisi all'interno del D.Lgs. 155/2010 all'Allegato XI per i seguenti parametri:

CO → D.Lgs 155/10,

Tabella 10 Valori limite previsti dal D. Lgs 155/10, Allegato XI

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
PM10	1 giorno	50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m³
PM2,5	Anno civile	25 µg/m³
NO ₂	1 ora	200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m³
CO	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m³

4.5 VALORI MEDI PER L'INQUINANTE PER RECETTORE

Di seguito sono riportati i risultati medi ipotizzando un numero variabile di test (max 1 ogni ora) come descritto nello scenario emissivi ipotizzati. Tale approccio permette di calcolare i valori medi annui in tutte le condizioni climatiche presenti e permette quindi di esplorare il maggior numero di casistiche possibili. Nella "realtà statistica" i risultati di questi conteggi dovranno essere moltiplicati per il seguente fattore:

$$F = \frac{\text{Numerotestdaeffettuaredurantel'anno}}{366 \times 24}$$

Nella pratica si fa riferimento ad una emissione continua in cui ad ogni ora viene emesso l'equivalente di inquinanti pari ad un intero test di lancio.

Non avendo al momento questa informazione si riportano i dati medi non corretti a cui applicare le correzioni in base ai test in programma.

Sono inoltre riportati i limiti normativi di riferimento da rispettare.

Tabella 11 Riepilogo impatto Medio CO sui recettori interni nelle condizioni peggiori: Scenario 3. Il valore è riportato in µg/m³ quindi in scala 1000 volte superiore rispetto a quello previsto come limite normativo.

Descrizione	X (m)	Y (m)	Valori medi annuale su 8 ore in mg/m ³ Limite 10	Superamenti della Soglia D.Lgs 155/10	Percentuale dati validi
Contrata Barisoni (Tertenia)	555438	4388771	9,66E-04	0	100,00%
Comune Villaputzu	549705	4365688	3,03E-03	0	100,00%
Postazione 1	542970	4382199	1,24E-03	0	100,00%
Postazione 7	542505	4380670	1,24E-03	0	100,00%

Descrizione	X (m)	Y (m)	Valori medi annuale su 8 ore in mg/m ³ Limite 10	Superamenti della Soglia D.Lgs 155/10	Percentuale dati validi
Postazione 8	543002	4379911	1,43E-03	0	100,00%
Case sparse	550753	4379799	3,69E-03	0	100,00%
Case sparse	550181	4375280	1,02E-02	0	100,00%
Case sparse	552209	4374135	2,75E-02	0	100,00%

Conseguentemente quindi anche per gli altri centri abitati non sono possibili superamenti della soglia prevista per questa attività ai sensi della normativa di qualità dell'aria. Si ricorda che lo scenario 1 calcolato supera di 8784 volte superiore quanto previsto per il maggior numero di test in programma.

4.5.1 DIFFUSIONE MEDIA ANNUA AREA STABILIMENTO "SCENARIO 1"

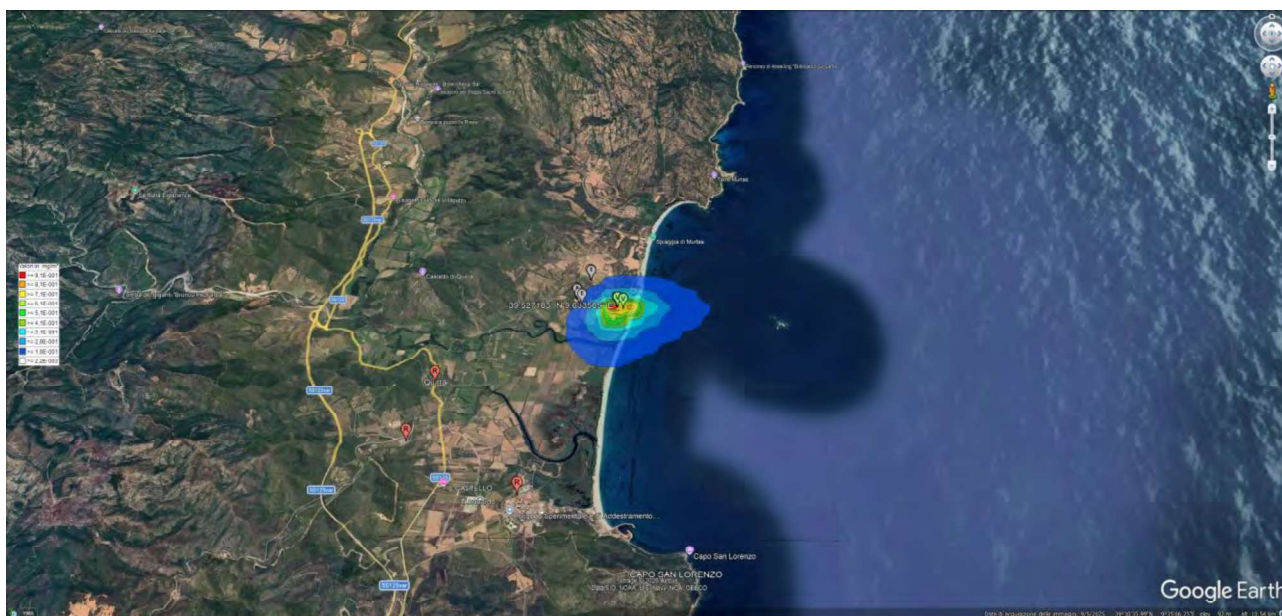


Figura 24 Diffusione media su 8 ore annua nello stabilimento del CO SCENARIO 1

Valori medi in ogni recettore calcolati sulla media di Media mobile su 8 ore massima giornaliera di cui si riportano le statistiche determinate;

Dati calcolati. Specie chimica: CO (mg/m³);
 Periodo: 01/01/2024 00:00:00 <--> 31/12/2024 23:00:00 (orario: 0 - 23)
 Reticolo Origine 551765 X(m); 4371868 Y(m) 32N
 Reticolo Dimensioni Punti: 21 x 29; Dimensioni cella: 250,0 DX(m) x 250,0 DY(m)
 Recettori Discreti 3
 Valore Massimo 1,03E+000; [Posizione: 554390 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
 Valore Minimo 2,16E-003; [Posizione: 551890 X(m); 4378993 Y(m) 32N]
 Valore Medio 3,71E-002

Valore massimo 1	1,03E+000; [Posizione: 554390 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
Valore massimo 2	8,99E-001; [Posizione: 554640 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
Valore massimo 3	6,21E-001; [Posizione: 554390 X(m); 4375243 Y(m) 32N]
Valore massimo 4	3,97E-001; [Posizione: 554640 X(m); 4375243 Y(m) 32N]
Valore massimo 5	3,57E-001; [Posizione: 554890 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
Valore massimo 6	3,00E-001; [Posizione: 554640 X(m); 4375743 Y(m) 32N]
Valore massimo 7	2,75E-001; [Posizione: 554390 X(m); 4374993 Y(m) 32N]
Valore massimo 8	2,60E-001; [Posizione: 554390 X(m); 4375743 Y(m) 32N]
Valore massimo 9	2,57E-001; [Posizione: 554140 X(m); 4375243 Y(m) 32N]
Valore massimo 10	2,45E-001; [Posizione: 554890 X(m); 4375243 Y(m) 32N]
Valore massimo 11	2,20E-001; [Posizione: 554890 X(m); 4375743 Y(m) 32N]
Valore massimo 12	2,17E-001; [Posizione: 554640 X(m); 4374993 Y(m) 32N]
Valore massimo 13	2,08E-001; [Posizione: 554140 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
Valore massimo 14	2,06E-001; [Posizione: 555140 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
Valore massimo 15	2,04E-001; [Posizione: 554140 X(m); 4374993 Y(m) 32N]
Valore massimo 16	1,69E-001; [Posizione: 555140 X(m); 4375243 Y(m) 32N]
Valore massimo 17	1,59E-001; [Posizione: 554390 X(m); 4374743 Y(m) 32N]
Valore massimo 18	1,57E-001; [Posizione: 555140 X(m); 4375743 Y(m) 32N]
Valore massimo 19	1,50E-001; [Posizione: 554890 X(m); 4374993 Y(m) 32N]
Valore massimo 20	1,43E-001; [Posizione: 554140 X(m); 4374743 Y(m) 32N]
Valore massimo 21	1,42E-001; [Posizione: 554640 X(m); 4374743 Y(m) 32N]
Valore massimo 22	1,42E-001; [Posizione: 555390 X(m); 4375493 Y(m) 32N]
Valore massimo 23	1,34E-001; [Posizione: 554640 X(m); 4375993 Y(m) 32N]
Valore massimo 24	1,30E-001; [Posizione: 554140 X(m); 4375743 Y(m) 32N]
Valore massimo 25	1,28E-001; [Posizione: 555390 X(m); 4375243 Y(m) 32N]

Al fine di comprendere l'ordine di grandezza la ridotta rilevanza dell'impatto del presente programma di test si fa notare che ARPAS per la definizione dei parametri di qualità dell'aria (analisi condotta utilizzando il modello Calpuff come nel presente studio) ha determinato per l'area del poligono denominato "Dominio 6" un valore massimo di fondo pari a 54 µg/m³.

Tale valore è "solo" 10 volte inferiore al valore medio per lo scenario. Si ricorda che effettuando 1 singolo lancio in un anno il fattore di scala è pari a $1.13 \cdot 10^{-4}$ (1/8784) quindi l'emissione prevedibile massima reale è pari a $1.03 \times 1.13 \cdot 10^{-4}$ quindi uguale a $1.17 \cdot 10^{-4}$ equivalente al 0,2% rispetto al fondo. Non è quindi minimamente ipotizzabile che il lancio possa influire sui parametri di qualità dell'area.

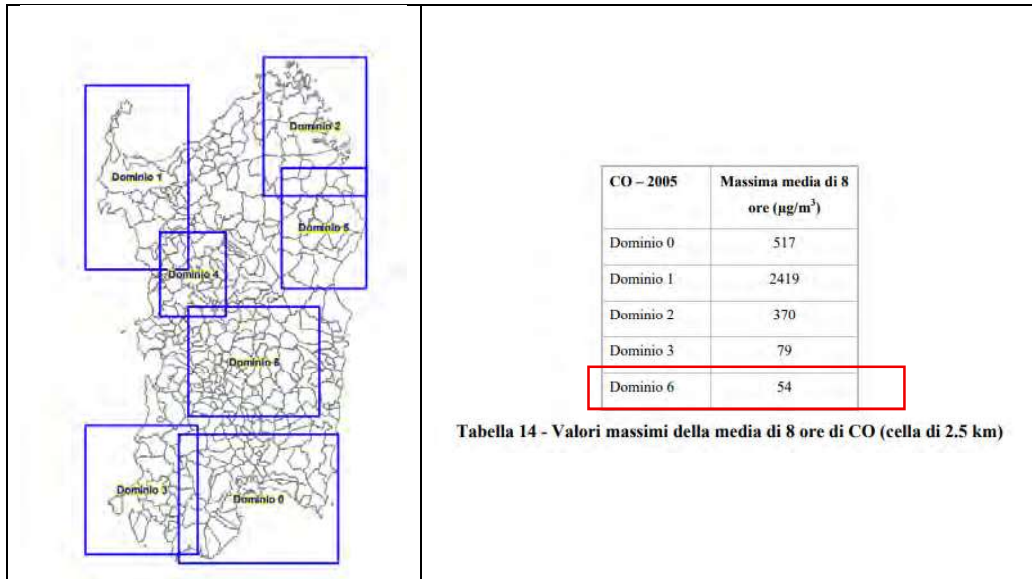


Figura 25 Estratto Analisi qualità dell'aria ARPAS (fonte https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_39_20051007114837.pdf)

Tabella 12 Posizione Centraline di monitoraggio della qualità dell'Aria

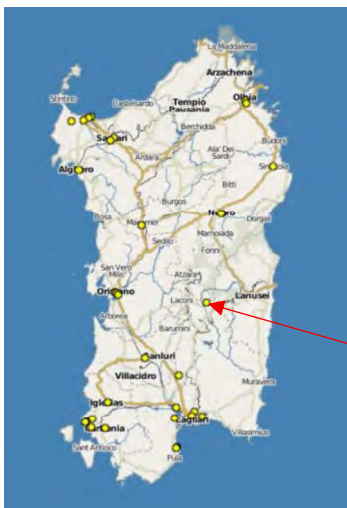


Tabella 6 - Stazioni di monitoraggio attive e relative caratteristiche

Codice Stazione	Comune	Classificazione	Inquinanti monitorati
CENOR2	Oristano	Traffico - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENOR1	Oristano	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CESG11	Santa Giusta	Fondo - Suburbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENM1	Nuraminis	Fondo - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENV31	Villasor	Fondo - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENAS9	Assemini	Fondo - Urbana	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENAS6	Assemini	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENAS8	Assemini	Industriale - Rurale	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENSG3	San Gavino	Fondo - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃
CENFN1	Gonnesa	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENST1	Sant'Antioco	Fondo - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENPS2	Portofino	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENPS6	Portofino	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENPS1	Portofino	Industriale - Rurale	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENPS7	Portofino	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENIG1	Iglesias	Fondo - Urbana	B, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENCB2	Carbonia	Fondo - Urbana	B, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENSA1	Saroch	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENSA2	Saroch	Industriale - Suburbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃
CENSA3	Saroch	Fondo - Urbana	B, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb

Piano regionale di qualità dell'aria ambiente (ai sensi del d.lgs. 155/2010 e ss.mm.ii.)

Tabella 6 - Stazioni di monitoraggio attive e relative caratteristiche

Codice Stazione	Comune	Classificazione	Inquinanti monitorati
CENCA1	Cagliari	Traffico - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃
CENM01	Monserrato	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENQU1	Quartu Sant'Elena	Fondo - Urbana	B, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CAGTUV	Cagliari	Fondo - Suburbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CAGREP	Cagliari	Traffico - Urbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CAGGU	Cagliari	Traffico - Urbana	As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENPT1	Porto Torres	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃
CENSS3	Porto Torres	Industriale - Rurale	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENSS4	Porto Torres	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENSS5	Porto Torres	Industriale - Urbana	SO ₂
CENSS8	Sessaci	Industriale - Rurale	SO ₂
CENSB10	Olbia	Traffico - Urbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENSB12	Sassari	Traffico - Urbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENSB13	Sassari	Traffico - Urbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀
CENSB16	Sassari	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃
CENSB17	Sassari	Fondo - Urbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CEALD1	Alghero	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CEALB1	Olbia	Fondo - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENSB2	Sassari	Industriale - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
CENNB1	Nuoro	Traffico - Urbana	B, CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENNB2	Nuoro	Fondo - Urbana	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENNT3	Ottana	Industriale - Rurale	B, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENSN1	Silesiola	Fondo - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENTD1	Tortolì	Fondo - Rurale	SO ₂ , PM ₁₀ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENMA1	Mamomer	Fondo - Rurale	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb
CENSE0	Seulo	Fondo - Rurale/Regionale	CO, NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , O ₃ , As, Cd, Ni, BaP, Pb

La più vicina è la stazione CENSE0 posizionata nel comune di SEULO (circa 34 km a NO) come mostrato di seguito:



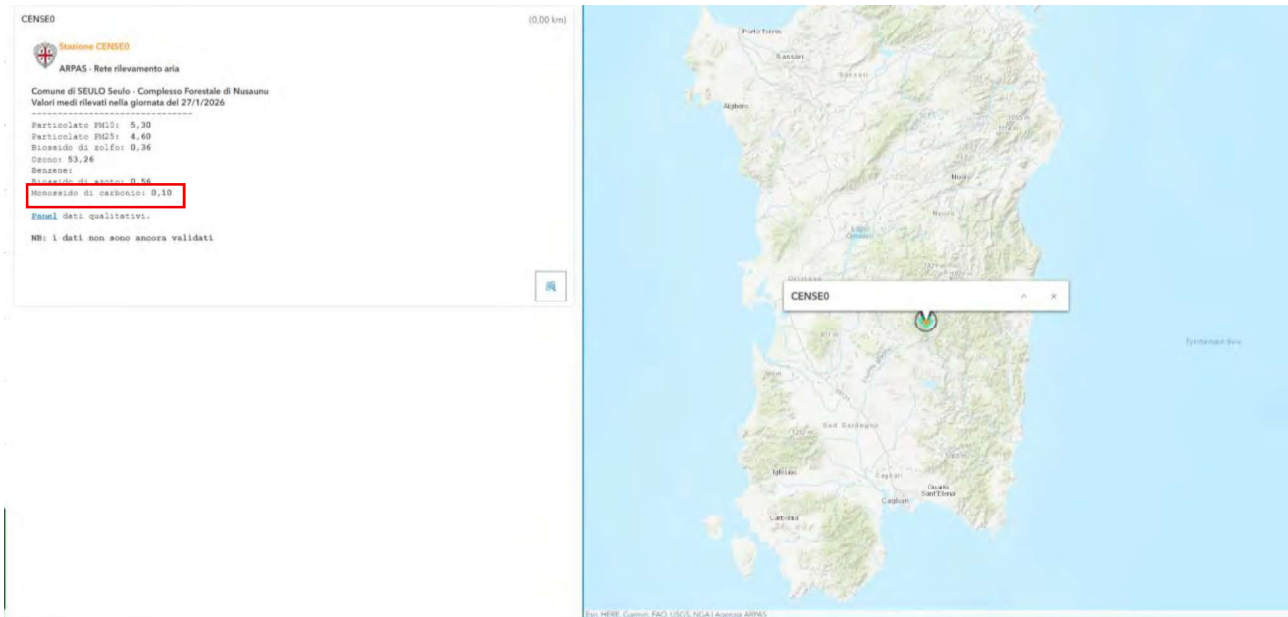


Figura 26 Posizione stazione monitoraggio più vicina al sito di SEULO

Analizzando i valori per dicembre 2025 il fondo per il CO determinato dalla stazione più vicina nel comune di SEULO si attesta su valori anche superiori pari a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sostanzialmente quindi nonostante il fondo sia tra i più bassi della regione e si riferisca ad un'area rurale l'esecuzione dei test non ne può modificare sensibilmente le caratteristiche. Sono inoltre presenti nelle vicinanze delle stazioni di monitoraggio ARPAS.

5. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso dalle analisi effettuate con lo scenario operativo simulato estremamente conservativo per i test di lancio per razzo con motore LRE MR10 sono state condotte diverse serie di simulazioni con i seguenti risultati:

- 1) Dalle analisi sull'estensione area diffusione media dei contaminanti (costituiti principalmente da monossido di carbonio) in tutte le condizioni meteo per l'anno 2024 non è possibile riscontrare una condizione di rischio per la matrice aria a seguito dell'esecuzione dei test sulla base dei valori di emissione del motore ottenuti dalle analisi CFD. Si è inoltre verificata l'assenza di eventuali superi rispetto alla normativa (D. Lgs 155/10) per i vari inquinanti sia per i recettori interni che per i centri abitati che circondano le aree delle operazioni confermando il basso impatto ambientale per questa tecnologia di propulsione.

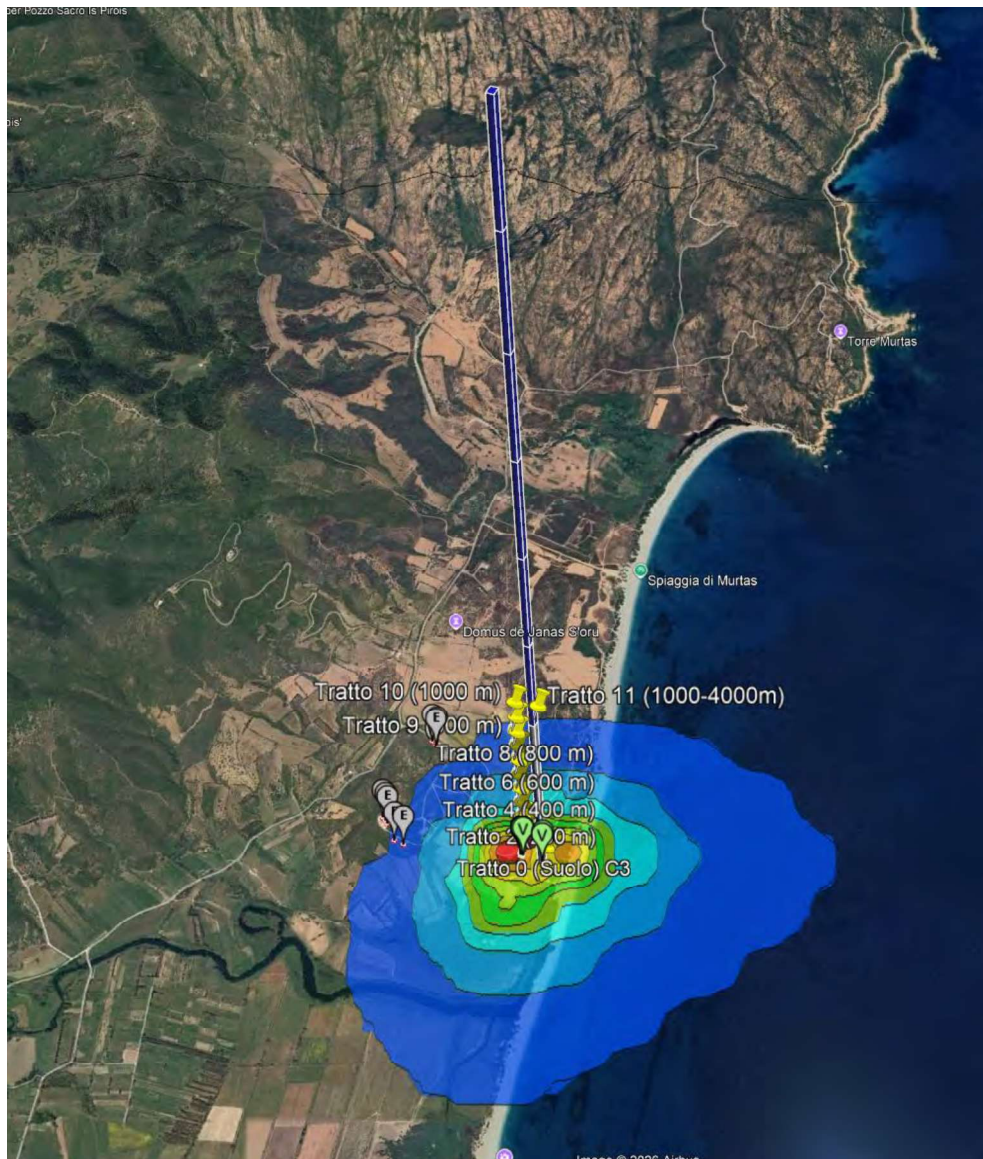


Figura 27 Confronto tra Sorgenti emissive e area di diffusione

Casalbordino, 16/02/2026

Dott. Giustiniano TIBERIO
Chemistry Physics and Technology S.r.l.



Bibliografia

Jacob, D. J. (1999). 11.3 The mechanism of CO oxidation. In D. J. Jacob, *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Harvard University.